



**WARUM IST
ATEMGASBEFEUCHTUNG
LEBENSNOTWENDIG?**

WAS IST FEUCHTIGKEIT?

Feuchtigkeit ist die in einem Gas enthaltene Menge an Wasserdampf.
Es werden zwei Messgrößen unterschieden:

ABSOLUTE FEUCHTIGKEIT (AF)

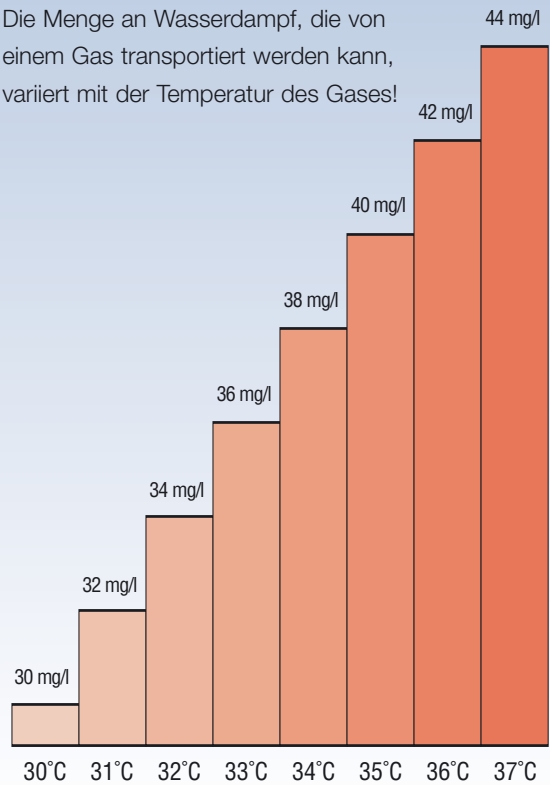
ist die *tatsächlich* in einem Gas enthaltene Menge an Wasserdampf, sie wird in mg/l gemessen.

AF = 22 mg/l



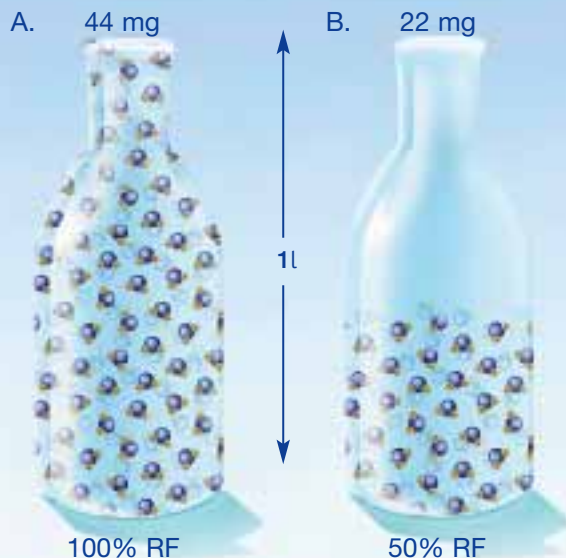
MAXIMALE SÄTTIGUNG

Die Menge an Wasserdampf, die von einem Gas transportiert werden kann, variiert mit der Temperatur des Gases!



RELATIVE FEUCHTIGKEIT (RF)

ist die in einem Gas enthaltene Menge an Wasserdampf, verglichen mit der Menge, die das Gas bei dieser Temperatur tragen kann. Relative Feuchtigkeit wird in % gemessen.



- A. Wenn ein Gas 37°C warm ist, kann es max. 44mg Wasserdampf/Liter tragen. Trägt es tatsächlich 44 mg dann ist es bei dieser Temperatur zu 100% gesättigt.
- B. Trägt es tatsächlich nur 22 mg/Liter ist es zu 50% gesättigt.

Wird das Gas angewärmt, so kann es mehr Wasserdampf aufnehmen. Bei 37°C kann das Gas max. 44 mg Wasserdampf/l aufnehmen (Punkt A).

Kühlt man das Gas ab, so sinkt die Kapazität an Wasserdampf, die das Gas tragen kann. Bei 30°C kann das Gas max. nur noch 30 mg Wasserdampf/l aufnehmen (Punkt B).

Taupunkt

Der Taupunkt ist die Temperatur, bei der das Gas zu 100% gesättigt ist. Wird das Gas unter diese Temperatur abgekühlt, geht der nun überschüssige Wasserdampf als Kondensation verloren.

ATEMGASBEFEUCHTUNG BEI DER NORMALEN ATMUNG

Bei der normalen Atmung wird Wärme und Feuchtigkeit in der Inspiration der Atemluft zugesetzt und in der Expiration zurück resorbiert. Dies schützt die Lunge vor Kontaminationen.

Eingeatmete Luft

In den oberen Luftwegen:

- Erwärmung und Befeuchtung der eingeatmeten Luft, so daß unterhalb der Karina ein Zustand der Vollsättigung bei Körperkerntemperatur erreicht wird (Atemgaskonditionierung).¹
- Reinigung der eingeatmeten Luft durch Filtration von Fremdkörpern (Niesen, Husten- und über das mukoziliäre Transportsystem).²

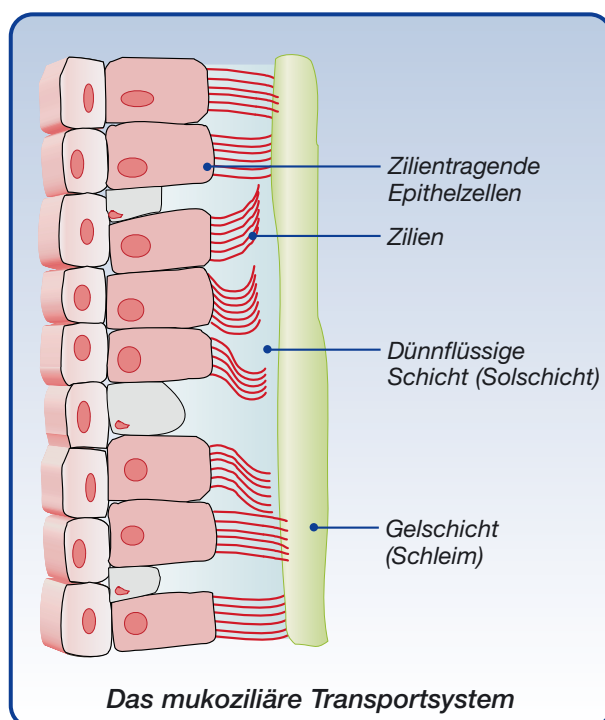
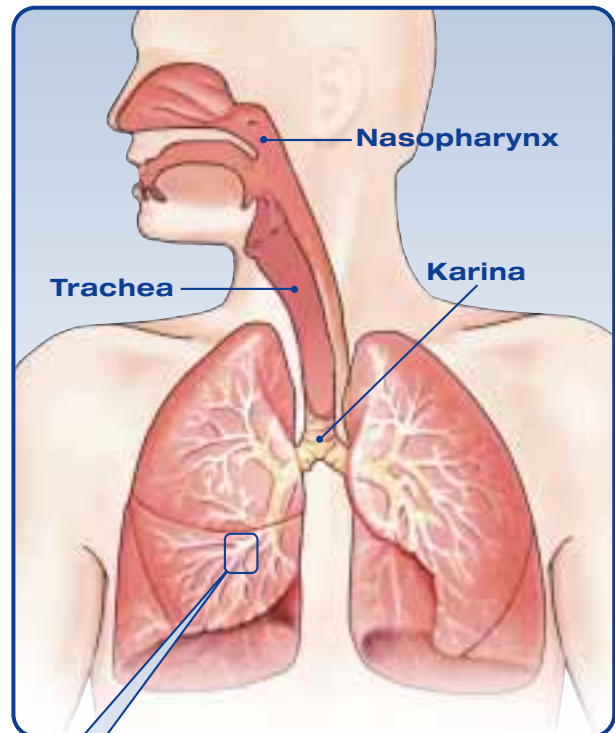
Dieser Vorgang optimiert den Gasaustausch und schützt das empfindliche Lungengewebe.

Ausgeatmete Luft

Bei Exhalation der Luft werden nur ca. 25% der Wärme und Feuchtigkeit zurück resorbiert, ca. 75% gehen an die Umgebung verloren. Wärme und Feuchtigkeit wird dann wieder systemisch für den nächsten Atemzug mobilisiert.

Optimaler Schutz für die Lunge

Das mukoziliäre Transportsystem erstreckt sich von der Nase bis in die Bronchiolen. Es hält eingedrungene Fremdkörper und Kontaminationen zurück, neutralisiert sie und transportiert diese in Richtung oral, wo sie verschluckt werden können.³



Das mukoziliäre System wird gebildet von, mit Zilien ausgestatteten Epithelzellen, der Solschicht und der aufgelagerten Gelschicht.

Die Zilientragenden Epithelzellen - jede Zelle hat viele haarähnliche Strukturen an der Oberseite, die Zilien genannt werden. Die Zilien reichen in die Solschicht hinein.

Die Solschicht - ist eine dünnflüssige Schicht in der die Zilien aufwärts, beweglich gelagert sind. Inspiratorisch rollen sich die Zilien in diesem Medium ein, um expiratorisch Richtung oral zu schlagen. Dieser Oralschlag transportiert den Schleim nach oben. Die Dicke und Viskosität dieser Schleimschicht ist entscheidend für die Effektivität der Ziliarbewegung.

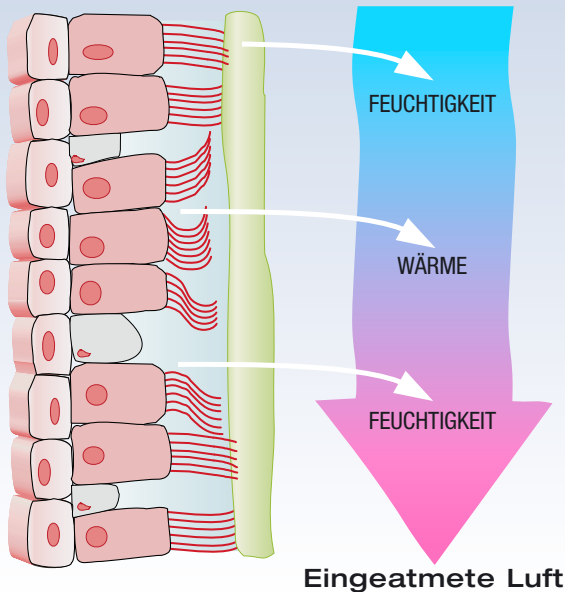
Die Gelschicht - ist über der Solschicht aufgelagert und fängt Verunreinigungen und Fremdkörper durch ihre Klebekraft ab. Sie wird vom Oralschlag der Zilien bewegt. Der Feuchtegehalt der Gelschicht ist ausschlaggebend, da trockener Schleim nicht bewegt werden kann.

ATEMGASBEFEUCHTUNG BEI DER NORMALEN ATMUNG

Wie funktioniert die Atemgaskonditionierung und die Rückgewinnung von Wärme und Feuchtigkeit auf der Zellebene?

ATEMGASKONDITIONIERUNG

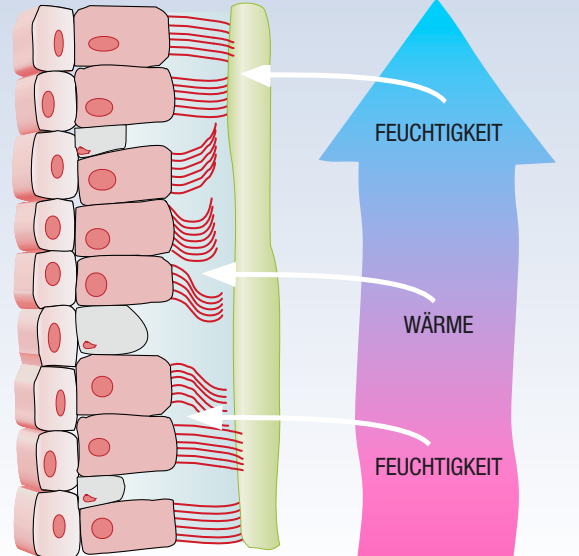
Eingeatmete Luft wird auf Körperkerntemperatur erwärmt und voll gesättigt (100% RF) in dem der Luft, Wärme und Feuchtigkeit von den Schleimschichten (Solschicht/Gelschicht) des Respirationstraktes zugeführt wird. Dieser Vorgang wird auch Konditionierung genannt.



In dieser Phase kühlen die Schleimhäute ab und werden trockener.

RÜCKGEWINNUNG VON WÄRME UND FEUCHTIGKEIT

Beim Ausatmen wird durch die abgekühlten und getrockneten Schleimschichten eine Kondensation induziert, so daß diese wieder erwärmt und befeuchtet werden.



In dieser Phase werden die Schleimhäute erwärmt und befeuchtet.

DIE INTUBIERTE LUNGE

Die Behandlung eines Patienten mit einem Endotrachealtubus/Tracheostoma kann schwerwiegende Auswirkungen auf das Abwehrsystem und den Gasaustausch der Lungen haben:

Folgende Abwehrmechanismen werden durch die Intubation außer Kraft gesetzt:⁴

- mechanische Reinigungsprozesse (Niesen, Husten, Schlucken)
- Filtrieren von eingeatmeten Partikeln

Daher ist das Letzte, wirkungsvolle, mechanische Reinigungssystem bei Patienten, die durch Intubation/Tracheotomie beatmet werden, das mukoziliäre System.

Durch die Intubation/Tracheotomie wird die Atemgaskonditionierung, sowie die Rückgewinnung von Wärme und Feuchtigkeit in die unteren Atemwege verlagert, die normalerweise weder Wärme, noch Feuchtigkeit abgeben müssen.



DIE GEFÄHRDUNG FÜR DIE LUNGE

Wenn die Temperatur der eingeatmeten Luft unterhalb der Körperkerntemperatur liegt und der Feuchtigkeitsgrad keine Vollsättigung erreicht, besteht für den Patienten das Risiko eines übermäßigen Feuchtigkeitsverlustes in den oberen Atemwegen. Hierdurch kommt es zu Beeinträchtigungen im mukoziliären System, die Atemwege können verengt und die Compliance der Lunge reduziert werden.

FEUCHTIGKEITS- VERLUST

Wärme und Feuchtigkeit müssen aus der unmittelbaren Umgebung entnommen werden, wenn die Temperatur des eingeatmeten Gases unter der Körperkerntemperatur angesiedelt ist und keine Vollsättigung aufweist.

Dabei wird Feuchtigkeit aus folgenden Bereichen rekrutiert:⁵

1. Endotrachealtubus (ET)

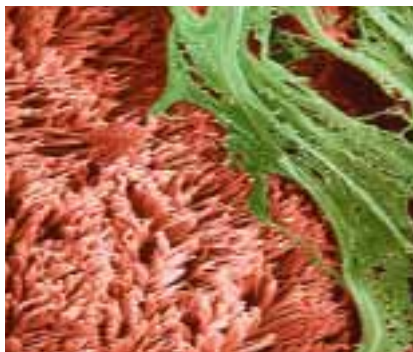
Durch Feuchtigkeitsentzug trocknen Sekrete im Endotrachealtubus aus, dabei besteht die Gefahr einer Lumenverengung. Dieses führt zur Erhöhung des Atemwegswiderstandes und gleichzeitig zu erschwelter Atemarbeit.

2. Trachea

An der Tubusspitze wird der Trachea Feuchtigkeit entzogen: Hierdurch trocknet Sekret aus, welches mit Hilfe des mukoziliären Systems zur Reinigung der Lunge nach oben befördert wurde. Der Schleim wird trocken und kann nicht mehr durch Absaugen mobilisiert werden.

3. Untere Atemwege

Zusätzlich wird den unteren Atemwegen durch Absenkung der isothermischen Sättigungsgrenze Feuchtigkeit entzogen, wodurch das mukoziliäre System beeinträchtigt wird.



Gesundes Ziliarepithel

Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von: Springer-Verlag 1992



Geschädigtes Ziliarepithel

Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von: W. C. Hulbert, University of Alberta "Pulmonary Defense Group" (Lungenschutzgruppe)

BEEINTRÄCHTIGUNG DES MUKOZILIÄREN TRANSPORTSYSTEMS

Die Funktionsfähigkeit des mukoziliären Transportsystems ist von der Dicke der Sol- und Gelschicht, sowie der Frequenz des Ziliarschlages abhängig.

Wenn der Feuchtigkeitsgehalt unter dem Vollsättigungspunkt liegt:^{3,5}

- wird die Solschicht reduziert, wodurch die Zilien nicht mehr in der Lage sind, effektiv Richtung oral zu schlagen;
- wird die Gelschicht durch Feuchtigkeitsverlust zäh;

Wenn die Temperatur unter der Körperkerntemperatur liegt:^{3,5}

- wird die Frequenz des Ziliarschlages herabgesetzt;
- wird das Gas durch den Patienten erwärmt, wodurch die relative Feuchtigkeit sinkt.

Wenn der Feuchtigkeitsgehalt unterhalb der optimalen Grenze liegt wird die mukoziliäre Clearance verlangsamt und es können Schleimpfropfen in den unteren Atemwegen entstehen. Hierdurch kann es zum Verschluss von Bronchiolen kommen und der Gasaustausch wird eingeschränkt. Zusätzlich bilden solche Okklusionen einen idealen Nährboden für Bakterien⁴.

Eine andauernde Feuchteapplikation unterhalb des optimalen Wertes kann zur Zellschädigungen führen. Die Atemgasbefeuchtung wird daraufhin in noch tiefere Lungenabschnitte verlagert.

FREIHALTEN DER ATEMWEGE UND COMPLIANCE DER LUNGE

Die Eindickung der Gelschicht und ein gestörter bzw. verlangsamer Transport von Sekreten aus den Bronchiolen kann eine Verengung der Atemwege und eine Herabsetzung der Compliance der Lunge zur Folge haben⁵. Um die Atemwege freizuhalten und den Gasaustausch zu unterstützen, muß Sekret jederzeit absaugbar sein, und dafür mobil erhalten bleiben.

WIRKSAMER SCHUTZ FÜR DIE LUNGE

Die Lunge wird am wirksamsten durch die Verabreichung von Atemgasen mit optimalem Feuchtigkeitsgehalt (37°C/44 mg) geschützt. Dieses garantiert eine minimierte Kontaminationszeit.

OPTIMALE FEUCHTIGKEIT

Optimale Feuchtigkeit reduziert die Auswirkungen von Kontaminationen in den Atemwegen, durch:

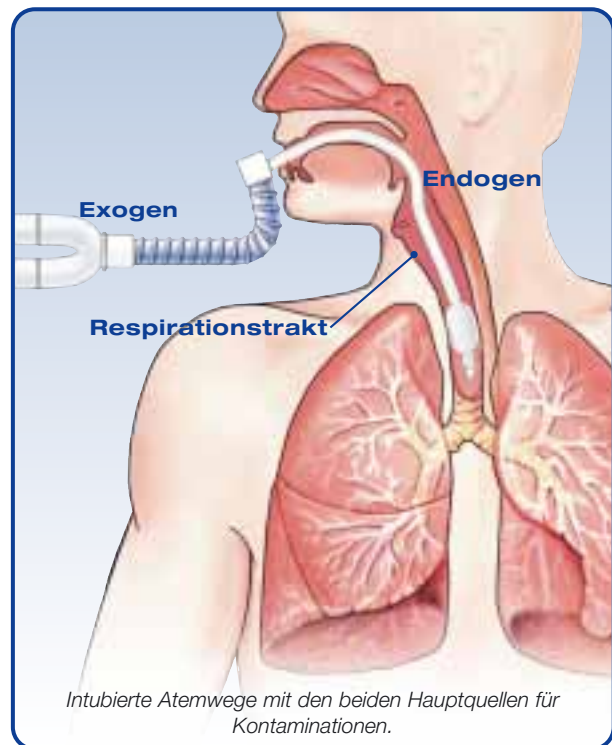
- Verbesserung der mukoziliären Clearance. Die Optimierung des mukoziliären Transportsystems beschleunigt die Selbstreinigung bei Kontaminationen⁶.
- Eingeschränkte Keimvermehrung. Okklusionen (Schleimansammlungen), die ein ideales Wachstumsmilieu für Kontaminationen darstellen, werden verhindert.

Kontaminationen können durch zwei verschiedene Ursachen in die Atemwege gelangen:⁴

Exogene Ursachen - Kontaminationen, die durch Öffnen des Schlauchsystems von außen in die Atemwege eindringen.

Endogene Ursachen - Kontaminationen, durch Wanderungsbewegungen ehemals ortsständiger, apathogener Keime in die Atemwege. Aus dem Gastrointestinaltrakt gelangen Keime durch Reflux in die oberen Atemwege und penetrieren bei Beatmungsdruckschwankungen am Cuff des Tubus vorbei. Dieses kann, je nach Beatmungssituation, ein fortwährender Prozess oder Bolus sein.

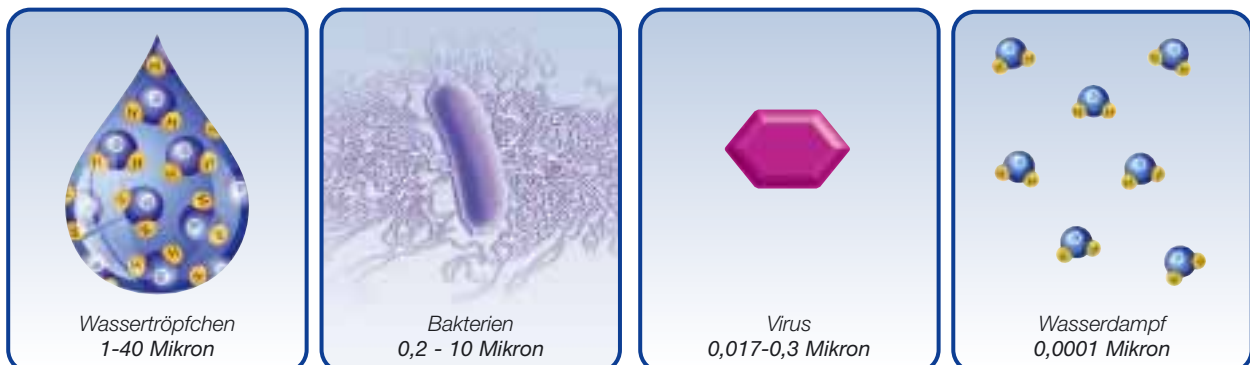
Endogene Krankheitserreger sind die Hauptursache für nosokomiale Pneumonien⁷.



Wie kann das Kontaminationsrisiko verringert werden?

- Verhinderung von Kondensatbildung: Keime benötigen zur Fortbewegung und Vermehrung ein Medium (Wasser). Kondensation kann wirkungsvoll durch den Einsatz von beheizten Schlauchsystemen verhindert werden.
- Vollgeschlossenes System: Die selbstbefüllende Kammer, das beheizte Schlauchsystem und die Möglichkeit integrierte MDI-Behandlungen durchzuführen, erübrigen ein Öffnen des Schlauchsystems.

Nosokomiale Pneumonien bedingen eine Mortalitätsrate von 20-50%, verlängern die Verweildauer des Patienten um 4-9 Tage und verursachen erhebliche Kosten bei Diagnose und Behandlung⁷. Bei Beachtung der aufgeführten Routinen kann dieses Risiko von krankenhausbedingten Infektionen, wie z.B. nosokomialen Pneumonien für maschinell beatmete Patienten, herabgesetzt werden⁷.



Im Gegensatz zu molekularer Feuchte (Wasserdampf) können Wassertropfen auf Grund ihrer Größe Bakterien und Viren transportieren.

OPTIMALE ATEMGASBEFEUCHTUNG ZUSAMMENFASSUNG

Maschinell beatmete Patienten benötigen die Applikation von Atemgasen mit optimaler Feuchtigkeit. So kann gewährleistet werden, daß die mukoziliäre Clearance optimal erhalten bleibt und Sekrete problemlos transportiert werden können. Das Infektionsrisiko wird herabgesetzt und der Gasaustausch wird gesichert.

Ein optimales Atemgasbefeuchtungssystem hat folgende Vorteile:

- Optimierung der Atemgasbefeuchtung für den Patienten
- Sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Einsatz am Patienten
- Einfach zu handhaben, automatische Anpassung, sinnvolle Alarme
- Entwicklung basiert auf klinischer Forschung und Erprobung

Das Atemgasbefeuchtungssystem MR850 von Fisher & Paykel Healthcare stellt eine weltweit neue Generation von Atemgasbefeuchtern dar. Es versorgt den Patienten automatisch auf wirtschaftliche, einfache und sichere Weise mit optimaler Feuchtigkeit.

Das System basiert auf der Überlegung, die Interaktion zwischen Personal und Beatmungsgerät auf ein Minimum zu reduzieren. Dieses führt zur Verringerung des Kontaminationsrisikos von Patienten und Mitarbeitern.

Das Atemgasbefeuchtungssystem MR850 ist unser Ergebnis von über 20 Jahren Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der optimalen Atemgasbefeuchtung bei intubierten Patienten.



Referenzen:

1. Dery R. The Evolution of Heat and Moisture in the Respiratory Tract During Anaesthesia with a Non-Rebreathing System. *Canad. Anaesth. Soc. J.* 1973; 20:3:296-309
2. Walker JE et al. Heat and Water Exchange in the Respiratory Tract. *Am. J. Med.* 1961 Feb; 259-267
3. Sleigh MA, Blake JR, Liron N. The Propulsion of Mucus by Cilia. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1988; 137:726-41
4. Estes R, Meduri G. The Pathogenesis of Ventilator-Associated Pneumonia: 1. Mechanisms of Bacterial Transcolonization and Airway Inoculation. *Intensive Care Medicine.* 1995; 21:365-383
5. Williams R, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the Humidity and Temperature of Inspired Gas and the Function of the Airway Mucosa. *Crit.Care Med.* 1996; 24:11:1920-1929
6. King M, Tomkiewicz R, Boyd W, Wong P. Airway Epithelial Function in Dogs Mechanically Ventilated with Ambient vs. Humidified Air at Core or Greater than Core Temperature. *Am. J. Res. & Crit. Care.* 1995; 149:4:1041
7. CDC Guidelines 1994; *Respiratory Care* 39:12: 1191-1236

Wenn Sie weitere Informationen wünschen, wenden Sie sich an Ihre Fisher & Paykel-Healthcare Niederlassung oder einen autorisierten Fachhändler!