

# Beheizte Atemgasbefeuchtung durch medizinisches Fachpersonal zur Behandlung von COVID-19-Patienten

---

Die beheizte Atemgasbefeuchtung mit F&P Evaqua™ 2-Schlauchsystemen ermöglicht ein geschlossenes System. Ein geschlossenes System verringert das Risiko, infizierte Partikel in die Umgebung zu aerosolisieren, was wiederum dazu beiträgt, das Risiko für medizinisches Fachpersonal zu verringern.

## Übersicht

- Alle COVID-19-Patienten, die Atmungsunterstützung benötigen, haben eine hohe Viruslast, was das Infektionsrisiko für medizinisches Fachpersonal erhöht. Dies ist insbesondere bei Verfahren/Therapien mit Aerosolisierung oder Tröpfchenerzeugung von Bedeutung. Durch das Öffnen des Beatmungssystems bei einem invasiv beatmetem COVID-19-Patienten wird das Risiko erhöht, infizierte Partikel in die Umgebung zu aerosolisieren, was wiederum ein Risiko für medizinisches Fachpersonal darstellt. Daher müssen geeignete Strategien zur Infektionskontrolle angewendet werden. Die Verwendung eines beheizten Atemgasbefeuchters reduziert die Anzahl der erforderlichen Schlauchsystemunterbrechungen im Vergleich zur passiven Atemgasbefeuchtung mit einem Wärme- und Feuchtigkeitstauscher, wodurch das Risiko von Aerosolen verringert wird.
- Durch beheizte Atemgasbefeuchtung entsteht in einem geschlossenen System Wasserdampf. Es entstehen keine aerosolisierten Tröpfchen. Wasserdampf kann COVID-19 oder andere virale oder bakterielle Partikel nicht transportieren.
- Beatmungssysteme, die die Kondensation erheblich reduzieren sollen (d. h. F&P Evaqua 2-Schlauchsysteme), verringern die Notwendigkeit von Schlauchsystemunterbrechungen im Vergleich zu herkömmlichen beheizten Schlauchsystemen. Dies verringert auch das Risiko der Weitergabe von COVID-19 in die Umwelt und an medizinisches Fachpersonal.
- Beatmungssysteme, die auch für die nichtinvasive Beatmung (NIV) und nasales High Flow (NHF) (nach Extubation von COVID-19-Patienten) verwendet werden können, vereinfachen die Geräteanforderungen und verringern das Infektionsrisiko durch die Handhabung mehrerer Schlauchsysteme. Dadurch werden auch wertvolle Verbrauchsmaterialien eingespart.
- Bei beatmeten Patienten mit COVID-19 sind lungenschützende Beatmungsstrategien erforderlich, einschließlich einer maximalen Reduzierung des instrumentellen Totraums. Eine beheizte Atemgasbefeuchtung wird gegenüber Wärme- und Feuchtigkeitstauschern empfohlen, da die klinische Literatur belegt, dass die Anwendung einer beheizten Atemgasbefeuchtung die lungenschützende Beatmung verbessern kann:
  - o Reduzierung von PaCO<sub>2</sub>
  - o Reduzierung des Plateaudrucks
  - o Reduzierung der Tidalvolumina
  - o Steigerung der alveolären Ventilation
- Bei COVID-19-Patienten, die an schweren Atemwegserkrankungen erkrankt sind, ist eine hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich, um das Sekretmanagement zu unterstützen, eine effiziente Beatmung und einen effizienten Gasaustausch zu fördern und eine optimale mukoziliäre Funktion aufrechtzuerhalten.

# Durch beheizte Atemgasbefeuchtung entsteht Wasserdampf, der für medizinisches Fachpersonal kein Infektionsrisiko darstellt

## 1. Durch die beheizte Atemgasbefeuchtung wird die Notwendigkeit von Schlauchsystemunterbrechungen verringert, wodurch das Infektionsrisiko durch Kreuzkontamination verringert und ein geschlossenes System ermöglicht wird

Durch die Anwendung einer beheizten Atemgasbefeuchtung wird die Notwendigkeit von Schlauchsystemunterbrechungen verringert. Jede Schlauchsystemunterbrechung erhöht das Risiko einer Kreuzkontamination oder Infektion für medizinisches Fachpersonal bei der Behandlung von COVID-19 Patienten.

- o Die beheizte Atemgasbefeuchtung verbessert die Sekret-Clearance und reduziert verdickte Sekrete im Vergleich zur passiven Atemgasbefeuchtung. Dies verringert die Häufigkeit, mit der ein Beatmungssystem aufgrund verdickter Sekrete unterbrochen werden muss.
- o Wärme- und Feuchtigkeitstauscher mit Filtern müssen möglicherweise häufig gewechselt werden, wenn verdickte Sekrete auftreten und Filter nass werden (was die Filtrationseffizienz verringert). Dazu muss das Schlauchsystem unterbrochen werden.
- o Schlauchsysteme für beheizte Atemgasbefeuchtung, bei denen Wasserdampf/Feuchtigkeit durch das Material diffundieren kann (F&P Evaqua 2-Schlauchsysteme), wurden getestet, um sicherzustellen, dass virale und bakterielle Krankheitserreger nicht durch das Material dringen oder diffundieren können, sondern nur Wasserdampf.
- o Schlauchsystemunterbrechungen sind bei aktiver oder passiver Atemgasbefeuchtung unvermeidlich. Durch aktive Atemgasbefeuchtung kann medizinisches Fachpersonal die Anzahl der Unterbrechungen reduzieren, ein geschlossenes System ermöglichen und das Risiko einer Kreuzkontamination verringern.

## 2. Bei der beheizten Atemgasbefeuchtung wird Wasserdampf (keine Aerosole) erzeugt, der Viren oder Bakterien nicht transportieren kann

Beheizte Atemgasbefeuchter stellen eine aktive Form der Befeuchtung dar, bei der Atemgas in der Befeuchterkammer erwärmt wird und dem Patienten Wasserdampfpartikel zugeführt werden.<sup>1-2</sup> Beim Verdampfungsprozess entsteht eine molekulare Verteilung von Wasser in der Luft. Aufgrund der molekularen Eigenschaften der Wasserverteilung und die Größe der Wasserdampfmoleküle (- 0,0001 Mikrometer), sind Wasserdampfteilchen zu klein, um Bakterien oder Viren zu transportieren.<sup>3</sup> Aerosolisierte Wassertröpfchen können diese Krankheitserreger in sich tragen und sind der Grund, warum in den klinischen Richtlinien von COVID-19 Strategien zur Infektionskontrolle bei aerosolerzeugenden Verfahren wie Intubation, Vernebelung und Bronchoskopie empfohlen werden. Die beheizte Atemgasbefeuchtung zur invasiven Beatmung ist kein aerosolisierendes Verfahren und wird daher in den Leitlinien zu COVID-19 nicht als aerosolerzeugendes Verfahren für invasiv beatmete Patienten bezeichnet.<sup>4</sup>



Wasserdampfmoleküle können Krankheitserreger, die Infektionen verursachen können, aufgrund der jeweiligen Größenunterschiede nicht transportieren.

### **3. F&P Evaqua 2-Schlauchsysteme reduzieren die Kondensation im Vergleich zu den Schlauchsystemen herkömmlicher beheizter Atemgasbefeuchter erheblich; Unterbrechungen können reduziert, das Übertragungsrisiko verringert und ein geschlossenes System ermöglicht werden**

Schlauchsysteme mit neuerer Technologie können die Kondensation erheblich reduzieren, da das Material Wasserdampf durch die Schlauchsystemwand diffundieren lässt. Dieses Material in F&P Evaqua 2-Schlauchsystemen wurde entwickelt und getestet, um sicherzustellen, dass Viren und Bakterien nicht durch das Material dringen oder diffundieren können, sondern nur Wasserdampf. Das Kondensat an der Inspirationsseite kann in die Befeuchterkammer zurückgeführt werden, sodass der Kreislauf nicht unterbrochen werden muss.

### **4. Medizinisches Fachpersonal kann bei extubierten Patienten dasselbe Schlauchsystem zur invasiven Beatmung für NIV und NHF verwenden, wodurch die Menge an anfallendem kontaminiertem Abfall reduziert wird**

Die Anwendung einer beheizten Atemgasbefeuchtung ermöglicht die Verwendung eines einzigen Schlauchsystems für invasive Beatmung, nichtinvasive Beatmung und NHF. Durch die Wiederverwendung in verschiedenen Anwendungen wird die erforderliche Ausrüstung vereinfacht und einzelne Patienten benötigen keine Vielzahl an Schlauchsystemen. Zum Beispiel kann eine NIV mit zwei Schläuchen unter Verwendung des gleichen Schlauchsystems durchgeführt werden bzw. kann die Expirationsseite abgenommen werden, um eine NIV und NHF mit einem Schlauch an der Inspirationsseite durchzuführen.

# Vorteile der beheizten Atemgasbefeuchtung bei beatmeten COVID-19-Patienten

## 5. Bei COVID-19-Patienten, die an schweren Atemwegserkrankungen erkrankt sind, ist eine hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich, um das Sekretmanagement zu unterstützen, eine effiziente Beatmung und einen effizienten Gasaustausch zu fördern und eine optimale mukoziliäre Funktion sicherzustellen.

Der obere Atemweg erwärmt und befeuchtet die eingeatmete Luft auf natürliche Weise auf 37 °C und 100 % relative Luftfeuchtigkeit (44 mg/L absolute Luftfeuchtigkeit).<sup>5-7</sup> Die invasive Beatmung eines Patienten mit geringeren Wärme- und Feuchtigkeitswerten hat erwiesenermaßen die folgenden unerwünschten Wirkungen:

- o Funktionsstörung des mukoziliären Transportsystems<sup>5,7</sup>
- o Austrocknung der Atemwege<sup>8</sup>
- o ETT-Blockaden<sup>9-11</sup>
- o Verdickte, schwer absaugbare Sekrete<sup>12</sup>
- o Erhöhte Raten von beatmungsassoziierter Pneumonie<sup>13</sup>

Beheizte Atemgasbefeuchter dienen dazu, dem Patienten ein optimales Maß an Wärme und Feuchtigkeit bereitzustellen (37 °C, 44 mg/L). Wärme- und Feuchtigkeitstauscher erreichen eine maximale Luftfeuchtigkeit von 32–33 mg/L, wobei viele weniger als 30 mg/L produzieren.<sup>14</sup> Ein Wärme- und Feuchtigkeitstauscher bietet Patienten deutlich geringere Mengen an Feuchtigkeit als ein beheizter Atemgasbefeuchter, wobei Studien zeigen, dass nur 10 % weniger Feuchtigkeit über 15 Minuten hinweg einen signifikanten Einfluss auf die mukoziliäre Funktion haben kann.<sup>7</sup>

## 6. Die beheizte Atemgasbefeuchtung sorgt für Befeuchtung ohne Vergrößerung des instrumentellen Totraums. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für eine wirksame lungenschützende Beatmung.

Bei COVID-19-Patienten sind lungenschützende Beatmungsstrategien erforderlich. Im Vergleich zu Wärme- und Feuchtigkeitstauschern kann eine beheizte Atemgasbefeuchtung die Beatmung von Patienten mit reduziertem Tidalvolumen ( $V_T$ ) ermöglichen, wodurch der Partialdruck von Kohlendioxid ( $P_aCO_2$ ) und der Plateaudruck ( $P_{plat}$ ) verringert werden, was zu einer erhöhten alveolären Ventilation und einem stärkeren Gasaustausch führt. Bei diesen Patienten ist eine Befeuchtung erforderlich, die keinen zusätzlichen instrumentellen Totraum verursacht. Dies kann nur durch beheizte Atemgasbefeuchtung erreicht werden.

Die lungenschützende Beatmung ist eine Kombination aus Beatmungseinstellungen und zugehörigen Verfahren, die einen direkten Einfluss auf die Mortalität haben können.<sup>15-19</sup> Ein wesentlicher Aspekt der lungenschützenden Beatmung ist die Minimierung des instrumentellen Totraums, was einen erheblichen Einfluss auf die Atemarbeit, den Gasaustausch und die alveoläre Ventilation haben kann.<sup>16, 20-25</sup> In mehreren klinischen Leitlinien wird eine lungenschützende Beatmung für invasiv beatmete COVID-19-Patienten oder für Patienten, die die Kriterien für ARDS erfüllen, empfohlen.<sup>4, 26</sup>

- Bei der Verwendung eines beheizten Atemgasbefeuchters entsteht kein zusätzlicher instrumenteller Totraum, während bei einem Wärme- und Feuchtigkeitstauscher bis zu 100 ml Totraum hinzukommen können. Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Verringerung des Totraums unter Verwendung eines beheizten Atemgasbefeuchters einen signifikanten Einfluss auf den Gasaustausch haben kann, zusammen mit einer Verringerung des  $P_aCO_2$ , die proportional zur Verringerung des Totraums ist.<sup>21-25</sup> Prat et al.<sup>23</sup> zeigten, dass die Verwendung eines beheizten Atemgasbefeuchters im Vergleich zu einem Wärme- und Feuchtigkeitstauscher zu einer Abnahme von  $P_aCO_2$  (80 bis 63 mmHg) führt, ohne dass weitere Einstellungen verändert werden.
- Moran et al.<sup>22</sup> zeigten, dass die Verwendung eines beheizten Atemgasbefeuchters im Vergleich zu einem Wärme- und Feuchtigkeitstauscher zu einer Verringerung des Tidalvolumens ( $V_T$ ) um 81 ml, des Spitzendrucks ( $P_{Peak}$ ) um 7 cmH<sub>2</sub>O und des Plateaudrucks ( $P_{plat}$ ) um 4 cmH<sub>2</sub>O führt.

## 7. Eine beheizte Atemgasbefeuchtung kann bei schwer zu entwöhnenden Patienten im Vergleich zu Wärme- und Feuchtigkeitstauschern eine effektivere Entwöhnung ermöglichen.

Bei COVID-19-Patienten ist die Entwöhnung von der mechanischen Beatmung aufgrund der Art der Erkrankung und der wahrscheinlichen Entwicklung eines akuten respiratorischen Atemnotsyndrom (ARDS) unter Umständen schwer. Die beheizte Atemgasbefeuchtung reduziert den Totraum und den Ausatemwiderstand für eine optimierte Entwöhnung im Vergleich zu Wärme- und Feuchtigkeitstauschern.<sup>20</sup>

Girault et al.<sup>20</sup> verglichen die Verwendung von Wärme- und Feuchtigkeitstauschern mit der beheizten Atemgasbefeuchtung bei schwer zu entwöhnenden Patienten. Sie stellten fest, dass bei Verwendung von Wärme- und Feuchtigkeitstauschern die Druckunterstützung in der Gruppe der Wärme- und Feuchtigkeitstauscher im Vergleich zur Gruppe der beheizten Atemgasbefeuchtung um 8 cmH<sub>2</sub>O erhöht werden musste. In der Studie wurde empfohlen, bei dieser Patientengruppe keine Wärme- und Feuchtigkeitstauscher zu verwenden.

## Literaturverzeichnis

1. Gillies, D., Todd, D. A., Foster, J. P. & Batuwitige, B. T. Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children. *Cochrane Database Syst. Rev.* 9, CD004711–CD004711 (2017).
2. Schulze, A. Respiratory gas conditioning in infants with an artificial airway. *Semin. Neonatol.* 7, 369–377 (2002).
3. Schulze, A. Respiratory gas conditioning and humidification. *Clin. Perinatol.* 34, 19–33 (2007).
4. The Australia and New Zealand Intensive Care Society (ANZICS). (2020, March 26). ANZICS COVID-19 Guidelines. Retrieved from <https://www.anzics.com.au/coronavirus-guidelines/>
5. Williams, R., Rankin, N., Smith, T., Galler, D., & Seakins, P. (1996). Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of airway mucosa. *Critical Care Medicine*, 24(11), 1920-1929.
6. Ryan, S. N., Rankin, N., Meyer, E., & Williams, R. (2002). Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. *Critical Care Medicine*, 30(2), 355-361.
7. Tatkov, S., & Pack, R. J. (2011). Symmetrical-Waveform High-Frequency Oscillation Increases Artificial Mucus Flow Without Changing Basal Mucus Transport in In Vitro Ovine Trachea. *Respiratory Care*, 56(4), 435-441.
8. Branson, R. D. (2000). Preventing Moisture Loss from Intubated Patients. *Clinical Pulmonary Medicine*, 7(4), 187-198.
9. Branson, R. D. (2007). Secretion Management in the Mechanically Ventilated Patient. *Respiratory Care*, 52(10), 1328-1347.
10. Doyle, A., Joshi, M., Frank, P., Craven, T., Moondi, P., & Young, P. (2011). A change in humidification system can eliminate endotracheal tube occlusion. *Journal of Critical Care*, 26, 637.e1-637.e4.
11. Wilsom, A. M., Gray, D. M., & Thomas, J. (2009). Increases in Endotracheal Tube Resistance Are Unpredictable Relative to Duration of Intubation. *Chest*, 136(4), 1006-1013.
12. Robinson, M., & Bye, P. T. (2002). Mucociliary Clearance in Cystic Fibrosis. *Paediatric Pulmonology*, 33, 293-306.
13. Lorente, L., Lecuona, M., Jimenez, A., Lora, M. L., & Sierra, A. (2006). Ventilator-associated pneumonia using a heated humidifier or a heat and moisture exchanger: a randomized controlled trial. *Critical Care*, 10.
14. Lellouche, F., Taille, S., Lefrancois, F., Deye, N., Maggiore, S. M., Jouvret, P., Brochard, L. (2009). Humidification Performance of 48 Passive Airway Humidifiers. *Chest*, 135(2), 276-286.
15. Fan, E., Brodie, D., & Slutsky, A. S. (2018). Acute Respiratory Distress Syndrome: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA*, 319(7), 698-710.
16. Lellouche, F., & Lipes, J. (2013). Prophylactic protective ventilation: lower tidal volumes for all critically ill patients? *Intensive Care Medicine*, 39, 6-15.
17. Papazian, L., Aubron, C., Brochard, L., Chiche, J.-D., Combes, A., Dreyfuss, D., Faure, H. (2019). Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Annals of Intensive Care*, 9(69), 1-18.
18. Griffiths, M. J., McAuley, D. F., Perkins, G. D., Barrett, N., Blackwood, B., Boyle, A., Baudoin, S. V. (2019). Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respiratory Research*, 6, 1-27.
19. Chu, D. K., Kim, L.-Y., Young, P. J., Zamiri, N., Almenawer, S. A., Jaeschke, R., Alhazzani, W. (2018). Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 391, 1693-1705.
20. Girault, C., Breton, L., Richard, J.-C., Tamion, F., Vandelet, P., Aboab, J., Bonmarchand, G. (2003). Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Critical Care Medicine*, 31(5), 1306-1311.
21. Campbell, R. S., Davis, K., Johannigman, J. A., & Branson, R. D. (2000). The Effects of Passive Humidifier Dead Space on Respiratory Variables in Paralyzed and Spontaneously Breathing Patients. *Respiratory Care*, 45(3), 306-312.
22. Moran, I., Bellapart, J., Vari, A., & Mancebo, J. (2006). Heated and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange. *Intensive Care Medicine*, 32, 524-531.
23. Prat, G., Renault, A., Tonnelier, J.-M., Goetghebeur, D., Oger, E., Boles, J.-M., & L'Her, E. (2003). Influence of the humidification device during acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Medicine*, 29, 2211-2215.
24. Prin, S., Chergui, K., Augarde, R., Page, B., Jardin, F., & Vieillard-Baron, A. (2002). Ability and safety of a heated humidifier to control hypercapnic acidosis in severe ARDS. *Intensive Care Medicine*, 28, 1756-1760.
25. Hinkson, C. R., Benson, M. S., Stephens, L. M., & Deem, S. (2006). The Effects of Apparatus Dead Space on PaCO<sub>2</sub> in Patients Receiving Lung-Protective Ventilation. *Respiratory Care*, 51(10), 1140-1144.
26. World Health Organisation. (2020, March 26). Clinical management of severe acute respiratory distress infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. Retrieved from [https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected](https://www.who.int/publications-detail/clinical-management-of-severe-acute-respiratory-infection-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected)