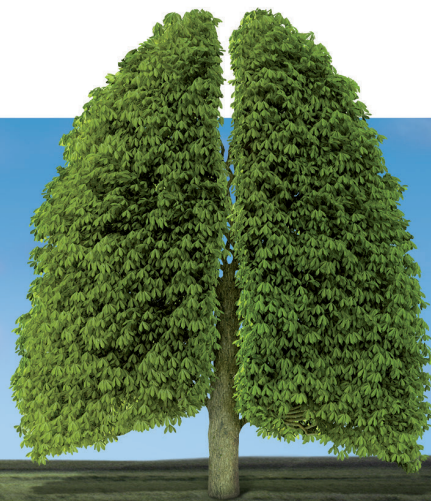


# WILAméd

*Equipment for Professionals*



## Atemgas- befeuchtung: Grundlagen und Praxis

[www.wilamed.com](http://www.wilamed.com)



# Was ist Atemgasbefeuchtung?

## Inhaltsverzeichnis

<b>Was ist Atemgasbefeuchtung?</b> .....	<b>2</b>
<b>Wie funktioniert die natürliche Atemgaskonditionierung?</b> .....	<b>3</b>
1. Erwärmung .....	3
2. Befeuchtung .....	4
3. Reinigung .....	5
Mukoziliäre Clearance .....	5
<b>Wann ist die Atemgaskonditionierung beeinträchtigt?</b> .....	<b>6</b>
<b>Funktionsprinzip des Atemgasbefeuchters AIRcon</b> .....	<b>8</b>
<b>Vorteile des Atemgasbefeuchters AIRcon gegenüber HMEs</b> .....	<b>9</b>
<b>Zubehör zur aktiven Atemgasbefeuchtung</b> .....	<b>10</b>
Befeuchterkammer .....	10
Schlauchsysteme .....	10
Haltevorrichtungen .....	10
<b>Referenzen</b> .....	<b>11</b>

Atemgasbefeuchtung ist eine Methode zur künstlichen Erwärmung und Befeuchtung des Atemgases bei maschinell beatmeten Patienten. Unter dem Begriff Atemgaskonditionierung ist neben der Erwärmung und Befeuchtung auch die Reinigung des Atemgases zu verstehen.

Diese drei wesentlichen Funktionen der Atemgaskonditionierung dienen der Vorbereitung des inspirierten Atemgases für die empfindlichen Lungen. Bleibt die natürliche Atemgasbefeuchtung aus, können pulmonale Infektionen und eine Schädigung des Lungengewebes die Folge sein.

# Wie funktioniert die natürliche Atemgaskonditionierung?

Die Atemgaskonditionierung beim gesunden Menschen findet zu 75% in den oberen Atemwegen (Nasen-/Rachenraum) statt (Abb. 1). Die übrigen 25% werden von der Trachea übernommen.<sup>1</sup>

Täglich erwärmen, befeuchten und reinigen die oberen Atemwege 1.000–21.000 Liter Atemgas je nach Körpergröße und physischer Leistungsfähigkeit.<sup>2</sup>

## 1. Erwärmung

Die Erwärmung der Atemluft erfolgt durch viele kleine Blutgefäße, welche die Nasen- und Mundschleimhaut netzartig überziehen. Nervenimpulse regulieren die Menge des durchströmenden Blutes wie ein körpereigenes Heizsystem. So werden die Gefäße bei kalter Luft mehr durchblutet (Erwärmung des Atemgases) und bei warmer Luft weniger.<sup>3</sup>

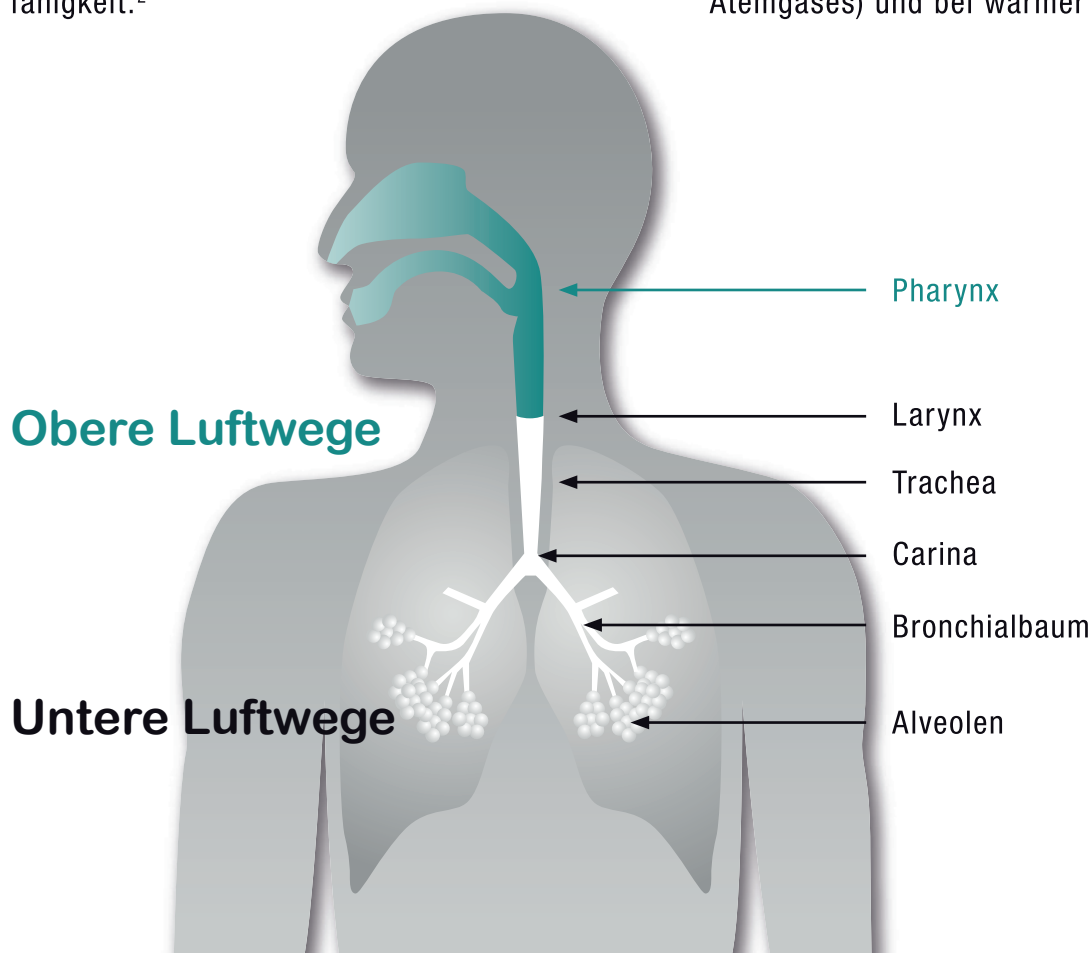


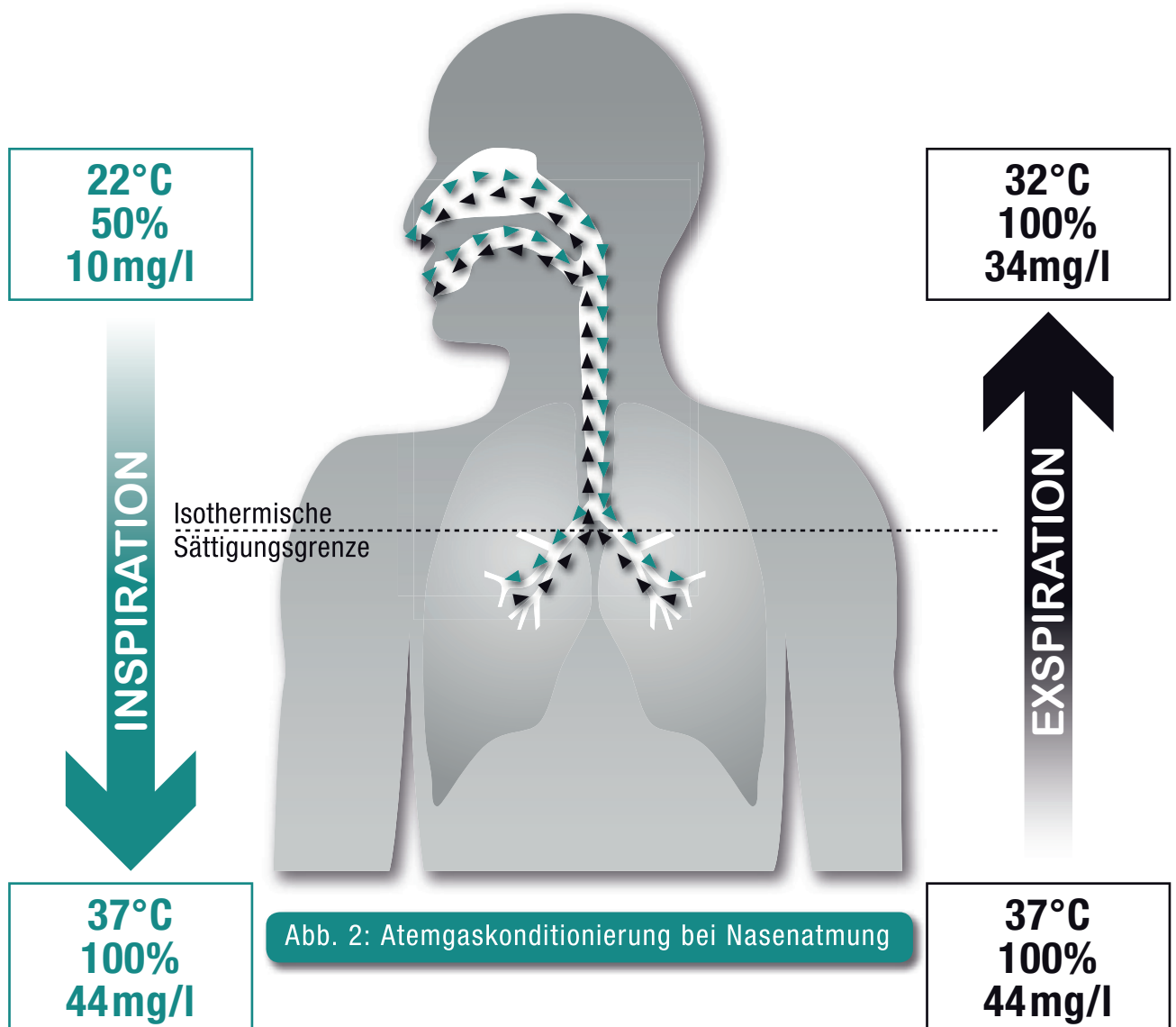
Abb. 1: Respirationstrakt – Übersicht

## 2. Befeuchtung

Die gut durchblutete Schleimhaut im Naseninneren sowie im Mund gibt bei der Inspiration Feuchtigkeit an das vorbei streichende Atemgas ab. Dadurch verdunsten beim gesunden Erwachsenen täglich 200 bis 300 ml Wasser. Während der Inspiration durch die Nase oder durch den Mund kühlen die Schleimhäute ab.

Diese Abkühlung führt dazu, dass beim Ausatmen ein Teil der Feuchtigkeit der aus der Lunge kommenden Luft (100% Luftfeuchtigkeit bei 37°C) an den Schleimhäuten kondensiert. Die Schleimhäute werden dabei wieder befeuchtet.

Auf dem Weg in die unteren Atemwege wird das im Nasen-/Rachenraum bereits befeuchtete Atemgas weiter klimatisiert, bis die isothermische Sättigungsgrenze erreicht ist. Unter der isothermischen Sättigungsgrenze versteht man die maximal mögliche Feuchtigkeit bei vorgegebener Wärme. Dies entspricht bei 37°C Körperkernwärme einer relativen Feuchtigkeit von 100% bzw. 44 mg/l absoluter Feuchtigkeit. Beim gesunden und ruhig atmenden Menschen stellt sich dieses Gleichgewicht bei Nasenatmung an der Luftröhrengabelung ein. So wird sichergestellt, dass nur wasserdampfgesättigte und körperwarme Luft in die Alveolen gelangt (Abb. 2).

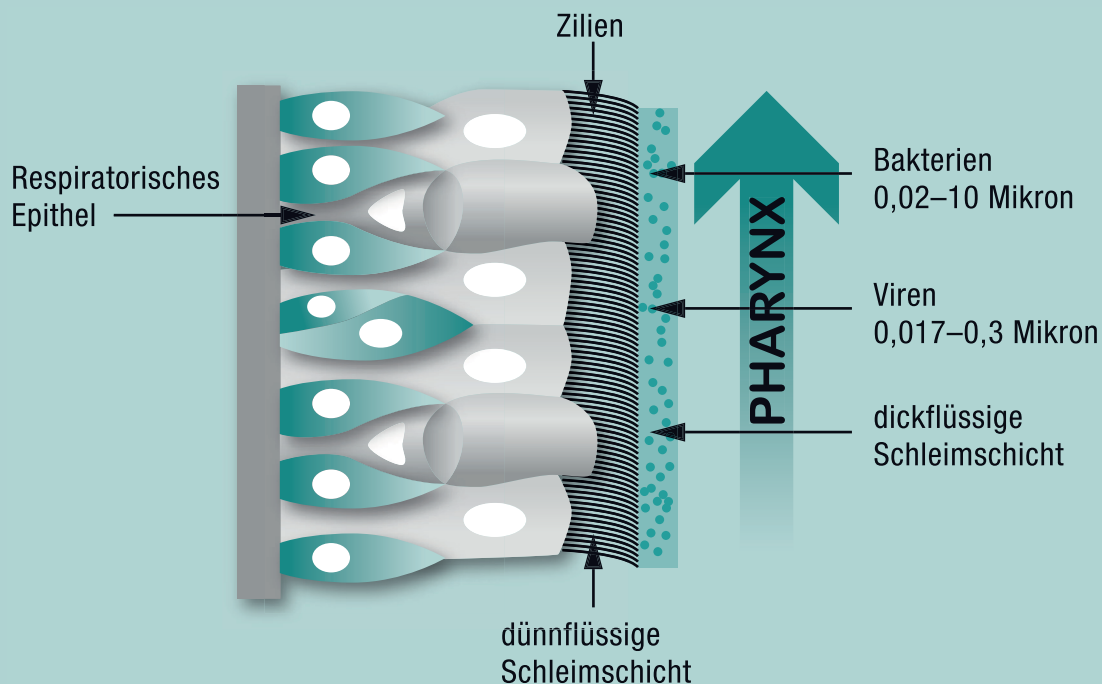


### 3. Reinigung

Während die Entfernung von eingeatmeten Partikeln in den oberen Atemwegen vor allem durch Husten und Niesen (tussive Clearance) erfolgt, steht in den tieferen Atemwegen die mukoziliäre Clearance im Vordergrund. Sie ist der wichtigste Reinigungsmechanismus der Bronchien.

#### Mukoziliäre Clearance

Die Hauptbronchien bis zu den Alveolen sind mit einem respiratorischen Epithel ausgekleidet. Auf ihm befinden sich Flimmerzellen, die an ihrer Oberfläche haarförmige Strukturen (Zilien) tragen. Die Zilien sind umgeben von einer dünnflüssigen Schleimschicht. Darauf befindet sich eine zweite dickflüssige Schleimschicht, in der Fremdpartikel und Mikroorganismen haften bleiben.



Die Zilien führen Bewegungen innerhalb der dünnflüssigen Schleimschicht koordiniert in Richtung Pharynx aus. Dadurch wird die dickflüssige Schleimschicht in Richtung Mund transportiert, wo sie verschluckt oder abgehustet wird. Eine optimale Funktion der mukoziliären Clearance setzt eine Temperatur von 37°C und eine absolute Feuchtigkeit von 44 mg/l entsprechend einer relativen Feuchtigkeit von 100% voraus. Bei unzureichender Wärme und Feuchtigkeit in den unteren Atemwegen stellen die Flimmerzellen ihre Transportfunktion nach kurzer Zeit ein. Bakterielle Keimbesiedlung wird unter diesen Bedingungen erleichtert.<sup>6, 7, 8</sup>

# Wann ist die Atemgaskonditionierung beeinträchtigt?

---

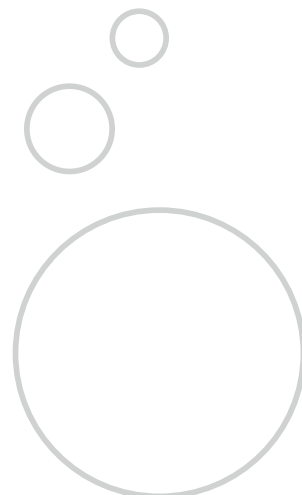
Durch die maschinelle Beatmung, vor allem mit trockenen, kalten Atemgasen, wird die natürliche Atemgaskonditionierung eingeschränkt und teilweise umgangen. Bei der **nicht-invasiven Beatmung** (z.B. Atemmasken) wird häufig ein kontinuierlich positiver Flow verabreicht (z.B. CPAP). Die dadurch bedingte verstärkte Mundatmung kann unerwünschte Begleiterscheinungen auslösen. Langfristig trocknen die oberen Atemwege durch die permanente Versorgung mit kühlen Atemgasen aus. Die Folgen sind schmerzhaft entzündete Nasen- und Mundschleimhäute sowie Blockierungen der Luftwege und Sekretstau im Atmungsapparat.

Insbesondere Leckagen an der Atemmaske können die Austrocknung der Nasenschleimhaut begünstigen. Eine kontinuierliche Zufuhr von warmen Atemgasen trägt zur wesentlichen Linderung dieses Krankheitsbildes bei.<sup>9</sup>

Bei der **invasiven Beatmung** (Intubation oder Tracheotomie) werden die oberen Atemwege umgangen und können ihre natürliche Funktion nicht mehr ausüben. Die Atemgaskonditionierung wird dann ausschließlich auf die Trachea verlagert, welche aber die notwendige Befeuchtungs-, Erwärmungs- und Reinigungsleistung alleine nicht erbringen kann.

## Die Herausforderungen bei maschineller Beatmung sind:

- **Unzureichende Erwärmungsleistung.**  
Es gelangt Atemgas, das nicht ausreichend erwärmt ist, in die Lungen.
- **Unzureichende Befeuchtungsleistung.**  
Die unzureichend erwärmte Luft kann aufgrund der isothermischen Sättigungsgrenze nicht die erforderliche Menge an Feuchtigkeit transportieren.
- **Eingeschränkte Reinigung der Atemwege.**  
Beim intubierten oder tracheotomierten Patienten ist die Reinigungstätigkeit der tussiven Clearance stark eingeschränkt oder fällt komplett aus. Die mechanische Entfernung von Fremdkörpern und Keimen muss bei diesen Patienten ausschließlich von der mukoziliären Clearance übernommen werden – diese funktioniert jedoch nur, wenn ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist.



Eine Beatmung mit zu kalten und trockenen Atemgasen bewirkt innerhalb kürzester Zeit, dass der Schleim auf dem respiratorischen Epithel zäher wird, was die Funktion der Flimmerzellen beeinträchtigt. Die Schlagfrequenz der Zilien verlangsamt sich bis hin zur letztendlichen Sistierung (bei <30% Wasserdampfsättigung nach 35 Min). Nach spätestens einer Stunde sind Schäden im Zellabstrich nachweisbar. Dies kann schwerwiegende Folgen haben:<sup>1,10</sup>

- Beeinträchtigung der Zilienfunktion durch zähen Schleim und anschwellende Schleimhäute
- Zunahme des Atemwegswiderstands und Abnahme der Compliance durch steigenden Sekretstau sowie Inkrustationen
- Gefahr einer Atelektasenbildung wegen reduzierter Surfactantaktivität
- Erschwerung des Gasaustausches in der Lunge
- Erhöhte Anfälligkeit für pulmonale Infektionen

Frühchen sind gegenüber derartigen Komplikationen besonders gefährdet. Ab der 24. Schwangerschaftswoche sind sie zwar bereits überlebensfähig, aber ihre Lungen, der Bronchialbaum und die mukoziliäre Clearance sind noch extrem unterentwickelt. Darüber hinaus müssen sie sich unverzüglich einer kühleren und trockeneren Umgebung anpassen.

Selbst nach der Geburt ist die ontogenetische Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Um einer Austrocknung oder Verhärtung der Lunge vorzubeugen, ist eine optimale Atemgasbefeuchtung bei beatmeten Frühchen und Neugeborenen zwingend notwendig.<sup>11</sup>



# Funktionsprinzip des Atemgasbefeuchters AIRcon

Wenn ein Patient über längere Zeit beatmet wird, müssen zwingend Maßnahmen zum Ausgleich des Wärme- und Feuchtigkeitsverlustes getroffen werden, um die oben aufgeführten Komplikationen zu vermeiden.

Der Atemgasbefeuchter AIRcon kompensiert diesen Wärme- und Feuchtigkeitsverlust (Abb. 3). Dabei wird die trockene und kalte Inspirationsluft aus dem Beatmungsgerät in die Befeuchterkammer des AIRcon geleitet. Dort strömt sie über die Wasseroberfläche und nimmt Wärme und Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf auf (Pass-Over-Verfahren). Da Wasserdampf keine Keime transportieren kann, ist das Risiko der Kontamination erheblich reduziert.

Anschließend wird die konditionierte Inspirationsluft zum Patienten geführt. Ein im Atemschlauch eingebetteter Heizdraht hält hierbei die Temperatur weiterhin konstant und verhindert eine Kondensation im Schlauch.

Auf diese Weise hält der AIRcon die Schleimschicht des respiratorischen Epithels geschmeidig und die Zilien beweglich. Fremdpartikel und Mikroorganismen, die ggf. zu pulmonalen Infektionen oder Lungengewebeschäden führen, können erfolgreich abtransportiert werden.

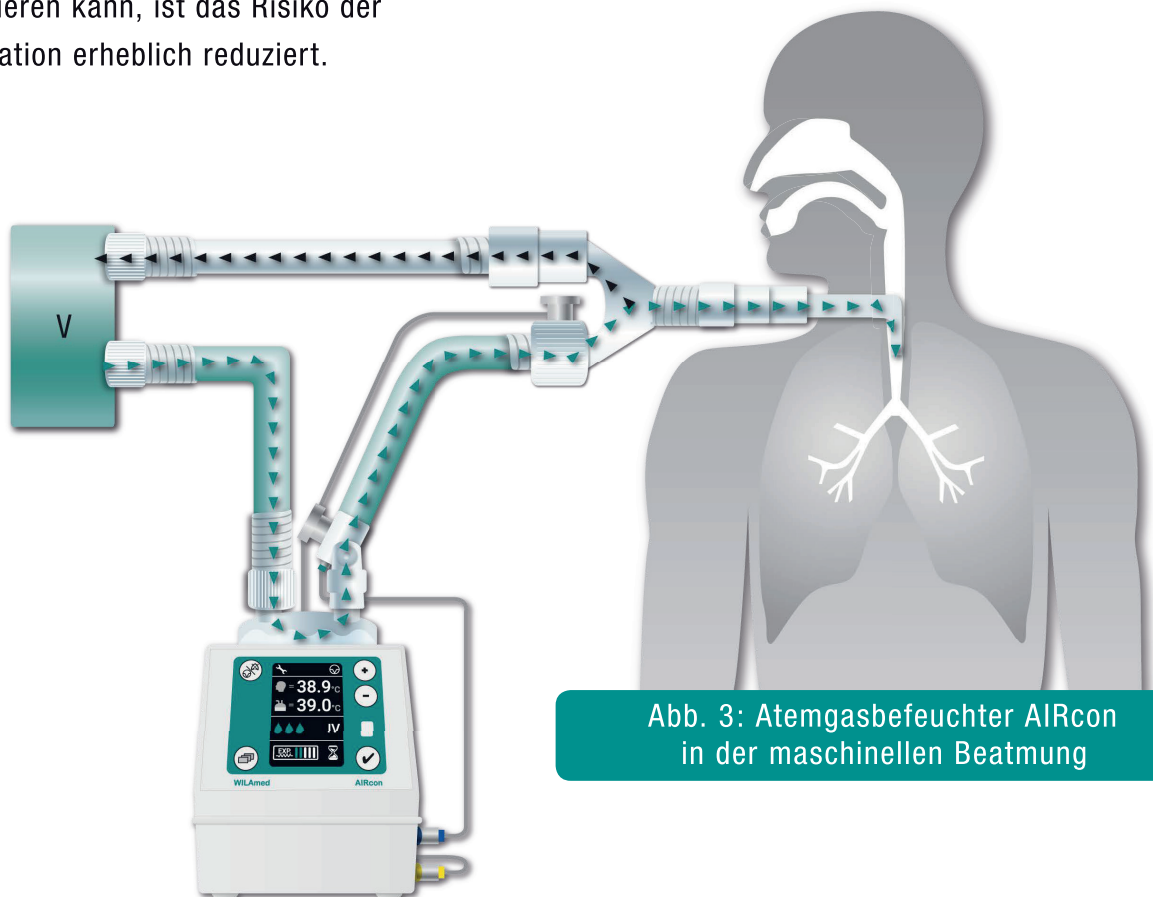
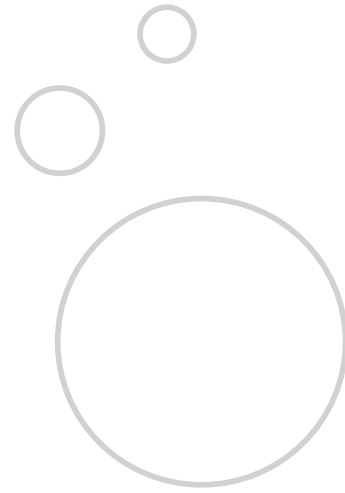


Abb. 3: Atemgasbefeuchter AIRcon in der maschinellen Beatmung





# Vorteile des Atemgasbefeuchters AIRcon gegenüber HMEs

- Erreichen der physiologischen Temperatur von 37°C mit opt. 100% relativer Luftfeuchtigkeit
- Aufrechterhaltung der mukoziliären Clearance über lange Zeiträume
- Sekretverflüssigung reduziert Gefahr von Tubus oder Kanülenokklusion
- Keine Vergrößerung des Totraums oder des Atemwiderstands
- Einsetzbar auch bei Neonaten unter 2.500g
- Keine nachhaltigen Feuchtigkeitsverluste während des Absaugens
- Betrieb mit beheizten und unbeheizten Schlauchsystemen möglich
- Intelligentes Alarmmanagement
- Individuelle Einstellbarkeit, Bedürfnisse des Patienten können berücksichtigt werden

# Zubehör zur aktiven Atemgasbefeuchtung

---

## Befeuchterkammer



- **Praktisches Autofill-System:**  
Ein integrierter Schwimmer sorgt für das selbstständige Einpendeln des Wasserfüllstands auf das richtige Niveau.
- **Konstantes Volumen:**  
Durch den geregelten Autofill-Mechanismus ist ein gleichbleibendes Volumen in der Befeuchterkammer gewährleistet.
- **Ökonomische Ausführungen:**  
Unser Sortiment umfasst Einweg-Befeuchterkammern (verwendbar bis zu 7 Tagen) und Mehrweg-Befeuchterkammern (bei 134°C autoklavierbar).

## Haltevorrichtungen

- **Universelle Halterung:**  
Unsere Haltevorrichtungen eignen sich für gängige und bekannte Normschienen.
- **Stabiler Halt:**  
Die Haltevorrichtungen sind speziell aufs Gerät zugeschnitten und gewährleisten einen sicheren und stabilen Halt.

## Schlauchsysteme

- **Reduzierte Kondensatbildung:**  
Der integrierte Heizdraht reduziert die Bildung von Kondensat, das den Atemwiderstand erhöht, eine Fehltriggerung des Beatmungsgeräts auslöst oder ein Keimwachstum fördert.
- **Hochwertige Materialien:**  
Es werden Atemschläuche aus medizinisch zugelassenen Werkstoffen verwendet. Sofern nicht anders ausgewiesen, sind die Materialien frei von Latex, PC und DEHP.
- **Individuelle Konfektionierung:**  
Unsere Schlauchsysteme für den Einweg- (verwendbar bis zu 7 Tagen) und Mehrweg-Gebrauch (bei 134°C autoklavierbar) sind für Neonaten, Kinder und Erwachsene einsetzbar. Wir bieten Konfigurationen für den klinischen Betrieb und die Heimbeatmung. Selbstverständlich konfektionieren wir Schlauchsysteme auch nach individuellen Anforderungen.

# Referenzen

---

- ① W. Oczenski, H. Andel und A. Werba: Atmen - Atemhilfen. Thieme, Stuttgart 2003: 274, ISBN 3-13-137696-1.
- ② A. Wanner, M. Salathé, T.G. O'riordan: Mucociliary Clearance in the Airways. In: American journal of respiratory and critical care medicine, 1996, 154 (1), no6: 1868-1902, ISSN 1535-4970.
- ③ N. Cauna, K.H. Hinderer: Fine structure of blood vessels of the human nasal respiratory mucosa. In: Ann Otol Rhinol Laryngol, 1969; 78(4):865-79, ISSN 0003-4894.
- ④ J. Rathgeber, K. Züchner, H. Burchardi: Conditioning of Air in Mechanically Ventilated Patients. In: Vincent JL. Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine, 1996: 501-519, ISSN 0942-5381.
- ⑤ M.P. Shelly, G.M. Lloyd, G.R. Park: A review of the mechanism and methods of humidification of inspired gases. In: Intens Care Med. 1988; 14:1, ISSN 0342-4642.
- ⑥ M.A. Sleigh, J.R. Blake, N. Liron: The Propulsion of Mucus by Cilia. In: Am. Rev. Respir., Dis. 1988; 137: 726-41, ISSN 0003-0805.
- ⑦ R. Williams, N. Rankin, T. Smith, et al. Relationship between humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. In: Crit. Care Med, 1996, Vol. 24, no11: 1920-1929, ISSN 0090-3493.
- ⑧ R. Estes, G. Meduri: The Pathogenesis of Ventilator-Associated Pneumonia: 1. Mechanisms of Bacterial Transcolonization and Airway Inoculation. In: Intensive Care Medicine. 1995; 21: 365-383, ISSN 0340-0964.
- ⑨ H. Schiffmann: Humidification of Respired Gases in Neonates and Infants. In: Respir Care Clin. 2006;12:321-336, ISSN 1078-5337.
- ⑩ S. Schäfer, F. Kirsch, G. Scheuermann und R. Wagner: Fachpflege Beatmung. Elsevier, München 2005, S. 145-146, ISBN 3-437-25182-1
- ⑪ M.T. Martins de Araújo, S.V. Vieira, E.C. Vasquez, et al. Heated Humidification or Face Mask To Prevent Upper Airway Dryness During Continuous Positive Airway Pressure Therapy. In: Chest. 2000; 117: 142-147, ISSN 0012-3692.



# WILamed GmbH

A company of Löwenstein

Gewerbepark Barthelmesaurach  
Aurachhöhe 5-7  
91126 Kammerstein (Germany)



Phone: +49 9178 996999-0

Fax: +49 9178 996778

[info@wilamed.com](mailto:info@wilamed.com)

[www.wilamed.com](http://www.wilamed.com)

Wenn Sie weitere Informationen wünschen,  
können Sie sich jederzeit gerne an uns oder  
einen unserer autorisierten Fachhändler  
wenden!

