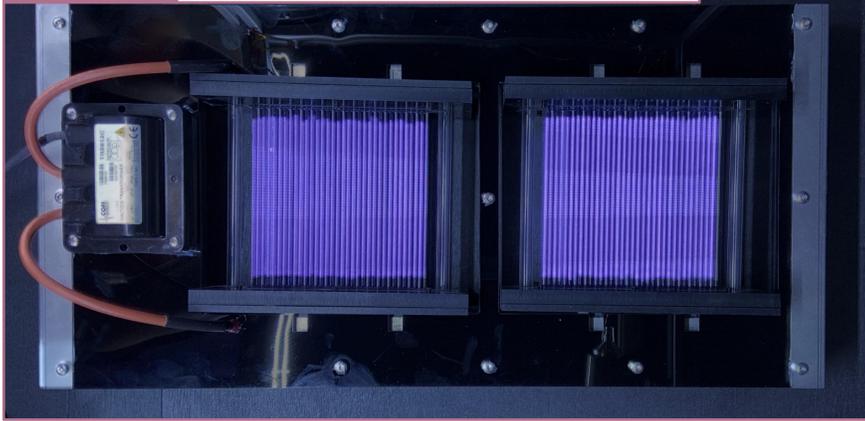


Kaltes Plasma

Die vier Aggregatzustände der Materie sind fest, flüssig, gasförmig und Plasma. Der Wechsel des Aggregatzustandes eines Materials geht immer mit einer Zu- oder Abnahme der Energie einher. Führt man einem festen Material Energie hinzu, wird es flüssig, führt man mehr Energie hinzu, wird es gasförmig. Dies gilt auch bei dem Aggregatzustandswechsel in den Plasmazustand. Die Art der Energie kann beispielsweise thermisch, elektrisch oder elektromagnetisch sein. Plasma kann auch in der Natur beobachtet werden, zum Beispiel in Gewitterlitzen, dem Polarlicht oder der Sonne.

Plasma kann die Eigenschaft besitzen im nicht thermischen Gleichgewicht zu sein. Das bedeutet, dass nicht alle Teilchen die gleiche Temperatur haben. So können Elektronen deutlich heißer sein als Ionen oder Neutralteilchen. Diese Art von Plasma nennt man kaltes Plasma, weil die gesamte Temperatur des Plasmas nur wenige 100 Kelvin erreicht. Kalte Plasmen lassen sich technisch erzeugen (Abbildung 1) und werden in der Industrie, Medizin und Hygiene häufig eingesetzt. Zum Beispiel kann man mit kaltem Plasma die Wundheilung anregen [1].

Abbildung 1 Technisch erzeugtes kaltes Plasma, durch eine dielektrisch behinderte Entladung



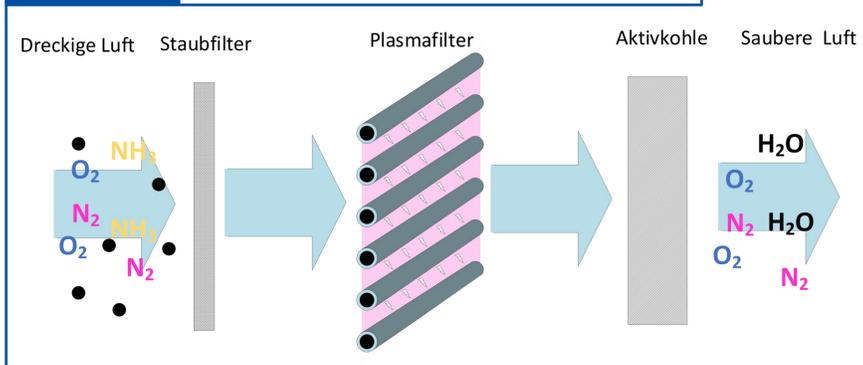
Plasmabasierte Luftreinigung

Eines der weiteren Einsatzgebiete von Plasma ist die Plasmaluftreinigung. Viren, Bakterien, Pilze, Gerüche und andere Schadstoffe (bspw. Ammoniak) können so effektiv inaktiviert bzw. abgebaut werden. Dabei wird verhältnismäßig wenig elektrische Energie benötigt. Die zu reinigende Luft wird, wie in Abbildung 2 zu sehen, durch einen Staubfilter von groben Partikeln befreit, anschließend wird das Gas in den Plasmazustand versetzt. Dadurch werden neue chemische Reaktionen z.B. Oxidationsprozesse initiiert. Ein nachgeschalteter Aktivkohlefilter bietet Oberfläche für Reaktionen und baut überschüssige Ionen und Radikale wieder ab, sodass saubere und gesunde Luft wieder in die Umgebung abgegeben werden kann.

Nicht nur chemische Schadstoffe werden abgebaut, sondern auch Viren [2], Bakterien [3] und Pilze und Pilzsporen [4]. Im Plasma herrscht ein „Elektronenbombardement“ aus freien energiereichen Elektronen, die u.a. die Hülle der Keime nachhaltig zerstören und damit inaktivieren.

In Gastronomie- und Industrieabluftanlagen wird die Plasmaluftreinigung bereits erfolgreich eingesetzt. Ebenso haben sich Plasmaluftreiniger in der Raumluftreinigung etabliert.

Abbildung 2 Schematische Darstellung eines plasmabasierten Luftreinigers zum Abbau von Ammoniak



Einsatz im Schweinestall

Die Tierhaltung ist ein großer Emittent von gesundheits-, umwelt- und klimaschädlichen Gasen, wie bspw. Ammoniak. Im Stall ist es aufgrund seiner hohen chemischen Reaktivität für die Tiere und dem Landwirt gesundheitsschädlich. Außerhalb des Stalles wirkt es sich negativ auf die Umwelt aus. Deshalb sind niedrige Grenzwerte von 20 ppm im Stall und ein hoher Luftwäschaufwand mittels chemischer und biologischer Verfahren für die ausgehende Luft vorgeschrieben. Im Forschungsprojekt PlaLuST wird die Plasmaluftreinigung zum Abbau von Ammoniak in zwangsbelüfteten Schweinestall untersucht. Dabei sollen acht Umluftreiniger die bestehende Luftführung (Abbildung 3 und 4) unterstützen. Die Luft wird oben am Gerät eingesaugt und unten gelassen, sodass die gereinigte Luft den Tieren direkt zur Verfügung gestellt wird. Die Auswirkung auf das Tierwohl soll mit Tieren aus vergleichbaren Stallabteilen beurteilt werden.

Abbildung 3 Luftreinigungskonzept im Versuchsstall

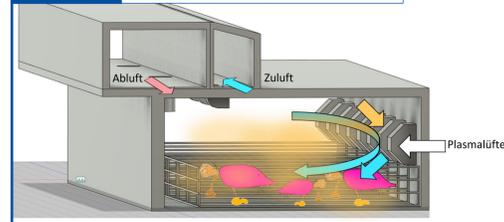
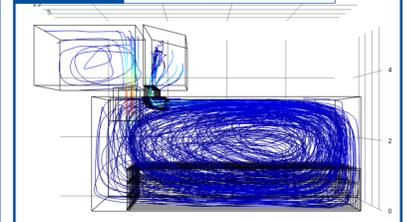


Abbildung 4 Luftführung im Versuchsstall



Luftreinigermodell

Der Luftreiniger (Abbildung 5) ist für eine bessere Parametrisierbarkeit modular aufgebaut. Sowohl Leistungselektronik, Luftdurchsatz wie auch die Elektrodenkonstellation lassen sich variieren und ergänzen. Damit können Plasmaleistungen von typischerweise 40 W bis 110 W (bei einer Doppelelektrode) bzw. 220 W (bei zwei Doppelelektroden) und ein Luftdurchsatz von über 800 m³/h pro Gerät erreicht werden. Zusätzlich kann über einen weiteren Einschub ein elektrostatischer Filter zur Staubreduktion eingesetzt werden. Insbesondere die Staubbelastung im Stall stellt eine Herausforderung für die Luftreinigung dar. Staubfilter, Elektroden und Aktivkohle lassen sich zur Wartung entfernen und reinigen bzw. austauschen. Am Auslass beträgt die maximale Luftgeschwindigkeit ca. 1 m/s. Der untere Teil des Gerätes ist zum Schutz gegen die Neugier und dem Spieltrieb der Schweine verschweißt und somit besonders robust.

Im weiteren Verlauf des Projektes soll die Reinigungsleistung bezogen auf Ammoniak gemessen und die Geräte im Versuchsstall eingesetzt werden.

Abbildung 5 Offener Plasmaluftreiniger



Acknowledgements

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EIP Projektes PlaLuST (Fördermaßnahmenummer: EIP: 14 35 10). Die Autoren danken den Projektträger, die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und dem Fördermittelgeber, die Europäische Union.

References

- [1] J. Ernst, M. Tanyeli, T. Borchardt, M. Ojugo, A. Helmke, W. Viöl, A.F. Schilling, G. Felmerer. *J of Wound Care*, 30, 904-914 (2021)
- [2] M. Weissa, G. Daeschleinc, A. Kramerd, M. Burchardt, S. Bruckera, D. Wallwienera, M.B. Stopeb. *J of Medical Virology*, 89, 952-959 (2017)
- [3] E. Stoffels, Y. Sakiyama, D. B. Graves. *IEEE Transaction on Plasma Science*, 36, 2008
- [4] M. Veerana, N. Yu, W. Ketya, G. Park. *Journal of Fungi*, 8, 2021