

# Neuartiger Plasmagenerator in Piezotechnologie:

## Medizinische und medizintechnische Anwendungen

**Mit der PDD® Technologie wird eine Geräteklasse eingeführt, die für medizinische und medizintechnische Anwendungen prädestiniert ist. Die vorgestellte Geräteklasse verbindet in der Anwendung die sterilisierende Wirkung mit einer hocheffizienten Erhöhung der Oberflächenenergie.**

### Medizinische Anwendungen

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 System-Ansätzen wurde gezeigt das kalte Plasmaquellen wirksam sind bei der Behandlung von Wunden, der Beschleunigung der Wundheilung, der Behandlung von vielfältigen entzündlichen Erkrankungen im dermatologischen und dentalen Bereich. Eine Aufzählung der verschiedenartigen Therapien und Methoden ist sehr gut zusammengefasst in der einführenden Zusammenfassung in „Plasma Medicine“ [1]. Neben den direkten therapeutischen Ansätzen gibt es noch ein sehr breites Anwendungsfeld 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.

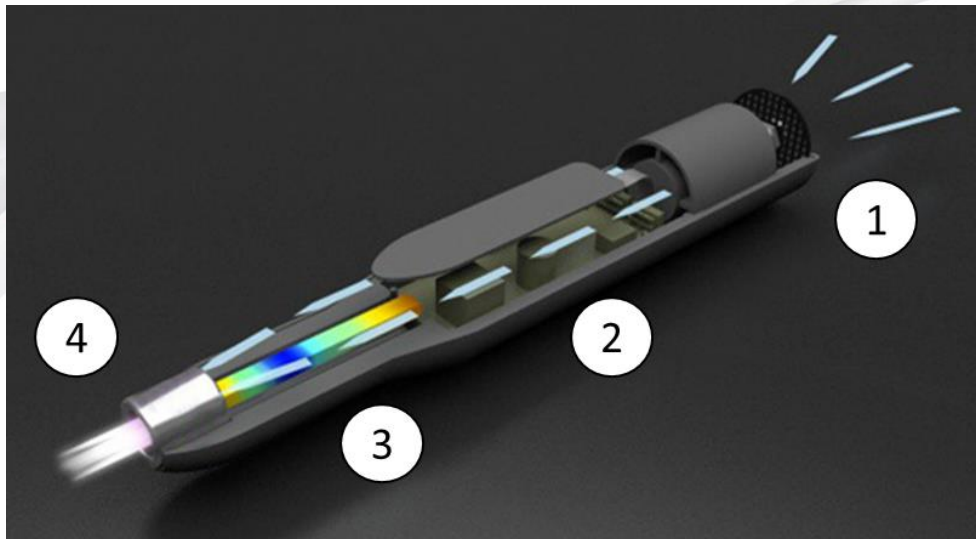
Damit wird die Entwicklung zu effizienten und kostengünstigen technischen Geräte-Lösungen ein zentrales Thema, um aus dem Labor in die breite Anwendung zu kommen. Der Schwerpunkt liegt einerseits auf dem konkreten Nachweis der Wirksamkeit der Methode, aber besonders auch im Nachweis der Reproduzierbarkeit und der Sicherheit des genutzten Gerätes.

Zwei Typen von atmosphärischen Plasmasystemen dominieren die medizinischen und medizintechnischen Anwendungen. Dielektrische Barriere Entladungen (dielectric barrier discharge 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 aber auch kalte Plasmen vom Typ dielektrische Barriere Entladung betreiben lassen.

### Grundprinzip der piezoelektrischen Plasmaerzeugung

PDD<sup>®</sup> (Piezoelectric Direct Discharge) 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 Umgebungstemperatur. Elektronendichten von ca.  $10^{14}$  bis  $10^{16} \text{ m}^{-3}$  werden erreicht. Damit liefert PDD ein typisches "kaltes" Nichtgleichgewichtsplasma [2].



**Abbildung 1:** Grundprinzip der piezoelektrischen Plasmaerzeugung. (1) Luftzufuhr, (2) Treiberelektronik, (3) Piezoelektrischer Wandler, (4) atmosphärische Volumenentladung.

### Gerätekonzept

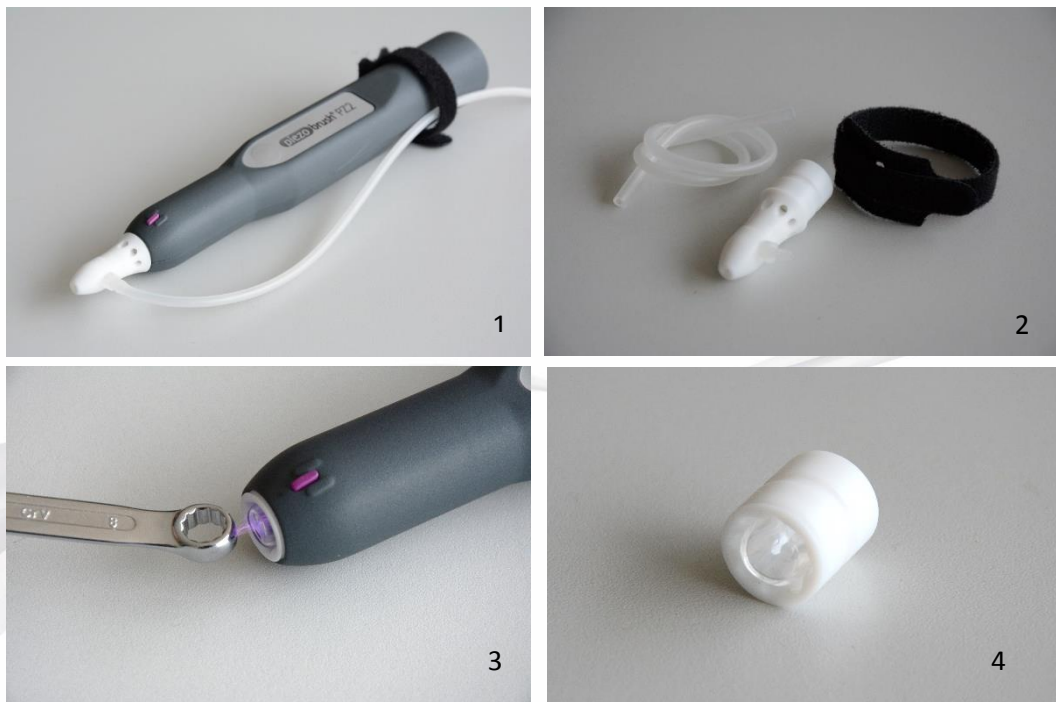
Das Gerätekonzept zeichnet sich aus durch höchste Konversionseffizienz und Kompaktheit und ist in der medizintechnischen Fertigung sowohl als stationäres Gerät als auch als Handgerät bereits im Serieneinsatz.

### Konfigurationen

Über verschiedene Konfigurationen kann das System optimiert werden für maximale Ausbeute von Ozon und anderen reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) 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 (siehe Abbildung 3). 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.

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.



**Abbildung 2:** Düsenaufsätze für verschiedene Anwendungsfälle (1, 2) Nadeldüse für die Innenbehandlung von Sacklöchern und Kavitäten und die Nutzung von Sondergasen.. (3,4) Düsenersatz für die Flächige Behandlung von sensiblen oder leitfähigen Oberflächen.



**Abbildung 3:** P22 Handgerät, Bild 1, im Laboreinsatz bei der Vorbehandlung von dentalen Materialien (anorganisch gefüllte Kunstharze, PEEK, Titan). Bild 2 zeigt eine industriell eingesetzte Variante für die Oberflächenbehandlung nach voreingestellten Parametern.

### Zusammenfassung

Mit der PDD® Technologie wird eine Geräteklasse eingeführt, die für medizinische und medizintechnische Anwendungen prädestiniert ist. Mit den verschiedenen Ausführungen wurde nachgewiesen, dass für eine Vielfalt von Mikroorganismen eine hohe Abtötungsrate erreicht wird [3].

Medizintechnische Werkstoff 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 die Biokompatibilität und die Akzeptanz durch das umgebende lebende Gewebe. Die vorgestellte Geräteklasse verbindet in der Anwendung die sterilisierende Wirkung mit einer hocheffizienten Erhöhung der Oberflächenenergie [4].

### Weitere Informationen

[1] Plasma Medicine, Alexander Fridman und Gary Friedman, John Wiley & Sons 2013

[2] Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectric\\_direct\\_discharge\\_plasma](http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectric_direct_discharge_plasma)

[3] ResearchGate.net: Effect of piezoelectric direct discharge plasma on microorganisms (DOI: 10.13140/RG.2.1.4750.4809) 2015

[4] K-Zeitung, Ausgabe 5, Seite 22: PEEK-Implantate funktionalisieren und Keime reduzieren