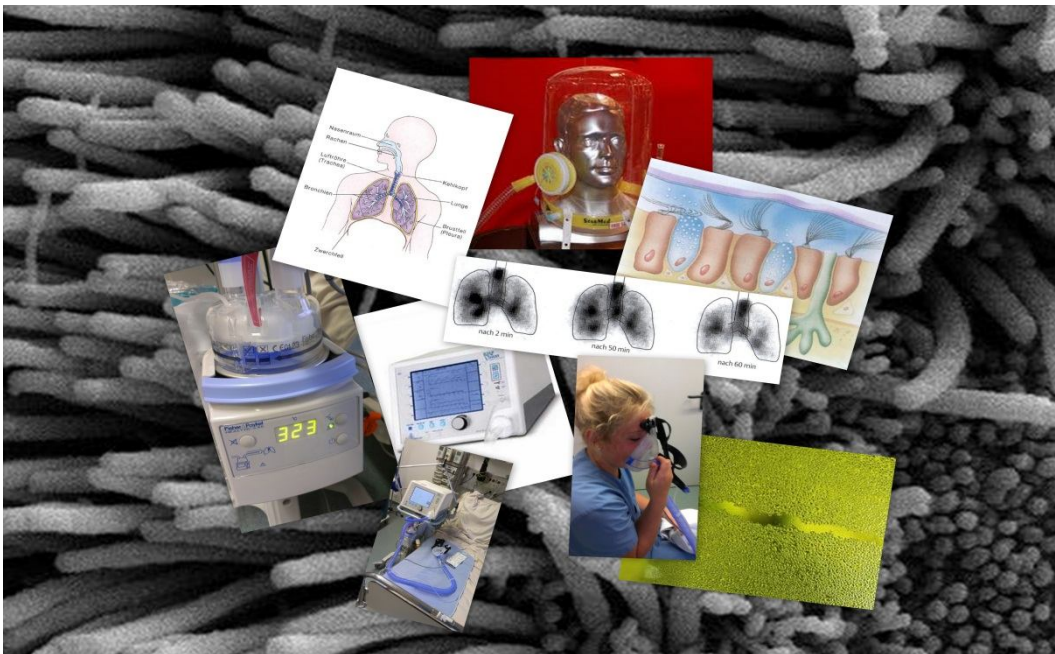


Arbeitsgemeinschaft von Krankenhäusern  
der Region Nord- West  
Kuhstraße 46- 48  
49717 Meppen

## „ Aktive Atemgasbefeuchtung bei NIV

**-sinnvoll oder überflüssig-?“**



Weiterbildung: Anästhesie und Intensiv Fachweiterbildung

Verfasser:

Susanne Scharf

Stephanie Lorenz

Betreuender Gutachter:

Helmut Horstmann

Ort: Meppen, den 11. Oktober 2012

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	3
Vorwort .....	4
1. Einleitung.....	5
2. Nichtinvasive Ventilation.....	6
2.1. Indikationen .....	6
2.2. Kontraindikationen.....	6
2.3. Vorteile der nichtinvasiven Beatmung .....	7
2.4. Nachteile der nichtinvasiven Beatmung.....	7
2.5. Beatmungsgeräte .....	7
3. Anatomische und atemphysiologische Grundlagen.....	8
3.1. Anatomie des Respirationstrakts .....	9
3.2. Atemphysiologie des Respirationstrakts.....	10
3.2.1. Filterung .....	10
3.2.2. Anfeuchtung und Erwärmung (Atemgasklimatisierung).....	11
3.2.3. Mukoziliäre Clearance.....	12
4. Patientenpathophysiologie.....	13
4.1. Auswirkungen der NIV auf die physiologische Atemgasklimatisierung.....	15
4.1.1. Strukturelle und funktionelle Störungen im Respirationstrakt .....	16
4.1.2. Intubationsschwierigkeiten.....	17
5. Gründe, die für eine zusätzliche Atemgasklimatisierung sprechen.....	17
6. Möglichkeiten zur Verbesserung der Atemgasklimatisierung -passiv- .....	19
6.1. Passive Atemgasbefeuchter -HME-Filter.....	19
6.2. Einsatz von HME-Filtern in der Praxis.....	20
7. Möglichkeiten zur Verbesserung der Atemgasklimatisierung -aktiv- .....	20
7.1. Vernebler .....	21
7.2. Verdunster/ Verdampfer .....	21

7.2.1.	Durchstömungsverdunster (Kaskadenverdunster).....	21
7.2.2.	Oberflächenverdunster .....	22
7.2.3.	System ohne beheizte Schläuche .....	22
7.2.4.	System mit beheizten Schläuchen .....	23
8.	Einsatz von aktiven Atemgasbefeuchter in der Praxis .....	24
8.1.	Einstellungen .....	24
8.2.	Hygienestandards .....	25
8.3.	Umgang mit aktiven Atemgasbefeuchter .....	26
9.	Auswirkung von zu feuchten Atemgasen .....	27
10.	Vorteile und Nachteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung .	27
10.1	Vorteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung .....	27
10.2	Nachteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung.....	28
11.	Interfaces (Beatmungszugänge).....	30
11.1.	Mund-Nase-Maske .....	30
11.2.	Full-Face-Maske ( Gesichtsmaske).....	31
11.3.	Helm.....	31
11.4.	Nasen-Maske .....	32
12.	Selbstversuch .....	33
12.1.	Ergebnisse des Selbstversuchs .....	34
12.1.1.	NIV ohne aktive Befeuchtung .....	34
12.1.2.	NIV mit aktiver Befeuchtung .....	35
13.	Schlussenteil/Fazit.....	36
14.	Literaturverzeichnis.....	37
15.	Tabellenverzeichnis .....	42
16.	Abbildungsverzeichnis .....	42
17.	Eidesstattliche Erklärung .....	43

## Abkürzungsverzeichnis

**NIV:** Nichtinvasive Ventilation/ **N**on **i**nvasive **V**entilation

**VAP:** Ventilatorassoziierte Pneumonie / **v**entilator **a**ssociated **p**neumonia

**COPD:** Chronisch obstructive Lungenerkrankung /**ch**ronic **o**bstructive **p**ulmonary **d**isease

**ARDS:** **A**dult **R**espiratory **D**istress **S**yndrom ; akutes progressives Lungenversagen oder Schocklunge.

**AF:** Absolute Feuchte

**RF:** Relative Feuchte

**HME:** Heat and moisture Exchanger- sogenannte Wärme und Feuchtigkeitsaustauscher

**CO<sub>2</sub>:** Kohlenstoffdioxid

**PEEP:** positiv-endexpiratorischer Druck /**P**ositive **E**nd **E**xpiratory **P**ressure

**IPAP:** inspiratorisch positiver Atemwegsdruck; oberes Beatmungsdruckniveau

**EPAP:** expiratorisch positiver Atemwegsdruck; unteres Beatmungsdruckniveau, siehe PEEP

**ARI:** Akute Respiratorische Insuffizienz

## Vorwort

Die nichtinvasive Ventilation (NIV) hat im Verlauf unserer Berufszeit auf der Intensivstation einen immer höheren Stellenwert erhalten. Wir betreuen mittlerweile täglich Patienten mit akutem oder chronischem Atmungsversagen (respiratorische Insuffizienz).

Die NIV hat viele Vorteile und der Erfolg in der täglichen Praxis spricht für sich. Doch eine gewisse Schwierigkeit in der Betreuung dieser Patienten bleibt auch mit viel praktischer Erfahrung bestehen. Das Heranführen an die Maske, die individuelle Einstellung und die eventuell notwendige Sedierung sind jedes Mal neue Herausforderungen und bedürfen viel Zeit und Einfühlungsvermögen. Wir versuchen damit eine Intubation zu vermeiden oder invasive Beatmungsstunden zu verkürzen, insbesondere bei Patienten mit dem Krankheitsbild einer COPD (Chronisch obstruktive Lungenerkrankung). Diese Patienten sind häufig auch ununterbrochen über mehrere Tage auf eine NIV angewiesen.

Der Erhalt der physiologischen Atemgasklimatisierung zählt als ein großer Vorteil der nicht-invasiven Ventilation. Doch wie sehr wird sie beeinträchtigt durch hohe Flussraten und kalte Wandgase? Wie häufig klagen Patienten über Mundtrockenheit und zähen Schleim? Der Wunsch etwas zu trinken wird bereits nach kurzer Therapiezeit oft genannt. Ist die Therapie durch das ständige Entfernen der Maske dann noch effektiv? Welche Auswirkung hat die Atemgasklimatisierung auf den Therapieerfolg?

Während unserer Fachweiterbildung hatten wir Einsätze in verschiedenen Krankenhäusern. Einige Intensivstationen setzen eine aktive Anfeuchtung zur NIV-Therapie ein. Andere verzichten darauf komplett. Daraufhin stellte sich uns die Frage: „ **Aktive Atemgasbefeuchtung bei NIV- sinnvoll oder überflüssig?**“

## 1. Einleitung

Über die nichtinvasive Beatmung bzw. die Atmung mit all ihren anatomischen und physiologischen Grundlagen wurde bisher viel geschrieben. Es ist ein sehr wichtiges und auch sehr umfangreiches Themengebiet. Wir beschränken uns in dieser Facharbeit gezielt auf die Grundlagen, die für ein besseres Verständnis unserer Fragestellung sorgen.

Über das Thema aktive Atemgasbefeuchtung bei einer invasiven Beatmung via Tubus findet man bereits viele diskutierte und belegte Aussagen in Fachbüchern und -zeitschriften. Jedoch findet man zu diesem Thema, bezogen auf die NIV, in unseren Büchern oft nur einen kleinen Abschnitt oder manchmal nur einen kurzen Satz. Man merkt aber deutlich, dass diesem Thema in den letzten Jahren etwas mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Dadurch ergaben sich viele verschiedene Quellen. Die Anwendung der aktiven Anfeuchtung bei der NIV wird überwiegend empfohlen, jedoch bleibt die Notwendigkeit umstritten.

Zunächst wollen wir uns in dem ersten Abschnitt einer kurzen Definition der nichtinvasiven Ventilation widmen.

## 2. Nichtinvasive Ventilation

Nichtinvasive Ventilation (NIV) bezeichnet eine Beatmungstherapie ohne einen invasiven Atemwegszugang (Tubus oder Trachealkanüle), bei der die Atmung maschinell mit einem positiven inspiratorischen Druck unterstützt wird. Die Beatmung kann über eine Nasen- oder Mund-Nasen-Maske, eine Gesichtsmaske (Full-Face) oder über einen Beatmungshelm erfolgen (siehe auch Kapitel 11). Einige Komplikationen der invasiven Beatmung, wie z.B. Trachealschäden oder die Gefahr der Entstehung einer VAP können so vermieden werden. Die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation wird dadurch verkürzt.

### 2.1. Indikationen

Gut belegt sind die Vorteile der NIV gegenüber durch die deutsche S3-Leitlinie „Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008) mit hohem Empfehlungsgrad bei COPD, kardiogenem Lungenödem und bei der Entwöhnung von der invasiven Beatmung. Die Studienlage zur NIV bei Pneumonie und ARDS ist aktuell noch unklar. Es gibt viele Studien, die einen positiven Effekt der NIV belegen, es gibt aber auch Studien, die zu gegensätzlichen Ergebnissen kommen. Dies beruht unter anderem auf nicht konstant bestehenden Druckverhältnissen durch nicht vermeidbare Leckagen und dadurch, dass Patienten selten eine kontinuierliche NIV-Therapie tolerieren (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008) (vgl. Wilhelm, 2011).

### 2.2. Kontraindikationen

Bei fehlender Spontanatmung/Schnappatmung, Verlegung der Atemwege und gastrointestinalen Blutungen oder Ileus ist eine nichtinvasive Ventilation absolut kontraindiziert. Unter relativen Kontraindikationen versteht man den Einsatz einer NIV-Therapie mit Abhängigkeit von Teamerfahrung und engmaschiger Beobachtung. Darunter fallen unter anderem das Koma, bedingt durch

erhöhte CO<sub>2</sub>-Werte, sowie ein erheblicher Sekretverhalt (vgl. Wilhelm, 2011) (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008).

### 2.3. Vorteile der nichtinvasiven Beatmung

Während einer NIV ist der Patient meist wach und kann aktiv an der Therapie teilnehmen. Dadurch bleiben Spontanatmung, Schutzreflexe, Bewegungsfähigkeit und verbale Kommunikationsfähigkeit erhalten.

Zudem ist während der NIV eine physiologische Atemluftbefeuchtung und -erwärmung möglich, die mukoziliäre und tussive Clearance werden nicht beeinträchtigt (vgl. Oczenski, 2012).

Der Erhalt der physiologischen Atemgasklimatisierung wird oft als Vorteil genannt. Ob diese Aussage wirklich zutreffend ist, klären wir im weiteren Verlauf dieser Facharbeit (vgl. Wilhelm, 2011) (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008).

### 2.4. Nachteile der nichtinvasiven Beatmung

Ein großer Nachteil der NIV gegenüber der invasiven Beatmung ist die fehlende Sicherung der Atemwege. Der NIV-Patient ist durch Aspiration und Atemwegsverlegung gefährdet. Eine sorgfältige Beobachtung ist notwendig, um bei Komplikationen rechtzeitig reagieren zu können. Eine Intubationsbereitschaft sollte stets gegeben sein (vgl. Wilhelm, 2011) (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008).

### 2.5. Beatmungsgeräte

Wir verwenden auf der Intensivstation zwei verschiedene Gerätetypen für den Einsatz einer NIV. Zum einen arbeiten wir mit Beatmungsgeräten aus dem Bereich der invasiven Beatmung (Abbildung 1) mit dem Modus Maskenbeatmung. Häufiger benutzen wir speziell für die NIV entwickelte Geräte (Abbildung 2).



„Die druckgesteuerten Turbinengeräte ermöglichen einen sehr hohen Inspirationsflow(150–300 ml/min) und eine hohe Leckkompensation (55–115 ml/min)“(Kramer & Olschweski, 2005).

Bei Beatmungsgeräten für invasive Beatmung werden die üblichen Doppelschlauchsysteme mit Inspirations-und Expirationsschenkel verwendet. Bei den NIV-Geräten erfolgt die Expiration über ein spezielles Expirationsventil, welches sich entweder patientennah am Schlauchsystem oder direkt in der Maske befindet. Hier ist nur ein Beatmungsschlauch notwendig(vgl. Kramer & Olschweski, 2005).



Abbildung 1: Beispiel NIV-Gerät (Bipap Vision, Phillips) mit Einschlauchsystem (Koninklijke Philips Electronics N.V., 2004-2012)



Abbildung 2: Beispiel invasives Beatmungsgerät mit Modus zur NIV (Evita XL, Dräger) mit Doppelschlauchsystem (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2012)

### 3. Anatomische und atemphysiologische Grundlagen

Im Weiteren gehen wir auf die Anatomie und Physiologie des respiratorischen Systems ein. Die nicht invasive Beatmung bedarf in diesem Gebiet noch besserer Kenntnisse als die invasive via Tubus, da die Patienten bei wachem Bewusstsein sind und die Beatmung auf die noch voll arbeitenden physiologischen Regulationsmechanismen aufgesetzt wird(vgl. Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004).

### 3.1. Anatomie des Respirationstrakts

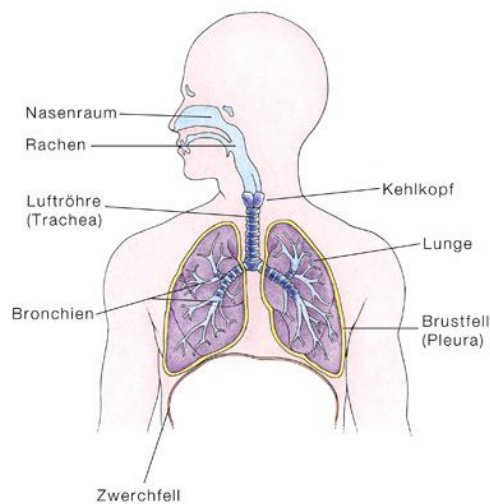
Das respiratorische System besteht aus

- dem *Respirationstrakt* und
- der Atempumpe (Muskeln, Nerven, Atemzentrum, knöcherner Thorax)

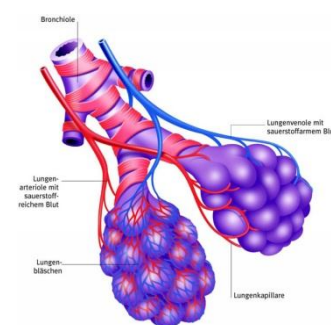
Der *Respirationstrakt* wird unterteilt in luftleitende Abschnitte (Totraum) und gasaustauschende Abschnitte.

Beide Abschnitte gliedern sich topographisch in obere und untere Atemwege (vgl. Oczenski, 2012).

In [Abbildung 3](#) ist eine schematische Abbildung des luftleitenden Systems dargestellt. Über Nasen-/Rachenraum gelangt die Atemluft via Trachea und Bronchien zu den Alveolen. Eine schematische Darstellung der Alveolen, dem gasaustauschenden Anteil des Respirationstraktes, bietet [Abbildung 4](#).



**Abbildung 3: Respirationstrakt**  
(Grunder, 2006)



**Abbildung 4 Alveolen**  
(Gesundheit!, 2012)

Eine Übersicht über die topographische Gliederung des Respirationstrakts findet man in Tabelle 1.

Obere Atemwege:	Untere Atemwege:	<b>Luftleitende Abschnitte (=Totraum)</b>
Nase		
Mund		
Nasennebenhöhlen		
Rachen(Pharynx)		
Kehlkopf(Larynx)		
	Trachea	
	Bifurkation	
	Hauptbronchus: re./li.	
	Lappenbronchen:re.3/li.2	
	Segmentbronchen:re.10/li.9-10	
	Lungenläppchen	
	Bronchiolie terminalis	
	Bronchiolie respiratorii	
	Alveolarsäckchen	

**Tabelle 1: Topographische Gliederung des Respirationstrakts**  
(vgl. Larsen & Ziegenfuß, 2004 ) (vgl. Oczenski, 2012) (vgl. Rotert, 2011)

### 3.2. Atemphysiologie des Respirationstrakts

Der Respirationstrakt hat eine Reihe von wichtigen Schutzfunktionen inne.

Dazu zählen:

- Filterung der Atemluft
- **Anfeuchtung** und **Erwärmung** der Atemluft (Atemgasklimatisierung)
- Selbst**reinigung**smechanismus (mukoziliäre Clearance)

#### 3.2.1. Filterung

Das Eindringen größerer Fremdkörper in die Nase und den Respirationstrakt verhindern bereits starre Haare im Naseneingang. Zudem wird über die

Nasenschleimhaut Sekret abgesondert, mit dessen Hilfe Staub und andere Fremdkörper besser gebunden werden können. Flimmerhärchen (Zilien), die sich rhythmisch bewegen, können den Schleim dann abtransportieren(vgl. Schwegler, 2002 ).

### 3.2.2. Anfeuchtung und Erwärmung(Atemgasklimatisierung)

Durch die Arbeit der Flimmerhärchen und ständige Flüssigkeitsausscheidung aus Becherzellen und großen Drüsen in der Bindegewebsschicht der Nasenmuscheln wird die Atemluft gereinigt und angefeuchtet. Die Erwärmung erfolgt durch ein dichtes Geflecht von mikroskopisch feinen Blutgefäßen. Je kälter die Atemluft ist, desto mehr wird die Nasenschleimhaut durchblutet und die Luft stärker angewärmt(vgl. Schäffler & Schmidt, 2003).Durch die Nasennebenhöhlen kommt es zur Oberflächenvergrößerung. Es kommt zu Verwirbelungen und so zum stärkeren Kontakt zwischen Atemgas und Schleimhaut. Daraus ergibt sich eine ausreichende Anwärmung und Anfeuchtung der Atemluft(vgl. Schwegler, 2002 ). Die Befeuchtungs-und Erwärmungsleistung der unteren Atemwege ist demgegenüber nur gering. Der Wassergehalt der Atemgase hängt von der Temperatur und vom Druck ab: Je höher die Temperatur, desto mehr Feuchtigkeit kann aufgenommen werden. Der Bereich, an dem das Atemgas mit Wärme und Feuchte voll gesättigt ist, wird isothermische Sättigungsgrenze genannt und befindet sich unter normalen Umgebungsbedingungen und bei ruhiger Nasenatmung etwa in Höhe der Bifurkation. Der Wassergehalt im Atemgemisch beträgt bei erreichter Körpertemperatur (ca. 37°C) 44mg/l und ist damit zu 100% gesättigt (siehe Abbildung 5). Ein normaler Wassergehalt des Atemgasgemisches ist für einen gut funktionierenden Selbstreinigungsmechanismus (mukoziliäre Clearance) erforderlich. Bei der Expiration kommt es durch Kondensation an den Schleimhäuten zu Rückgewinnung von Wärme und Feuchtigkeit. Jedoch verliert ein erwachsener Mensch in Ruhe bei Atmung in Raumluft ca. 250ml Wasser und 350kcal Wärme / Tag(vgl. Larsen & Ziegenfuß, 2004)(vgl. Rathgeber, 2010)(vgl. Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05).

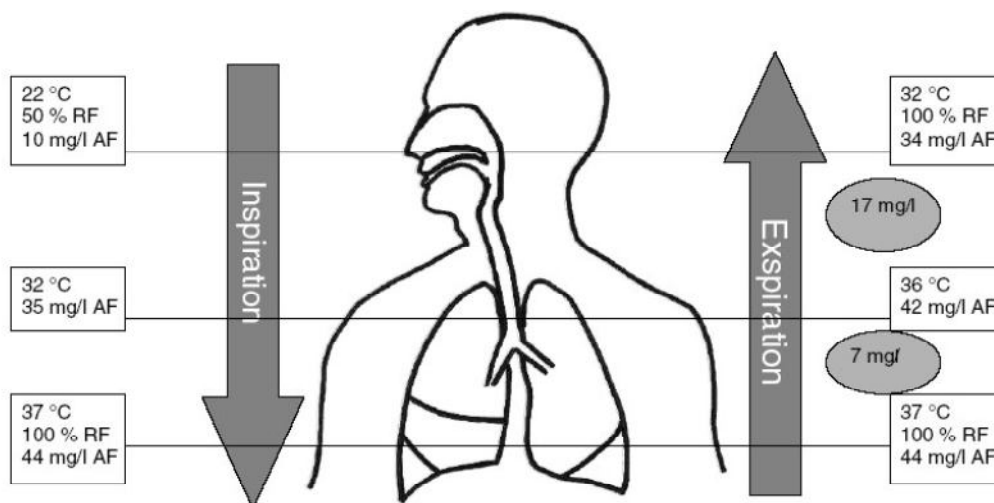


Abbildung 5: Verlauf von Temperatur (°C), absoluter (AF mg/l) und relativer Feuchte (RF%) während der In- und Expiration bei ruhiger Nasenatmung. (Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05)

**AF= absolute Feuchte:** beschreibt den tatsächlichen Wassergehalt eines Gasgemisches in mgH<sub>2</sub>O/l

**RF= relative Feuchte:** beschreibt den prozentualen Wasseranteil eines Gasgemisches, bezogen auf den maximal möglichen Wassergehalt.

(Schwabbauer & Ammerbuch, Atemgaskonditionierung in der Intensivmedizin, 06/05)

### 3.2.3. Mukoziliäre Clearance

Das gesamte luftleitende System ist -von der Nase bis zu den Bronchiolen- mit mehrreihigem Flimmerepithel bedeckt. In der Zellschicht der Atemwege befinden sich neben Basal- und Becherzellen zilienträgende Zellen und Schleimdrüsen. Die Drüsen bilden ein muköses Sekret, das als dünnflüssiger Film direkt dem Epithel aufliegt und aus einer Sol- und einer Gelschicht besteht. In diesem Schleimfilm schlagen die Kinozilien in Richtung Kehlkopf und befördern einen eingedickten Film mit Staubteilchen und Mikroorganismen nach oben. Dieser Mechanismus wird als Mukoziliäre Clearance bezeichnet (vgl. Larsen & Ziegenfuß, 2004).

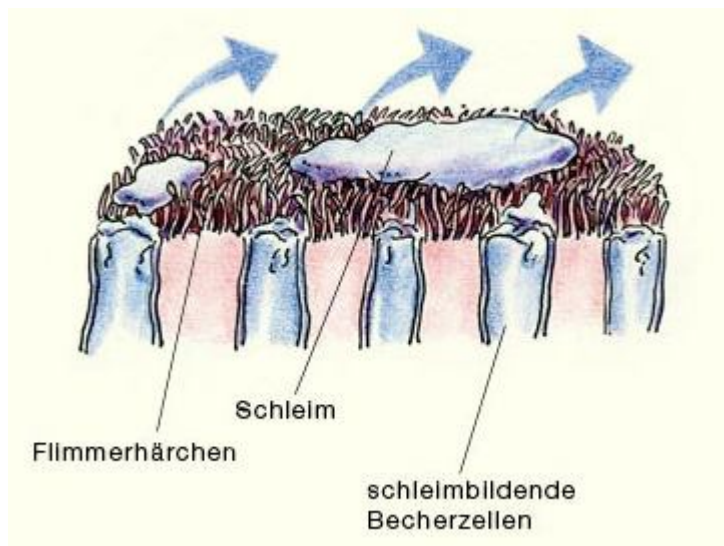


Abbildung 6: Schleimhaut der Atemwege: Durch die Bewegung der Flimmerhärchen wird Schleim im Respirationstrakt in Richtung Mund (blaue Pfeile) befördert, umso mit dem Hustenstoß (tussive Clearance) heraus transportiert zu werden. (Grunder, 2006)

„Bei gesunden Menschen funktioniert die mukoziliäre Clearance so gut, dass inhalierte Schadstoffe und Mikroorganismen komplett eliminiert werden, ohne dass man etwas davon mitbekommt. Fremdkörper, die doch bis in die Alveolen gelangen, werden dort von Makrophagen aufgenommen und entweder abgebaut oder weiter transportiert zu der „mukoziliären Rolltreppe“, umso mit dem Hustenreflex (tussive Clearance) abtransportiert zu werden. Ein kleiner Teil gelangt auch in das Lymphsystem.“ (Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004)

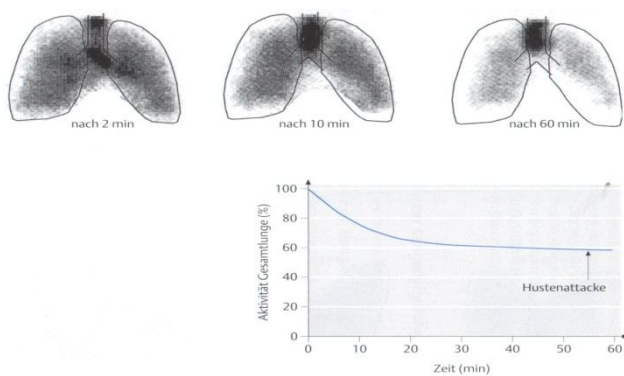
Die Funktionstüchtigkeit dieser „mukoziliären Rolltreppe“ ist abhängig vom Alter des Menschen, von der Zilienfunktion, dem Feuchtigkeitsgehalt der Solschicht und der Konsistenz des mukösen Sekrets (vgl. Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05).

#### 4. Patientenpathophysiologie

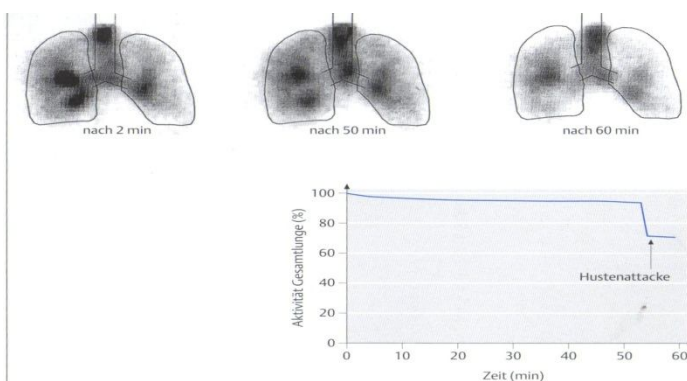
Bei Patienten, die auf eine NIV- Therapie angewiesen sind, sind atemphysiologische Funktionen häufig bereits gestört oder durch den akuten respiratorischen Zustand beeinträchtigt. Zum Beispiel aufgrund von Alter, Nikotinabusus oder COPD kann die mukoziliäre Funktion bereits gestört sein, so

dass als Kompensationsmechanismus der Husten(tussive Clearance) einsetzen muss. Dieser ist normalerweise so effektiv, dass darüber die Lunge ausreichend gereinigt werden kann. Wie effektiv der Husten ist, zeigen die (Abbildung 7 und Abbildung 8) und nachfolgender Abschnitt: „Hier ist mittels inhalierter radioaktiver Partikeltechnik die mukoziliäre Clearance eines Gesunden gegenüber der eines Patienten mit COPD dargestellt.

Beim Gesunden sind bereits nach einer Stunde ca.35% entfernt. Der Patient mit COPD hingegen hat ein infolge des Inhalationsrauchens weitestgehend zerstörtes Ziliarepithel, so dass die Partikel nahezu unvermindert in der Lunge verbleibt und erst der Hustenstoß am Ende der Untersuchung das Bronchialsystem partiell reinigt“ (Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004).



**Abbildung 7: Mukoziliäre und Hustenclearance beim Gesunden“**  
(Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004)



**Abbildung 8: Abb.8 Mukoziliäre und Hustenclearance bei COPD“**  
(Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004)

Typische Symptome der akuten respiratorischen Insuffizienz sind starke Luftnot mit schneller Mundatmung, da Patienten versuchen mehr Sauerstoff in ihre Lunge zu bekommen und die Atmungsarbeit zu vermindern. Die Mundatmung ist für die Atemgasklimatisierung deutlich weniger effizient als die Nasenatmung (vgl. Branson & Michael, 2010). Die in die Atemwege eintretenden Gase sind um 4°C kühler und enthalten 11mgH<sub>2</sub>O/l weniger Feuchtigkeit. Durch das schnelle Durchströmen der Atemgase geht noch mehr Feuchtigkeit in den Atemwegen verloren(vgl. Primiano FP Jr, Saidel GM, Montague FW Jr, & Kruse KL, 1988).Patienten, die lange Zeit versuchen den Sauerstoffmangel zu kompensieren erschöpfen sich. Es kommt häufig zu einem Versagen der Atempumpe. Das lässt darauf schliessen, dass auch der Hustenstoß schwächer und ineffektiver ist, was wiederum zur Ausbildung von Atelektasen führt(vgl. Williams R.,RankinN.,Smith T.,et aL, 1996)(Rathgeber, 2010)(vgl. Gründler , 2001).

Bei der Entscheidungsfindung, ob eine Befeuchtung und Erwärmung von medizinischen Gasen vorgenommen werden muss, ist also erst einmal ein Verständnis der Patientenpathophysiologie notwendig(vgl. Branson & Michael, 2010).

#### 4.1. Auswirkungen der NIV auf die physiologische Atemgasklimatisierung

Je nach Temperatur unterscheidet sich der Wasserdampfgehalt, welcher im Atemgas gelöst werden kann. Bei niedrigeren Temperaturen kann nicht so viel Wasserdampf gelöst werden wie bei höheren.

	Temperatur	Absolute Feuchte	Relative Feuchte
Medizinisches Gas	15°C	0,3 mg/l	2 %
Raumluft	22°C	7 mg/l	35 %

Tabelle 2: Maximale Wasserdampf-Aufnahmekapazität(vgl. Fischer&Paykel Healthcare, 2010)

Bei der NIV sorgen die trockenen, kühlen medizinischen Gase (15°C, 2% RF, 0,3mgH<sub>2</sub>O/l AF), die oftmals mit hohem Flow verabreicht werden(vgl. Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05), für unerwünschte Nebenwirkungen. Mundtrockenheit ist eine der am häufigsten berichteten Nebenwirkungen, da



respiratorisch insuffiziente Patienten über den Mund atmen(vgl. Branson & Michael, 2010). Die Schleimhäute trocknen vermehrt aus, die Lippen werden spröde oder reißen sogar ein. Oft sieht man Patienten mit „Hautfetzen“ an den Lippen. Das Durstgefühl verstärkt sich. An der Nasenschleimhaut kann es zu Verkrustungen und in wenigen Fällen sogar zu Blutungen kommen.

#### 4.1.1. Strukturelle und funktionelle Störungen im Respirationstrakt

„Bei forcierter Atmung (mit hohem Flow) verschiebt sich, bedingt durch die deutlich kühlere Atemluft, die isothermische Sättigungsgrenze weiter in die Lungenperipherie, wodurch die mukoziliäre Clearance beeinflusst werden kann“ (Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05).Die isothermische Sättigungsgrenze unter physiologischen Bedingungen und bei Einatmung trockener Atemgase ist noch einmal in der folgenden Abbildung 9 veranschaulicht.

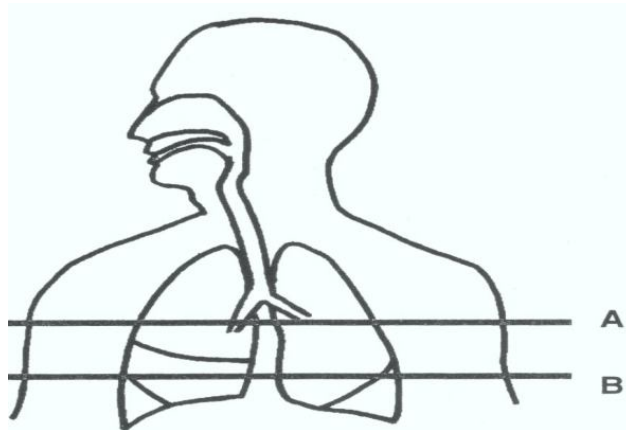


Abbildung 9: Isothermische Sättigungsgrenze (Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05)

„**A**:Isothermische Sättigungsgrenze bei ruhiger Nasenatmung unter „normalen“ Umgebungsbedingungen

**B**:Isothermische Sättigungsgrenze bei der Atmung von trockenen Atemgasen, die Sättigungsgrenze verschiebt sich“ (Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05)

Die Zilientätigkeit wird durch den niedrigen Wasserdampfgehalt stark beeinträchtigt. Dadurch, dass der Schleimtransport gestört ist und es auf der Gelschicht zu Feuchtigkeitsverlust kommt, kann das Sekret aufgrund der erhöhten Viskosität nicht mehr transportiert werden und so zu Sekretretentionen führen. Durch zunehmendes Eindicken des Bronchialsekretes kommt es zu Borken- und Krustenbildung und so auch zu einer mechanischen Behinderung der Zilienbewegung.

Das wiederum führt zu erhöhtem nasalen Atemwegswiderstand und dadurch bedingter erhöhter Atemarbeit(vgl. Rodriguez et.al, 2012)(vgl. Branson & Michael, 2010).

Rezeptoren in der Schleimhaut reagieren auf kaltes und trockenes Gas und bewirken nicht nur bei Asthmatikern ein Zusammenziehen der Bronchien (Bronchokonstriktion)(vgl. Fontanari, 1996).

#### **4.1.2. Intubationsschwierigkeiten**

Bei einer eventuell anstehenden Intubation ist mit Schwierigkeiten durch angeschwollene Schleimhäute und verlegte Atemwege zu rechnen(vgl. Rodriguez et.al, 2012)(vgl. Branson & Michael, 2010).

Wenn also kalte und trockene Gase auf ein bereits geschädigtes respiratorisches System treffen, kann dies den Zustand des Patienten weiter verschlechtern.

## **5. Gründe, die für eine zusätzliche Atemgasklimatisierung sprechen**

„Trotz intakter oberer Atemwege kann eine zusätzliche Atemgaskonditionierung notwendig sein. Die erhöhten Gasflüsse und die trockenen medizinischen Gase beeinflussen die Sekretclearance, führen zu trockenen Schleimhäuten und können

so die Toleranz negativ beeinträchtigen.“(Stolecki, Ulrich, & Grünewald, Intensivpflege und Anästhesie, 2005, 2010).

Die Pathophysiologie und Beobachtungen am Patienten, wie zum Beispiel die Menge und Konsistenz des Sekrets, sind wichtige Kriterien, die bedacht werden müssen, wenn sich die Frage stellt, ob eine zusätzliche Atemgasklimatisierung vorgenommen werden muss. Die Auswirkungen der NIV haben wir im vorherigen Kapitel bereits umfangreich beschrieben. Die Dauer der Therapie ist ein wichtiger, mit entscheidender Faktor. Wenn sich bereits in den ersten Stunden zeigt, dass ein Patient langfristig, eventuell über Tage auf eine NIV angewiesen ist, sollte man sich einer Notwendigkeit frühzeitig bewusst sein. Auch wenn hohe Druck- und Sauerstoffniveaus mit hohen Gasflussgeschwindigkeiten eingestellt sind sollte sich rechtzeitig dafür entschieden werden (vgl. Restrepo & Walsh, 2012).

Zusätzlich muss daran gedacht werden, dass zur physiologischen Atemgasklimatisierung der Mensch Energie verbraucht. Bei ruhiger Nasenatmung eindeutig weniger als bei schneller Mundatmung. Dieser Energieaufwand kann und sollte reduziert werden durch eine Unterstützung der Atemgasklimatisierung(vgl. Miller, 2008). Insbesondere da der Energieverbrauch durch Krankheit und vermehrten Einsatz der Atemmuskulatur(wie bei einer respiratorischer Insuffizienz) bereits erhöht ist(vgl. Lorenz, 2004). Darauf sollte besonders bei kachektischen Patienten geachtet werden.

In diesem und vorherigen Kapiteln wurden ausreichend Situationen geschildert die eine zusätzliche Atemgasklimatisierung für sinnvoll erklären. Im Weiteren möchten wir klären welche Möglichkeiten uns dafür zur Verfügung stehen und was als Mittel der Wahl gilt.

## 6. Möglichkeiten zur Verbesserung der Atemgasklimatisierung -passiv-

Die passive Art der Atemgasklimatisierung mittels HME ist die gebräuchlichste auf der Intensivstation. Wir klären, wie sie funktioniert und ob ihre Benutzung auch bei NIV sinnvoll ist.

### 6.1. Passive Atemgasbefeuchter -HME-Filter

„Heat and moisture exchanger (HME) speichern aus dem ausgeatmeten Atemgas des Patienten Wärme und Feuchtigkeit in einem HME – Medium, das meist aus einer Hochleistungszellulose oder einem beschichteten Spezialpapier besteht“ (Schwabbauer & Riessen, 2007). Während der nächsten Einatmung werden Wärme und Feuchtigkeit mit niedrigem Verlust ( $<7\text{mgH}_2\text{O/l}$ ) wieder an die Atemluft abgegeben (vgl. Rathgeber et al., 1995). HME imitieren somit die Funktion der Nase und müssen für eine optimale Funktion immer patientennah angebracht sein. Die Befeuchtungsleistung liegt je nach Produkt um  $30\text{mgH}_2\text{O/l}$ . Die zusätzliche Filterfunktion verhindert eine Kontamination des Schlauchsystems durch den Patienten mit pathogenen Keimen und umgekehrt. Die Vorteile des HME wie z.B. die einfache Handhabung und die niedrigen Anschaffungskosten scheinen zu überwiegen, jedoch ist die Anwendung in einigen Fällen, wie z.B. bei der NIV (vgl. Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05). Passivbefeuchter werden nicht empfohlen, da sie nur dann ihre volle Leistung erbringen können, wenn die gesamte Expirationsluft durch den Filter strömt (vgl. Restrepo & Walsh, 2012). „Bei der nicht-invasiven Beatmung ist dies bedingt durch die immer bestehenden Maskenundichtigkeiten und Leckagen problematisch. Der zusätzliche Totraum der HMEs beeinflusst Gasaustausch und ventilatorische Funktion, was sich in erhöhten  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen und höheren Atemfrequenzen zeigt“ (Jaber et al., 2002) (Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05). In einer Studie von 2010 wurden Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz unter NIV Therapie auf diese genannten Veränderungen der respiratorischen Parameter getestet. Verwendet wurden dabei HME-Filter mit kleinem Totraum ( $<40\text{ml}$ ) und ein aktiver Atemgasbefeuchter. Es wurden dabei keine

Unterschiede festgestellt. Jedoch geht der kleinere Totraum zu Lasten der Anfeuchtungsleistung(vgl. Boyer, Vargas, & Hilbert, 2010).

HME-Filter können also bei NIV keine adäquaten Befeuchtungsleistungen bieten. Zudem erhöhen sie den Atemwegswiderstand, welcher besonders bei spontan atmenden Patienten relevant ist(vgl. Stolecki, Ulrich, & Grünewald, 2005, 2010).

„Tatsache ist, dass die Art der Atemgasklimatisierung auch Auswirkung auf die Beatmungstherapie und deren Verlauf haben kann.“ (Schwabbauer, 2004)

## 6.2.Einsatz von HME-Filtern in der Praxis

Der Einsatz von HME-Filtern erfolgt bei einem Beatmungsgerät mit Doppelschlauchsystem(z.B. Evita) überwiegend aufgrund der Filterfunktion. Die speziellen NIV-Geräte haben nur ein Einschlauchsystem mit einem Viren-und Bakterienfilter am Gerät und sind für den Gebrauch mit zusätzlichem HME-Filter nicht zugelassen. Die Expiration verläuft ohnehin über ein Expirationsventil, das patientennah zwischen Maske und Schlauchsystem eingesetzt wird oder auch zur besseren CO<sub>2</sub>-Eliminierung bereits in der Maske integriert ist(vgl. Kramer & Olschweski, 2005).

Wenn wir also für eine gute Atemgasklimatisierung bei einem Patienten unter NIV-Therapie sorgen möchten, bleibt uns nur die Anwendung eines aktiven Befeuchtungssystems.

## 7. Möglichkeiten zur Verbesserung der Atemgasklimatisierung - aktiv-

Aktive Atemgasbefeuchter (HH= Heated Humidifier) sind externe Energiequellen, die im Inspirationsschenkel des Beatmungssystems eingebaut werden und dort dem Atemgas Wasser und/oder Wärme zuführen. Zur Befeuchtung der Atemgase stehen uns zwei Gerätegruppen zur Verfügung: Vernebler und Verdunster.

## 7.1. Vernebler

Düsenvernebler oder Ultraschallvernebler werden wegen ihrer hohen Risiken derzeit nicht mehr zur Atemgaskonditionierung bei nichtinvasiv oder invasiv beatmeten Patienten verwendet. Bei den Verneblern kommt es zur Bildung von Wassertröpfchen, welche in der Größe variieren und so mit zur Überwässerung des Patienten führen können. Die Wassertröpfchen können außerdem bei einer Kontamination des Systems als Transportmittel für Keime dienen, welche dann zusammen mit den Wassertröpfchen in die Alveole gelangen. Zudem kann es zu Wasseransammlungen (Kondenswasserbildung) in den Schläuchen kommen, was hygienische Gefahr mit sich bringt und den Widerstand im Beatmungsschlauchsystem erhöht. Aus diesen Gründen werden die Vernebler nur noch zur Applikation von Medikamenten genutzt(vgl. Rathgeber, 2010).

## 7.2. Verdunster/ Verdampfer

Mit dem Verdunster wird dem Atemgas Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf zugeführt, indem die Inspirationsluft durch eine Kammer geleitet wird, in der sich beheiztes Wasser befindet. Abhängig davon, wie der Kontakt zwischen Atemluft und Wasser erfolgt, werden zwei Gerätetypen unterschieden: Durchstömungsverdunster und Oberflächenverdunster(vgl. Rathgeber, 2010).

### 7.2.1. Durchstömungsverdunster(Kaskadenverdunster)

Bei diesem Gerät durchströmt das Atemgas ein beheiztes Wasserbad. Aufgrund der veralteten Technik, des deutlich erhöhten Durchatemwiderstandes und der hygienischen Mängel sollten diese Geräte nicht mehr in der Beatmungstherapie eingesetzt werden(vgl. Schäfer, Scheuermann, Wagner, & Kirsch, 2005).

Die modernen aktiven Befeuchter gehören zur Gruppe der:

### 7.2.2. Oberflächenverdunster

Hier wird die Luft über die Oberfläche des erwärmten Wassers geleitet. Je nach Hersteller findet die Anfeuchtung und Erwärmung unterschiedlich statt. Im Gegensatz zu den Durchströmungsverdunstern erhöhen Oberflächenverdunster den Atemwiderstand praktisch nicht.

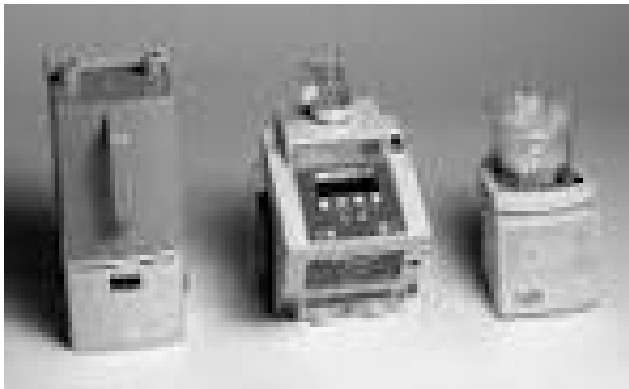


Abbildung 10: Aktivbefeuchter (Heated Humidifier HH)  
(Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05)

1. *Gegenstromverdampfer Humicare 200 (Gründer medical Freudenstadt)*  
Wasser mit konstanter Temperatur fließt gegen den Strom durch eine Oberfläche und überträgt dabei die Wärme und Feuchte an das durchströmende Gas.
2. *Dochtverdampfer Kendall Aerodyne Ultratherm (Kendall, Neustadt/Donau)*  
Die Wasser abgebende Oberfläche wird durch ein saugfähiges Flies vergrößert
3. *Passover- Verdampfer MR 850 (Fischer & Paykel, Welzheim)* Das Gas wird über eine erwärmte Wasseroberfläche geleitet  
(Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05)

In der Anwendung von Oberflächenverdunstern unterscheiden wir zwischen Systemen mit integrierter Schlauchheizung und solchen ohne beheizte Schläuche.

### 7.2.3. System ohne beheizte Schläuche

Das Atemgas wird im Verdampfer angewärmt und mit Wasser gesättigt. Auf dem Weg durch den Inspirationsschlauch kühlt das Atemgas ab. Die Folge ist vermehrte Kondenswasserbildung im Schlauch. Auch im Expirationsschlauch

kommt es aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen Expirationsluft und Raumluft zum Niederschlag von Wasserdampf. Es können sich Wasseransammlungen bilden, die den Atemwiderstand erhöhen und einen guten Nährboden für Keime darstellen. Auf Grund dieser Nachteile werden bei modernen aktiven Atemgasbefeuchtern Systeme mit integrierter Schlauchheizung genutzt(vgl. Rathgeber, 2010)(vgl. Schäfer, Scheuermann, Wagner, & Kirsch, 2005).

#### 7.2.4. System mit beheizten Schläuchen

Im Inspirationsschlauch wird das Atemgas durch Heizdrähte (entweder im Schlauch eingebaut oder außen am Schlauch angebracht) weiter erwärmt. Dadurch sinkt die relative Luftfeuchtigkeit des Atemgases und es kondensiert kein Wasser im Schlauch. Auch die Atemluft im Expirationsschlauch kann erwärmt werden, dadurch findet auch im Expirationsteil keine Kondensation statt. Obwohl die Schläuche trocken aussehen, ist die Inspirationsluft nahezu vollständig mit Wasser gesättigt(vgl. Rathgeber, 2010)(vgl. Schäfer, Scheuermann, Wagner, & Kirsch, 2005).



Abbildung 11: Aktiver Atemgasbefeuchter (Fa.Fisher&Paykel) (Scharf, 2012)

Aktiver Atemgasbefeuchter (Fa.Fisher&Paykel) mit Einschlauchsystem für NIV-Geräte. Interne Heizspirale reduziert den Kondensatanfall. Das



geschlossenen System verhindert überflüssiges Diskonnektieren und reduziert somit eine mögliche Kontamination.

## 8. Einsatz von aktiven Atemgasbefeuchter in der Praxis

Aktive Atemgasbefeuchter werden in unterschiedlichen Kliniken schon mehrfach eingesetzt. Um einen Überblick der Handhabung zu bekommen, gehen wir in den folgenden Abschnitten auf die Einstellung, Hygienestandards und den Umgang mit den Geräten näher ein.

### 8.1. Einstellungen

Eine Temperatureinstellung von 37°C wäre für eine vollständige Aufsättigung mit Wasserdampf optimal. Diese wird allerdings von Patienten während NIV-Therapie als unangenehm empfunden. Die Atemgase sollten auf eine Temperatur erwärmt werden, die normalerweise im Nasen-Rachen-Raum vorherrscht (also ca. 31°C mit 32mgH<sub>2</sub>O/l). Die Toleranz der Patienten für die NIV-Therapie wird somit maximiert (vgl. Primiano FP Jr, Saidel GM, Montague FW Jr, & Kruse KL, 1988) (vgl. Tuggey, Delmastro, & Elliott, 2007) (vgl. Richards GN, Ungar RG, Berthon-Jones, & Cistulli PA, 1996).

	Temperatur (°C)	Wasserdampfgehalt (mg/l)	Rel. Feuchte (%) Bez. auf 37°C
<b>Aktiver Atemgasbefeuchter (Modus Tubus)</b>	37°C	44 mg/l	100 %
<b>Aktiver Atemgasbefeuchter (Modus Maske)</b>	31 °C	32 mg/l	75 %

Tabelle 5: Maximale Wasserdampf-Aufnahmekapazität (Fischer & Paykel Healthcare, 2010)

Bei den modernen Atemgasbefeuchter ist die Handhabung vereinfacht. Beispielsweise stehen bei dem MR850 von der Firma Fischer & Paykel zwei Einstellungen zur Verfügung: Tubus mit 37°C und Maske mit 31°C Zieltemperatur. Das Wasser wird über ein geschlossenes System in die

Wasserkammer zur Heizplatte geleitet, um dort bis zur Zieltemperatur erwärmt zu werden. Diese wird am Ende des Inspirationsschlauches registriert.

## 8.2. Hygienestandards

Der hygienische Aspekt wird bei der aktiven Atemgasbefeuchtung sofort hinterfragt. Erst recht von den Kollegen, die die Kaskadenverdunster von früher(bis vor ca.10 Jahren) noch kennen. Während der Benutzung musste das System häufig geöffnet werden, um die Wasserkammer zu befüllen oder Wasserfallen zu entleeren. Dies bedeutete eine ständige Gefahr der Kontamination. Die aktive Atemgasbefeuchtung wurde mit der Begünstigung nosokomialer Atemwegsinfekte in Zusammenhang gebracht. Die Tatsache, dass sich Mikroorganismen (wie z.B. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Stenotrophomonas maltophilia*) in dem feucht-warmen Milieu optimal vermehren können und das infektiöse Kondenswasser aus dem Schlauchsystem bei Lageveränderung aspiriert wird, ließ diese Art der Atemgasklimatisierung aus dem Pflegealltag verschwinden(vgl. Schwabbauer & Riessen, 2007).

Die hygienischen Vorteile von HME –Filtern gegenüber den aktiven Befeuchtungssystemen wurden entsprechend publiziert, jedoch konnte eine Reduktion einer VAP nie eindeutig durch Studien belegt werden(vgl. Schwabbauer, 2004).

Firmen, die die modernen Atemgasbefeuchter auf den Markt bringen, garantieren hygienische Sicherheit, jedoch ist der hygienische Umgang und die Einhaltung von Richtlinien mit entscheidend. Die modernen Pass-over-Verdampfer (z.B. Fischer&Paykel) haben ein geschlossenes System und die Kammer befüllt sich automatisch via sterilen Wasserbeutel. Wasserfallen sind durch beheizte Schlauchsysteme überflüssig geworden. Wir haben also deutlich weniger Manipulationen am Schlauchsystem.

Die aktiven Atemgasbefeuchter erzeugen keine Aerosole und verhindern Kondensatbildung durch den Gebrauch von beheizten Schlauchsystemen. Dies bedeutet, dass dadurch auch keine Transportmittel für Bakterien vorhanden sind. Es ist durch Studien belegt, dass Wasserdampf keine Krankheitserreger transportiert und durch beheizte Kreisläufe keine Partikel aus der Wasserkammer entweichen können(vgl. Orec & al., 1997)(vgl. Wenzel & al., 2005).

Heutige Systeme werden sogar regelmäßig für invasive und nichtinvasive Ventilation auf neonatologischen Intensivstationen eingesetzt. Dies spricht für die hohen hygienischen Standards, denn Neugeborene zählen zweifelsohne zu den kritischsten und infektanfälligsten Intensiv-Patienten.

In den Richtlinien des RKI wird geschrieben, dass der Systemwechsel alle sieben Tagesowie bei sichtbaren Verschmutzungen erfolgen soll (vgl. Stiebel, 2008). Die Firma Gründler mit dem Gerät Humicare200 vertritt ihr System mit Intervallzeiten von 30 Tagen (vgl. Gründler GmbH, 2012).

Im Allgemeinen ist zu sagen, dass Wechselintervalle vom Hygieneverantwortlichen des jeweiligen Krankenhauses unter Berücksichtigung der Herstellerangaben festgelegt werden.

### 8.3. Umgang mit aktiven Atemgasbefeuchter

Um zusätzliche Keimbelastungen zu vermeiden, sollte drauf geachtet werden, dass das System erst kurz vor Einsatz aufgerüstet wird, um dann direkt in den Betrieb zu gehen. Durch das geschlossene System wird der Füllungsstand in der Wasserkammer selbständig angepasst. Natürlich sollte auch bei den moderneren Geräten eine Kontrolle der Einstellungen und des Füllungsstands erfolgen. Das Wechseln des Aquabeutels verläuft unter sterilen Voraussetzungen wie das Wechseln einer Infusion. Eine zusätzliche Sicherheit gibt uns noch einmal der Alarm, der uns signalisiert, wann der Beutel gewechselt werden muss. Im Weiteren sollte ein Kontakt mit Kondenswasser aus dem Schlauchsystem mit Patient und Pflegekraft vermieden werden.

Was sollte jedoch getan werden, wenn der Patient unter der NIV-Therapie eine Pause macht oder das Intervall der Beatmungspflichtigkeit größer wird? Es wird empfohlen das Gerät auszuschalten und das Schlauchsystem steril zu verschließen. Das unter der Abkühlung entstandene Kondenswasser sollte in die Wasserkammer zurückgeführt werden. Wie zuvor beschrieben können keine Partikel aus der Wasserkammer entweichen. Das in der Maske entstandene Kondensat könnte mit Patienteneigenen Keimen belastet sein. Ein Auswischen der Maske mit Desinfektionsmittel führt zur Keimreduktion. Auch hier sollte gewährleistet sein, dass die Maske sicher aufgehängt ist um ein Herunterfallen zu vermeiden. Systeme sowie Masken sind für eine Verwendung von 7 Tagen am

Patienten konzipiert.(vgl. Stiebel, 2008)(vgl. Fischer&Paykel Healthcare, 2010).  
Wichtig ist es, hierbei die Angaben der jeweiligen Hersteller zu beachten.

## 9. Auswirkung von zu feuchten Atemgasen

Die mukoziliäre Clearance-Funktion kann auch bei zu feuchten Atemgasen beeinträchtigt sein. Dies erfolgt vor allem bei der Verwendung von Verneblern. Bei der Verwendung von Verdunstern tritt dieses Problem eher bei invasiv beatmeten Patienten auf. Wenn zu warme Atemgase auf eine zu niedrige Körpertemperatur stoßen, kommt es zu Bildung von Kondenswasser. Daraus folgt: Der Feuchtigkeitsgehalt der Solschicht steigt an. Diese wird dicker und dadurch verlieren die Zilien den Kontakt zur Gelschicht. Daraus folgt, dass die Zilien das muköse Sekret aufgrund der Viskositätsminderung nicht mehr greifen und somit nicht abtransportieren können. Auch hier kann es zu Bildung von Atelektasen kommen(vgl. Rathgeber, 2010).

## 10. Vorteile und Nachteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung

Im Folgenden gehen wir auf die Vor- und Nachteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung ein.

### 10.1 Vorteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung

Ein großer Vorteil der aktiven Befeuchtung bei NIV ist die Reduktion der Mundtrockenheit. Da es zu weniger Austrocknung der Schleimhaut kommt, wird diese nicht so stark beansprucht und zusätzliche Pflegemaßnahmen zur manuellen Befeuchtung minimieren sich. Für den Patienten bedeutet dies mehr Komfort. Trockene Lippen sowie Beläge und Krustenbildungen werden verhindert. Schon allein diese Aspekte fördern eine zunehmende Toleranz des Patienten, so dass die

Therapie nicht unnötig zwischendurch unterbrochen werden muss. Wenn die NIV besser akzeptiert wird, reduziert dies unnötige Manipulationen an der Maske. Es gibt weniger Ventilatoralarme und mehrfaches Anpassen der Maske und Adaptieren ans Gerät wird vermieden. Nicht nur der Patientenkomfort wird verbessert, sondern auch der Pflegeaufwand lässt nach. Im Weiteren sorgt die aktive Befeuchtung dafür, dass die mukoziliäre Clearance aufrechterhalten wird und weiteres Austrocknen der Atemwege, Eindicken von Sekreten und Entzündungen vermieden werden. Auch Bronchokonstriktionen, die bedingt durch die kalten Atemgase auftreten können, werden weniger beobachtet. Die Atmung wird für den Patienten erleichtert und die Druckzufuhr vom Gerät verbessert. Die Wirkung der NIV wie verbesserter Gasaustausch und das Offenhalten der Alveolen mittels positiven Drucks wird durch eine aktive Atemgasklimatisierung unterstützt. Daraus kann man schließen, dass ein frühzeitiger Einsatz einer aktiven Atemgasbefeuchtung einen Misserfolg der NIV senkt(vgl. Hill, 1997)(vgl. Richards GN, Ungar RG, Berthon- Jones , & Cistulli PA, 1996)(vgl. Evans, 2001)(vgl. Liesching, 2003)(vgl. Kacmarek, 2003)(vgl. Fontanari, 1996).(vgl. Fischer&Paykel Healthcare, 2010).

## 10.2 Nachteile der nichtinvasiven Beatmung mit aktiver Anfeuchtung

Bei der aktiven Atemgasbefeuchtung kann es anfänglich zu Kondenswasserbildung in den Masken kommen, was bei Verwendung einer Full-Face-Maske zu Sichtfeldeinschränkungen führen kann. Dies ist für den Patienten wiederum unangenehm und senkt die Toleranz gegenüber der Therapie. Im Weiteren fördert die Kondenswasserbildung einen Feuchtigkeitsfilm auf der Haut unter der Maske, was das Entstehen von Hautmazerationen verstärkt und so zu Schmerzen und einem erhöhten Infektionsrisiko des defekten Hautareals führen kann.

Aktive Atemgasbefeuchtung kann das „Engegefühl“ unter der Maske steigern(vgl. Gsöllpointner, 1999).

Genannte Symptome werden je nach subjektiven Empfindungen unterschiedlich von Patienten angegeben.

In Tabelle 3 sind die Vor- und Nachteile der NIV mit aktiver Atemgasbefeuchtung für Patient und Pflegepersonal auf einen Blick zu erkennen:

Patient	Pflegepersonen
<b>Vorteile</b>	
Weniger Mundtrockenheit, aufgesprungene Lippen und Nasenbluten	Weniger Unterbrechungen der Beatmung
Weniger Durstgefühl	
Deutlich reduzierte Austrocknung der Atemwege, Entzündungen	Weniger Zeitaufwand für erneutes Befestigen der Maske
Weniger Sekretstauung/ Bronchokonstriktion	Weniger zusätzliche Mundpflege wegen Mundtrockenheit
Erhalt der Sekretclearance	Pat. fühlt sich wohler
Verringerte Atemarbeit	Höhere Toleranz gegenüber der NIV-Therapie
Steigert Wohlbefinden und Toleranz	
Bessere Atmung durch weniger Atemwegswiderstand	Größeres Vertrauen in die nichtinvasive Therapie
<b>Nachteile</b>	
Hautmazerationen aufgrund von Kondenswasser (Feuchtigkeit auf der Haut)	Weniger Toleranz der Maske
Unangenehmes „Engegefühl“	Vermehrter Zeitaufwand durch Wechsel auf ein aktives Befeuchtersystem
Sichtfeldbeeinträchtigung durch Kondenswasserbildung	

Tabelle 3: Vorteile der NIV mit aktiver Anfeuchtung (vgl. Fischer & Paykel Healthcare, 2010)

(vgl. Hill, 1997) (vgl. Richards GN, Ungar RG, Berthon-Jones, & Cistulli PA, 1996) (vgl. Evans, 2001) (vgl. Liesching, 2003) (vgl. Kacmarek, 2003) (vgl. Fontanari, 1996) (vgl. Fischer & Paykel Healthcare, 2010) (vgl. Gsöllpointner, 1999).

## 11. Interfaces (Beatmungszugänge)

Im Folgenden sind einige Beispiele der Interfaces für eine NIV aufgeführt, einschließlich ihrer Vor- und Nachteile sowie deren häufigste Einsatzbereiche. Dies sind wichtige Grundlagen bei der Anwendung der NIV-Therapie in Kombination mit der aktiven Atemgasbefeuchtung, um somit eine optimale Patiententoleranz zu sichern.

### 11.1. Mund-Nase-Maske

Die Mund-Nase-Maske ist die am häufigsten verwendete Maskenart auf der Intensivstation bei der nichtinvasiven Beatmung. Diese Maske ist empfehlenswert bei der Anwendung mit der aktiven Befeuchtung. Im Folgenden sind die Vor- und Nachteile der Mund-Nase-Maske aufgeführt:

<b><u>Mund-Nase-Maske</u></b>	Vorteil:	Nachteil
 <p>(Medicare, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Beatmung ist bei geöffnetem Mund möglich im Vergleich zur Nasenmaske</li> <li>○ Beatmungsdrücke können höher gewählt werden</li> <li>○ Sichtfeld wird nicht beeinträchtigt</li> <li>○ Schnelle und einfache Anpassung</li> <li>○ Für die Erstversorgung geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erhöhte Druckstellen-Gefahr auf der Nase</li> <li>○ Gefahr einer Konjunktivitis durch den hohen Luftzug bei Undichtigkeit im Nasen-Augenbereich</li> </ul>

Tabelle 4: Mund-Nase-Maske

## 11.2. Full-Face-Maske (Gesichtsmaske)

Eine ebenfalls sehr häufig auf einer Intensivstation angewendete Maske ist die Full-Face-Maske. Oftmals beschlägt die Maske zu Therapiebeginn in Kombination mit der aktiven Anfeuchtung, somit ist das Sichtfeld eingeschränkt. Dieses lässt im Verlauf nach.

<b><u>Full-Face-Maske</u></b>	Vorteil	Nachteil
 <p data-bbox="225 1205 427 1234">(Respitek Ltd., 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="619 801 938 949">○ Ist für jede Gesichtsform gut geeignet</li> <li data-bbox="619 965 938 1048">○ Dichtet gut ab, auch bei Barträgern</li> <li data-bbox="619 1064 938 1272">○ Weniger Druckstellen im Vergleich zur Mund-Nase-Maske</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="970 801 1289 837">○ Erhöhter Totraum</li> <li data-bbox="970 853 1289 1061">○ nicht geeignet bei Patienten mit Glaukom, kürzlich erfolgter Augen-OP</li> <li data-bbox="970 1077 1289 1113">○ Maske beschlägt</li> </ul>

Tabelle5: Full-Face-Maske

## 11.3. Helm

Der Helm ist zum Einsatz mit aktiver Befeuchtung aufgrund der ausgeprägten Kondenswasserbildung mit daraus folgender Gesichtsfeldeinschränkung nicht empfehlenswert.





<u>Helm</u>	Vorteil:	Nachteil:
 <p>(mpö pfm GesmbH - Medizin Produkte Österreich, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kein Enge-Gefühl im Gesicht</li> <li>○ Gute Aufrechterhaltung eines PEEP, hohe Beatmungsdrücke wählbar</li> <li>○ geringes Aspirationsrisiko</li> <li>○ Keine Hautverletzungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sehr laut</li> <li>○ Nur für Geräte mit Expirationsschlauch</li> <li>○ Geringere CO<sub>2</sub>-Eliminierung</li> </ul>

Tabelle 6: Helm

#### 11.4. Nasen-Maske

Die Nasen-Maske wird in der Klinik selten eingesetzt. Aufgrund der bei Atemnot reflexartig eintretenden Mundatmung ist sie im Akutfall eher kontraindiziert. Primäres Einsatzgebiet der Nasen-Maske ist die Heimbeatmung (z.B. Schlaf-Apnoe-Syndrom). Eine aktive Atemgasbefeuchtung wird mit der Nasenmaske am besten toleriert.

<u>Nasen-Maske</u>	Vorteil:	Nachteil:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Einfache Handhabung für den Patienten</li> <li>○ Essen und Trinken ist die ganze Zeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Verluste von Beatmungsdrücken über den Mund können Austrocknung und zu einer Erhöhung des nasalen Atemwegswiderstandes</li> </ul>

(Medicare, 2012)	<p>möglich</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Freies Sichtfeld</li> </ul>	<p>führen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Öffnen und Schließen des Mundes können Trigger-Funktionen stören</li> <li>○ Höhere Beatmungsdrücke werden gebraucht im Vergleich zur Mund-Nase-Maske</li> </ul>
------------------	---	--

Tabelle 7: Nasen-Maske

(vgl. Tuggey, Delmastro, & Elliott, 2007)(vgl. Richards GN, Ungar RG, Berthon-Jones , & Cistulli PA, 1996) (vgl. AWMF, 2009) (vgl. Schönhofer, Kuhlen, Neumann, Westhoff, Berndt, & Sitter, 2008)(vgl. Kramer & Olschweski, 2005)

## 12. Selbstversuch

Noch unbeeinflusst von Studien und Richtlinien stellten wir uns einem Selbstversuch. Wir wollten erfahren, wie man sich während einer NIV fühlt und welche Unterschiede sich mit aktiver Anfeuchtung ergeben, um selbst einen Eindruck zu gewinnen, wovon die Patienten uns berichten oder von dem, was wir teilweise beobachten können.

Als Gerät wählten wir eine Bipap Vision von der Firma Respironics, ein NIV-Gerät, welches wir täglich auf unseren Intensivstationen nutzen. Maske und Atemgasbefeuchter stammten von der Firma Fisher&Paykel.

Die Einstellungen des Gerätes, das Verhalten des Probanden während der NIV und die anschließend berichteten subjektiven Erlebnisse wurden von einem Versuchsleiter protokolliert.

Da wir im Vergleich zu unseren Patienten lungengesund sind, wählten wir niedrige Druck- und Sauerstoffniveaus und eine Therapiezeit von jeweils 40 Minuten.

**Einstellungen** der Parameter am Respironics Bipap Vision und der Aktiven Befeuchtung (pass-over Verdampfer) MR850 von Fischer& Paykel:

**Befeuchter:** Masken-Symbol aktivieren und die Einstellung der Temperatur erfolgt automatisch auf 32°C

**Maske:** Nasen-Mund-Maske

**Respironics Bipap Vision**

- Modus :S/T
- IPAP: 8 -10cmH<sub>2</sub>O
- EPAP : 4-6cmH<sub>2</sub>O
- Atemfrequenz: 10-20/min
- Anstiegszeit: 0,2 sec
- FiO<sub>2</sub>: 30 %O<sub>2</sub>
- Atemzugvolumen: 300-900ml
- Minutenvolumen: 8-16 Liter

## 12.1. Ergebnisse des Selbstversuchs

Wir verwendeten die NIV zunächst ohne aktive Befeuchtung und danach mit aktiver Befeuchtung. Im Folgenden führen wir die Ergebnisse auf.

### 12.1.1. NIV ohne aktive Befeuchtung

Nach Aufsetzen der Nasen-Mund-Maske atmeten wir zunächst 10 Minuten nur über die Nase. Die letzten 30 Minuten atmeten wir über den offenen Mund. Die Atmung mit offenem Mund beobachtet man bei Patienten mit respiratorischer Insuffizienz öfter als die Nasenatmung.

Wir bemerkten, dass die Nasenatmung deutlich angenehmer ist als die Mundatmung. Symptome wie eine trockene Zunge, ein klebriger Gaumen und leichtes Durstgefühl machten sich bemerkbar.

Um eine patientenähnliche Einstellung nachzuempfinden, erhöhten wir kurzzeitig die Atemfrequenz auf 20/min. Darunter zeigte sich das Abhusten erschwert.

Der Wunsch, nur kurz die Maske zu entfernen, stellte sich ein.

Insgesamt war man am Ende der NIV ohne aktive Befeuchtung froh, die Maske abnehmen zu können.

Mundatmung unter NIV: für uns vergleichbar ist Fahrrad fahren mit offenem Mund. Schnell einströmende kalte Atemgase machen eine NIV-Therapie sogar für lungengesunde Probanden zu einer unangenehmen Situation. Aus den deutschen S3-Leitlinien (Kapitel: NIV bei hyperkapnischer ARI) gehen Empfehlungen zu deutlich höheren Druckeinstellungen (bis zu 25cmH<sub>2</sub>O) hervor. Daraus ergeben sich höhere Atemzugvolumina mit höheren Leckagen. Patienten haben in der Akutphase teilweise hohe Atemfrequenzen (bis 40/min) mit schnelleren Flussraten oder bei Oxygenierungsproblemen einen hohen Sauerstoffbedarf. Diese Einflüsse verstärken unsere beschriebenen Symptome gewiss um ein Vielfaches.

### 12.1.2. NIV mit aktiver Befeuchtung

Auch bei der NIV mit aktiver Befeuchtung atmeten wir während der ersten 10 Minuten wieder durch die Nase, danach 30 Minuten über den offenen Mund.

Unter Nasenatmung zeigten sich noch keine großen Unterschiede zwischen NIV mit oder ohne aktive Befeuchtung.

Während der Mundatmung wurde die angefeuchtete Atemluft als angenehm empfunden. Die Mundschleimhaut trocknete nicht aus. Jedoch bemerkte man Kondenswasserbildung an der Maske und am Gesicht, so dass die Haut leicht feucht wurde. Die Wärme der Luft empfand ein Proband als weniger angenehm. Unter der Vorstellung, dass sich Patienten mit Luftnot lieber ans geöffnete Fenster stellen, empfand dieser die warme Luft als etwas bedrückend (leichtes Engegefühl).

Der Selbstversuch bestärkte insgesamt unsere Meinung, dass eine NIV mit aktiver Anfeuchtung deutlich angenehmer ist, besonders während der Mundatmung.

Unser subjektives Empfinden zeigte uns deutlich, dass bei jedem Patienten rechtzeitig die Frage gestellt werden muss, ob eine aktive Anfeuchtung notwendig ist.

### 13. Schlussteil/Fazit

Die NIV-Therapie schließt mittlerweile viele Patientengruppen ein und jeder Patient kommt mit anderen Voraussetzungen und subjektiven Empfindungen. Es besteht nicht nur in der Adaptionsphase ein erhöhter Pflegeaufwand, sondern auch die weiteren Beobachtungen am Patienten sind wichtig. Wenn wir gezielt auf Bedürfnisse und Probleme während der Therapie eingehen, könnte dies auch Ängste und Abwehrreaktionen seitens des Patienten reduzieren.

Aus unserer Sicht als Pflegekräfte, die am meisten Zeit am Patientenbett verbringen, halten wir, allein aufgrund des verbesserten Patientenkomforts, eine aktive Atemgasbefeuchtung bei NIV für sinnvoll.

Es zeigt sich für uns als eine Pflegemaßnahme, die sicherlich nicht bei jeder NIV notwendig ist. Vielmehr stellt sie in diesem Zusammenhang, genau wie auch bei der invasiven Beatmung, eine Möglichkeit der Atemgasklimatisierung dar, die auf jeder Intensivstation zur Verfügung stehen sollte.

Während unserer Recherchen hatten wir Kontakt mit vielen Vertretern der Firmen, die Geräte zur NIV-Therapie herstellen. Diese empfehlen mittlerweile, ihre Geräte während einer NIV mit aktiver Anfeuchtung zu benutzen.

Die Auswirkung auf den Therapieerfolg können wir derzeit nicht eindeutig beweisen. Wenn man jedoch bedenkt, dass Patientenkomfort direkt mit erhöhter Compliance des Patienten verbunden ist und höhere Patienten-Compliance auch bedeutet, dass die NIV-Therapie länger toleriert wird, so kommen wir zu der Schlussfolgerung, dass eine aktive Atemgasbefeuchtung den Krankheitsverlauf positiv beeinflusst.

Auch bei relativen Kontraindikationen, wie bei Patienten mit starken Sekretproblemen (z.B. Pneumonie), könnte der NIV-Verlauf erfolgreicher sein, da die Sekret-Clearance durch eine aktive Befeuchtung unterstützt und aufrechterhalten wird. Ob NIV-Therapie-Zeiten dadurch wirklich verlängert werden und somit länger höhere Druckniveaus gehalten werden, können wir derzeit auf Grund der aktuellen Studienlage nicht belegen. Wir würden weitere Studien zu diesem Thema sehr begrüßen, denn in der NIV-Therapie in Kombination mit aktiver Atemgasbefeuchtung scheint ein sehr hohes Potential zu liegen.

## 14. Literaturverzeichnis

- AWMF. (2009). S2 – Leitlinie Nichtinvasive und invasive Beatmung als Therapie der chronischen respiratorischen Insuffizienz.
- Becker, H., Schönhofer, B., & Burchardi, H. (2004). *Nicht-Invasive Beatmung*. Stuttgart: George Thieme Verlag KG.
- Boyer, A., Vargas, F., & Hilbert, G. (2010). Small dead space heat and moisture exchangers do not impede gas exchange during noninvasive ventilation. *Intensive Care Med*.
- Branson, R., & Michael, A. (2010). Is Humidifikation Alwas Necessary During Noninvasive Ventilation in the Hospital? *Respir Care*, S. 55(2): 209-216.
- Burbach und Götz. (kein Datum). *Burbach & Götz*. Abgerufen am 01. 10 2012 von <http://www.burbach-goetz.de/shopart/61703-61704-61705/Medizingeraete-und-Technik/Schlaftherapie-Shop/CPAP-Masken/Mirage-Quattro-fx-FullFace-Maske-CPAP.htm>
- Drägerwerk AG & Co. KGaA. (2012). *www.draeger.com*. Abgerufen am 23. 09 2012 von [http://www.draeger.com/AT/de/products/medical\\_ventilation/adult\\_icu\\_ventilation/rsp\\_Evita\\_XL.jsp](http://www.draeger.com/AT/de/products/medical_ventilation/adult_icu_ventilation/rsp_Evita_XL.jsp)
- Evans, e. a. (2001). Inadequate humidity may cause patient distress, especially if pipeline of cylinder gas is used. *Intensive care Med*, S. 166-78.
- Fischer&Paykel Healthcare. (2010). Therapie im Überblick. *Natürliches Gleichgewicht wiederherstellen - Das Respiratory Care Continuum von F&P für Erwachsene*.
- Fontanari, e. (1996). Changes in Airway resistance induced by nasal inhalation of cold dry, dry, or moist air in normal individuals. *Journal of applied Physiology*, S. 1739-43.
- Gesundheit! (2012). *Aus Sauerstoff wird Kohlendioxid*. Abgerufen am 24. 09 2012 von Der Gasaustausch in der Lunge: [http://195.186.85.46/media/LTH/KOERPER/img\\_gasaustausch\\_1xl.jpg](http://195.186.85.46/media/LTH/KOERPER/img_gasaustausch_1xl.jpg)

- Greiling, D. (2006). Warum Atemgasklimatisierung? Aktive Systeme vs. passive Systeme. Greven.
- Grunder, F. (26. 09 2006). *eesom.com - Ihr Gesundheitsportal*. Abgerufen am 20. 09 2012 von <http://www.eesom.com/go/V9V5PTDL836792036LQIU8VXRNZNT5VL>
- Gründler , C. (25. 02 2001). *Atemgaskonditionierung in der außerklinischen Beatmung*. Von [http://www.fortbildungen-berlin.de/Daten/Vortraege/Schulung\\_Berlin\\_1102.pdf](http://www.fortbildungen-berlin.de/Daten/Vortraege/Schulung_Berlin_1102.pdf) abgerufen
- Gründler GmbH. (2012). *Gründler medical*. Abgerufen am 28. 09 2012 von Humicare delta care-Next generation HumiCare: <http://www.gruendler-medical.de/>
- Gsöllpointner, C. (1999). Nichtinvasive Beatmung. *Intensiv News*.
- Hill, N. (1997). Complications of noninvasive Pressure ventilation. *Resp Care*, S. 42(4):432-442.
- Jaber et al. (2002). Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*, S. 1590-1594.
- Kacmarek. (2003). Noninvasive positive pressure Ventilation:the little things do make the difference! *Respir Care*, S. 919-21.
- Kola A. et al. (2005). Efficacy of heat and moisture exchangers in preventing ventilator-associated pneumonia: meta-analysis of randomized controlled trials. *Intensive Care Med*, S. 31: 5-11.
- Koninklijke Philips Electronics N.V. (2004-2012). *Philips Healthcare*. Abgerufen am 25. 09 2012 von Respirationics BiPAP Vision: [http://www.healthcare.philips.com/pwc\\_hc/main/shared/Assets/Images/HospitalRespiratory/BiPAPVision\\_275x250.jpg](http://www.healthcare.philips.com/pwc_hc/main/shared/Assets/Images/HospitalRespiratory/BiPAPVision_275x250.jpg)
- Kramer, R., & Olschweski, T. (2005). Nicht Invasive Beatmung. In G. Meyer, H. Friesacher, & R. Lange, *Handbuch der Intensivpflege*. Landsberg/Lech: Verlagsgruppe Huthig Jehle Rehm GmbH Unternehmensbereich ecomed MEDIZIN.
- Kramer, R., & Olschweski, T. (2005). Nicht Invasive Beatmung Sonderdruck. In Meyer – Friesacher – Lange *Handbuch der Intensivpflege 18. Ergänzungslieferung*. Verlagsgruppe Huthig Jehle Rehm GmbH.

- Larsen, & Ziegenfuß. (2004). *Beatmung*. Springer Verlag.
- Larsen, R., & Ziegenfuß, T. (2004 ). *Beatmung-Grundlagen und Praxis*. Springer Verlag.
- Liesching, e. (2003). Acute applications of noninvasive positive pressure Ventilation. *Chest*, S. 699-713.
- Lorenz, J. (2004). *Ernährungsmedizin: Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Martins De Araujo MT, Viera SB, & Vascques EC. (2000). Heated humidification or face mask to prevent airway dryness during continuous positive airway pressure therapy. *Chest*, S. 117(1):142-7.
- Medicare. (2012). [www.medicare-cpap.de](http://www.medicare-cpap.de). Abgerufen am 21. 09 2012 von Medi Care medizinische Geräte: <http://www.medicare-cpap.de/shop/images/artikel/detail/400474NIV.jpg>
- Meyer, G., Friesacher, H., & Lange, R. (06/05). Atemgaskonditionierung in der Intensivmedizin. In Schwabbauer, *Handbuch der Intensivpflege*.
- Miller, P. T. (9 2008). [www.vtherm.com](http://www.vtherm.com).
- mpö pfm GesmbH - Medizin Produkte Österreich. (2012). *Medizin Produkte mpö - Beatmungstherapie*. Abgerufen am 21. 09 2012 von [www.mpoe.at](http://www.mpoe.at): <http://www.mpoe.at/beatmungstherapie/castar-helm.php>
- Nava, S.; Hill, N. (2009). Non-invasive in acute respiratory failure. *The Lancet*.
- Oczenski, W. (2012). *Atmen - Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik*. Georg Thieme Verlag.
- Orec, R., & al., e. (1997). Mechanisms of bacterial movement in ventilator circuits. *Anaesth and Intensiv care*.
- Primiano FP Jr, Saidel GM, Montague FW Jr, & Kruse KL. (1988). Water vapor and temperature dynamics in the upper airways of normal and CF subjects. *EurRespir J*, S. 1(5):407-14.
- Rathgeber et al. (1995). Wärme- und Feuchtigkeitstauscher zur Klimatisierung der Inspirationsluft intubierter Patienten in der Intensivmedizin. *Anaesthesist*, S. 274-283.



- Rathgeber, J. (2010). Grundlagen der maschinellen Beatmung. Einführung in die Beatmung für Ärzte und Pflegekräfte. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage . Stuttgart, New York: Thieme Verlag.
- Respitek Ltd. (2010). *www.respitek.com.tr*. Abgerufen am 21. 09 2012 von Respitek-CPAP & BiPAP Maskeleri:  
[http://www.respitek.com.tr/en/urunler.asp?id=49&PerforMAX\\_TamYuz\\_Maske\\_si\\_%28NIV\\_ve\\_IV\\_icin\\_adaptorlu%29](http://www.respitek.com.tr/en/urunler.asp?id=49&PerforMAX_TamYuz_Maske_si_%28NIV_ve_IV_icin_adaptorlu%29)
- Restrepo, R., & Walsh, B. (2012). AARC Clinical Practice Guideline Humidification During Invasive and Noninvasive Mechanical Ventilation. *RESPIRATORY CARE*.
- Richards GN, Ungar RG, Berthon- Jones , & Cistulli PA. (1996). Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal airway resistance. *Am J RespCrit Care Med*, S. 154(1): 182-6.
- Rodriguez et.al. (2012). Clinical Review ;Humidifiers during Non-invasive Ventilation, key topics and practical implications. *Crit.care* .
- Rotert, A. (2011). *Anatomie und Pysiologie: Funktionelle Einteilung*. Osnabrück.
- Ruben, D., & Brian, K. (05 2012). AARC Clinical Practice Guideline Humidification During Invasive and Noninvasive. *Respiratory Care*, S. 782-786.
- Schäfer, S., Scheuermann, G., Wagner, R., & Kirsch, F. (2005). *Fachpflege Beatmung. Überwachung und Pflege des beatmeten Patienten. . 4. Auflage* . München, Jena.
- Schäffler, A., & Schmidt, S. (2003). *Medizin und Gesundheit*. München: Urban und Fischer GmbH.
- Scharf, S. *Foto: M850, Aktivbefeucher, Fischer&Paykel*.
- Schönhofer, B., Kuhlen, R., Neumann, P., Westhoff, M., Berndt, C., & Sitter, H. (2008). *Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz - S3-Leitlinie herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag KG.
- Schwabbauer, N. (2004). HME versus Aktivbefeuchtung: Die unendliche Kontroverse. *Intensivpflege*, S. 106-110.

- Schwabbauer, N., & Ammerbuch. (06/05). Atemgaskonditionierung in der Intensivmedizin. In *Meyer, Friesacher, Lange-Handbuch der Intensivpflege*.
- Schwabbauer, N., & Riessen, R. (03 2007). Ventilatorassoziierte Pneumonie und aktive Atemgaskonditionierung: Gibt es einen gesicherten Zusammenhang? *Intensivpflege*.
- Schwegeler, J. (2002). Atmung. In *Der Mensch - Anatomie und Physiologie*. Stuttgart - New York: Thieme.
- Schwegler, J. (2002 ). *Der Mensch-Anatomie,Physiologie*. Georg Thieme Verlag.
- Stiebel, H. (2008). *Operative Intensivmedizin Sicherheiten in der klinischen Praxis*. Stuttgart: Schattbauer GmbH.
- Stolecki, G., Ulrich, L., & Grünewald, M. (2005, 2010). Intensivpflege und Anästhesie. Georg Thieme Verlag KG.
- Trebsdorf , M. (2002). *Biologie, Anatomie Physiologie, 7 Auflage*. Europa-Lehrmittel.
- Tuggey, J., Delmastro, M., & Elliott, M. (2007). The effect of mouth leak and humidification during nasal noninvasive ventilation. *Resp Med*, S. 1874-1879.
- Wenzel, & al., e. (2005). Sterile water is unnecessary in a continuous positive airway pressure convection. *Chest*.
- Wilhelm, W. (2011). *Praxis der Intensivmedizin* . Heidelberg : Springer Medizin Verlag .
- Williams R., Rankin N., Smith T., et al. (1996). Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. *Crite Care Med*.

## 15. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Topographische Gliederung des Respirationstrakts (vgl. Larsen & Ziegenfuß, 2004 ) (vgl. Oczenski, 2012) (vgl. Rotert, 2011) .....	10
Tabelle 2: Maximale Wasserdampf-Aufnahmekapazität (vgl. Fischer&Paykel Healthcare, 2010) .....	15
Tabelle 3: Vorteile der NIV mit aktiver Anfeuchtung (vgl. Fischer&Paykel Healthcare, 2010) .....	29
Tabelle 4: Mund-Nase-Maske.....	30
Tabelle 5: Full-Face-Maske .....	31
Tabelle 6: Helm.....	32
Tabelle 7: Nasen-Maske .....	33

## 16. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel NIV-Gerät (Bipap Vision, Phillips) mit Einschlauchsystem (Koninklijke Philips Electronics N.V., 2004-2012) .....	8
Abbildung 2: Beispiel invasives Beatmungsgerät mit Modus zur NIV (Evita XL, Dräger) mit Doppelschlauchsystem (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2012) .....	8
Abbildung 3 Respirationstrakt (Grunder, 2006) .....	9
Abbildung 4 Alveolen (Gesundheit!, 2012) .....	9
Abbildung 5: Verlauf von Temperatur (°C), absoluter (AF mg/l) und relativer Feuchte (RF%) während der In- und Expiration bei ruhiger Nasenatmung. (Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05).....	12
Abbildung 6: Schleimhaut der Atemwege: Durch die Bewegung der Flimmerhärchen wird Schleim im Respirationstrakt in Richtung Mund (blaue Pfeile) befördert, umso mit dem Hustenstoß (tussive Clearance) heraus transportiert zu werden. (Grunder, 2006) .	13
Abbildung 7: Mukoziläre und Hustenclearance beim Gesunden“ (Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004) .....	14
Abbildung 8: Abb.8 Mukoziläre und Hustenclearance bei COPD“ (Becker, Schönhofer, & Burchardi, 2004) .....	14
Abbildung 9: Isothermische Sättigungsgrenze (Schwabbauer & Ammerbuch, 06/05) ....	16

Abbildung 10: Aktivbefeuchter (Heated Humidifier HH) (Meyer, Friesacher, & Lange, 06/05).....	22
Abbildung 11: Aktiver Atemgasbefeuchter (Fa.Fisher&Paykel) (Scharf, 2012) .....	23

## 17. Eidesstattliche Erklärung

Wir geben hiermit die Erklärung ab, dass wir die Facharbeit mit dem Titel:

### **„ Aktive Atemgasbefeuchtung bei NIV**

#### **- sinnvoll oder überflüssig-?“**

1. selbstständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen **Arbeiten** angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet und
3. keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen haben.

Anschrift:     Stephanie Lorenz  
                  Kanalgasse 3a  
                  49808 Lingen

Susanne Scharf  
Am Brachland 4  
48529 Nordhorn

---

Lingen, den 10.10.2012