

Schlussbericht
Innovationen im Einsatz – Praxisleuchttürme der zivilen Sicherheit

Verbundvorhaben
Mobile Plasmatechnologie zur Raumdesinfektion
(MoPlas2Dekon-PRO)

Teilvorhaben „Mikrobiologische Validierung der plasmabasierten
Raumdesinfektion“

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung



Projektleiter: Dr. Ing. Peter Muranyi

Laufzeit: 01.05.2022 – 30.04.2025

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Kennzeichen 13N16321 gefördert.



I. Kurzbericht

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Verbundprojekts MoPlas2Dekon-Pro wurden am Fraunhofer IVV die vom Projektpartner Plasmatrete GmbH entwickelten mobilen Plasmasysteme hinsichtlich ihrer Eignung zur Raumdesinfektion untersucht. Dabei wurden praxisrelevante Einflussfaktoren berücksichtigt, wobei der Fokus auf der Prüfung der viruziden, bakteriziden und sporiziden Wirkung der unterschiedlichen Entwicklungsstufen des Plasmademonstrators lag.

Mithilfe von Keimträgertest auf variabel beschaffenen Oberflächen wurde die Inaktivierung von *Bacillus atrophaeus*-Endosporen, Bakteriophagen MS2 sowie *Staphylococcus carnosus* in einem 30 m³ großen Modellraum quantitativ erfasst. Dabei wurde auch der Einfluss von Luftfeuchtigkeit und organischen Verschmutzungen untersucht. Die gewonnenen mikrobiologischen Daten bildeten die Grundlage für eine technische und anwendungsspezifische Optimierung der Plasmasysteme. Ergänzend wurde ein im Rahmen des Projekts von der Firma Knestel GmbH entwickelter Gassensor zur Bestimmung der erzeugten Ozonkonzentrationen evaluiert.

1.2 Wissenschaftlichen und technischen Stand an den angeknüpft wurde

Die weltweite Ausbreitung des Virus SARS-CoV-2 hat den dringenden Bedarf an wirksamen und flexibel einsetzbaren Methoden zur Raumdesinfektion verdeutlicht. Die schnelle Desinfektion von Bereichen, in denen infizierte Personen transportiert oder behandelt wurden, kann Infektionsketten unterbrechen und ist somit ein wichtiger Bestandteil der Seuchenbekämpfung. Neben klinischen Bereichen oder Pflegeeinrichtungen erfordern z.B. auch Einsatzfahrzeuge von Rettungskräften nach dem Transport hochinfektiöser Patienten eine gründliche Desinfektion. Die manuelle Wischdesinfektion ist zeitaufwändig und in der Regel auf leicht zugängliche Oberflächen beschränkt. Zudem hängt der Erfolg immer von der Sorgfalt der durchführenden Person ab (Otter et al. 2020).

Im Gegensatz dazu können durch plasmaerzeugte Reaktivgase auch infektiöse Partikel an schwer zugänglichen Stellen sowie in der Raumluft inaktiviert werden. Aktuell verfügbare Systeme basieren überwiegend auf Wasserstoffperoxid, Ozon oder UVC-Strahlung (Otter et al. 2020). Die chemische Desinfektion erfordern den Transport und die sichere Handhabung von Gefahrstoffen, während Ozongeneratoren je nach Raumgröße Behandlungszeiten von mehreren Stunden benötigen, was zu erheblichem Aufwand und Ausfallzeiten führt. Der Einsatz von UV-Strahlern, z.B. in Kombination mit Robotersystemen, ist aufgrund von Abschattungseffekten oder begrenztem Wirkungsbereich eingeschränkt. Daher besteht ein Bedarf an alternativen Verfahren, die hohe mikrobizide Effizienz, kurze Zykluszeiten, niedrige Kosten und hohen Automatisierungsgrad bieten und gleichzeitig sicher und einfach anzuwenden sind. Mobile Plasmasysteme auf Basis einer dielektrischen Barriereentladung könnten diese Anforderungen künftig erfüllen.

Im BMBF-Projekt „MoPlasDekon“ wurde bereits die hohe mikrobizide Wirksamkeit von Gasplasmen nachgewiesen. Mit einem aus Raumluft und Wasserdampf erzeugten Reaktivgas konnte eine schnelle sporizide Wirkung auf Keimträgern in einem Volumen von 300 l demonstriert werden. Dabei wurden Reduktionen der anfänglichen Endosporenkonzentration um vier Zehnerpotenzen innerhalb von nur einer Minute erreicht. Mit verlängerten Desinfektionszyklen und weiterentwickelten Plasmadüsen mit höherem Prozessgasstrom erschien auch eine hohe viruzide bzw. sporizide Wirkung in erheblich größeren Räumen realistisch. Das Leuchtturmprojekt MoPlas2Dekon-Pro hatte sich dementsprechend zum Ziel gesetzt, die Praxistauglichkeit mobiler Plasmasysteme zur Raumdesinfektion zu demonstrieren und damit die Anwendung dieser Technologie voranzutreiben.

1.3 Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen von Arbeitspaket 1 wurde das mobile Plasmasystem für die Raumdesinfektion durch die Firma Plasmatrete GmbH weiterentwickelt. Das Fraunhofer IVV stand mit der Plasmatrete GmbH über die gesamte Projektlaufzeit bezüglich der Entwicklungsstufen der Plasmaanlagen, der jeweils durchzuführenden Versuchsreihen sowie den erzielten Ergebnissen im Austausch. Das Arbeitspaket 2 diente der Entwicklung des Ozonsensors durch die Firma Knestel GmbH. Nach Integration des Gassensors in den finalen Plasmademonstrator erfolgte nach bilateraler Abstimmung die Inbetriebnahme im Prüfraum am Fraunhofer IVV. Die Verfahrensvalidierung unter Einsatzbedingungen erfolgte durch das BRK im Rahmen von Arbeitspaket 4. Das Fraunhofer IVV fungierte für den ersten Anwendertest als Gastgeber und war bei den beiden weiteren Veranstaltungen (Festlegung der Anforderungen, Feldtest) unterstützend aktiv.

Die Verfahrensvalidierung unter praxisnahen Bedingungen erfolgte am Fraunhofer IVV im Rahmen von AP3. Zunächst wurde ein geeigneter Versuchsstand im Außenbereich des Fraunhofer IVV geplant und aufgebaut, um mikrobiologische Testreihen zur Raumdesinfektion in einem Modellraum durchführen zu können. Die hierfür notwendigen Methoden wurden in Anlehnung an DIN EN 17272:2020-06 etabliert. Die mikrobizide Wirksamkeit der verschiedenen Entwicklungsstufen des Plasmademonstrators wurde anhand von Keimträgertests im Modellraum (30 m³) geprüft. Dabei wurde die Inaktivierung von Endosporen, Bakteriophagen und Bakterien an verschiedenen Positionen sowie auf unterschiedlichen Trägermaterialien quantitativ ermittelt.

Über die gesamte Projektlaufzeit fand ein regelmäßiger Austausch mit den Projektpartnern Plasmatrete GmbH, Knestel GmbH, Ruhr-Universität Bochum und dem BRK statt, sowohl über monatliche Online-Meetings als auch bei halbjährlichen Präsenztreffen der Verbundpartner.

1.5 Wesentlichen Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Im Rahmen des Teilvorhabens am Fraunhofer IVV konnte gezeigt werden, dass eine indirekte Plasmabehandlung in Kombination mit einer hohen Luftfeuchtigkeit (>80 % r.F.) geeignet ist, um angetrocknete Endosporen, Bakteriophagen (Viren) und Bakterien auf Oberflächen in geschlossenen Räumen zu inaktivieren. Innerhalb von 30 min konnten im Prüfraum mit 30 m³ Volumen Reduktionen der verschiedenen Testorganismen um mehr als vier Zehnerpotenzen nachgewiesen werden. Während dieses Zeitraums stieg die Ozonkonzentration auf Werte von 0,2 g/m³. Alle zugänglichen Oberflächen wurden gleichermaßen effizient entkeimt, sofern die Raumluft während der Behandlung ausreichend umgewälzt wird. Insbesondere auf glatten Oberflächen wie PET-Folie oder Aluminiumträgern zeigte sich eine hohe und schnelle Wirkung, wohingegen besonders raue, strukturierte und vor allem poröse Materialien wie z.B. Holz zu einer zum Teil erheblichen Verminderung der mikrobiziden Wirkung führen. Auch organische Verschmutzungen, etwa Proteine, in welchen mikrobielle Kontaminanten eingebettet vorliegen, reduzierten die Effektivität, wodurch längere Behandlungszeiten erforderlich wurden.

Bezüglich möglicher Auswirkungen der Plasmabehandlungen auf Materialien wurden keine signifikanten Schäden oder Funktionsverluste von z.B. Elektrogeräten festgestellt. Häufige oder routinemäßige Anwendungen können jedoch zu Korrosion wenig beständiger Metalle führen und bei ozonsensitiven Kunststoffen wie PU oder Kautschuk Materialschäden hervorrufen.