

**PHILIPS**

www.philips.com

# *Leckagebeatmung im klinischen und ausserklinischen Setting Funktioniert das wirklich?*

Norbert Erlemeyer/Michael Disque

innovation  you



*Beatmung einfach und sicher machen!*

Norbert Erlemeyer/Michael Disque

innovation  you

Ganz einfach ?





© China Foto Press / Barcroft Medi



# Trilogy Evo – Technische Daten

## Beatmungsmodi

A/C-PC: Assiiert/kontrolliert (druckkontrolliert)

A/C-VC: Assiiert/kontrolliert (volumenkontrolliert)

CPAP: Continuous Positive Airway Pressure (kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck)

PSV: Beatmung mit Druckunterstützung

S/T: Spontane zeitgesteuerte Beatmung

SIMV-PC: Synchronisierte intermittierende Beatmung (druckkontrolliert)

SIMV-VC: Synchronisierte intermittierende Beatmung (volumenkontrolliert)

AVAPS-AE

MPV-PC: Mundstückbeatmung (druckkontrolliert)

MPV-VC: Mundstückbeatmung (volumenkontrolliert)

## Abmessungen und Gewicht

Gewicht	5,2 kg Gerät
	5,8 kg mit herausnehmbarem Akku 6,3 kg mit Sauerstoffmischer und herausnehmbarem Akku
Größe	Ohne Sauerstoffmischer: 16,5 cm x 28,6 cm x 24,5 cm (L x B x H)
	Mit Sauerstoffmischer: 19,3 cm x 28,6 cm x 24,5 cm (L x B x H)

Bildschirmabmessungen 8", 20,32 cm

Schutzart IP22: Schutz gegen Eindringen von fingergroßen Festkörpern und Schutz gegen tropfendes Wasser mit 15 ° Neigung.

## Sauerstoff

Niedriger Durchfluss	0 l/min bis 30 l/min; höchstens 0,69 bar
Hochdruck	2,8 bis 6 bar/280 bis 600 kPa

## Gemessene and angezeigte Patientenparameter

Atemzugvolumen (V <sub>ti</sub> oder V <sub>te</sub> )	0 ml bis 2000 ml
Minutentventilation (MinVent)	0 l/min bis 30 l/min
Leckage	0 l/min bis 200 l/min
Atemfrequenz (AF)	0 bis 90 AZ/min
Maximaler inspiratorischer Atemstrom (PIF)	0 l/min bis 200 l/min
Maximaler Inspirationsdruck (PIP)	0 bis 90 cmH <sub>2</sub> O
Mittlerer Beatmungsdruck	0 bis 90 cmH <sub>2</sub> O
Prozentsatz spontan getriggert Atemzüge (%Spont Trig)	0 bis 100 %
I:E-Verhältnis	9,9:1–1:9,9
Dynamische Compliance (Dyn C)	1 bis 100 ml/cmH <sub>2</sub> O
Dynamischer Widerstand (Dyn R)	5 bis 200 cmH <sub>2</sub> O/l/s
Dynamischer Plateaudruck (Dyn Pplat)	0 bis 90 cmH <sub>2</sub> O
Auto-PEEP (intrinsischer positiver endexpiratorischer Druck)	0 bis 20 cmH <sub>2</sub> O
FiO <sub>2</sub> mit FiO <sub>2</sub> -Sensor	21 % bis 100 %
SpO <sub>2</sub> mit Pulsoximeterzubehör	0 bis 100 %
Pulsfrequenz mit Pulsoximeterzubehör	8 bis 321 Schläge pro Minute.
EtCO <sub>2</sub> mit CO <sub>2</sub> -Zubehör	0 bis 150 mmHg

## Elektrische Daten

Eingangswechselfspannung	100 V–240 V, 50/60 Hz, 1,7–0,6 A
Eingangsgleichspannung	12/24 V 6,5 A
Interne und herausnehmbare Li-Ionenakkus	15 Stunden nominelle Gesamtlaufzeit Je Methode in IEC 80601-2-72 (7,5 Stunden Je Akku)
Ladezeit des herausnehmbaren und internen Akkus	von 0 % bis 80 %: 2,5 Std. von 0 % bis 100 %: 3,5 Std.

## AlarmpFunktionen

Inspirationsdruck	1 bis 90 cmH <sub>2</sub> O
Atemzugvolumen	AUS, 10–2000 ml
Atemminutenvolumen	AUS, 0,2–30 l/min
Atemfrequenz	AUS, 1–90 AZ/min
Diskonnektion	AUS, 5–60 s
Apnoe-Intervall	5–60 s
Kein Trigger	AUS, 0,5–15 min (nur mit MPV)

## Umgebungsbedingungen

Betrieb	Temperatur: 0 °C bis 40 °C
	Relative Luftfeuchtigkeit: 5 % bis 90 % RH, nicht kondensierend Luftdruck: 0,62 bis 1,06 bar/62 bis 106 kPa Einsatzhöhe: -384 bis 3954 m Akkuladetemperatur: 5 °C bis 40 °C
Kurzzeitige Betriebstemperatur	-20 °C bis 50 °C
Lagertemperatur	Temperatur: -25 °C bis 70 °C Relative Luftfeuchtigkeit: 5 % bis 93 % RH, nicht kondensierend

## Einstellmöglichkeiten

AVAPS mit passivem Schlauchsystem	Nur Modi PSV, S/T und A/C-PC
Atemzugvolumen	35–2000 ml bei Zweischlauch- und Aktivschlauchsystemen, 50–2000 ml bei passiven und aktiven PAP-Schlauchsystemen
Atemfrequenz	0–80 AZ/min
PEEP	0–35 cmH <sub>2</sub> O für aktive Schlauchsysteme 3–25 cmH <sub>2</sub> O für passive Schlauchsysteme
EPAP/CPAP	3–25 cm H <sub>2</sub> O
IPAP	3–60 cm H <sub>2</sub> O
Druckunterstützung/ Druckkontrolle	0–60 cm H <sub>2</sub> O
Inspirationszeit	0,3–5,0 s
Anstiegszeit	0–6
Trigger und Cycling	Aus, AutoTrak, Sensitive AutoTrak und Flowtrigger
Flowtrigger-Sensitivität	0,5–9 l/min
Flowzyklus-Empfindlichkeit	10–90 % des Spitzenflusses
Flowmuster	Rechteck, Rampe
FiO <sub>2</sub>	21–100 %
Inspirationszeit min/max	0,3–3,0 s
Backup-Beatmung	EIN – AUS

# Beatmungsmodi

- ASB** Assisted Spontaneous Breathing -- unterstützte Spontanbeatmung, auch **ASV** = Assisted Spontaneous Ventilation
- ASP** Adaptive Support Ventilation -- closed-loop Beatmung, weiter entwicklung von **MMV**
- PSK** Pressure Support Ventilation -- unterstützte Spontanbeatmung, siehe auch **ASB**
- APRV** Airway Pressure Release Ventilation
- CPAP** Continuous Positive Airway Pressure -- kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck
- BIPAP** Biphasic Positive Airway Pressure -- zweiphasische positive Atem-Druckuntersützung
- CPPV** Continuous Positive Pressure Ventilation -- kontinuierliche Überdruckbeatmung
- CMV** Continuous Mandatory Ventilation -- kontinuierliche, vollständig mechanische Ventilation
- PCMV (PCM-V)** Pressure Controlled Mandatory Ventilation -- druckgesteuerte, vollständig mechanische Ventilation
- VCMV (VCM-V)** Volume Controlled Mandatory Ventilation -- volumengesteuerte, vollständig mechanische Ventilation
- PC** Pressure Control -- druckgesteuerte, vollständig mechanische Ventilation
- PCV** Pressure Controlled Ventilation -- druckgesteuerte, vollständig mechanische Ventilation
- VCV** Volume Controlled Ventilation -- volumengesteuerte, vollständig mechanische Ventilation
- S-CPPV** Synchronized Continuous Positive Pressure Ventilation -- synchronisierte kontinuierliche Überdruckbeatmung
- EPAP** Expiratory Positive Airway Pressure -- positiver expiratorischer Atemwegsdruck
- HFPPV** High Frequency Positive Pressure Ventilation -- Hochfrequenzüberdruckbeatmung
- HFOV** High Frequency Oscillatory Ventilation -- Hochfrequenzbeatmung
- HFV** High Frequency Ventilation -- Hochfrequenzbeatmung
- ILV** Independent Lung Ventilation -- seitengetrennte Überdruckbeatmung
- IPAP** Inspiratory Positive Airway Pressure -- positiver inspiratorischer Atemwegsdruck
- IPPV** Intermittend Positive Pressure Ventilation -- intermittierende Überdruckbeatmung
- S-IPPV** Synchronized Intermittend Positive Pressure Ventilation -- synchronisierte intermittierende Überdruckbeatmung
- IRV** Inversed Ratio Ventilation -- Beatmung mit umgekehrten Atemphasen/Zeit-Verhältnis
- LEPPV** Low Frequency Positive Pressure Ventilation -- Niedrigfrequenzüberdruckbeatmung
- MMV** Mandatory Minute Volume -- (vorgegebenes) maschinelles Minutenvolumen
- PEEP** Positive Endexpiratory Pressure -- positiver endexpiratorischer Druck
- PNPV** Positive Negative Pressure Ventilation -- Wechseldruckbeatmung
- (S)IMV**(Synchronized) Intermittent Mandatory Ventilation -- (synchronisierte) intermittierende maschinelle Beatmung
- ZAP** Zero Airway Pressure -- Spontanatmung unter Atmosphärendruck
- PPS** Proportional Pressure Support -- proportionale druckunterstützte Beatmung
- ATC** Automatic Tube Compensation -- Automatische Tubuskompensation

# Schlauchsysteme



Passiv/Leckage



Aktiv-PAP



Doppelschlauch



MPV

# Aktives vs. Passives Schlauchsystem





# Trilogy Evo

## Schlauchsysteme in der S2k-Leitlinie



► Tab.3 Vergleich der verschiedenen Ausatemsysteme.

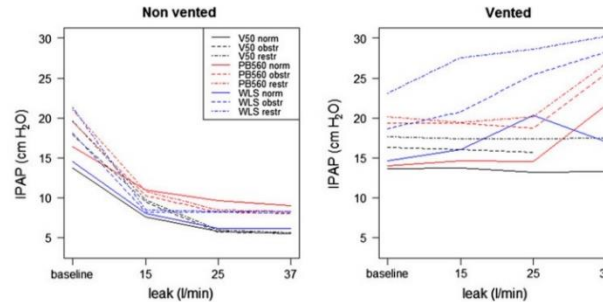
gesteuertes Ventil	offenes System
kann ohne PEEP genutzt werden	benötigt zwingend einen PEEP, daher ggf. Spitzendruck höher
lautes Ausatemgeräusch	leiser
Triggersensitivität geringer	Triggersensitivität besser
zusätzlicher Steuerschlauch als Fehlermöglichkeit	kontinuierlicher Luftfluss aus den Öffnungen mit Irritationspotenzial Auge oder Gesicht
CO <sub>2</sub> -Elimination abhängig vom Tidalvolumen und Totraum	CO <sub>2</sub> -Elimination abhängig von PEEP und Position der Abstromöffnungen
kein Sauerstoffverlust bei der Inspiration durch das Ventil	bei Sauerstoffgabe soll berücksichtigt werden, dass ein erheblicher Anteil des Sauerstoffs ausgewaschen wird.
Hybridmodi nicht möglich	Hybridmodi möglich

Leitlinie – (s. Tabelle 3)

# Aktives vs. Passives Schlauchsystem

## Bei der Sicherung des Zielvolumens - Studienlage

**Fig. 2** Mean value of inspiratory pressure (IPAP) from all ventilators in all mechanics conditions, at baseline and during each level of leak in "non-vented configuration" (*left panel*) and "vented configuration" (*right panel*). Data from the V<sub>50</sub> in the "vented" configuration at leak rate of 37 l/min are missing because of the ventilator's inability to cope with this level of leak



Carlucci, A., et al. (2013). "The configuration of bi-level ventilator circuits may affect compensation for non-intentional leaks during volume-targeted ventilation." *Intensive care medicine* 39(1): 59-65.

- Der Beatmungsdruck bleibt bei unbeabsichtigten Leckagen unter simulierten obstruktiven Bedingungen in einem passiven Schlauchsystem bis zu einer Leckage bis 37l/min stabil oder wird vom Respirator erhöht um das Zielvolumen zu sichern.
- Die gleichen Beatmungsgeräte produzierten klinisch relevante Druckabfälle sowie Einbrüche des Zielvolumens in einem aktiven Schlauchsystem.
- Das Passive Schlauchsystem "wäscht" das Kohlenstoffdioxid Proportional zum Endexpiratorischen Druck und dem Flow im Schlauchsystem aus.
- Minimale Rückatmung im Passiven Schlauchsystem steht im Gegensatz zur vollständigen Auswaschung des Kohlenstoffdioxids im Aktiven Schlauchsystem.

Carlucci, A., et al. (2013). "The configuration of bi-level ventilator circuits may affect compensation for non-intentional leaks during volume-targeted ventilation." *Intensive care medicine* 39(1): 59-65.

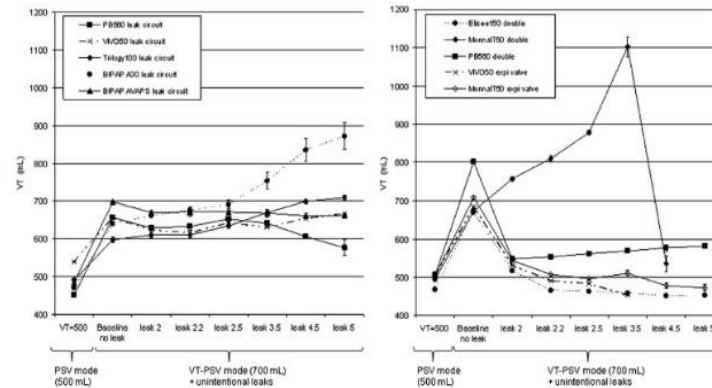
# Aktives vs. Passives Schlauchsystem

## Bei der Sicherung des Zielvolumens - Studienlage

- Die Ergebnisse können auf die verschiedenen Algorithmen zurückgeführt werden die bei der Berechnung in Aktiven oder Passiven Schlauchsystem-Modi angewendet werden.
  - Im aktiven Schlauchsystem wird das Tidalvolumen zu Beginn der Inspiration berechnet, sodass Leckagen als Teil des zugeführten Tidalvolumens angesehen werden
  - Umso größer das Leck, desto größer fällt das berechnete Tidalvolumen aus
- Im Gegensatz dazu wird im passiven Schlauchsystem das Tidalvolumen auf Basis von herstellerspezifischen Algorithmen berechnet.
  - Die Messungen der beabsichtigten und unbeabsichtigten Leckagen erfolgt am Ende der Expiration und werden als Baseline für das erwartete Tidalvolumen mit in die Berechnung miteinbezogen
  - Bei unbeabsichtigten Leckagen bleibt das Tidalvolumen konstant weil der Leckage-Flow vom gesamten Flow abgezogen wird

# Aktives vs. Passives Schlauchsystem

## Leckagekompensation – Zielvolumensicherung - Studienlage



**Figure 3** Variations in tidal volume (VT) during various levels of unintentional leakage. The left panel shows results with bi-level pressure ventilators and intentional leaks and the right panel results with the pressure-support devices and a double-limb circuit or expiratory valve. The VIVO 50 with expiratory valve and the Monnal T50 with double-limb circuit were not able to cope with leaks over 3.5 and 4.5 mm, respectively. Each point represents the mean value of at least 10 stable cycles. Vertical bars represent the standard deviation.

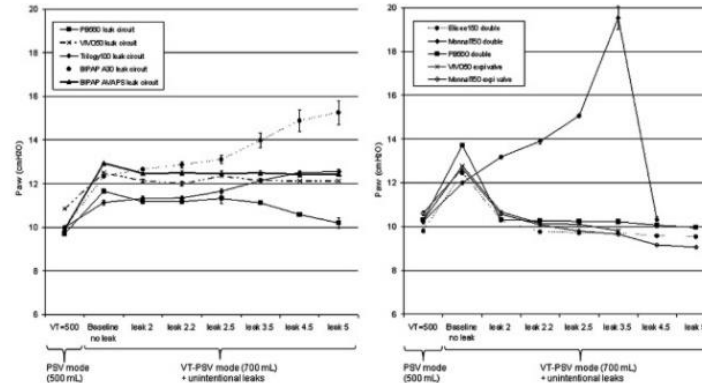
Khirani, S., et al. (2013). "Harms of unintentional leaks during volume targeted pressure support ventilation." *Respiratory medicine* 107(7): 1021-1029.

- Beatmungsgeräte mit Aktivem Schlauchsystem (und Doppel-Schlauchsystem) sind nicht in der Lage das minimal eingestellte Tidalvolumen im einem VT-PSV-Modus beim Auftreten von unbeabsichtigten Leckagen zu sichern.

Khirani, S., et al. (2013). "Harms of unintentional leaks during volume targeted pressure support ventilation." *Respiratory medicine* 107(7): 1021-1029.

# Aktives vs. Passives Schlauchsystem

## Leckagekompensation - Druckstabilität - Studienlage



**Figure 4** Variations in airway pressure (Paw) during various levels of unintentional leakage. The left panel shows results with bi-level pressure ventilators and intentional leaks and the right panel results with the pressure-support devices and a double-limb circuit or expiratory valve. The VIVO 50 with expiratory valve and the Monnal T50 with double-limb circuit were not able to cope with leaks over 3.5 and 4.5 mm, respectively. Each point represents the mean value of at least 10 stable cycles. Vertical bars represent the standard deviation.

Khirani, S., et al. [2013]. "Harms of unintentional leaks during volume targeted pressure support ventilation." *Respiratory medicine* 107(7): 1021-1029.

- Beatmungsgeräte mit einem Passiven Schlauchsystem sind den Beatmungsgeräten mit Doppel-Schlauch- und Aktivem Schlauchsystem bei der Kompensation von unbeabsichtigten Leckagen überlegen

Khirani, S., et al. (2013). "Harms of unintentional leaks during volume targeted pressure support ventilation." *Respiratory medicine* 107(7): 1021-1029.

# Aktives vs. Passives Schlauchsystem

## Leckagekompensation - Druckstabilität - Studienlage

- Das Aktive Schlauchsystem wird nicht empfohlen beim Einsatz von Modi mit Zielvolumen (Zum Beispiel VT-PSV)
- Theoretisch sollten Doppelschlauchsysteme im Vorteil sein, aktuelle Beatmungsgeräte schaffen es jedoch nicht die das Expiratorische Tidalvolumen korrekt zu berechnen und sind daher nicht zuverlässig genug

# Positionspapier zur praktischen Umsetzung der apparativen Differenzialtherapie der akuten respiratorischen Insuffizienz bei COVID-19

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP)

**Kernaussage 3.1:** Offene Systeme bzw. Leckage-Systeme (sog. vented Masken) können die Abgabe von respirablen Partikeln erhöhen. Maskenleckagen spielen bei der Aerosolbildung eine eher untergeordnete Rolle. Geschlossene Systeme (sog. non-vented Masken) mit virendichten Filtern vor dem Expirationssystem sind sicher und führen zu keiner vermehrten Aerosolbildung. Doppel-Schlauchsysteme mit virendichten Filtern im Expirationsschlauch sind in Analogie ebenfalls sicher und führen zu keiner vermehrten Aerosolbildung

[https://pneumologie.de/fileadmin/user\\_upload/COVID-19/20200417\\_DGP\\_app\\_Differenzialtherapie\\_ARI\\_bei\\_COVID-19.pdf](https://pneumologie.de/fileadmin/user_upload/COVID-19/20200417_DGP_app_Differenzialtherapie_ARI_bei_COVID-19.pdf)

# Empfehlung zur Konfiguration von NIV

- Größte Gefahr für die Ansteckung des Personals geht vom hustenden Patienten aus
- Wichtig ist die Dichtigkeit der Maske

Empfehlung zur Konfiguration: Wenn Doppelschlauchsystem nicht möglich/nicht vorhanden dann Passivsystem:

**Maske non vented-Viren/Bakterienfilter( bzw. Kombi mit HME )-Leckagesystem-Schlauch-Gerätefilter-Gerät**



Empfehlung zur Behandlung respiratorischer Komplikationen bei akuter Virusinfektion außerhalb der Intensivstation  
Papier VPK ( Verband pneumologischer Kliniken )

Thomas Voshaar, Dominic Dellweg, Martin Hetzel

[https://www.vpneumo.de/fileadmin/pdf/VPK\\_Empfehlung\\_neu\\_21.03.2020.pdf](https://www.vpneumo.de/fileadmin/pdf/VPK_Empfehlung_neu_21.03.2020.pdf)



# EE vs. SE (mit vs. ohne Ausatemventil)

## EE (mit Ausatemventil)



- Eingebaute gewollte Leckage zur Möglichkeit des Auswaschens von CO<sub>2</sub>
- Standard-Maske in den Versorgungslösungen der Schlaftherapie
- Wird auch für die Bi-Level-Therapie genutzt: Optimale Synchronität von Maschine und Patient sowie hoher Komfort

## SE (ohne Ausatemventil)



- Blaues „Kniegelenk“ ohne Leckage
- Muss mit einem Einschlauch-System (Whisper Swivel II oder Ventil) oder einem Zweischlauch-System verbunden werden
- Typische Anwendung bei der Therapie von neuromuskulären Patienten

## Helm oder Maske?

- Einsatz wenn Maske nicht toleriert wird
- Bei hohen CPAP Drücken
- **Aber.....**
- Schwieriges Set Up ( Hoher Flow, richtige Maschine...)
- Klaustrophobie?
- Totraum Ventilation



## ➤ Passiv/Leckage

- “ • **not inferior** to the use of the active circuit in assuring a good correction of respiratory gas exchange and in maintaining a similar profile of **safety**. Moreover, the passive circuit seemed to be related to a **significantly lower number of technical problems**
- during volume-targeted pressure control mode, in the presence of **non-intentional leaks**, the **active circuit fails** to maintain the target volume, which shows a clinically relevant fall in inspiratory pressure, whereas the **passive circuit is able to guarantee this volume**, even in **cases of very high leaks**.
- **no differences** in the incidence of **tracheostomy tube occlusions** or other **acute respiratory complications**. This extremely important finding indicated that, despite the presence of an intentional leak in the passive circuit, a variable loss of active humidification **did not compromise the clinical safety** of these subjects. ”

# Studie: Passive Versus Active Circuit During Invasive Mechanical Ventilation in Subjects With Amyotrophic Lateral Sclerosis

**Autoren:** Elisa De Mattia, Elisa Falcier, Andrea Lizio, Christian Lunetta, Valeria A Sansone, Nicola Barbarito, Barbara Garabelli, Marino Iatomasi, Elisabetta Roma, Fabrizio Rao and Annalisa Carlucci

Veröffentlicht in: Respiratory Care September 2018, 63 (9) 1132-1138; DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.05866>

**Hintergrund:** Bis vor kurzem galt es als unerlässlich, ein Doppel-Schlauchsystem bei Patienten mit amyotropher Lateralsklerose (ALS) zu nutzen, um die Rückatmung der ausgeatmeten Luft während der invasiven mechanischen Beatmung zu vermeiden. Derzeit können lebenserhaltende Heimbeatmungsgeräte mit einem einzigen, leichteren Schlauch arbeiten, der einfacher zu handhaben ist. Unser Ziel war es, die Wirksamkeit und Sicherheit eines Ein-Schlauchsystems mit beabsichtigter Leckage (passives Schlauchsystem) im Vergleich zu einem Schlauchsystem mit Ausatemventil (aktiver Schlauchsystem) bei Patienten mit ALS, die eine invasive Heimbeatmung nutzen, zu bewerten.

**Methoden:** Wir haben eine retrospektive Single-Center-Studie durchgeführt. Die eingeschlossenen Probanden wurden je nach Art der Ausatemöffnung in zwei Gruppen eingeteilt. Ziel der Studie war es, arterielle Blutgase zu vergleichen; nächtliche Sauerstoffsättigung; und das Auftreten unerwünschter Ereignisse, sowohl klinischer als auch technischer Ereignisse. Außerdem haben wir die Sterblichkeitsrate und ungeplante Krankenhauseinweisungen verglichen, die innerhalb eines Jahres nach der Entlassung aus dem Krankenhaus stattfanden.

## **Ergebnisse:**

Dreißig Probanden wurden in unsere Studie einbezogen: 23 Personen, die ein passives Schlauchsystem verwendet haben, und 7 Personen, die ein aktives Ausatemventil verwendeten. Es wurde kein signifikanter Unterschied beim nächtlichen und täglichen Gasaustausch festgestellt. Die Inzidenz unerwünschter Ereignisse war in der Gruppe der Schlauchsysteme mit aktivem Ausatemventil signifikant höher (85% bei aktiven Ventilen gegenüber 30% bei passiven Systemen,  $P < 0,001$ ). Durch Aufteilung der unerwünschten Ereignisse in zwei Kategorien (klinisch und technisch) waren die technischen Ereignisse in der Gruppe der aktiven Systeme jedoch deutlich häufiger. Keines dieser Ereignisse führte zum Krankenhausaufenthalt oder zum Tod.

## **Schlussfolgerung:**

Das passive Schlauchsystem erwies sich bei den Patienten mit amyotropher Lateralsklerose als ebenso wirksam und sicher wie das Schlauchsystem mit aktivem Ausatemventil bei der invasiven Beatmung zu Hause. Eine zukünftige randomisierte kontrollierte Studie ist notwendig, um diese Ergebnisse zu bestätigen und die Indikationen auf andere Pathologien auszudehnen.

ICH KAPIER  
ES NICHT !!

DAS MUSSTE DOCH  
"PLUG AND PLAY"  
FUNKTIONIEREN...



