

Influence of Photon Energy and Photon / Particle Fluxes on the Inactivation Efficiency of *B. subtilis* Spores in Low-Pressure Plasmas

Marcel Fiebrandt

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses von Photonen- und Teilchenflüssen auf die Inaktivierungseffizienz von *B. subtilis* Sporen in Niederdruckplasmen. Hierzu wurden zunächst Plasmen mit unterschiedlichen Gaszusammensetzungen hinsichtlich ihrer Elektronendichte, Elektronenenergieverteilungsfunktion und Gastemperatur charakterisiert sowie die metastabilen und resonanten Zustände von Argon im Plasma bestimmt. Anschließend wurden die gemessenen Plasmaparameter bzgl. ihrer Reproduzierbarkeit und Eignung zur Anwendung in Stoß-Strahlungsmodellen untersucht, um den Parametersatz für die biologischen Experimente einzuschränken. Die so ausgewählten Plasmen wurden im Anschluss im Wellenlängenbereich von 116 nm bis 840 nm spektroskopisch analysiert. Abhängig von der emittierten Strahlung im sporiziden Bereich unterhalb von 400 nm wurden vier Plasmen selektiert, die sich am besten für die Inaktivierungsversuche eignen. Für diese Plasmen wurde der Photonenfluss auf die biologischen Proben sowie der atomare Sauerstofffluss mit Hilfe eines Stoß-Strahlungsmodells bestimmt. Für dieses Modell wurden sowohl die gemessenen Plasmaparameter genutzt als auch Linienintensitäten von vier Übergängen des atomaren Sauerstoffs im Bereich von 130 nm bis 780 nm.

Nach der Plasmacharakterisierung erfolgten die biologischen Experimente. Um eine höchstmögliche Genauigkeit zu erreichen, wurden mögliche Fehlerquellen minimiert: i) alle Proben entstammen demselben Batch, um Variationen während der Herstellung zu reduzieren; ii) die Sporen wurden in Monolagen aufgebracht, um Abschattungseffekte zu vermeiden; iii) ein Probenhalter wurde entwickelt, der die Abschottung der Proben ermöglichte, bis konstante Plasmabedingungen erreicht wurden; iv) die Probenbehandlung erfolgte in einem definierten Substrattemperaturfenster.

Durch die Verwendung von fünf optischen Filtern konnte der Teilchenfluss auf die biologischen Proben unterbunden und der wellenlängenabhängige Einfluss der Photonen untersucht werden. Mit Hilfe der bestimmten Photonenflüsse wurde gezeigt, dass die Inaktivierungsraten (Sporeninaktivierung pro Photon) im Plasma vergleichbar sind mit Raten aus monoenergetischen Experimenten in einem Synchrotron. Daher konnten mögliche synergistische Effekte durch breitbandige Plasmaemission ausgeschlossen werden. Durch den Vergleich der Ergebnisse mit und ohne optischen Filter wurde zudem der untergeordnete Einfluss der Teilchenflüsse auf die Inaktivierung in den verwendeten Plasmen gezeigt. Die Analyse der Sporenlänge vor und nach der Plasmabehandlung zeigte zwar ein deutliches Ätzen der Sporenhülle, das aber aufgrund der hohen Photonenflüsse in den verwendeten Plasmen keinen signifikanten Einfluss hat.

Somit konnte abschließend bestimmt werden, welcher Photonenfluss in welchem Wellenlängenbereich im Vergleich zum Teilchenfluss vorherrschen muss, damit die Inaktivierung von *B. subtilis* Sporen durch die Photonen dominiert wird, und welcher Wellenlängenbereich am geeignetsten für mögliche Sterilisations- und Dekontaminationsanwendungen ist.