

Grundlegendes zu kritischen Messparametern bei der Biodekontamination mit verdampftem Wasserstoffperoxid



Die Beziehungen zwischen Temperatur, relativer Feuchte und relativer Sättigung

Verdampftes Wasserstoffperoxid hinterlässt keine Rückstände und kann bei Raumtemperatur effizient für die Biodekontamination eingesetzt werden. Es wird daher häufig in Anwendungen wie Isolatoren, Materialschleusen und in verschiedenen Anlagen verwendet, für die eine zuverlässige Dekontamination erforderlich ist.

Eine effektive Abtötung von Mikroorganismen kann mit unterschiedlichen Feuchte- und H_2O_2 -ppm-Werten erzielt werden. Einige Hersteller von Biodekontaminationskammern oder -isolatoren bevorzugen nicht sichtbare Kondensation, während sich andere für trockene Biodekontaminationsprozesse entscheiden, bei denen die Feuchte weit entfernt von Kondensation gehalten wird. Tropfendes Kondenswasser sollte jedoch aufgrund potenziell negativer Auswirkungen auf Belüftungszeit, Materialien und gleichmäßige Dekontaminationseffizienz vermieden werden. Daher ist es wichtig, die Feuchte während der Biodekontaminationszyklen mit verdampftem Wasserstoffperoxid zu messen. Wasser (H_2O) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) haben jedoch eine sehr ähnliche molekulare Struktur. Daher beeinflussen beide die Feuchte der Luft.

Die relative Feuchte gibt per Definition die Feuchte der Luft an, die nur durch Wasserdampf verursacht wird. Aus

diesem Grund nutzen Feuchtesensoren, die in Anwendungen mit verdampftem Wasserstoffperoxid eingesetzt werden, typischerweise eine katalytische Schicht über einem normalen Feuchtesensor. Die katalytische Schicht katalysiert das Wasserstoffperoxid, sodass der Feuchtesensor nur Wasserdampf misst. Die gemessene relative Feuchte gibt die Feuchte der Luft an, die nur durch Wasserdampf verursacht wird. Bei der Messung von H_2O_2 im Dampfzustand ist die relative Sättigung der Parameter, der die Feuchtemenge der Luft angibt, die sowohl durch Wasserstoffperoxid als auch durch Wasserdampf verursacht wird. Das Luftgemisch beginnt zu kondensieren, wenn die relative Sättigung 100 %rS erreicht. Die relative Sättigung ist der einzige Parameter, der angibt, wann das Luftgemisch mit Wasserdampf und Wasserstoffperoxid Dampf zu kondensieren beginnt. Daher ist es wichtig, den relativen Sättigungsgrad während des Biodekontaminationsprozesses zu verfolgen.

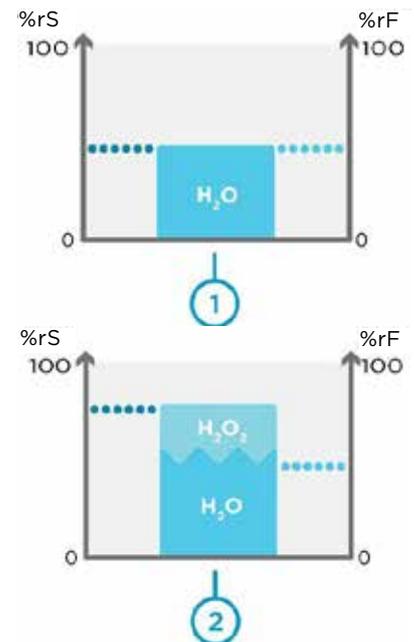


Abbildung 1. Umgebung 1 ohne H_2O_2 -Dampf und Umgebung 2 mit H_2O_2 -Dampf.

Abbildung 1 oben zeigt zwei verschiedene Umgebungen an: Umgebung 1 ohne H_2O_2 -Dampf und Umgebung 2 mit H_2O_2 -Dampf. Wenn kein H_2O_2 -Dampf vorhanden ist, entspricht die relative Sättigung der relativen Feuchte. Dies ist in Umgebung 1 zu sehen. Innerhalb von Umgebung 2 haben wir das gleiche Luftvolumen mit H_2O_2 -Dampf. Jetzt ist die relative Sättigung höher als die relative Feuchte.

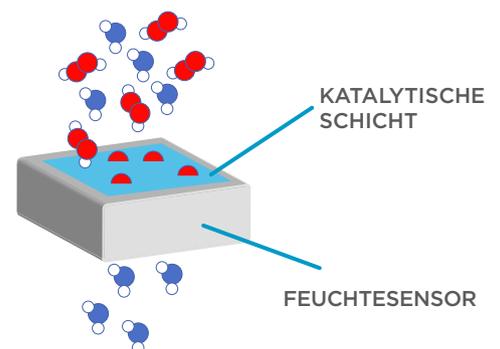


Abbildung 2 zeigt H_2O_2 ppm als Funktion der relativen Sättigung und der relativen Feuchte bei 25 °C. Die relative Sättigung liegt auf der x-Achse und die relative Feuchte auf der y-Achse. Eine dunklere Schattierung zeigt einen höheren ppm-Anteil an H_2O_2 . Wie die Abbildung zeigt, ist der Unterschied zwischen den Werten für die relative Sättigung und die relative Feuchte umso größer, je mehr Wasserstoffperoxid im Luftgemisch enthalten ist. Beispielsweise entspricht bei 25 °C und 1 000 ppm Wasserstoffperoxid der Feuchtwert von 25 %rF dem Wert von 70 %rS. Wenn dieses Gasgemisch mit 1 000 ppm Wasserstoffperoxid zu kondensieren beginnt (relative Sättigung beträgt 100 %), liegt die relative Feuchte bei 35 %.

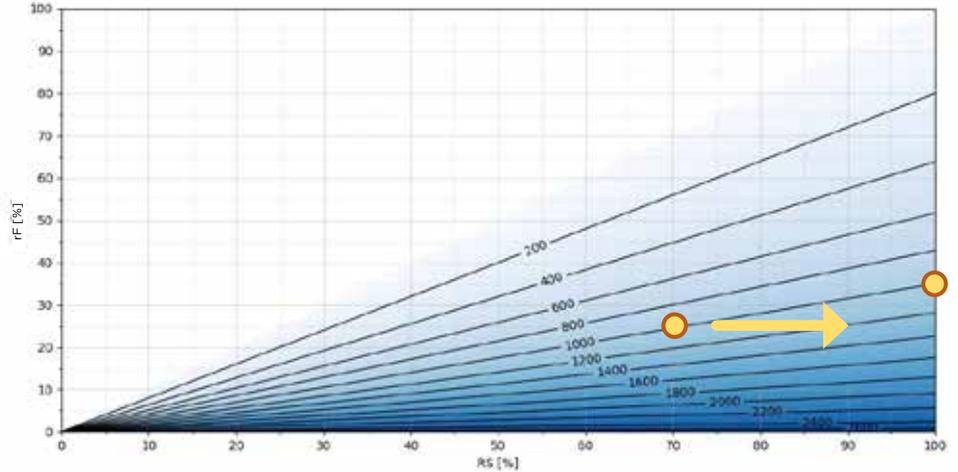


Abbildung 2. H_2O_2 ppm als Funktion von rS/rF bei $T = 25\text{ °C}$

Die Temperatur beeinflusst, wie viel Wasserstoffperoxid vor der Kondensation in der Luft sein kann (relative Sättigung entspricht 100 %rS). Daher ändert sich die Grafik in Abbildung 2, wenn sich die Temperatur ändert.

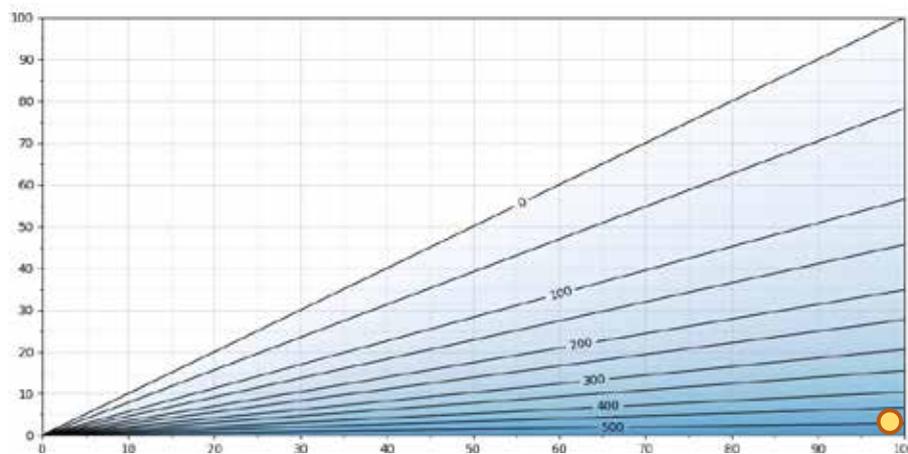


Abbildung 3. H_2O_2 ppm als Funktion von rS/rF bei $T = 5\text{ °C}$

Abbildung 3 zeigt dieselbe Grafik bei 5 °C. Der maximale H_2O_2 -ppm-Wert bei 5 °C liegt etwas über 500 ppm. Beispielsweise beträgt bei 5 °C, 500 ppm Wasserstoffperoxid und 100 %rS die relative Feuchte ca. 2 %rF. Da die relative Sättigung 100 %rS beträgt, kondensiert das Luftgemisch. Der Unterschied zwischen %rS und %rF bei dieser Temperatur ist enorm: 100 %rS vs. 2 %rF. Die Messung der relativen Feuchte in diesem speziellen Fall hat keinen wirklichen Wert.

Je höher die Temperatur ist, desto mehr H_2O_2 ppm kann dem Luftgemisch vor der Kondensation zugesetzt werden, wie in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt wird. In Abbildung 4 kann bei einer Temperatur von 50 °C eine H_2O_2 -Konzentration von > 12 000 ppm erreicht werden.

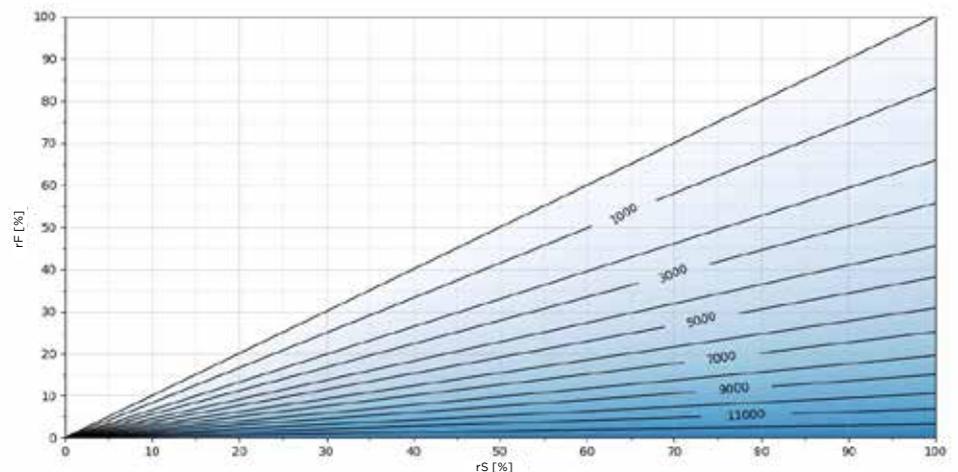


Abbildung 4. H_2O_2 ppm als Funktion von rS/rF bei $T = 50\text{ °C}$

Jeder Punkt in **Abbildung 5** repräsentiert einen Kondensationspunkt, d. h. die relative Sättigung beträgt 100 %rS. Die Temperatur liegt auf der x-Achse und H₂O₂ ppm auf der y-Achse. Die Kurven zeigen die maximale relative Feuchte. Beispielsweise entspricht bei 20 °C und 300 ppm Wasserstoffperoxid der relative Feuchtwert 60 %rF dem Wert von 100 %rS. Wenn wir die Lufttemperatur bei einer H₂O₂-Konzentration von 300 ppm auf 40 °C erhöhen, beträgt die relative Feuchte 87 % und die relative Sättigung 100 %. Kondensation tritt bei einer relativen Feuchte von < 100 % aufgrund der Beziehung zwischen Lufttemperatur und H₂O₂-Konzentration auf. Je höher daher die Temperatur ist, desto höher ist die maximale %rF. Wenn wir den Wasserstoffperoxidwert bei 40 °C von 300 auf 900 ppm erhöhen, sinkt die maximal erreichbare relative Feuchte von 87 auf 70 %rF. Je höher die ppm-Konzentration ist, desto niedriger ist die maximale %rF.

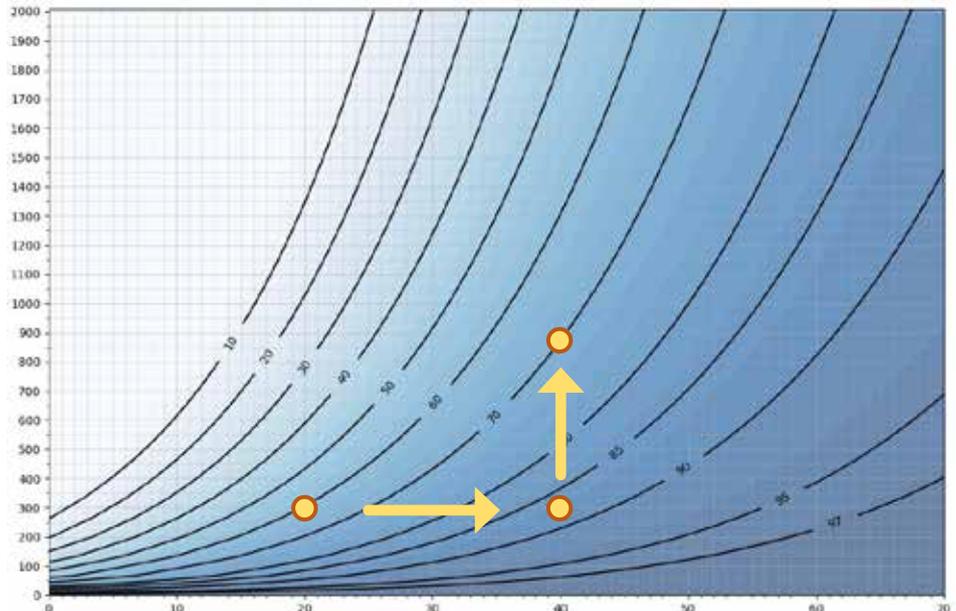


Abbildung 5. Die x-Achse = Temperatur, die y-Achse = ppm-Konzentration. Maximal erreichbare relative Feuchte (rS = 100 %rS)

Regel: Je höher der H₂O₂-ppm-Wert ist, desto niedriger ist die maximal erreichbare rF und desto größer ist der Unterschied zwischen rF und rS.

Diese Zahlen veranschaulichen, warum es nicht ausreicht, nur die relative Feuchte bei Biodekontaminationsprozessen zu betrachten, bei denen verdampftes Wasserstoffperoxid zum Einsatz kommt. Mit H₂O₂ angefüllte Luft kondensiert je nach Lufttemperatur und Wasserstoffperoxidkonzentration bei < 100 % relativer Feuchte. Wenn das Luftgemisch verdampftes H₂O₂ enthält, kann die relative Feuchte niemals 100 % erreichen, sodass es nahezu unmöglich ist, genau abzuschätzen, wann Kondensation auftreten wird. Je höher die Temperatur ist, desto höher ist die zulässige relative Feuchte. Andererseits ist die maximal erreichbare rF umso niedriger, je höher die H₂O₂-Konzentration ist.

Bei der Biodekontamination mit verdampftem Wasserstoffperoxid ist die relative Sättigung der einzige Parameter, der den tatsächlichen Sättigungsgrad genau wiedergibt. Dies ist der Punkt, an dem Kondensation auftreten kann.



VAISALA

Kontaktieren Sie uns unter www.vaisala.com/contactus



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B211784DE-A ©Vaisala 2019

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

www.vaisala.com