

BIENNIAL REPORT 2022/2023

LEIBNIZ INSTITUTE FOR PLASMA SCIENCE AND TECHNOLOGY





ZWEIJAHRESBERICHT 2022/2023

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

Sehr geehrte Damen und Herren, geschätzte Freunde und Förderer des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP),

mit großer Freude präsentieren wir Ihnen unseren Jahresbericht für die Jahre 2022 und 2023, in dem wir auf viele wichtige Ereignisse und erfolgreiche Entwicklungen zurückblicken dürfen. In diesen Jahren hat das INP bedeutende Meilensteine erreicht, darunter zu Beginn des Jahres 2022 die positive Nachricht, dass wir das in der deutschen Forschungslandschaft einzigartige Evaluierungsverfahren der Leibniz-Gemeinschaft erneut erfolgreich gemeistert haben und weiterhin fester Bestandteil der Leibniz-Gemeinschaft sein dürfen. Mit diesem erfolgreichen Jahresauftakt begann unser Jubiläumsjahr, in dem wir das 30-jährige Bestehen des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie feierten.

In jedem Forschungsbereich sind in den Berichtsjahren eine Vielzahl von positiven Ergebnissen erzielt worden, die Sie auszugsweise im Bericht finden. Besonders möchte ich auf die Fortschritte der mittlerweile drei Forschungsbündnisse im Rahmen des „WIR!“-Förderprogramms des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hinweisen. Mit den Verbundvorhaben Campfire, Physics for Food und biogeniV gestalten wir als Forschungseinrichtung gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft und Forschung den Wandel in der Region aktiv mit. Gleiches gilt auch für die Forschungsfabrik Wasserstoff MV, deren Aufbau Ende 2023 mit Unterstützung des Landes MV startete und mit der die Entwicklung von neuen Technologien im Bereich regenerativer Energien sowie alternativer Energieträger in MV weiter beschleunigt wird.

Ein weiterer Höhepunkt des Jahres 2023 war die erfolgreiche Einwerbung und Durchführung der „XXIII. Internationale Conference on Gas Discharges and their Applications“, für die das INP bereits das dritte Mal seit seines Bestehens Forscherinnen und Forscher aus der ganzen Welt in Greifswald begrüßen durfte. Wissenschaft lebt vom Austausch und Zusammenarbeit über geografische und mentale Grenzen hinweg, und wir sind froh, dass wir trotz Pandemie und geopolitisch turbulenten Zeiten eine bereichernde Konferenz mit unseren Gästen erleben durften.

Um unsere führende Position auf dem Gebiet der Plasmatechnologie in der internationalen Forschungslandschaft auch in Zukunft auszubauen, haben wir in den vergangenen zwei Jahren unser Profil weiter geschärft und stellen uns nun in drei Forschungsbereichen den gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit: „Erneuerbare Energien & Bioökonomie“, „Plasmachemie & Prozesstechnik“ und „Gesundheit & Hygiene“. Gemeinsam mit unseren Partnern und Förderern werden wir die Erfolgsgeschichte des INP an den Standorten Greifswald, Rostock und Karlsburg fortschreiben. Die Plasmatechnologie als Querschnittstechnologie bleibt auf Erfolgskurs, und das INP dankt seinen Projektpartnern und Unterstützern für die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit. Ihr Vertrauen und Ihre Begleitung auf diesem Weg sind von unschätzbarem Wert. Ein besonderer Dank gebührt unseren Mitarbeitenden für ihren wertvollen und engagierten Einsatz. Gemeinsam werden wir auch in den kommenden Jahren dazu beitragen, die Zukunft durch innovative Forschung auf dem Gebiet der Plasmatechnologie für alle besser zu machen. Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen dieses Berichts.



Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann

Vorstandsvorsitzender und wissenschaftlicher Direktor



INHALT

BEGRÜSSUNG.....	2
HIGHLIGHTS.....	5
AUSBLICK.....	7
FORSCHUNGSBEREICH - ERNEUERBARE ENERGIEN & BIOÖKONOMIE	10
▪ Forschungsschwerpunkt Grüne Energietechnologien.....	11
- Forschungsgruppe Grüne Ammoniak-Materialien	15
▪ Forschungsschwerpunkt Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt	17
- Abteilung Plasmaprozesstechnik	21
- Abteilung Plasmabiotechnik	23
▪ Außenstelle Forschungsfabrik	25
FORSCHUNGSBEREICH - PLASMACHEMIE & PROZESSTECHNIK	28
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse	29
- Abteilung Plasmadiagnostik	33
▪ Forschungsschwerpunkt Thermische Plasmatechnologien.....	35
- Abteilung Plasmastrahlungstechnik	39
FORSCHUNGSBEREICH - GESUNDHEIT & HYGIENE	42
▪ Forschungsschwerpunkt Plasma-Oberflächenmodifizierung	43
- Abteilung Plasmaoberflächentechnik	47
- Forschungsgruppe Biosensorische Oberflächen.....	49
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin	51
- Forschungsgruppe Plasma-Redox-Effekte.....	55
▪ Außenstelle Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg.....	57
- Forschungsgruppe Plasmaquellen-Konzepte.....	59
- Forschungsgruppe Plasmawundheilung	61
QUERSCHNITTSABTEILUNGEN	64
▪ Plasmamodellierung & Data Science.....	65
▪ Plasmaquellen.....	67
▪ Plasma Life Science	69

UNTERSTÜTZENDE ABTEILUNGEN	72
▪ Verwaltung und Infrastruktur	73
▪ Wissenschaftsmanagement Stab und Referate der Leitung	74
▪ Wissens- & Technologietransfer	74
APPLIKATIONSLABORE	76
▪ Labor für Oberflächendiagnostik	77
▪ Lichtbogenlabor	77
▪ Schweißlichtbogenlabor	77
▪ Hochstrom-/ Hochspannungslabor	77
▪ Plasmadiagnostisches Labor	77
▪ Mikrobiologisches Labor	77
▪ Labor für Plasmadekontamination	78
▪ Labor für Hochfrequenztechnik	78
▪ Labor für Materialcharakterisierung	78
▪ Syntheselabor für grüne Ammoniak-Materialien	78
▪ Applikationslabor für Life Science	78
LEITBILD	79
GLEICHSTELLUNG UND VEREINBARKEIT VON FAMILIE UND BERUF	80
PROFIL	83
KOOPERATIONEN	85
PUBLIKATIONEN	89
VORTRÄGE	101
PROMOTIONEN, MASTER- UND BACHELORARBEITEN	111
PATENTE	113

INP besteht Evaluierungsverfahren mit hervorragendem Ergebnis

Das INP hat im weltweit einzigartigen Evaluierungsverfahren der Leibniz-Gemeinschaft seine Position als führende Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Niedertemperaturplasmaphysik bestätigt. Die internationale und unabhängige Jury bewertete die Fortschritte des Institutes auf den neuen Anwendungsgebieten wie Medizin und Landwirtschaft, die erfolgreiche Drittmittelakquisition sowie effektives Management, erfolgreiche Firmenausgründungen und attraktive Arbeitsbedingungen überaus positiv und empfahl dem Leibniz-Senat die Fortsetzung der finanziellen Unterstützung. Die Evaluation bestätigt die wichtige Rolle des INP bei der Entwicklung von Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen, von erneuerbaren Energien über umweltfreundliche Agrartechniken bis hin zu neuen medizinischen Verfahren.

INP WIR-Projekte erhalten weitere Millionen Förderung

Im Rahmen des BMBF-Programms „WIR! – Wandel durch Innovation in der Region“ werden innovative Bündnisse in strukturschwachen Regionen gefördert, um durch kooperative Forschung und Entwicklung regionalen Strukturwandel anzustoßen und zu unterstützen. 2022 wurden beide in diesem Rahmenprogramm angesiedelten Verbundprojekte an denen das INP beteiligt ist bzw. leitet, positiv bewertet und weitere Fördersummen bewilligt. PHYSICS FOR FOOD fördert mittels physikalischer Innovationen eine umweltschonendere Landwirtschaft. Mit zusätzlichen sechs Millionen Euro, strebt das Projekt danach, den chemischen Einsatz in der Landwirtschaft zu reduzieren und Pflanzen widerstandsfähiger gegen klimatische Herausforderungen zu machen. CAMPFIRE konzentriert sich auf die Vorreiterrolle grüner Ammoniak-Technologien für eine kohlenstoffneutrale Energiezukunft. Das Bündnis erhält weitere sechs Millionen Euro an Förderung im Rahmen des WIR!-Programms. Weitere Bundesmittel in Höhe von 31 Millionen Euro fließen in den nächsten Jahren im Rahmen des Leitvorhabens TransHyDE, um Mecklenburg-Vorpommern als Kernregion für Ammoniak-basierte Energielösungen zu etablieren und die Energieversorgungssicherheit zu stärken.



EU-Förderung für Internationales Doktorandennetzwerk „PlasmACT“

Doktoranden aus ganz Europa sollen während ihrer Promotionsphase den Einsatz von kaltem Atmosphärendruckplasma zur Behandlung von aktinischer Keratose, einer Vorstufe von Hautkrebs, erforschen. Die EU bewilligte für dieses Vorhaben 2023 Fördergelder in Höhe von 2,15 Millionen Euro im Rahmen des Marie-Sklódowska-Curie-Maßnahmen-Programms. Die Förderung dient der länder- und sektorübergreifenden Mobilität und Karriereentwicklung von Forschenden und ist hochkompetitiv. Nur 15 Prozent der Anträge wurden in diesem Jahr gefördert. Für das Projekt haben sich unter der Leitung des INP renommierte europäische Partner wie das französische Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), die niederländische Technische Universität Eindhoven, die Universitätsmedizin Rostock sowie die belgische Universität Antwerpen zusammengefunden. Zudem unterstützen 10 europäische Unternehmen die Ausbildung der Studierenden, um sie bestmöglich für Berufsfelder der angewandten Forschung vorzubereiten.

Erfolgreich im Leibniz Exzellenz-Wettbewerb

Das INP hat zusammen mit dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie sowie der Universität Rostock 2023 im „Leibniz-Kooperative-Exzellenz“-Wettbewerb erfolgreich rund eine Million Euro für ein Forschungsprojekt eingeworben. Ziel des gemeinsamen Vorhabens ist es, zentrale Biomasseverarbeitungsprozesse zu optimieren – insbesondere zur Erhöhung der Biogasproduktion, Phosphorrückgewinnung und Stickstoffanreicherung in Fermentationsresten als alternativen Dünger. In einer Ära von Rohstoffknappheit und klimatischen Herausforderungen stellt dieses interdisziplinäre Vorhaben durch den Einsatz von physikalischem Plasma und Ultraschall einen innovativen Ansatz zur effizienteren Verarbeitung landwirtschaftlicher Biomasse dar, was einen signifikanten Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft in der Bioökonomie leisten wird.

INP-Forscher erhält Rudolf-Seeliger Preis

Prof. Dr. Jürgen Röpcke wurde mit dem Rudolf-Seeliger-Preis der Deutschen Gesellschaft für Plasmatechnologie für sein Lebenswerk ausgezeichnet. Seine Arbeiten zur Laserabsorptionsspektroskopie haben entscheidend zum Verständnis reaktiver Plasmen beigetragen und neue Möglichkeiten für die Kontrolle plasmatechnologischer Prozesse eröffnet. Röpcke, der seit 1982 in der Plasmaforschung tätig ist, hat maßgeblich zur Entwicklung der Plasmadiagnostik und zur Anwendung moderner Lasertechnologien in der Industrie beigetragen.



„XXIII. International Conference on Gas Discharges and their Applications“ in Greifswald

Die „XXIII. International Conference on Gas Discharges and their Applications“ (GD2023) fand im September 2023 bei bestem Wetter in Greifswald mit Beteiligung von rund 130 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und Industrievertretern aus 21 Ländern statt. Organisiert vom INP, dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik und der Universität Greifswald, diente die Konferenz als Plattform für den Austausch über die neuesten Entwicklungen in der Plasmaforschung, einschließlich Grundlagenforschung und Anwendungen in Energie, Umweltforschung und technischer Diagnostik. Die GD2023 hat überzeugend gezeigt, wie vielfältig und innovativ die Plasmaforschung ist und welche Potenziale sie für die Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen bietet. Das INP wurde bereits das dritte Mal als Gastgeber für diese renommierte Konferenz ausgewählt.

INP erhält „HR Excellence in Research Award“ und „TOTAL E-QUALITY-Prädikat“

Das INP wurde 2023 zum zweiten Mal mit dem „HR Excellence in Research Award“ ausgezeichnet, einem Gütesiegel der EU, welches das Engagement für optimale Arbeitsbedingungen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anerkennt. Diese Auszeichnung, die europaweit nur 700 Forschungseinrichtungen und in Deutschland bisher 25 tragen, belegt, dass das INP die Europäische Charta für Forscherinnen und Forscher sowie den Verhaltenskodex für die Einstellung von Forscherinnen und Forschern erfolgreich umsetzt. Das vierte Mal in Folge erhielt das INP das TOTAL E-QUALITY-Prädikat für Chancengleichheit. Diese Anerkennung bestätigt das Engagement des INP für eine geschlechter- und diversitätsgerechte Organisationskultur.

Besetzung neuer Professur für Translationale Plasmaforschung

Dr. Sander Bekeschus, Forscher am INP, wurde zum W1-Professor für Translationale Plasmaforschung an der Universitätsmedizin Rostock ernannt. Diese Berufung stärkt die Kooperation zwischen dem INP und der Dermatologischen Universitätsklinik in Rostock, insbesondere im Bereich der Plasmamedizin. Bekeschus, der seit 2016 die Forschungsgruppe „Plasma-Redox-Effekte“ leitet, wird seine Forschung zu kaltem Atmosphärendruckplasma in der Medizin vertiefen, mit einem Fokus auf Wundheilung und potenziellen Anwendungen in der Krebstherapie.

Ausbau des Forschungsschwerpunktes „Landwirtschaft, Bioökonomie und Umwelt“

Um den Forschungsschwerpunkt „Landwirtschaft, Bioökonomie und Umwelt“ zu stärken, werden in den nächsten Jahren Investitionen in Millionenhöhe durch Bund und Land in Form eines Sondertatbestandes geleistet. Mit dem zusätzlichen Geld wird die Einrichtung spezialisierter Labore und Infrastrukturen im neu gegründeten Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie (Z4) in Greifswald finanziert. Zusätzlich sind drei neue Professuren in den Bereichen „Biomasse“, „Landwirtschaft“ und „Lebensmittelverarbeitung“ geplant. Die Besetzung der Professuren erfolgt in Kooperation mit der Hochschule Neubrandenburg, der Universität Greifswald und der Universität Rostock. Ergänzt werden die Professuren um weitere Positionen im wissenschaftlichen Mittelbau, um die Dynamik und den Fortschritt in diesem Forschungsfeld weiter zu beschleunigen.

Bessere Baumsamen durch Plasma

Die Qualität von Baumsamen durch Plasmabehandlung zu verbessern, ist das Ziel des INPs, der phenoLytics GmbH sowie der schottischen Firmen Elsoms Trees und Elsoms Seeds. Die Projektpartner wollen innovative Ansätze erforschen, um den tiefen Ruhezustand von Baumsamen zu überwinden, der ihre Keimung bis zum Frühjahr verzögert und bisherige Vermehrungsmethoden in Baumschulen erschwert. Mit der Plasmabehandlung soll die Keimungsrate und -geschwindigkeit sowie die Lagerfähigkeit von Samen einheimischer Laubbäume in Großbritannien gesteigert und deren Gesundheit verbessert werden. Das Projekt wird vom Tree Production Innovation Fund (TPIF) aus England finanziert. Dieses Vorhaben verspricht einen bedeutenden Fortschritt für den Forsthandel durch eine effizientere Samenvermehrung und könnte zudem zur mikrobiellen Dekontamination von Baumsamen beitragen.



Forschungsfabrik Wasserstoff MV startet

Im Rahmen der Forschungsfabrik Wasserstoff MV vertieft das INP seine Forschungsaktivitäten in der Wasserstoffproduktion mittels Plasmalyse und treibt die Entwicklung nachhaltiger Technologien bis zu ihrer Marktreife voran. Die Plasmalyse, eine energiesparende Alternative zur herkömmlichen Elektrolyse, produziert neben Wasserstoff auch wertvollen Kohlenstoff für industrielle Anwendungen. Das INP startet den Aufbau eines Labormusters für die Bereitstellung von Wasserstoff und Kohlenstoff mittels Plasmatechnologie sowie ein Anwendungszentrum in Greifswald. Die Forschungsfabrik Wasserstoff MV ist ein zentrales Projekt im Rahmen des maritimen Zukunftskonzepts in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP), dem Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT) Rostock und dem INP.

Neue INP-Ausgründung in Vorbereitung

Wissenschaftler am INP haben eine innovative Lösung zur ressourcensparenden Produktion von Wasserstoff entwickelt, die bis zu 90 Prozent der Edelmetalle Iridium und Platin einspart, welche in Elektrolyseuren eingesetzt werden. Die Innovation der INP-Forscher basiert auf einer neuartigen Membran-Elektroden-Anordnung (MEA) für Elektrolyseure, hergestellt mittels einer Kombination aus Plasmatechnik und Elektrochemie. Diese Technologie bietet einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil angesichts der steigenden Nachfrage nach Elektrolyseuren für die klimaneutrale Energieerzeugung. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hat das Potenzial dieser Innovation erkannt und unterstützt die Kommerzialisierung mit einer „EXIST-Forschungstransfer“-Förderung in Höhe von 1,2 Millionen Euro. Mit diesem Budget plant das Team den Bau einer Industrieanlage im Kleinmaßstab zu finanzieren, um die Gründung ihres Unternehmens voranzutreiben. Damit wird aus dem INP bereits das sechste Mal ein erfolgreicher Transfer von Forschungsleistungen in die Wirtschaft in Form einer Ausgründung realisiert.



rung in Höhe von 1,2 Millionen Euro. Mit diesem Budget plant das Team den Bau einer Industrieanlage im Kleinmaßstab zu finanzieren, um die Gründung ihres Unternehmens voranzutreiben. Damit wird aus dem INP bereits das sechste Mal ein erfolgreicher Transfer von Forschungsleistungen in die Wirtschaft in Form einer Ausgründung realisiert.

Rostock	Greifswald	Karlsburg
Wissenschaftlicher Beirat Vorsitzender: Dr. U. Kaltenborn	Mitgliederversammlung Vorsitzender: Dr. W. Blank	Kuratorium Vorsitzender: Dr. B. Schulte
Vorstand Vorstandsvorsitzender und Wissenschaftlicher Direktor: Prof. K.-D. Weltmann / Kaufmännischer Direktor: J. Berger Wissenschaftliche Vorstandsmitglieder: Prof. D. Uhrlandt & Prof. T. von Woedtke		

Forschungsbereiche und Forschungsschwerpunkte

	Erneuerbare Energien & Bioökonomie Prof. K.-D. Weltmann	Plasmachemie & Prozesstechnik Prof. D. Uhrlandt	Gesundheit & Hygiene Prof. T. von Woedtke
Forschungsfabrik Dr. J. Hummel	Grüne Energietechnologien Dr. A. Kruth	Plasma-chemische Prozesse Prof. R. Brandenburg	Plasma-Oberflächen-modifizierung Dr. F. Hempel a.i.
	Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt Prof. J. Kolb	Thermische Plasmatechnologien Dr. D. Gonzalez	Plasmamedizin Prof. T. von Woedtke
	Grüne Ammoniak Materialien Dr. A. Kruth	Plasma-diagnostik Dr. J.-P. van Helden	Plasma-Redox-Effekte Dr. S. Bekeschus
	Plasma-prozesstechnik Dr. V. Brüser	Plasma-strahlungstechnik Dr. S. Gortschakow	Plasmaquellen Konzepte Dr. T. Gerling
	Plasma-biotechnik Dr. J. Ehlbeck		Biosensorische Oberflächen L. Barillas-Mora
			Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg PD Dr. R. Augstein Dr. U. Netz
			Plasma-wundheilung Dr. K. Masur

Querschnittsabteilungen

Plasmamodellierung & Data Science Dr. M. Becker	Plasmaquellen Dr. R. Bansemer	Plasma Life Science Dr. S. Hasse
--	----------------------------------	-------------------------------------

Administrative und unterstützende Abteilungen

Stab Dr. H. Sawade	Leitungsreferate Vorstand	Verwaltung & Infrastruktur J. Berger
-----------------------	------------------------------	---



Prof. Dr.
Klaus-Dieter Weltmann
Tel.: +49 3834 / 554 310
weltmann@inp-greifswald.de



FORSCHUNGS- BEREICH

ERNEUERBARE ENERGIEN & BIOÖKONOMIE

Überblick

Der Forschungsbereich „Erneuerbare Energien & Bioökonomie“ konzentriert sich auf plasmabasierte Umwelttechnologien und Innovationen für die Energiewirtschaft. Unsere Technologien ermöglichen eine umweltfreundlichere Landwirtschaft und verbessern die Pflanzengesundheit. Wir erschließen bioökonomische Potenziale durch neue Technologien für biogene Reststoffe. Unsere Dekontaminationsverfahren reinigen Flüssigkeiten, Gase sowie Oberflächen. Wir entkeimen Lebensmittel im industriellen Maßstab und entfernen Arzneimittelrückstände aus Abwasser. Unsere plasmabasierten Syntheseverfahren dienen der Erzeugung, Speicherung und Rückwandlung von erneuerbaren Energien und der Verwertung von CO₂. Wir entwickeln Materialien und Prozesse für Wasserstoff-, Photovoltaik-, Batterie- sowie Power-to-X-Technologien. Mit neuen Materialien und Kombinationen, Plasma-Dünnschichttechnik, Oberflächenmodifikation und Nanostrukturen liefern wir Lösungen für den Einsatz von grünem Ammoniak in der Energieversorgung. Die Plasmatechnologie bietet hier umfangreiche Möglichkeiten für die Entwicklung und kostengünstige Fertigung von innovativen Materialien.

Forschungsschwerpunkte des Bereichs:

Grüne Energietechnologien

Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt

Forschungsfabrik (Außenstelle)

Überblick

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen des Jahrhunderts. Die Industrie und Mobilität stehen vor gewaltigen Umbrüchen. Der europäische Green Deal legt den Fahrplan für ein klimaneutrales Europa fest und das Parlament hat die Ziele einer Klimaneutralität bis 2050 gesetzt. Materialien und Technologien spielen dabei eine wichtige Schlüsselrolle. So müssen neue Materialarchitekturen auf der Nanoskala entwickelt werden, die zum einen eine hohe Leistungsfähigkeit und Langzeitstabilität in der Anwendung realisieren, zum anderen nachhaltig und verfügbar sind sowie mittels industrietauglicher Verfahren erzeugt werden.

Die Zielstellung des Forschungsschwerpunktes Grüne Energietechnologien orientiert sich an der European Materials Roadmap „Enabling Low Carbon Energy Technologies“ und den darin aufgezeigten Forschungs- und Innovationsaktivitäten für Schlüsselmaterialien im Bereich der Energietechnologien. Das Forschungsprogramm umfasst dabei die Grundlagenforschung sowie die angewandte Forschung im Bereich der innovativen Materialien und deren Erzeugung mittels Plasmaverfahren. Dazu zählen neuartige Lösungen für die Erzeugung von komplexen Materialien sowie neuartige Kombinationen bekannter Materialien in Form von Nanohybriden, die in der Anwendung vorteilhafte Eigenschaften zeigen. Dabei steht insbesondere die Formation von neuen Phasen, einschließlich von Nicht-Gleichgewichtsphasen, die Verbesserung der Kristallinität und Phasenreinheit, die Erhöhung der Grenzflächenstabilität durch Phasen-Matching und Verminderung von Segregation, unerwünschter

Diffusion oder Grenzflächenreaktionen im Fokus. Die Plasmatechnologie bietet hierbei gegenüber den traditionellen Synthesemethoden den entscheidenden Vorteil einer hohen Prozessflexibilität bei gleichzeitiger guter Kontrolle der Eigenschaften auf der Nanoskala. Das Design neuer Materialien für Brennstoffzellen, Elektrolyseure und Batterien erfordert dabei die Kombination von mehreren Funktionalitäten in einer Struktur. Diese wird durch Synthese von mehreren kristallographischen Domänen mit verschiedenen Funktionalitäten in Multischicht-Konzepten oder in Nanohybriden erreicht. So wird bei der Synthese von Elektrodenmaterialien für die Brennstoffzelle durch Co-Sputterprozesse eine selektive katalytische Aktivität, hohe elektronische Leitfähigkeit, hohe ionische Leitfähigkeit, eine hinsichtlich des Massentransportes optimierte Porosität und gute chemische Stabilität realisiert. Dazu müssen die Präkursoren nachhaltig sein. Beispiele der Materialklassen sind Elektrokeramiken, Hochentropie-Legierungen und Kohlenstoff-hybridisierte Metalloxide und Metalle, wobei die Fertigungsprozesse von Beginn an auf Industrietauglichkeit evaluiert werden. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Partnern des BMBF WIR! CAMPFIRE Bündnisses werden die neuen Materialien in innovativen Zellkonzepten im Betrieb eingesetzt und auf ihre Tauglichkeit im industriellen Maßstab getestet. Daraus werden Rückschlüsse zu bestehenden Anforderungen und für die Prozessoptimierung abgeleitet.

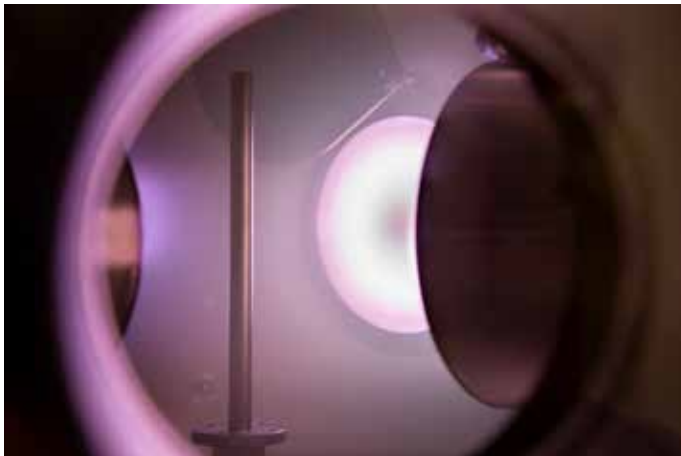


Sputter-Beschichtung eines tubularen Substrates mit einer protonenleitenden elektrokeramischen Dünnschicht

Anwendungsorientierter Ausblick

Auf der Basis der im Zeitraum 2022/2023 auf der Laborskala erzielten Forschungsergebnisse sollen weitere Optimierungsarbeiten für die Anwendungen von Elektrodenmaterialien für SOFC und PEMFC-Brennstoffzellen, SOEC und PEM-Elektrolyse sowie Lithium- und Natriumionen-Batterien durchgeführt werden. Im Rahmen der BMWK IGF Projekte H₂BS und MAXCoat wurden karbidische Materialien sowie PVD- und PEO-Beschichtungsverfahren für den Korrosionsschutz von metallischen Bipolarplatten und Stahlbauteilen für die Wasserstoffinfrastruktur entwickelt, die zukünftig mittels industrietauglicher Verfahren umgesetzt werden.

Elektrokeramische Dünnschichtmembranen mit oxidischer Perowskitstruktur wurden für die Anwendung in der Festkörper-Ammoniak-Synthese zur Speicherung von fluktuierender erneuerbarer Energie mittels eines kombinierten PVD- und SLE-Verfahrens erzeugt. Im Rahmen der CAMPFIRE Projektklinie CF04 sowie dem IGF Projekt SPUDNIK wurde ein neuartiges SSAS Membran-Elektroden-Zellkonzept entwickelt.



Strömungs-Plasma-Reaktor für die Erzeugung von Nanopartikelsuspensionen mittels eines atmosphärischen Plasmaverfahrens

Die im Rahmen der CAMPFIRE Projektklinie CF05 entwickelte Perowskit-Dünnschichtmembran wird gemeinsam mit den Verbundpartnern in einem Ammoniak-Cracker zur Erhöhung der Startfähigkeit eingesetzt. Eine weitere Anwendung der elektrokeramischen Membran ist der im EU FETProActive Projekt entwickelte HiPowAR-Membranreaktor. Hierbei wird die Membran zur Realisierung eines flammenlosen Verbrennungsprozesses von Ammoniak in einen Reaktor integriert. Die nächsten Arbeiten zielen auf eine Verbesserung der Stabilität der Membran unter hohem Reaktionsdruck.

Neue Materialkonzepte wurden im Rahmen der BMWK IGF Projekte Ilisko und VOXCoat für den Einsatz als Elektrodenmaterialien in der Batterie entwickelt. Es kommen CVD- und Sputterverfahren sowie Atmosphärendruck-Plasmaprozess zum Einsatz.

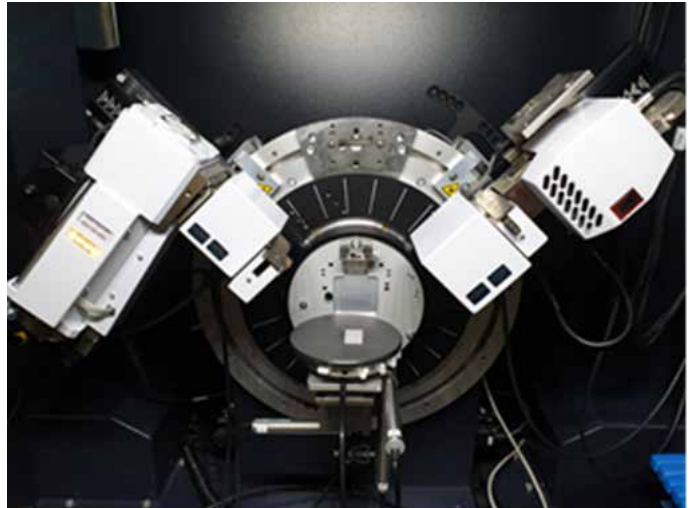
Im Fokus des BMWK ZIM Kooperationsprojektes PtKat, der BMWK IGF Projekte Magneli-S AFC und CatHEA stehen Pt-, Ru- sowie HEA-Katalysatoren. Diese werden mittels eines Rolle-zu-Rolle tauglichen Co-Sputterverfahrens bzw. durch ein Atmosphärendruck-Plasma mit Nanographitdomänen, Kupfer-basierten Porentemplates sowie Wolframoxid-Magneli-Phasen zu Hochleistungsanoden für die Anwendung in Brennstoffzellen bzw. Elektrolyseuren hybridisiert. Dabei steht die Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Reduktion oder Eliminierung des Edelmetallgehaltes und höherer Lebensdauer durch die Einkapselung in elektronisch leitfähige und korrosionsstabile Nanocontainer im Fokus. Im nächsten Schritt erfolgt eine Hochskalierung der Verfahren, um höhere Ausbeuten zu erzielen. Die Reduktion der Materialkosten und Verbesserung der Leistungsfähigkeit steht auch in der CAMPFIRE Produktlinie CF06 Mikrostrukturierter Haber-Bosch-Reaktor im Fokus, wobei in Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern Kellogs-Advances-Ammonia-Process-Katalysatoren, 3D gedruckte Mikrostrukturen in direkter Korrelation zur Anlagentechnik im CAMPFIRE Open Innovation Lab (COIL) im Rahmen des BMBF TransHyDE, CAMPFIRE Umsetzungsprojekt am Standort Poppendorf entwickelt werden. Im COIL werden zudem großskalige Testinfrastrukturen für Ammonia-Cracker-Motoren und -Brennstoffzellensysteme des CAMPFIRE-Bündnisses umgesetzt, wobei zukünftig neben den Anforderungen an Kosten und Leistungsfähigkeit auch die Nachhaltigkeit der Wertschöpfungsketten und die Recyclebarkeit mit dem Ziel einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im Fokus stehen.

Grundfinanziertes Projekt

Die plasmaelektrolytische Oxidation (PEO) als Phänomen wurde erstmals im Jahre 1932 durch Güntherschulze und Betz beschrieben und wurde seitdem zu einer vielseitigen und effizienten Technologie zur Oberflächenbehandlung metallischer Werkstücke weiterentwickelt. Dabei wird das Werkstück elektrischen Entladungen in einem kontrollierten Elektrolytmedium ausgesetzt, die gleichzeitiges Schmelzen der Metalloberfläche und das Ablaufen von Oxidationsreaktionen ermöglichen. Das Ergebnis sind Schichten mit hervorragender Härte und Adhäsion auch an inneren Oberflächen. Am INP ist die PEO im Kontext der Erzeugung von Wasserstoffbarrierschichten von Interesse. Das Verfahren eignet sich besonders gut für die Beschichtung von komplexen Substraten. Im Rahmen der Arbeiten am INP wurde ein neues Verfahren zur PEO-Synthese von Aluminiumoxid entwickelt - ein Kandidatmaterial, das eine exzellente Barriere Wirkung aufweist [M. Wetegrove et al, 2023]. Die strukturellen Untersuchungen derartiger Aluminiumoxidschichten sowohl mittels Röntgenbeugung und Elektronenmikroskopie als auch die Substratvorbehandlung mittels mechanischer Politur sind Beispiele für die umfangreichen Arbeiten im grundfinanzierten Projekt. Das mechanische Polieren der Substrate ist oftmals der Ausgangspunkt der Beschichtungsentwicklung, da so eine gleichbleibende, glatte und fehlerfreie Substratoberfläche gewährleistet werden kann. Seitens des Geräteherstellers Bühler existiert ein Fundus an Poliervorschriften für verschiedenste Materialien. In der Regel ist jedoch eine Anpassung der Polierroutine an das jeweilige Substratmaterial unter genauer Dokumentation der Bearbeitungsschritte erforderlich. Das Bruker D8 Advance steht den Forschenden zur Durchführung kristallographischer Untersuchungen an Dünnschichten zur Verfügung (siehe Abbildung). Mittels Grazing Incidence X-Ray Diffraction (GIXRD) konnten die Identität und Zusammensetzung kristalliner Phasen, sowie Kristallitgrößen unter Variation der Informations tiefe bestimmt werden.

Neben der Identifizierung von kristallinen Phasen wurden sowohl die Berechnung von Gitterparametern und Kristallitgrößen als auch die Verfeinerung des vollständigen Profils zur Kalkulation von Bindungslängen, Bindungswinkeln und Defektstruktur im Kristallit mittels Rietveld Refinement vorgenommen. So ergaben sich wichtige Rückschlüsse auf Korrelationen zwischen Struktur und Prozessparametern.

Komplementär zu den kristallographischen Untersuchungen lieferten elektronenmikroskopische Untersuchungen einen visuellen Eindruck der Schichtmorphologien. Die Präparationsmethode Focused Ion Beam (FIB) erlaubt die Herstellung von Querschnitten mit Auflösung auf der Nanoskala. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Schichtquerschnitte unter Nutzung eines Rückstreuelektronendetektors weisen einen ordnungszahlabhängigen Materialkontrast auf. Bei der Untersuchung der mittels PEO hergestellten Schichten wurde diese Methode zur Veranschaulichung der Phasengrenze zwischen Substrat und Oxidschicht und zur Bestimmung der Schichtdicke erfolgreich eingesetzt (siehe Abbildung).



Oben: Kristallographische Untersuchungen im Röntgendiffraktometer Bruker D8 Advance. Unten: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen einer PEO-Aluminiumoxidschicht im FIB-Querschnitt

Drittmittelfinanziertes Projekt

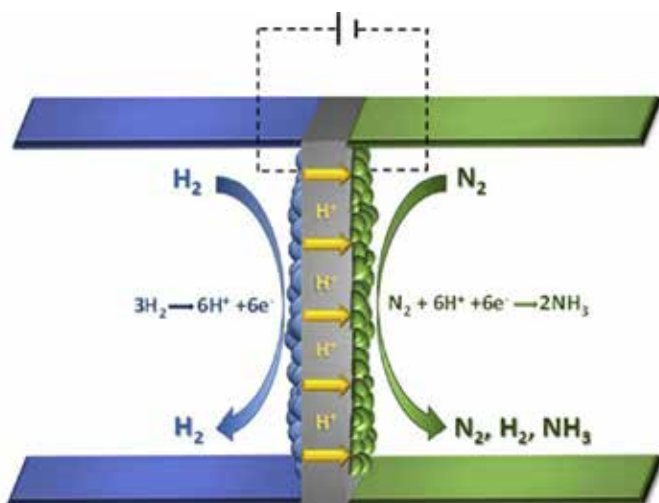
Elektrochemische Zellen auf Basis keramischer Dünnschichten können zur effizienten Erzeugung oder zur direkten Verstromung von Ammoniak als neuer Energiespeicher und Kraftstoff eingesetzt werden. In der einer Projektlinie des BMBF WIR! CAMPFIRE-Bündnisses und dem BMWK IGF Projektes SPUDNIK wird die Ammoniak-Festkörpersynthese entwickelt, die eine Erzeugung von NH_3 auf elektrochemischem Weg aus Stickstoff, Wasser und erneuerbarem Strom ermöglicht.

Dazu wird am INP ein kombiniertes Verfahren aus mehreren subsequenten Prozessschritten entwickelt, um dichte Perowskit-Dünnschichten mit Schichtdicken von bis zu 5 μm auf der Basis von Yttrium- und Cer-dotiertem Bariumzirkonat herzustellen. Zunächst werden dazu die komplexen Oxide in einem Co-Sputter-Verfahren durch einen Closed-Field-Unbalanced-Magnetron-Sputter-(CFUMS) Prozess auf dem tubularen Anodensubstrat abgeschieden. Durch die spezifische Anordnung der Magnetfelder werden in dieser Konfiguration gesteigerte Beschichtungsraten durch eine höhere Ionen-Stromdichte am Substrat erreicht. Die für die Leistungsfähigkeit und Stabilität der Membran maßgebende Stöchiometrie kann durch die Variation der Präkursor-Targets sowie der jeweiligen Prozessbedingungen gezielt beeinflusst werden. Die gesputterten Schichten werden durch Anwendung eines Linien-Infrarot-Lasers selektiv thermisch behandelt, um eine Homogenisierung der Stöchiometrie und Formation einer Kristallphase zu erzielen. Diese Funktionalität

der Membran ist ausschlaggebend für die ionische Leitfähigkeit. Dabei muss im Falle von dotiertem Bariumzirkonat eine Phasensegradation von Bariumoxid vermieden werden, um unerwünschtes Querdoping zu verhindern. Im Rahmen der CAMPFIRE Projektlinie wurde am INP ein umfangreiches Screeningprogramm für die Optimierung des kombinierten Sputter- und Laserbehandlungsprozesses für die Erzeugung der protonenleitenden Perowskitmembrane für die SSAS durchgeführt, wobei das Hauptaugenmerk auf der Variation der Dicke und der Anzahl der Einzelschichtlagen in Korrelation zu den eingesetzten Parametern des Laser-Annealing-Prozesses lag.

Für die Charakterisierung der Leistungsfähigkeit der Membran wurden Korn- und Korngrenzenleitfähigkeit mittels Impedanzspektroskopie charakterisiert. In enger Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern wurden im Anschluss Dünnschicht-basierte Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) hergestellt.

Die INP-Ergebnisse zeigen eine dichte und homogene Beschichtung von planaren und tubularen Substraten der MEA, die im Vergleich zur Bulkmembran eine um zwei Größenordnungen verbesserte protonische Leitfähigkeit aufweist. Damit wurde in Zelltests eine Ammoniakproduktionsrate von $9.06 \cdot 10^{-10} \text{ mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ erreicht - vergleichbar mit den Benchmark-Ergebnissen weltweit führender Forschergruppen. Um die Technologie und das Zelldesign weiterzuentwickeln, wurde im Rahmen einer WIR! CAMPFIRE Investition ein innovativer Hochdruck-Teststand für die elektrochemische Charakterisierung von Triple-MEA-Stacks umgesetzt und in Betrieb genommen.



Schema der Festkörper-Ammoniaksynthese

KONTAKT



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

Überblick

Die Forschungsgruppe Grüne Ammoniak-Materialien (GAM) erforscht und entwickelt plasmagestützte Syntheseverfahren zur Erzeugung von Nanomaterialien, die im zukünftigen kohlenstofffreien, wasserstoffbasierten Energiesystem eingesetzt werden sollen. Ammoniak als Wasserstoffderivat und neuer Energieträger spielt dabei für die Arbeitsgruppe eine zentrale Rolle, denn sie besitzt einen starken personellen und strategischen Link zum BMBF-WIR!-Bündnis CAMPFIRE der Region Nord-Ost zur Entwicklung von grünen Ammoniak-Technologien. Gemeinsam mit den Bündnispartnern entwickeln die Forschenden der Gruppe wichtige Kerninnovationen des Bündnisses, wie keramische und metallische Dünnschichten, Katalysatoren, Membranen, Schutzschichten, Speichermaterialien und redoxaktive Materialien für die zukünftige Wasserstoffwirtschaft auf der Basis von Ammoniak. Diese werden beispielsweise in Elektrolyseuren, der elektroschemischen Ammoniaksynthese, Brennstoffzellen, Batterien sowie für die thermische Stoffumwandlungen in Ammoniak-Crackern und Haber-Bosch-Prozessen eingesetzt.

Im Rahmen des CAMPFIRE Open Innovation Ansatzes fokussiert die Gruppe ihre Arbeiten stark auf die Produktkategorie „Dünnschichten“ des CAMPFIRE Bündnisses und setzt zudem gemeinsam mit den CAMPFIRE-Partnern im Rahmen des BMBF Leitvorhabens TransHyDE CAMPFIRE Umsetzungsprojektes eine Testinfrastruktur für Power-to Ammonia- und Ammonia-to-Power-Energiesysteme am Standort des Poppendorfer Technologiezentrums PTZ - Green Ammonia ChemPark auf dem Industriegelände der YARA GmbH & Co KG um. Dieser breite und interdisziplinäre Ansatz umfasst die Chemie, Physik und Ingenierswissenschaften und ermöglicht eine zielorientierte, ganzheitliche Vorgehensweise sowie eine hochdynamische Entwicklung der Forschungsprojekte. So fließen Anforderungen aus der Konzeptentwicklung des mikrostrukturierten Haber-Bosch-Reaktors im CAMPFIRE Open Innovation Lab direkt in die Entwicklung des atmosphärischen Plasmaverfahrens zur Synthese der Kellogs Advanced Ammonia-Processing-Katalysatoren ein. Expertisen und Knowhow der GAM-Gruppe auf dem Gebiet der Nanomaterialien und Plasmasynthese fließen auch in die Entwicklung von neuen Batteriesystemen als wichtige weitere Technologie der zukünftigen Energiesysteme ein. Projekte der Gruppe werden derzeit im Rahmen von BMBF WIR!, BMBF TransHyDE, BMWK IGF sowie Horizont 2020 FETProActiv gefördert.

Design und Erzeugung von komplexen elektrokeramischen Materialien

Mittels Prozess-Sequenzen auf der Basis von PVD, CVD und atmosphärischen Plasmaverfahren werden neue Fertigungsverfahren für komplexe Materialien als Herzstücke der Ammoniak-Technologien entwickelt. Diese werden hinsichtlich der Phasenreinheit, Homogenität, Ausbeute und Nachhaltigkeit entwickelt und implementiert. Auf der atomaren Skala wird die Stöchiometrie, einschliesslich der Dotierungen und Fehlstellen, optimiert, um vorteilhafte funktionelle Eigenschaften der Materialien zu erzielen. Ein Fokus liegt auf der Entwicklung von perowskitischen Protonenleitern, Sauerstoffionenleitern, Gemischtleitern und Hochentropie-Legierungen. Ein wichtiger Bestandteil der Arbeit der Forschenden ist die Analyse der Phasenidentizität, Kristall- und Defektstruktur, Mikrostruktur und Leistungsfähigkeit mithilfe von FIB-SEM-EDX, XRD, Raman, Physi- und Chemisorption, thermischer Analyse sowie elektrochemische Charakterisierung und Analyse der Permeationseigenschaften für Wasserstoff und Sauerstoff.



Hochdruck-Teststand zur Charakterisierung von röhrenförmigen Membran-Elektroden-Einheiten auf der Basis einer gesputterten protonenleitenden Perowskitmembranen für die Anwendung in der Festkörper-Ammoniaksynthese.

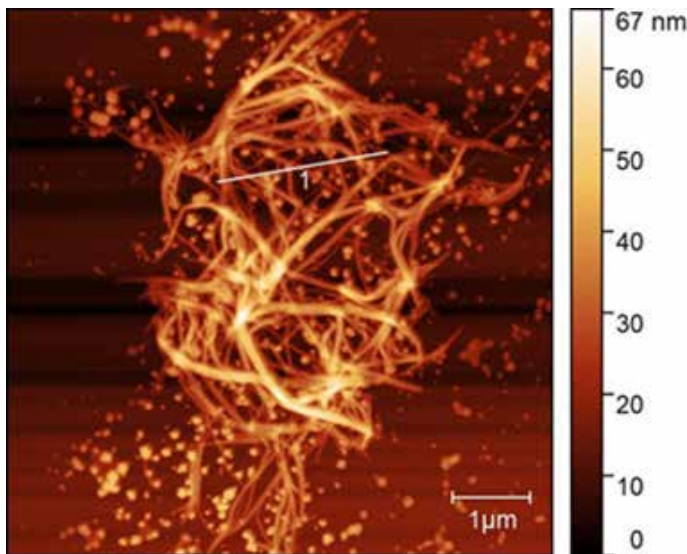
Anwendungsorientierter Ausblick

Die Forschungsgruppe führt in einem ganzheitlichen Ansatz die Entwicklung von Membran-Elektroden-Einheiten auf der Basis von gesputterten Dünnschichten auf metallgeträgerten Substraten durch und entwickelt neue Atmosphärendruck-Plasma-basierte Herstellungsverfahren für Nanopartikel-Suspensionen auf der Basis von beispielsweise Vanadiumoxid-Graphen, Platin-Magneli sowie Barium-Ruthen-Magnesiumoxid, die im Anschluss formuliert und in nasschemischen Beschichtungsverfahren für die jeweiligen Anwendungen eingesetzt werden. Ein weiteres Thema ist die Entwicklung eines kombinierten Spark-Plasma- und Sputterprozesses zur Erzeugung von kostengünstigen Elektrodenmaterialien auf der Basis von High-Entropy-Alloys. Die besondere Herausforderung bei der Erzeugung von komplexen Materialien wie den Perowskiten oder MAX-Phasen liegt dabei in der Kombination von bis zu sechs Atomen, die entweder in einem Sauerstoff-, Carbide- oder Nitridgitter angeordnet werden oder in ihrer metallischen Form eine homogene Legierung formen. Die Forschungsgruppe konnte in den letzten Jahren auf diesem Gebiet sehr gute Fortschritte mit einer Prozesssequenz aus Co-Sputtern und

schweren Dampfphasenabscheidung oder ein atmosphärisches Plasmaverfahren eingesetzt. Insbesondere auf dem Gebiet der Graphenerzeugung aus organischen Präkursoren und der Hybridisierung von Graphen mit metallischen und metalloxidischen Nanodomänen hat die Gruppe neue Expertisen und wertvolles Knowhow in der Reaktortechnik und Reaktionsführung erarbeitet. Ein wichtiges Werkzeug dabei ist die statistische Versuchsplanung und die fortlaufende Charakterisierung der Kristallstruktur, der Mikrostruktur und der spezifischen Oberfläche der erzeugten Partikel. Dazu besteht eine zunehmend enge Zusammenarbeit der Forschungsgruppe mit der Universität Greifswald im Rahmen eines durch die Forschungsgruppe betriebenen, den Greifswalder Wissenschafts-Campus-übergreifenden Nanoanalytik-Seminars.

Redoxaktive Hybridmaterialien

Nanohybride auf der Basis von Kohlenstoff und redoxaktiven Komponenten sind der Schlüssel für die effiziente Energiespeicherung in Lithiumionen- und Natriumionen-Batterien. Die Gruppe optimierte den Erzeugungsprozess für Vanadiumoxid und LiS-Polythiophen. Die Hybridisierung erfolgt mit kommerziellen Kohlenstoffnanoröhrchen, Nanowiren oder in situ plasma-erzeugtem Graphen. Zudem wurden aus den Nanopartikeln durch angepasste Formulierungsstrategien optimierte Suspensionen synthetisiert, die in State-of-the-Art Beschichtungsverfahren wie Dipcoating, Screenprinting und Sprühen eingesetzt werden.



Vanadiumoxid-Graphen-Nanohybriden für die Natriumionen-Batterie zur stationären Speicherung erneuerbarer Energie.

Laser-Annealing erreichen, wobei das Augenmerk zunehmend auf der Auswahl, Herstellung und Optimierung von den Präkursoren in Targetform lag. Für die Erzeugung von Nanohybriden, die eine elektrochemische, elektrokatalytische oder katalytische Heterogenität aufweisen, werden in GAM Kombinationen von Magnetron Sputtern und chemi-

KONTAKT



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

Überblick

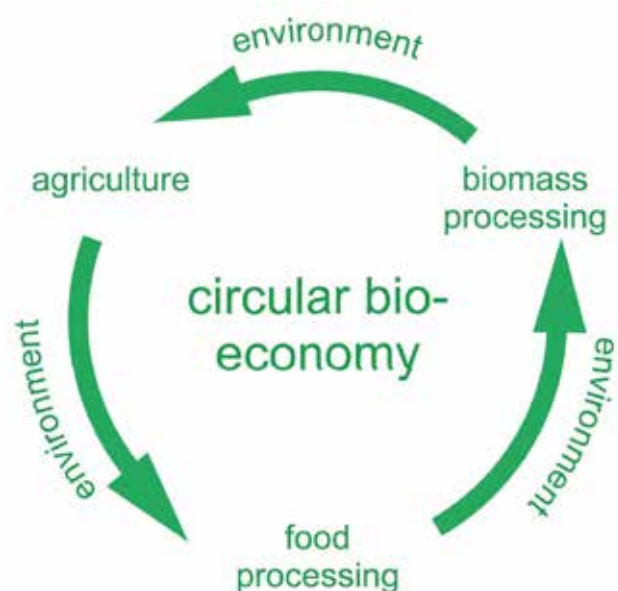
Der Forschungsschwerpunkt „Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt“ widmet sich der Untersuchung und Entwicklung von Plasmamethoden, die potenziellen Nutzen für die Verarbeitung und Behandlung von Nutzpflanzen, Lebensmitteln und Biomassesubstraten haben. Diese einzelnen Themenbereiche bilden die Grundlage einer zirkulären Bioökonomie, die mit dem landwirtschaftlichen Anbau und den Produkten beginnt, die für den Verbraucherbedarf oder die Weiterverwendung aufbereitet werden müssen. Die dabei entstehenden Abfälle können als wertvolle Ressource verwertet und idealerweise wieder in die Landwirtschaft zurückgeführt werden. Innovative Plasmatechnologien können dazu beitragen, entlang der gesamten Wertschöpfungskette die Effizienz und die Erträge zu steigern. So werden die Kosten für Unternehmen und Verbraucher gesenkt und eine wirklich nachhaltige Produktion mit deutlich geringerer Umweltbelastung ermöglicht.

Außerdem können durch den Einsatz von Plasmatechnologien Verfahren, die giftige Stoffe, wie Desinfektionsmittel, Lösungsmittel oder Pestizide, erfordern, ersetzt werden sowie Schadstoffe, insbesondere im Wasser, abgebaut werden. Für diese unterschiedlichen Anwendungen sind nichtthermische Plasmen, die in oder mit Luft und Wasser durch elektrische Entladungen erzeugt werden, besonders geeignet. Eine wichtige Rolle spielt die flüchtige Chemie bei den aktuellen Untersuchungen und Entwicklungen. So sind beispielsweise Hydroxylradikale, die aus Wasser oder feuchter Luft erzeugt werden, als starke Oxidationsmittel bekannt und bei der Inaktivierung von Mikroorganismen und widerstandsfähigen anthropogenen Schadstoffen dementsprechend wirksam. Auf dieser Grundlage werden Systeme für den Abbau von Agrochemikalien und relevanten schädlichen Mikroorganismen in der Lebensmittelverarbeitung und anderen Industrien entwickelt. Das Ziel ist eine wirksame Abwasserbehandlung sowie eine effiziente Wiederverwendung von Wasser durch die Kombination von Plasmatechnologie mit anderen Methoden.

Auf diese Weise soll der Frischwasserverbrauch gesenkt und Ressourcen, wie z. B. Regenwasser, können für Kreislaufwassersysteme für Aquakulturen in Gebäuden oder in der Landwirtschaft genutzt werden. Weitere vielversprechende Anwendungen bestehen in der Inaktivierung von antibiotikaresistenten Bakterien sowie im Abbau von Arzneimittelrückständen in Krankenhausabwässern. Die Anwendung von plasmabehandeltem Wasser bietet ebenfalls im Nutzpflanzenanbau neue Möglichkeiten. Es besteht die Perspektive, Phytopathogene zu bekämpfen, das Pflanzenwachstum zu stimulieren und Toleranzen gegen abiotischen Stress wie Trockenheit und Überschwemmung zu induzieren. Plasma-

technologien können ebenfalls dazu verwendet werden, lebensmittelbedingte Krankheitserreger zu bekämpfen. Spezifische Anwendungen, insbesondere für die Hygienisierung von Obst und Gemüse durch plasmabehandeltes Wasser oder plasmabehandelte Luft, haben mittlerweile einen marktnahen Reifegrad erreicht. Eine Behandlung von Saatgut mit plasmabehandelter Luft verbessert nachweislich nicht nur die Saatguthygiene, sondern stimuliert auch die Keimung. Dafür sind reaktive Stickstoffspezies verantwortlich. Plasmaprozesse ohne Sauerstoff sind insbesondere für die Behandlung von organischen Abfällen, wie z. B. aus Lebensmitteln, Mähdreschern oder Gülle, von Bedeutung. Diese Biomassesubstrate sind in der Regel für Biogasanlagen ungeeignet, da sie für die anschließende Vergärung nur schwer abbaubar sind. Mit einer Kombination aus Plasma- und Ultraschallbehandlung konnte die Biogasausbeute solcher Substrate jedoch erheblich gesteigert werden.

Gleichzeitig haben sich in Mikroalgensuspensionen getauchte Abflüsse zur Extraktion von Wertstoffen bewährt. Neue Themen tauchen ständig auf und erweitern die aktuellen Forschungsaktivitäten. Hervorzuheben sind die Rückgewinnung von Wertstoffen und die gezielte Umwandlung von organischen Stoffen und Chemikalien in Flüssigkeiten durch oxidative und reduktive Prozesse.



Plasmaverfahren bieten Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette einer zirkulären Bioökonomie. Desinfektion und Dekontamination sorgen für sicherere Produkte. Alternativen zu Pestiziden schützen die Umwelt und können die Ernten sichern. Abfälle können als wertvolle Ressource genutzt werden.

Anwendungsorientierter Ausblick

Im Forschungsschwerpunkt „Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt“ werden viele verschiedene Plasmatechnologien eingesetzt und untersucht, darunter dielektrische Barrierenentladungen, gepulste Hochspannungsentladungen im Nanosekundenbereich und mit Mikrowellen betriebene Entladungen. Neben einem grundlegenden Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse und Mechanismen besteht das inhärente Ziel darin, stets die beste Technologie für eine bestimmte Anwendung und einen bestimmten Bedarf zu finden. Daher wird die Entwicklung von Systemen „Von der Idee zum Prototyp“ mit dem Schwerpunkt auf Verbesserungen und auf Vorteile für einzelne Prozesse und deren Anforderungen verfolgt. Die Fortschritte in den verschiedenen Bereichen sind durch den sich stetig verbessernden Stand der Technik motiviert. Für Anwendungen von Plasmatechnologien in der Landwirtschaft wurden die Methoden bisher hauptsächlich im Labor validiert. Erste Feldversuche sind bereits angelaufen. Wasserbehandlungen wurden bereits in relevanten Umgebungen validiert, was wertvolle Erkenntnisse über die tatsächlichen Anforderungen, einschließlich der Kosteneffizienz, lieferte. Technologien für den Abbau von Biomasse wurden ebenfalls erfolgreich in realen Biogasanlagen getestet.

Eine fortschrittliche Entwicklung ist die Anwendung von plasmabehandeltem Wasser in der Lebensmittelhygiene, insbesondere zur Hygienisierung von frisch geschnittenem Salat. Verunreinigungen von Blattgemüse, einschließlich verzehrfertiger Salate, sind eine häufige Ursache für schwerwiegende Ausbrüche von Lebensmittelvergiftungen, die



Plasmabehandeltes Wasser für die Hygienisierung von frisch geschnittenem Salat in einer handelsüblichen Waschmaschine. Die mikrobielle Belastung konnte deutlich reduziert und so ein sichereres Produkt für die Verbraucher bereitgestellt werden. Die Markteinführung des Verfahrens steht noch aus.

sogar zu Todesfällen führen können. Die derzeitigen Waschverfahren reichen offenbar nicht aus, um dieses Problem zu lösen. Umgekehrt haben die im Forschungsschwerpunkt durchgeführten Studien gezeigt, dass plasmabehandeltes Wasser, das insbesondere für die letzten Schritte eines Waschvorgangs verwendet wird, die mikrobielle Belastung erheblich reduzieren kann. Dies trägt zur Verlängerung der Haltbarkeit bei und kommt vor allem der Verbrauchersicherheit zugute. Basierend auf den Erfahrungen aus verschiedenen vorangegangenen Kooperationen haben die KRONEN GmbH und das INP gemeinsam mit der GARTENFRISCH Jung GmbH und dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB) in Potsdam einen Prototyp für eine Salatwaschmaschine entwickelt. Das System und der Ansatz wurden ein Jahr lang in einem kommerziellen Umfeld getestet. Das Ergebnis ermöglicht einen nahezu vollständig hygienischen Waschprozess bei gleichzeitiger Wassereinsparung. Das Projekt SPLASH wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Eine kommerzielle Anwendung ist trotz erfolgreicher Tests und nachgewiesener Vorteile derzeit noch nicht möglich, da die erforderliche Zulassung durch europäische und deutsche Behörden aussteht. Die notwendigen Studien und deren Dokumentation werden aktuell durchgeführt. Unabhängig davon werden, basierend auf den positiven Erfahrungen mit der Salatwäsche, bereits weitere Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens für andere frische Lebensmittel wie Obst und Gemüse in Erwägung gezogen.

Für Fälle, in denen eine Nassreinigung nicht erforderlich oder möglich ist, bietet sich eine Behandlung mit plasmabehandelte Luft als praktikable Alternative an. Das INP hat hierfür ein patentiertes Verfahren entwickelt. Diese Technologie wurde bereits im vorkommerziellen Pilotmaßstab erfolgreich demonstriert und in den Gesamtprozess zur Konservierung und Lagerung von Äpfeln integriert. Die nächsten Entwicklungsschritte werden sich auf die Durchführung der für die Zulassung erforderlichen Studien konzentrieren. Dies gilt ebenso für die Anwendung auf andere Produkte wie Kräuter und Gewürze. Dabei wird es auch wichtig sein, unterschiedliche Betriebsparameter zu identifizieren und das Verfahren in bestehende Prozesse zu integrieren.

Grundfinanziertes Projekt

Die Anwendungen, die im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt“ in verschiedenen Projekten verfolgt werden, basieren fast ausschließlich auf der Chemie, die in Flüssigkeiten durch die Einwirkung eines Plasmas entsteht. Die überwiegend untersuchte Flüssigkeit ist Wasser, und die wichtigsten Prozesse umfassen den Abbau von Schadstoffen, die Inaktivierung von Mikroorganismen und die Verarbeitung pflanzlicher Biomasse sowie Mikroalgen. Diese Prozesse lassen sich weitgehend auf die Oxidation von Zielverbindungen und Biomolekülen zurückführen.

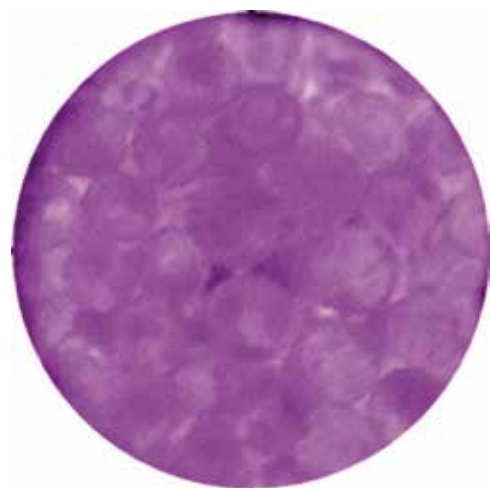
Aus diesem Grund wird die Bildung von Wasserstoffperoxid, dem Endprodukt der Hydroxylradikale, anhand von Merkmalen der Entladungen in Wasser quantifiziert und mit der Bildung von Hydroxylradikalen in Verbindung gebracht. Entscheidend ist das aktive Volumen der Entladung, das in erster Linie durch die Ausdehnung der Plasmakanäle beschrieben wird. Überraschenderweise zeigte sich, dass die Konzentrationen von Wasserstoffperoxid zwar quadratisch mit der Laufzeit zunahm, jedoch nicht in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Wassers. Besonders bemerkenswert war die Verdopplung der Produktionsrate und des Wirkungsgrades, als die Pulsdauer von 300 auf 100 Nanosekunden reduziert wurde. Bisherige Beobachtungen ergaben, dass bei Entladungen in Wasser eine maximale Wasserstoffperoxidproduktionsrate von 9 g/kWh erreicht wurde.

Die Effizienz dieser Prozesse wurde in verschiedenen Untersuchungen bestätigt, insbesondere bei der Verwendung von 100-Nanosekunden-Hochspannungsimpulsen, die auch beim Abbau pharmazeutischer Rückstände eine wichtige Rolle spielen. Diese Ergebnisse liefern wertvolle Hinweise für mögliche Anwendungen.

Eine weitere Studie befasste sich mit dem zeitlichen Verlauf der Erzeugung von Peroxynitrosäure aus Wasserstoffperoxid, das überwiegend für die Inaktivierung von Mikroorganismen in wässrigen Lösungen verantwortlich gemacht wird. Die Pufferkapazität der mit Plasma behandelten Lösung erwies sich als ausschlaggebend für die Akkumulation und Dauerhaftigkeit der Übergangsverbindung. Bei Flüssigkeiten mit hoher Pufferkapazität konnten während der Plasmaexposition höhere Konzentrationen akkumuliert werden. Umgekehrt konnte die antimikrobielle Wirksamkeit durch Anpassung der Behandlungsbedingungen optimiert werden. Die Umsetzung der Erkenntnisse ermöglichte eine

Inaktivierung der *Bacillus atrophaeus*-Sporen um 3,8 Größenordnungen. Neben dem Abbau und der Inaktivierung von Schadstoffen und Mikroorganismen wurden auch chemische Umwandlungen für die gezielte chemische Synthese untersucht. So können insbesondere wertvolle organische Verbindungen auf umweltfreundliche Weise hergestellt werden. Für 2,5-Dihydrobenzoesäurederivate wurde die Bildung von methoxylierten und hydroxylierten Produkten sowie von Dimeren in wässrigen Lösungen bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur ohne Katalysatoren gezeigt.

Verschiedene Behandlungsmodalitäten führten zur Bildung von stabilen Benzochinonprodukten, die die Basis für Feinchemikalien, Polymere oder Bausteine für andere Synthesen sind. Die beschriebenen Möglichkeiten gezielter Transformationen empfehlen die Methode als neuartigen Ansatz in der Grünen Chemie. Eine besonders interessante Transformation ist die Umwandlung von Kohlendioxid. Ein neuartiger Ansatz ist die Kombination des Plasmas mit funktioneller biologischer Materie. Dazu müssen Zellen oder zelluläre Komponenten in das Plasma eingebracht werden. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass sich Betriebsbedingungen finden lassen, die den Umsatz im Vergleich zum Plasma allein verdoppeln.



Glaskugeln wurden mit Material aus Kohlendioxid umwandelnden Zellen als Füllung einer dielektrischen Barriereentladungskonfiguration mit gepacktem Bett beschichtet. Das Plasma liefert eine Reaktionschemie, die die Umwandlung von Kohlendioxid durch die funktionelle Beschichtung unterstützt.

Drittmittelfinanziertes Projekt Plasmamethoden für die Landwirtschaft

Die Entwicklung von Plasmamethoden für landwirtschaftliche Anwendungen konnte in mehreren Projekten im Rahmen der Programmlinie „WIR! - Wandel durch Innovation in der Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erheblich vorangetrieben werden. Ein Konsortium von mehr als 60 geförderten und assoziierten Partnern aus Forschung und Praxis wird von der Hochschule Neubrandenburg und dem INP geleitet. Zwischen 2018 und 2025 werden in verschiedenen Projekten Methoden entwickelt, die darauf abzielen, Agrochemikalien zu ersetzen und deren Umweltauswirkungen zu reduzieren. Das INP setzt dabei auf unterschiedliche Konzepte für eine direkte Pflanzenbehandlung oder eine indirekte Behandlung mittels plasmabehandelter Luft oder Wasser.

Im Rahmen des Projekts „Physics for Seeds“ wurden Möglichkeiten zur Inaktivierung von samenbürtigen Phytopathogenen ohne chemische Beizung untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Plasmabehandlung ebenso wirksam ist wie eine Behandlung mit Elektronenstrahlen. Letztere ist eine bereits auf dem Markt eingeführte Methode. Verschiedene Erreger von Schimmelpilzen und Bakterien, die für Gerste, Raps und Lupine relevant sind, konnten mit Plasmamethoden erfolgreich inaktiviert werden. Feldversuche zeigten keine Unterschiede in Keimung und Ernteerträgen im Vergleich zu konventionell behandeltem Saatgut. Diese Untersuchungen werden im Nachfolgeprojekt „Physics for Seed Treatment“ fortgesetzt, das sich auch mit anderen Pathogenen und Saatgutarten, wie beispielsweise Ackerbohne, beschäftigt und die Methode mit wachstumsfördernden Bakterien kombiniert, die an den Samenschalen haften. Im Projekt „Physik für Nutzpflanzen“, gefolgt von „Physik für Anbausysteme“, werden Möglichkeiten untersucht, das Wachstum von Nutzpflanzen zu fördern und zu schützen, indem der Einsatz von Pestiziden durch plasmabehandeltes Wasser ersetzt oder zumindest ergänzt wird.

Die Stickstofffixierung im Wasser durch Plasmabehandlung sowie die direkte Anregung von Stoffwechselprozessen tragen zu einem beschleunigten Wachstum bei. Besonders bemerkenswert ist die durch Plasma induzierte höhere Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Umweltstressfaktoren wie Dürre oder Überschwemmungen. So zeigten Lupinenpflanzen, die mit plasmabehandeltem Wasser behandelt wurden, nach einer zweiwöchigen induzierten Dürre höhere Biomasseparameter und einen erhöhten Prolingehalt im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, was auf eine biochemische Anpassung hinweist. Auch andere Biomarker reagierten auf die Behandlung und zeigten signifikante Veränderungen.



Feldversuche zur Untersuchung der Vorteile von plasmabehandeltem Saatgut und der Anwendung von plasmabehandeltem Wasser zur Förderung des Wachstums und der Widerstandsfähigkeit von Kulturpflanzen wurden an mehr als elf Standorten in ganz Deutschland über mindestens drei Wachstumsaisons durchgeführt und laufen noch.

KONTAKT



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

Plasmaprozessstechnik

Die Expertise der Abteilung Plasmaprozessstechnik besteht auf den Gebieten der plasmachemischen Gasumwandlung wie die CO_2 -Reduktion, der Biomassebehandlung und den plasmagestützten Vakuumverfahren zur Erzeugung hochporöser Schichten für die Elektrokatalyse. Für die Spaltung und Reduktion von CO_2 wurden verschiedene Anordnungen von dielektrisch behinderten Barriere Entladungen (DBE), wie Singlestack-, Multistack- und coaxiale Bauweisen, hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften sowie die CO-Bildung unter Variation der geometrischen Parameter systematisch untersucht. Diese Studien gaben Aufschluss über die Elektrodenbedeckung durch die Entladung und es konnten die Kapazitäten und Entladungsleistungen quantitativ bestimmt werden. Das Verhalten von Teilflächenentladungen konnte mit entsprechenden Ersatzschaltbildern beschrieben werden. Bei der Verwendung von coaxialen DBE-Reaktoren wurde eine Erhöhung der CO-Bildung durch eine Druckerhöhung des CO_2 -Plasmas erstmals nachgewiesen. Das zusätzliche Einbringen eines CeO_2 -Katalysators in den Entladungsspalt erhöht die Energieausbeute der CO-Erzeugung.

Gegenüber DBE-Anordnungen können Barriere-Korona-Entladungen durch die konstruktiv erzeugte Feldverstärkung die für die Plasmaerzeugung notwendige Spannungsamplitude verringern.

An gepulsten DBEs wurde die Auswirkung der Polarität von Hochspannungspulsen im Nanosekundenbereich auf die CO_2 -Spaltung untersucht. Der Betrieb mit Hochspannungspulsen positiver Polarität zeigte eine höhere CO_2 -Konversion verglichen mit negativer Polarität. Mit Hilfe dieser Entladungen konnte eine enzymkatalysierte CO_2 -Reduktion mit Wasserstoff direkt unterstützt werden.

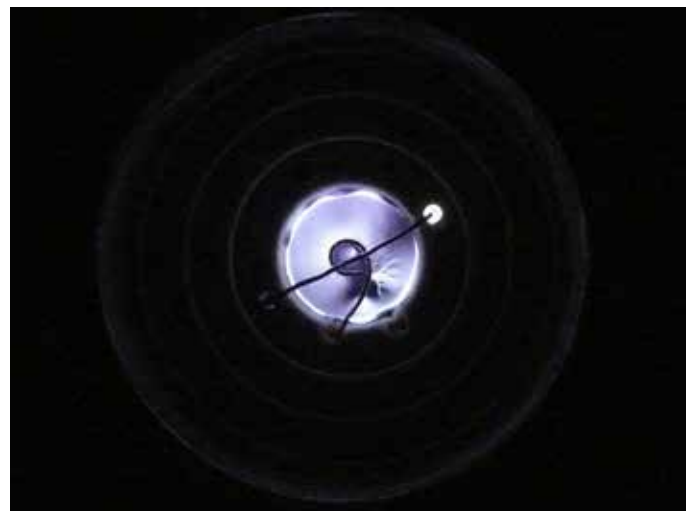
Für die Behandlung von Biomasse wurden mit Untersuchungen mit einem Verfahren bestehend aus einer Kombination aus einer Mikrowellenentladung und einer Ultraschallquelle mit gemeinsamem Wirkungsfeld begonnen. Dabei stehen der Einfluss der Plasma-Ultraschall-Behandlung auf den Biomasseumsatz, die Methanproduktion und die Prozessstabilität bei der anaeroben Vergärung von unterschiedlichen Reststoffen, die Rückgewinnung von essentiellen Elementen wie Phosphor und die Wasserstoffherzeugung im Vordergrund.

In der sauren Wasserelektrolyse werden Iridium-haltige Katalysatoren für Sauerstoffentwicklungsreaktionen an der Anode verwendet. Dazu wurden eine industrietaugliche Produktionsmethode auf Basis von PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition) sowie Prüfmethode, die das Verhalten des Katalysators realistisch wiedergeben, entwickelt. Insbesondere wurde ein Verfahren zur Untersuchung von Gasdiffusionselektroden in einer Halbzellenanordnung eingeführt. Spezielle selbsttragende Ir-Co-Katalysatoren mit geringer Ir-Beladung, die durch physikalische Abscheidung aus der Dampfphase hergestellt wurden, zeigten im Vergleich zu einem kommerziellen, trägerlosen IrO_x -Nanopartikel-Katalysator mehr als zehnmal höhere Sauerstoffentwicklungsmassenaktivitäten. Diese Ergebnisse unterstützen die Ausgründung eines Spin-offs auf dem Gebiet der Herstellung von Gasdiffusionselektroden für die Wasserelektrolyse.

Technologische Ausstattung:

Plasmaquellen für die chemische Synthese:

- Dielektrisch behinderte Entladungen
 - Singlestackreaktor
 - Multistackreaktor
 - coaxiale Anordnungen für Hochdrucksynthesen



Plasmaquelle für plasma-elektrochemische Prozesse

Biomassebehandlung:

- KombiMax-Demonstrator; umfasst zwei 1 kW Ultraschallquellen, eine 500 W Mikrowellenquelle und einen 10 L Rezipienten
- Mikrowellengeneratoren im Bereich 1-3 kW
- Testreaktoren für die Biomassebehandlung im Labormaßstab (2 L Volumen)
- Agilent 8860 GC-System
- Biogas-Batch-Gärsystem, AMPTS III

MEA-Fertigung und -Test:

- ND-SP Ultraschall-Spritzbeschichter® 11/3 voll integriert, X-Y-Arbeitsbereich von 300 mm x 300 mm
- LaboPress P150H, 150mm x 150mm
- quickCONNECT fixture qCf, aktive Fläche: 25 cm²

Experimentelle Ausstattung Plasmatechnik PVD, PECVD:

- PIAD-Vakuumbeschichtungsanlage, M 900
- UNIVEX 400 mit Loadlock

Plasmatechnik zur Pulvermodifizierung:

- Drehtrommelreaktor, HF- oder Mikrowellenanregung, Vakuumprozess für die Aktivierung oder Beschichtung (PECVD) von Schüttgütern

Ausblick auf künftige Schwerpunkte

- plasmachemische Stoffumwandlung
 - Reduktion von CO₂ mit H₂ zu Energieträgern wie z.B. Methanol oder Ameisensäure
 - Unterstützung von Enzym-katalysierten Synthesen durch Plasmaprozesse

Recycling von Polymeren

- Kombination von Plasma- und Elektrokatalyse
 - Untersuchung der Synergie von plasmachemischen und elektrochemischen Prozessen im gemeinsamen Wirkungsfeld
 - Synthese von Ammoniak und anderen Wasserstoffträgern
- Kombination von Plasma und Ultraschall für die Behandlung von biologischen Substraten
 - Erhöhung der Effizienz von Biogasprozessen
 - Verbesserung der Prozessstabilität bei der anaeroben Vergärung von Reststoffen
 - Auswirkungen von Plasma-Ultraschall auf verschiedene Rohstoffe

- Untersuchung des Einflusses der Plasma-Ultraschallbehandlung auf das Mikrobiom entlang der gesamten Prozesskette von den Rohstoffen über den anaeroben Vergärungsprozess bis hin zu den Gärresten
 - Phosphorrückgewinnung aus Biomasse
 - Stickstoffanreicherung
 - Wasserstofferzeugung
- Aufskalierung von Methoden zur Erzeugung hochporöser Katalysatorschichten für die Elektrokatalyse



Funkenentladung in Wasser für Biomassebehandlung

KONTAKT



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

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 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. Hierbei ist die Applizier- und Integrierbarkeit in die industrielle Produktionsumgebung von Bedeutung, um den potentiellen Transfer in die Industrie zu realisieren.

Beispiele für die aktuellen Aktivitäten der Abteilung Plasmabiotechnik sind:

- die Entwicklung eines auf Reactive Nitrogen Species (RNS) beruhenden Hygienisierungsverfahrens, das mittels eines Basisgerätes sowohl eine Trocken- als auch eine Nassbehandlung ermöglicht;
- die Entwicklung von optischen Sensoren zur Prozessüberwachung auf Basis von speziellen Diodenlasersystemen;
- die Optimierung von Labormustern zu industrienahen Standards.

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

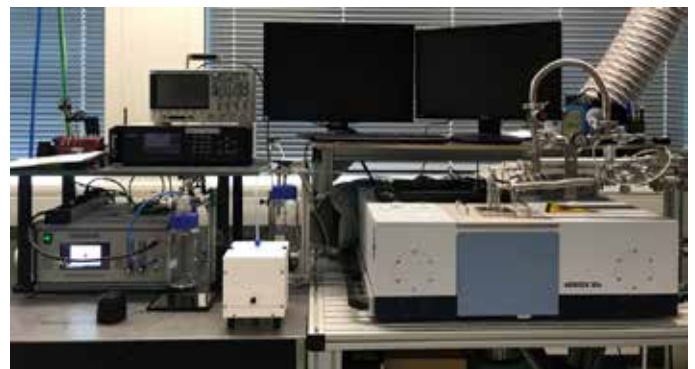
Technologische Ausstattung

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 plasmaprozessiertem 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



Aufbau zur Gasdiagnostik der Plasma-prozessierten Luft im Labor

MinMIP

Kleiner mikrowellenangeregter Plasmatorch für chemische Diagnostik und biologische Applikationen

Mikrobiologische Standardmethoden

- Proliferationsassays
- Lebend-Tod-Bestimmung
- Biofilme
- Mikroorganismen der Risikogruppen 1 und 2

Standardmethoden des Qualitätsmonitoring

- Wassergehalt
- Zuckergehalt
- Farbänderung (Labor-System)
- Texturmessung



Lebensmittel-assoziierte Mikrobiologie - neue Labore im Z4

Optische Messtechnik

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

Hochfrequenz-Messtechnik

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

Strömungssimulation

- Numerische Strömungssimulation auf Basis von StarCCM+

CAD-Konstruktion

Folgende Themenfelder sind Gegenstand aktueller Entwicklungen in der Plasmabiotechnik:

- Hygienisierung von Saatgut und frischen Lebensmitteln
- Keimungstimulanz von Saatgut
- Inaktivierung von Humanpathogenen (insbesondere Zoonose-Erregern) mittels Plasmatechnologie auf sensiblen Oberflächen

- Entwicklungen zur Erhöhung der Lagerfähigkeit von frischen Lebensmitteln durch Reduzierung von Phytopathogenen
- Untersuchungen zur Lebensmittel-Qualität

KONTAKT



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

Überblick

Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP, Rostock) und dem Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT, Rostock) wollen wir als INP eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung von kostengünstigen und effektiven Wasserstofftechnologien einnehmen. Dafür werden wir mit Unterstützung des Ministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Tourismus und Arbeit Mecklenburg-Vorpommern die Power-to-X-Plasma-Entwicklungsumgebung innerhalb der „Forschungsfabrik Wasserstoff MV“ aufbauen, welche die Entwicklung von neuen Technologien im Bereich regenerativer Energien und alternativer Energieträger (etwa synthetisches Methanol oder grünes Kerosin) im Raum Rostock sowie deren effiziente Anwendung in der Praxis zum Ziel hat.

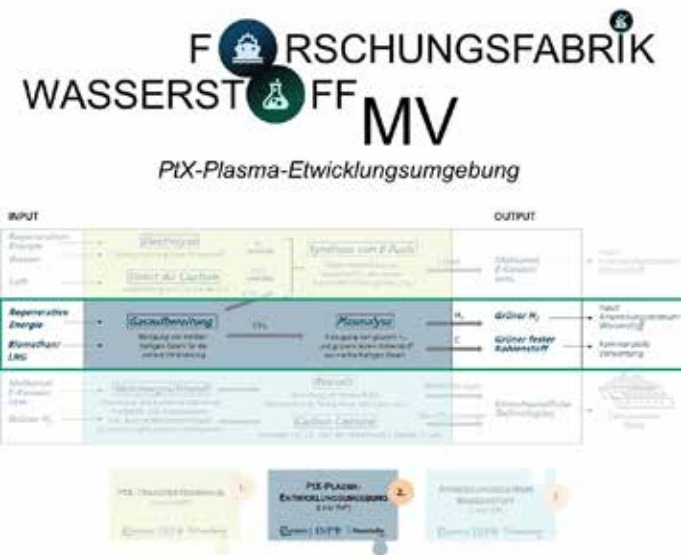
Das INP konzentriert sich auf Plasmalyse-Verfahren, welche für die Aufspaltung von Methan in Wasserstoff und Kohlenstoff weniger elektrische Energie benötigen als bei der Elektrolyse für die Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff benötigt wird. Die Plasmalyse stellt daher eine vielversprechende Alternative und Schlüsseltechnologie dar, um emissionsfreien Wasserstoff dezentral wirtschaftlich herstellen zu können sowie dessen Ertrag bei vermindertem Einsatz von erneuerbaren Energien signifikant zu steigern.

Bei der Plasmalyse wird der Wasserstoffträger (bspw. Biogas oder LNG) unter Einwirkung eines Plasmas in Wasserstoff und festen Kohlenstoff zerlegt. Bei der Verwendung von Biogas und erneuerbaren Energien bietet die Plasmalyse somit eine reale Kohlenstoffsénke, sofern der Kohlenstoff dauerhaft gebunden bleibt.

Der Fokus des Vorhabens liegt in der zukunftsorientierten Vorlauftforschung für innovative Plasmalyse-Technologien zur dezentralen dynamischen Wasserstoffbereitstellung. Die technische Umsetzung erfolgt hierbei schrittweise, um Entwicklungsrisiken zu minimieren und einen möglichst schnellen Markthochlauf zu gewährleisten.

Die erste Anlage wird in den Jahren 2024 und 2025 am INP entwickelt und im Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie (Z4) aufgebaut werden um zeitgleich mit einer größeren Anlage zu starten und Entwicklungserkenntnisse hierhin zu transferieren. Mit dem Aufbau der zweiten Anlage wird in 2026 begonnen werden, um Ende 2027 mit der Inbetriebnahme in Rostock zu starten.

Ziel der Power-to-X-Plasma-Entwicklungsumgebung ist es, dass die entwickelten Technologien in aufbauenden Verbundforschungsvorhaben mit der Industrie die Grundlage für marktreife skalierbare standardisierte Fertigmodule bilden. Diese können bspw. in Biogasanlagen, in der Schifffahrt, in LNG-Terminals oder kleinskaligen dezentralen H₂-Bereitstellungsanlagen eingesetzt werden.



Kernthemen und schematische Darstellung der ganzheitlichen Kooperation der Teilvorhaben innerhalb der Forschungsfabrik Wasserstoff MV



KONTAKT



Dr. Jan Hummel
Tel.: +49 3834 / 554 3896
jan.hummel@inp-greifswald.de



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



FORSCHUNGS- BEREICH

PLASMACHEMIE & PROZESSTECHNIK

Überblick

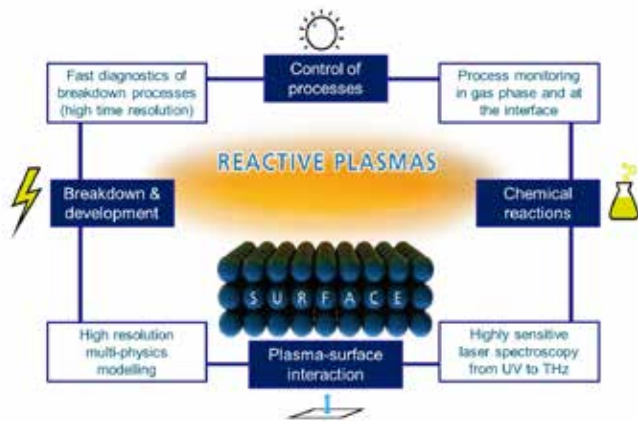
Im Mittelpunkt des Forschungsbereichs „Plasmachemie und Prozesstechnik“ steht die Weiterentwicklung spezialisierter Diagnostik und Simulation für die anwendungsorientierte Forschung an Plasmen. Gebündelt werden plasmatechnologische Themenstellungen insbesondere für die Produktions-, Verfahrens- und Energietechnik. Der Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse untersucht die Physik und Chemie reaktiver nicht-thermischer Plasmen und entwickeln Methoden zu ihrer Messung, Simulation und Steuerung. Hierdurch werden eine effiziente Prozesskontrolle sowie eine höhere Prozesssicherheit erreicht. Der Forschungsschwerpunkt Thermische Plasmatechnologien konzentriert sich auf elektrische Energietechnik, Hochspannungstechnik und Verfahrenstechnik unter Einsatz von Lichtbögen. Ziele sind die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von Komponenten der Energieversorgung sowie die Entwicklung umweltfreundlicher Schaltertechnik. Beide Forschungsschwerpunkte sind durch eine enge Zusammenarbeit mit industriellen Partnern unter anderem in bilateralen Projekten gekennzeichnet, die vom Einsatz innovativer Diagnostiken und Modelle profitieren.

Forschungsschwerpunkte des Bereichs:

Plasmachemische Prozesse

Thermische Plasmatechnologien

Überblick



Fragestellungen und Kernthemen des Forschungsschwerpunktes „Plasmachemische Prozesse“

Der Forschungsschwerpunkt „Plasmachemische Prozesse“ konzentriert sich auf die Physik und Chemie reaktiver Plasmen, erarbeitet neue Konzepte für Plasmareaktoren sowie Ansätze und Methoden zur Steuerung plasmachemischer Prozesse.

Dazu werden die Zusammensetzung verschiedener Plasmen, d.h. die Konzentrationen der geladenen und ungeladenen Plasmabestandteile, die energetischen Verhältnisse im Plasma, die vom Plasma emittierte Strahlung sowie die Wechselwirkung der Plasmen mit den begrenzenden Oberflächen analysiert und erforscht. Unter anderem stehen dabei die Entwicklung neuer Methoden zur Steuerung von Plasmen für die Oberflächenbehandlung und die plasmachemische Stoffwandlung im Vordergrund.

Für die Untersuchungen stehen modernste und empfindliche Methoden der Infrarot-Absorptionsspektroskopie zur Verfügung. Zudem können schnelle bildgebende Verfahren die Ausbildung der Plasmen und Entladungsregime erfassen, womit die Korrelation zwischen Entladungsphysik und Plasmachemie erschlossen werden kann. Zudem stehen Modelle und Simulationstools zur detaillierten Analyse multiphysikalischer Prozesse bereit.

Anwendungsfelder

Nicht-thermische Atmosphärendruckplasmen:

Nicht-thermische Plasmen, die bei Atmosphärendruck betrieben werden können, sind heutzutage eine wichtige Technologie. Sie werden u.a. zur Modifizierung empfindlicher Oberflächen, in der Behandlung von Gasen und in medizinischen Anwendungen eingesetzt. Der Forschungsschwerpunkt untersucht u.a. Plasmajets und Barrierenentladungen, die in einer Vielzahl von industriellen Prozessen anzutreffen sind.

Zum einen sind die Prozesse der Plasmaausbildung, d.h. die Mechanismen des elektrischen Durchbruchs von Interesse, zum anderen sind es die Bestimmung der reaktiven Spezies und die Identifikation der wesentlichen plasmachemischen Stoffwandlungsprozesse.

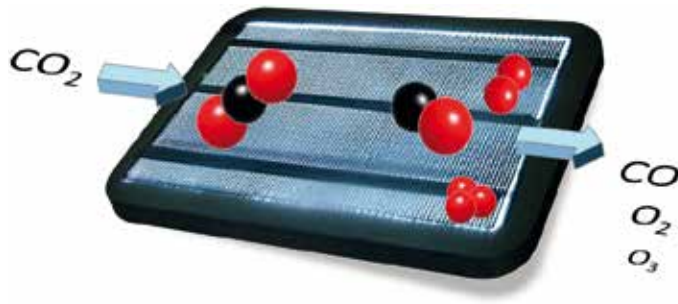
Plasmareaktoren für Power-to-X und Luftthygiene:

Nicht-thermische Plasmen bei Atmosphärendruck sind Stand der Technik z.B. in der Luftreinhaltung. Zudem forschen wir an der Umwandlung von Gasen, wie z.B. dem Treibhausgas Kohlendioxid, was in neuen Konzepten für Power-to-Gas oder Power-to-Fuel Prozesse münden soll. Die Entwicklung neuer Plasmareaktoren basiert auf einem fundierten Verständnis dieser Plasmen mittels experimenteller Methoden und multidimensionaler Plasmamodellierungen. Darüber erarbeiten wir Skalierungskonzepte heraus, damit ein erfolgreicher Transfer in die industrielle Praxis möglich wird.

Prozesskontrolle in industriellen Plasmaprozessen:

Die Plasmatechnologie spielt eine Schlüsselrolle bei der Herstellung von Mikroelektronik. Der vielfachen Anwendung steht ein noch nicht vollständiges Wissen über die chemischen und physikalischen Aspekte entgegen. Diese sind für die Optimierung der Prozesse, zum Beispiel für kleinere und schnellere Chips, wichtig. Darüber hinaus wird die Prozesskontrolle in der Halbleiterindustrie immer wichtiger, so dass die Dauer der Prozesse und die Qualität der Produkte optimiert werden müssen. Insbesondere der Nachweis von Atomen, z.B. von Sauerstoff- oder Fluoratomen, ist dabei von großer Bedeutung, scheitert aber bisher am Fehlen geeigneter Methoden für deren Nachweis in der industriellen Praxis. Neben der Entwicklung hochempfindlicher Diagnostik werden grundlegende Fragen zur Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung auf der Ebenen der Grundlagenforschung untersucht und die Sachverhalte vor allem in Kopplung mit Simulationen betrachtet.

Anwendungsorientierter Ausblick



Umwandlung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2) im Plasma einer planaren Barrierenentladung in Kohlenmonoxid (CO), Sauerstoff (O_2) und Ozon (O_3)

Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt zielen u. a. auf neue Verfahren für die direkte plasmagestützte und plasmakatalytische Herstellung von chemischen Grundstoffen aus einfachen Rohstoffen ab.

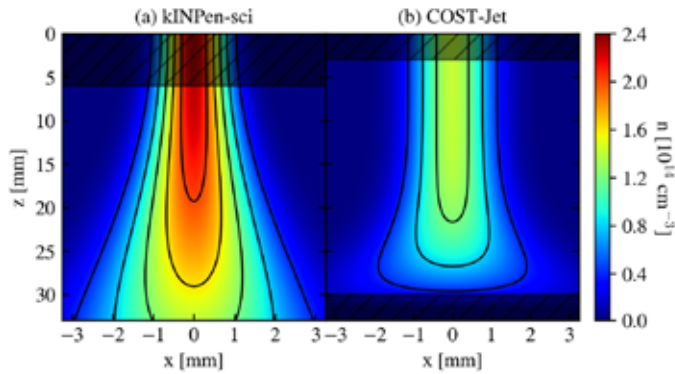
Zur Herstellung von chemischen Stoffen sollen kohlenstoffhaltige Ausgangsstoffe, vorrangig das Treibhausgas Kohlendioxid, unter Einwirkung der Plasmen zu anderen chemischen Verbindungen umgesetzt werden. Diese dienen als Grund- bzw. Ausgangsstoff für nachfolgende Syntheseprozesse oder werden im Plasma selbst weiter umgewandelt. Plasmen bieten die besondere Möglichkeit, chemische Substanzen effizient und vor Ort „on demand“ mittels elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen herzustellen. Im Forschungsschwerpunkt werden verschiedene Plasmareaktoren zur Spaltung von Kohlendioxid in Kohlenmonoxid als Ausgangsstoff für weitere Chemikalien untersucht. Neben der chemischen Stoffwandlung, die mittels Gasanalytik untersucht wird, werden umfangreiche elektrische Messungen durchgeführt. Elektrische Ersatzschaltbilder erlauben die Bestimmung der Plasmaleistung und Vorhersagen zum Betrieb bei wechselnden Betriebsbedingungen und Parametern der Entladungsanordnung.

Im Jahr 2022 ging das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte WIR-Projekt „biogeniV“ mit seinem Bündnis aus mehr als 15 regionalen und überregionalen Partnern in seine erste Umsetzungsphase. 2023 startete im Rahmen dieser ersten Umsetzungsphase ein Projekt, dass die Erzeugung von Biomethanol aus biogenem Kohlendioxid aus Biogasanlagen betrachtet. Dazu werden katalytische Prozesse mit Plasmaverfahren und modernster Membrantechnologie kombiniert. Ziel ist letztendlich eine neue technologische Option für die Biomethanolerzeugung zu schaffen, die dezentral z.B. an Biogasanlagen eingesetzt werden kann. Neben dieser Schaffung neuer Möglichkeit für die Bioökonomie, die auch die Herausforderungen der Energiewende adressiert, greift das Forschungsfeld damit auch das Thema der sog. Elektrifizierung der chemischen Industrie auf.

Die komplexe chemische Beschaffenheit molekularer Plasmen stellt eine Herausforderung für die herkömmliche absorptionsbasierte Laserdiagnostik dar. So können Spektrometer auf der Basis von cw-Lasern mit geringer Bandbreite nur wenige Übergänge für einzelne Molekülararten messen. Bei sorgfältiger Auswahl des Spektralbereichs können zwar mehrere Arten auch gleichzeitig gemessen werden, aber das Problem der Querempfindlichkeit kann überwiegen. Breitband-Spektrometer wie Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer (FT-IR) und dispersionsbasierte Spektrometer decken dagegen einen viel breiteren spektralen Bereich ab und können mehrere Spezies im Plasma nahezu simultan messen. FT-IR-Spektrometer, die inkohärente Lichtquellen verwenden, haben allerdings eine begrenzte spektrale Auflösung. Eine weitere Herausforderung bei der Absorptionsspektroskopie molekularer Plasmen ist der Mangel an genauen spektroskopischen Parametern. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, werden frequenzkamm-basierte Spektroskopietechniken für breitbandige, schnelle und präzise Messungen von Absorptionsspektren molekularer Spezies in Plasmen entwickelt und angewendet.

Mit diesen Aktivitäten stellt sich der Forschungsschwerpunkt auch breiter bzgl. der Methoden zur Untersuchung und Kontrolle industrieller Plasmaprozessen auf.

Grundfinanziertes Projekt „Plasmachemie“



Dichteverteilung von Wasserstoffperoxid im Effluenten unterschiedlicher Plasmajets. (Harris, Krös et al. Plasma Sources Sci. Technol. 32 (2023) 115010)

Trotz der weltweiten Forschungsaktivitäten an kalten Atmosphärendruck-Plasmajets und ihren Anwendungen in der Oberflächenbehandlung und Medizin bestehen immer noch offene Fragen zu grundlegenden Aspekten dieser Plasmaquellen. So ist unter anderem noch nicht ausreichend verstanden, welche reaktiven Bestandteile gebildet und wie diese erzeugt und vernichtet werden. Von besonderem Interesse sind u.a. Hydroxylradikale, Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffatome vor allem aber auch stabile reaktive Komponenten wie Wasserstoffperoxid, das auch in Wechselwirkung mit der behandelten Oberfläche oder einer Wunde kommt und somit die Plasmawirkung mitbestimmt. Zudem ist noch nicht ausreichend erforscht, wie die Zusammensetzung der reaktiven Spezies für einen bestimmten Zweck gesteuert oder sogar optimiert werden kann. Dementsprechend besteht die Notwendigkeit der Messung absoluter und räumlich aufgelöster Verteilungen der Dichten von reaktiven Spezies im Effluenten, der am Düsenausgang der Plasmaquelle in die Umgebungsluft eintritt.

Im Forschungsschwerpunkt „Plasmachemische Prozesse“ und insbesondere in der Abteilung Plasmadiagnostik werden diagnostische Methoden zur Bewältigung dieser Herausforderung entwickelt, optimiert und angewandt. Die Querschnittsabteilung Plasmamodellierung & Data Science widmet sich der Simulation dieser Plasmen in enger Kopplung mit Experimenten.

Ein Verfahren, das eine hohe Empfindlichkeit und räumliche Auflösung bietet ist die Cavity-Ring-Down-Spektroskopie. Namensgebend ist die Verwendung eines optischen Hohlraumes, in den ein Laserstrahl resonant eingekoppelt wird. Die zu detektierenden Spezies absorbieren selektiv einen Teil der Laserstrahlung, wobei die durch die Resonanz erheblich verlängerte Absorptionslänge die herausragende Empfindlichkeit der Methode begründet. Aus dem zeitlichen Abklingen der Lichtintensität nach Ausschalten der Laserstrahlung werden die lokalen Dichten bestimmt. Über die Verschiebung der Plasmaquelle zum Laserstrahl kann an verschiedenen Stellen gemessen und somit auch die räumliche Verteilung der jeweils absorbierenden Spezies erhalten werden.

Am Plasmajet kINPen im Betrieb mit Helium als Arbeitgas konnte so die räumliche Dichteverteilung von Wasserstoffperoxid bestimmt werden. In Zusammenarbeit mit der Universität York wurde der Vergleich zwischen zwei Helium-Plasmajets unterschiedlicher Geometrie durchgeführt.

Es zeigt sich, dass aufgrund unterschiedlicher Geometrien der Plasmadüsen wesentliche Unterschiede in der Strömungsdynamik und damit der Durchmischung mit der Umgebungsluft, in die das Helium und das Plasma als sog. Effluent eintreten, ergeben. Dies führt zu unterschiedlichen örtlichen Verteilungen und Maxima der Dichte der reaktiven Bestandteile. So wird für den kINPen eine ca. zweimal höhere maximale Dichte von Wasserstoffperoxid gemessen als im COST-Jet. Für beide Plasmajets kann die Aussage getroffen werden, dass das Wasserstoffperoxid hauptsächlich innerhalb der Plasmadüse oder nur einige Millimeter nach deren Austritt erfolgt.

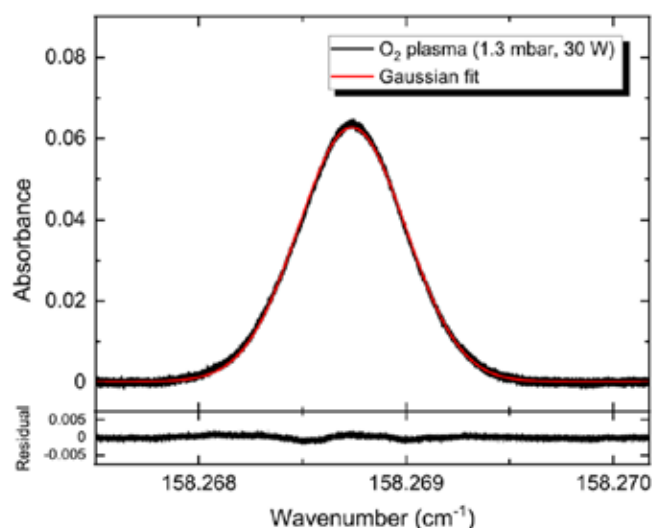
Neben den o.g. Spezies, die vor allem von geringfügigen Verunreinigungen im Arbeitsgas (i.d.R. die Edelgase Argon oder Helium) resultieren, läuft auch in diesem selbst eine komplexe Plasmaphysik und -chemie ab. Neben der Ionisation der Edelgasatome findet ihre elektronische Anregung statt, wobei wenige Energieniveaus metastabil sind, d.h. relativ lange ihre Anregungsenergie speichern und somit z.B. zur Bildung reaktiver Spezies beitragen können.

Eine weitere Spezies, die eine wichtige Rolle bei der Bildung reaktiver Sauerstoff- und Stickstoffspezies spielt, ist das Argon-Excimer. Das Besondere an Excimeren (engl. excited dimer oder excited trimer) ist, dass diese nur im elektronisch angeregten Zustand als Moleküle existieren und unter Aussendung von Strahlung wieder zerfallen. So ist das Argon-Excimer auch für die Emission extrem kurzweiliger Vakuum-Ultraviolettstrahlung aus diesen Plasmajets verantwortlich. Auch metastabile Argonatome und Argon-Excimer wurden mittels Laserdiagnostik am INP erfolgreich untersucht. Letzgenannte konnten mittels Cavity-Ring-Down-Spektroskopie quantitativ im Effluenten des kINPen in Argon vermessen werden. Sie zeigen andere räumliche Verteilungen ihrer Dichte als die bisher vermessenen Spezies wie z.B. Wasserstoffatome oder Wasserstoffperoxid. Das ist Gegenstand weiterer Forschungsaktivitäten am INP.

Zur Simulation dieser schwach-ionisierten, nicht-thermischen Plasmen in Argon wurde u.a. ein erweitertes reaktionskinetisches Modell erarbeitet. Es berücksichtigt 23 verschiedene Spezies, darunter Elektronen sowie Atome im Grundzustand, ein atomares und ein molekulares Ion, vier angeregte molekulare Zustände und 15 angeregte Atomzustände von Argon und umfasst 409 Stoßprozesse und Strahlungsübergänge sowie aktuelle Daten zu Elektronenstoßquerschnitten. Die Ergebnisse der zeit- und orts aufgelösten Fluidmodellierung der Entladungen zeigt eine bessere Vergleichbarkeit mit experimentellen Ergebnissen und ermöglicht somit präzisere Aussagen zur Entladungsentwicklung und Plasmachemie.

Als neue Diagnostik konnte die Terahertz-Absorptionsspektroskopie aufgebaut und validiert werden. Die Terahertz (THz)-Strahlung liegt im elektromagnetischen Spektrum zwischen Mikrowellen- und Infrarotstrahlung. Ihre Absorption im Plasma ermöglicht den hochempfindlichen Nachweis von

bestimmten Atomen und Molekülen, sowie von Elektronen und Ionen. Die an einer kapazitiv gekoppelten Hochfrequenz-Sauerstoffentladung in Niederdruck ermittelten Dichten zeigen eine gute Übereinstimmung mit der laserinduzierten Fluoreszenz als einer der bisherigen Standarddiagnostiken und zeigen das große Potential der THz-basierten Diagnostik auf.



Absorptionsprofil eines Feinstruktur-Überganges von Sauerstoffatomen in einem Sauerstoffplasma bei 1.3 mbar und einer Plasmaleistung von 30 W (Wubs et al., Appl. Phys. Lett. 123, 081107 (2023)).

KONTAKT



Prof. Dr. Ronny Brandenburg
Tel.: 03834-554-3818
brandenburg@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 Plasmachemie und Prozesstechnik 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 oder für die Erzeugung von Randschichten mittels Plasmanitrocarburieren, 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. Sie 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 zur Überwachung und Steuerung von technologischen Plasmaprozessen eingesetzt und weiterentwickelt. Durch die 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 transienter Reaktionspartner simultan in der unmittelbaren Nähe zur Oberfläche zu detektieren. Zu diesem Zweck wurden in den letzten Jahren neuartige Nachweismethoden entwickelt, die FCs als Lichtquellen nutzen. Dies betrifft sowohl die frequenzkammbasierte Fourier-Transform-Spektroskopie als auch ein Virtually Imaged Phased Array (VIPA)-Spektrometer.

In einem von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt wurden ein neues air-spaced VIPA-Etalon sowie ein kompaktes und mobiles VIPA-Spektrometer entwickelt. Das System wird in unterschiedlichen Einsatzszenarien der hochsensitiven Detektion von Molekülen in Plasmen einsetzbar sein.

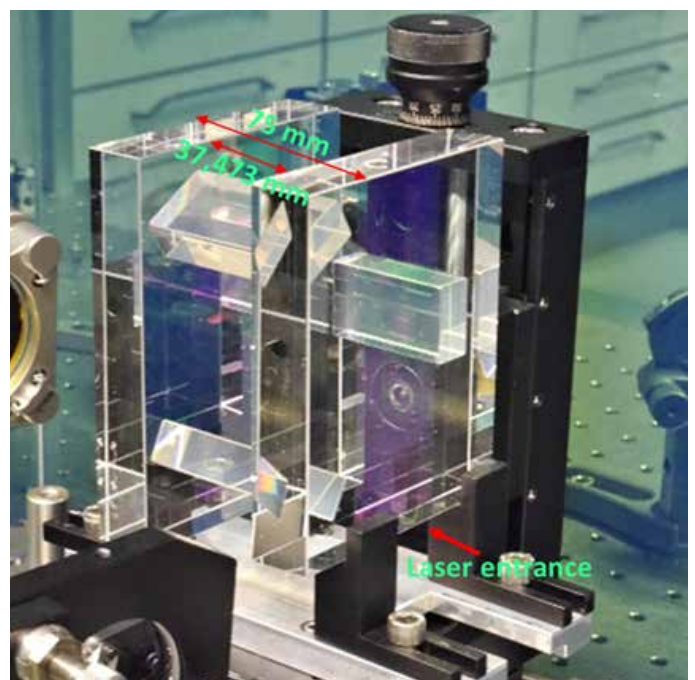


Foto eines air-spaced VIPAs mit Lasereinkopplung im unteren Teil des Kopplungsfensters

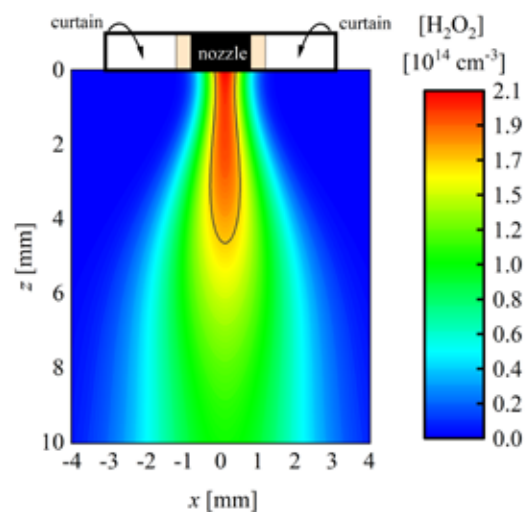
APPLIKATIONS LABOR PLASMADIAGNOSTIK

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 der 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, Terahertz Time-Domain Spectroscopy
- Resonatorbasierte Laserspektroskopie:
 - CRDS - Cavity Ring-down Spectroscopy
 - CEAS - Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy
 - OF-CEAS - Optical Feedback Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy
 - CEATRS - Cavity-enhanced Attenuated Total Reflectance Spectroscopy
- Absorptionsspektroskopie mit nicht-kohärenten Lichtquellen (FTIR-Spektroskopie von VIS bis mittleres 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 auch für den mobilen Einsatz geeignet und können für externe Messungen direkt beim Kunden eingesetzt werden.

In 2019 wurde das erste Applikationslabor Plasmadiagnostik mit Schwerpunkt auf Atmosphärendruckquellen am INP etabliert. In diesem Labor werden verschiedene Diagnostiken des Instituts an einem Ort gebündelt, um eine zentrale Anlaufstelle zur Charakterisierung von Atmosphärendruckplasmen bereitzustellen. Hier werden wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die atomare und molekulare Teilchendichten in unterschiedlichen Quellen quantifiziert.



Konturdarstellung der H_2O_2 -Teilchendichten im Effluent des kINPen-sci

KONTAKT



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

Überblick

Die Untersuchung thermischer Plasmen und ihrer Anwendungen bildet das Hauptbeschäftigungsfeld des Forschungsschwerpunktes „Thermische Plasmatechnologien“.

Insbesondere in der Verfahrenstechnik sowie in Schutzsystemen und Schaltgeräten der Elektrotechnik übernehmen thermische Plasmen entscheidende Aufgaben. Der Forschungsschwerpunkt konzentriert sich auf die Diagnostik und die physikalische Charakterisierung des elektrischen Lichtbogens und erarbeitet Alternativen zur Problemlösung, zum Monitoring und zur Prozessoptimierung. Die Anwendungsgebiete reichen dabei von thermischen Verfahren der Metallbearbeitung (Lichtbogenschweißen, Plasmaschneiden) über Gas- und Vakuumschaltanlagen bis hin zu Anwendungen in der chemischen Verfahrenstechnik sowie für die Elektrifizierung thermischer Verbrennungsprozesse.

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 Bogenentladung in Wechselwirkung mit den angrenzenden Materialien (Elektroden, Gehäusewänden) in Nieder- und Hochspannungssystemen steht im Mittelpunkt des Interesses des Forschungsschwerpunktes.

Untersucht werden auch Entladungs- und Lichtbogenercheinungen, die infolge von Isolationsfehlern entstehen, den Regelbetrieb elektrischer Anlagen und Geräte beeinträchtigen und zur Minderung von Lebensdauer und Funktionsweise führen.

Bedingt durch den komplexen Lichtbogencharakter und durch die dynamische Interaktion mit seiner Umgebung stellen geschlossene Modellvorstellungen thermischer Plasmen heute nach wie vor eine großen wissenschaftliche Herausforderung dar. Insbesondere für die angrenzenden Lichtbogengebiete bestimmen oft die involvierten Materialien und umgebenden Gase die Reichweite und Anwendungsmöglichkeiten der Modellierungsergebnisse. Die stetige Entwicklung neuartiger Komponenten und elektrisch gespeister Geräte, wechselnde Anwendungsfelder und zunehmend umweltbedingte Anforderungen erfordern sowohl die kontinuierliche Forschung über den Lichtbogen selbst als auch über die technologische Anpassung an die jeweiligen Randbedingungen. Die wissenschaftliche Herangehensweise kombiniert verschiedene experimentelle Diagnostikmethoden mit mathematischer Modellierung und Simulation. Dies ermöglicht die Ermittlung raum- und zeitabhängiger Plasmaparameter, wie z.B. Temperatur, Zusammensetzung und Gasdynamik.

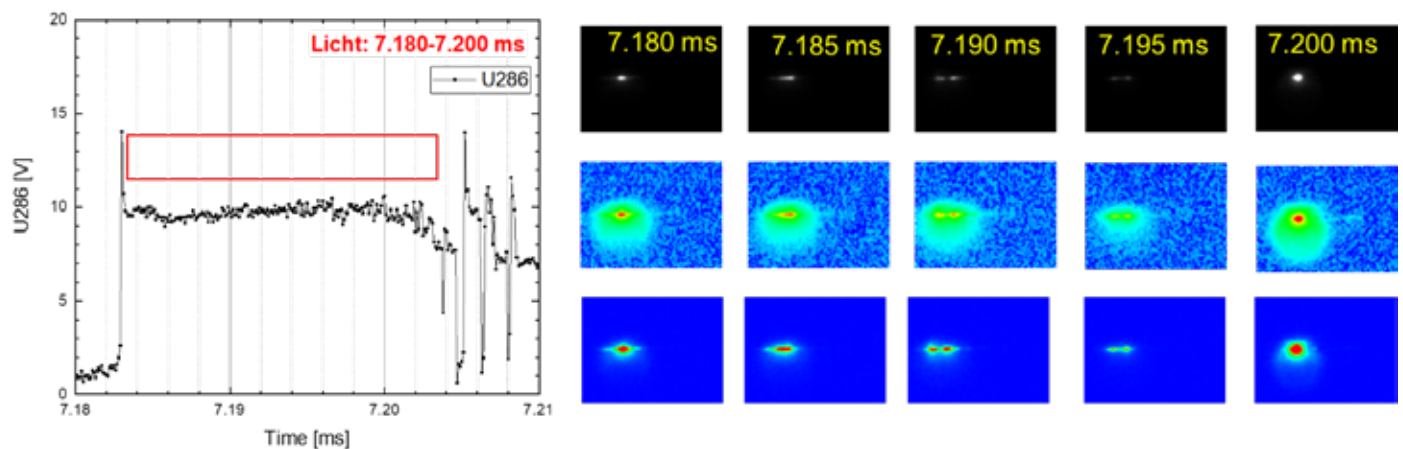
Speziell auf dem Gebiet der optischen Plasmadiagnostik besitzt das INP ein Alleinstellungsmerkmal. Im Forschungsschwerpunkt werden sowohl optische Emissions- sowie Absorptionsspektroskopie als auch ihre Kombination mit Hochgeschwindigkeitskinematographie und Hochgeschwindigkeits-Zwei-Farben-Pyrometrie genutzt. Eine wesentliche Kompetenzerweiterung erfolgt durch die Anpassung absorptionsspektroskopischer Methoden zur Untersuchung der lichtbogenangrenzenden Bereiche sowie für die Nachstromphase in Schaltgeräten.

Für die Modellierung und Simulation werden sowohl die klassischen magnetohydrodynamischen Modelle (Navier-Stokes- und elektromagnetische Gleichungen) als auch in zunehmendem Maße Nichtgleichgewichtsmodelle, i. R. unter Verzicht auf Annahmen des lokalen thermodynamischen Gleichgewichts, eingesetzt. Dies ermöglicht eine wesentlich höhere Genauigkeit bei der Beschreibung der Plasmaprozesse in den Elektrodengebieten und der Plasma-Festkörper-Wechselwirkung zu erreichen. Ferner stehen Arbeiten zum Strahlungstransport und zu Materialdaten für Nichtgleichgewichtsplasmen im Fokus.



Links: Einschwingspannungsgenerator (TRV) bis 45 kV @ 1 kHz. Rechts: Hochstromgenerator (Weil-Dobke synthetic circuit type) bis 80 kA @ 50 Hz

Verbund Projekt "AutoHybridS"



Zusammenstellung von Spannungsverlauf (links) und high-speed Bilder (Videosequenz) eines hybriden Schaltvorgangs zwischen Ag-Elektroden in einen DC 400 V Kreis.

Das Verbundprojekt „Autonom gesteuerter Hybridschalter mit effizienter Wiederverfestigungsdetektion – AutoHybridS“ wurde vom BMWK zwischen Dez. 2020 und bis Nov. 2023 gefördert und bündelte Partner aus der Industrie und Wissenschaft.

Im Fokus des Verbundprojekts „AutoHybridS“ stand die Optimierung der hybriden Schaltgerätetechnik für Energie-Verteilungssysteme mit Nennspannungen von bis zu 850 V Gleichspannung. Im Vordergrund stand die wissenschaftliche Analyse der physikalischen Vorgänge von hybridem Schalten, um Rückschlüsse für eine effiziente, extrem schnell auslösende Schalttechnik sowie sichere Stromunterbrechung zu gewinnen.

Ziel war es, einen schnellen Gleichstrom-Hybrid-Leistungsschalter für den Einsatz in Industrienetzen und Bordnetzen zur Systemintegration von erneuerbaren Energien und zur Energierückgewinnung aus elektrischen Antrieben zu entwickeln.

Im Verbund wurde der Lösungsansatz des hybriden Schalten verfolgt. Dabei werden die Vorteile mechanischer Schaltgeräte (geringe Durchlassverluste, galvanische Trennung) und der von Leistungshalbleiter (schnelles Schalten) in einem Gerät vereint. Im angestrebten neuartigen Hybridschalter erfolgt das Schalten durch das kombinierte Agieren von mechanischen Schaltkontakten mit einer parallel geschalteten Leistungselektronik. Der Schaltlichtbogen wird durch das Zuschalten eines Halbleiters zum Erlöschen binnen μ s gebracht. Damit die sichere Stromunterbrechung gewährleistet wird, muss jedoch die Wiederverfestigung der Schaltstrecke erreicht werden, bevor der Halbleiter wieder gesperrt wird.

Im Rahmen des Verbundprojekts wurde am INP ein Modellschalter aufgebaut und getestet. Umfangreiche Hochgeschwindigkeitskamertechnik sowie zeitlich und räumlich hochauflösende spektroskopische Messungen ermöglichten die Detektion und Charakterisierung des in der Post-arc-Phase

im Elektrodenraum befindlichen Plasmas. Durch Verwendung geeigneter Filter konnte das zeitliche Verhalten von Komponenten des Umgebungsgases (O, N) sowie von Elektrodenmaterial (Ag, Cu) während und nach der Bogenphase charakterisiert werden.

Basierend auf die Experimente sowie mathematische Modellierung der Elektrodenstrecke wurden sowohl die Temperatur vom Plasma über die Zeit sowie das dielektrische Verhalten der ionisierten Strecke insbesondere nach Stromnull ermittelt. Weitere Messungen unter Anwendung von optischer Absorptionsspektroskopie ermöglichten die Ermittlung der Speziesdichte und ihren Beitrag zur zeitlichen Wiederverfestigung der Elektrodenstrecke. Die numerische Simulation unter Verwendung eines dafür entwickelten 1D-t Fluid-Poisson-Modells ermöglichte verschiedene Parameterkombinationen zu berücksichtigen. Es wurde festgestellt, dass trotz des hohen Druckes und der hohen Ladungsträgerdichte das Plasma deutliche Abweichungen vom thermischem Gleichgewicht aufweist. Eine Aufheizung des Gases findet erst bei Strömen oberhalb von 200 A statt. Durch Variation des Stroms wurde eine Strom-Widerstandskennlinie gewonnen, welche in elektrischen Modellen des gesamten Systems vom Projektpartner genutzt werden.

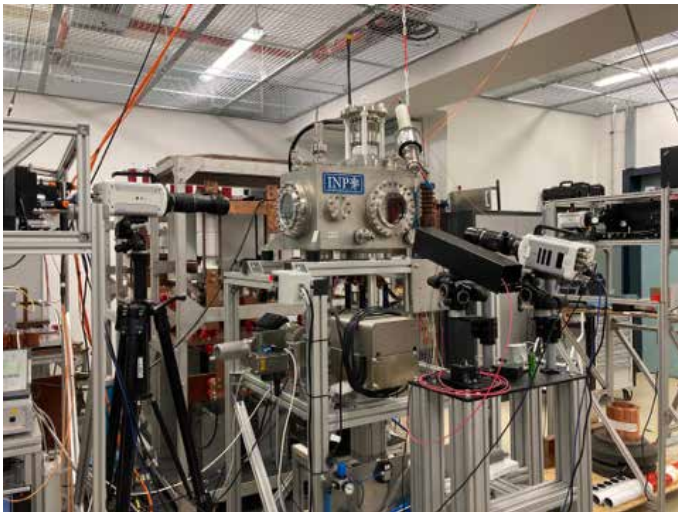
Ziel des Teilvorhabens vom Forschungsschwerpunkt war es, die entscheidenden Vorgaben zu erarbeiten, die die Erkennung der Wiederverfestigung ermöglichen. Hierbei wurden sowohl spektroskopische und plasmaphysikalische Analysen an einer Modellschaltkammer als auch die Ableitung eines mathematischen Modells angewendet. Für die ökonomische Auslegung des Halbleiters liefern die Ergebnisse Ansatzpunkte zur Festlegung der notwendigen Ansteuerungszeit der Hybridelektronik, so dass eine sichere Wiederverfestigung der Kontaktstrecke beim Eintreffen der Einschwingspannung gewährleistet werden kann.

Grundfinanziertes Projekt „Lichtbögen“

Eine maßgebliche Verbesserung des Schaltvermögens und der Zuverlässigkeit lichtbogenbasierter Schaltgeräte erfordert detaillierte Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften und die 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), welche unter Verwendung räumlich und zeitlich hochaufgelöster optischer Diagnostik in Kombination mit numerischer Modellierung untersucht wird.

Umfangreiche Arbeiten im grundfinanzierten Projekt erfolgten insbesondere zur Analyse von Lichtbogenfußpunkten an der Anode unter Vakuum. Durch die Verwendung der dafür entwickelten experimentellen Anordnungen und Hochstrom- sowie Hochspannungsgeneratoren wurden im Berichtszeitraum neue Erkenntnisse über Elektrodenphänomene beim Ausschalten höherer Stromamplituden bzw. höherer Stromdichten erzielt.

Gegenwärtig laufen experimentelle Untersuchungen zur Charakterisierung magnetisch bedingter Kontraktionsphänomene des Hochstromlichtbogens sowie ihre Wechselwirkung mit den Elektrodengebieten. Das bereits bei Erscheinung des Anode-Spot-Typs 2 begleitende oszillierende Plasmastrahlen wurde für unterschiedliche Elektrodenmaterialien festgestellt. Weitere Untersuchungen unter Verwendung optischer Videospektroskopie laufen derzeit und sollen durch Verwendung neuartiger Hochgeschwindigkeitskameras mit höheren dynamischen Erfassungsbereichen weitere Aufschlüsse über dieses Phänomen erbringen. Das Ziel ist es, die experimentellen Ergebnisse mittels mathematischer Simulation zu untermauern.



Vakuum-Modellschalter des TPT einschließlich umfangreiche optische Messtechnik im Lichtbogenlabor zur Untersuchung der Hochstromphänomene im Hochspannungsvakuumschalter

Anwendungsorientierter Ausblick

Der Forschungsschwerpunkt „Thermische Plasmatechnologien“ untersucht sowohl das Verhalten und die Eigenschaften des elektrischen Lichtbogens als auch seine Wechselwirkung mit den angrenzenden Gebieten (Elektroden, umschließende Wände) sowie umgebende Gase bzw. Metaldampfgas bei Vakuumschaltvorgängen.

Im Vordergrund hierbei steht der Erkenntnisgewinn über die physikalischen Erscheinungsvorgänge und ihre Verwendung zur Anpassung, Optimierung und Entwicklung neuer Prozessvarianten sowie zur Leistungssteigerung, Wirkungsgradverbesserung und für plasmabasierte Alternativen zu herkömmlichen thermischen Prozessen.

Das Forschungsfeld umfasst sowohl den elektrischen Sektor als auch verschiedene Verfahrens- und Produktionstechniken in der Industrie sowie zukünftig auch zur gefahrenfreien Entsorgung problematischer Abfallstoffe und die Minimierung des Umwelteinflusses herkömmlicher Produkte und Produktionstechniken.

Der Forschungsschwerpunkt ist stark anwenderorientiert aufgestellt. In Zusammenarbeit mit industriellen Anwendern werden Lösungsalternativen zur Prozesskontrolle und für die konsequente Erhöhung der Prozess-Stabilität, der Kosteneinsparung sowie der optimalen Ressourcennutzung erarbeitet. Die Anwendung und Weiterentwicklung der optischen Diagnostiktechniken, wie Hochgeschwindigkeitskinematographie, Absorption- und Emissionsspektroskopie, Pyrometrie sowie laserinduzierte Plasmaspektroskopie ermöglichen nicht nur das Plasma und seine Wechselwirkung zu verstehen, sondern auch einfach handhabbare bzw. integrierbare Sensorik-Konzepte abzuleiten. Aufgrund der dringend notwendigen Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks von industriellen Prozessen sowie zur Speicherung der elektrischen Energie aus volatilen erneuerbaren Quellen rücken alternative Konzepte zur gezielten Verwendung thermischer Plasmen in der chemischen Verfahrenstechnik bzw. für die Elektrifizierung thermische Prozesse sowie die Integration in optimierte Energiekreisläufe in den Fokus des Forschungsschwerpunktes.

Forschungsarbeiten im Bereich der Elektrotechnik und insbesondere der Schaltgerätetechnik vom Niederspannungsbis in den Hochspannungsbereich umfassen die Nachbildung der real auftretenden Vorgänge durch experimentelle Anordnungen und Modellschalter mit optischem Zugang. Dadurch kann die Anwendung spektroskopischer Diagnostiken ermöglicht werden, welche zur experimentellen Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Schaltlichtbogens unerlässlich sind. In diesem Gebiet besitzt der Forschungsschwerpunkt ein Alleinstellungsmerkmal und nutzt dieses aktuell, um unter anderem die Strahlungseigenschaften des Bogens sowie Elektrodenerosion und das Wiederverfestigungsverhalten von Schaltstrecken zu untersuchen.

KONTAKT



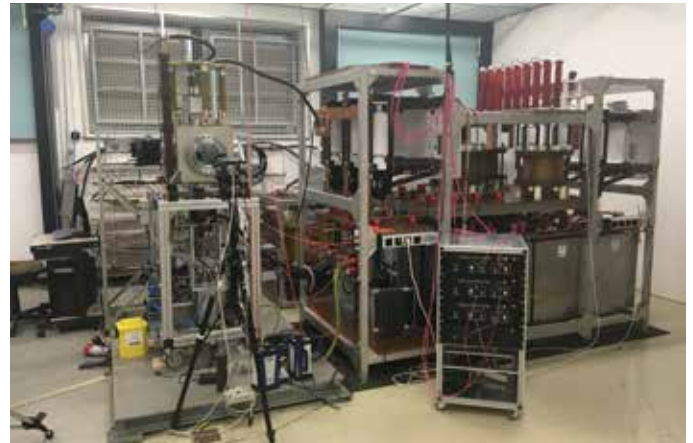
Dr.- Ing. Diego Gonzalez
Tel.: +49 3834 / 554 3959
diego.gonzalez
@inp-greifswald.de

Plasmastrahlungstechnik

Die Abteilung widmet sich der experimentellen Analyse von technologischen Plasmen in verschiedenen Anwendungen der elektrischen Energietechnik (Hochstrom-, Hochspannungs- und Schaltgerätetechnik) und der Verfahrenstechnik (Schweißtechnik, thermische Konditionierung metallischer Oberflächen). Dabei werden elektrische und optische Diagnostikverfahren für die quantitative Analyse eingesetzt. Einen Schwerpunkt bildet die Emissionsspektroskopie. Im Fokus der Forschung stehen aktuell Untersuchungen von Schaltlichtbögen in Ableitern und Schützen, Vakuumlichtbögen in Leistungsschaltern, Lichtbögen in Stoffumwandlungsprozessen sowie Mikrolichtbögen und Funkenentladungen.

Die Weiterentwicklung von Methoden der Hochgeschwindigkeitskinematografie gekoppelt mit der optischen Emissions- und Absorptionsspektroskopie dient der Optimierung physikalischer 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 sowie mobile Einsatz im Vordergrund. Neben der Quantifizierung lokaler Eigenschaften im Lichtbogen ist die Bestimmung von Oberflächentemperaturen und anderen Eigenschaften, etwa von Elektroden, in verschiedenen Lichtbogenanwendungen von Interesse.

Aufbauend auf der Expertise in der Diagnostik werden anwendungsspezifische nichtinvasive Sensor- 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 des 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
- ein 5 kW Wasserdampfbrenner
- Elektrische und optische Messtechnik

Hochspannungslabor

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

Dauerstromlabor (Standort Universität Rostock)

- Dauerstromversuchsstände (max. 3000 A)
- Klimakammer mit Klimakammer für Abkühl- und Erwärmungszyklen (-70 - +180 °C) und Wärmeschranken (+250 °C)
- Thermographie-Kamera
- Thermosonden
- Widerstandsmessgeräte ($n\Omega$ bis $\mu\Omega$)

Niederspannungsschalter- und Funkendiagnostik-Labore

- 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:

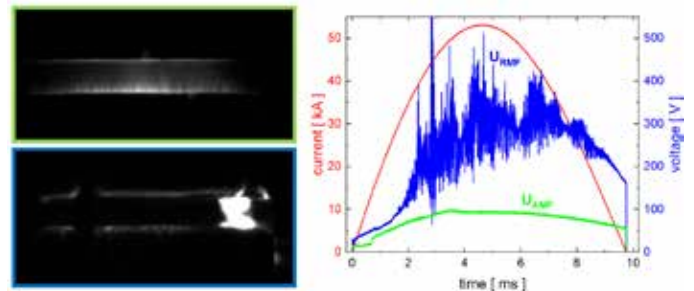
- mobile und stationäre Messplätze für abbildende optische Emissionsspektroskopie und optische Absorptionsspektroskopie
- Hoch- und Höchstgeschwindigkeitskamertechnik
- Technik für Thermografie/Pyrometrie

Die Abteilung verfügt über eine Röntgenanlage für Computertomografie zur zerstörungsfreien Diagnostik von Elektroden oder Werkstoffproben.

Künftige Schwerpunkte

- Erweiterung der bestehenden Expertise im Bereich thermischer Plasmen auf das Thema Plasmapyrolyse und thermisches Gasreforming
- Ausbau der Expertise in den Bereichen Green Switching Technology, autonome Stromnetze und Elektromobilität
- Weiterentwicklung quantitativer Diagnostik in dem Bereich von Hoch- und Höchstdrucklichtbögen

- Adaption der vorhandenen optischen Messmethoden für Temperaturen unter dem Schmelzpunkt für Studien der Abkühlodynamik von metallischen Oberflächen und Analyse derer Energiebilanz
- Aufbau und Inbetriebnahme eines Energielabors im Zentrum für Lifescience und Plasmatechnologie einschließlich diverser Hochstromgeneratoren, Hochleistungs-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 Methoden und Bestimmung der Gas-temperatur für quantitative Untersuchungen zur Charakterisierung thermischer Nichtgleichgewichtsplasmen



Links: Momentaufnahmen eines Vakuumlichtbogens um den Strommaximum im Fall von AMF (oben) und RMF (unten) Kontaktgruppen.

Rechts: Strom-Spannung-Verläufe für 50 kA Vakuumlichtbögen mit AMF und RMF Kontaktgruppen.

KONTAKT



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



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



FORSCHUNGS-
BEREICH

GESUNDHEIT &
HYGIENE

Überblick

Der Forschungsbereich „Gesundheit & Hygiene“ fokussiert sich auf den Einsatz von Atmosphärendruck-Plasmaquellen in der Medizin und zur Modifikation von Oberflächen. Schwerpunkt in der Plasmamedizin ist die anwendungsorientierte Grundlagenforschung zu Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebenden Zellen und Geweben. Gemeinsam mit klinischen Partnern sorgen wir für den Transfer in die medizinische Anwendung.

Einsatzbereiche sind beispielsweise die Wundheilung, der Infektionsschutz oder die Krebsbehandlung. Mit Plasma-Oberflächenmodifikation erzeugen wir maßgeschneiderte Eigenschaften von Metall-, Keramik-, Glas- und Kunststoffoberflächen. Einsatzgebiete sind der Lifescience-Bereich, die Biosensorik sowie vielfältige technische Anwendungen. Wir verfügen über langjährige Erfahrungen in der Entwicklung plasmagestützter Prozesse zur Veredelung von Produktoberflächen. Das Spektrum reicht von der strukturierten Materialabscheidung, der gezielten Einstellung von Grenzflächeneigenschaften bis hin zur Herstellung von Funktionsschichten.

Forschungsschwerpunkte des Bereichs:

Plasmaoberflächenmodifizierung

Plasmamedizin

Außenstelle Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg

Überblick

Für viele Anwendungen, insbesondere auch im Bereich der Lebenswissenschaften, ist eine gezielte Oberflächenmodifizierung der Produkte notwendig, um spezifische Eigenschaften zu erzeugen. Die im Forschungsschwerpunkt „Plasma-Oberflächenmodifizierung“ (POM) genutzten plasmabasierten Verfahren sind hierfür aufgrund ihrer umwelt- und substratschonenden Eigenschaften besonders gut geeignet. Plasmagestützte Oberflächenprozesse sind vielseitig einsetzbar, benutzerfreundlich und ermöglichen die maßgeschneiderte Modifizierung einer Vielzahl verschiedener Oberflächenformen und unterschiedlichster Substratmaterialien.

Die mittels Plasma-Oberflächenmodifizierung erzeugten Polymerschichten sind besonders stabil, widerstandsfähig und sterilisierbar.

Die gezielte plasmagestützte Erzeugung von anwendungsspezifischen chemischen Funktionalitäten ermöglicht die Ausrüstung vieler Produkte mit neuen Eigenschaften, die auf anderem Wege nicht erzeugt werden können. Die im Forschungsschwerpunkt genutzten Verfahren zur Herstellung antimikrobieller, biokompatibler bzw. biomimetischer Oberflächen sowie die verwendeten Methoden zur plasmaelektrolytischen Feinreinigung und zum Feinentgraten von Medizinprodukten eröffnen neue Perspektiven für die Anwendung von Plasmaverfahren in den Lebenswissenschaften.

Zur Verbesserung der Grenzflächenverträglichkeit von Biomaterialien sowie zur Initiierung spezifischer Reaktionen von biologischen Systemen im Kontakt zur Oberfläche werden diese unter Einsatz von Niedertemperaturplasmen funktionalisiert. Nahezu unabhängig von der Substratgeometrie und vom Werkstoff werden andererseits durch Plasmabeschichtungen neue, spezifische Eigenschaften für biomedizinische und biotechnologische Anwendungen auf den Substraten erzeugt. Da Prozesszeiten und -kosten sowie die einfache Integration von Plasmaprozessen in bestehende Produktionslinien im industriellen Einsatz oft von hoher Bedeutung sind, werden im Forschungsschwerpunkt gemeinsam mit der Abteilung Plasmaoberflächentechnik sowohl Verfahren im Niederdruck für höchste Reinheit als auch bei Atmosphärendruck für kurze Prozesszeiten untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit im Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung von Prozessen zur Herstellung chemisch mikrostrukturierter Oberflächen sowie von Funktionsschichten für Biosensorplattformen zur Immobilisierung verschiedener Biomarker oder Proteine für die Diagnostik. Insbesondere der Steuerung der Benetzungseigenschaften von Substraten kommt hier eine große Bedeutung zu, da mit plasmagestützten Verfahren die Benetzbarkeit von Oberflächen eingestellt werden kann bzw. bestimmte chemische Funktionen auf der Oberfläche erzeugt werden können. Diese Arbeiten erfolgen in enger Kooperation mit der Nachwuchsforschungsgruppe Biosensorische Oberflächen.

Anwendungsorientierter Ausblick

Anwendungsfelder

Antimikrobielle Oberflächen:

Antimikrobielle Oberflächen dienen hauptsächlich der passiven Infektionsprävention. Insbesondere Implantate, aber auch Pinzetten, Skalpelle oder andere Medizinprodukte, die in direktem Kontakt mit dem Patienten oder dem medizinischen Personal stehen, profitieren von einer derartigen Funktionalität. Um die Besiedelung von Oberflächen mit pathogenen Bakterien zu vermindern oder ganz zu vermeiden, kommen verschiedene plasmabasierte Verfahren zum Einsatz.

Dies sind z. B. photokatalytisch aktive Schichten auf der Basis von Titandioxid, die bei Bestrahlung mit Licht antibakterielle und selbstreinigende Eigenschaften aufweisen, oder antimikrobielle Schichten, deren Wirkung auf metallischen Komponenten, wie z. B. Kupfer oder Silber, beruht. Um eine möglichst langanhaltende antimikrobielle Wirkung zu erzeugen, können die metallischen Wirkstoffe auch im ursprünglichen Substratmaterial eingebettet werden. So ist es möglich, das Freisetzungsverhalten der antimikrobiellen Additive gezielt einzustellen.

Zelladhärente Oberflächen:

Plasmaprozesse eignen sich ebenfalls besonders gut für die Ausrüstung von Oberflächen mit reaktiven, chemischen Gruppen wie Amino- und Carboxylgruppen. Dadurch können die Besiedlung von Oberflächen durch Zellen und insbesondere die Zelldichte, die Zellverteilung sowie Adhäsion, Proliferation und Differentiation signifikant verbessert werden. Darüber hinaus wird die Anbindung von Biomolekülen mittels unterschiedlicher Immobilisierungsstrategien, wie z. B. die kovalente Kopplung von Linkern und Spacern, ermöglicht.

Antiadhäsive Oberflächen:

Insbesondere für transiente Implantate wie Fixateure oder temporäre Verschraubungen sind antiadhäsive Oberflächeneigenschaften von großem Vorteil. Dies kann mittels antiadhäsiver Plasmabeschichtungen erreicht werden. Derartig beschichtete Substrate sind leichter zu reinigen, da sowohl Schmutz und Öle/Fette als auch organisches Material schwer darauf haftet. Mit den im Forschungsschwerpunkt verwendeten plasmagestützten Oberflächenmodifizierungen lassen sich solche Oberflächen schnell, kostengünstig, umweltschonend und flourfrei realisieren.

Plasmaelektrolytisches Feinglätten und Feinentgraten:

Das elektrolytische Plasmapolieren (PEP) kommt im Forschungsschwerpunkt „Plasma-Oberflächenmodifizierung“ insbesondere zum Feinglätten und Feinentgraten von Implantaten zum Einsatz. Das PEP 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 herkömmlichen elektrochemischen Verfahren die Kosten für die Nachbehandlung und Entsorgung gefährlicher Chemikalien.

Atmosphärendruck-Plasmaspraying:

Das Atmosphärendruck-Plasmaspraying wird im Forschungsschwerpunkt zur Abscheidung von funktionellen Schichten genutzt, die Anwendungen in der Elektromobilität, z. B. bei elektrischen Kfz-Heizungen, finden, aber auch in den Lebenswissenschaften, wie der Verbesserung des Einwachsverhaltens von Implantaten, genutzt werden können. Im Projekt PRISMA (EFRE) wurden die Plasmaeigenschaften charakterisiert und das Schichtwachstum visualisiert. Die Experimente wurden durch Simulationen ergänzt mit dem Ziel der verbesserten Prozesssteuerung.



Plasma elektrolytisches Polieren im Einsatz als Feinreinigung und Feinentgratung für Medizinprodukte

Grundfinanziertes Projekt: Entwicklung des plasma- elektrolytischen Polierverfahrens für komplexe Edelstahlteile

Der technologische Fortschritt führt zu einer steigenden Nachfrage nach Objekten mit komplexeren Formen bei gleichzeitiger Beibehaltung hoher Oberflächenqualitätsstandards. Die Oberflächenbearbeitung kompliziert geformter Werkstücke mit herkömmlichen Methoden wie dem mechanischen Polieren stellt eine Herausforderung dar. Darüber hinaus haben die mit den bestehenden Polierverfahren verbundenen Umweltbedenken die Komplexität noch erhöht. Das plasmaelektrolytische Polieren (PEP) hat sich als überzeugende Lösung herauskristallisiert, da es in der Lage ist, die Oberflächen ganzer Werkstücke gleichmäßig zu glätten und gleichzeitig die mit anderen elektrochemischen Polierverfahren typischerweise verbundenen Umweltprobleme zu verringern. Wie in Abbildung (a) dargestellt, wird das Werkstück während des PEP-Prozesses von einer Gasschicht umhüllt, die von einem Plasma begleitet wird und zu Oberflächenveränderungen führt. Um das PEP-Verfahren effektiv für das gewünschte Oberflächenergebnis einzusetzen, müssen die optimalen Prozessparameter sorgfältig bestimmt und durch Oberflächenanalysen validiert werden.

Das primäre Ziel unserer Untersuchungen ist es daher, den Einfluss des PEP-Prozesses auf die Oberfläche von kompliziert geformten Werkstücken aus nichtrostendem Stahl zu klären. Im Rahmen des Projekts wurden die optimalen Prozessparameter ermittelt. Wie in Abbildung (b) dargestellt, erhielt das Edelstahlbauteil nach dem PEP-Verfahren mit einem Elektrolyten (4 gew.-% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; Ammoniumsulfat) bei 220 V ein glänzendes Aussehen, was auf die Verringerung der Oberflächenrauheit infolge der Materialauflösung und der anschließenden Oberflächenglättung zurückzuführen ist. Zudem zeigte sich, dass die Oberfläche nach dem PEP-Verfahren gereinigt wurde, wodurch aliphatischer Kohlenstoff sowie die native Oxidschicht entfernt wurden. Dieses Verfahren ermöglicht auch eine selektive Element-Kontrolle, und die Auflösungsrate des Materials kann durch die gezielte Wahl der Prozessparameter, wie Spannung, Zeit und Elektrolyteigenschaften genau gesteuert werden.

Zudem wurde der PEP-Prozess für die Behandlung von komplex geformten, 3D-gedruckten Metallkomponenten untersucht. Die inhärente Rauheit der nativen Oberflächen solcher 3D-gedruckter Teile schränkt ihre praktische Verwendung oft ein und macht eine Nachbearbeitung zur Verbesserung der Oberflächenqualität erforderlich.

Um die Praxistauglichkeit von PEP als Nachbearbeitungsverfahren zu veranschaulichen, wurden optimale Bedingungen für das PEP-Verfahren festgelegt und eine Werkstückrotationssequenz implementiert. Nach der PEP-Behandlung wiesen die 3D-gedruckten Metallteile gleichmäßig glatte Oberflächen auf, wie die in den Abbildungen (c) und (d) gezeigten 3D-Oberflächentopologien zeigen. Das primäre Zielgebiet für die praktische Anwendung war eine Monomer-Vernebelungskammer, die für die Herstellung von plasmapolymerisierten Dünnschichten verwendet wird. Durch das PEP-Verfahren können solche Filme im Vergleich zu denen aus einer unbehandelten Kammer bei gleicher Vernebelungsdauer bis zu 10-mal effizienter hergestellt werden, was zudem eine hohe Reproduzierbarkeit gewährleistet.

Mit der Studie wurde die praktische Anwendbarkeit von PEP als vielversprechenden, nachhaltigen Ansatz zur Verbesserung der Oberflächenqualität untersucht, insbesondere für die Nachbearbeitung von komplex geformten 3D-gedruckten Edelstahl Bauteilen.

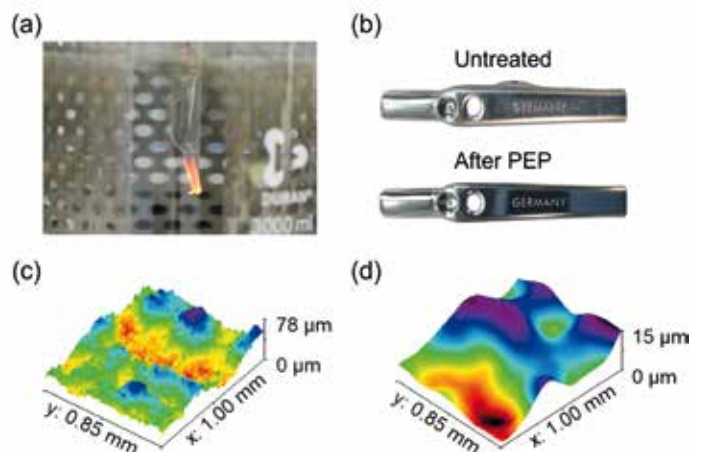


Abbildung: (a) Eine fotografische Darstellung des laufenden PEP-Prozesses. (b) Vergleichende Fotos von Edelstahlteilen mit der unbehandelten Oberfläche (oben) und der PEP-behandelten Oberfläche (unten). Die 3D-Profil der 3D-gedruckten Edelstahlteile: (c) unbehandelte und (d) PEP-behandelte Oberflächen.

Drittmittelfinanziertes Projekt: PlasmaConstant - Beschichtung komplexer Bauteile mit Atmosphärendruck-Plasmadüsen

Die homogene Behandlung von Oberflächen mit einem atmosphärischen Plasma stellt insbesondere an dreidimensionalen Kanten und in Bereichen mit Überlapp der Verfahrenspuren der genutzten Plasmaquelle ein technisch aufwändiges Verfahren dar. Hierbei wird meistens durch „Trial and Error“ und vorhandene Erfahrung ein geeignetes Prozessfenster erarbeitet. Da sich so die Entwicklungszeiten der Verfahren stark verlängern und Langzeiteffekte der lokal unterschiedlichen Intensitäten bei der Aktivierung oftmals nicht vollständig beachtet werden können, besteht hier großer Forschungsbedarf. Ein besseres Verständnis der durch die Strömungen in atmosphärischen Plasmen bedingten Intensitätsunterschiede in der Behandlung ist daher von großem Interesse für die Industrie – auch zur Optimierung und Effektivierung in den Prozessen.

Im Rahmen des Projektes PlasmaConstant wurden daher zwei Schwerpunkte zur vertieften Verständnisbildung verfolgt: zum einen der Ansatz der Simulation der Gasflüsse und Plasmadichten, zum anderen die Visualisierung von Gasströmungen aus Plasmadüsen an Mustergeometrien mittels der Schlierendiagnostik in Kombination mit einer Hochgeschwindigkeitskamera, welche zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung (IFAM) in Bremen durchgeführt wurde. Beide Ansätze wurden dabei für zwei kompakte, kommerziell erhältliche Atmosphärendruck-Plasmaquellen, die sich im Typ des verwendeten Plasmas unterscheiden, näher betrachtet. Diese beiden Ansätze wurden anschließend durch eine Vielzahl an praktischen Untersuchungen zur Verifizierung komplementiert.

Ziel der Arbeiten ist neben der Sichtbarmachung der Gasströmungen auch die Verständnisbildung zur Gasströmung auf 3D-Geometrien für die nachfolgende Optimierung der Behandlung der möglichen Geometrien. Speziell die Prozessführung steht hierbei im Mittelpunkt und wurde exemplarisch überprüft. Dieser Vergleich zwischen realem Experiment und virtueller sowie optischer Visualisierung diente ebenfalls als Überprüfung der abgeleiteten Erkenntnisse zur Optimierung der Prozessführung auf vereinfachten 3D-Strukturen. Daneben fanden die experimentellen Erkenntnisse direkten Eingang bei den Simulationen zur Strömung und Plasmaausbreitung.

Die Ergebnisse wurden daraufhin zur Ableitung von Maßnahmen für eine homogene Behandlung der Oberflächen angewandt. Die Überprüfung erfolgte exemplarisch an modellhaften Bauteilen zur Ableitung weiterer Handlungsempfehlungen hinsichtlich der späteren Prozessführung. Neben dieser Überprüfung wurde ein Fragenkatalog zur späteren Berücksichtigung bei der Prozessarbeit in der Industrie erarbeitet und in Form eines Entscheidungsbaums für essentielle Einflussfaktoren gestaltet. Ziel hierbei war es, möglichst allgemeinverständliche Handlungsfragen zur Ableitung von Einflussgrößen bei der Prozessarbeit zur Verfügung zu stellen.

KONTAKT



Dr. Frank Hempel
Tel.: +49 3834 / 554 3857
hempel@inp-greifswald.de

Plasmaoberflächentechnik

In der Abteilung Plasmaoberflächentechnik werden plasmagestützte Prozesse zur Modifizierung von Oberflächen entwickelt und optimiert, die in unterschiedlichen Branchen Anwendung finden. Sowohl im High-Tech-Sektor, wie z. B. in den Bereichen Automobilbau, Luft- und Raumfahrtindustrie, Mikroelektronik, Fusionsforschung, Werkzeugbeschichtung, Textilindustrie oder der Kunststoffverarbeitung. Auch für Anwendungen im Life-Science-Bereich, beispielsweise in der Biomedizintechnik bei Implantaten, medizinischen Instrumenten, Biosensoren oder in der Lebensmittelindustrie werden innovative Verfahren entwickelt.

Plasmaverfahren in der Oberflächentechnik spannen das Spektrum vom strukturierten Materialabtrag, wie beim Ätzen oder der Feinreinigung, über die Einstellung der Grenzflächeneigenschaften z. B. zur Steuerung der Verklebbarkeit oder Bedruckbarkeit, bis hin zur Herstellung von dünnen Funktionsschichten mit Anwendungen zum Schutz vor Korrosion, Wärme oder mechanischem Abrieb. Prozesstechnische Vorteile von Plasmaverfahren sind z. B. eine niedrige thermische Belastung der Bauteile und eine vergleichsweise verbesserte Umweltfreundlichkeit, insbesondere vor dem Hintergrund aktueller Regularien zulässiger Materialien.

Die Expertise umfasst:

Interface-Engineering

- Modifizierung von Metall-, Keramik-, Glas- und Kunststoffoberflächen
- Antimikrobielle Oberflächen
- Einstellung der Adhäsion bei Materialverbünden
- 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
- Dekorative Schichten, Oberflächenfinish
- Plasmafeinreinigung
- Plasmabasiertes Polieren, Entgraten und Reinigen von Metallen
- 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, teilweise Mehrkammersysteme gekoppelt an Schleusen und Quasi-In-situ-Oberflächenanalytik (XPS):

- Prozesse in DC-, DC-gepulsten, Hochfrequenz- und Mikrowellenplasmen
- Ionenimplantation (PIII und PIII&D)
- Magnetronsputtern
- High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS)
- Plasmaspritzen
- Plasmaelektrolytische Oxidations- und Polierprozesse
- Plasma ion assisted deposition (PIAD)
- Plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD)
- Oberflächenmodifizierung mittels Atmosphärendruckentladungen (DBD, Plasmajet)



Thermisches Atmosphärendruck-Plasmasprayverfahren zur Herstellung von Funktionsschichten. Hier gezeigt: Oxidschicht auf metallischem Implantat

Die Oberflächenanalytik ist eines der Spezialgebiete des INP. 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)
- Röntgendiffraktometrie (XRD)
- FTIR-Spektroskopie

Bestimmung der Verschleißfestigkeit

- Abrasionstest
- Kalottenschliffverfahren

Untersuchung von mechanischen Eigenschaften

- Mikroindenter
- Nanoindenter
- Messung der Haftfestigkeit von Verklebungen

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
- Hochrateabscheideverfahren unter Normaldruck (Plasmaspraying)
- Einsatz von plasmabasierten Methoden zur Prozesskontrolle und -regelung
- Einsatz von in situ Oberflächenanalytik



Plasma-Elektrolytisches Polieren: Vergleich eines polierten (links) und eines unpolierten Bauteils

KONTAKT



Dr. André Naumann
Tel.: +49 3834 / 554 3834
andre.naumann
@inp-greifswald.de

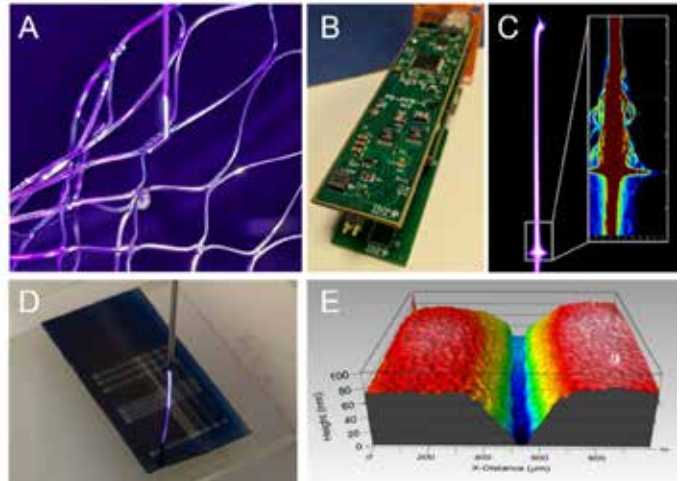
Biosensorische Oberflächen

Die Nachwuchsforschungsgruppe Biosensorische Oberflächen (BSO) beschäftigt sich in einem interdisziplinären Forschungsumfeld an der Schnittstelle von Plasmatechnologie, Systemtechnik, Polymerchemie und Materialwissenschaften mit der Entwicklung und Charakterisierung von neuartigen Funktionsschichten und Atmosphärendruck-Plasmaprozesse für die Oberflächentechnik mit Schwerpunkt auf Anwendungen in der Medizin, Biotechnologie und neuerdings auch in der Mikrofabrikation.

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. Darüber hinaus ist die Herstellung von Mikro- und Nanostrukturen auf Oberflächen auch für eine Vielzahl von Bereichen von Bedeutung. Plasmagestützte Oberflächenmodifikationsverfahren sind hier ein innovativer Ansatz für die gezielte Erzeugung gewünschter Oberflächenfunktionalitäten oder für die Realisierung völlig neuer Oberflächencharakteristiken durch die Abscheidung und/oder selektive Entfernung dünner Schichten.

Plasma Printing

Physikalisch und chemisch strukturierte Oberflächen im Submillimeter- bis Mikrometerbereich sind in den Bereichen Biochips, Elektronik und Photonik besonders wertvoll. Die INP-eigene Plasmadrucktechnologie, das Surface Atmospheric-Pressure Plasma Printing (SurfAP3®), wurde in den letzten zwei Jahren konsolidiert und weiterentwickelt und ist eine hochmoderne Innovation mit bisher unerreichter Auflösung in der maskenlosen Atmosphärendruck-Plasma-Oberflächenbehandlung. Die flexible, direkt schreibende Technologie ist nun in der Lage, Strukturen mit einer Liniengbreite von bis zu 40 µm zu erzeugen (mindestens 10-mal feiner als vergleichbare kommerzielle Technologien auf dem Markt), und sie ermöglicht nicht nur die Abscheidung dünner Schichten, sondern auch die präzise Reinigung, Aktivierung, Funktionalisierung und Entfernung von Schichten auf verschiedenen Materialien (z. B. Siliziumwafer, Glas und Polymere), was für verschiedene Arbeitsabläufe in der Mikrofabrikation von Vorteil sein kann. Ferner erleichtert die Offenheit von SurfAP3® das Experimentieren mit verschiedenen Präkursoren und die Integration mit anderen Technologien wie der additiven Fertigung, der Laserstrukturierung und dem Mikrodruck, die in Zukunft in Zusammenarbeit mit verschiedenen akademischen und industriellen Partnern erforscht werden sollen.

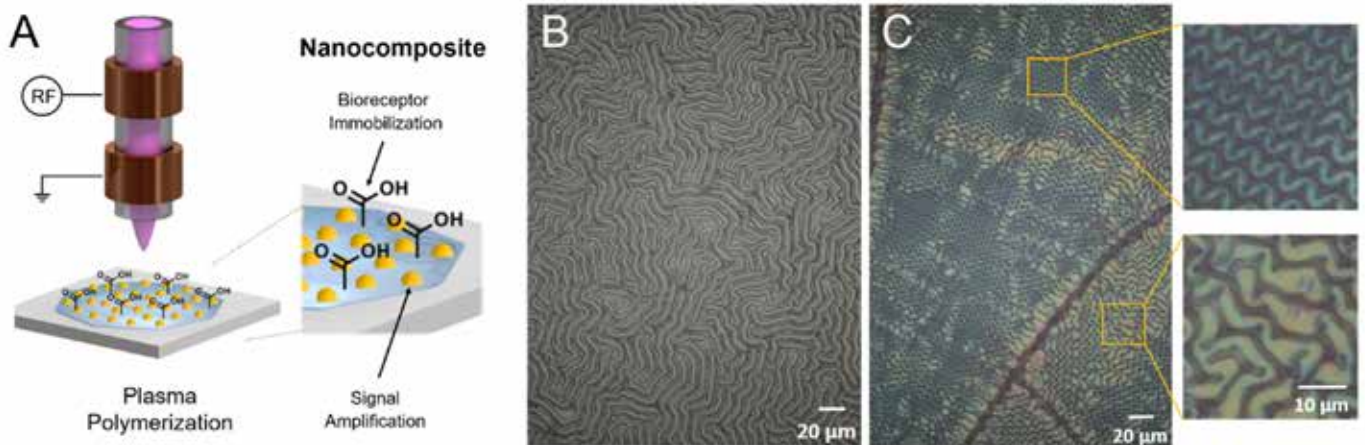


Plasma Printing und verwandte Entwicklungsprozesse in Aktion. A) Präzise SurfAP3®-Behandlung auf einem medizinischen Stent. B) Bild der Elektronik des µAPPS, entwickelt im Jahr 2023. C) Bild einer mit dem µAPPS erzeugten Plasmaentladung, mit einem eingefügten Bild, das mit dem von POK entwickelten Programm BLITZ („Bulk Loading and Interactive Time series Zonal analysis“) analysiert wurde, um die Instabilitäten der Plasmaquelle und ihren Einfluss auf die mit SurfAP3® erzeugten Mikromuster zu verstehen. D) und E) selektive Entfernung einer auf einem Siliziumwafer abgeschiedenen hydrophilen Polymerdünnschicht (links) und Weißlichtinterferometeranalyse eines Linienmerkmals (rechts).

SurfAP3® befindet sich derzeit auf dem Weg zum Technology Readiness Level (TRL) 5 (Validierung in der vorgesehenen Umgebung) und wird voraussichtlich im Zeitraum 2024-2025 TRL 6 erreichen. Außerdem wurden 2023 mit der internen Gründung des INP-Spinoffs MicroQuasar Technologies Schritte zum Transfer der Technologie auf den Markt eingeleitet.

Funktionsschichten

Bei Biosensoren erfordert der selektive Nachweis des Analyten in einer Probe eine Oberflächenmodifikation des biologischen Erkennungsfilms. Die Oberflächenchemie der Erkennungsstruktur spielt dabei eine entscheidende Rolle, da sie unspezifische Wechselwirkungen verhindert und eine gezielte Ankopplung des Bindungspartners des Analyten an die Sensoroberfläche gewährleistet. Für genaue Messungen in realen Proben ist es zwingend erforderlich, dass die funktionalisierte Oberfläche eine ausreichende Immobilisierungsdichte und eine hohe Bindungsaktivität aufweist, um auch geringe Konzentrationen des Analyten nachweisen zu können. Ein Schwerpunkt von BSO ist daher die Erzeugung dünner plasmapolymersierter (pp) Schichten, die funktionelle Gruppen enthalten, die eine effiziente Kopplung des Analyt-Bindungspartners ermöglichen. Aufbauend auf der



A) Schematische Darstellung von dünnen Polymer-Gold-Nanopartikel-Verbundschichten zur Signalverstärkung in Biosensoren. B) und C) Unterschiedlich angeordnete Polymerstrukturen auf Si-Wafern, die durch plasmainduzierte Selbstmontage in Abhängigkeit von der Plasmabelichtungszeit und -richtung sowie den verwendeten Vorläufern erzeugt wurden.

Grundlage unserer früheren Untersuchungen an carboxylreichen Schichten, die eine einzigartige Funktionalität und hervorragende Haftung an den Substraten bewiesen, haben wir weiter an neuen Vorstufen geforscht, um das Repertoire an Oberflächenfunktionalitäten zu erweitern und weitere Immobilisierungsstrategien für eine Reihe von Biomolekülen zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck werden neue Präkursoren getestet, die durch Einwirkung von Atmosphärendruckplasmen einen funktionellen Dünnsfilm bilden, der sich für die Immobilisierung des gewünschten Biomoleküls über elektrostatische Wechselwirkungen und routinemäßig angewandte kovalente Kopplungsverfahren eignet. Ergänzt wird dieser Ansatz durch einstufige Modifizierungsverfahren der abgeschiedenen Dünnschichten unter Verwendung ungefährlicher bifunktioneller niedermolekularer Linker, die die modulare Anbringung chemischer Einheiten für die Aufnahme von Biomolekülen ermöglichen.

Um eine Signalverstärkung für unsere Acrylat-basierten pp-Filme zu ermöglichen, wurde außerdem die Zugabe verschiedener Nanopartikel (Gold, Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Graphen) zu unserem Standardverfahren der Atmosphärendruck-Plasma-Flüssigkeitsabscheidung (APPLD) getestet. Dabei wurde die Herstellung von Polymer-Gold-Nanopartikel-Verbunddünnschichten mit einem einfachen und kostengünstigen Verfahren nachgewiesen. Darüber hinaus ergab die elektrochemische Charakterisierung einen positiven Signalverstärkungseffekt im Bereich einer Größenordnung im Vergleich zu pp-Filmen ohne Nanopartikel, was einmal mehr das Potenzial von pp-Filmen als effektive Immobilisierungsmatrix für Biosensoranwendungen zeigt.

Ausgehend von unseren früheren Ergebnissen zur Synthese von dünnen pp-Hydrogelen wurden außerdem neue Untersuchungen zu Selbstorganisationsphänomenen von Oligo- und Polyethylenglykol-Makromonomeren eingeleitet, die einem Atmosphärendruckplasma ausgesetzt werden. Ziel ist es, die Auswirkungen der Vorläuferarchitektur, der Lösungsmittel, der Additive sowie der Prozessparameter aufzuzeigen, um letztlich die Form und die Ausrichtung der selbstorganisierten Strukturen zu steuern, die für verschiedene Photonik-Anwendungen genutzt werden könnten.

KONTAKT



Dr.-Ing. Laura Barillas-Mora
Tel.: +49 3834 / 554 3802
laura.barillas-mora
@inp-greifswald.de

Überblick

Der Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin vereint Fachexpertise aus den Lebenswissenschaften mit den am INP vorhandenen plasmaphysikalischen und plasmatechnologischen Kompetenzen unter einem Dach. Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt konzentrieren sich auf Grundlagenforschung zur Wechselwirkung von kaltem Atmosphärendruckplasma mit lebenden Zellen und Geweben sowie auf anwendungsorientierte Forschung zu möglichen Einsatzfeldern von physikalischem Plasma im Rahmen medizinischer Therapiekonzepte. Dabei standen folgende drei Themenfelder im Fokus der Forschungsarbeit:

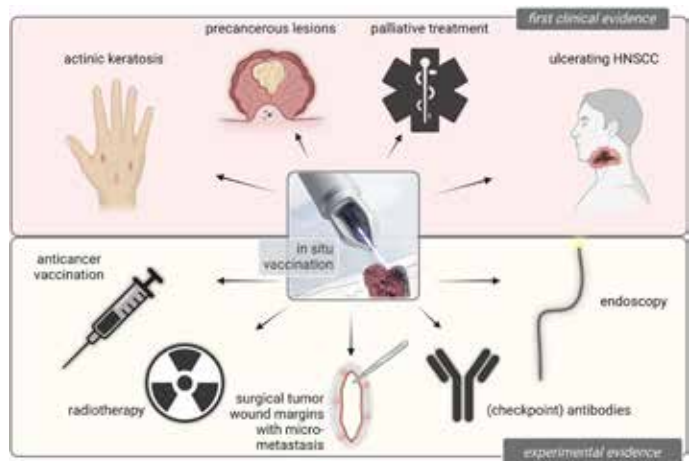
- Aufklärung der biochemischen und molekularen Mechanismen biologischer Plasmaeffekte mit besonderer Berücksichtigung redoxbasierter Prozesse
- Unterstützung und wissenschaftliche Begleitung klinischer Forschung und therapeutischer Anwendung von kalten Atmosphärendruck-Plasmaquellen
- Untersuchung der Wirksamkeit von experimentellen Plasmaquellen für biomedizinische Anwendungen

Für diese Forschungsarbeiten steht ein breites Spektrum an mikrobiologischen, chemisch-analytischen 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. Der Forschungsschwerpunkt „Plasmamedizin“ arbeitet dabei sehr eng mit dem Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) sowie den Querschnittsabteilungen Plasma Life Science und Plasmaquellen des INP zusammen.

In den Jahren 2022 und 2023 konnten neben weiteren Beiträgen zur Aufklärung der molekularen Mechanismen der plasmaunterstützten Wundheilung insbesondere deutliche Erkenntnisfortschritte auf dem Gebiet der plasmavermittelten Inaktivierung von Krebszellen erzielt werden. Dieses im Berichtszeitraum auch international intensiv beforschte Gebiet soll in zukünftige Therapiekonzepte der Krebsbehand-

lung münden. Umfangreiche Forschungen zur Veränderung von Biomolekülen durch Plasmabehandlung trugen nicht nur zum besseren Verständnis der plasmainduzierten Modulation zellulärer Signalkaskaden und daraus resultierender biologischer Wirkungen bei. Die Erkenntnis, dass solche Molekülveränderungen auch immunogene Effekte haben können, eröffnet den Weg zu innovativen Konzepten der therapeutischen Vakzinierung im Rahmen der Krebsbehandlung. Forschungsergebnisse zur Variation biologischer Plasmaeffekte durch Modifikation der Zusammensetzung der Plasma-Arbeitsgase sowie des Plasma-Target-Abstandes tragen zur Optimierung der therapeutischen Anwendung von kalten Atmosphärendruck-Plasmaquellen bei.

Das am Klinikum Karlsburg angesiedelte KDK hat seine Tätigkeit als Außenstelle des INP für eine anwendungsorientierte klinische plasmamedizinische Forschung weiter konsolidiert. In enger Zusammenarbeit mit dem Forschungsschwerpunkt „Plasmamedizin“ liegt der Schwerpunkt hier auf der Charakterisierung von Plasmaquellen in Rahmen von Forschungsprojekten mit Industriepartnern, der Begleitung der Entwicklung von Medizinprodukten und biotechnologischen Verfahren insbesondere für die Diabetestherapie im Rahmen von Verbundprojekten sowie therapiebegleitenden klinischen Forschungen zur plasmaunterstützten Wundheilung.



Möglichkeiten des Plasmaeinsatzes in der Krebstherapie (Quelle: Redox Biology; <https://doi.org/10.1016/j.redox.2023.102798>)

Anwendungsorientierter Ausblick

Der am INP konzipierte, mit Argon betriebene kalte Atmosphärendruck-Plasmajet kINPen bildet nach wie vor eine wesentliche Grundlage der anwendungsorientierten Forschungsexpertise auf dem Gebiet medizinischer Plasmageräte. Die langjährigen Erfahrungen mit dieser Plasmaquelle werden zur Konzeption, Entwicklung und Charakterisierung anderer, im INP oder von Kooperationspartnern entwickelter Plasmaquellen genutzt. Auf der Basis seiner langjährigen, international sichtbaren Forschungsexpertise hat sich das INP zu einem anerkannten Konsultations- und Kooperationspartner auf dem Gebiet der Plasmamedizin für Industrie, Forschung und Klinik profiliert. Bei allen Forschungsarbeiten zu Plasmaquellen werden von Anfang an die regulatorischen Anforderungen an Medizinprodukte mit berücksichtigt, um einen Transfer der Forschungsergebnisse in medizinisch einsetzbare Produkte zu ermöglichen. Das INP ist eingebunden in nationale und internationale Normungsaktivitäten, wie z.B. Weiterentwicklung der DIN SPEC 91315 sowie der internationalen Norm IEC 60601.

Im Februar 2022 wurde von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) die S2k-Leitlinie 007 – 107 „Rationaler therapeutischer Einsatz von kaltem physikalischem Plasma“ veröffentlicht, die insbesondere die Plasmaanwendung bei der Behandlung chronischer Wunden empfiehlt. Im Rahmen des Nationalen Zentrums für Plasmamedizin e.V. (NZPM) haben Vertreter des INP maßgeblich an der Abfassung dieser Leitlinie mitgewirkt. Diese Leitlinie ist ein Meilenstein auf dem Weg der Akzeptanz und Anwendung von Plasmageräten in der medizinischen Praxis.

Erschließung neuer Anwendungsfelder

In den Jahren 2022 und 2023 stand vor allem die Erschließung des Potenzials von Plasma auf dem Gebiet der Krebsbehandlung im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. Nach einer Vielzahl von experimentellen Nachweisen der Abtötung von Krebszellen durch Plasma werden bisher offene Fragen bearbeitet, die für eine klinische Anwendung kalter Atmosphärendruckplasmen in der Krebstherapie entscheidend sind. So ist zu klären, ob subletale Plasma-Behandlungen ähnlich wie bei der Wundheilung auch bei Krebszellen eine Stimulation bewirken und somit die Gefahr der Metastasierung bergen können (Cancers; <https://doi.org/10.3390/cancers11091237>) oder ob eine wiederholte Plasmaanwendung zu einer Resistenzentwicklung von Krebszellen führen kann (British Journal of Cancer; <https://doi.org/10.1038/s41416-023-02343-6>).

Die schon länger avisierte Möglichkeit der Anwendung von kalten Atmosphärendruckplasmen in der Zahnmedizin wurde im Rahmen eines industriegeführten Projektes zur Reinigung und Funktionalisierung von Implantatoberflächen in vivo unter INP-Beteiligung weiter vorangetrieben. Im Rahmen dieses Projektes wird seit 2022 eine klinische Studie durchgeführt, die kaltes Atmosphärendruckplasma in Kombination mit einer mechanischen Wasserstrahlbehandlung auf seine Eignung als innovatives Konzept zur Behandlung der Periimplantitis prüft.

Eine weiteres, besonders durch die COVID-19-Pandemie motiviertes Anwendungsfeld ist der bisher im Rahmen eines drittmittelgeförderten Projekts untersuchte Einsatz von plasmabasierten Verfahren zur antiinfektiven Behandlung des Respirationstraktes.

publiziert bei: **AWMF online**
das Portal der wissenschaftlichen Medizin

S2k-Leitlinie

Rationaler therapeutischer Einsatz von kaltem physikalischem Plasma

AWMF-Register-Nr.: 007 – 107

Schlüsselwörter: Wundbehandlung, Kaltplasma

Zitation der Leitlinie
Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMMG)
Rationaler therapeutischer Einsatz von kaltem physikalischem Plasma
Version 1.0 vom 23. Februar 2022
Verfügbar unter: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/053-054.html>
Zugriff am (Datum)

Stand: 23/Feb/2022
Gültig bis: 23/Feb/2026

Leitlinienkoordination: Prof. Dr. Dr. Hans-Robert Menelmann

S2k-Leitlinie AWMF-Register-Nr.: 007-107, Stand: 23. Februar 2022

Titelseite der S2k-Leitlinie

Grundfinanziertes Projekt Plasma & Zelle

Die Forschungsarbeiten im Forschungsschwerpunkt „Plasmamedizin“ erfolgten hauptsächlich im Rahmen des vom BMBF geförderten Zentrums für Innovationskompetenz (ZIK) „plasmatis – Plasma plus Zelle“. Ergänzt und unterstützt wurden diese Arbeiten durch das grundfinanzierte Projekt „Plasma & Zelle“. Damit konnten Vorlaufforschungen realisiert werden, um die Grundlagen für spätere Projekteinwerbungen zu legen und um neue Anwendungsmöglichkeiten von kaltem Atmosphärendruckplasma zu prüfen. Neben dem ZIK plasmatis bietet das grundfinanzierte Projekt insbesondere die Möglichkeit der Betreuung von Praktikums- und Qualifikationsarbeiten für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

Plasmawirksamkeit in der Wundbehandlung – Klinische Begleitforschung

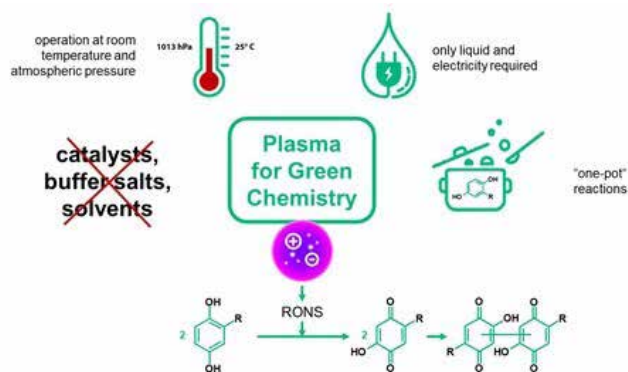
Wesentliche Grundlage für die Akzeptanz und Einführung der Anwendung kalter Atmosphärendruckplasmaquellen im Allgemeinen und des kINPen MED (neoplas med GmbH Greifswald) im Speziellen waren erfolgreiche klinische Studien, die unter kontrollierten und reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt wurden. Für die weitere Optimierung der Plasmaanwendung in der therapeutischen Praxis sind jedoch vor allem Erfahrungen aus der klinischen Routine wichtig.

In Kooperation mit dem KDK wurde eine Beobachtungsstudie durchgeführt, die die Anwendung des kINPen MED bei der Behandlung des diabetischen Fußsyndroms in der Fußambulanz des Klinikums Karlsburg wissenschaftlich begleitete. Beobachtungsparameter waren die Wundheilung in Abhängigkeit von der Behandlungsfrequenz, die Beeinflussung des Wundmikrobioms durch die Plasmabehandlung sowie die Identifizierung von Proteinen im Wundsekret als potentielle Marker zur Erfassung des Therapiefortschritts. Neben den noch nicht abschließend ausgewerteten Ergebnissen der Studie soll insbesondere die Studienmethodik so optimiert werden, dass eine Erfassung derartiger Daten im Rahmen ärztlicher Routinebehandlungen zukünftig besser und systematischer erfolgen kann.

Plasmaanwendungen zur gezielten Synthese chemischer (Wirk-)Substanzen

Die Untersuchung von chemischen Veränderungen von Biomolekülen in flüssigen Phasen war und ist ein wichtiges Element der Grundlagenforschung im Bereich der Plasmamedizin zur Aufklärung biochemischer Wirkmechanismen von kaltem Atmosphärendruckplasma. Darauf aufbauend wurden im INP in den vergangenen Jahren Forschungsarbeiten zum plasmaunterstützten Abbau von Schadstoffen

in Abwasser durchgeführt. Ein neues innovatives Anwendungsfeld ist die Anwendung von Plasmen zur umweltfreundlichen Synthese von organischen Substanzen, die u.a. als pharmazeutische Wirkstoffe zum Einsatz kommen können. In enger Zusammenarbeit mit dem Forschungsschwerpunkt Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt des INP wurden erste Arbeiten zur plasmaunterstützten Hydroxylierung und Dimerisierung von para-dihydroxylierten aromatischen Verbindungen durchgeführt und publiziert (Green Chem.; <https://doi.org/10.1039/d2gc01624a>). Ausgehend von langjährigen Arbeiten in der Grundlagenforschung des Forschungsschwerpunktes Plasmamedizin soll auf der Basis dieser Vorarbeiten zusammen mit einschlägigen Aktivitäten in weiteren Forschungsschwerpunkten des INP das Gebiet der Plasmachemie in Flüssigkeiten als innovatives Forschungsfeld weiter ausgebaut werden.



Plasmaanwendung in der „grünen Chemie“ (Quelle: Green Chem.; <https://doi.org/10.1039/d2gc01624a>)

Drittmittelfinanzierte Projekte

ZENTRUM FÜR INNOVATIONSKOMPETENZ (ZIK) „plasmatis - PLASMA PLUS ZELLE“

Die seit 2009 in zwei Phasen realisierte Förderung des ZIK plasmatis durch das BMBF mit insgesamt vier Nachwuchsforschungsgruppen wurde Ende 2022 abgeschlossen. Die aufgebaute personelle und technische Expertise wurde seit 2021 in der Forschungsgruppe „Plasma-Redox-Effekte“ schrittweise im INP verstetigt. Zusätzlich wurde in den Jahren 2020-2022 ein META-ZIK „PlasMark - Markierungsfreie Diagnostik von Umweltplastik mittels innovativer opto-physikalischer Verfahren“ vom BMBF gefördert. Ein multidisziplinäres Konsortium aus Physikerinnen und Physikern, Biochemikerinnen und Biochemikern, Biologinnen und Biologen und Pharmazeutinnen und Pharmazeuten aus den drei Zentren für Innovationskompetenz ZIK plasmatis am INP, ZIK HIKE an der Universitätsmedizin und Universität Greifswald und ZIK innoFSPEC am Leibniz-Institut für Astrophysik in Potsdam (AIP) erforschten Möglichkeiten der markierungsfreien Diagnostik von Plastikpartikeln in biologischen Matrices. Damit sollen Fragen, inwiefern Mikroplastikpartikel eine der Ursachen für neurodegenerative Erkrankungen, Herz-Kreislauferkrankungen oder gar Krebs sind, besser beantwortet werden können.

PROJEKT ONKOTHER-H

Das Projekt „ONKOTHER-H: Entwicklungsplattform für innovative onkologische Therapien am Beispiel des häufigsten menschlichen Krebses – Hautkrebs“ wurde unter Leitung

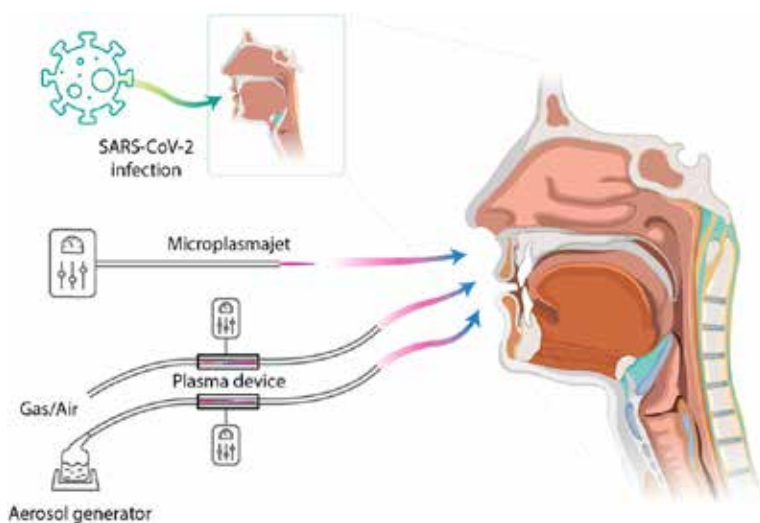
der Universitätsmedizin Rostock im Rahmen der Exzellenzinitiative des Landes Mecklenburg-Vorpommern gefördert. Das INP bearbeitete im Rahmen dieses Verbundes die Optimierung von Kaltplasmaanwendungen im Zellkulturmodell, insbesondere in Kombination mit neuartigen tumorsuppressiven Substanzen (Journal of Advanced Research; <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.06.014>).

PROJEKT DINPLAS

Bereits 2014 wurde unter Federführung des INP die DIN-Spezifikation (DIN SPEC) 91315 „Allgemeine Anforderungen an medizinische Plasmaquellen“ veröffentlicht. In dem vom BMWi geförderten Projekt „DINPlas - Erarbeitung einer DIN-Norm zur Testung der Wirksamkeit und Sicherheit von Atmosphärendruck-Plasmaquellen für medizinische Anwendungen“ wird, aufbauend auf praktischen Erfahrungen und neuen experimentellen Arbeiten zur Optimierung und Anpassung der Testmethoden, die DIN SPEC 91315 für die weitere praktische Anwendung überarbeitet und neu herausgegeben.

PPC – PLASMAPLUSCORONA

Im vom BMBF geförderten Projekt „PlasmaplusCorona - Plasmabasierte Desinfektion des Respirationstraktes zur Senkung der SARS-CoV-2 Viruslast in vitro und in vivo“ wird in einem Verbund aus INP, dem Forschungszentrum Borsstel - Leibniz Lungenzentrum und dem Leibniz-Institut für Virologie Hamburg eine plasmabasierte technische Lösung zur lokalen Behandlung des Respirationstraktes konzipiert und experimentell getestet (Plasma Processes and Polymers; <https://doi.org/10.1002/ppap.202200196>). Das Projekt ist wegweisend auch für zukünftige pandemische Bedrohungen und Zoonosen.



Experimentelle Ansätze zur plasmabasierten lokalen Behandlung des Respirationstraktes (Quelle: Plasma Processes and Polymers; <https://doi.org/10.1002/ppap.202200196>)

KONTAKT

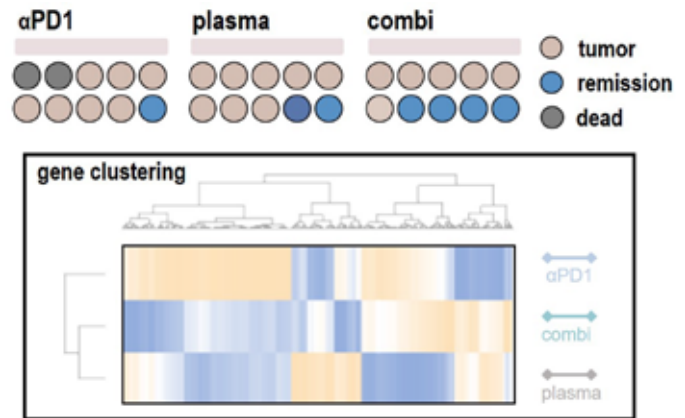


Prof. Dr.
Thomas von Woedtke
Tel.: +49 3834 / 554 445
woedtke@inp-greifswald.de

ZIK plasmatis Plasma-Redox-Effekte

Eine der wichtigsten Wirkungsweisen der Gasplasma-Behandlung von chronischen und infizierten Wunden und Ulzera sind die im Plasma vorhandenen reaktiven Sauerstoff- und Stickstoffspezies (ROS/RNS). ROS/RNS spielen eine zentrale Rolle in der antimikrobiellen Wirksamkeit und der Wundheilung, da sie evolutionär konservierte Signalmoleküle sind, welche bei Entzündungsreaktionen auf natürliche Weise vom Körper produziert werden. Die Spezies nehmen einen maßgeblichen Platz bei der Redox-vermittelten Toxizität, Veränderung von Biomolekülen und der Signalübertragung in Zellen ein. Eben diese Aspekte sind neben der Wundheilungsforschung auch bei anderen klinisch relevanten Krankheitsbildern, wie z.B. der Onkologie, von Relevanz, sodass stetig neue Anwendungsfelder für die medizinische Nutzung der Plasmatechnologie erschlossen werden.

Die Identifikation und Untersuchung solcher neuen Anwendungsfelder über die deskriptive Wundheilung hinaus zu den Mechanismen und Konzepten therapeutischer Radikale der Gasplasma-Technologie sowie Redox-Effekten in Zellen ist die Hauptaufgabe der Forschendengruppe „Plasma-Redox-Effekte“ des INP. Die Gruppe konnte auch in den letzten Jahren wieder verschiedene Themengebiete durch die Förderung von u.a. BMBF, EU, DFG, Landesmittel Mecklenburg-Vorpommern, Stiftung Tumorforschung Kopf-Hals, Ferdinand-Eisenberger-Stiftung und Gerhard-Domagk-Stiftung erforschen. Die Projekte beinhalteten u.a. Untersuchungen von antiviralen Effekten der Gasplasma-Technologie sowie die Optimierung des Plasmas zur Bekämpfung Antibiotika-resistenter Keime in Wunden und Redox-vermittelte Effekte nach Polymer-Exposition. Entscheidende Fortschritte gelangen im Bereich der Bekämpfung von Bakterien durch die Optimierung der Gasplasma-Behandlung durch die Variation von Gaszumischungen, welche zu einem verstärkten Untergang verschiedener Bakterienstämme, u.a. Antibiotika-resistenter Keime, führte (Life, DOI: 10.33390/life13020257). Auch konnte erstmalig die Inaktivierung von Corona-Viren durch eine Neon-Plasmaquelle gezeigt werden (Free Radical Biology and Medicine, DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2022.08.026).

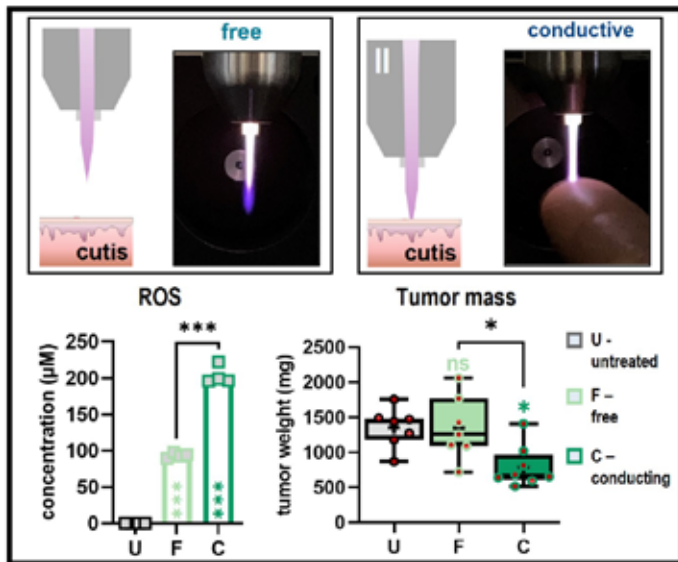


Kombinationstherapie des malignen Melanoms mit Plasma und Checkpoint Inhibitor führt zu einer stärkeren Tumorreduktion und verändert die Genregulation. DOI: 10.1002/adv.202303183

Der Schwerpunkt der Gruppe „Plasma-Redox-Effekte“ liegt in translationalen Themen im Bereich der Onkologie und Tumor-Immunologie sowie Arbeiten zum Verständnis der Mechanismen und komplexen Interaktionen eines Tumorgewebes.

Zu den vielen untersuchten Teilaspekten gehören vor allem die Untersuchung von Toxizitäts-assoziierten Redox-Effekten und Veränderungen von Biomolekülen, welche zur Kommunikation zwischen Zellen benötigt werden und Informationen für das Verständnis Entzündungs-assoziiierter Vorgänge liefern. Untersuchungen mit möglichst großer Humanrelevanz bedingen die Anwendung der Gasplasma-Technologie in translationalen Tiermodellen.

Ein zentrales Ergebnis der Forschungsgruppe „Plasma-Redox-Effekte“ ist die unterstützende Behandlung von Tumoren mit Plasma zur Verstärkung der Wirksamkeit anderer Krebstherapien. So konnte im Mausmodell gezeigt werden, dass die Checkpoint Inhibitor Therapie in Kombination mit einer Plasma-Behandlung zu einer stärkeren Tumorreduktion führt (Advanced Science, DOI: 10.1002/adv.202303183). Die positiven Effekte der Kombinationstherapie von schwarzem Hautkrebs mit systemisch wirkendem anti-PD1 Antikörper und lokaler Plasmabehandlung basierten auf einem reduzierten Tumorstadium und erhöhtem Zelltod. Die Veränderungen der Genexpression führten zu einem verstärkten Einwandern von Immunzellen in das Plasma-behandelte Tumorgewebe, welches Hinweise auf die Förderung einer körpereigenen Antitumor-Immunantwort liefert.



Prinzip der Optimierung Gasplasma generierten ROS/RNS durch Änderung des Abstandes zwischen Plasmajet und der zu behandelnden Oberfläche, welche zu unterschiedlichem ROS/RNS-Eintrag und verstärkter Zelltoxizität führt. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2022.01.014 und 10.3390/antiox11081439.

In einem Genexpressions-Screening konnte eine Signatur beobachtet werden, welche mit Immunzell-Aktivierung assoziiert ist. Dieser erstmalig konzeptionelle Beweis konnte in einer weiteren Studie in kolorektalen Tumorzellen nach der Behandlung mit Plasma-behandelter Flüssigkeit bestätigt werden (PNAS, DOI:10.1073/pnas.2200708119). Die ROS/RNS vermittelten Effekte führten zu zytotoxischer Aktivität und veränderte Gen-Expression. Beides waren mit einer erhöhten Immunogenität verknüpft und führte zu einer Aktivierung von Immunzellen. Auch in primären Urothelkarzinomzellen führte die Plasmabehandlung zu einer Veränderung der Genexpression, z.B. eine Reduktion eines Gens, welches für das Wachstum von Tumorzellen essenziell ist (Journal of Advanced Research DOI: 10.1016/j.jare.2022.07.12). Die Plasmabehandlung der Tumore, welche zuvor aus Patienten isoliert wurden, führte zusätzlich zu einer verstärkten Zytotoxizität.

Es wurde ein besseres Verständnis erhalten über Wirkung und Wirkungsweise von Variationen der Abstände bei der Plasmabehandlung. So verleiht ein kurzer Abstand eine verstärkte Tumortoxizität, da bei ableitendem Plasma vermehrt RNS/ROS gebildet werden, welche direkt auf Zellen oder das Gewebe wirken (Free radic Biol Med., DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2022.01.014). Dieser entscheidende Fortschritt ist insbesondere für die Anwendung der Kaltplasma-Technologie im medizinischen Bereich von Bedeutung, um die Effekte, wie bspw. Tumor-reduzierende Wirkung, zu maximieren.

In einem Mausmodell wurde die erhöhte Toxizität durch den neuen Plasma-Modus bestätigt (Antioxidants, DOI: 10.3390/antiox11081439). Die Tiere in unterschiedlichen Gruppen mit Darmkrebs bekamen als Behandlung Flüssigkeit gespritzt. Dabei erhielt eine Gruppe die reine Flüssigkeit, eine Gruppe Flüssigkeit, welche zuvor mit Plasma im nicht-ableitenden Modus behandelt wurde, und die dritte Gruppe eine Behandlung mit der Flüssigkeit, welche im ableitenden Modus Plasma-behandelt wurde. Im Vergleich zum nicht-ableitenden Modus konnte in der ableitend-behandelten Flüssigkeit eine zwei- bis dreifach-erhöhte Menge verschiedener ROS/RNS gemessen werden, welche zu einer erfolgreichen Tumorreduktion führte. Die Behandlung im nicht-ableitenden Modus führte zu keiner Reduktion. Zusätzlich konnten in den Tumoren eine erhöhte Menge an Immunzellen gefunden werden, welches auf eine Förderung einer Antitumor-Immunantwort durch die Plasma-behandelte Flüssigkeit zurückschließen lässt.

KONTAKT



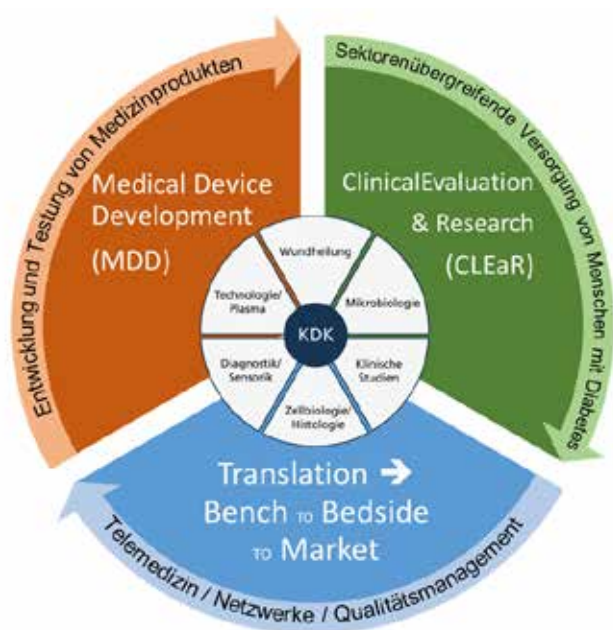
Dr. Sander Bekeschus
Tel.: +49 3834 / 554 3948
sander.bekeschus
@inp-greifswald.de

Überblick

Das Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) ist eine am Klinikum Karlsburg angesiedelte Außenstelle des INP. Es steht für kliniknahe Verbundforschung und unterstützt die Entwicklung innovativer Medizinprodukte, Verfahren, Technologien und Diagnostiken in den Bereichen Wundheilung und Plasmamedizin. Die kurzen Wege zwischen Klinik und Forschung sichern den direkten Austausch zwischen Klinikpersonal und Patientinnen und Patienten sowie Forscherinnen und Forschern und Industriekunden. Dadurch wird eine schnelle Produktentwicklung mit kurzen Iterationsschritten von der Idee bis zur Marktzulassung und direkten Feedbackschleifen möglich.

Durch diese intensive Zusammenarbeit und aufgrund der kurzen Wege können Forschungsergebnisse im Zusammenspiel mit Unternehmen aus der Medizinbranche deutlich schneller in die klinische Anwendung übertragen werden, was für die Partnerfirmen einen zeitlichen und finanziellen Vorteil verspricht und letztlich den Patientinnen und Patienten zugutekommt, weil Therapien so schneller der Allgemeinheit zur Verfügung stehen.

Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die bilateralen Projekte zur Testung von neu entwickelten Plasmageräten. Das KDK hat sich somit eine Expertise aufgebaut, die gezielt von externen Partnerinnen und Partnern und zunehmend Firmen im Bereich der Kaltplasmatherapie genutzt wird, um ihre Geräte am KDK und dem INP basierend auf der DIN Spec 91315 testen zu lassen. In den kommenden Jahren werden solche Dienstleistungen weiterhin das Portfolio des KDK bereichern. Hierbei soll zukünftig der Fokus verstärkt auf die Einbindung von Sensorik und KI gelegt werden, um die Diagnostiken und Therapien noch mehr an die individuellen Bedürfnisse der Patientinnen und Patienten anzupassen.



KDK - Konzept

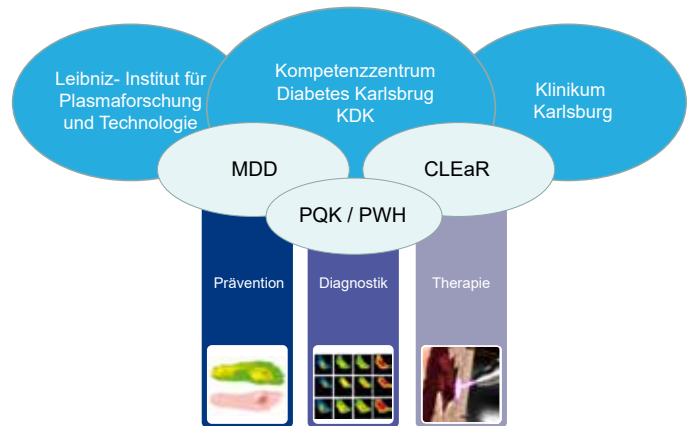
Anwendungsorientierter Ausblick

Inhaltlich fokussiert sich das KDK auf „Forschung und Entwicklung“ von Medizinprodukten und Therapien zur Wundheilung – stets mit dem Gedanken für den Transfer in die industrielle und medizinische Praxis. Das Fundament bilden die bereits vorhandenen praktischen Erfahrungen und fachlichen Expertisen sowie der Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems. Im Vordergrund stand in den letzten zwei Jahren der weitere Ausbau von Expertisen für die kliniknahe anwendungsorientierte Forschung als tragende Säule im Bereich der Diabetologie und Wundheilung maßgeblich durch Verbundprojekte in den Bereichen Plasmamedizin, Wundtherapie, Diagnostik und Prävention.

Hierfür soll mittelfristig ein Qualitätsmanagement-System aufgebaut werden, welches es dem KDK ermöglicht, ISO und MDR konform mit Industriepartnern zusammenzuarbeiten – was zudem die Attraktivität des Kompetenzzentrums erhöhen soll. Parallel wird ein Netzwerk zur sektorenübergreifenden klinischen Testung und Forschung aufgebaut, um die in den Projekten entwickelten Medizinprodukte einer ersten klinischen Evaluierung zu unterziehen.

So konnten erfolgreich Projekte zur Prävention, wie die smarte Einlegesohle (Projekt „Sensorsohle“) und zur Diagnostik, wie die fluoreszenzbasierte „Bakteria-Cam“, abgeschlossen werden. Weitere Projekte im Bereich Stammzellentherapie, wie im „ActiHeal-Projekt“, und zur Entwicklung neuer, noch sensiblerer Antikörperdiagnostiken (Projekt AAK-Level) für die Anwendung bei Menschen mit Typ 1 Diabetes konnten im Jahr 2023 abgeschlossen werden. Weiterhin wurden Projekte zur Messung der Ionendichte durch Auswertung von Ionen-Wellen im Plasma sowie begleitende Modellierung zur Identifikation der Ionen (MAID), Forschungsdatenmanagement (NFDi4Ing), dem Einsatz von Plasma in der Pflege (AmbuPlas) sowie die Konzeptionierung eines Plasmajet-Arrays für medizinische Anwendung auf Basis des kINPen MED® (Multijet) bearbeitet. Diese Projekte dienen als Grundlage für die Expertisen, welche im Verlauf der Startphase am KDK etabliert werden konnten.

Langfristig werden gefragte Dienstleistungen und präklinische Testungen nach entsprechenden DIN-/ISO-Normen zertifiziert. In den nächsten Jahren wird innerhalb des KDK ein präklinisches Testzentrum für Medizinprodukte in Kooperation mit weiteren lokalen Partnerinnen und Partnern aufgebaut, das vornehmlich auf den Bedarf von Kundinnen und Kunden im Rahmen der Medizinproduktezulassung ausgerichtet ist und einen Service zur schnellen Umsetzung von zulassungsrelevanten Fragestellungen sowie zur Erfüllung der normativen und gesetzlichen Produkthanforderungen bietet. Speziell bei Verbundprojekten können Produkte



KDK - Struktur

und Diagnostiken gemäß den geltenden Regularien unter Berücksichtigung der entsprechenden DIN-/ISO-Normen entwickelt und getestet werden. Besonders die Einbeziehung der ISO-Norm 13485 für das Qualitätsmanagement mit Fokus auf die Medizinproduktentwicklung betont die besondere Charakteristik des KDK für Projekte mit kleinen und mittleren Unternehmen und Spin-Offs sowie größeren Unternehmen.

Unter dem Link <https://kompetenzzentrum-karlsruhe.de> finden Sie weitere Informationen zum KDK.

KONTAKT



Dr. Kai Masur

Tel.: +49 38355 / 6686 2525
kai.masur@inp-greifswald.de

Plasmaquellen-Konzepte

Die Forschungsgruppe „Plasmaquellen-Konzepte“ (PQK) ist Teil des Zentrums für Innovationskompetenz (ZIK) plasmatis und des Kompetenzzentrums Diabetes Karlsburg (KDK). Das ZIK plasmatis ist ein international führendes Zentrum in der Plasmamedizin mit Fokus auf Wundheilung. Innerhalb des KDK konzentriert sich PQK auf die Entwicklung optimal angepasster Plasmaquellen für medizinische Anwendungen, in enger Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe „Plasma-wundheilung“. Das 2016 gegründete KDK fungiert als Brücke zwischen Forschung und klinischer Anwendung. Dabei werden verschiedenste technologische Möglichkeiten wie Robotik, Diagnostik und Rapid Prototyping genutzt.

Die PQK trägt maßgeblich zur Entwicklung innovativer Medizinprodukte bei, insbesondere im Bereich der Plasmamedizin. Die kurzen Wege zwischen Forschung und klinischer Anwendung ermöglichen schnelle Iterationen und beschleunigen die Produktentwicklung durch direktes Feedback von Patienten und Ärzten.

Im Berichtszeitraum hat die PQK eine Schlüsselposition im Bereich Forschung und Entwicklung besetzt, indem eine Promotionsstelle besetzt wurde. Die Position zielt darauf ab, die Wechselwirkung von Atmosphärendruck Plasmajets zu erforschen, insbesondere im Kontext der Gasflussverteilung. Die Tätigkeiten umfassen optische und elektrische Diagnostik sowie die Korrelation der Ergebnisse mit Gasphasenmodellierung.

Erstmals konnte ein Open-Source-Programm „BLITZ“ entwickelt werden: einen Python-basierten Bildbetrachter für schnelles Laden großer Bildserien. Das Programm ermöglicht effiziente Bildanalysen und statistische Berechnungen, insbesondere für die Plasmaforschung. BLITZ wurde erfolgreich aus der Beta-Version veröffentlicht und steht der Plasmaforschungsgemeinschaft zur Verfügung.

Ein neues Projekt zur Messung absoluter Ionendichten (MAID) wurde erfolgreich eingeworben und gestartet. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) konzentriert sich das Projekt auf die experimentelle Bestimmung hochfrequenter Stromsignale zur präzisen Bestimmung der absoluten Ionendichte in Plasmaentladungen unter atmosphärischem Druck. Das Projekt beinhaltet die Untersuchung von ionenakustischen Wellen und symbiotische Modellierung in verschiedenen Entladungskonfigurationen, einschließlich dielektrisch behinderter Entladungen (DBE).

Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „AmbuPlas“ steht die Entwicklung eines Geräts für die ambulante Anwendung von Plasma in der Wundversorgung im Mittelpunkt. In Kooperation mit Partnern wird ein standardisiertes, mobiles Plasmaanwendungsgerät entwickelt und in einer von der Universitätsmedizin Rostock begleiteten Anwendungsbeobachtung vergleichend erprobt.

Das Vorhaben „P-Array“ zielt darauf ab, die Plasmajet-Technologie hochzuskalieren und die Mobilität durch einen Akkumulator zu erhöhen. Parallel entwickelt die neoplas med GmbH ein Gerätekonzept mit Akkumulator. Beide Ansätze werden zu einem Gerät zusammengeführt, das die Sicherheitsparameter erfüllt und großflächige Behandlungen ermöglicht. Das Projekt reagiert auf den Bedarf an einer gezielten Therapie für Patientinnen und Patienten mit großflächigen chronischen Wunden und setzt auf die bewährte Plasmamedizin.

Das Bündnis biogeniV, an dem die PQK beteiligt ist, wurde als eines von 23 WIR! Bündnissen ausgewählt. Das Bündnis widmet sich der Verwertung biogener Reststoffe und ver-



Automatisierte Qualifizierung der Effluentenlänge bei einer 8-fach Anordnung eines Plasmajets

folgt einen regionalen, technologisch innovativen Ansatz. Der Fokus liegt auf nachhaltigen Strukturen, ungenutzten Potenzialen und der Stärkung des regionalen Profils durch Innovationen. WIR! unterstützt Regionen bei der Identifizierung und Umsetzung von Innovationsfeldern, um den Strukturwandel voranzutreiben.

Im Rahmen eines NFDI4ING-Projektes werden die Herausforderungen bei der Implementierung und Nutzung von Daten-, Metadaten- und Protokollstandards in Forschungslaboren, insbesondere in kleineren Einrichtungen ohne zentralisierte Infrastruktur, adressiert. Das Vorhaben zielt darauf ab, einen modularen, Open-Source-Demonstrator für eine offene und leicht adaptierbare Laborinfrastruktur zu entwickeln. Der Prototyp vernetzt einfache Sensorsysteme gemäß den „FAIR Data Principles“ und bindet sie an eine zentrale Datenbank an.

In Reaktion auf die Covid-19-Pandemie entwickelt das Projekt „PlasmaPlusCorona“ am INP innovative Ansätze zur lokalen Reduzierung der Viruslast im Respirationstrakt mithilfe von Kaltplasmatechnologie. Das interdisziplinäre Konsortium aus plasmaphysikalischen, virologischen und medizinischen Instituten strebt an, die Technologien in Proof-of-concept-Studien im Tiermodell zu überführen und somit einen Beitrag zur Bekämpfung von pandemischen Bedrohungen zu leisten.

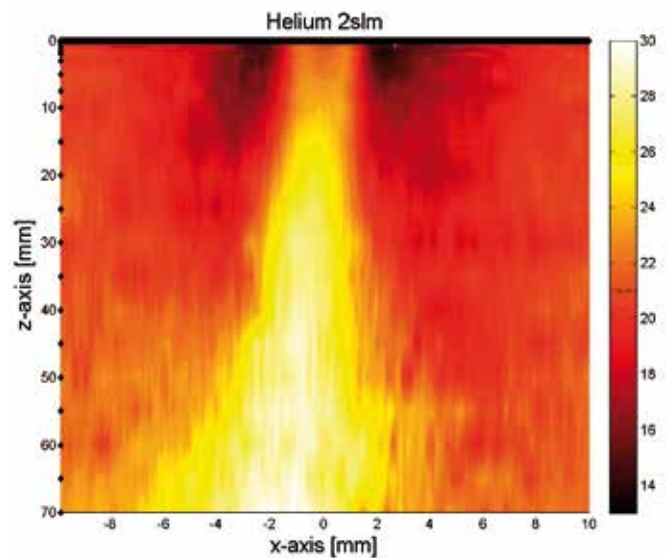
Das Projekt „PeriPLas“ mit Partnern aus der Industrie sowie der Zahnmedizin Greifswald entwickelt mit PQK zusammen ein innovatives Therapiekonzept für Periimplantitis. Die Kombination aus mechanischer Reinigung, Diodenlaser und kaltem Atmosphärendruckplasma soll die Entzündung eindämmen und die Wiederherstellung der Implantatfunktion ermöglichen. Die dazu laufende multizentrische klinische Studie steht kurz vor dem Abschluss.

Im zurückliegenden Projektzeitraum erfolgte der Aufbau einer internationalen Zusammenarbeit zwischen der Forschungsgruppe PQK und brasilianischen Partnerinnen und Partnern. Der Fokus liegt auf der Entwicklung eines tragbaren Plasmastrahlgeräts für zahnärztliche Anwendungen. Zusätzlich wird untersucht, wie dieses Gerät für die Behandlung von Tracheal-T-Tuben im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie eingesetzt werden kann. Im Rahmen eines Gastaufenthaltes am INP und dem KDK wurde die Expertise in der Charakterisierung von Plasmaquellen für medizinische Anwendungen zur Sicherheitsprüfung appliziert.

Mit dem modularen Düsensystem MoNoS können Plasmajets modifiziert werden: die Depositionsfläche reaktiver

Spezies steigt und das Verhältnis von Luft zu Plasma wird stabilisiert. Im Rahmen einer Kooperation mit der Nachwuchsforschungsgruppe Plasma-Redox-Effekte konnte mittels der MoNoS die Reduktion von Krebsorganoidwachstum verbessert werden.

Im Berichtszeitraum erfolgten verschiedene studentische Abschlussarbeiten, Praktika und Kooperationen. Aus einer vorhergehenden Masterarbeit konnte ein technisches Design für ein Wundgrößenmessungssystem weiter diskutiert werden bis hin zu einem Projektkonzept.



Untersuchung des Gasflusses zur Charakterisierung des Dufour-Effektes - hier das Temperaturprofil ohne Plasmazündung bei einem von 2 slm Heliumgasfluss

KONTAKT



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

Plasmawundheilung

Die Forschungsgruppe (FG) „Plasmawundheilung“ (PWH) 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? Hierbei stellt die individuell optimierte Plasmabehandlung der verschiedenen Wunden eine zentrale Rolle in der angewandten klinischen Forschung dar. Weiterhin werden in der FG PWH die Themen Standardisierung und Sicherheit der Plasmaquellen sehr stark in den Vordergrund gestellt.

Kalte Plasmen weisen eine komplexe Zusammensetzung aus freien Elektronen und Ionen, UV-Strahlung, sichtbarem Licht, Wärme sowie zahlreichen angeregten Spezies auf. Vor allem die angeregten Sauerstoff- und Stickstoffspezies (RONS) 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 Potenziale 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.



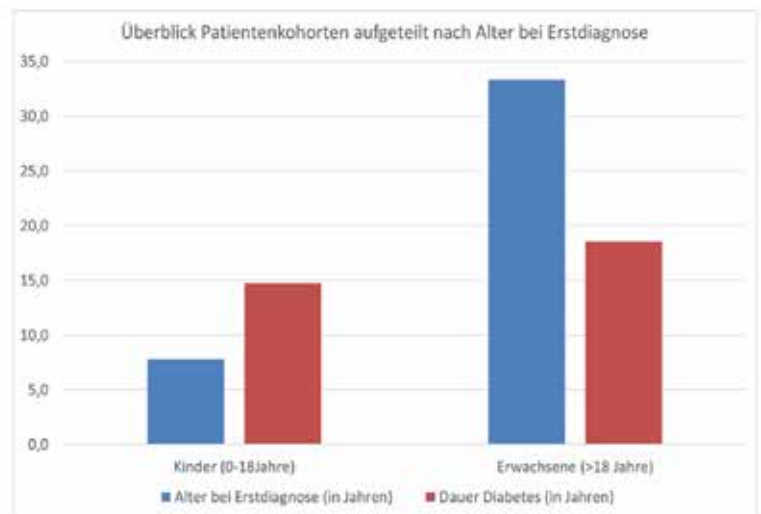
Plasmabehandlung einer chronisch infizierten Wunde

Ziel der FG PWH ist die Überführung der Grundlagenenergebnisse in die klinische Praxis der Wundbehandlung. Hierbei sollen molekulare Mechanismen der beteiligten Hautzellen hinsichtlich Signaltransduktion und Stoffwechsel sowie der Zellreparatur bei humanen Zellen der Haut und des Immunsystems analysiert werden. Hierfür werden Wundabstriche, sogenannte Exsudate, gewonnen und auf ihre zellulären und 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 etablieren.

Die klinischen Untersuchungen umfassen detaillierte Analysen der Wundexsudate sowohl durch Bildgebung und mikrobiologische Abstriche. Neben der anti-mikrobiellen Wirksamkeit konnte unter anderem auch die die Arbeiten der FG Plasmawundheilung gezeigt werden, durch die Einwirkung kalter Plasmen die Zellproliferation und die Zellwanderung angeregt werden. Hierbei spielt vor allem die parakrine Stimulation innerhalb des Wundmilieus eine wesentliche Rolle. Das kalte Plasma aktiviert in erster Linie die Fibroblasten, welche wiederum Botenstoffe aussenden, deren Wirkung sich konkret auf die humanen Hautzellen (Keratinocyten) auswirkt und somit indirekt zur Wundheilung beiträgt.

Im Projekt AAK Level wurde eine innovative Methode der Antikörper Analyse bei Menschen mit Typ I Diabetes zusammen mit der Firma Eurolmmun und der Universitätsmedizin Greifswald entwickelt.



Überblick über die Geschlechter- und Altersverteilung der Proband*innen

Das Ziel war basierend auf frisch abgenommenen Seren die darin befindlichen autoreaktiven Antikörper sowie deren Antigene zu isolieren und für die Entwicklung eines noch sensitivieren ELISA-Testsystems dem Partner zur Verfügung zu stellen. Weiterhin sollte im Projekt geprüft werden, ob die derzeit noch angewendete Methode des Radio-Immuno-Assays (RIA) durch eine Fluoreszenz-basierte Analyse ersetzt werden kann.

Autoantikörper gegen das Insulinom-assoziierte Antigen-2 (Anti-IA2) sind ein wichtiger Marker für die Diagnose und Vorhersage eines neu auftretenden Typ-1-Diabetes mellitus (T1DM). Innerhalb des Projektes wurden Prototypen für zwei ELISA-Testsysteme hergestellt. Ein neuer Prototyp eines Anti-IA2-ELISA sowie ein weiterer Prototyp eines Anti-GAD65 ELISA wurden im Rahmen dieses Projektes entwickelt und erfolgreich getestet.

Erste Tests bei EuroImmun weisen auf eine Reduzierung der Gesamtinkubationszeit hin, was für die hohe Qualität der Produkte spricht. Wir hoffen, dass dies auch zur Entscheidung führt, dass dies in ein zukünftiges Produkt weiterentwickelt werden kann.

Hierfür wurden Proben von über 500 Probandinnen und probanden eingeschlossen und analysiert. Knapp 55% der Proben stammten von männlichen Teilnehmern, und etwas mehr als 45% von Frauen. Da ein besonderes Augenmerk auf den Verlauf der Diabeteserkrankung in Korrelation zum Alter bei Erstdiagnose gelegt wurde, wurde bei der Analyse der Daten zwischen Kindern und Erwachsenen unterschieden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Anzahl wie auch die Qualität der vom KDK zur Verfügung gestellten klinischen Proben entscheidend zum Erfolg des Projektes beigetragen haben. Sowohl die klinische Sensitivität des Prototyp-ELISA als

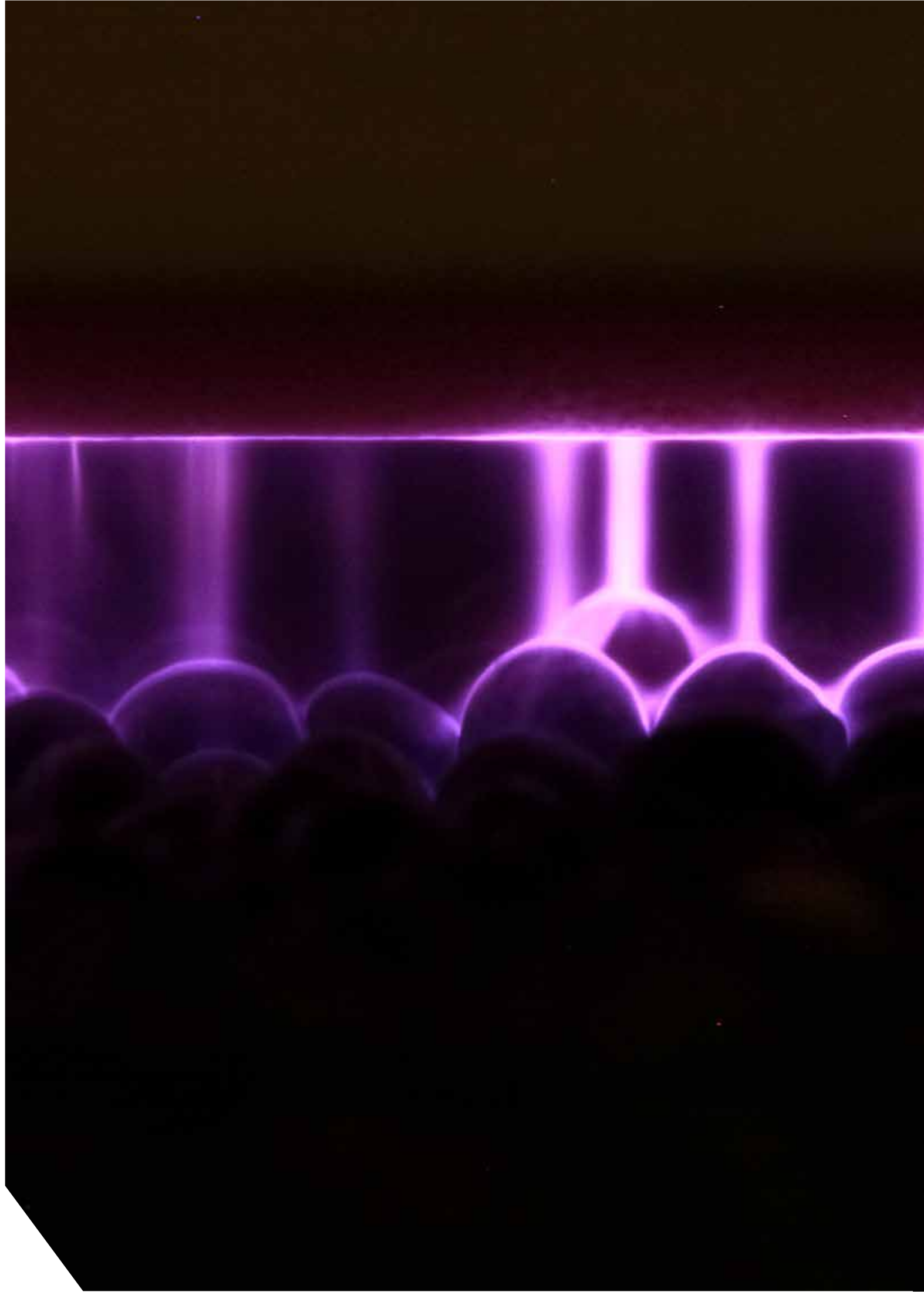
auch die dazugehörige Spezifität lagen weit über den Erwartungen, die man in einer so frühen Phase der Entwicklung erwarten konnte. Der Methodenvergleich ergab eine Sensitivität des Prototyp-ELISA von über 93,3 % bezogen auf den etablierten ELISA und 93,8 %. Somit zeigt der neue Assay bereits in der Entwicklungsphase vergleichbare Daten, wie der etablierte Standard.

Diese Daten legen nahe, dass der neue Anti-IA2-ELISA ein wertvolles Hilfsmittel zur Unterstützung der Serodiagnose von T1DM sein wird. Die Reduzierung der Bearbeitungszeit auf wenige Stunden minimiert die Arbeitszeit der Labortests und stärkt die Eignung des Prototyps, den etablierten ELISA zu ersetzen.

KONTAKT



Dr. Kai Masur
Tel.: +49 38355 / 6686 2525
kai.masur@inp-greifswald.de



QUERSCHNITT- ABTEILUNGEN



Plasmamodellierung & Data Science

Die Modellierung und Simulation von Plasmaquellen und Plasmaprozessen stellt in der Plasmaforschung eine wesentliche Ergänzung zu Laborexperimenten dar. Modellbasierte Analysen von Prozessen und Parameterstudien machen es möglich, technologische Plasmen gezielt zu optimieren sowie neue Anwendungsbereiche zu erschließen. Dadurch kann die praktische Durchführung kostenaufwändiger und zeitintensiver Experimente reduziert werden. Zudem ermöglichen die Modellrechnungen es auch, experimentell nicht oder nur schwer zugängliche physikalische Größen zu bestimmen. So können grundlegende Phänomene untersucht und das Verständnis von Messdaten unterstützt werden.

Am INP werden Modelle von Niedertemperaturplasmen bei Atmosphären- und Niederdruck mit wissenschaftlichem und technologischem Nutzungspotenzial entwickelt und angewendet. Das Spektrum der Modelle erstreckt sich von der Beschreibung spezifischer Plasmaeffekte bis hin zu einer multiphysikalischen Modellierung von Plasmaquellen und Plasmaprozessen. Anwendungsbeispiele sind Verfahren zur Schichtabscheidung, Reaktionsprozesse für den Abbau bzw. die Umwandlung von Schadstoffen und die Schaltertechnologien. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf Nichtgleichgewichtsbeschreibungen von anisothermen und thermischen Plasmen, die für eine konsistente Beschreibung der schwach ionisierten Plasmen benötigt werden.

Die Modellierung von Plasmen erfordert verschiedene Teilschritte. Dazu zählen zuerst die Entwicklung eines adäquaten Modells, das alle relevanten Effekte in hinreichender Detailtiefe erfasst. Ferner müssen die problemspezifischen Eingabedaten recherchiert, bewertet und aufbereitet werden. Die Komplexität der Gesamtbeschreibung von Plasmaprozessen bedingt, dass Teilprobleme, wie z. B. die reaktionskinetische 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 eine selbstkonsistente Modellierung angestrebt. Hierbei werden alle relevanten Phänomene gekoppelt gelöst. So können die Wechselwirkungen der Teilprobleme adäquat erfasst und prädiktive Ergebnisse erzielt werden.

Zur Lösung des resultierenden Systems von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, welches die unterschiedlichen physikalischen Phänomene modelliert und miteinander koppelt, sind geeignete numerische Verfahren zu entwickeln bzw. zu adaptieren und adäquat einzusetzen. Je nach Problemstellung kommen hierfür kommerzielle Software-Pakete, Open-Source-Programme oder selbst entwickelte In-house-Codes zum Einsatz. Die problemspezifisch

adaptierten Modelle und numerischen Verfahren des INP zeichnen sich durch hohe Effizienz, Stabilität und Genauigkeit aus. Verifikation, Validierung und Benchmarking von Modellen und Programmen werden fortlaufend eingesetzt, um die Qualität der entwickelten Modelle und Programme zu prüfen und zu wahren. Die Modellrechnungen und Plasmasimulationen werden auf eigenen Hochleistungsrechnern und High-Performance-Computing- (HPC-) Clustern durchgeführt, deren Verfügbarkeit die Behandlung komplexer, mehrdimensionaler Problemstellungen erst ermöglicht.

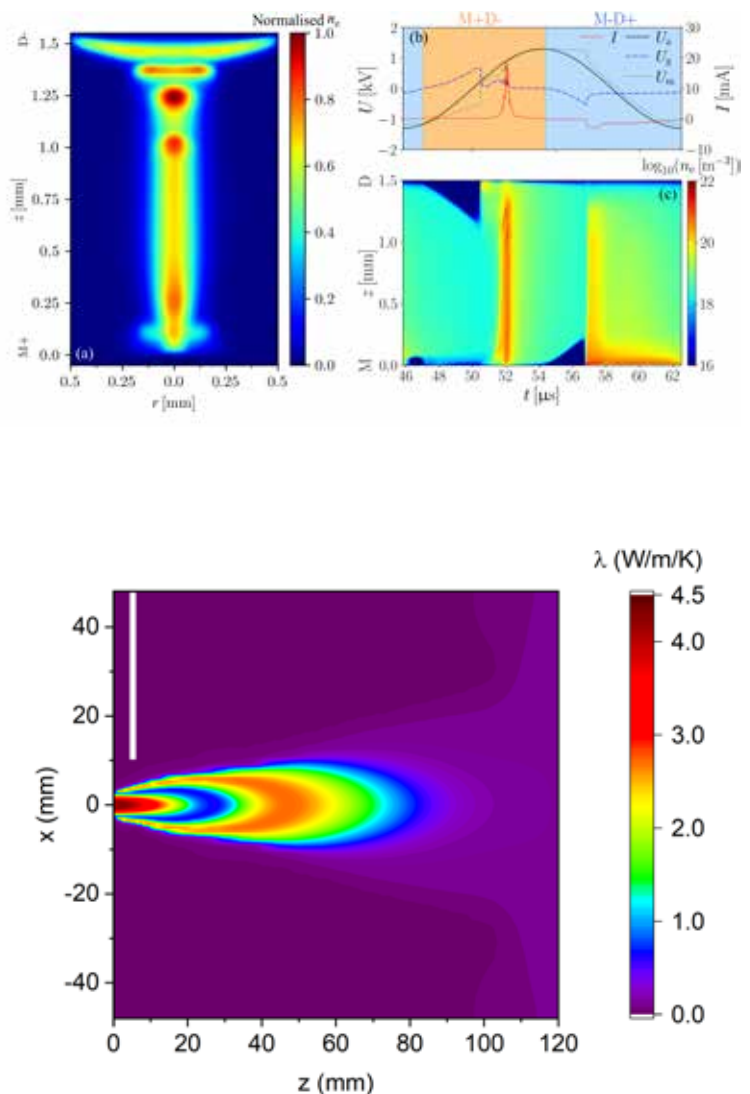


Abbildung 1: Ergebnisse zur Modellierung eines Plasmaspritzprozesses. Die Wärmeleitfähigkeit λ im Plasmastrahl beeinflusst die Aufheizung der injizierten Partikel und weist in Ar/H₂-Gasgemischen ein spezifisches Muster auf. Dies führt zu einer räumlich fluktuierenden Erwärmung der Teilchen. Die Ergebnisse sind in Zhu and Baeva et al., Plasma Chem. Plasma Process. 43 (2023) 1–24 publiziert.

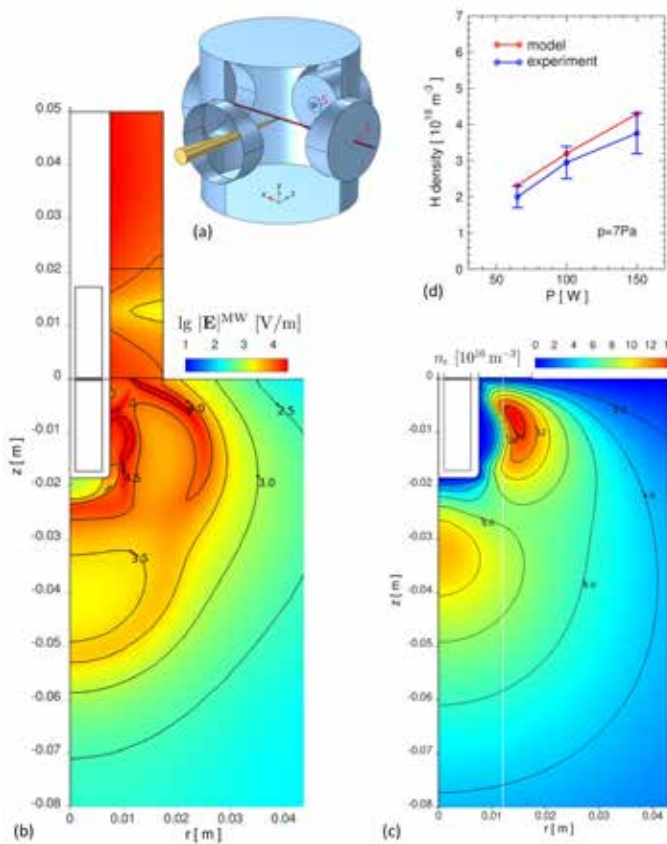


Abbildung 2: Ergebnisse zur Modellierung eines Niederdruck-Wasserstoff-Plasmas, das durch eine ECR-Quelle (a) erzeugt wurde bei einer Leistung von 100 W und einem Druck von 7 Pa. Die Strukturen im Mikrowellenfeld (b) und in der Elektronendichte (c) verdeutlichen die enge wechselseitige Kopplung von Mikrowellenausbreitung und Plasmaerzeugung. Die für das Zentrum des Reaktors (a) berechneten H-Atomdichten stimmen sehr gut mit den mittels LIF gemessenen Werten überein (d). Die Ergebnisse sind in Sigeneger et al., Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 105011 publiziert.

Die Untersuchungen richten sich an den aktuellen Themen der Forschungsschwerpunkte am INP aus und finden oft in enger Kopplung mit experimentellen Arbeiten sowie in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschungseinrichtungen und der Industrie statt. Im Bereich der thermischen Plasmen liegt der Fokus gegenwärtig auf Plasmabrennern und Spritzprozessen sowie Untersuchungen zu Funken- und Bogenentladungen. Während bei ersteren die Optimierung von Anwendungen im Vordergrund steht, werden auch fundamentale Untersuchungen durchgeführt, wie etwa zur Wechselwirkung des Plasmas mit den Elektroden. Untersuchungen zu anisothermen Plasmen richten sich vorrangig auf Barrierentladungen, magnetisierte Plasmen in Plasmaionenquellen (ECR-Quellen, ECR = Electron Cyc-

lotron Resonance) und transiente Funkenentladungen. Im Vordergrund stehen Studien zu Plasma-Oberflächenwechselwirkungen, zur Optimierung von plasmachemischen Prozessen und zur Stabilität von Entladungen. Hier finden u.a. grundlegende Modellentwicklungen für selbstkonsistente und räumlich mehrdimensionale Fluidbeschreibungen von anwendungsrelevanten Plasmaeffekten statt.

Die enge Kopplung von Simulationen und Experimenten, bis hin zu einer integrierten Datenanalyse, wird unterstützt durch ein strukturiertes Forschungsdatenmanagement auf Grundlage der FAIR-Datenprinzipien (FAIR = Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Dabei beschränken sich die Entwicklungen zum Forschungsdatenmanagement nicht auf die lokalen Bedarfe. Im Austausch mit der internationalen Community und angegliedert an den Aufbau der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) entwickelt das INP fachspezifische Lösungen für datengestützte Plasmaforschung, die international anerkannt und genutzt werden. Unter anderem betreibt das INP die interdisziplinäre Plasmatechnologie-Datenplattform INPTDAT (<https://www.inptdat.de/>) und die Metadateninitiative <https://www.plasma-mds.org/>, wodurch die Verbreitung, Archivierung und Nachnutzung von Daten und Informationen im Bereich der Niedertemperatur-Plasmaphysik und Plasmamedizin unterstützt wird. Diese Arbeiten zum Forschungsdatenmanagement unterstützen die Anwendung moderner datenwissenschaftlicher Methoden einschließlich automatisierter und KI-gestützter Datenanalyse. Weitere Arbeiten in diesem Bereich fokussieren sich auf die Nutzung von Methoden des maschinellen Lernens zur Beschleunigung von Plasmasimulationen und auf den Aufbau von Wissensgraphen, die fachrelevante Daten- und Informationsquellen weltweit vernetzen.

KONTAKT



Dr. Markus Becker
Tel.: +49 3834 / 554 3821
markus.becker
@inp-greifswald.de

Plasmaquellen

Durch die Entwicklung und Charakterisierung von Plasmaquellen und -systemen werden entscheidende technologische Grundlagen für die Arbeit des INP geschaffen. Die Querschnittsabteilung Plasmaquellen hält ein breites Spektrum an Fach- und Methodenkompetenz dafür vor. Die Kompetenzschwerpunkte liegen im technischen, ingenieurwissenschaftlichen und physikalischen Bereich. Geräte und Systeme werden in enger Abstimmung mit den Forschungsschwerpunkten zielgerichtet nach den Anforderungen der jeweiligen Anwendungen entwickelt. Eine Entwicklungs- und Anwendungsdokumentation sowie eine anwendungsangepasste, grundlegende Charakterisierung vervollständigen den Entwicklungsprozess. Ebenso erfolgen die Integration in Komplettsysteme und die Entwicklung peripherer Baugruppen wie Hochspannungsgeneratoren.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf Aktivitäten zur Entwicklung von Atmosphärendruckplasmasystemen. Ein modularer Aufbau der Geräte erleichtert bei Bedarf die Versionierung, die iterative Weiterentwicklung und die Integration in Komplettsysteme. Für die Entwicklung der Geräte verfügt das INP über spezielle Labore, in denen die Plasmaquellen entworfen, hergestellt und charakterisiert werden. Bauteile und Baugruppen können vor Ort direkt durch Rapid-Prototyping-Technologien wie 3D-Druck- und Laserschneidverfahren gefertigt werden. Dies ermöglicht eine direkte Implementierung neuartiger Plasmaquellenkonzepte in Geräte.



System zur gleichmäßigen Behandlung von Saatgut mit Atmosphärendruckplasma bei hohem Durchsatz.

Bis hin zu mittleren Technologie-Reifegraden (TRL, Technology Readiness Level), also bis zum Prototypstadium, arbeitet die Abteilung Plasmaquellen häufig hauptverantwortlich. Bei der Entwicklung wird auch mit Partnern aus der Industrie zusammengearbeitet und ein Technologietransfer wird realisiert.

Zum Aufgabenspektrum der Abteilung Plasmaquellen gehören die Konzeption und Konstruktion elektrischer und mechanischer Baugruppen. Elektrische und elektronische Schaltungen werden entworfen und funktional simuliert. Außerdem erfolgt die Implementierung von Schaltungen in Leiterplatten, die vor Ort selbst gefertigt werden. Mechanische Baugruppen werden in CAD-Workflows entwickelt und abhängig von den Anforderungen an Materialien und konstruktive Besonderheiten mit der jeweils optimalen Technologie gefertigt.

Modernste 3D-Druck- und Laserschnitt-Verfahren ergänzen hier klassische Verfahren, für deren Durchführung die Abteilung Plasmaquellen sehr eng mit der mechanischen Werkstatt des INP kooperiert. Unter anderem können Bauteile durch selektives Laserschmelzen aus unterschiedlichen Metallen additiv nach CAD-Modell gefertigt werden, wobei sogar Geometrien realisiert werden können, die mit klassischen Fertigungsmethoden nicht umsetzbar sind.

Die grundlegende Charakterisierung der entwickelten Plasmasysteme erfolgt durch elektrische, optische und spektroskopische Untersuchungen. In diesen Bereich fällt die FTIR-Spektroskopie zur Gasphasen- und Oberflächenanalytik, mit der plasmagenerierte reaktive Spezies nachgewiesen und der Einfluss von Plasmen auf die Oberflächen der eingesetzten Bauteile untersucht werden kann.

Neben der Entwicklung und Fertigung von Geräten und Systemen erfolgen in der Abteilung Plasmaquellen auch Prüfungen für das gesamte INP, Wartung und Reparatur von Geräten sowie die technische Betreuung unserer Partner. Die Einsatzzwecke der entwickelten, bereitgestellten und betreuten Geräte ist breit. Wichtige Beispiele dafür sind:

Agrarkultur

Für Forschungszwecke in der Agrarkultur werden Plasmaquellen zur Behandlung von Saatgut verwendet, beispielsweise zur Verbesserung der Keimfähigkeit. Neben einem

hohen Durchsatz bei niedrigen Betriebskosten müssen diese eine gleichmäßige Behandlung des Saatguts sicherstellen. Weiterhin werden Plasmasysteme zur Behandlung von Flüssigkeiten genutzt. Wasser kann dadurch mit desinfizierenden Komponenten, wie einer sauren Mischung aus Nitrit und Wasserstoffperoxid, angereichert werden, oder über eine Lösung von Nitrat sogar als Basis für leistungsfähige, nachhaltige Düngestrategien dienen. Die Ausgangsstoffe für sämtliche gelöste Komponenten bezieht der Plasmaprozess dabei aus der Umgebungsluft.

Medizinische Plasmaquellen

Wie alle Produkte, die in der Medizin eingesetzt werden, werden auch an die Entwicklung medizinischer Plasmaquellen erhöhte Anforderungen gestellt. Diesem Anspruch wird begegnet, 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. Verstärkt werden neben Tischgeräten mit Netzanschluss auch vollintegrierte, autarke Handheld-Lösungen entwickelt.

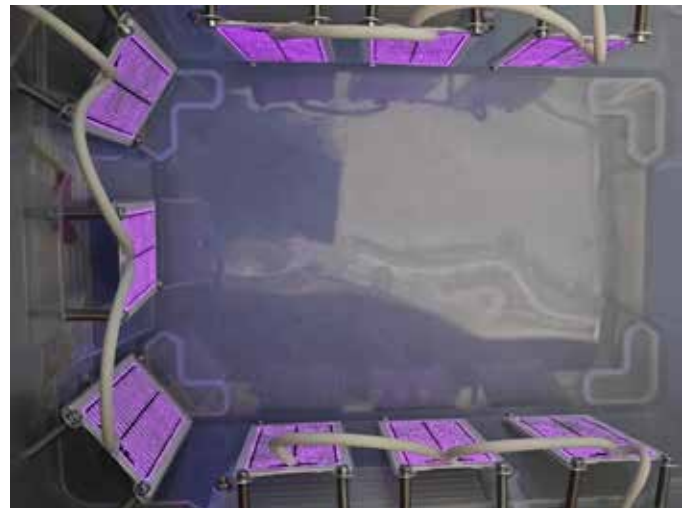
Dekontamination

Plasmaquellen zur Behandlung chemischer oder mikrobiologischer Kontaminationen werden als Baugruppen zur Integration in anwendungsspezifische Geräte und Systeme konzipiert. Diese werden in der Raumlufthygiene, der Abgasbehandlung oder für die Dekontamination von Oberflächen eingesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt sind Plasmaanordnungen zum Abbau von Kontaminationen in Wasser sowie Systeme zur schonenden Gewinnung von Inhaltsstoffen aus Biomasse.

Periphere Geräte und Systeme

Über klar definierte Schnittstellen kann eine Interaktion der Plasmaquellen mit anderen Modulen für Diagnose-, Steuerungs- und Regelungszwecke erfolgen. Um eine optimale Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Komponenten sicherzustellen, erfolgt bei der Entwicklung stets eine enge Abstimmung mit Projekt- und Forschungspartnern. Weiterhin werden zusätzlich zu den Plasmaquellen bedarfsweise auch periphere Geräte und Systeme selbst entwickelt.

Aufgrund der Vielzahl und Vielfalt der entwickelten und betreuten Systeme erfolgte in den Jahren 2022 und 2023 ein weiterer Ausbau des abteilungsinternen Datenmanagements. Zusätzlich zum bereits etablierten Plasmaquellenkatalog erfolgt eine Einbindung der entwickelten Systeme in das elektronische Laborbuch-System des INP, wodurch die Nutzung der Anlagen für die Generierung von Forschungsdaten, die den FAIR-Prinzipien genügen, nochmals einfacher geworden ist.



Experimentalaufbau zur Untersuchung von Plasmaanwendungen zur großflächigen Dekontamination der unteren Extremitäten von Patienten in Verbindung mit einer Vakuumtherapie.

KONTAKT



Dr. Robert Bansemer
Tel.: +49 3834 / 554 3976
robert.bansemer@
inp-greifswald.de

Plasma Life Science

Seit 2022 bildet die Gruppe Plasma Life Science eine von drei Querschnittsabteilungen. Neben der Gruppe Plasma-modellierung & Data Science und der Gruppe Plasmaquellen arbeitet auch die Gruppe Plasma Life Science mit verschiedenen Forschungsschwerpunkten zusammen und bringt ihre Expertisen und Methoden zur erfolgreichen Bearbeitung von Projekten dort ein.

Die Erforschung der Grundlagen, Wirkungen bis hin zu Anwendungsmöglichkeiten von kaltem Atmosphärendruckplasma im Life Science Bereich eröffnet vielfältige Arbeitsbereiche. So konnten Projekte vor allem im Forschungsschwerpunkt Landwirtschaft, Bioökonomie & Umwelt, aber auch im Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin und am Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) realisiert werden.

Die untersuchten Zielorganismen und -medien sind dementsprechend vielfältig und erstrecken sich von Bakterien über Mikroalgen und Zellen bis hin zu Geweben. Darüber hinaus konnten messtechnische Möglichkeiten geschaffen werden um Flüssigkeiten umfänglich zu analysieren.

Die antimikrobielle Wirkung von Plasma steht im Fokus für die Dekontamination und die Inaktivierung von Bakterien und Pilzen und findet Einsatz in verschiedenen Umgebungen wie Flüssigkeiten, Luft oder auf Oberflächen (biotische, abiotische). Besonders in der medizinischen Anwendung ist die Reduktion von Mikroorganismen bei der Behandlung von Wunden hervorzuheben.

Seit einiger Zeit werden Möglichkeiten der Plasmaanwendungen verstärkt für den Bereich Bioökonomie und Umwelt untersucht. Zur Bearbeitung dieser Themen ist die Gruppe Plasma Life Science gut aufgestellt. Dabei werden beispielsweise Möglichkeiten untersucht, Mikroalgen aufzuschließen, um deren bioaktive Komponenten zu gewinnen. Weiterhin werden plasmagestützte Verfahren erforscht, die den Abbau von Umweltchemikalien in Abwasser zum Ziel haben. Der Einsatz der Plasmatechnologie in Aquakultursystemen bei bestmöglicher Fischgesundheit ist ein weiteres Forschungsthema, welches mehrere Aspekte kombiniert.

Darüber hinaus werden klinische Plasmaanwendungen durch mikrobiologische und molekularbiologische Laboranalysen begleitet und neue Anwendungen unterstützt. Weiterhin werden neue Plasmaquellen mit standardisierten Tests hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit, Effektivität und Sicherheit getestet.

Folgende Expertisen stehen zur Verfügung:

Flüssigkeitsanalytik

Verschiedene Chromatographie-Systeme (IC = Ionen-Chromatographie, HPLC = Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie), mit denen Veränderungen der Ionenzusammensetzung (z. B. Nitrat, Nitrit) oder spezieller Substanzen wie Aminosäuren in plasmabehandelten Flüssigkeiten untersucht werden können. Die anwendungsnahe Analyse umfasst auch chemische Analysen aus beispielsweise Industrieabwässern und die Messung vom Gehalt organischer Verbindungen.

Proteinanalytik

Diverse Techniken zur quantitativen und qualitativen Analyse von Proteinen. Neben Standardmethoden des Proteinnachweises im Multiplattenformat (ELISA, photometrische Assays) stehen Western Blots mittels Membrantransfer sowie ein Hochdurchsatzkapillarsystem zur Verfügung. Mit gut etablierten Protokollen können Proben für die massenspektrometrischen Analysen (durch PRE) erzeugt werden.



Algenröhrensystem von der Algenfarm Klötze zur Kultivierung und Vermehrung von Mikroalgen unter saisonal unabhängigen, flächensparenden Bedingungen



Mit einem Gastwissenschaftler aus Norwegen wurden Experimente mit Lachs und plasmabehandeltem Wasser sowie plasmabehandeltem Wasser als Eis durchgeführt. Die Proben wurden mit Listerien beimpft und dienten als Testobjekte.

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 exzidierten 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.

Mikrobiologie

Durchführung aller gängigen mikrobiologischen Untersuchungen z. B. quantitative Lebendzellzahlbestimmung mittels Spiralplattensystem, Sicherheitswerkbänke zum sterilen Arbeiten, Spektralphotometer zur Bestimmung der optischen Dichte. Eine vorhandene Stammsammlung umfasst

eine Vielzahl an Bakterien (auch Risikogruppe L2), Hefen und Pilzen. Zu testende Plasmaquellen können in den Laboren aufgebaut und an die Gasversorgung des Hauses angeschlossen werden. Als Untersuchungsmedien dienen Flüssigkeiten, Umweltproben, Lebensmittel oder Oberflächen.

Mikroalgen

Die labortechnische Ausstattung und Expertise zur Anzucht mit anschließenden Aufschlussverfahren durch Plasmatechnologien stehen einsatzbereit zur Verfügung. Durch Kombination mit weiteren analytischen Methoden können bioaktive Bestandteile bestimmt werden.

Ausblick

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

KONTAKT



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



UNTER- STÜTZENDE ABTEILUNGEN



Organisation, Infrastruktur, Management und Unterstützung für die Wissenschaft

Moderne Forschungseinrichtungen verlangen nach einem professionellen Wissenschaftsmanagement, einer schlanken und effizienten Verwaltung und einer modernen, auf die Bedürfnisse einer Forschungseinrichtung zugeschnittenen Infrastruktur. Am INP wird das in den Organisationseinheiten Verwaltung und Infrastruktur, dem Stab und seit 2020 zusätzlich in spezialisierten Leitungsreferaten, die direkt der Leitung unterstellt sind, professionell gewährleistet.

Diese Organisationseinheiten verstehen sich als Service-Einheiten für die Forschenden und haben somit einen wichtigen Anteil am Erfolg des Institutes.

Verwaltung und Infrastruktur

Als wesentliche Ergänzung und zur organisatorischen Unterstützung der Fachabteilungen und -gruppen gibt es am INP die Abteilung „Verwaltung/Infrastruktur“. Sie organisiert den reibungslosen Betriebsablauf und umfasst die vier Sachgebiete „Personal“ (inkl. Reisekostenmanagement), „Finanzen“ (mit Beschaffung, Buchhaltung, Anlagen- und Drittmittelverwaltung), „Infrastruktur“ (mit Facility Management und mechanischer Werkstatt) und „IT“.

Für die Datenverarbeitung unterhält das INP ein Datennetz, baut es beständig aus und pflegt die Anbindung des INP-Netzes an externe Netze. Die Bereitstellung einer modernen, leistungsfähigen und vor allem sicheren IT-Infrastruktur ist für ein Forschungsinstitut wie das INP essenziell. Die weitere Digitalisierung von Verwaltungsabläufen wird in den kommenden Jahren einen noch wichtigeren Stellenwert einnehmen.

Die Komplexität hat der geltenden Rechtsvorschriften in den Bereichen Vergaberecht, Beschaffung, Finanzbuchhaltung, Steuern, rechnerischer Abschluss der kaufmännischen Geschäftsjahre und Drittmittelverwaltung, die ein modernes Forschungsinstitut umsetzen muss, in den letzten Jahren stetig zugenommen. Daher ist eine wichtige Aufgabe der Verwaltung speziell des Sachgebietes „Finanzen“, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Umsetzung der administrativen Aufgabenstellungen adäquat zu unterstützen und Hilfestellungen zu geben, damit diese sich auf ihre Forschungsaufgaben konzentrieren können.

	2022	2023
Anzahl laufender Projekte	137	137
Drittmittelvolumen	17,66 Mio. €	10,97 Mio. €
Anzahl Vergabeverfahren	90	53
Anzahl Bestellungen	2.500	2.300
Anzahl Vorgänge Finanzbuchhaltung	4.702	4.533

Das Sachgebiet „Infrastruktur“ betreut die Gebäudetechnik, die Anlagen und das Gebäude des Institutes sowie alle Baumaßnahmen für die technische Ausstattung und die reibungslose Einbindung der neuen Arbeitsflächen im Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie, welches 2023 in Betrieb gegangen ist. Außerdem gehört zum Sachgebiet „Infrastruktur“ die mechanische Werkstatt des Institutes, in der Werkstücke für die wissenschaftlichen Experimente gefertigt werden.

Das Team des Sachgebietes „Personal“ ist für alle administrativen Aufgaben zuständig, die unsere Mitarbeitenden betreffen. Neben der Koordinierung von Stellenausschreibungen, Arbeitsverträgen, Lohnbuchhaltung, Unterstützung beim On- und Offboarding neuer Kolleginnen und Kollegen haben die Kolleginnen auch die Gesundheit der Belegschaft im Blick und organisieren die verpflichtenden und zusätzlichen betrieblichen Vorsorgeuntersuchungen sowie weitere zusätzliche Gesundheitsangebote.

Wissenschaftsmanagement Stab und Referate der Leitung

Etwa die Hälfte des Gesamtbudgets des INP sind kompetitiv eingeworbene Drittmittel von Bundes- und Landesministerien, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Europäischen Union und der Industrie. Die Organisationseinheit „Stab“ berät den Vorstand, die Forschungsbereichsleitungen und die Forschungsschwerpunktleitungen in forschungsstrategischen und forschungspolitischen Angelegenheiten. Sie hat die Aufgabe, die Forschenden des INP bei der Einwerbung von Drittmitteln zu beraten und zu unterstützen. Dabei informiert sie über neue Förderrichtlinien und ist für die Erstellung von Anträgen mitverantwortlich. Sie agiert dabei aus Sicht der Fördermittelgeber und leistet so einen Beitrag zur Erhöhung der Qualität der Projektanträge. Darüber hinaus unterstützt der Stab den Technologie- und Wissenstransfer sowie das Prozessmanagement und verantwortet eigene Projekte. Der Stab unterstützt das Haus außerdem bei der Umsetzung von Großprojekten durch den Einsatz von Projektkoordinatoren/innen.

Seit 2020 sind in zentral unterstützenden Leitungsreferaten verschiedene übergeordnete Spezialaufgaben angesiedelt. Im Einzelnen sind das das Referat „Kommunikation“ mit den Aufgaben der Öffentlichkeitsarbeit, der internen Kommunikation und des Veranstaltungsmanagements, das Referat „Recht und Patente“ verantwortlich für juristische Fragestellungen und Patentangelegenheiten und das Referat „Sonderaufgaben“, in dem z. B. die Geschäftsführungen von Großprojekten angesiedelt sind.

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 mehrten. Die Ergebnisse dieser Projekte veröffentlicht das Institut kontinuierlich in referierten Fachzeitschriften, auf nationalen und internationalen Konferenzen und Messen 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 Unternehmen direkt von den neuesten Erkenntnissen der Forschungsarbeiten am INP zu profitieren.

Zum eigenen Technologietransfer unterstützt das INP instituteigene Ausgründungen nach dem Motto „Vom Prototyp zum Produkt“. Wissen, das wirtschaftlich verwertbar ist und zunächst nicht als singuläre Kundenlösung angeboten werden soll, kann so in einer neuen Ausgründung bis zur Marktreife entwickelt werden: „Vom Prototyp zum Markt“. In den vergangenen Jahren folgten nach diesem Prinzip die folgenden Ausgründungen:

neoplas GmbH (2005)
neoplas control GmbH (2006)
neoplas med GmbH (2009)
COLDPLASMATEC GmbH (2015) und
Nebula Biocides GmbH (2019).

Zwei weitere Ausgründungen sind in Vorbereitung und sollen in 2024 ihren Betrieb aufnehmen.



APPLIKATIONS- LABORE



Applikationslabore am INP

Das INP verfügt über vielfältige Diagnostik-Methoden zur Analyse von Plasmaprozessen und Plasmaquellen mit einem speziellen Fokus für Anwendungen und für Anwender. Hier erhalten Sie einen Überblick über unsere Applikationslabore:



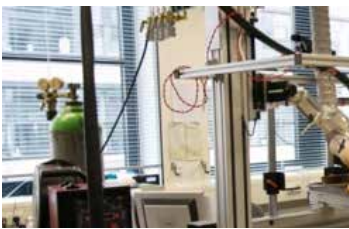
Labor für Oberflächendiagnostik

Das Labor verfügt über modernste technische Ausstattung für die Analyse der Eigenschaften von Materialien und der Wechselwirkung dieser Materialien mit ihrer Umgebung. Außerdem werden hier neuartige Materialoberflächen mittels Plasmatechnologie hergestellt, die spezielle Funktionen aufweisen.



Lichtbogenlabor

Mit spezifischen Versuchsanordnungen und der einzigartigen Ankopplung spezifischer Diagnostiken können Aussagen zur Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Schaltgeräten in der Nieder-, Mittel- oder Hochspannungstechnik getroffen werden.



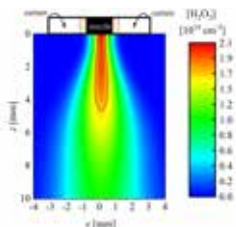
Schweißlichtbogenlabor

Im Labor werden praxisnah Schweißprozesse nachgebildet, um mit modernster Messgeräteausstattung Untersuchungen zur Prozesssicherheit, Stabilität und Effizienz beim Lichtbogenschweißen durchzuführen.



Hochstrom-/ Hochspannungslabor

Im Fokus steht die Entwicklung von Methoden und Verfahren, die die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von elektrotechnischen Betriebsmitteln erhöht unter besonderer Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz.



Plasmadiagnostisches Labor

Der Schwerpunkt dieses Labors liegt auf unterschiedlichen Diagnostiken speziell für die Charakterisierung von Atmosphärendruckplasmen. Beispielsweise werden hier wichtige Kenngrößen wie die Elektronendichte oder die atomaren und molekularen Teilchendichten in unterschiedlichen Quellen quantifiziert.



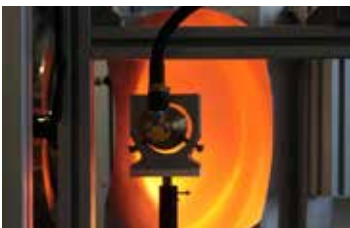
Mikrobiologisches Labor

Das mikrobiologische Labor ist ein Labor der Sicherheitsstufe 2 nach § 44 Infektionsschutzgesetz (IfSG), das Tätigkeiten mit Krankheitserregern gemäß § 49 IfSG und § 13 Biostoffverordnung erlaubt. Darüber hinaus ist das Labor über Kooperationen mit akkreditierten und zertifizierten Prüflaboren im Bereich der Hygiene sehr gut vernetzt und kann so auf vielfältige Expertisen zurückgreifen.



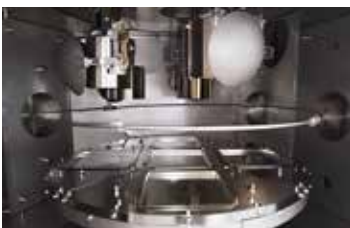
Labor für Plasmadekontamination

In diesem Labor werden Plasmaquellen und Plasmaverfahren zur Desinfektion und Sterilisation von biorelevanten Materialien und Medizinprodukten entwickelt. Besonders die Hygienisierung von Lebensmittelprodukten steht hier im Fokus. Neben verschiedenen plasmadiagnostischen Methoden (OES, LIF, MW-Interferometrie) stehen zur Untersuchung und Optimierung der Anlagen hausinterne mikrobiologische Labore zur Verfügung.



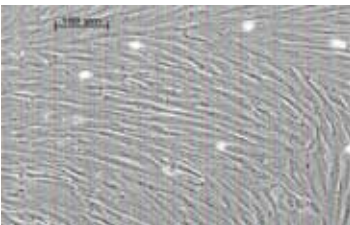
Labor für Hochfrequenztechnik

Das Labor konzentriert sich auf die 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.



Labor für Materialcharakterisierung

In diesem Labor ist eine umfassende Auswahl an analytischen Techniken zur Präparation und Untersuchung von Materialien zu finden. Elektrochemische Methoden stehen ebenfalls zur Verfügung. Eine Erweiterung im Portfolio stellen Aufbauten zur Ermittlung der Gaspermeation (Wasserstoff, Sauerstoff) in Materialien dar.



Applikationslabor für Life Science

Hier steht eine umfassende Ausstattung mit modernen analytischen und molekularen Technologien bereit. Der Einfluss des Plasmas auf biologische Systeme kann auf Ebenen unterschiedlicher Komplexität untersucht werden, beginnend von Organismen, Gewebeprobe oder 3D Zellkulturen (Spheroide), Zellen bis hin zu subzellulären Molekülen.



Syntheselabor für grüne Ammoniak-Materialien

Expertisen bzgl. Dünnschicht- und Nanomaterialsynthese mittels plasmabasierter Vakuumprozesse zur Materialsynthese sind in diesem Labor konzentriert. In Kombination mit hauseigener ingenieurtechnischer Kompetenz werden hier Wege zu neuartigem Material- und Schichtdesign für nachhaltige Ammoniaktechnologien und Energieanwendungen, Korrosionsschutz sowie Barrierebeschichtungen geebnet.

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 Partnerinnen und 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

Am INP verstehen wir, dass erstklassige Forschungsergebnisse nur durch das Engagement und die Motivation unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erreicht werden können. Deshalb ist es unser Ziel, sowohl ihre berufliche als auch ihre persönliche Entwicklung bestmöglich zu fördern und eine Balance zwischen Berufs- und Privatleben aktiv zu unterstützen. Die Gleichstellung von Frauen und Männern spielt hierbei eine zentrale Rolle und ist fest in unserer Institutsphilosophie sowie in den Satzungen und Leitlinien verankert. In den letzten zwei Jahren haben wir den Frauenanteil stabil bei rund 40% halten können. Über Quoten und Gesetze hinaus schaffen wir am INP familienfreundliche Arbeitsbedingungen. Flexible Arbeitszeiten, Optionen für mobiles Arbeiten und ein Eltern-Kind-Zimmer für Notfallsituationen sind nur einige Beispiele unserer Maßnahmen.

Unser Einsatz für Chancengleichheit und Diskriminierungsfreiheit auf allen Ebenen wird durch individuell angepasste Personalentwicklungsprogramme ergänzt, die regelmäßig in Gesprächen mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aktualisiert werden. Das INP wurde für sein Engagement bereits mehrfach ausgezeichnet, wie z. B. mit dem „HR Excellence in Research Award“ der Europäischen Kommission. Dies unterstreicht unseren Einsatz, optimale Arbeitsbedingungen für herausragende Forschungsarbeit zu bieten. Im Jahre 2023 haben wir erfolgreich die interne Evaluation für

den „HR Excellence in Research Award“ bestanden, was die Fortsetzung unserer Zertifizierung bestätigt. Besonderes Augenmerk legen wir auf die Bedürfnisse unserer jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Post-Docs, die eine Schlüsselrolle in unserem erneuerten Personalentwicklungskonzept spielen.

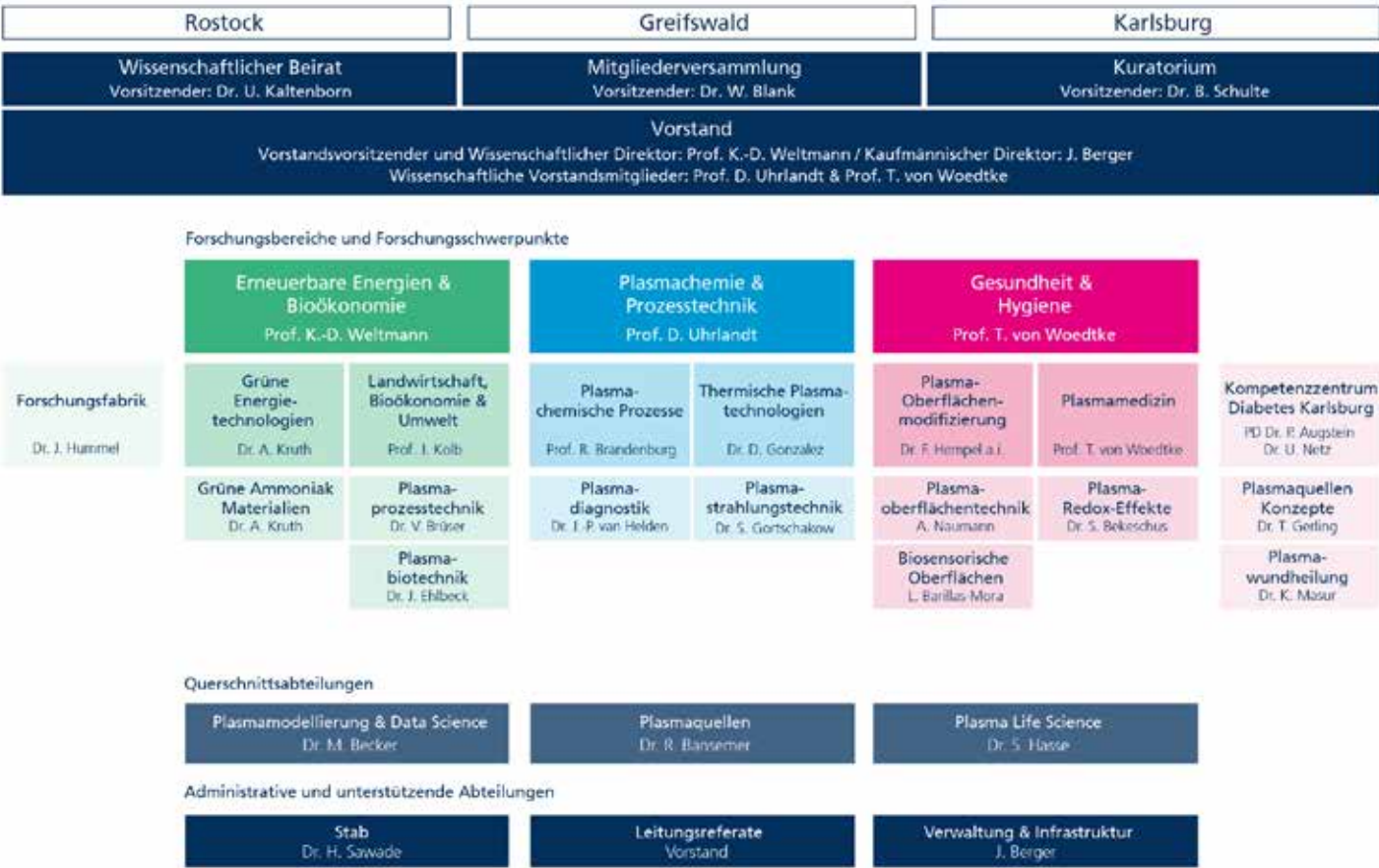
Darüber hinaus wurde das INP zum vierten Mal mit dem TOTAL E-QUALITY Prädikat ausgezeichnet und hat erfolgreich die Bemühungen um Geschlechtergerechtigkeit und Diversität intensiviert. Die Internationalisierung und das Engagement für Vielfalt stehen dabei im Vordergrund unserer Strategie. Die Ernennung einer Diversitätsbeauftragten und die Überarbeitung der Internationalisierungsstrategie sind aktuelle Schwerpunkte.

Unsere langjährige Gleichstellungsbeauftragte wurde 2022 in ihrem Amt bestätigt. Sie verfügt über ein eigenes Budget, um gezielt Schwerpunkte zu setzen, organisiert Workshops und bietet Beratung an, um die Vereinbarkeit von Familie und Beruf zu erleichtern.

Diese Maßnahmen sind fester Bestandteil unserer Institutsstrategie und tragen maßgeblich dazu bei, eine inklusive und produktive wissenschaftliche Gemeinschaft zu schaffen.



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



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 (2023)

- Dr. Björn Schulte**
Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Woldemar Venohr**
Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Kultur, Bundes- und Europaangelegenheiten
Mecklenburg-Vorpommern
- Prof. Dr. Elisabeth Prommer**
Universität Rostock
- Prof. Dr. med. Wolfgang Motz**
Klinikum Karlsburg
- Dr. Christiane Gebhardt**
Schweiz
- Prof. Dr. Albert Sickmann**
Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e.V.

Wissenschaftlicher Beirat

Der Wissenschaftliche Beirat ist das Beratungsgremium des INP. Die Mitglieder sind auf dem Forschungsgebiet des Instituts tätig, international angesehene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern 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 2023)

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

Prof. Dr. rer. nat. Martina Meinke
Charité – Universitätsmedizin Berlin

Prof. Dr. Luc Stafford
Chaire de recherche du Canada en physique des plasmas
hautement réactifs (PPHARE), Montréal

Dr. Volker Goeke
Linde GmbH, Pullach

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. Eric Robert
GREMI, Orleans

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 2023)

Dr. Wolfgang Blank (Chair)
WITENO GmbH

Dr. Bjoern Schulte
Bundesministerium für Bildung und Forschung

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

Prof. Dr. Dagmar Braun
Braun Beteiligungs GmbH, Greifswald

Prof. Dr. André Melzer
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 2022 ein Volumen von 28,4 Mio. € und 22,6 Mio. € im Berichtsjahr 2023. Der Personalaufwand betrug sowohl in 2022 als auch in 2023 13,1 Mio. €, der Sachaufwand 6,9 Mio. € (2022) und 7,3 Mio. € (2023). Insgesamt wurden in 2022 7,6 Mio. € und in 2023 2,5 Mio. € in die Ausstattung des INP investiert.

Personal:

Am INP sind mit Stand vom Januar 2023 insgesamt 202 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon 123 im wissenschaftlichen und technischen Bereich und 79 im wissenschaftsunterstützenden Bereich. Der Frauenanteil beträgt 38,5 Prozent.



Mitarbeitende (2023)

202 Beschäftigte (Januar 2023)



Umsatz in € (2023)



Wissenschaftliche Artikel (2023)



Mitgliedschaften des INP

- 3D-Druck-Netzwerk
- BamS
- Bundesverband mittelständischer Wirtschaft
- CLEANTECH Initiative Ostdeutschland
- CCC-MV
- DECHEMA
- DekubiTel
- Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V. (DGPT)
- Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG)
- enviMV - Clean Technologie & Innovation aus Mecklenburg Vorpommern
- Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)
- FoodSystems
- Forschungsvereinigung Schweißen (DVS)
- Forum medTech Pharma
- German Water Partnership
- Greifswald University Club (GUC)
- Informationsdienst Wissenschaft (IdW)
- Initiative Chronische Wunden e.V.
- Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers
- Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V. (INPLAS)
- Leibniz Forschungsverbund Gesundheitstechnologien
- Leibniz-Netzwerk für Immunvermittelte Erkrankungen
- Nationales Zentrum für Plasmamedizin e.V.
- Netphasol
- Plasma for Food
- Plasma Germany
- ProAnimalLife (PromoTool)
- Surface for Food
- VDE Verband der Elektronik

- Agroscope, Zürich
- AJ Drexel Plasma Institute, Philadelphia
- Brno University of Technology, Czech Republic, Brno
- C3 e.V., Dresden
- Central European Institute of Technology (CEITEC), Brno
- CentraleSupélec, University Paris-Saclay, Paris
- Centre for Mathematical Plasma-Astrophysics, Leuven
- Centrum Wiskunde & Informatica, Amsterdam
- Charité Berlin, Berlin
- Chemnitz University of Technology, Chemnitz
- Chongqing University, China, Chongqing
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
- College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha
- Comenius University in Bratislava, Slovakia, Bratislava
- Costa Rica institute of Technology, Cartago
- CSIRO Manufacturing, Lindfield
- Cytocentrics Bioscience GmbH, Köln
- Deutsche Zentralbibliothek für Wirtschaftswissenschaften (ZBW), Kiel
- DIL Deutsches Institut für Lebensmitteltechnologie e.V., Quakenbrück
- DLR - German Aerospace Center, Köln
- DLR-Institute of Networked Energy Systems, Oldenburg
- DST Diagnostische Systeme & Technologien GmbH, Schwerin
- Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER), Eindhoven
- EFDS - European Society of Thin Films, Dresden
- Eindhoven University of Technology TU/e, Eindhoven
- Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Plasma & Coating Group, St.Gallen
- Euroimmun Medizinische Labordiagnostika AG, Lübeck
- Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (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 Environmental Safty and Energy Tchnology UMSICHT, Oberhausen
- 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-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Hermsdorf
- Fraunhofer-Research Institution for Large Structures in Production Engineering IGP, Rostock
- Fraunhofer Institut für keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden
- Friedrich Löffler Institut, Greifswald - Insel Riems
- Fudan University, China, Shanghai Shi
- Groupe des Couches Minces (GCM) and Department of Engineering Physics, Polytechnique Montreal, Montreal
- Helmholtz-Zentrum Rossendorf, Dresden

- Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen
Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum , Bad Oeynhausen
- Hochschule Bremen
- Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst HAWK, Hildesheim/Holzminden/Göttingen
- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW)
- Hochschule Neubrandenburg
- Hochschule Stralsund
- Holon Institute of Technology, Israel, Holon
- IHK Neubrandenburg, Neubrandenburg
- INM – Leibniz Institute for New Materials, Saarbrücken
- Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V., Hohen Luckow
- Innovent e.V., Jena
- INPLAS - Network of Competence Industrial Plasma Surface Technology, Braunschweig
- Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V. Rosenhof, Bad Heiligenstadt
- Institut für Energietechnik, Energieverfahrenstechnik und Umwandlungstechniken regenerativer Energien (EVUR), Berlin
- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, TU Berlin
- Institut national de la recherche agronomique (INRA), Paris
- Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Centre for Physics, Budapest, Hungary
- Institute of High Current Electronics, Tomsk
- Institute of Plasma Physics of the Czech Academy of Science, Czech Republic, Praha
- Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), Granada
- Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Lisboa
- Instituto Superior Técnico, Lisboa
- International Sakharov Environmental University, Belarus, Russia, Minsk
- Justus-Liebig Universität, Gießen
- Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe
- Kaunas University of Technology, Lithuania, Kaunas
- Klinikum Karlsburg
- KTH Royal Institute of Technology Stockholm, Stockholm
- Kwangwoon University; Seoul, South-Korea
- Laboratory on plasma and conversion of energy, Toulouse, France
- Leibniz Institut für Analytische Wissenschaften ISAS e.V., Dortmund
- Leibniz Institut für Astronomie (AIP), Potsdam
- Leibniz Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V. (IFW)
- Leibniz Institut für Informationsinfrastruktur (FIZ), Karlsruhe
- Leibniz Institut für Oberflächenmodifizierung e.V. (IOM), Leipzig
- Leibniz Institute for Baltic Sea Research (IOW), Rostock
- Leibniz Institute for Catalysis (LIKAT), Rostock
- Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Dummerstorf
- Leibniz Institute of Photonic Technology (IPHT), Jena
- Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam
- Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik e.V. (IAP), Kühlungsborn
- Leibniz-Institut für Experimentelle Virologie, Hamburg
- Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien (IWT), Bremen
- Maritime University of Szczecin, Poland

- Masaryk University, Brno, Czech Republic
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- Medical School of Panepistimio Thessalias, Larissa, Greece
- Menlo Systems GmbH, Martinsried
- Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus MV, Schwerin
- Nagoya University, Japan, Nagoya
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Bucharest, Romania
- National Institute of Standards & Technology (NIST), Gaithersburg, MD, USA
- National Technical University of Athens
- neoplas GmbH, Greifswald
- Neoplas med, Greifswald
- Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
- North Carolina State University, Raleigh
- Old Dominion University Norfolk, Virginia
- Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI), Berlin
- PBRC, Kwangwoon University, Seoul, Korea
- Peking University, China
- Plasma Advanced Research Center, University Iasi, Romania
- PlasmaMedic LTD, Israel, Givatayim
- Politecnico di Milano, Italy
- Preparatory Institute of Engineering Studies of Monastir
- PTB Braunschweig, Braunschweig
- Queensland University of Technology, Brisbane, Australia
- Research Center Borstel - Leibniz Lung Center, Sülfeld
- Riga Technical University, Latvia, Riga
- Rübiger GmbH & Co KG, Wels, Austria
- Ruhr-Universität Bochum
- RWTH Aachen University
- Saarland University, Saarbrücken
- São Paulo State University (UNESP), Sao Paulo
- Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Rostock (SLV)
- Sirona Dental Systems GmbH Bensheim
- Stadtwerke Netzgesellschaft mbH, Rostock
- Strahlenklinik des Universitätsklinikums Erlangen
- Szewalski Institute of Fluid Flow Machinery, Gdansk, Poland
- Taras Shevchenko National University of Kyiv
- Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark
- Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Technische Universität Berlin
- Technische Universität Braunschweig
- Technische Universität Dresden
- Technische Universität Hamburg, Institut für Chemische Reaktionstechnik, Hamburg
- Technische Universität Ilmenau
- Technological University Dublin, College of Sciences and Health, School of Food Science and Environmental Health, Dublin
- TH Brandenburg, Brandenburg an der Havel
- The hydrogen and fuel cell center ZBT GmbH, Duisburg
- TIB – Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek, Hannover
- Tomsk Polytechnic University, Tomsk
- Tsinghua University, Beijing Shi
- Umeå University, Umeå, Sweden

- Universidade de Lisboa
- Universidade Estadual de Londrina, Brasilien
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, Sao Paulo, Brazil
- Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, Italy
- Universität Rostock, Universitätsmedizin
- Universität Wien
- Universität zu Lübeck
- Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg
- Universitätsmedizin Essen
- Université d'Orléans, France
- Université de Lorraine, Nancy, France
- Université de Pau, France
- Université PARIS-SUD, Orsay
- University of Antwerp, Antwerp
- University of Applied Sciences and Arts, Göttingen
- University of Applied Sciences, Technology, Business and Design, Wismar
- University of Belgrade, Serbia, Belgrade
- University of Birmingham, UK
- University of Buenos Aires, Argentina
- University of Cambridge, UK
- University of Greifswald
- University of Greifswald, University Medicine
- University of Madeira, Funchal
- University of Malta, Msida
- University of Maryland (UMD), College Park, MD, USA
- University of Medicine and Pharmacy Lasi, Lasi
- University of Minnesota, Minneapolis, USA
- University of Monastir, National School of Engineering of Monastir
- University of Oxford, UK
- University of Pavia
- University of Purdue, West Lafayette, Indiana
- University of Reading, UK
- University of Rennes, France
- University of Rostock
- University of Sheffield
- University of Tartu, Estonia
- University of the Basque Country, Bilbao
- University of York
- University Sorbonne Paris, Villetaneuse, France
- Uppsala University, Sweden
- VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo
- Wageningen University
- West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland
- Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Polen
- Xi'an Jiaotong University, Xi'an
- ZAL Center of Applied Aeronautical Research, Hamburg
- Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie GmbH, Neubrandenburg



MONOGRAPHIEN 2022

Gerling, T.; Bansemer, R.; Timmermann, E.; Weltmann, K.-D.: **Basic Principles and Future Developments in Cold Plasma Therapy**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 257-280

Baeva, M.; Becker, M. M.: **Direct current microarcs at atmospheric pressure**, DOI: 10.1088/978-0-7503-3559-1ch14 Plasma Modeling (Second edition): Methods and Applications. Bristol: IOP Publishing (2022) ISBN: 978-0-7503-3557-7, 14-1 to 14-21

Bekeschus, S.; v. Woedtke, T.; Schmidt, A.: **How Does Cold Plasma Work in Medicine?** Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 63-86

Emmert, S.; Bernhardt, T.; Schäfer, M.; Semmler, M. L.; Bekeschus, S.; Masur, K.; Gerling, T.; Wahl, P.; Fischer, T.; Boeckmann, L.: **Cold Plasma Treatment for Chronic Wounds** Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 141-160

Emmert, S.; Boeckmann, L.; Fischer, T.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Kirschner, S.; Kirschner, A.; Metelmann, H.-R.: **Who Belongs to a Good Cold Plasma Practice Team?**,

Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 391-397

Emmert, S.; Boeckmann, L.; Fischer, T.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Metelmann, H.-R.: **What Are the Requirements of a Cold Plasma Medicine Clinic**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 413-421

Hilker, L.; v. Woedtke, T.; Masur, K.; Weltmann, K.-D.; Wolpert, H.-G.; Kaminski, A.: **Cold Plasma Treatment for an Artificial Fistula at Risk**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 213-228

Kramer, A.; Franke, S.; Barth, F.: **Bleuchtung und Ambiente**, Krankenhaus- und Praxishygiene. Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen. München, Urban & Fischer (2022) ISBN: 978-3-437-22313-6, 661-665

Loffhagen, D.: **Multiterm and non-local electron Boltzmann equation**, DOI: 10.1088/978-0-7503-3559-1ch3 Plasma Modeling (Second edition): Methods and Applications. Bristol: IOP Publishing (2022) ISBN: 978-0-7503-3557-7, 3-1 to 3-28

Metelmann, H.-R.; Böttger, K.; v. Woedtke, T.: **Cold Plasma Treatment and Aesthetic Medicine**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 229-243

Metelmann, H.-R.; Hammes, S.; Hartwig, K.; Seebauer, C.; Rana, A.; Choi, E. H.; Hori, M.; Tanaka, H.; Wladimirova, O.; Thom, V. T.; Miller, V.; Kirsch **How to Assure Good Clinical Practice in Plasma Therapy?**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 399-411

Metelmann, H.-R.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Emmert, S.; Metelmann, I.; Bekeschus, S.; Masur, K.; Borchardt, T.; Stapelmann, K.; Behnke, N.; Frö **From Leap Innovation to Integrated Medical Care**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 3-33

Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **How Safe is Plasma Treatment in Clinical Applications?**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 99-126

Seebauer, C.; Metelmann, H.-R.; v. Woedtke, T.; Böttger, K.; Tschersche-mondry, R.; Schade, B.; Bekeschus, S.: **Cold Plasma Palliative Treatment of Cancer**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 187-197

Sigeneger, F.: **Multiscale phenomena in a self-organized plasma jet**, DOI: 10.1088/978-0-7503-3559-1ch15 Plasma Modeling (Second edition): Methods and Applications. Bristol: IOP Publishing (2022) ISBN: 978-0-7503-3557-7, 15-1 to 15-23

v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Emmert, S.; Metelmann, H.-R.: **Landmarks to Differentiate Between Reliable and Questionable Devices for Application in Plasma Medicine**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6, 87-98

Wende, K.; Brandenburg, R.: **Cold Physical Plasma: A Short Introduction**, Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856, 37-62

MONOGRAPHIEN 2023

Brust, H.; Wannicke, N.; Park, G.: **Agriculture and Food Processing Applications**, DOI:10.1007/978-981-19-7935-4_6, Plasma Biosciences and Medicine. Topics in Applied Physics. Singapore, Springer Nature (2023) ISBN: 978-981-19-7937-8, 111

Choi, J.; Hong, Y. J.; Lim, J.; Masur, K.; Choi, E. H.: **Safety Aspects and Standardization**, DOI:10.1007/978-981-19-7935-4_9, Plasma Biosciences and Medicine. Singapore, Springer Nature (2023) ISBN: 978-981-19-7934-7, 271-279

Masur, K.: **Cold Plasma Based Wound Healing Application**, DOI:10.1007/978-981-19-7935-4_5, Plasma Biosciences and Medicine. Singapore, Springer Nature (2023) ISBN: 978-981-19-7934-7, 93-109

Seebauer, C.; Metelmann, H.; Bekeschus, S.: **Oral Cavity Carcinomas: The Potential of Prevention and Treatment Using Cold Physical Plasma Therapy**, DOI:10.1007/16833_2022_117, Interdisciplinary Cancer Research. Cham, Springer (2023) ISSN: 2731-456, 1-12

Timmermann, E.; Bansemer, R.: **Abgasbehandlung von Laserschneidern**, Lasercutting. München, Hanser (2023) ISBN: 978-3-446-47345-4, 47-54

Zocher, K.; Kolb, J. F.: **Treatment of microalgae for the extraction of valuable compounds by submerged high-voltage electrical discharges**, Processing of Food Products and Wastes with High Voltage Electrical Discharges, DOI:10.1016/B978-0-323-95403-7.00008-8. London, Elsevier Inc. (2023) ISBN: 978-0-323-95403-7, 223-246

Herausgeberschaft:

Metelmann, H.-R.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Emmert, S.: **Textbook of Good Clinical Practice in Cold Plasma Therapy**. Cham, Springer (2022) ISBN: 978-3-030-87856-6

PAPER 2022

Abdirahman Mohamed, M.; Arnold, S.; Janka, O.; Quade, A.; Presser, V.; Kickelbick, G.: **Self-Activation of Inorganic-Organic Hybrids Derived through Continuous Synthesis of Polyoxomolybdate and para-Phenylenediamine Enables Very High Lithium-Ion Storage Capacity**, ChemSusChem 16 (2022) e202202213. DOI:10.1002/cssc.202202213

Adamovich, I.; Agarwal, S.; Ahedo, E.; et al.: **The 2022 Plasma Roadmap: low temperature plasma science and technology**, J. Phys. D: Appl. Phys. 55 (2022) 373001. DOI:10.1088/1361-6463/ac5e1c

Ahmadi, M.; Bekeschus, S.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **Non-steroidal anti-inflammatory drugs: recent advances in the use of synthetic COX-2 inhibitors**, RSC Med. Chem. 13 (2022) 471-496. DOI:10.1039/D1MD00280E

Ahmadi, M.; Nasri, Z.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **d-Glucose Oxidation by Cold Atmospheric Plasma-Induced Reactive Species**, ACS Omega 7 (2022) 31983-31998. DOI:10.1021/acsomega.2c02965

Ahmadi, M.; Potlitz, F.; Link, A.; von Woedtke, T.; Nasri, Z.; Wende, K.: **Flucytosine-based prodrug activation by cold physical plasma**, Arch. Pharm. 355 (2022) 2200061. DOI:10.1002/ardp.202200061

Baeva, M.; Benilov, M. S.; Zhu, T.; Testrich, H.; Kewitz, T.; Foest, R.: **Modelling and experimental evidence of the cathode erosion in a plasma spray torch**, J. Phys. D: Appl. Phys. 55 (2022) 365202. DOI:10.1088/1361-6463/ac791c

Bansemer, R.; Weltmann, K.-D.: **A resonator-based dual-frequency driven atmospheric pressure plasma jet**, Plasma Res. Express 4 (2022) 025002. DOI:10.1088/2516-1067/ac6fc0

Bekeschus, S.: **Immunostimulation in experimental gas plasma therapy for breast cancer**, Trends Biotechnol. 40 (2022) 1021-1024. DOI:10.1016/j.tibtech.2022.06.007

Bekeschus, S.; Clemen, R.: **Plasma, cancer, immunity**, J. Phys. D: Appl. Phys. 55 (2022) 473003. DOI:10.1088/1361-6463/ac9398

Bekeschus, S.; Ispirjan, M.; Freund, E.; Kinnen, F.; Moritz, J.; Saadati, F.; Eckroth, J.; Singer, D.; Stope, M. B.; Wende, K.; Ritter, C. A.; Schroeder, H. W. S.; Marx, S.: **Gas Plasma Exposure of Glioblastoma Is Cytotoxic and Immunomodulatory in Patient-Derived GBM Tissue**, Cancers 14 (2022) 813. DOI:10.3390/cancers14030813

Bekeschus, S.; Liebelt, G.; Menz, J.; Singer, D.; Wende, K.; Schmidt, A.: **Cell cycle-related genes associate with sensitivity to hydrogen peroxide-induced toxicity**, Redox Biol. 50 (2022) 102234. DOI:10.1016/j.redox.2022.102234

Bekeschus, S.; Miebach, L.; Pommerening, J.; Clemen, R.; Witzke, K.: **Biological Risk Assessment of Three Dental Composite Materials following Gas Plasma Exposure**, Molecules 27 (2022) 4519. DOI:10.3390/molecules27144519

Bekeschus, S.; Saadati, F.; Emmert, S.: **The potential of gas plasma technology for targeting breast cancer**, Clin. Transl. Med. 12 (2022) e1022. DOI:10.1002/ctm2.1022

Bhartiya, P.; Kaushik, N.; Nguyen, L. N.; Bekeschus, S.; Masur, K.; Weltmann, K.-D.; Kaushik, N. K.; Choi, E. H.: **Periodic Exposure of Plasma-Activated Medium Alters Fibroblast Cellular Homeostasis**, Int. J. Mol. Sci. 23 (2022) 3120. DOI:10.3390/ijms23063120

Böcker, J.; Puth, A.; Pipa, A. V.; van Helden, J. H.; Röpcke, J.; Biermann, H.; Dalke, A.: **Influence of Plasma Power and Oxygen-Containing Process Gases in Active Screen Plasma Nitrocarburizing with Carbon Solid Source**, DOI:doi:10.1515/htm-2022-1026 HTM J. Heat Treatm. Mater. 77 (2022) 374-390

Bunz, O.; Steegmann, M.-C.; Benz, K.; Testrich, H.; Quade, A.; Naumova, E. A.; Arnold, W. H.; Fricke, K.; Piwowarczyk, A.; Dittmar, T.: **Human Gingival Fibroblast Adhesion and Proliferation on Hydroxyapatite-Coated Zirconia Abutment Surfaces**, Materials 15 (2022) 3625. DOI:10.3390/ma15103625

Chaerony Siffa, I.; Gerling, T.; Masur, K.; Eschenburg, C.; Starkowski, F.; Emmert, S.: **Development of a Mobile Sensory Device to Trace Treatment Conditions for Various Medical Plasma Source Devices**, Sensors 22 (2022) 7242. DOI:10.3390/s22197242

Chaerony Siffa, I.; Schäfer, J.; Becker, M. M.: **Adamant: a JSON schema-based metadata editor for research data management workflows**, F1000Research 11 (2022) 475. DOI:10.12688/f1000research.110875.1

Clemen, R.; Arlt, K.; Miebach, L.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S.: **Oxidized Proteins Differentially Affect Maturation and Activation of Human Monocyte-Derived Cells**, Cells 11 (2022) 3659. DOI:10.3390/cells11223659

Clemen, R.; Arlt, K.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S.: **Gas Plasma Protein Oxidation Increases Immunogenicity and Human Antigen-Presenting Cell Maturation and Activation**, Vaccines 10 (2022) 1814. DOI:10.3390/vaccines10111814

- da Silva Brito, W. A.; Mutter, F.; Wende, K.; Cecchini, A. L.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Consequences of nano and microplastic exposure in rodent models: the known and unknown**, Part. Fibre Toxicol. 19 (2022) 28. DOI:10.1186/s12989-022-00473-y
- do Nascimento, F.; Quade, A.; Canesqui, M. A.; Georgiev Kostov, K.: **Different configurations of transferred atmospheric pressure plasma jet and their application to polymer treatment**, Contrib. Plasma Phys. 63 (2022) e202200055. DOI: 10.1002/ctpp.202200055
- Durek, J.; Fröhling, A.; Bußler, S.; Hase, A.; Ehlbeck, J.; Schlüter, O. K.: **Pilot-scale generation of plasma processed air and its influence on microbial count, microbial diversity, and selected quality parameters of dried herbs**, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 75 (2022) 102890. DOI:10.1016/j.ifset.2021.102890
- Fischer, M.; Schoon, J.; Freund, E.; Miebach, L.; Weltmann, K.-D.; Bekeschus, S.; Wassilew, G. I.: **Biocompatible Gas Plasma Treatment Affects Secretion Profiles but Not Osteogenic Differentiation in Patient-Derived Mesenchymal Stromal Cells**, Int. J. Mol. Sci. 23 (2022) (2038). DOI:10.3390/ijms23042038
- Goldberg, B. M.; Hoder, T.; Brandenburg, R.: **Electric field determination in transient plasmas: in situ & non-invasive methods**, Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 073001. DOI:10.1088/1361-6595/ac6e03
- Golpour, M.; Alimohammadi, M.; Mohseni, A.; Zabolli, E.; Sohbatzadeh, F.; Bekeschus, S.; Rafiei, A.: **Lack of Adverse Effects of Cold Physical Plasma-Treated Blood from Leukemia Patients: A Proof-of-Concept Study**, Appl. Sci. 12 (2022) 128. DOI:10.3390/app12010128
- Golpour, M.; Alimohammadi, M.; Sohbatzadeh, F.; Fattahi, S.; Bekeschus, S.; Rafiei, A.: **Cold atmospheric pressure plasma treatment combined with starvation increases autophagy and apoptosis in melanoma in vitro and in vivo**, Exp. Dermatol. 31 (2022) 1016-1028. DOI:10.1111/exd.14544
- Goncalves, R. A.; Kuznetsov, A.; Ciapina, E. G.; Quade, A.; Teodoro, M. D.; Baldan, M. R.; Berengue, O. M.: **Insights into the origin of the enhanced electrical conductivity of Pd-Sb₂O₃ nanoparticles: A combined experimental and theoretical study**, J. Alloy. Compd. 933 (2022) 167667. DOI:10.1016/j.jallcom.2022.167667
- Gordon, I.; Rothman, L.; Hargreaves, R.; et al.: **The HIT-RAN2020 molecular spectroscopic database**, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 277 (2022) 107949. DOI:10.1016/j.jqsrt.2021.107949
- Hahn, V.; Mikolasch, A.; Schmidt, M.; Neuburger, J. E.; Von langermann, J.; Lalk, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Kolb, J.: **Hydroxylation and dimerization of para-dihydroxylated aromatic compounds mediated by cold atmospheric-pressure plasma in comparison with chemically catalyzed reactions**, DOI: Green Chem. 24 (2022) 7951-7967
- Hammerstein, R.; Schubert, T.; Braun, G.; Wolf, T.; Barbe, S.; Quade, A.; Foest, R.; Karousos, D. S.; Favvas, E. P.: **The Optimization of Dispersion and Application Techniques for Nanocarbon-Doped Mixed Matrix Gas Separation Membranes**, Membranes 12 (2022) 87. DOI:10.3390/membranes12010087
- Höft, H.; Becker, M. M.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.: **Upscaling from single- to multi-filament dielectric barrier discharges in pulsed operation**, J. Phys. D: Appl. Phys. 55 (2022) 424003. DOI:10.1088/1361-6463/ac868b
- Huiskamp, T.; Ton, C.; Azizi, M.; van Oorschot, J. J.; Höft, H.: **Effective streamer discharge control by tailored nanosecond-pulsed high-voltage waveforms**, J. Phys. D: Appl. Phys. 55 (2022) 024001. DOI:10.1088/1361-6463/ac2969
- Jeibouei, S.; Hojat, A.; Mostafavi, E.; Aref, A. R.; Kalbasi, A.; Niazi, V.; Ajoudanian, M.; Mohammadi, F.; Saadati, F.; Javadi, S. M.; Shams, F.; Moghaddam, M.; Karami, F.; Sharifi, K.; Moradian, F.; Akbari, M. E.; Zali, H.: **Radiobiological effects of wound fluid on breast cancer cell lines and human-derived tumor spheroids in 2D and microfluidic culture**, Sci Rep 12 (2022) 7668. DOI:10.1038/s41598-022-11023-z
- Jovanovic, A. P.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.: **Streamer-surface interaction in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge in argon**, Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 04LT02. DOI:10.1088/1361-6595/ac63df
- Laroussi, M.; Bekeschus, S.; Keidar, M.; Bogaerts, A.; Fridman, A.; Lu, X.; Ostrikov, K.; Hori, M.; Stapelmann, K.; Miller, V.; Reuter, S.; Laux, C.; Mesbah, A.; Walsh, J.; Jiang, C.; Thagard, S. M.; Tanaka, H.; Liu, D.; Yan, D.; Yusupov, M.: **Low-Temperature Plasma for Biology, Hygiene, and Medicine: Perspective and Roadmap**, IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci. 6 (2022) 127-157. DOI:10.1109/TRPMS.2021.3135118
- Lens, H. H. M.; Lopes, N. M. D.; Pasqual-Melo, G.; Marinello, P. C.; Miebach, L.; Cecchini, R.; Bekeschus, S.; Cecchini, A. L.: **Low-Dose Oxidant Toxicity and Oxidative Stress in Human Papillary Thyroid Carcinoma Cells K1**, Appl. Sci. 12 (2022) 8311. DOI:10.3390/app12168311

Leontyev, D. V.; Schnittler, M.; Ishchenko, Y.; Quade, A.; Kahlert, H.; Rojas alvarado, C.; Stephenson, S. L.: **Another species complex in myxomycetes: diversity of peridial structures in *Lycogala epidendrum***, *Nova Hedwigia* 114 (2022) 413-434. DOI:10.1127/nova_hedwigia/2022/0690

Levien, M.; Farka, Z.; Pastucha, M.; Skladal, P.; Nasri, Z.; Weltmann, K.-D.; Fricke, K.: **Functional plasma-polymerized hydrogel coatings for electrochemical biosensing**, *Appl. Surf. Sci.* 584 (2022) 152511. DOI:10.1016/j.apusc.2022.152511

Lima, G. M. G.; Carta, C. F. L.; Borges, A. C.; Nishime, T. M. C.; Da Silva, C. A. V.; Caliar, M. V.; Mayer, M. P. A.; Kostov, K. G.; Koga-Ito, C. Y.: **Cold Atmospheric Pressure Plasma Is Effective against *P. gingivalis* (HW24D-1) Mature Biofilms and Non-Genotoxic to Oral Cells**, *Appl. Sci.* 12 (2022) 7247. DOI:10.3390/app12147247

Lindner, M.; Pipa, A. V.; Brandenburg, R.; Schreiner, R.: **Expansion of surface barrier discharge scrutinized**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 31 (2022) 105018. DOI:10.1088/1361-6595/ac95bf

Lopes, N. M. D.; Lens, H. H. M.; da Silva Brito, W. A.; Bianchi, J. K.; Marinello, P. C.; Cecchini, R.; Armani, A.; Cecchini, A. L.: **Role of papillary thyroid carcinoma patients with Hashimoto thyroiditis: evaluation of oxidative stress and inflammatory markers**, *Clin. Transl. Oncol.* 24 (2022) 2366-2378. DOI:10.1007/s12094-022-02891-y

Marinello, P. C.; Cella, P. S.; Testa, M. T. J.; Guirro, P. B.; da Silva Brito, W. A.; Padilha, C. S.; Cecchini, A. L.; da Silva, R. P.; Duarte, J. A. R.; Deminice, R.: **Creatine supplementation protects against diet-induced non-alcoholic fatty liver but exacerbates alcoholic fatty liver**, *Life Sci.* 310 (2022) 121064. DOI:10.1016/j.lfs.2022.121064

Marx, S.; Wilken, F.; Miebach, L.; Ispirjan, M.; Kinnen, F.; Paul, S.; Bien-Möller, S.; Freund, E.; Baldauf, J.; Fleck, S.; Siebert, N.; Lode, H.; Stahl, A.; Rauch, B.; Singer, S.; Ritter, C.; Schroeder, H. W. S.; Bekeschus, S.: **Immunophenotyping of Circulating and Intratumoral Myeloid and T Cells in Glioblastoma Patients**, *Cancers* 14 (2022) 5751. DOI:10.3390/cancers14235751

Matthes, R.; Jablonowski, L.; Pitchika, V.; Holtfreter, B.; Eberhard, C.; Seifert, L.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Schlüter, R.; Kocher, T.: **Efficiency of biofilm removal by combination of water jet and cold plasma: an in-vitro study**, *BMC Oral Health* 22 (2022) 157. DOI:10.1186/s12903-022-02195-1

Miebach, L.; Berner, J.; Bekeschus, S.: **In ovo model in cancer research and tumor immunology**, *Front. Immunol.* 13 (2022) 1006064. DOI:10.3389/fimmu.2022.1006064

Miebach, L.; Freund, E.; Cecchini, A. L.; Bekeschus, S.: **Conductive Gas Plasma Treatment Augments Tumor Toxicity of Ringer's Lactate Solutions in a Model of Peritoneal Carcinomatosis**, *Antioxidants* 11 (2022) 1439. DOI:10.3390/antiox11081439

Miebach, L.; Freund, E.; Clemen, R.; Kersting, S.; Partecke, L.-I.; Bekeschus, S.: **Gas plasma-oxidized sodium chloride acts via hydrogen peroxide in a model of peritoneal carcinomatosis**, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 119 (2022) e2200708119. DOI:10.1073/pnas.2200708119

Miebach, L.; Freund, E.; Clemen, R.; Weltmann, K.-D.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Gerling, T.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Conductivity augments ROS and RNS delivery and tumor toxicity of an argon plasma jet**, *Free Radic. Biol. Med.* 180 (2022) 210-219. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2022.01.014

Miebach, L.; Poschkamp, B.; Van der linde, J.; Bekeschus, S.: **Medical Gas Plasma - A Potent ROS-Generating Technology for Managing Intraoperative Bleeding Complications**, *Appl. Sci.* 12 (2022) 3800. DOI:10.3390/app12083800

Mikolasch, A.; Lindequist, U.; Witt, S.; Hahn, V.: **Laccase-Catalyzed Derivatization of Aminoglycoside Antibiotics and Glucosamine**, *Microorganisms* 10 (2022) 626. DOI:10.3390/microorganisms10030626

Mrochen, D. M.; Miebach, L.; Skowski, H.; Bansemer, R.; Drechsler, C. A.; Hofmanna, U.; Hein, M.; Mamat, U.; Gerling, T.; Schaible, U.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S.: **Toxicity and virucidal activity of a neon-driven micro plasma jet on eukaryotic cells and a coronavirus**, *Free Radic. Biol. Med.* 191 (2022) 105-118. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2022.08.026

Nascimento, F. d.; Leal, B. S.; Quade, A.; Kostov, K. G.: **Different Radial Modification Profiles Observed on APPJ-Treated Polypropylene Surfaces according to the Distance between Plasma Outlet and Target**, *Polymers* 14 (2022) 4524. DOI:10.3390/polym14214524

Nasri, Z.; Ahmadi, M.; Striesow, J.; Ravandeh, M.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **Insight into the Impact of Oxidative Stress on the Barrier Properties of Lipid Bilayer Models**, *Int. J. Mol. Sci.* 23 (2022) 5932. DOI:10.3390/ijms23115932

Nasri, Z.; Memari, S.; Striesow, J.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **Application of scanning electrochemical microscopy for topography imaging of supported lipid bilayers**, *Anal. Methods* 14 (2022) 1077-1082. DOI:10.1039/D2AY00154C

- Nastuta, A. V.; Gerling, T.: **Cold Atmospheric Pressure Plasma Jet Operated in Ar and He: From Basic Plasma Properties to Vacuum Ultraviolet, Electric Field and Safety Thresholds Measurements in Plasma Medicine**, Appl. Sci. 12 (2022) 644. DOI:10.3390/app12020644
- Neuber, S.; Sill, A.; Efthimiopoulos, I.; Nestler, P.; Fricke, K.; Helm, C. A.: **Influence of molecular weight of polycation polydimethyldiallylammonium and carbon nanotube content on electric conductivity of layer-by-layer films**, Thin Solid Films 745 (2022) 139103. DOI:10.1016/j.tsf.2022.139103
- Nishime, T. M. C.; Werner, J.; Wannicke, N.; Mui, T. S. M.; Kostov, K. G.; Weltmann, K.-D.; Brust, H.: **Characterization and Optimization of a Conical Corona Reactor for Seed Treatment of Rapeseed**, Appl. Sci. 12 (2022) 3292. DOI:10.3390/app12073292
- Nitsch, A.; Strakeljahn, S.; Jacoby, J. M.; Sieb, K. F.; Mustea, A.; Bekeschus, S.; Ekkernkamp, A.; Stope, M. B.; Haralambiev, L.: **New Approach against Chondrosoma Cells - Cold Plasma Treatment Inhibits Cell Motility and Metabolism, and Leads to Apoptosis**, Biomedicines 10 (2022) 688. DOI:10.3390/biomedicines10030688
- Rataj, R.; Werneburg, M.; Below, H.; Kolb, J. F.: **Hydrogen peroxide production of underwater nanosecond-pulsed streamer discharges with respect to pulse parameters and associated discharge characteristics**, Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 105005. DOI:10.1088/1361-6595/ac942a
- Rath, M.; Schwefel, K.; Malinverno, M.; Skowronek, D.; Leopoldi, A.; Pilz, R. A.; Biedenweg, D.; Bekeschus, S.; Penninger, J. M.; Dejana, E.; Felber, U.: **Contact-dependent signaling triggers tumor-like proliferation of CCM3 knockout endothelial cells in co-culture with wild-type cells**, Cell. Mol. Life Sci. 79 (2022) 340. DOI:10.1007/s00018-022-04355-6
- Ravandeh, M.; Mehrjoo, M.; Kharitonov, K.; Schäfer, J.; Quade, A.; Honnorat, B.; Ruiz-Lopez, M.; Keitel, B.; Kreis, S.; Pan, R.; Gang, S.; Wende, K.; Plönjes, E.: **X-ray Ptychographic Imaging and Spectroscopic Studies of Plasma-Treated Plastic Films**, Polymers 14 (2022) 2528. DOI:10.3390/polym14132528
- Rebohle, L.; Quade, A.; Schumann, T.; Blaschke, D.; Hübner, R.; Heller, R.; Foest, R.; Schäfer, J.; Skorupa, W.: **Deposition of silicon oxide films on silicon using HelixJet - an atmospheric-pressure plasma jet process below 100°C**, Thin Solid Films 753 (2022) 139257. DOI:10.1016/j.tsf.2022.139257
- Rotheudt, L.; Moritz, E.; Markus, M. R.; Albrecht, D.; Völzke, H.; Friedrich, N.; Schwedhelm, E.; Daum, G.; Schminke, U.; Felix, S. B.; Rauch, B. H.; Dörr, M.; Bahls, M.: **Sphingosine-1-phosphate and vascular disease in the general population**, Atherosclerosis 350 (2022) 73-81. DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2022.03.020
- Saadati, F.; da Silva Brito, W. A.; Emmert, S.; Bekeschus, S.: **Optimized High-Content Imaging Screening Quantifying Micronuclei Formation in Polymer-Treated HaCaT Keratinocytes**, Nanomaterials 12 (2022) 4463. DOI:10.3390/nano12244463
- Sanches, L. J.; Marinello, P. C.; da Silva Brito, W. A.; Lopes, N. M. D.; Luiz, R. C.; Cecchini, R.; Cecchini, A. L.: **Metformin pretreatment reduces effect to dacarbazine and suppresses melanoma cell resistance**, Cell Biol. Int. 46 (2022) 73-82. DOI:10.1002/cbin.11700
- Schneider, M.; Grossi, M. F.; Gadara, D.; Spacil, Z.; Babica, P.; Blaha, L.: **Treatment of cylindrospermopsin by hydroxyl and sulfate radicals: Does degradation equal detoxification?**, J. Hazard. Mater. 424 (2022) 127447. DOI:10.1016/j.jhazmat.2021.127447
- Schneider, M.; Rataj, R.; Blaha, L.; Kolb, J. F.: **Experimental review of different plasma technologies for the degradation of cylindrospermopsin as model water pollutant**, Chem. Eng. J. 451 (2022) 138984. DOI:10.1016/j.cej.2022.138984
- Semenov, I.; Weltmann, K.-D.: **A spectral element method for modelling streamer discharges in low-temperature atmospheric-pressure plasmas**, J. Comput. Phys. 465 (2022) 111378. DOI:10.1016/j.jcp.2022.111378
- Sigeneger, F.; Ellis, J.; Harhausen, J.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **Verified modeling of a low pressure hydrogen plasma generated by electron cyclotron resonance**, Plasma Sources Sci. Technol. 31 (2022) 105011. DOI:10.1088/1361-6595/ac963e
- Silva, L. L. G.; Kodaira, F. V. P.; Fagundes, P. V. M.; Quade, A.; Kostov, K. G.: **Study of Organosilicon Films Deposited on SAE 1020 Steel by Atmospheric Plasma Jet for Corrosion Protection**, Braz. J. Phys. 52 (2022) 114. DOI:10.1007/s13538-022-01123-6
- Singer, D.; Miebach, L.; Bekeschus, S.: **Differential Sensitivity of Two Leukemia Cell Lines towards Two Major Gas Plasma Products Hydrogen Peroxide and Hypochlorous Acid**, Appl. Sci. 12 (2022) 7429. DOI:10.3390/app12157429

Singer, D.; Ressel, V.; Stope, M. B.; Bekeschus, S.: **Heat Shock Protein 27 Affects Myeloid Cell Activation and Interaction with Prostate Cancer Cells**, *Biomedicines* 10 (2022) 2192. DOI:10.3390/biomedicines10092192

Singer, D.; Wulff, C. P.; Stope, M. B.; Bekeschus, S.: **Extra-cellular Heat Shock Protein 27 Is Released by Plasma-Treated Ovarian Cancer Cells and Affects THP-1 Monocyte Activity**, *Plasma* 5 (2022) 569-578. DOI:10.3390/plasma5040040

Stancu, E. C.; Quade, A.; Hempel, F.: **Bio-decontamination and surface modification of polymers by corona discharge for food industry** *Rom. Rep. Phys.* 74 (2022) 803

Stankov, M.; Becker, M. M.; Hoder, T.; Loffhagen, D.: **Extended reaction kinetics model for non-thermal argon plasmas and its test against experimental data**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 31 (2022) 125002. DOI:10.1088/1361-6595/ac9332

Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Harhausen, J.; Foest, R.: **Re-engineering of optical constants and layer thicknesses from in situ broadband monitoring: an oscillator model approach**, *Opt. Continuum* 1 (2022) 866-884. DOI:10.1364/OPTCON.448795

Timmermann, E.; Geißler, P.; Bansemer, R.: **Low-Cost Laser-Acoustic PVC Identification System Based on a Simple Neural Network**, *Sensors* 22 (2022) 8035. DOI:10.3390/s22208035

Uber, C.; Franke, S.; Barbu, B.; Hilbert, M.; Berger, F.; Uhrlandt, D.; Lienesch, F.: **Correlation between the electrical power of a slow contact break discharge and the ignition of an H₂/air mixture**, *J. Loss Prev. Process Ind.* 74 (2022) 104620. DOI:10.1016/j.jlp.2021.104620

Unglaube, F.; Schlapp, J.; Quade, A.; Schäfer, J.; Mejia, E.: **Highly active heterogeneous hydrogenation catalysts prepared from cobalt complexes and rice husk waste**, *Catal. Sci. Technol.* 12 (2022) 3123-3136. DOI:10.1039/D2CY00005A

von Woedtke, T.; Laroussi, M.; Gherardi, M.: **Foundations of plasmas for medical applications**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 31 (2022) 054002. DOI:10.1088/1361-6595/ac604f

Wang, H.; Meister, M.; Jensen, C.; Kuss, A. W.; Urich, T.: **The impact of summer drought on peat soil microbiome structure and function-A multi-proxy-comparison**, *ISME Commun.* 2 (2022) 78. DOI:10.1038/s43705-022-00164-x

Wei, W.; Shi, F.; Kolb, J. F.: **Analysis of microstructural parameters of trabecular bone based on electrical impedance spectroscopy and deep neural networks**, *Bioelectrochem.* 148 (2022) 108232. DOI:10.1016/j.bioelechem.2022.108232

Weihe, T.; Schnabel, U.; Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Tübbecke, F.; Ehlbeck, J.: **A Plasma-Based Decontamination Process Reveals Potential for an in-Process Surface-Sanitation Method**, *Plasma* 351 (2022) 351-365. DOI:10.3390/plasma5030027

Weihe, T.; Wagner, R.; Schnabel, U.; Andrasch, M.; Su, Y.; Stachowiak, J.; Noll, H. J.; Ehlbeck, J.: **Microbial Control of Raw and Cold-Smoked Atlantic Salmon (*Salmo salar*) through a Microwave Plasma Treatment**, *Foods* 11 (2022) 3356. DOI:10.3390/foods11213356

Wolff, C. M.; Bekeschus, S.: **Synergistic in Vitro Anticancer Toxicity of Pulsed Electric Fields and Glutathione**, *Int. J. Mol. Sci.* 23 (2022) 14772. DOI:10.3390/ijms232314772

Wubs, J. R.; Höft, H.; Kettlitz, M.; Becker, M. M.; Weltmann, K.-D.: **Impact of the electrode proximity on the streamer breakdown and development of pulsed dielectric barrier discharges**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 31 (2022) 035006. DOI:10.1088/1361-6595/ac511f

Yang, Z.; Wang, L.; Zhang, Z.; Chen, J.; Gortschakow, S.: **Numerical investigation on transient arc characteristics and anode surface temperature considering the electrode movement**, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 55 (2022) 415201. DOI:10.1088/1361-6463/ac84ea

Zhuang, J.; Zhu, C.; Han, R.; Steuer, A.; Kolb, J. F.; Shi, F.: **Uncertainty Quantification and Sensitivity Analysis for the Electrical Impedance Spectroscopy of Changes to Intercellular Junctions Induced by Cold Atmospheric Plasma**, *Molecules* 27 (2022) 5861. DOI:10.3390/molecules27185861

PAPER 2023

Abdirahman Mohamed, M.; Arnold, S.; Janka, O.; Quade, A.; Schmauch, J.; Presser, V.; Kickelbick, G.: **Continuous Wet Chemical Synthesis of Mo(C,N,O)_x as Anode Materials for Li-Ion Batteries**, J. Mater. Chem. A 11 2023 19936. DOI:10.1039/d3ta03340f

Ahmadi, M.; Singer, D.; Potlitz, F.; Nasri, Z.; von Woedtke, T.; Link, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.: **Cold Physical Plasma-Mediated Fenretinide Prodrug Activation Confers Additive Cytotoxicity in Epithelial Cells**, Antioxidants 12 2023 1271. DOI:10.3390/antiox12061271

Alves, L. L.; Becker, M. M.; v. Dijk, J.; Gans, T.; Go, D. B.; Stapelmann, K.; Tennyson, J.; Turner, M. M.; Kushner, M. J.: **Foundations of plasma standards**, Plasma Sources Sci. Technol. 32 2023 023001. DOI:10.1088/1361-6595/acb810

An, S.; Hansen, L.; Wolff, T.; Foest, R.; Fröhlich, M.; Quade, A.; Stankov, M.; Kersten, H.: **Energetic characterization during plasma electrolytic polishing of cemented tungsten carbide**, J. Appl. Phys. 134 2023 033305. DOI: 10.1063/5.0155581

Anirudh, R.; Archibald, R.; Asif, M. S.; Becker, M. M.; Benkadda, S.; Bremer, P.-T.; Budé, R. H. S.; Chang, C. S.; Chen, L.; Churchill, R. M.; Citrin, J.; Gaffney, J. A.; Gainaru, A.; Gekelman, W.; Gibbs, T.; Hamaguchi, S.; Hill, C.; et al: 2022 Review of Data-Driven Plasma Science, IEEE Trans. Plasma Sci. 51 2023 1750. DOI:10.1109/TPS.2023.3268170

Arumugam, S.; Haba, Y.; Pieterse, P. J.; Uhrlandt, D.; Kosleck, S.: **Influence of Water Ingress on Surface Discharges Occurring on the Silicone Gel Encapsulated Printed Circuit Boards Developed for Deep-Sea Applications**, Energies 16 2023 5353. DOI:10.3390/en16145353

Baeva, M.; Kloc, P.; Cressault, Y.: **Radiative Heat Transfer in Models of DC Arc Plasma**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 15. DOI:10.14311/ppt.2023.1.15

Baeva, M.; Methling, R.; Gonzalez, D.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.; Ehrhardt, A.; Schmausser, S.; Schneider, O.: **Complementary Experimental and Simulation-based Characterization of Transient Arcs**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 56. DOI:10.14311/ppt.2023.2.56

Bekeschus, S.: **Gas plasmas technology: from biomolecule redox research to medical therapy**, Biochem. Soc. Trans. 51 2023 2071. DOI:10.1042/BST20230014

Bekeschus, S.: **Medical gas plasma technology: Roadmap on cancer treatment and immunotherapy**, Redox Biol. 65 2023 102798. DOI:10.1016/j.redox.2023.102798

Berner, J.; Bekeschus, S.: **Combined toxicity of indirubins with cold physical plasma in skin cancer cells in vitro**, Jpn. J. Appl. Phys. 62 2023 SA1006. DOI:10.35848/1347-4065/ac78c0

Berner, J.; Miebach, L.; Herold, L.; Höft, H.; Gerling, T.; Matern, P.; Bekeschus, S.: **Gas Flow Shaping via Novel Modular Nozzle System (MoNoS) Augments kINPen-Mediated Toxicity and Immunogenicity in Tumor Organoids**, Cancers 15 2023 1254. DOI:10.3390/cancers15041254

Berner, J.; Miebach, L.; Kordt, M.; Seebauer, C.; Schmidt, A.; Lalk, M.; Vollmar, B.; Metelmann, H.-R.; Bekeschus, S.: **Chronic oxidative stress adaptation in head and neck cancer cells generates slow-cyclers with decreased tumour growth in vivo**, Br. J. Cancer 129 2023 869. DOI:10.1038/s41416-023-02343-6

Brandenburg, R.; Becker, K. H.; Weltmann, K.-D.: **Barrier Discharges in Science and Technology Since 2003: A Tribute and Update**, Plasma Chem. Plasma Process. 43 2023 1303. DOI:10.1007/s11090-023-10364-5

Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Schmidt, M.; Höft, H.; Pipa, A. V.; Brüser, V.: **Plane Parallel Barrier Discharges for Carbon Dioxide Splitting: Influence of Discharge Arrangement on Carbon Monoxide Formation**, Plasma 6 2023 162-180. DOI:10.3390/plasma6010013

Bussmann, F.; Krüger, A.; Scholz, C.; Brust, H.; Stöhr, C.: **Long-Term Effects of Cold Atmospheric Plasma-Treated Water on the Antioxidative System of Hordeum vulgare**, J. Plant Growth Regul. 42 2023 3274-3290. DOI:10.1007/s00344-022-10789-w

Cherik, I. T.; Divsalar, A.; Angaji, S. A.; Rasouli, M.; Bekeschus, S.; Movahedi, A. A. M.; Moghadam, M. E.; Ghalandari, B.; Ding, X.: **Green synthesis and characterization of ginger-extract-based oxali-palladium nanoparticles for colorectal cancer: Downregulation of REG4 and apoptosis induction**, Nanotechnol. Rev. 12 2023 20230154. DOI:10.1515/ntrev-2023-0154

Clemen, R.; Fuentes-Lemus, E.; Bekeschus, S.; Davies, M. J.: **Oxidant-modified amylin fibrils and aggregates alter the inflammatory profile of multiple myeloid cell types, but are non-toxic to islet β cells**, Redox Biol. 65 2023 102835. DOI:10.1016/j.redox.2023.102835

Clemen, R.; Minkus, L.; Singer, D.; Schulan, P.; von Woedtke, T.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Multi-Oxidant Environment as a Suicidal Inhibitor of Myeloperoxidase**, *Antioxidants* 12 2023 1936. DOI:10.3390/antiox12111936

Clemen, R.; Singer, D.; Skowski, H.; Bekeschus, S.: **Argon Humidification Exacerbates Antimicrobial and Anti-MRSA kINPen Plasma Activity**, *Life* 13 2023 257. DOI:10.3390/life13020257

Collantes Jiménez, P.; Sievers, G.; Quade, A.; Brüser, V.; Pittkowski, R. K.; Arenz, M.: **Gas diffusion electrode activity measurements of iridium-based self-supported catalysts produced by alternated physical vapour deposition**, *J. Power Sources* 569 2023 232990. DOI:10.1016/j.jpowsour.2023.232990

Collantes Jiménez, P.; Wiberg, G. K. H.; Sievers, G. W.; Brüser, V.; Arenz, M.: **Bridging the gap between basic research and application: a half-cell setup for high current density measurements of Ir-based oxygen evolution reaction catalysts on porous transport electrodes**, *J. Mater. Chem. A* 11 2023 20129. DOI:10.1039/d3ta04136k

da Silva Brito, W. A.; Singer, D.; Miebach, L.; Saadati, F.; Wende, K.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Comprehensive in vitro polymer type, concentration, and size correlation analysis to microplastic toxicity and inflammation**, *Sci. Total Environ.* 854 2023 158731. DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.158731

do Nascimento, F.; Gerling, T.; Kostov, K. G.: **On the gas heating effect of helium atmospheric pressure plasma jet**, *Phys. Scr.* 98 2023 055013. DOI:10.1088/1402-4896/acb17

Dorraki, N.; Methling, R.; Gortschakow, S.: **Optical Diagnostics of Anode Surface Temperature in Vacuum Interrupters with Different CuCr Compositions**, *Plasma Phys. Technol.* 10 2023 28. DOI:10.14311/ppt.2023.1.28

Dorsch, A. D.; da Silva Brito, W. A.; Delcea, M.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Lipid Corona Formation on Micro- and Nanoplastic Particles Modulates Uptake and Toxicity in A549 Cells**, *Materials* 16 2023 5082. DOI:10.3390/ma16145082

Dujko, S.; Bosnjakovic, D.; Vass, M.; Hartmann, P.; Korolov, I.; Pinhao, N. R.; Loffhagen, D.; Donko, Z.: **Scanning drift tube measurements and kinetic studies of electron transport in CO**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 32 2023 025014. DOI:10.1088/1361-6595/acbc96

Durek, J.; Fröhling, A.; Stüpmann, F.; Neumann, S.; Ehlbeck, J.; Schlüter, O. K.: **Optimized cleaning of conveyor belts using plasma-processed water assisted by optical detection of food residues**, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 86 2023 103379. DOI:10.1016/j.ifset.2023.103379

Dworschak, M.; Kohlmann, N.; Matejka, F.; Galar, P.; Kienle, L.; Schäfer, J.; Benedikt, J.: **Silicon nanocrystal synthesis with the atmospheric plasma source HelixJet**, *Plasma Process. Polym.* 20 2023 e2200129. DOI:10.1002/ppap.202200129

Engel, N.; Dau, M.; Engel, V.; Franz, D.; Klemmstein, F.; Thannisch, C.; Kolb, J. F.; Frank, M.; Springer, A.; Köhling, R.; Bader, R.; Frerich, B.; Wiesmann, N.; Heimes, D.; Kämmerer, P. W.: **Combining Electrostimulation with Impedance Sensing to Promote and Track Osteogenesis within a Titanium Implant**, *Biomedicines* 11 2023 697. DOI:10.3390/biomedicines11030697

Farr, N. T.; Davies, M.; Nohl, J.; Abrams, K. J.; Schäfer, J.; Lai, Y.; Gerling, T.; Stehling, N.; Mehta, D.; Zhang, J.; Mihaylova, L.; Willmott, J. R.; Black, K.; Rodenburg, C.: **Revealing The Morphology of Ink and Aerosol Jet Printed Palladium-Silver Alloys Fabricated from Metal Organic Decomposition Inks**, *Adv. Sci.* 2023 2306561. DOI:10.1002/advs.202306561

Fischer, M.; Bortel, E.; Schoon, J.; Behnke, E.; Hesse, B.; Weitkamp, T.; Bekeschus, S.; Pichler, M.; Wassilew, G. I.; Schulze, F.: **Cold physical plasma treatment optimization for improved bone allograft processing**, *Front. Bioeng. Biotechnol.* 11 2023 1264409. DOI:10.3389/fbioe.2023.1264409

Förster, S.; Niu, Y.; Eggers, B.; Nokhbehsaim, M.; Kramer, F.-J.; Bekeschus, S.; Mustea, A.; Stope, M. B.: **Modulation of the Tumor-Associated Immuno-Environment by Non-Invasive Physical Plasma**, *Cancers* 15 2023 1073. DOI:10.3390/cancers15041073

Garbe, L.-A.; Glaß, S.; Wald, F.; Hellmann, A.; Weltmann, K.-D.; Sawade, H.; Schultz, F.: **Government-Funded Development of Innovative Physical Technologies for Sustainable Agriculture and Food Production in Rural Germany through a University–Business Alliance Formation**, *Platforms* 1 2023 53. DOI:10.3390/platforms1010006

Gelbrich, N.; Miebach, L.; Berner, J.; Freund, E.; Saadati, F.; Schmidt, A.; Stope, M.; Zimmermann, U.; Burchardt, M.; Bekeschus, S.: **Medical gas plasma augments bladder cancer cell toxicity in preclinical models and patient-derived tumor tissues**, *J. Adv. Res.* 47 2023 209–223. DOI:10.1016/j.jare.2022.07.012

Gortschakow, S.; Gonzalez, D.; Methling, R.; Uhrlandt, D.; LaWall, A.; Taylor, E. D.; Graskowski, F.: **Influence of Electrode Surface Evolution on the Properties of High-current Vacuum Arcs in Switching Applications**, *Plasma Phys. Technol.* 10 2023 5. DOI:10.14311/ppt.2023.1.5

Hahn, V.: **Potential of the enzyme laccase for the synthesis and derivatization of antimicrobial compounds**, *World J. Microbiol. Biotechnol.* 39 2023 107. DOI:10.1007/s11274-023-03539-x

- Handke, M.; Rakow, A.; Singer, D.; Miebach, L.; Schulze, F.; Bekeschus, S.; Schoon, J.; Wassilew, G. I.: **Bone marrow from periacetabular osteotomies as a novel source for human mesenchymal stromal cells**, *Stem Cell Res. Ther.* 14 2023 315. DOI:10.1186/s13287-023-03552-9
- Harris, B.; Krös, L.; C Nave, A. S.; Wagenaars, E.; van Helden, J. H.: **The spatial density distribution of H₂O₂ in the effluent of the COST-Jet and the kINPen-sci operated with a humidified helium feed gas**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 32 2023 115010. DOI:10.1088/1361-6595/ad0742
- Heydari, R.; Koohi, F.; Rasouli, M.; Rezaei, K.; Abbasgholinejad, E.; Bekeschus, S.; Doroudian, M.: **Exosomes as Rheumatoid Arthritis Diagnostic Biomarkers and Therapeutic Agents**, *Vaccines* 11 2023 687. DOI:10.3390/vaccines11030687
- Hjältén, A.; Foltynowicz, A.; Sadiék, I.: **Line positions and intensities of the ν_1 band of 12CH₃I using mid-infrared optical frequency comb Fourier transform spectroscopy**, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 306 2023 108646. DOI:10.1016/j.jqsrt.2023.108646
- Höft, H.; Becker, M. M.; Kettlitz, M.; Dap, S.; Naude, N.; Brandenburg, R.; Weltmann, K.-D.: **Exploring the mechanisms leading to diffuse and filamentary modes in dielectric barrier discharges in N₂ with N₂O admixtures**, *Eur. Phys. J. D* 77 2023 35. DOI:10.1140/epjd/s10053-023-00601-z
- Hosseini Rad, R.; Brüser, V.; Schiorlin, M.; Schäfer, J.; Brandenburg, R.: **Enhancement of CO₂ splitting in a coaxial dielectric barrier discharge by pressure increase, packed bed and catalyst addition**, *Chem. Eng. J.* 456 2023 141072. DOI:10.1016/j.cej.2022.141072
- Huerta-Zerón, H. D.; Rockstroh, N.; Lang, M.; Surkus, A.-E.; Brüser, V.; Lochbrunner, S.; Junge, H.; Beller, M.: **Photocatalytic CO₂ reduction with a TiO₂-supported copper photosensitizer and an iron-based CO₂ reduction catalyst**, *Catal. Sci. Technol.* 13 2023 3940. DOI:10.1039/d3cy00572k
- Invernizzi, L.; Duluard, C. Y.; Höft, H.; Hassouni, K.; Lombardi, G.; Gazeli, K.; Prasanna, S.: **Peculiarities of measuring fluorescence decay times by a streak camera for ps-TALIF experiments in reactive plasmas**, *Meas. Sci. Technol.* 34 2023 17. DOI:10.1088/1361-6501/acd8db
- Israel, H.; Becker, M. M.: **What does data stewardship mean in physics?**, *Bausteine Forschungsdatenmanagement* 3 2023 1. DOI:10.17192/bfdm.2023.2.8570
- Jafarpour, S. M.; Pipa, A. V.; Puth, A.; Dalke, A.; Röpcke, J.; van Helden, J. H.; Biermann, H.: **The Interplay Effects between Feed-Gas Composition and Bias Plasma Condition during Active-Screen Plasma Nitrocarburizing with a Solid Carbon Source**, *Coatings* 13 2023 1103. DOI:10.3390/coatings13061103
- Jovanovic, A. P.; Hoder, T.; Höft, H.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.: **Formation mechanisms of striations in a filamentary dielectric barrier discharge in atmospheric pressure argon**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 32 2023 055011. DOI:10.1088/1361-6595/acd2fc
- Jovanovic, A. P.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.: **Introduction and verification of FEDM, an open-source FEniCS-based discharge modelling code**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 32 2023 044003. DOI:10.1088/1361-6595/acc54b
- Jovanovic, A. P.; Stankov, M. N.; Markovic, V. L.; Stamenkovic, S. N.: **Simulation of the statistical and formative time delay of Townsend-mechanism-governed breakdown in argon at low pressure**, *Contrib. Plasma Phys.* 63 2023 e202200161. DOI:10.1002/ctpp.202200161
- Katz, O.; Ferguson, T.; Abbey, E.; Klose, S.-J.; Prüfert, C.; Loock, H.-P.: **Fluorescence Excitation-Emission-Matrix Imaging**, *Anal. Chem.* 95 2023 12631. DOI:10.1021/acs.analchem.3c00217
- Khabipov, A.; Nguyen Trung, D.; van der Linde, J.; Miebach, L.; Lenz, M.; Erne, F.; von Bernstorff, W.; Schulze, T.; Kersting, S.; Bekeschus, S.; Ivo Partecke, L.: **CCR4 Blockade Diminishes Intratumoral Macrophage Recruitment and Augments Survival of Syngeneic Pancreatic Cancer-Bearing Mice**, *Biomedicines* 11 2023 1517. DOI:10.3390/biomedicines11061517
- Kim, H.-H.; Abdelaziz, A. A.; Teramoto, Y.; Nozaki, T.; Kim, D.-Y.; Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Hensel, K.; Song, Y.-H.; Lee, D.-H.; Kang, W.-S.; Mizuno, A.: **Revisiting why DBDs can generate O₃ against the thermodynamic limit**, *Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol.* 17 2023 e02004. DOI:10.34343/ijpest.2023.17.e02004
- Klose, S.-J.; Krös, L.; van Helden, J. H.: **The localised density of H₂O₂ in the effluent of a cold atmospheric pressure plasma jet determined by continuous-wave cavity ring-down spectroscopy**, *Front. Phys.* 11 2023 1221181. DOI:10.3389/fphy.2023.1221181
- Kodaira, F. V. d. P.; Leal, B. H. S.; Tavares, T. F.; Quade, A.; Hein, L. R. d. O.; Chiappim, W.; Kostov, K. G.: **Simultaneous Treatment of Both Sides of the Polymer with a Conical-Shaped Atmospheric Pressure Plasma Jet**, *Polymers* 15 2023 461. DOI:10.3390/polym15020461
- Lehmann, S.; Bien-Möller, S.; Marx, S.; Bekeschus, S.; Schroeder, H. W.; Mustea, A.; Stope, M. B.: **Devitalization of Glioblastoma Cancer Cells by Non-invasive Physical Plasma: Modulation of Proliferative Signalling Cascades**, *Anti-cancer Res.* 43 2023 7-18. DOI:10.21873/anticancer.16128

Levien, M.; Amin, I.; Vicente de Paula Kodaira, F.; Weltmann, K.-D.: **Direct grafting of microwrinkled hydrogels by atmospheric-pressure plasma polymerization: Going simple and environmentally friendly**, Eur. Polym. J. 198 2023 112413. DOI:10.1016/j.eurpolymj.2023.112413

Levien, M.; Nasri, Z.; Weltmann, K.-D.; Fricke, K.: **Study on the Interaction of Plasma-Polymerized Hydrogel Coatings with Aqueous Solutions of Different pH**, Gels 9 2023 237. DOI:10.3390/gels9030237

Lü, X.; Röben, B.; Biermann, K.; Wubs, J. R.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.; Schrottke, L.; Grahn, H. T.: **Terahertz quantum-cascade lasers for high-resolution absorption spectroscopy of atoms and ions in plasmas**, Semicond. Sci. Technol. 38 2023 035003. DOI:10.1088/1361-6641/acb1cd

Mahdikia, H.; Brüser, V.; Schiorlin, M.; Brandenburg, R.: **CO₂ Dissociation in Barrier Corona Discharges: Effect of Elevated Pressures in CO₂/Ar Mixtures**, Plasma Chem. Plasma Process. 43 2023 2035. DOI:10.1007/s11090-023-10411-1

Mahdikia, H.; Saadati, F.; Alizadeh, A. M.; Khalighfard, S.; Bekeschus, S.; Shokri, B.: **Low-frequency magnetic fields potentiate plasma-modified magneto-electric nanoparticle drug loading for anticancer activity in vitro and in vivo**, Sci. Rep. 13 2023 17536. DOI:10.1038/s41598-023-44683-6

Matthes, R.; Jablonowski, L.; Miebach, L.; Pitchika, V.; Holtfreter, B.; Eberhard, C.; Seifert, L.; Gerling, T.; Schlüter, R.; Kocher, T.; Bekeschus, S.: **In-Vitro Biofilm Removal Efficacy Using Water Jet in Combination with Cold Plasma Technology on Dental Titanium Implants**, Int. J. Mol. Sci. 24 2023 1606. DOI:10.3390/ijms24021606

Methling, R.; Franke, S.; Uber, C.; Barbu, B.; Berger, F.; Hilbert, M.; Uhrlandt, D.: **Optical Emission Spectroscopy of Cadmium Dominated Discharges Applied for Assessment of Explosion Protection**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 47. DOI:10.14311/ppt.2023.1.47

Methling, R.; Schmausser, S.; Kellermann, M.; Ehrhardt, A.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Gonzalez, D.: **Optical Investigation of a Spark Gap for DC Protection around Current Zero**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 154. DOI:10.14311/ppt.2023.3.154

Miebach, L.; Hagge, M.; Bekeschus, S.: **Modeling Gas Plasma-Tissue Interactions in 3D Collagen-Based Hydrogel Cancer Cell Cultures**, Bioengineering 10 2023 367. DOI:10.3390/bioengineering10030367

Miebach, L.; Melo-Zainzinger, G.; Freund, E.; Clemen, R.; Cecchini, A. L.; Bekeschus, S.: **Medical Gas Plasma Technology Combines with Antimelanoma Therapies and Promotes Immune-Checkpoint Therapy Responses**, Adv. Sci. 10 2023 2303183. DOI:10.1002/advs.202303183

Miebach, L.; Mohamed, H.; Wende, K.; Miller, V.; Bekeschus, S.: **Pancreatic Cancer Cells Undergo Immunogenic Cell Death upon Exposure to Gas Plasma-Oxidized Ringers Lactate**, Cancers 15 2023 319. DOI:10.3390/cancers15010319

Mousazadeh Borghei, S.; Brüser, V.; Kolb, J. F.: **Polarity dependence of CO₂ conversion in nanosecond pulsed large gap dielectric barrier discharges**, Eur. Phys. J. D 77 2023 36. DOI:10.1140/epjd/s10053-023-00611-x

Murmantsev, A.; Veklich, A.; Baeva, M.; Boretiskij, V.; Ninyovskij, V.: **Investigation of Plasma Parameters Using OES and Spectra Simulations**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 103. DOI:10.14311/ppt.2023.2.103

Najam, A.; Methling, R.; Hummel, J.; Gonzalez, D.; Uhrlandt, D.: **Electrical and Optical Investigation of an Electric Arc in Hydrogen for short gaps**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 73. DOI:10.14311/ppt.2023.2.73

Nave, A. S. C.; Wubs, J. R.; van Helden, J. H.: **Measurement of argon excimers, Ar*2, in a cold atmospheric plasma jet using cavity ringdown spectroscopy**, Appl. Phys. Lett. 123 2023 184102. DOI:10.1063/5.0173740

Neuber, S.; Sill, A.; Ahrens, H.; Quade, A.; Helm, C. A.: **Influence of Different Solutions on Electrically Conductive Films Composed of Carbon Nanotubes and Polydimethylallylammonium**, ACS Appl. Energy Mater. 1 2023 1493. DOI:10.1021/acsaenm.3c00085

Nonnenmacher, L.; Fischer, M.; Haralambiev, L.; Bekeschus, S.; Schulze, F.; Wassilew, G. I.; Schoon, J.; Reichert, J. C.: **Orthopaedic applications of cold physical plasma**, EFORT Open Rev. 8 2023 409. DOI:10.1530/EOR-22-0106

Pan, Y.; Sun, D.-W.; Cheng, J.-H.; Brust, H.; Weltmann, K.-D.: **Insights into inactivation and response mechanisms of sublethal Listeria monocytogenes treated by cold plasma with joint transcriptomics and metabolomics**, J. Appl. Microbiol. 134 2023 lxad112. DOI:10.1093/jambio/lxad112

Pilz, R. A.; Skowronek, D.; Mellinger, L.; Bekeschus, S.; Felbor, U.; Rath, M.: **Endothelial Differentiation of CCM1 Knockout iPSCs Triggers the Establishment of a Specific Gene Expression Signature**, Int. J. Mol. Sci. 24 2023 3993. DOI:10.3390/ijms24043993

Pipa, A. V.; Puth, A.; Böcker, J.; Jafarpour, S. M.; Dalke, A.; Biermann, H.; Röpcke, J.; van Helden, J. H.: **Laser absorption spectroscopy for plasma-assisted thermochemical treatment. Part I.: applicability of the Beer-Lambert law and interpretation of spectroscopic data**, Plasma Sources Sci. Technol. 32 2023 085011. DOI:10.1088/1361-6595/ace9f9

- Pipa, A. V.; Puth, A.; Böcker, J.; Jafarpour, S. M.; Dalke, A.; Biermann, H.; Röpcke, J.; van Helden, J. H.: **Laser absorption spectroscopy for plasma-assisted thermochemical treatment. Part II.: impact of the carbon and water contaminants on a low-pressure N₂ - H₂ discharge**, Plasma Sources Sci. Technol. 32 2023 085012. DOI:10.1088/1361-6595/ace9f8
- Pontzen, D. L.; Bahls, M.; Albrecht, D.; Felix, S. B.; Dörr, M.; Ittermann, T.; Nauck, M.; Friedrich, N.: **Low-grade inflammation is associated with a heterogeneous lipoprotein subclass profile in an apparently healthy population sample**, Lipids Health Dis. 22 2023 100. DOI:10.1186/s12944-023-01856-6
- Rataj, R.; Werneburg, M.; Below, H.; Kolb, J. F.: **Hydrogen Peroxide Production of Individual Nanosecond Pulsed Discharges Submerged in Water of Elevated Conductivity**, Chem-PhysChem 24 2023 e202300143. DOI:10.1002/cphc.202300143
- Rovetta-Nogueira, S. d. M.; Borges, A. C.; Oliveira Filho, M. d.; Nishime, T. M. C.; Hein, L. R. d. O.; Kostov, K. G.; Koga-Ito, C. Y.: **Helium Cold Atmospheric Plasma Causes Morphological and Biochemical Alterations in Candida albicans Cells**, Molecules 28 2023 7919. DOI:10.3390/molecules28237919
- Saadati, F.; Jahanbakhshi, F.; Mahdikia, H.; Abbasvandi, F.; Ghomi, H.; Yazdani, N.; Aghazadeh, K.; Emmert, S.; Bekeschus, S.: **Cold Physical Plasma Toxicity in Breast and Oral Squamous Carcinoma In Vitro and in Patient-Derived Cancer Tissue Ex Vivo**, Appl. Sci. 13 2023 6472. DOI:10.3390/app13116472
- Sadiek, I.; Friedrichs, G.: **Two species—one wavelength detection based on selective optical saturation spectroscopy**, Sci. Rep. 13 2023 17098. DOI:10.1038/s41598-023-44195-3
- Sadiek, I.; Hjältén, A.; Roberts, F. C.; Lehman, J. H.; Foltynowicz, A.: **Optical frequency comb-based measurements and the revisited assignment of high-resolution spectra of CH₂Br₂ in the 2960 to 3120 cm⁻¹ region**, Phys. Chem. Chem. Phys. 25 2023 8743-8754. DOI:10.1039/d2cp05881b
- Schmidt, A.; da Silva Brito, W. A.; Singer, D.; Mühl, M.; Berner, J.; Saadati, F.; Wolff, C.; Miebach, L.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Short- and long-term polystyrene nano- and microplastic exposure promotes oxidative stress and divergently affects skin cell architecture and Wnt/beta-catenin signaling**, Part. Fibre Toxicol. 20 2023 3. DOI:10.1186/s12989-023-00513-1
- Schmidt, A.; Mühl, M.; Brito, W. A. d. S.; Singer, D.; Bekeschus, S.: **Antioxidant Defense in Primary Murine Lung Cells following Short- and Long-Term Exposure to Plastic Particles**, Antioxidants 12 2023 227. DOI:10.3390/antiox12020227
- Schneider, O.; Gonzalez, D.; Ehrhardt, A.: **Multiphysical Simulation of Impulse Current Arcs in Spark Gaps for Industrial Applications**, Plasma Phys. Technol. 10 2023 119. DOI:10.14311/ppt.2023.2.119
- Seebauer, C.; Freund, E.; Dieke, T.; Hasse, S.; Segebarth, M.; Rautenberg, C.; Metelmann, H.; Bekeschus, S.: **Decreased inflammatory profile in oral leukoplakia tissue exposed to cold physical plasma ex vivo**, J. Oral Pathol. Med. 52 2023 1021. DOI:10.1111/jop.13496
- Striesow, J.; Wesche, J.; McKitterick, N.; Busch, L. M.; von Woedtke, T.; Greinacher, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.: **Gas plasma-induced platelet activation corresponds to reactive species profiles and lipid oxidation**, Free Radic. Biol. Med. 207 2023 212. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2023.07.024
- Troschke-Meurer, S.; Zumpe, M.; Meißner, L.; Siebert, N.; Grabarczyk, P.; Forkel, H.; Maletzki, C.; Bekeschus, S.; Lode, H. N.: **Chemotherapeutics Used for High-Risk Neuroblastoma Therapy Improve the Efficacy of Anti-GD2 Antibody Dinutuximab Beta in Preclinical Spheroid Models**, Cancers 15 2023 904. DOI:10.3390/cancers15030904
- van Rooij, O.; Wubs, J.; Höft, H.; Sobota, A.: **DBD-like and electrolytic regimes in pulsed and AC driven discharges in contact with water**, J. Phys. D: Appl. Phys. 57 2023 115201. DOI:10.1088/1361-6463/ad1221
- Vicente de Paula Kodaira, F.; Almeida, A. C. d. P. L.; Tavares, T. F.; Quade, A.; Hein, L. R. d. O.; Kostov, K. G.: **Study of a Conical Plasma Jet with a Cloth-Covered Nozzle for Polymer Treatment**, Polymers 15 2023 3344. DOI:10.3390/polym15163344
- von Woedtke, T.; Gabriel, G.; Schaible, U. E.; Bekeschus, S.: **Oral SARS-CoV-2 reduction by local treatment: A plasma technology application?**, Plasma Process. Polymers 20 2023 2200196. DOI:10.1002/ppap.202200196
- Wagner, R.; Weihe, T.; Winter, H.; Weit, C.; Ehlbeck, J.; Schnabel, U.: **Reducing Storage Losses of Organic Apples by Plasma Processed Air (PPA)**, Appl. Sci. 13 2023 12654. DOI:10.3390/app132312654
- Wallis, J.; Kruth, A.; Demmel, F.: **Proton Dynamics in a Spark-Plasma Sintered BaZr_{0.7}Ce_{0.2}Y_{0.1}O_{3-d} Proton Conductor investigated by Quasi-elastic neutron scattering**, Phys. Chem. Chem. Phys. 25 2023 13155–13163. DOI: 10.1039/d3cp00159h
- Wannicke, N.; Brust, H.: **Inactivation of the Plant Pathogen Pythium ultimum by Plasma-Processed Air (PPA)**, Appl. Sci. 13 2023 4511. DOI:10.3390/app13074511

Weihe, T.; Yao, Y.; Opitz, N.; Wagner, R.; Krall, J.; Schnabel, U.; Below, H.; Ehlbeck, J.: **Plasma-Treated Water: A Comparison with Analog Mixtures of Traceable Ingredients**, *Microorganisms* 11 2023 932. DOI:10.3390/microorganisms11040932

Wetegrove, M.; Duarte, M. J.; Taube, K.; Rohloff, M.; Gopalan, H.; Scheu, C.; Dehm, G.; Kruth, A.: **Preventing Hydrogen Embrittlement: The Role of Barrier Coatings for the Hydrogen Economy**, *Hydrogen* 4 2023 307. DOI:10.3390/hydrogen4020022

Winter, H.; Wagner, R.; Yao, Y.; Ehlbeck, J.; Schnabel, U.: **Influence of plasma-treated air on surface microbial communities on freshly harvested lettuce**, *Curr. Res. Food Sci.* 7 2023 100649. DOI:10.1016/j.crfs.2023.100649

Wittig, F.; Pannenberg, L.; Schwarz, R.; Bekeschus, S.; Ramer, R.; Hinz, B.: **Antiangiogenic Action of JZL184 on Endothelial Cells via Inhibition of VEGF Expression in Hypoxic Lung Cancer Cells**, *Cells* 12 2023 2332. DOI:10.3390/cells12192332

Witzke, K.; Kensbock, R.; Willsch, C. U.; Fricke, K.; Bekeschus, S.; Metelmann, H.-R.: **Mechanical and Plasma Electrolytic Polishing of Dental Alloys**, *Materials* 16 2023 6222. DOI:10.3390/ma16186222

Wolff, C. M.; Singer, D.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Immune and inflammatory responses of human macrophages, dendritic cells, and T-cells in presence of micro- and nanoplastic of different types and sizes**, *J. Hazard. Mater.* 459 2023 132194. DOI:10.1016/j.jhazmat.2023.132194

Wolff, T.; Foest, R.; Kersten, H.: **On different modes of a filamentary atmospheric pressure plasma jet: modeling, laser schlieren deflectometric and high-speed camera investigations**, *Eur. Phys. J. D* 77 2023 34. DOI:10.1140/epjd/s10053-023-00591-y

Wubs, J. R.; Invernizzi, L.; Gazeli, K.; Macherius, U.; Lü, X.; Schrottke, L.; Lombardi, G.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **Validation of THz absorption spectroscopy by a comparison with ps-TALIF measurements of atomic oxygen densities**, *Appl. Phys. Lett.* 123 2023 081107. DOI:10.1063/5.0160303

Wubs, J. R.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; Lü, X.; Röben, B.; Biermann, K.; Schrottke, L.; Grahn, H. T.; van Helden, J. H.: **Terahertz absorption spectroscopy for measuring atomic oxygen densities in plasmas**, *Plasma Sources Sci. Technol.* 32 2023 025006. DOI:10.1088/1361-6595/acb815

Zhu, T.; Baeva, M.; Testrich, H.; Kewitz, T.; Foest, R.: **Effect of a Spatially Fluctuating Heating of Particles in a Plasma Spray Process**, *Plasma Chem. Plasma Process.* 43 2023 1-24. DOI:10.1007/s11090-022-10290-y

EINGELADENE VORTRÄGE 2022

Ravandeh, M.: **Combination of cold atmospheric plasma and biomimetic membrane as a versatile toolbox in redox medicine**. Skin@Bath Network Symp., Bath/UK 2022

Baeva, M.; Hannig, M.; Methling, R.; Gött, G.; Gonzalez, D.: **Predictive capability and efficiency of 2D planar against 3D models of LV interrupters**. 31st Int. Conf. on Electrical Contacts (ICEC), Sapporo/Japan 2022

Becker, M. M.; Chaerony Siffa, I.: **Metadata schema and tools for research data management in plasma technology**. 48th Annual Plasma Physics Conference, Liverpool/UK 2022

Bekeschus, S.: **Medical Gas Plasma Technology – The Now and Future**. 14th ISPlasma, Nagoya/Japan 2022

Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Hosseini-Rad, R.; Schmidt, M.; Brüser, V.: **Dielectric Barrier Discharges for Gas Conversion: From Decontamination to Synthesis**. 18th Int. Conf. on Plasma Surface Engineering (PSE), Erfurt/Germany 2022

Clemen, R.; Miebach, L.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Gas Plasma Technology Augments Ovalbumin Immunogenicity and OT-II T Cell Activation Conferring Tumor Protection in Mice** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Kruth, A.: **Podiumsdiskussion Ammonia: a versatile hydrogen carrier**. European Hydrogen Week, Brussels/Belgium 2022

Kruth, A.: **CAMPFIRE Green Ammonia Technology Development**. hy-fcell, Stuttgart/Deutschland 2022

Kruth, A.: **Ammoniak als Schiffsantrieb**. DPG Frühjahrstagung - Arbeitskreis Energie, Erlangen/Deutschland 2022

Masur, K.: **Cold Plasma for accelerated healing of chronic wounds in diabetic patients**. 12th Int. Symp. on Plasma Bioscience (ISPB-12), Seoul/Korea 2022

Masur, K.; Meister, M.; Choi, Eun Ha; Hasse, S.; von Woedtke, T.: **Standardization in Plasma Medicine: From DIN Spec to IEC standards**. 12th Int. Symp. on Plasma Bioscience (ISPB-12), Seoul/Korea 2022

Masur, K.; Meister, M.; Choi, Eun Ha; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Cold Plasma for Accelerated Healing of Chronic Wounds in Diabetic Patients**. 20th Int. Congr. on Plasma Physics, Gyeongju/Korea 2022

Masur, K.; Shome, D.; Schmidt, J.; von Woedtke, T.: **Wundtherapie mit Kaltem Plasma -vom Labor in die klinische Anwendung**. 3. WundD.A.CH Dreiländerkongress, Stuttgart/Deutschland 2022

Miebach, L.; Freund, E.; Wende, K.; Kersting, S.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S. **Conductivity augments ROS and RNS delivery and tumor toxicity of an argon plasma jet.** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Schnabel, U.; Ell, A.; Morath, C.; Schlüter, O.; Bourke, P.; Ehlbeck, J. **Plasma Treated Water: Scaling Efficacy from Bench to Pilot to Industry for Fresh Produce.** European Symposium on Food Safety, München/Deutschland 2022

Weltmann, K.-D.; v. Woedtke, T.; Kolb, J.F.; Brandenburg, R.; Gerling, T.; Bekeschus, S.; Bansemer, R.; Hahn, V.; Ehlbeck, J.; Brust, H.; Zocher, K.; Brüser, V.; Kruth A.; Clemen R.: **With Plasma from Medicine to Hydrogen.** Plasma Processing and Technology Int. Conf., Barcelona/Spain 2022

Wende, K.: **Is biomolecule oxidation by plasma-derived reactive species restricted to the gas-liquid interphase?** 49th Intern. Conf. on Plasma Science (ICOPS), Seattle/USA 2022

Wubs, J. R.: Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; Lü, X.; Röben, B.; Biermann, K.; Schrottke, L.; Grahn, H. T.; van Helden, J. H.: **Terahertz Spectroscopy for Measurements of Electron and Atomic Oxygen Densities in Plasma** 7th Int. Conf. on Field Laser Applications in Industry and Research (FLAIR), Aix-Les-Bains/France 2022

EINGELADENE VORTRÄGE 2023

Gerling, T.: **Design of an Automatic Contactless Wound Size Measurement System with Deep Learning and Computer Cision.** 6. Nürnberger Wundkongress, Nürnberg/Deutschland 2023

Becker, M. M.; Brandenburg, R.; Hoder, T.; Höft, H.; Jovanovic, A. P.; Loffhagen, D.: **Modelling and analysis of single-filament dielectric barrier discharges at atmospheric pressure.** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Becker, M. M.; Brandenburg, R.; Hoder, T.; Höft, H.; Jovanovic, A. P.; Loffhagen, D.: **Standards and tools for modelling and data-driven analysis of technological plasmas.** 20. Fachtagung Plasmatechnologie, Bochum/Deutschland 2023

Bekeschus, S.: **Gas Plasma Technology in Medical Care.** 20. Fachtagung Plasmatechnologie, Bochum/Deutschland 2023

Bekeschus, S.: **Plasma treatment of cancers – ablation vs. Immunotherapy.** 8th Intern. Workshop on Plasma for Cancer Treatment (IWPCT), Ralieggh/USA 2023

Brandenburg, R.; Pipa, A.V.; Hosseini Rad, R.; Schiorlin, M.; Bröcker, L.; Klages, C.-P.: **Electrical characterization of barrier discharges: Linking fundamentals and applications.** 3rd Plasma Thin Film International Union Meeting (PLATHINI-UM), Antibes/France 2023

Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Brüser, V.; Adrianto, D.; Mahdikia, H.; Hosseini Rad, R.: **CO₂ Splitting in Dielectric Barrier Discharges: Prospects to Increase CO Formation.** 785. WE-Heraeus Seminar on Non-Thermal Plasmas for Sustainable Chemistry, Bad Honnef/Germany 2023

Brüser, V.; Mousazadeh Borghei, S.; Adrianto, D.; Kolb, J. F.; Brandenburg, R.: **Plasma-assisted catalytic processes for hydrogen storage and production.** 13th Asian-European Int. Conf. on Plasma Surface Engineering, Busan/South Korea 2023

Brust, H.: **Plasmaanwendungen für die Landwirtschaft: Potenziale und Herausforderungen.** 43. ak-adp Workshop, Leipzig/Germany 2023

Brust, H.: **Plasmaanwendungen für die Landwirtschaft: Potenziale und Herausforderungen.** 43. ak-adp Workshop, Leipzig/Germany 2023

Brust, H.; Bousselmi, S.; Wagner, R.; Seipke, E.S.: **Effects of plasma treated water on narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) under abiotic stress.** 4th Intern. Workshop on Plasma Agriculture (IWOPA), Seoul/South Korea 2023

Clemen, R.; Bekeschus, S.: **Gas Plasma Technology in Medical Care.** Int. Conf. on Research and Applications of Plasmas (PLASMA2023), Warsaw/Poland 2023

Gortschakow, S.: **Optical diagnostics of switching vacuum arcs.** 30th ISDEIV, Okinawa/JP, 2023

Gortschakow, S.: **Influence of electrode surface evolution on the properties of high-current vacuum arcs in switching applications.** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Hempel, E.: **Physikalische Plasmen - ein wertvolles Werkzeug zur gezielten Modifizierung der Oberflächeneigenschaften von Implantaten.** EFDS-Workshop "Implantate – Wenn die Antwort in der Schicht steckt", Tuttlingen/Germany 2023

Höft, H.; Huiskamp, T.; Jovanovic, A. P.; Loffhagen, D.; Becker, M.M.; Mattern, P.; Gerling, T.: **Absolute ion density measurement (MAID) by evaluating ion acoustic waves in the plasma – an approach via external excitation.** 2nd Annual meeting of COST Action PlasTHER, Bologna/Italy 2023

Höft, H.; Kettlitz, M.; Schmidt, M.; Becker, M.M.; Brandenburg, R.: **Understanding single-filament barrier discharges as a keystone for optimised multi-filament reactors.** 20. Fachtagung Plasmatechnologie, Bochum/Deutschland 2023

Kolb, J. F.; Brüser, V.; Borghei, S. M.; Hahn, V.; Schneider, M.; Rataj, R.; Weltmann, K. D.: **Chemical Transformation by Atmospheric Pressure Discharges in Air with the Addition of Water.** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Kolb, J. F.; Brust, H.; Bansemer, R.; Wannicke, N.; Weltmann, K. D.: **Plasma Agriculture – from Laboratory to Field.** 4th Intern. Workshop on Plasma Agriculture (IWOPA), Seoul/South Korea 2023

Kolb, J. F.; Schneider, M.; Brust, H.; Rataj, R.; Wannicke, N.; Brüser, V.; Weltmann, K. D.: **Plasma Treatment of Water for Agricultural Production.** Global Plasma Forum, Aomori/Japan 2023

Kruth, A.; Wartmann, J.: **Praxisbeispiel zur Regionalentwicklung: „Synergien für die Entwicklung von Technologiefeldern am Beispiel Ammoniak- und Wasserstoffforschung“ - Emissionsfreie Energie in der Region Nord-Ost.** IX. Sitzung der Bund-Länder-AG SynBLAG, Berlin/Deutschland 2023

Kruth, A.; Wartmann, J.: **CAMPFIRE Partner Alliance for Implementation of Green Ammonia Technologies.** Energytech 2023, Paris/France

Kruth, A.; Wartmann, J.: **Grüne Ammoniak Technologien für Energiesicherheit, Klimaschutz und Wirtschaftswachstum.** Regionalkonferenz Gemeinsam.Nachhaltig.Regional, Rostock/Deutschland 2023

Kruth, A.; Wartmann, J.: **CAMPFIRE Partner Alliance for Implementation of Green Ammonia Technologies.** H₂ Forum im ECC, Berlin/Deutschland 2023

Kruth, A.: **Plasma-gestützte Erzeugung von Materialien für die Wasserstofftechnologie.** INPLAS-AG Neuartige Plasmaquellen und -prozesse, 31.Treffen, Salzgitter/Deutschland 2023

Kruth, A.: **Germany in Focus – opportunities for green and low-carbon hydrogen in the country.** Hydrogen Dialogue Latin America, Sao Paulo/Brazil 2023

Kruth, A.: **The role of ammonia as a hydrogen carrier.** World Hydrogen 2023, Rotterdam/The Netherlands 2023

Kruth, A.: **Praxisbeispiel zur Regionalentwicklung „Synergien für die Entwicklung von Technologiefeldern am Beispiel Ammoniak- und Wasserstoffforschung - Emissionsfreie Energie in der Region Nord-Ost“.** Synergien nutzen: Horizont Europa und Strukturfonds, Essen/Deutschland 2023

Kruth, A.: **CAMPFIRE Partner Alliance for Implementation of Green Ammonia Technologies.** HY-5: Europe's Future Leading Green Hydrogen Region, Rostock-Laage/Deutschland 2023

Kruth, A.: **Panel II: Industrie „Nutzung von grünem Wasserstoff“ – unterstützt von thyssenkrupp Steel Europe.** Hy.Summit.Rhein.Ruhr, Duisburg/Deutschland 2023

Kruth, A.: **The Potential of Green Ammonia in Developing and Emerging Countries.** The Potential of Green Ammonia in Developing and Emerging Countries, Berlin/Deutschland 2023

Rettke, D.; Barillas-Mora, L.: **SurfAP3@: A Desktop Plasma Printing Technology for Micrometer-Scale Surface Treatment Targeted at Biomedical Applications.** V2023-Workshop "Coatings for Biomedical Applications", Dresden/Germany 2023

Sadieq, I.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **Mid-infrared frequency comb spectroscopy of plasmas.** 20th LAPD, Kyoto/Japan 2023

Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Ehlbeck, J.: **Innovative washing & disinfection of fresh-cut lettuce.** KRONEN Customer Day, Kehl/Germany, 2023

Uhrlandt, D.: **Electric models of arcs in different applications.** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Uhrlandt, D.: **Experimental studies of arcs in hydrogen containing gases.** Munich Hydrogen Symposium, München-Garching/Germany 2023

v. Woedtke, T.: **Cold atmospheric plasma applications in medicine.** 49th Annual Plasma Physics Conference, Oxford/UK 2023

van Helden, J. H.; Wubs, J. R.; Macherius, U.; Lü, X.; Röben, B.; Biermann, K.; Schrottke, L.; Grahn, H.T.; Weltmann, K.-D.: **Plasma Diagnostics with THz Lasers.** Optica Sensing Congress, München/Deutschland 2023

Wannicke, N.; Brust, H.: **Potential der Saatgutbehandlung mit physikalischem Kaltplasma (CAP) zur Saatguthygiene und Biostimulanz.** 134. VDLUFA-Kongress - Klimaanpassung und Ernährungssicherheit - Herausforderungen für die Landwirtschaft, Freising/Germany 2023

Weltmann K.-D.; von Woedtke T.: **Plasma Medicine Knowledge and Technology Transfer FROM IDEA TO PRO-DUCT**. Electron-driven processes, Symposium in Honor of Kurt H. Becker, Brooklyn/USA 2023

Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.; Kolb, J.F.; Gerling, T.; Kruth, A.: **Low temperature plasma - About a Hidden Champion or a Silent Revolution**. DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

VORTRÄGE 2022

Methling, R.; Gonzalez, D.; Schmausser, S.; Kellermann, M.; Ehrhardt, A.: **Investigation of Post Arc Radiating Behaviour of a Spark Gap for DC Protection**. 31st Int. Conf. on Electrical Contacts (ICEC), Sapporo/Japan 2022

Baeva, B.; Zhu, T.; Benilov, M.; Testrich, H.; Kewitz, T.; Methling, R.; Wallis, J.; Foest, R.: **Plasma spraying related modelling and experimental studies**. Plasma Processing and Technology Int. Conf., Barcelona/Spain 2022

Balazinski, M.; Hahn, V.; Kolb, J.F.: **Decontamination of water using pulsed electric fields (PEF) and plasma for aquaculture**. 8th PEF School on Pulsed Electric Field Appl. in Food and Biotechn., Compiègne/France 2022

Balazinski, M.; Schmidt, M.; Arndt, G-M.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J.F.; Hahn, V.: **Physical Plasma as an efficient and sustainable disinfection technology in recirculating aquaculture systems**. Aquaculture Europe 2022, Rimini/Italy 2022

Barillas-Mora, L.: **SurfAP3® Direct Writing Micro Plasma Printing for Localized Surface Functionalization Aimed at Biosensing and Microfluidic Applications**. Micro and Nano Engineering (MNE) Eurosensors, Leuven/Belgien 2022

Barillas-Mora, L.: **SurfAP3® – Direct Writing Micro Plasma Printing for Localized Surface Modification of Biosensors and Microfluidic Devices**. 11th Int. Workshop on Microplasmas, Raleigh/USA 2022

Barillas-Mora, L.: **SurfAP3® – Plasma Printing for Local Surface Modification of Biosensors and Microfluidics**. 11th Workshop of Chemical and Biological Micro Laboratory Technology, Ilmenau/Germany 2022

Becker, M. M.; Chaerony Siffa, I.; Gerling, T.; Höft, H.; Jovanovic, A. P.; Kusyn, L.; Loffhagen, D.; Stankov, M. N.; Hoder, T.: **Combining modelling and experiment for advanced plasma diagnostics**. 17th Hakone, Kerkrade/Netherlands, 2022

Bekeschus, S.: **Medical gas plasma as an innovative technology for therapy and immunomodulation in skin cancer**. 16th Int. Symposium "Tumor Immunology meets Oncology XIV", Halle/Germany 2022

Bekeschus, S.; Evert, K.; Kocher, T.; Schindler, A.; Müller, M.; Pink, C.; Holtfreter, B.; Schmidt, A.; Dombrowski, F.; Schubert, A.; von Woedtke, T.; Rupf, S.; Calvisi, D.; Jablonowski, L.: **Repeated exposure of the oral mucosa over 12 months with cold plasma is not carcinogenic in mice**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Bekeschus, S.; Miebach, L.; Berner, J.; Freund, E.; Burchardt, M.; Gelbrich, N.: **Medical gas plasma augments bladder cancer cell toxicity and immunogenicity in preclinical models and patient-derived tumor tissues**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Bekeschus, S.; Singer, D.; Wende, K.; Schmidt, A.: **Expression signatures associated with oxidative stress sensitivity in 30 human cancer cell lines**. Redox Biology Congress, Ghent/Belgium, 2022

Bousselmi, S.; Bretschneider, E.S.; Wagner, R.; Pan, Y.; Horn, S.; Brust, H.: **Effects of plasma treated water on seed germination and growth of blue lupine (Lupinus angustifolius L.) plants under abiotic stress**. 9th Central European Symp. on Plasma Chemistry (CESPC), Strebske Plesco/Slovakia 2022

Brandenburg, R.; Hink, R.: **Zum Potential von Plasmatechnologien zur Verwertung von biogenem Kohlendioxid - Ansätze im WIR!-Bündnis biogiiV**. 29. REGWA Energie-Symposium, Stralsund/Deutschland 2022

Chaerony Siffa, I.; Masur, K.; Eschenburg, C.; Emmert, S.; Gerling, T.: **"AmbuPlas" - development of a mobile sensory device (MSD) to trace treatment conditions for various medical plasma devices**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Collantes Jiménez, P.; Sievers, G. W.; Quade, A.; Brüser, V.; Arenz, M.: **Bridging the gap between lab and application: A novel Porous Transport Electrode three-electrode setup for degradation studies under realistic current densities of magnetron sputtered Ir-based catalysts**. GDCh Electrochemistry 2022, Berlin/Deutschland 2022

Collantes Jiménez, P.; Wiberg, G.K.H.; Arenz, M.; Sievers, G.W.; Brüser, V.: **Bridging the gap between lab and application: A novel Porous Transport Electrode three-electrode setup for degradation studies under realistic current densities of magnetron sputtered Ir-based catalysts**. Symp. on Insights into Gas Diffusion Electrodes: From Fundamentals to Industrial Applications, Magdeburg/Deutschland 2022

Ehlbeck, J.; Stachowiak, J.; Andrasch, M.; Handorf, O.; Schnabel, U.: **Plasma treated water for application in food science**. 41. ak-adp Workshop - Atmosphärendruckplasma für hygienisch sensible Bereiche, Hannover/Deutschland 2022

Fischer, M.; Schoon, J.; Bekeschus, S.; Wassilew, G. **Der Einfluss von klinisch zertifiziertem Gasplasma auf das Sekretom und das osteogene Potential von mesenchymalen Stammzellen einer endoprothetischen Patientenkohorte**. Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, Berlin/Deutschland 2022

Gelbrich, N.; Miebach, L.; Burchardt, M.; Zimmermann, U.; Bekeschus, S. **Antineoplastische Effekte in humanen Harnblasenkrebszellen und in von Patienten stammendem Tumorgewebe nach einer Behandlung mit medizinischem Gasplasma**. 13. Symposium Urologische Forschung der DGU e.V., Erlangen/Deutschland 2022

Gelbrich, N.; Miebach, L.; Burchardt, M.; Zimmermann, U.; Bekeschus, S. **Medizinisches Gasplasma in der Uroonkologie – Erfolgversprechende Therapieoption bei der Behandlung von Harnblasenkrebs**. 74. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Urologie, Hamburg/Deutschland 2022

Gerling, T.; Masur, K.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Kaltplasma in der Wundbehandlung: Technische Voraussetzungen**. Wundsymposium 'Wunden und Venen im Winter', Rostock/Deutschland 2022

Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Hahn, V.; Hasse, S.; Mattern, P.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Eberhard, C.; Matthes, R.; Jablonowski, L.; Kocher, T.: **Development, qualification and preliminary certification of a dental plasma device for a multicenter clinical study**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Hahn, V.; Hasse, S.; Mattern, P.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Eberhard, C.; Matthes, R.; Jablonowski, L.; Kocher, T.: **Development, qualification and preliminary certification of a dental plasma device for a multicenter clinical study**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Gonzalez, D.; Methling, R.; Gortschakow, S.; Koepf, H.; Steegmueller, P.; Holbe, S.: **Investigation of the Plasma of a DC hybrid-switch model at beginning of contact separation**. 31st Int. Conf. on Electrical Contacts (ICEC), Sapporo/Japan 2022

Hadian, K.; Rataj, R.; Jablonowski, H.; Bansemer, R.; Bekeschus, S.; Brandenburg, R.; Hahn, V.; Mrochen, D. M.; von Woedtke, T.; Gerling, T.: **Electrical and optical investigation of the long term operation of an endoscopic plasma device**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Hahn, V.; Balazinski, M.; Schmidt, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Kolb, J.: **Physical plasma for decontamination in aquaculture**. Aquaculture Europe 2022, Rimini/Italy 2022

Hasse, S.: **Investigations on microbiome and proteome in chronic wound exudates under plasma treatment**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Hasse, S.; Masur, K. **Kaltplasmaanwendungen bei diabetischen Fußwunden**. Wundsymposium des Wundnetz Berlin-Brandenburg e.V., Berlin/Deutschland 2022

Hempel, F.: **Aktuelle Trends für die Anwendung physikalischer Plasmen zur Modifikation von Oberflächen im Life Science Bereich**. 16. Thementage Grenz- und Oberflächentechnik (ThGOT), Zeulenroda/Deutschland 2022

Hink, R.; Uhrlandt, D. **biogeniV Bündnis Vorstellung – neue Verfahren und Technologien zur Verwertung biogener Reststoffe im östlichen MV**. 16. Rostocker Bioenergieforum, Rostock/Deutschland 2022

Hinzke, T.; Zühlke, D.; Schneider, D.; Hahn, V.; Stressmann, F.; Premke, K.; Kolb, J. F.; Daniel, R.; Riedel, K.: **Sewage treatment plants as hotspots of critical antibiotics resistances - and how to tackle this health threat**. One Health Conference (OHC), Virtual Event/Internet 2022

Höft, H.; Wubs, J. R.; Kettlitz, M.; Becker, M.M.; Weltmann, K.-D.: **Investigations on the impact of electrode proximity on streamer breakdown and development of pulsed DBDs**. DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022

Hosseini Rad, R.; Schiorlin, M.; Brüser, V.; Brandenburg, R.: **CO₂ conversion in barrier discharges with and without packed bed filling at elevated pressures**. DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022

Jovanovic, A. P.; Höft, H.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.: **Modelling of streamer inception in pulsed-driven dielectric barrier discharges at atmospheric pressure**. DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022

Käufer, F.; Maess, R.; Kahlert, H.; Kruth, A.: **Synthesis of catalytically active filter materials via plasma-mediated method for application in electro-fenton process for degradation of pharmaceuticals, online, 2022**. 13th Ed. of Int. Conf. on Catalysis, Chemical Engineering and Technology, Orlando/USA 2022

Klose, S.-J.; van Helden, J. H.: **The spatial distribution of species in an atmospheric pressure plasma jet investigated by cw cavity ring-down spectroscopy**. 14th Cavity Enhanced Spectroscopy Meeting (CES), Lecco/Italy 2022

- Krüger, T: **Surface and material modification to influence the adhesion of plasma sprayed coatings.** Material Research Society (MRS) Fall Meeting & Exhibit, Boston/USA 2022
- Lang, N.; Ellis, J.; Köpp, D.; van Helden, J. H.: **Clarification of the production mechanism of ammonia in a hydrogen plasma with parts per million nitrogen.** Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics XIV, Levico Terme/Italy 2022
- Mahdikia, H.; Brüser, V.; Brandenburg, R.: **CO₂ conversion in a barrier corona discharge at elevated pressures.** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022
- Masur, K.: **Plasmamedizin vom Labor in die Klinik.** Wundsymposium 'Wunden und Venen im Winter', Rostock/Deutschland 2022
- Masur, K: **Kaltplasma - Bench to Bedside;** PALM Wundsymposium 'Wunden und Venen im Winter', Rostock/Deutschland 2022
- Masur, K; Meister, M; Choi, Eun Ha; Hasse, S; von Woedtke, T: **Standardization in Plasma Medicine: From DIN Spec to IEC standards.** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022
- Masur, K; Meister, M; Peters, K; von Woedtke, T: **Plasma modulation of human progenitor cells.** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022
- Masur, Kai **Plasmatherapie als alternativer Ansatz in der Wundversorgung.** Wundsymposium des Wundnetz Berlin-Brandenburg e.V., Berlin/Deutschland 2022
- Mewafy, B.; Ravkina, O.; Arias-Serrano, B.; Wallis, J.; Rohloff, M.; Silva, J.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.; Wartmann, J.; Kruth, A.: **Ammonia membrane reactor based on mixed-conducting thin-film oxygen membranes for optimised processing of ammonia as a carbon-free maritime fuel, Honolulu/USA, 2022.** Material Research Society (MRS) Spring Meeting & Honolulu, Hawaii/USA 2022
- Mewafy, B.; Ravkina, O.; Arias-Serrano, B.; Wallis, J.; Rohloff, M.; Silva, J.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.; Wartmann, J.; Kruth, A.: **Asymmetric Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-d} Membrane for Oxygen Permeation: Synergetic Fabrication By Magnetron Sputtering Deposition and Selective Laser Annealing, Atlanta/USA, 2022.** 242th ECS Meeting, Atlanta/USA 2022
- Minkus, L.; Wende, K.: **Formation of Lipid Peroxidation Products by Gas Plasmas - Translation from the Liposome Model to Human Platelets.** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022
- Mousazadeh Borghei, S.; Brüser, V.; Kolb, J. F.: **Splitting of CO₂ by a nanosecond-pulsed dielectric barrier discharge.** 5th Int. Symp. on Plasma for Catalysis and Energy Materials, Liverpool/UK 2022
- Mousazadeh Borghei, S.; Brüser, V.; Kolb, J. F.: **CO₂ dissociation by a nanosecond pulsed dielectric barrier discharge.** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022
- Nasri, Zahra **The impact of oxidative stress on the barrier properties of lipid bilayers.** 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022
- Naumann, A.: **Vorstellung der Aktivitäten des Hy-Core Clusters.** 29. REGWA Energie-Symposium, Stralsund/Deutschland 2022
- Nishime, T.M.C.; Werner, J.; Horn, S.; Wannicke, N.; Weltmann, K.-D.; Brust, H.: **Influence of the reactor configuration on the treatment of rapeseed using a conical corona reactor.** 9th Central European Symp. on Plasma Chemistry (CESPC), Strebske Plesco/Slovakia 2022
- Ravandeh, M.: **Protein corona formation and characterization of environmentally relevant microplastics generated by sonication.** Microplastics 2022, Ascona/Switzerland 2022
- Rohloff, M.; Levien, M.; Krüger, T.; Sievers, G.; Wetegrove, M.; Kruth, A.: **Plasmaforschung für den Treibstoff von morgen, Bielefeld/Deutschland, 2022.** Plasma Germany Herbstsitzung, Steinhagen/Deutschland 2022
- Rohloff, M.; Lindemann, U.; Albrecht, A.; Quade, Kruth, A.; A.; Prabhakar, M.; Rohwerder, M.; Scheu, C.; Kapp, J.; Lukassek, V.: **Challenges in Plasma-Based Synthesis of MAX-Phase Anti-Corrosion Coatings for Metallic Bipolar Plates, Boston/USA, 2022.** Material Research Society (MRS) Fall Meeting & Exhibit, Boston/USA 2022
- Rojas, C.; Quarz, P.; Garcia, V.; Kapp, J.; Käufer, F.; Lukassek, V.; Scharfer, P.; Wartmann, J.; Schabel, W.; Kruth, A.: **Graphene Suspension by a new plasma-in-liquid process for thin film coatings of polymer-membranes for fuel cell application, Barcelona/Spain, 2022.** Plasma Processing and Technology Int. Conf., Barcelona/Spain 2022
- Sadiek, I.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **Mid-infrared Optical Frequency Comb Spectroscopy for Plasma Diagnostics.** Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics XIV, Levico Terme/Italy 2022
- Sadiek, I.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **Mode-resolved Mid-Infrared Optical Frequency Comb Spectroscopy Using an Air-spaced VIPA without Optical Cavity Filtering.** 14th Cavity Enhanced Spectroscopy Meeting (CES), Lecco/Italy 2022

Sadiek, I.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **An Air-spaced Virtually Imaged Phased Array Spectrometer Based on a Mid-Infrared Optical Frequency Comb**. OSA Optical Sensors and Sensing Congress, Virtual Event/Internet 2022

Sadiek, I.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **A new broadband high-resolution spectrometer based on a mid-infrared frequency comb for plasma diagnostic**. Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics XIV, Levico Terme/Italy 2022

Schmidt, M.; Hahn, V.; Rataj, R.; Hoffmann, U.; Skowski, H.; Bekeschus, S.; von Woedtke, Th.: **Non-thermal plasma for generation of antimicrobial aerosol**. 9th Central European Symp. on Plasma Chemistry (CESPC), Strebske Plesco/Slovakia 2022

Schmidt, M.; Kettlitz, M.; Kolb, J. F.: **Enhanced extraction of methyl ethyl ketone from a gas stream**. 12th Int. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma for Pollution Control & Sustainable Energy (ISNTP-12), Hokkaido/Japan 2022

Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Winter, H.; Ehlbeck, J.: **Non-thermal Plasma for Fresh Produce: Scaling Efficacy from Bench to Prototype and Industry for gaseous and liquid applications**. EFFoST/IFT-NPD Workshop on Nonthermal Processing of Foods, Dublin/Ireland 2022

Schwefel, K.; Malinverno, M.; Pilz, R.A.; Skowronek, D.; Leopoldi, A.; Biedenweg, D.; Bekeschus, S.; Penninger, J.M.; Dejana, E.; Felbor, U.; Rath, M.: **Tumor-like proliferation of CCM3 knockout endothelial cells in co-culture with wild-type cells**. 12th Int. Kloster Seeon Meeting 'Angiogenesis', Seeon-Seebruck/Germany 2022

Uhrlandt, D.: **Entwicklung eines innovativen Systems für druckneutrale Hochspannungsanlagen unter Wasser**. 2. CO₂-Win Statuskonferenz des BMBF, Berlin/Deutschland 2022

Uhrlandt, D.: **Neue Verfahren und Technologien zur Verwertung biogener Reststoffe im östlichen MV**. 16. Rostocker Bioenergieforum, Rostock/Deutschland 2022

Wende, K.: **Biomolecule oxidation by CAP derived species – a general concept in biomedical plasma applications**. 9th Central European Symp. on Plasma Chemistry (CESPC), Strebske Plesco/Slovakia 2022

Wende, K.: **Biomolecule oxidation by gas phase species and the role of the gas-liquid interphase**. 17th Hakone, Kerkrade/Netherlands, 2022

Wende, K.: **Plasma-driven liquid chemistry**. COST ACTION PlasTHER Working Group 1 workshop, Virtual Event/Internet 2022

Wende, K.: **Protective role of sphingomyelin in eye lens membrane against oxidative stress during aging**. 24th Int. Conf. on Oxidative Stress Reduction, Paris/France 2022

Wende, Kristian **Relevance and limitation of plasma-driven protein oxidation in model and clinical application**. 9th ICPM, Utrecht/Netherlands 2022

Wetegrove, M.; Rohloff, M.; Lindemann, U.; Quade, A.; Román-Silva, J.; Kruth, A.: **Cathodic plasma electrolytic deposition of an aluminium oxide based hydrogen permeation barrier**, Barcelona/Spain, 2022. Plasma Processing and Technology Int. Conf., Barcelona/Spain 2022

Wolff, C.; Singer, D.; Brito, W.A.S.; Saadati, F.; Berner, J.; Wende, K.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **The effect of microplastic particles on cells of the adaptive and innate immune system**. Microplastics2022, Ascona/Switzerland 2022

Wolff, C.; Singer, D.; Brito, W.A.S.; Saadati, F.; Berner, J.; Wende, K.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **The effect of microplastic particles on cells of the adaptive and innate immune system**. Microplastics2022, Ascona/Switzerland 2022

Wubs, J. R.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; Lü, X.; Röben, B.; Biermann, K.; Schrottke, L.; Grahn, H. T.; van Helden, J. H.: **Terahertz Spectroscopy for Measurements of Atomic Oxygen Densities**. Gordon Res. Conf. Plasma Processing Sci., Andover/USA 2022

Wubs, J. R.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **Terahertz Spectroscopy for Measurements of Electron and Atomic Oxygen Densities**. Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics XIV, Levico Terme/Italy 2022

Wubs, J. R.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **High-Resolution Terahertz Spectroscopy with Quantum-Cascade Lasers for Atomic Oxygen Density Measurements**. DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Virtual Event/Internet 2022

Yao, Y.; Schnabel, U.; Stachowiak, Ehlbeck, J.: **Optimization and upscaling of non-thermal atmospheric plasma for decontamination of (a)biotic surfaces**. PROTECT/TRANSIT symposium - Food Sustainability & Safety in a Changing Climate, Dublin/Ireland 2022

Zocher, K.: **Scaling microalgal biomass extraction for industrial application**. 4th World Congr. on Electroporation and Pulsed Electric Fields in Biology, Medicine and Food & Environmental Technologies, Copenhagen/Denmark 2022

VORTRÄGE 2023

Augstein, P.: **Q-SCORE: A COMPOSITE METRIC FOR EVALUATION OF SHORT-TERM QUALITY OF GLYCEMIC CONTROL** 16th International Conference on Advanced Technologies & Treatments for Diabetes (ATTD), Berlin/Germany 2023

Adrianto, D.; Schiorlin, M.; Brüser, V.; Brandenburg, R.; Grundmann, S.: **CO₂ splitting in 3D-printed barrier discharge reactors** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Ahmadi, M.; Wagner, R.; Mattern, P.; Plathe, N.; Bekeschus, S.; Becker, M.M.; Weidtkamp-Peters, S.: **Towards multimodal data linking for bioimaging in plasma medicine** Data Stewardship goes Germany, Dresden/Germany 2023

An, S.: **Process Monitoring during Plasma Electrolytic Polishing (PEP) of WC-Co Based Cemented Carbide** 13th Asian-European Int. Conf. on Plasma Surface Engineering, Busan/South Korea 2023

An, S.: **Spatio-temporal characterization of gaseous layer development during plasma electrolytic polishing, XXVII. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie und Ionenstrahlprozesse, Mühlleithen, 2023** 27. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie, Mühlleithen/Germany 2023

Baeva, M.: **Simulation of the Arc Motion in Low-Voltage Surge Protection Devices.** Comsol Conference, Munich/Germany 2023

Baeva, M.: **Radiative heat transfer in models of dc arc plasma.** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Baeva, M.; Cressault, Y.; Kloc, P.: **Self-consistent access to radiative heat transfer in arc plasma models** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Baeva, M.; Hannig, M.; Ehrhardt, A.; Methling, R.; Gött, G.; Gonzalez, D.: **Modelling studies and diagnostics of air arc plasma in LV surge protection devices** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Baeva, M.; Zhu, T.; Testrich, H.; Foest, R.: **Simulation and experimental studies for plasma spraying applications** 25th Int. Symp. on Plasma Chemistry (ISPC), Kyoto/Japan 2023

Balazinski, M.: **Cold atmospheric plasma and pulsed electric fields as decontamination technologies for recirculating aquaculture systems.** Aquaculture Europe 2023, Wien/Austria 2023

Barillas-Mora, L.: **Mikro-APPS: Entwicklung und Transfer einer Mikro-Atmosphärendruck-Plasmaquelle (μ APPS) für die hochauflösende Behandlung von Oberflächen und die Mikrotechnik** DATIpilot-Roadshow, by BMBF (application for DATIpilot – Promoting & Learning for Innovation and Transfer), Rostock/Germany 2023

Barillas-Mora, L.: **Precision Plasma-Assisted Additive Manufacturing for the Fabrication of Multi-Material ELMs** DFG Workshop Priority Programme "Engineered Living Materials with Adaptive Functions" (SPP 2451), Saarbrücken/Germany 2023

Barillas-Mora, L.: **SurfAP3®: A Flexible Plasma-based Technology for Thin-film Printed Biosensors and Micro-fabrication** 33rd Anniversary World Congress on Biosensors, Busan/South Korea 2023

Barillas-Mora, L.: **MicroQosmos: A True Desktop Solution for Maskless and Precise Surface Functionalization Using Atmospheric-Pressure Microplasmas and SurfAP3® Technology** 43. ak-adp Workshop, Leipzig/Germany 2023

Becker, M.: **Community Efforts for Research Data Management in Low-Temperature Plasma Physics.** HELPMI Workshop, Berlin/Deutschland 2023

Borghei, S. M.; Brüser, V.; Kolb, J. F.: **Influence of liquid water and hydrogen on CO₂ conversion for a nanosecond pulsed DBD** 25th Int. Symp. on Plasma Chemistry (ISPC), Kyoto/Japan 2023

Brust, H.: **Effects of Plasma Treated Water on Narrow-leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.) under Abiotic Stress** 4th Intern. Workshop on Plasma Agriculture (IWOPA), Seoul/South Korea 2023

Chaerony Siffa, I.; Becker, M. M.; Trieschmann, J.: **Towards machine-learned surrogate Poisson solvers for plasma simulations in complex geometries** 4th Int. Conf. on Data Driven Plasma Sciences, Okinawa/Japan 2023

Chaerony Siffa, I.; Becker, M. M.; Trieschmann, J.: **Towards Machine-Learned Poisson Solvers for Low-Temperature Plasma Simulations** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Chaerony Siffa, I.; Stankov, M.; Becker, M. M.: **Adamant: A JSON-Based Metadata Editor for Researchers** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Clemen, R.; Bekeschus, S.: **Kaltes Plasma von Wundheilung bis Krebs – die Rolle des Immunsystems** 8. Plasma-medicin-Workshop/44. Workshop des AK-ADP, Göttingen/Germany 2023

Clemen, R.; Bekeschus, S.: **Radical Lessons - Inflammatory Consequences of Medical Gas Plasma Exposure** 1st forum "Our immune system and the rest of the world", Greifswald/Germany 2023

Clemen, R.; Fuentes-Lemus, E.; Bekeschus, S.; Davies, M.J.: **Oxidation of human amylin induces chemical and structural changes and formation of immunogenic products** REDOX BIOLOGY IN TRANSLATION Annual Meeting of the Society for Free Radical Research, Vienna/Austria 2023

do Nascimento, F.; Gerling, T.; Kostov, K. G.: **Influence of the working gas on the temperature of atmospheric pressure plasma jets** XXI B-MRS Meeting 2023, Maceio-Alagoas/Brasil 2023

Dorraki, N.: **Spectroscopic Analysis of pre-strike arc in medium voltage load break switches at different closing speeds.** International Conference on Gas Discharges and their Applications 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Dorraki, N.: **Spectroscopic Analysis of pre-strike arc in medium voltage load break switches at different closing speeds.** International Conference on Gas Discharges and their Applications 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

externe Coautoren **Antibiotic resistances spread through wastewater treatment plants – and can be restrained.** Jahrestagung der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM), Göttingen/Germany 2023

Fuentes-Lemus, E.; Clemen, R.; Bekeschus, S.; Davies, M.J.: **Effect of oxidation, chlorination and nitration on the morphology and immunogenicity of the fibril-forming protein amylin** FEBS Advanced Courses, Spesis/Greece 2023

Gonzalez, D.: **Complementary experimental and simulation-based characterization of transient arcs** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Gonzalez, D.: **Characterization of arc plasma during hybrid-switching using a DC model switch** 68th IEEE Holm Conf. on Electrical Contacts, Seattle/USA 2023

Gortschakow, S.: **Switching behavior of g3 based mixtures** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Gortschakow, S.: **Modelling of switching arcs at short electrode distances** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Gortschakow, S.: **DIAGNOSTICS OF PARTIAL DISCHARGES BY COMBINED ELECTRICAL AND OPTICAL MEASUREMENTS** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Hahn, V.; Schmidt, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Kolb, J.: **Environmentally friendly hydroxylation and dimerization reactions mediated by cold atmospheric-pressure plasma** 14th European Congress of Chemical Engineering and 7th European Congress of Applied Biotechnology (ECCE/ECAB), Berlin/Germany 2023

Hasse, S.; Kantz, L.; Masur, K.; Schmidt, J.; von Woedtke, T.: **Mikrobiologische Analysen und Heilungserfolg nach kINPen MED Einsatz im Rahmen der Plasma-Therapie chronischer Wunden bei Patienten mit Diabetes** 8. Plasmamedizin-Workshop/44. Workshop des AK-ADP, Göttingen/Germany 2023

Hink, R.: **Erste Ergebnisse aus dem biogeniV Basiskonzept Bioraffinerie** 30. REGWA Symposium, Stralsund/Deutschland 2023

Höft, H.; Becker, M.M.; Huiskamp: **Breakdown and development of sub-ns pulsed sparks in short gaps** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Höft, H.; Becker, M.M.; Kettlitz, M.; Dap, S.; Loffhagen, D.; Weltmann, K.-D.; Naudé, N.; Brandenburg, R.: **Miniaturised Atmospheric Pressure Townsend Discharges in Nitrogen/Nitrous Oxide Gas Mixtures: Role of Associative Ionisation** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Höft, H.; Ton, C.; Huiskamp, T.; Gerling, T.: **Study on interaction of two single-filament DBDs** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Jovanovic, A. P.; Höft, H.; Loffhagen, D.; Gerling, T.; Becker, M. M.: **Modelling of self-pulsing discharges at atmospheric pressure** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Jovanovic, A. P.; Höft, H.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.; Gerling, T.: **Study of ion kinetics and ion acoustic wave excitation in self-pulsing discharge in argon at atmospheric pressure** 76th GEC, Ann Arbor/USA 2023

Klose, S.-J.; Bansemer, R.; Brandenburg, R.; van Helden, J.H.: **Impact of feed gas humidity on the discharge dynamics in an Ar-operating atmospheric pressure plasma jet** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Krös, L.; Harris, B.; Nave, A.; Wagenaars, E.; van Helden, J. H.: **A comparison of the spatial distribution of H_2O_2 in the effluent of the kINPen-Sci and the COST Reference Microplasma Jet** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Krüger, T.: **Surface and material modification to influence the adhesion of plasma sprayed coatings** 27. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie, Mühlleithen/Germany 2023

Kruth A.: **Green Ammonia for a Carbon-free Energy Economy –Technology Development in CAMPFIRE**. Spring School Hydrogen Technology 2023, Lauenburg/Germany

Kruth A.; Höpfner, D.; Zeretske, M.; Prochnow, S.; Vogler U., Wartmann, J.: **CAMPFIRE GreenBalticCruising - Development of a concept for the implementation of new propulsion systems for the use of ammonia as fuel in the Baltic Sea region** Ammonia Energy Association Webinar, Virtual Event/Internet 2023

Kruth A.; Wartmann, J.: **CAMPFIRE Partner Alliance: Green Ammonia Technology Development for a Future Hydrogen Economy** North Sea Power House Event, Stuttgart/Germany 2023

Mahdikia, M.; Brüser, V.; Brandenburg, R.: **Operating Barrier Corona Discharges in Argon and CO_2 Gas Mixtures at Elevated Pressure** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Mahdikia, M.; Brüser, V.; Schiorlin, M.; Brandenburg, R.: **CO_2 Splitting by Barrier Corona Discharge at Elevated Pressure to Optimize the Energy Efficiency and Production Rate of CO** 25th Int. Symp. on Plasma Chemistry (ISPC), Kyoto/Japan 2023

Masur, K.: **Plasma modulation of human progenitor cells isolated from fatty tissue** 2nd Annual meeting of COST Action PlasTHER, Bologna/Italy 2023

Mattern, P.: **Open Laboratory Environment (OLE) Sensor-Net** 2nd Workshop on FAIR Data in Plasma Science, Bochum/Germany 2023

Matthes, R.; Jablonowski, L.; Pitchika, V.; Holtfreter, B.; Eberhard, C.; Seifer, L.; Gerling, T.; Schlüter, R.; Kocher, T.: **Plasmaquellen und -konzepte in der Medizin** 2023 IADR/LAR General Session & Exhibition with WCPD, Bogota/Colombia 2023

Matthes, R.; Jablonowski, L.; Pitchika, V.; Holtfreter, B.; Eberhard, C.; Seifer, L.; Gerling, T.; Schlüter, R.; Kocher, T.: **Decontamination of biofilm covered dental titanium implants by combined treatment with Dental water jet and cold plasma - an in vitro study** 2023 IADR/LAR General Session & Exhibition with WCPD, Bogota/Colombia 2023

Meinke, M.; Hasse, S.; Böckmann, L.: **Vorklinische Untersuchungen einer neuartigen Plasmaquellen** 8. Plasma-medicin-Workshop/44. Workshop des AK-ADP, Göttingen/Germany 2023

Methling, R.: **Investigation of a cadmium discharge utilized in explosion protection by means of optical emission spectroscopy** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Methling, R.: **Optische Untersuchungen zur Wiederverfestigung einer DC-Schaltstrecke bei hybriden Schaltvorgängen** 27. Albert-Keil-Kontaktseminar (AKK), Karlsruhe/Germany 2023

Methling, R.: **Optical investigation of a spark gap for DC protection around current zero** 24th Symp. on Physics of Switching Arc, Nove Mesto na Morave/Czech Republic 2023

Rojas, C.; Levien, M.; Schulz, T.; Lukassek, V.; Kaap, J.; Käufer, F.; Sommer, T.; Quarz, P.; Presser, V.; Scharfer, P.; Schabel, V.; Wartmann, J.; Kruth, A.: **Novel Modular Plasma-in-Liquid Synthesis Process for Graphene-based Nanomaterials for Energy Storage** 3rd global conference on nanotechnology and nanomaterials, Berlin/Germany 2023

Ruhnau, K.; Bekeschus, S.: **Cold Atmospheric Jet Plasma in Tissue Repair** 33rd Conference of the European Wound Management Association, Milan/Italy 2023

Sadiek, I.; Fleisher, A. J.; Hayden, J.; Hugi, A.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **High-Resolution Dual-Comb Spectroscopy at $9.5 \mu m$ for Plasma-Assisted Ammonia Production** Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO), San Jose/USA 2023

Sadiek, I.; Fleisher, A. J.; Lang, N.; van Helden, J. H.: **Absolute abundance measurements of molecular species in a plasma reactor with non-uniform temperature using optical frequency comb Fourier transform spectroscopy** Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO), San Jose/USA 2023

Schneider, M.; Kolb, J.F.: **Innovative Plasmatechnologien für die Wasserbehandlung** 9. Industrietage Wassertechnik (DECHEMA/DWA), FrankfurtM/Germany 2023

Schneider, M.; Kolb, J.F.: **Innovative plasma technologies for the treatment and reuse of water** BLUE PLANET Berlin Water Dialogues - Closing the Loop: Circular Water Economy, Virtual Event/Internet 2023

Stankov, M.; Gortschakow, S.; Becker, M. M.; Bansemer, R.; Weltmann, K.-D.; Löffhagen, D.: **Modelling and experimental studies of dielectric barrier discharges in dry and humidified air at sub-atmospheric pressure** 23rd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Greifswald/Germany 2023

Stankov, M.; Becker, M. M.; Bröcker, L.; Klages, C.-P.; Löffhagen, D.: **Modelling and experimental analysis of DBDs in Ar-TMS and Ar-HMDS mixtures** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Uhrlandt, D.: **Effektive Verwertung biogener Reststoffe durch Kopplung von Energie- und Stoffströmen – ein Konzept** 17. Rostocker Bioenergieforum, Rostock/Germany 2023

Uhrlandt, D.: **Properties of Vacuum Arcs Generated by Switching RMF Contacts with Progressing Surface Degradation** 30th ISDEIV, Okinawa/JP, 2023

Wannicke, N.; Brust, H.: **Plasma-processed air as a possible alternative seed treatment against Phoma glomerata and Pleiochaeta setosa on blue lupin** XVI. International Lupin Conference, Rostock/Germany 2023

Wende, K.: **Combination of cold plasma and biomimetic liposomes and membranes as a versatile toolbox in redox medicine** 25th Int. Symp. on Plasma Chemistry (ISPC), Kyoto/Japan 2023

Wende, K.; Nasri, Z.; Minkus, L.; Clemen, R.; Weltmann, K.D.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S.: **Oxidative modification of proteins by gas plasma derived reactive species – a general concept in plasma medicine?** 54. DGMS-Jahrestagung in Dortmund/Germany 2023

Wubs, J. R.; Invernizzi, L.; Gazeli, K.; Lombardi, G.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **Comparison between THz absorption spectroscopy and ps-TALIF measurements of atomic oxygen densities** 35th ICPIG, Egmond aan Zee/The Netherlands 2023

Wubs, J. R.; Invernizzi, L.; Gazeli, K.; Lombardi, G.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **Comparison between THz absorption spectroscopy and ps-TALIF measurements** DPG-Frühjahrstagung SMuK, Dresden/Deutschland 2023

Wubs, J. R.; Invernizzi, L.; Gazeli, K.; Lombardi, G.; Lü, X.; Schrottke, L.; Macherius, U.; Weltmann, K.-D.; van Helden, J. H.: **Comparison between THz absorption spectroscopy and ps-TALIF measurements of atomic oxygen densities** Optica Sensing Congress, München/Deutschland 2023

Zocher, K.: **Physikalisches Plasma als Extraktionsmethode für Mikroalgen** Symposium der blauen Bioökonomie, Oldenburg/Germany 2023

Zocher, K.: **Physical Plasma Methods for a Novel Circular Bioeconomy Approach** Circular Bioeconomy Cluster Meeting, Finsterwalde/Germany 2023

BACHELOR

Djokic, Sascha: **Einsatz von Atmosphärendruckplasma zur Entfernung von Harnstoff aus wässrigen Flüssigkeiten** (Universität Greifswald/INP, 13.10.2022)

Elsayed, Ahmad: **Einflussfaktoren auf die Plasma-vermittelte Inaktivierung von Mikroorganismen im Abwasser unter besonderer Berücksichtigung eines Escherichia coli Isolats** (Universität Greifswald, 15.03.2023)

Falke, Adrian/PQK: **Prototyping a ROS based 3-axis Traversing System with onboard temperature logging** (EUREGIO BioMedtech Center, Fachhochschule Münster, 10.03.2022)

Fritz Förchner: **Speichelproteine an Plastikproben** (Universität Greifswald, 01.01.-30.06.2023)

Gill, Amargan, **Abbau von Agrarchemikalien durch physikalische Verfahren** (TU Berlin, 2.6.2022)

Köhler, Stella: **Untersuchung des Abbaus von Arzneimittelmischungen unter eFenton Bedingungen** (Universität Greifswald, 05/2022 - 01/2023)

Kriegel, Marie: **Pestizidabbau mit einer Kavitationsplasmaquelle** (Universität Greifswald, 01.11.2023)

Kübler, Andrea: **Investigation of the antimicrobial and metabolic effects of plasma treated water (PTW) on Bacillus subtilis DSM 10** (INP/Universität Greifswald, 13.04.2022-31.10.2022)

Landskron, A.: **Effects of physical plasma on the thiol proteome and protein aggregation in an Escherichia coli wastewater isolate** (Universität Greifswald, 18.05.2022)

Marian Köhler: **Massenspektrometrische Analyse von oxidativen Veränderungen in Pseudomonas Aeruginosa nach Behandlung von H₂O₂ und physikalischem Plasma** (Universität Greifswald, 01.05.-30.09.2023)

Melissa Mühl: **Plastikpartikel und Auswirkungen auf Lungenzellen** (Universität Greifswald, 11.05.2023)

Mühl, M.: **Aufnahme und Wirkung von Mikroplastik in Lungen-Epithelzellen** (Universität Greifswald, 01.04.22-30.07.2022)

Ruangthong, Jonas/PQ: **Fachgerechte Auslegung eines großvolumigen Atmosphärendruckplasmareaktors für die Saatgutbehandlung** (Hochschule Emden-Leer, 02.05.2023)

Sánchez González, María/PQ: **Development of a high voltage generator for powering an atmospheric pressure plasma jet for endoscopic applications** (Universidad de Costa Rica, 23.02.23)

Zücker, Jonathan: **Developing a test rig for an analysis of the interplay between cold plasma (DBD) and an extraction electrode with PIV** (TU Berlin, 0A2:C161.10.20-31.03.21)

MASTER

Buthura Venkata, Rajesh Reddy: **Investigations into structural and mechanical properties of stainless steel bipolar plates with Ti2AlC corrosion resistant coatings for fuel cell applications** (Hochschule Stralsund, 19.09.2022)

Guerrero Sanchez: **Effect of pressure on magnetic cores in pressure tolerant electrical systems for subsea applications** (Uni HRO, Elektrische Energietechnik, 11.05.2023)

Hoff, Johannes: **Prätherapeutische Kameradiagnostik in der Plasmabehandlung vom diabetischen Fußulkus - Biostatistische Aspekte einer randomisiertenkontrollierten Studie** (Hochschule Stralsund, März bis Oktober 2022)

Jakub Vokurka: **Simulation and optimisation of a PWM controlled power supply for low current DC multi-arc loads** (Uni HRO, Elektrische Energietechnik, 27.09.2023)

Julia Edelmann: **Kombination von Cisplatin und Plasma beim Harnblasenkrebs** (Universität Greifswald, 29.10.2023)

Kantz, Liane: **Untersuchung von antimikrobiellen Peptiden und Bakterien mit kaltem physikalischem Plasma; Forschung an humanem Gewebe mit schwer heilenden Wunden** (Fachhochschule für Gesundheit Tirol Innsbruck, 13.01.2022)

Krös, Levin: **Comparison of the spatial distributions of H_2O_2 in KINpen and Cost-Jet plasmajets** (Uni Greifswald 27.02.2023)

Krüger, Laura: **Analysis of non-enzymatic post-translational modifications of human plasma fibronectin by cold atmospheric plasma-derived reactive oxygen and nitrogen species** (Universität Greifswald, 21.06.2022)

López-Carrasquilla, David: **Design and implementation of a control unit and user interface for a plasma printing process** (Costa Rica Institute of Technology, 03.03.2023)

López-Vásquez, A.: **Embedded System for the Monitoring and Subsystems Control of a Plasma Printer Print Head** (Costa Rica Institute of Technology, 25.11.2022)

Marwan Brayek: **Akustische Lokalisierung und Analyse der Teilentladungsaktivität in Hochspannungsanlagen** (Uni HRO, Elektrische Energietechnik, 28.09.2022)

Robert Bocek: **Optimization and characterization of a low current high-pressure tungsten arc geometry in nitrogen and methane gas mixtures** (Uni HRO, Elektrische Energietechnik, 27.09..2023)

Ruoxing Yang: **Breakdown studies on PCBs in pressure tolerant electrical systems for subsea applications** (Uni HRO, Elektrische Energietechnik, 04.05.2023)

Schulan, Paul: **Investigation of the impact of reactive oxygen and nitrogen species on tyrosine kinases and tyrosine kinase inhibitors** (Universität Greifswald, 30.08.2022)

Tocaben, Clement: **power measurements KINPen Sc** (Universität Orleans, 01.03.2022 - 30.09.2022)

Venkata, Rajesh: **Investigations into structural and mechanical properties of stainless steel bipolar plates with Ti2AlC corrosion resistant coatings for fuel cell applications** (Hochschule Stralsund, 31.01.2023)

Winter, Hauke: **Impact on the native microbiome of endivia (*Cichorium endivia* L.) by plasma-treated water and air** (INP/Universität Greifswald, 17.08.2023)

Wrede, Janis: **Untersuchung der Plasma-vermittelten Transformation von Antibiotika** (Universität Greifswald, 04.05.2023)

PROMOTION

Walison Brito: **Molekulare Mechanismen der Plastiktoxizität** (Universität Londrina, 08.12.2023)

Broder Poschkamp: **Die Wirkung physikalischen Plasmas auf die Hämostase und Physiologie des Thrombozyten in humanem Vollblut** (Universitätsmedizin Greifswald, 23.11.2023)

Barillas-Mora, Laura: **Development of a Plasma Printing Technology for Depositing Functional Coatings Aimed at Spatially Controlled Immobilization of Biomolecules** (Uni Rostock, 02.11.2023)

An, Sehoon: **Experimentelle Untersuchungen zum Plasma-elektrolytischen Polieren** (CAU Kiel, 13.10.2023)

Annika Wiesener: **Plasma-vermittelte Oberflächenmodifikation von Amalgam** (Universitätsmedizin Greifswald, 01.02.2023)

Brüggemeier, Nora: **Untersuchung Plasma-induzierter Effekte anhand von 3-dimensionalen Organoid-Zellkulturen (Spheroide)** (Universitätsmedizin Greifswald, 13.01.2023)

Clarissa Schütz: **Plasma-Effekte auf die Phosphorylierung vom Histon 2A.X** (Universitätsmedizin Greifswald, 06.01.2023)

Bagli, C.: **Plasma-induzierte Regulation zellulärer Eigenschaften und Signalwege (insbesondere der Nrf2-Signalweg) während der Wundheilung im Nrf2-knockout-Mausmodell** (Universitätsmedizin Greifswald, 01.01.2022-31.10.2022)

Wenske, Sebastian: **Mass spectrometric analysis of non-enzymatic post-translational modifications introduced by cold plasma-derived reactive species in peptides and proteins** (Universität Greifswald, 07.09.2022)

Heusler, Thea: **Untersuchung zur Wirkung von kaltem Atmosphärendruckplasma über die Oxidation von Thiolgruppen** (Universitätsmedizin Greifswald, 01.09.2022)

Klose, Sarah-Johanna: **Absolute densities of reactive species in a cold atmospheric pressure plasma jet: Spatial distributions in the effluent determined by optical diagnostic methods** (Uni Greifswald, 15.08.2022)

Wenzuo, Wei: **Dielectric Characterization of Cells, Tissues and Materials** (Universität Rostock, 12.07.2019-12.07.2022)

Ramona Clemen: **Immunogenität von Hautkrebszellen und dem Modellprotein Ovalbumin nach Kaltplasma-Behandlung** (Universität Greifswald, 31.05.2022)

Mohsni, Chayma: **Studies of electric arcs in argon and carbon dioxide by numerical simulations and experiments** (University of Monastir/Tunesia, 15.01.2022)

Kraus, Paul: **Tumor-Sphäroid-Microarrays als high-throughput-Methode für die Erforschung neuer Krebs-Therapien im Labor** (Universitätsmedizin Greifswald, 18.03.2022)

PATENTE 2022

Angemeldete Patente

1. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System and method for operating a plasma jet configuration, HK 62022062042.6, angemeldet: 12.10.2022

2. Mattern, P.; Höft, H.; Weltmann, K.-D.; Turski, P.: Nozzle device and plasma source system comprising the nozzle device, EP 22203672.5, angemeldet: 25.10.2022

3. Sievers, G.; Anklam, K.; Brüser, V.; Collantes Jiménez, P.: Method for forming a catalytically-active membrane or a membrane-electrode-assembly, PCT/EP2022/082349, angemeldet: 17.11.2022

4. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Göra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, CN 202210111091.0, angemeldet: 24.01.2022

5. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System und Verfahren zum Betrieb einer Plasmajetkonfiguration, EP 20781039.1, angemeldet: 03.05.2022

6. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System and method for operating a plasma jet configuration, US 17/766,263, angemeldet: 03.04.2022

7. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System and method for operating a plasma jet configuration, CN 202080069751.2, angemeldet: 31.03.2022

8. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System and method for operating a plasma jet configuration, JP 2022-520396, angemeldet: 31.03.2022

9. Fricke, K.; Barillas-Mora, L.: Modular system and method to generate a polymer-based 2D-structure, EP 22154832.4, angemeldet: 01.02.2022

10. An, S.; Fricke, K.: Method for a high-quality finish of surfaces comprising a precious metal, EP 22166435.2, angemeldet: 03.04.2022

Erteilte Patente

1. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, EA 040243 B1, erteilt: 10.05.2022

2. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, US 11,478,292 B2, erteilt: 25.10.2022

3. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, BR 112017007257-2 B1, erteilt: 01.11.2022

4. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, CA 2,963,457 C, erteilt: 25.10.2022

5. Winter, J.: Device and methods for generating a plasma jet with associated endoscope and use, EP 3506847 B1, erteilt: 19.04.2022

6. Kellner, U.; Fröhlich, M.; Lieboldt, M.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.; Schladitz, F.: Textile Bewehrung mittels Garn und Verfahren zur Vorbereitung eines Garns, EP 3147393 B1, erteilt: 08.02.2022

7. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, HK 1242906 B, erteilt: 21.04.2022

PATENTE 2023

Angemeldete Patente

1. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, IN 202318080845, angemeldet: 28.11.2023

2. Sievers, G.; Anklam, K.; Brüser, V.; Collantes Jiménez, P.: Method for forming a catalytically-active membrane or a membrane-electrode-assembly, EP 22821337.7, angemeldet: 26.09.2023

3. Sievers, G.; Anklam, K.; Brüser, V.; Collantes Jiménez, P.: Method for forming a catalytically-active membrane or a membrane-electrode-assembly, US 18/495,800, angemeldet: 27.10.2023

4. Bendt, H.; Timm, M.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; Bannsemer, R.; Horn, S.: Handhaltbares System zur Behandlung von Oberflächen mittels Plasmas und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen mittels Plasmas unter Verwendung des handhaltbaren Systems, EP 23182164.6, angemeldet: 28.06.2023

5. Uhrlandt, D.; Hummel, J.; Kögler, D.; Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Gonzalez, D.: Vorrichtung und Verfahren zur plasmainduzierten Zersetzung von Alkanen, insbesondere von Methan, in Kohlenstoff und Wasserstoff, EP 23170458.6, angemeldet: 27.04.2023

Erteilte Patente

1. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Krafczyk, S.; Bussiahn, R.; Güra, T.; Mahrenholz, C.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, KR 102500459 B1, erteilt: 13.02.2023

2. Winter, J.: Device and method for generating a plasma-jet, EP 3977952 B1, erteilt: 13.09.2023

3. Winter, J.: Device and method for generating a plasma-jet, US 11,633,617 B2, erteilt: 25.04.2023

4. Winter, J.; Schmidt-Bleker, A.; Weltmann, K.-D.; Bendt, H.: Disinfection process using an active disinfecting substance formed in situ by reacting H_2O_2 and NO_2^- , US 11,596,701 B2, erteilt: 07.03.2023

5. Winter, J.; Schmidt-Bleker, A.; Weltmann, K.-D.; Bendt, H.: Disinfection process using an active disinfecting substance formed in situ by reacting H_2O_2 and NO_2^- , AU 2019270515 B2, erteilt: 31.08.2023

6. Brüser, V.; Reuter, S.; Rossow, N.: Device and method for chemo-physical modification of particles of a suspension, US 11,724,215 B2, erteilt: 15.08.2023

7. Brüser, V.; Reuter, S.; Rossow, N.: Device and method for chemo-physical modification of particles of a suspension, CA 3099488 C, erteilt: 23.05.2023



ZWEIJAHRESBERICHT 2022/2023

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

