

# Project *brief*

Thünen-Institut für Agrartechnologie

2023/37

## Wie lange überleben Bakterien in der Luft?

Marcus Clauß, Stefan Linke, Alexander Huf

- **Aus Tierhaltungsanlagen gelangen große Mengen Bakterien über die Abluft in die Umwelt.**
- **Es ist nicht bekannt, wie lange die Bakterien in der Luft überleben und potentiell infektiös sind.**
- **Zur Beantwortung dieser Frage haben wir eine neuartige Bioaerosolkammer entwickelt.**
- **An warmen Sommertagen sterben nach 12 Minuten bis zu 99,9 % der Bakterien, im Winter nicht.**

Wie lange Bakterien in der Abluft von Tierhaltungsanlagen überleben und damit potentiell infektiös sind ist nicht bekannt. Dies haben wir im Projekt TeluMi (Tenazität luftgetragener Mikroorganismen) untersucht.

### Hintergrund und Zielsetzung

Die Luft in Tierställen enthält große Mengen Bakterien, die über die Abluft in die Umwelt gelangen und möglicherweise die Gesundheit von Menschen und Tieren beeinträchtigen können. Spezifisch für Tierhaltungsanlagen ist die Bakteriengruppe der Staphylokokken.

Computermodelle werden verwendet, um die Ausbreitung von Staphylokokken aus Tierhaltungsanlagen zu modellieren und die Konzentrationen in der Umgebung zu berechnen. Für realitätsnahe Modellierungen muss dabei auch berücksichtigt werden, wie lange Staphylokokken in der Luft überleben.

Das Überleben von Bakterien in der Luft hängt von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Sonneneinstrahlung und dem sogenannten "open air factor" (OAF) ab. Der OAF beschreibt einen keimtötenden Effekt auf Mikroorganismen, der nur in frischer Außenluft auftritt. Dabei spielt die Ozonkonzentration eine große Rolle.

Um die Überlebensraten von Bakterien in der Luft zu bestimmen, haben wir eine neuartige Prüfkammer entwickelt, in der Versuche unter realen Außenluftbedingungen durchgeführt werden können. Darin haben wir untersucht, wie lange verschiedene Staphylokokken in der Luft bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen überleben. Diese Daten sollen dazu beitragen, die Computermodelle zu verbessern.

### Vorgehensweise

Das besondere an unserer Prüfkammer ist, dass sie aus einem zusammengefalteten Folienballon besteht. Dieser wird draußen im Freien kontinuierlich mit frischer Außenluft aufgeblasen. Dabei verdoppelt sich das Luftvolumen im Inneren alle zweieinhalb Minuten (Abbildung 1).

In den verschiedenen Jahreszeiten wurde bei unterschiedlichen Wetterbedingungen die Überlebensrate von Staphylokokken in der draußen stehenden Kammer untersucht. Dabei wurde jeweils das Verhältnis zwischen allen Bakterienzellen und nur

den lebenden Bakterienzellen bestimmt, nachdem sie 12 Minuten lang in der Kammerluft waren. Zusätzlich gemessen wurden dabei die jeweilige Temperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung und Ozonkonzentration.



Abbildung 1: Neuartige Prüfkammer, voll aufgeblasen

### Ergebnisse

Es konnten in der Kammer meteorologische Bedingungen hergestellt werden, die repräsentativ für unsere Breitengrade sind. Die Versuche wurden bei Temperaturen zwischen  $-3\text{ °C}$  im Winter und  $35\text{ °C}$  im Sommer durchgeführt und bei relativen Luftfeuchten zwischen 20 % und 80 %. Die Globalstrahlung variierte stark im Jahresverlauf zwischen  $4,81\text{ W/m}^2$  an einem trüben Wintermorgen und  $978\text{ W/m}^2$  im Sommer bei voller Sonneneinstrahlung. Die Ozonkonzentration lag bei maximal  $0,315\text{ ppm}$ . Bei hohen Temperaturen, hohen Ozonkonzentrationen und niedrigen relativen Luftfeuchten haben die wenigsten Bakterien in der Luft überlebt. Am deutlichsten aber war der Einfluss der Globalstrahlung.

Abbildung 2 zeigt die die Überlebensraten in % von Bakterien der Art *Staphylococcus xylosus* in Abhängigkeit von der Globalstrahlung. Dabei lagen die Bakterien als einzelne Zellen in der Luft vor. Die Werte schwankten stark im Bereich von zwei Zehnerpotenzen. Trotzdem ist mit steigender Strahlungsintensität ein exponentieller Abfall der Überlebensrate zu

sehen. Ab 500 W/m<sup>2</sup> leben nach 12 Minuten nur noch 10 % der Bakterien.

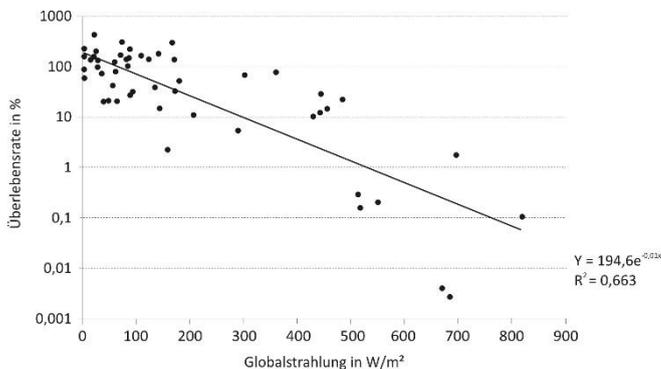


Abbildung 2: Überlebensraten von *Staphylococcus xylosus* nach 12 Minuten im luftgetragenen Zustand in Abhängigkeit von der Globalstrahlung (n = 54)

In weiteren Versuchen wurde frischer Hühnerstallstaub in die Kammer geblasen und untersucht, wie lange die darin enthaltenen Staphylokokken überleben. Abbildung 3 zeigt die Abhängigkeit der Überlebensrate von der Globalstrahlung. Tendenziell sinkt auch hier die Überlebensrate mit steigender Strahlungsintensität. Eine Reduktion der Überlebensrate von über 90 % wurden vereinzelt bei Globalstrahlungswerten > 200 W/m<sup>2</sup> gefunden. Die Schwankungsbreite ist jedoch deutlich höher als bei den vorangegangenen Versuchen mit *S. xylosus*, und ein exponentieller Abfall der Überlebensrate ist nicht so eindeutig zu erkennen.

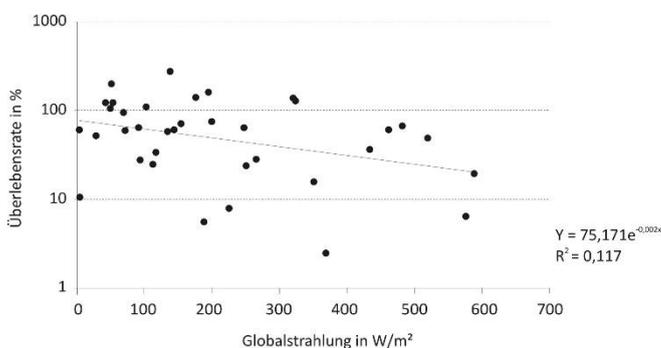


Abbildung 3: Überlebensraten von Staphylokokken in Hühnerstallstaub nach 12 Minuten im luftgetragenen Zustand in Abhängigkeit von der Globalstrahlung (n = 32)

Im Gegensatz zu den vorherigen Versuchen waren die Bakterien hier nicht als einzelne Zellen in der Luft, sondern auf und in den Staubpartikeln. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Staub die Bakterien in gewissem Maße vor der Strahlung schützt. Nach 12 Minuten im luftgetragenen Zustand starben im Vergleich zu den Einzelzellen von *S. xylosus* viel weniger ab. Aus diesem Grund wurde der Versuch im Sommer zweimal in einer größeren Kammer wiederholt und die Bakterien doppelt so lange für ca. 25 Minuten in der Luft gehalten. Die Globalstrahlung lag dabei im Schnitt bei ca. 500 W/m<sup>2</sup>, die Temperatur bei 35 °C, die relative Luftfeuchte bei 30 % und die

Ozonkonzentration bei 0,025 ppm. Es zeigte sich in Abbildung 4 bei geringer Schwankungsbreite ein deutlicher exponentieller Abfall der Überlebensraten von luftgetragenen Staphylokokken in Stallstaub über die Zeit. Nach 10 Minuten überlebten nur noch 90 %. Nach 25 Minuten wurden Überlebensraten von unter 0,1 % festgestellt. Damit ist vor allem an sonnigen, warmen Tagen mit einer starken Reduktion der Überlebensraten luftgetragener Staphylokokken aufgrund des Wetters zu rechnen.

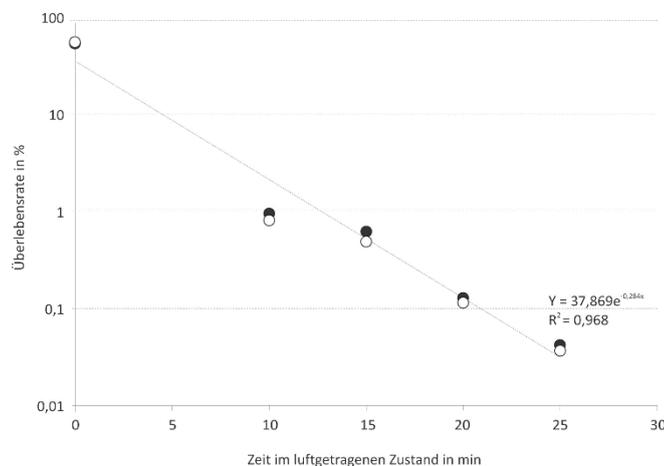


Abbildung 4: Überlebensraten von luftgetragenen Staphylokokken in Hühnerstallstaub in Abhängigkeit von der Zeit (n = 2)

### Fazit

In unserer neuartigen Prüfkammer können die Überlebensraten von luftgetragenen Bakterien unter Außenluftbedingungen bestimmt werden. Temperatur, relative Feuchte, Ozon und Globalstrahlung haben einen Einfluss auf die Überlebensrate von Staphylokokken in der Luft. Dabei hat die Globalstrahlung den größten Effekt. Liegen die Bakterien einzeln in der Luft vor, überleben nach 12 Minuten an warmen, sonnigen Tagen weniger als 0,1 %. Sind die Bakterien an Staubpartikel gebunden und dadurch geschützt, braucht es dazu bis zu 25 Minuten. Im Winter oder nachts überleben Bakterien deutlich länger.

Unsere Daten sind zur Verbesserung von Ausbreitungsmodellen geeignet. Voraussetzung dafür ist, dass auch entsprechende Werte für z. B. die Globalstrahlung verfügbar sind. Des Weiteren soll geprüft werden, ob auch Überlebensraten für die Temperatur oder sogar für Wertekombinationen sinnvoll sind. Auch ein pragmatisches Vorgehen wäre denkbar, da der Einfluss der Implementierung einer Überlebensrate nach den jetzigen Erkenntnissen vor allem in gemäßigten Breiten keinen großen Einfluss auf die Berechnung von Jahresmittelwerten der Immissionen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen haben wird. Anders sähe es jedoch bei der Berechnung von Zeitreihen aus, oder wenn der Langstreckentransport von Mikroorganismen betrachtet werden soll.

## Weitere Informationen

### Kontakt

Thünen-Institut für Agrartechnologie  
 Marcus.clauss@thuenen.de  
 www.thuenen.de/at

### Laufzeit

6.2017-4.2020

### Projekt-ID

2003

### Veröffentlichungen

Clauß, M.; Linke, S.; Tautz, C.;  
 Bromann, S. Development of a Novel  
 Bioaerosol Chamber to Determine  
 Survival Rates of Airborne  
 Staphylococci. *Atmosphere* 2022, 13,  
 869. <https://doi.org/10.3390/>

### Gefördert durch

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
 LANDWIRTSCHAFT  
 UND GEOLOGIE

