

# Neuartiger Plasmagenerator in Piezotechnologie

| Dr. Stefan Nettesheim



Mit der Piezoelectric Direct Discharge Technology, kurz PDD®-Technologie genannt, wird eine Geräteklasse eingeführt, deren besonders kompakte Plasmaerzeugung für medizinische und medizintechnische Anwendungen vielfältigster Art prädestiniert ist. Die hier vorgestellte Geräteklasse verbindet die sterilisierende Wirkung atmosphärisch erzeugten Plasmas mit einer hocheffizienten Erhöhung der Oberflächenenergie.<sup>1</sup>

Die atmosphärische Plasmatechnologie steht in vielen Bereichen der Medizin und der Medizintechnik an der Schwelle zur breiten Anwendung. Die Wirksamkeit, insbesondere von nicht thermischen Plasmaquellen, konnte in vielfältigen wissenschaftlichen Arbeiten nachgewiesen werden. Unter Laborbedingungen und mit experimentellen Systemansätzen wurde gezeigt, dass kalte Plasmaquellen bei der Behand-

lung von Wunden und vielfältigen entzündlichen Erkrankungen im dermatologischen und dentalen Bereich sowie bei der Beschleunigung der Wundheilung ausgesprochen wirksam sind. Eine umfassende Aufzählung der verschiedenartigen Therapien und Methoden ist in der Einführung der Publikation „Plasma Medicine“<sup>2</sup> sehr gut zusammengefasst. Neben den direkten therapeutischen Ansätzen gibt es noch weitere An-

Abb. oben: Grundprinzip der piezoelektrischen Plasmaerzeugung. 1) Luftzufuhr, 2) Treiberelektronik, 3) piezoelektrischer Wandler, 4) atmosphärische Volumentladung.

wendungsfelder in der Biotechnologie, Pharmakologie und der Medizintechnik, besonders hervorgehoben sei hier die Oberflächenbehandlung von Implantaten zur Verbesserung der Benetzbarkeit, zur Steuerung der homogenen Zellbesiedlung und Sterilisation. Damit wird die Entwicklung zu effizienten und kostengünstigen technischen Gerätelösungen ein zentrales Thema, um aus dem Labor in die breite Anwendung zu kommen. Der Schwerpunkt liegt einerseits auf dem konkreten Nachweis der Wirksamkeit der Methode, andererseits, und dies in besonderem Maße, im Nachweis der Reproduzierbarkeit und der Sicherheit des genutzten Gerätes.

Zwei Typen von atmosphärischen Plasmasystemen dominieren die medizinischen und medizintechnischen Anwendungen: Dielektrische Barriereentladungen (dielectric barrier discharge,

Abb. 1 bis 4: Düsenansätze für verschiedene Anwendungsfälle (1, 2) Nadeldüse für die Innenbehandlung von Sacklöchern und Kavitäten und die Nutzung von Sondergasen. Düsenansatz für die flächige Behandlung von sensiblen oder leitfähigen Oberflächen (3, 4).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

Abb. 5 bis 8: Links zu sehen ist das PZ2 Handgerät im Laboreinsatz bei der Vorbehandlung von dentalen Materialien (anorganisch gefüllte Kunstharze, PEEK, Titan). Rechts zu sehen eine industriell eingesetzte Variante für die Oberflächenbehandlung nach vor-eingestellten Parametern.

DBD) zeichnen sich aus durch geringe thermische Belastungen und eine hohe Wirksamkeit bei der Behandlung von flächigen Bereichen, wie z.B. Hautgewebe, Wundversorgungsmaterial oder in der Medizintechnik eingesetzten Oberflächen. Kalte Jets oder Punktquellen sind immer dann geeignet, wenn begrenzte Flächen oder komplexe Geometrien, wie z.B. Kavitäten, behandelt werden sollen und überwiegend die Wirkung der angeregten Spezies in der Gasphase erwünscht ist. Typischerweise wird das Prozessgas hier mit hochfrequenten elektrischen Feldern angeregt. Die anwendungsorientierte Geräteentwicklung kann sich inzwischen auf eine breite wissenschaftliche Basis zur Einordnung der Wirkmechanismen stützen. Damit kann auch ein neuartiger Geräteansatz durch entsprechende Analyse der physikalisch-chemischen Charakteristika, wie z.B. UV-Emission, thermischer Fingerabdruck, Anteil an ROS (Reactive Oxygen Species) und RNS (Reactive Nitrogen Species), Elektronendichte, elektrischer Feldstärke, so gut eingeordnet werden, dass über Analogieschluss die Wirksamkeit und die Nebenwirkungen vorab abgeschätzt werden können. Die relyon plasma GmbH hat mit der piezoelektrischen direkten Entladungstechnik (PDD® Piezoelectric Direct Discharge) eine neuartige Methode entwickelt, mit der sich sowohl Mikro-Plasmajets als auch kalte Plasmen vom Typ dielektrischer Barriereentladung betreiben lassen.

### Grundprinzip der piezoelektrischen Plasmaerzeugung

PDD® basiert auf der direkten elektrischen Entladung an einem offen betriebenen piezoelektrischen Transformator (PT). Mit höchster Effizienz wird eine niedrige Eingangsspannung so transformiert, dass sehr hohe elektrische Feldstärken aufgebaut werden, und so das umgebende Prozessgas, typischerweise Luft, dissoziiert und ionisiert wird. Die Gastemperatur im Plasmavolumen liegt typischerweise nur unwesentlich oberhalb der Umgebungs-



Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7

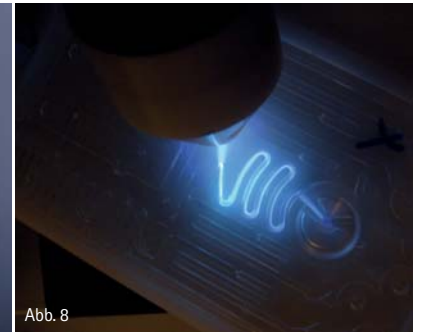


Abb. 8

temperatur. Elektronendichten von ca.  $10^{14}$  bis  $10^{16} \text{ m}^{-3}$  werden erreicht. Damit liefert PDD® ein typisches „kaltes“ Nichtgleichgewichtsplasma.<sup>3</sup>

### Gerätekonzept

Das Gerätekonzept zeichnet sich aus durch höchste Konversionseffizienz und Kompaktheit und ist in der medizintechnischen Fertigung sowohl als stationäres Gerät als auch als Handgerät bereits im Serieneinsatz.

### Konfigurationen

Über verschiedene Konfigurationen kann das System für maximale Ausbeute von Ozon und anderen reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) optimiert werden und erreicht hier den höchsten Wirkungsgrad seiner Klasse, nahe am theoretisch möglichen Grenzwert der Ausbeute. Hierzu gibt es Düsen für offene Systeme und Adapter für geschlossene Systeme (Abb. 1 und 2). Das System arbeitet so mit Luft, Argon, Helium, Stickstoff, Wasserstoff und oxidierenden oder reduzierenden Gasgemischen. Ist eine schonende flächige Behandlung gewünscht, kann ein dielektrischer Barriereinsatz gewählt werden und die Entladung wird in die Fläche erweitert (Abb. 3 und 4). Über ein modulares Stecksystem mit verschiedenen Aufsätzen kann eine Vielfalt von Anwendungen abgedeckt werden. Je nach Anforderung kann das Gerät im DBD-Modus, als kalter Plasma-Jet mit verschiedenartigen Prozessgasen oder Luft oder als intensive Punktquelle („Plasma Needle“) konfiguriert werden.

### Zusammenfassung

Mit den verschiedenen Ausführungen der PDD®-Technologie wurde nachgewiesen, dass für eine Vielfalt von Mikroorganismen eine hohe Abtötungsrate erreicht wird.<sup>3</sup> Medizintechnische Werkstoffe, wie z.B. PEEK, Teflon, Silikon und hochgefüllte Polymere, können wirkungsvoll im Benetzungsverhalten optimiert werden. Diese Eigenschaft ist die Grundlage für eine gute Klebeverbindung oder für Biokompatibilität und Akzeptanz durch das umgebende lebende Gewebe. Die vorgestellte Geräteklasse verbindet in der Anwendung die sterilisierende Wirkung mit einer hocheffizienten Erhöhung der Oberflächenenergie.<sup>4</sup>

- 1 K-Zeitung, Ausgabe 5, Seite 22: PEEK-Implantate funktionalisieren und Keime reduzieren
- 2 Plasma Medicine, Alexander Fridman und Gary Friedman, John Wiley & Sons, 2013
- 3 Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectric\\_direct\\_discharge\\_plasma](http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectric_direct_discharge_plasma)
- 4 ResearchGate.net: Effect of piezoelectric direct discharge plasma on microorganisms (DOI: 10.13140/RG.2.1.4750.4809) 2015

## kontakt.

### relyon plasma GmbH

Weidener Straße 16  
93057 Regensburg  
Tel.: 0941 60098-0  
info@relyon-plasma.com  
www.relyon-plasma.com