

Manuel Gomez Garcia, Yannick Raffel, Edin Husidic, Jens Frech, Anna Hellermann

manuel.gomezgarcia@rub.de, yannick.raffel@rub.de, edin.husidic@rub.de, jens.frech@rub.de, anna.hellermann@rub.de

Gruppe 4 | SOWAS-Praktikum | Ruhr-Universität Bochum

Einleitung

Im Rahmen des SOWAS-Praktikums wurden Mikroplasma und deren Wirkung auf Bakterien untersucht.

Dies ist ein aktueller Forschungsbereich an der Schnittstelle zwischen Physik und Medizin, da Mikroplasma zur Wundheilung und Desinfektion eingesetzt werden können.

Der Versuch bestand aus zwei Teilen: Plasmakalibrierung und Bakterienbehandlung.

Es standen zwei verschiedene Plasmaquellen zur Verfügung, ein microscale APP-Jet und eine kommerzielle DBD-Quelle (dielectric barrier discharge), die unterschiedliche Eigenschaften aufwies. Ziel war es, die Ausbeute an NO-Radikalen zu maximieren, da diese eine stark abtötende Wirkung auf Bakterien haben.

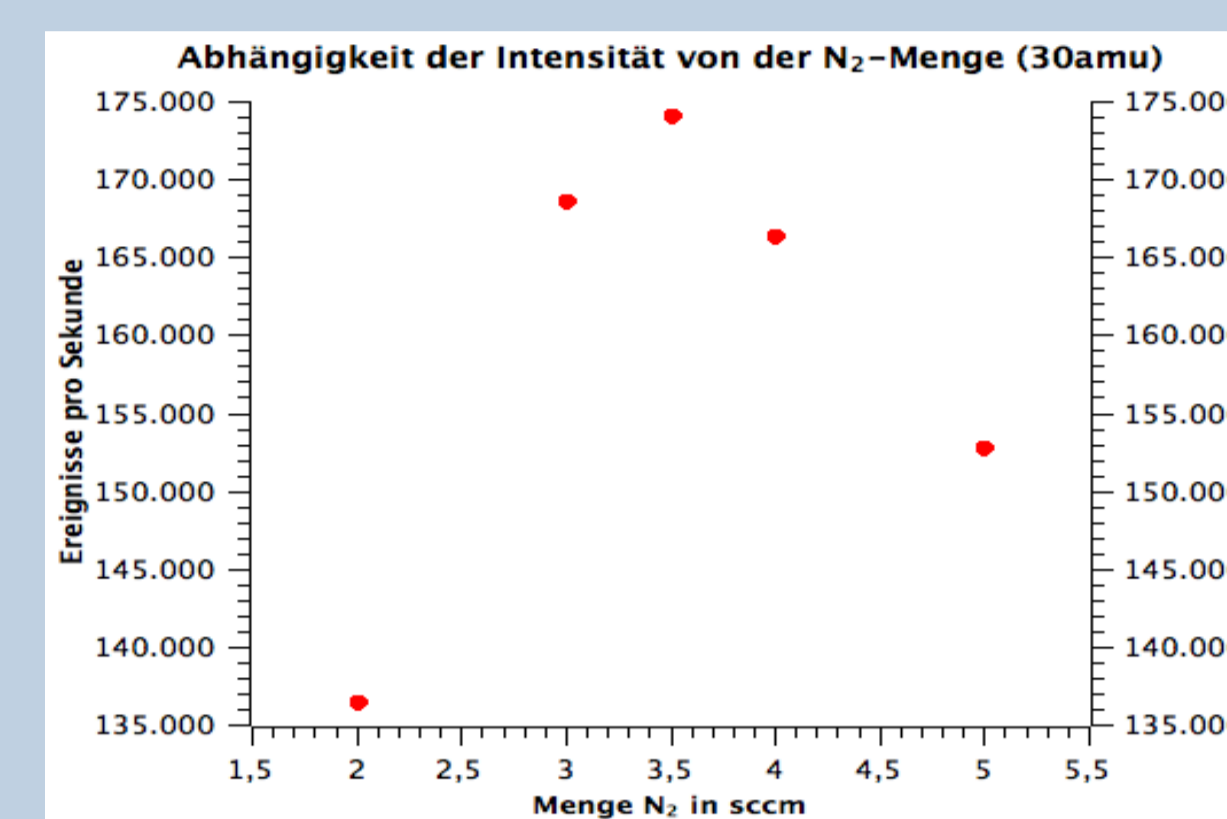
Hierzu wurden im ersten Versuchsteil optische Emissionsspektrometrie (OES) und Massenspektrometrie (MS) angewandt. Ebenfalls wurden Ätzexperimente durchgeführt um Gewebeschäden durch die Behandlung einzuschätzen.

Der zweite Teil diente dazu, die Wirkung des optimierten Plasmas auf Bakterien zu untersuchen.

2. Massenspektrometrie (MS)

(Ohne Ionisator)

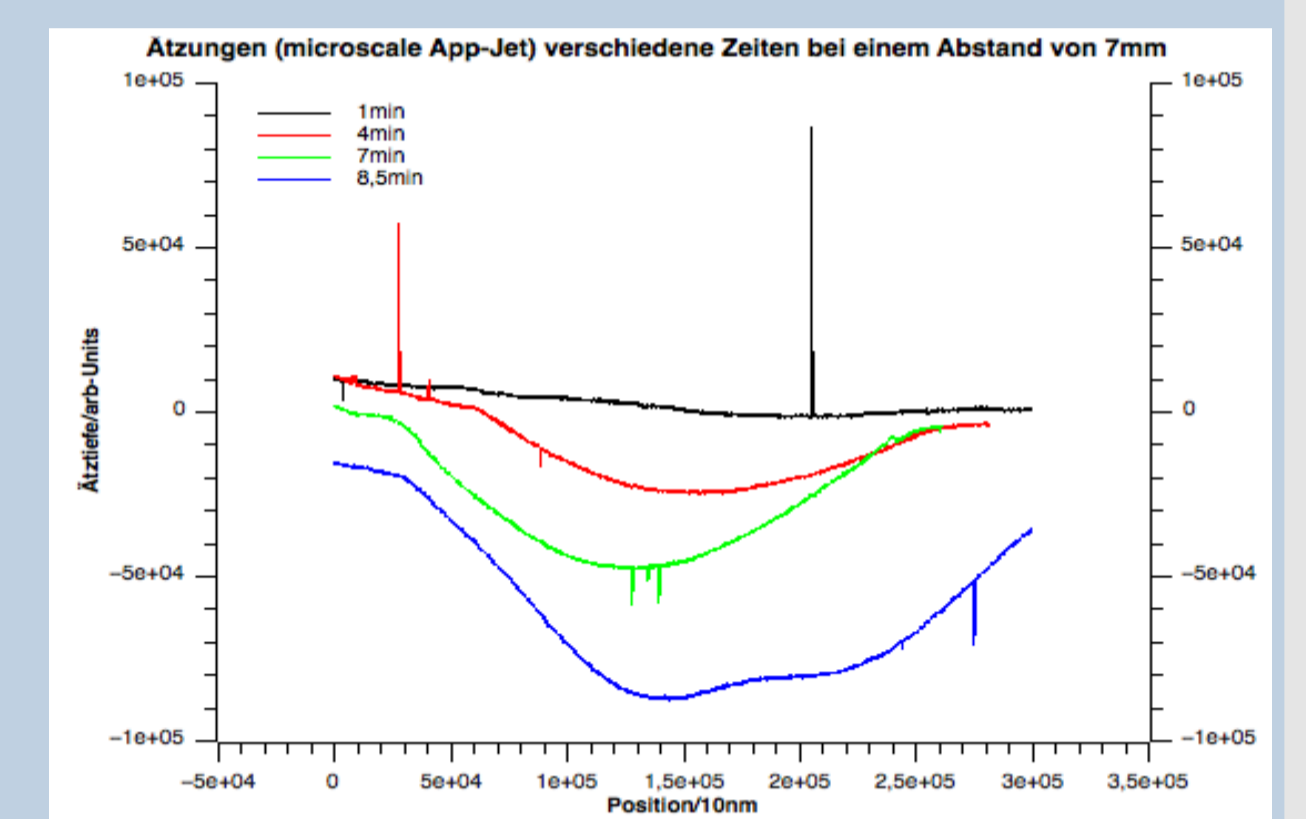
- Messung von NO-Ionen (Einstellung des Massenspektrometers auf 30amu)
- Plasmaquelle: μ APPJ



Graph 6: Signalstärke der NO-Ionen bei verschiedenen Mengen Stickstoff
→ Maximum bei ca. 3,5sccm Stickstoffzugabe

3. Ätzexperiment

- Überprüfung der Wirkung des Plasmas bei verschiedenen Behandlungsdauern
- Plasmaquelle: μ APPJ



Graph 7: Vergleich der Ätztiefe nach verschiedenen Bestrahlungsdauern

Schlussfolgerung zur Plasmakalibrierung

- unterschiedliche Rahmenbedingungen für die Gaszusammensetzung: OES bei Atmosphärendruck, MS im Vakuum
- Bakterienbehandlung wird bei Atmosphärendruck durchgeführt
- Einstellungen für Versuchsteil 2 (μ APPJ):
 - 5,4sccm Stickstoff, kein Sauerstoffzusatz
 - Spannung: 200V
 - Abstand: 7mm

Behandlung der Bakterien

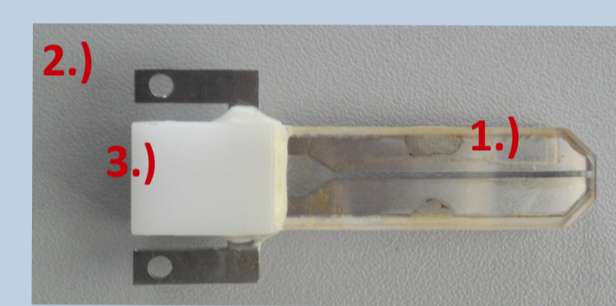
- Vorbereitung von Bakterienkulturen des Bacillus subtilis
- Anlegen von Verdünnungsreihen mit bekannter Konzentration
- Ausplattieren auf Agarplatten
- Behandlung mit microscale APP-Jet und DBD-Quelle
- Variation der Behandlungsdauer



Abb. 4: Vorbereitung der Bakterienkulturen, Anlegen einer Verdünnungsreihe

Verwendete Mikroplasmaquellen

Microscale APP-Jet (μ APPJ)



- Elektroden im Abstand von 1mm
- Spannungsanschlüsse
- Gasanschluss (seitlich hinten)

- Abb.1: Skizze μ APPJ
- Trägergas: Helium
- hier: Zusatz von Stickstoff- & Sauerstoffgas möglich
- Gas wird durch Jetmitte geführt, dort zündet das Plasma
- erzeugt Radikale & UV-Strahlung
- Spannung und Abstand zum Target/Messgerät variabel

Dielectric Barrier Discharge (DBD)



- Elektrode
 - Ein-/Auswechsler
- Produkt: Soft Bond
Marke: Hollywood Nails

Keine unterschiedlichen Einstellungen möglich.

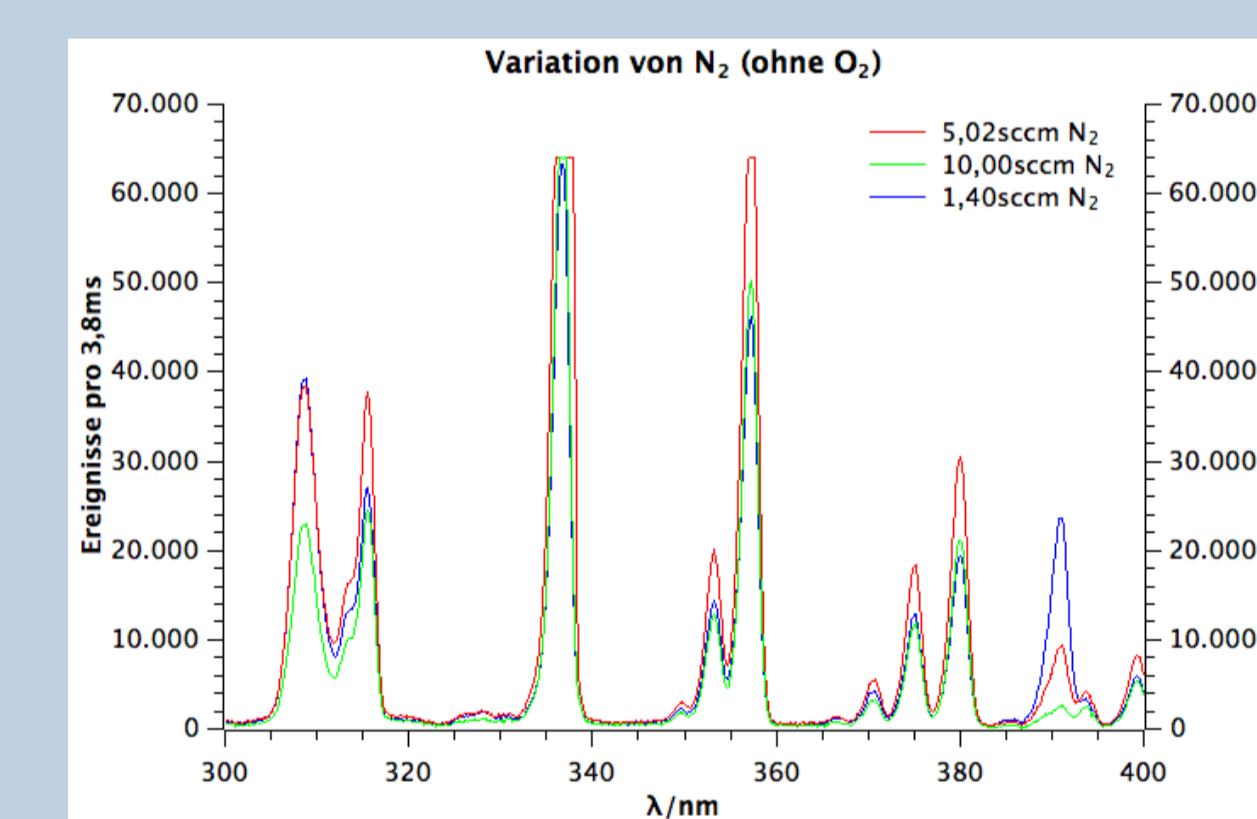
- Abb.2: Skizze DBD
 - kommerzielles Gerät zur Fingernagelbehandlung
 - Dielektrikum verhindert Stromfluss
 - Target dient als Gegenelektrode im Abstand von 1mm
- Quelle: [1*]

Messverfahren zur Optimierung der Plasmaeinstellungen

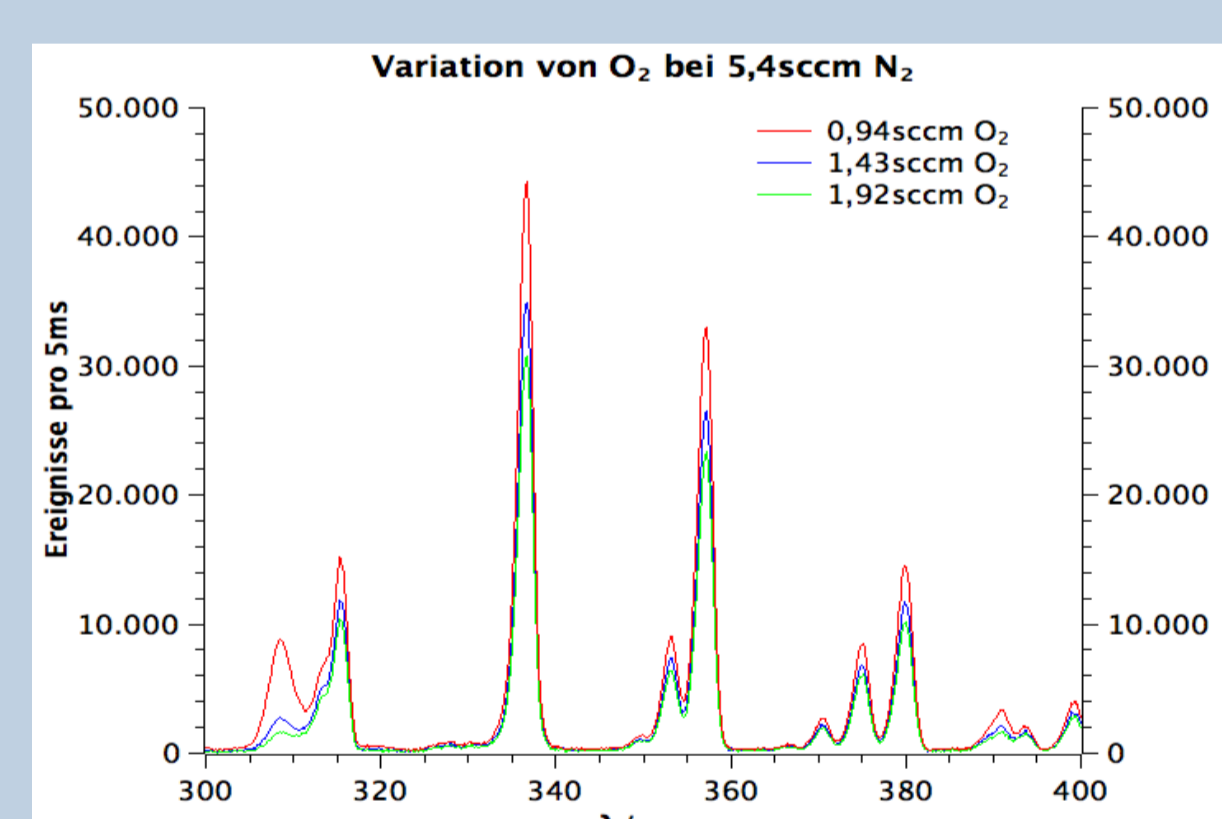
- Basis: 1,4slm Helium
- Zusatz von Stickstoff/Sauerstoff soll immer weniger als 1% der Gasgesamtmenge ausmachen (Plasma zündet sonst nicht)

1. Optische Emissionsspektrometrie (OES)

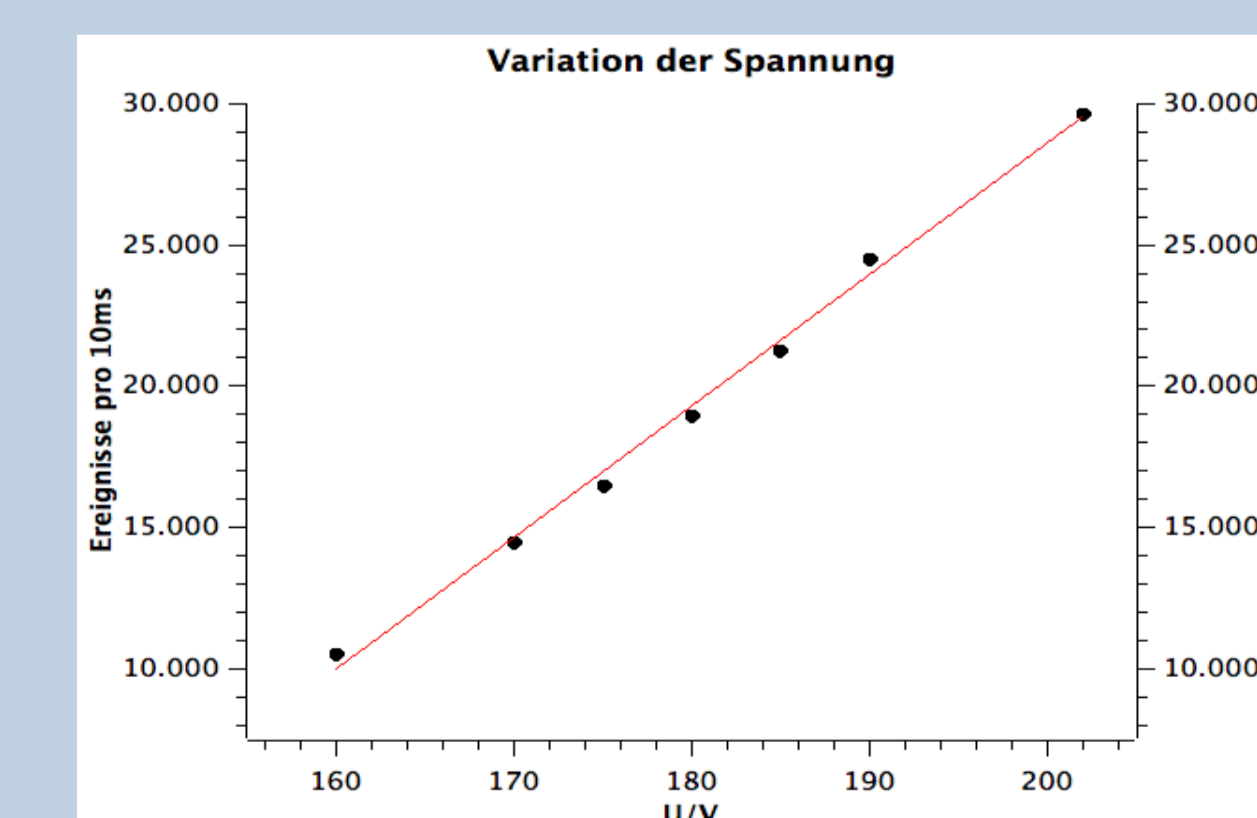
- Suche nach größter NO-Ausbeute bei Variation des Gasmisches, der Spannung und des Abstandes
- betrachte NO-Linien bei 338nm, 358nm, 380nm
- Plasmaquelle: microscale APP-Jet



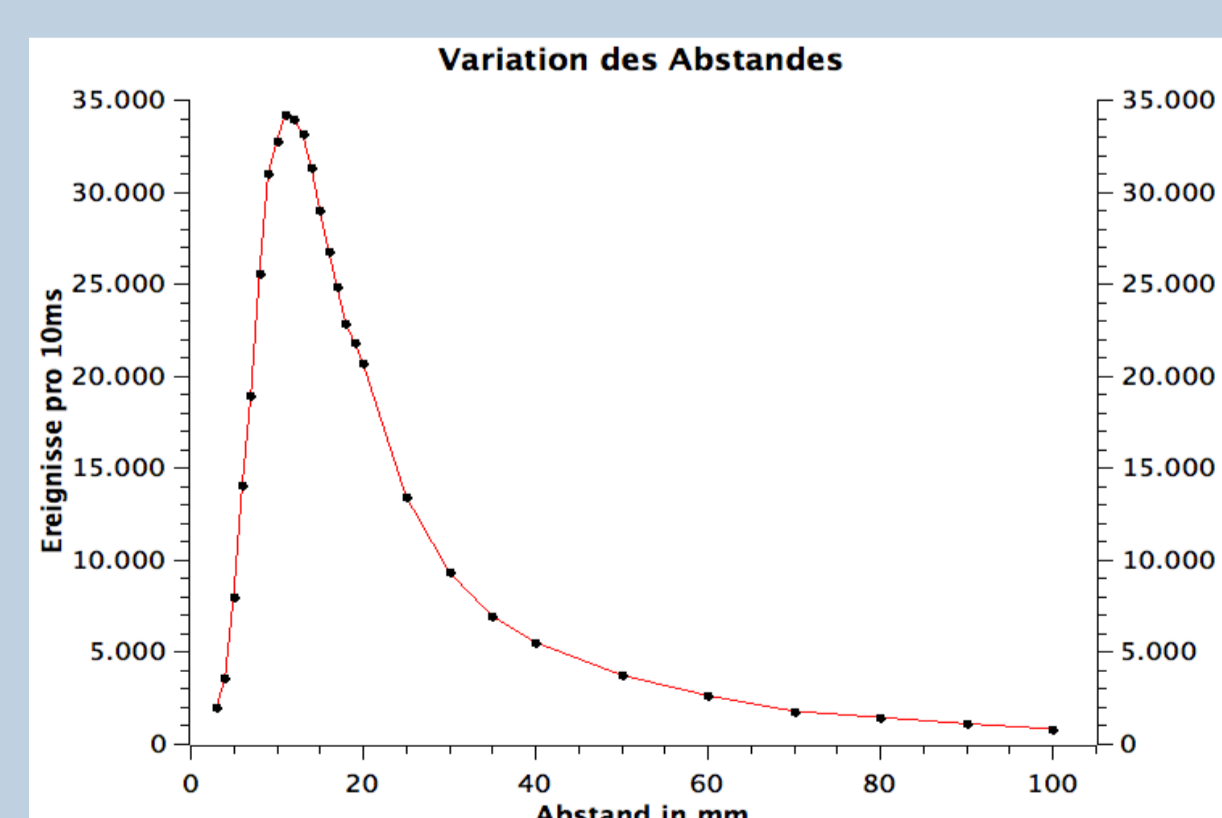
Graph 1: Vergleich der Spektren bei schrittweiser Variation der Stickstoffzugabe (μ APPJ)
→ Maximum um 5sccm (genauere Variation ergab 5,4sccm)



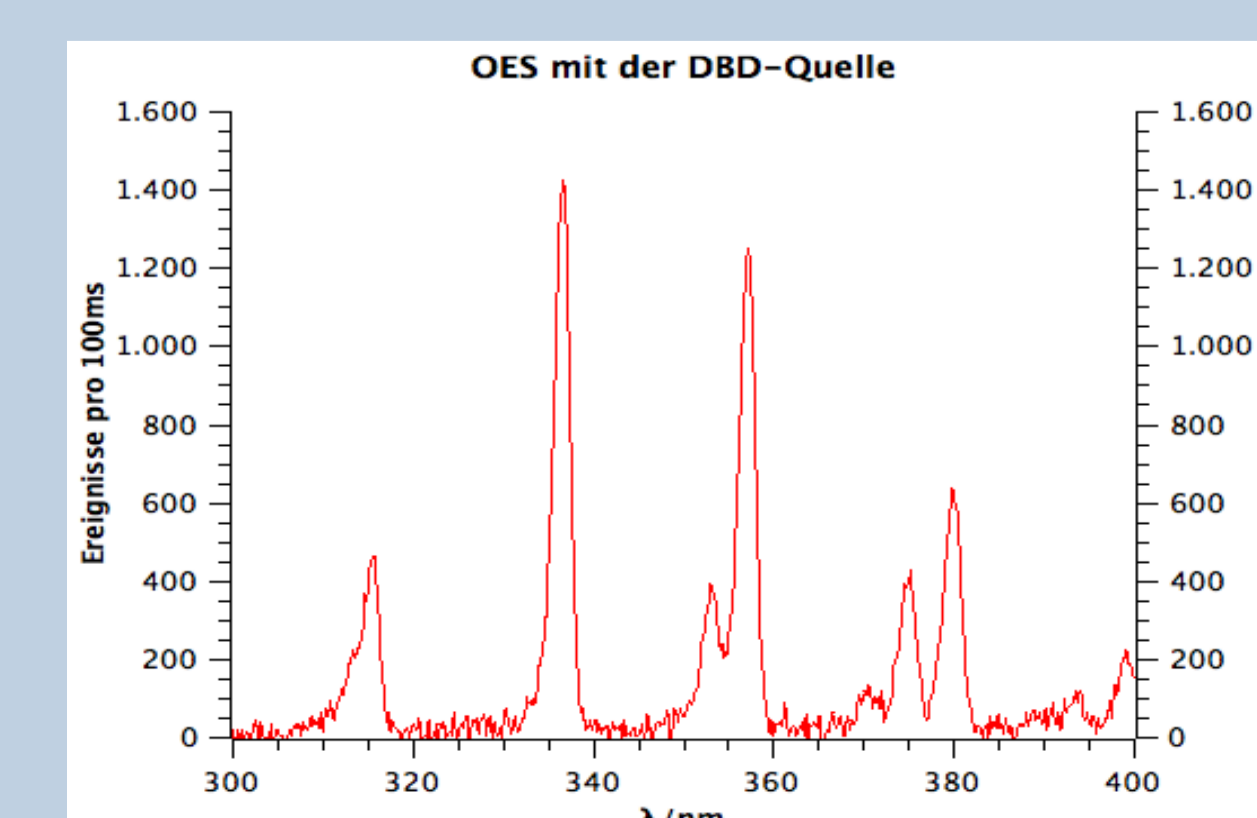
Graph 2: Vergleich der Spektren bei schrittweiser Variation der Sauerstoffzugabe mit optimierter Stickstoffmenge (μ APPJ)
→ weniger Sauerstoff erzeugt stärkere NO-Linien (tatsächlich Optimum bei 0% Sauerstoff)



Graph 3: Intensität der 380nm-Linie bei verschiedenen Spannungen
→ höhere Spannungen erzeugen stärkere Signale (bei diesem Aufbau maximal bei ca. 200V)



Graph 4: Intensität der 380nm-Linie bei verschiedenen Abständen
→ Maximum bei 11mm



Graph 5: Spektrum der DBD-Quelle zum Vergleich

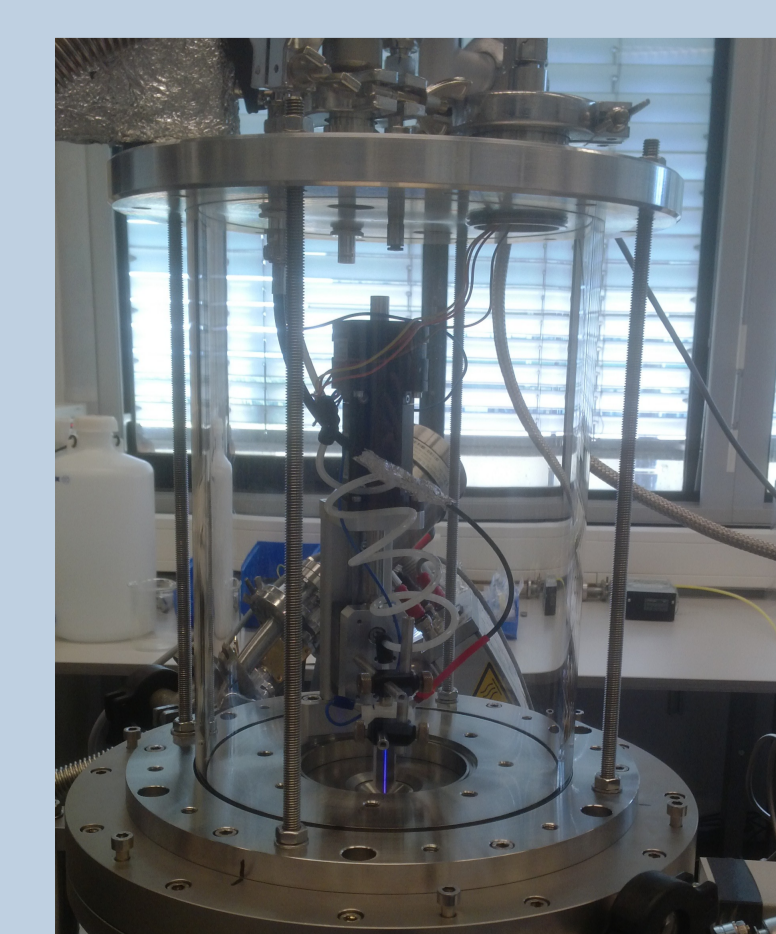


Abb.3: Massenspektrometer (mit Ionisator):

Messung von NO-Radikalen

- Hintergrundspektrum größer als Messpeaks
- Nicht verwendbar.

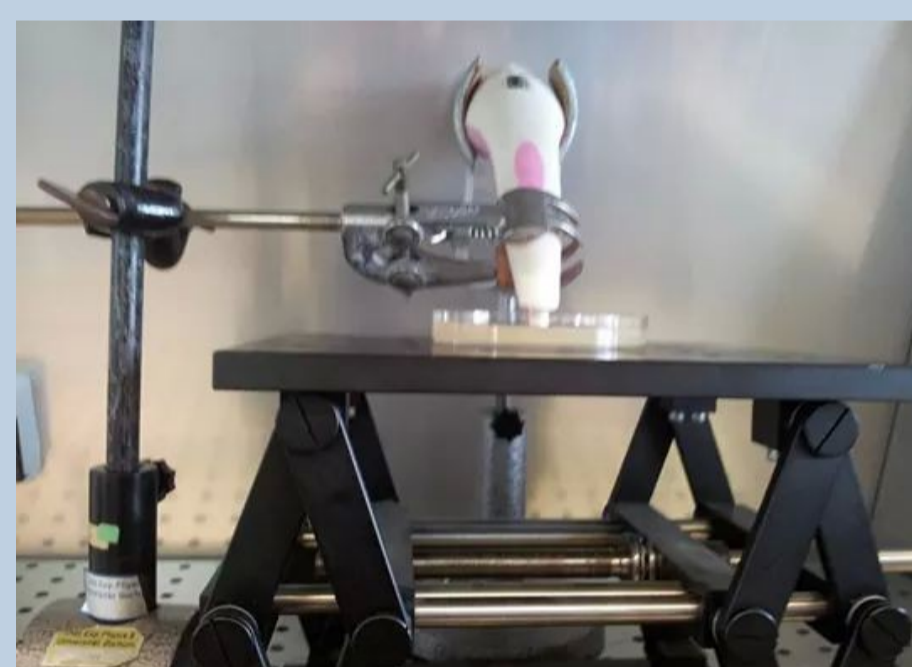
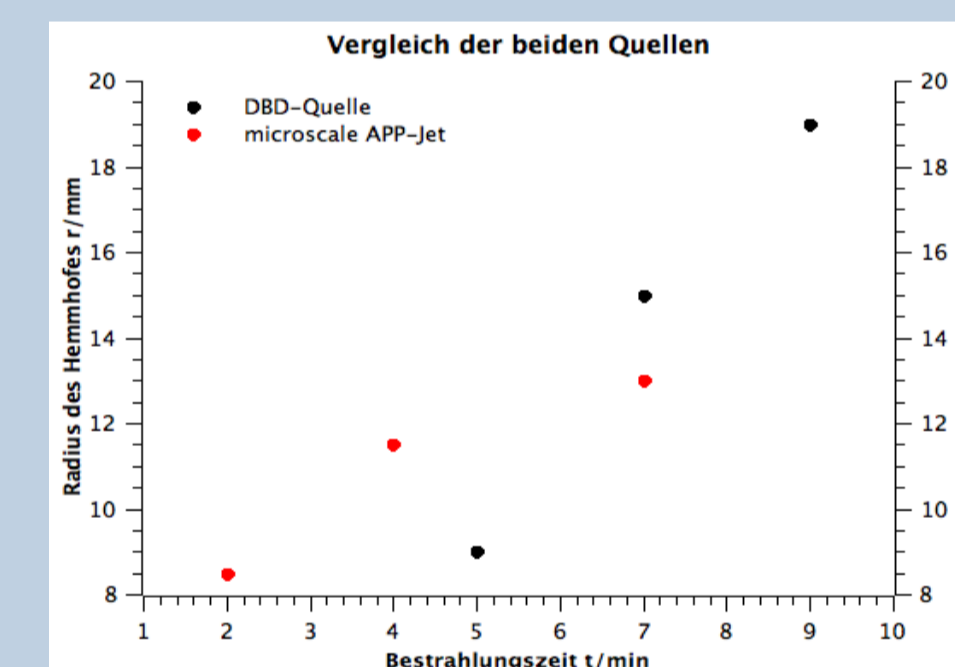


Abb. 5: Aufbau Bakterienbehandlung mit DBD-Quelle



Graph 8: Vergleich der Hemmhofradien nach Behandlung mit beiden Quellen zu unterschiedlichen Dauern (die Radien entsprechen gemittelten Messwerten von mehreren Messreihen)



Abb. 6: behandelte Probe μ APPJ, 4min

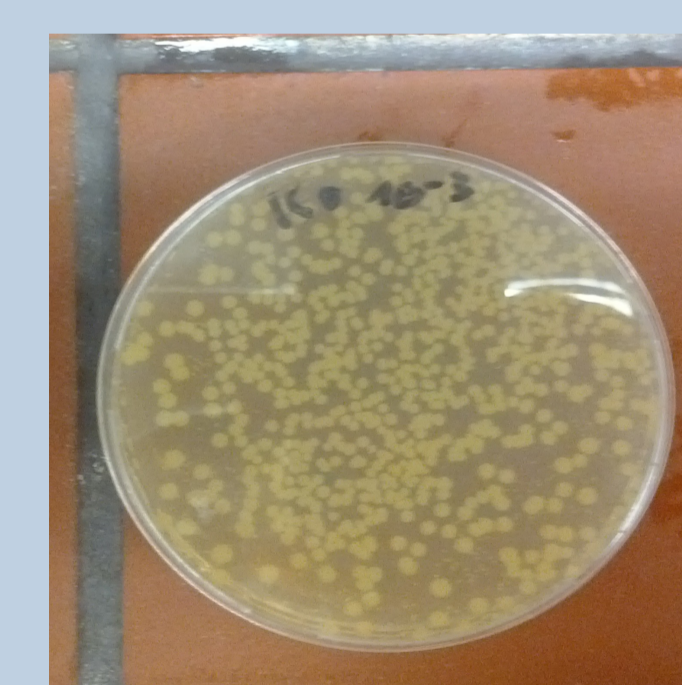


Abb.7: unbehandelte Probe

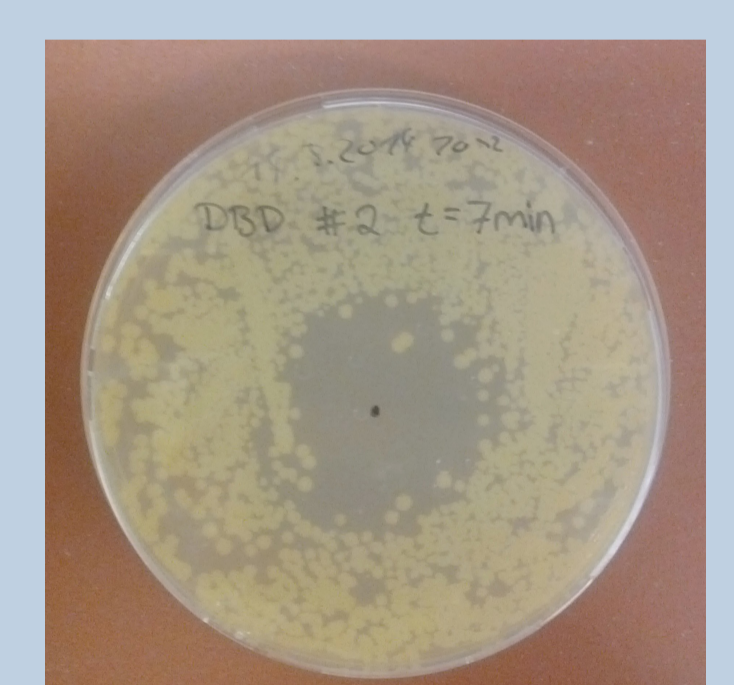


Abb. 8: behandelte Probe DBD, 7min

Ergebnisse

Plasmakalibrierung

- Gasmischung ideal bei 5,4sccm Stickstoff auf 1,4slm Helium (ca. 0,4%)
- Abstand ideal bei 11mm
- dem Aufbau entsprechend beste Spannung: 200V

Bakterienbehandlung

- vermutlich linearer Zusammen zwischen der Behandlungsdauer und dem Hemmhofradius bei DBD und μ APPJ
- DBD-Quelle scheint effizienter als microscale APP-Jet
- nach Ergebnissen aus Teil 1 überraschend, mögliche Gründe:
 - geringerer Abstand (DBD: 1mm) führt zu verstärkter Ätzwirkung
 - evtl. UV-Strahlung als Ursache

Ausblick für die Zukunft

- Bakterienbehandlung mit dem optimalen Abstand von 11mm
- Versuch mit einem Koaxialjet zum Vergleich
- Messung der UV-Strahlung & Untersuchung ihrer Wirkung auf Bakterien
- Untersuchung der Wirkung von Mikroplasma auf Wundheilung

Quellen

- Paper by M K Boudam, M Moisan, B Saoudi, C Popovici, N Gherardi, F Massines; Journal of Physics D: Applied Physics, published 4 August 2006
- J Benedikt, D Ellerweg, A von Keudell: Diagnostics of low and atmospheric pressure plasmas by means of mass spectrometry
- Paper by V Schulz-von der Gathen, L Schaper, N Knake, S Reuter, K Niemi, T Gans, J Winter; Journal of Physics D: Applied Physics, published 15 September 2008
- 1* http://kosmetik-grosshandel24.com/images/product_images/original_images/18428_3932_0.jpg