

# CARESCAPE R860

## Leitfaden Funktionen zur Lungenprotektion



# Inhalt

<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
Umfang des Leitfadens .....	3
Struktur des Leitfadens.....	3
<b>Verfahrensschritte zur INview-Messung</b> .....	<b>4</b>
Vorbereitung.....	4
Auswertung.....	4
Messungen .....	4
<b>Valide INview-Messergebnisse erzielen</b> .....	<b>5</b>
Gewährleistung genauer Messungen mit dem COVX Gasmodul .....	5
Feuchtigkeitsregulierung im Patientenschlauchsystem.....	5
Bias Flow Verdünnungseffekt.....	6
Undichte Stellen im Schlauchsystem verhindern .....	6
Stabilität des Patienten sicherstellen.....	7
<b>Starten und Auswerten von INview-Messungen</b> .....	<b>8</b>
Registerkarte FRC INview: .....	9
PEEP INview.....	10
Lung INview .....	10
<b>Ablauf der INview-Verfahren</b> .....	<b>11</b>
<b>Theorie der FRC/EELV-Messungen</b> .....	<b>12</b>
Verdünnungstechnik.....	12
FRC/EELV-Messphasen .....	13
FRC/EELV-Berechnungsgleichungen.....	14
Schritt 1: Bestimmen des Alveolarvolumens .....	14
Schritte 3 und 5: Durchführen des „Wash-in“/„Wash-out“ und der FRC/EELV-Berechnung .....	14
FRC/EELV-Messbeispiele .....	15

## Umfang des Leitfadens

Dieser Leitfaden umfasst die folgenden klinischen Werkzeuge, die optional im CARESCAPE R860 enthalten sind:

- FRC INview zur Bestimmung der FRC / des EELV eines beatmeten Patienten\*
- PEEP INview zur sequentiellen Messung der FRC / des EELV bei variierenden Niveaus von ansteigenden oder absteigenden PEEP
- Lung INview ein PEEP INview-Verfahren kombiniert mit Daten aus SpiroDynamics.

\* Die funktionelle Residualkapazität (FRC) wird an nicht-beatmeten Patienten gemessen. Bei beatmeten Patienten mit erhöhtem PEEP wird der Parameter als End expiratorisches Lungenvolumen (EELV) definiert. In diesem Leitfaden wird der Einfachheit halber der Begriff FRC anstelle von EELV verwendet.

## Struktur des Leitfadens

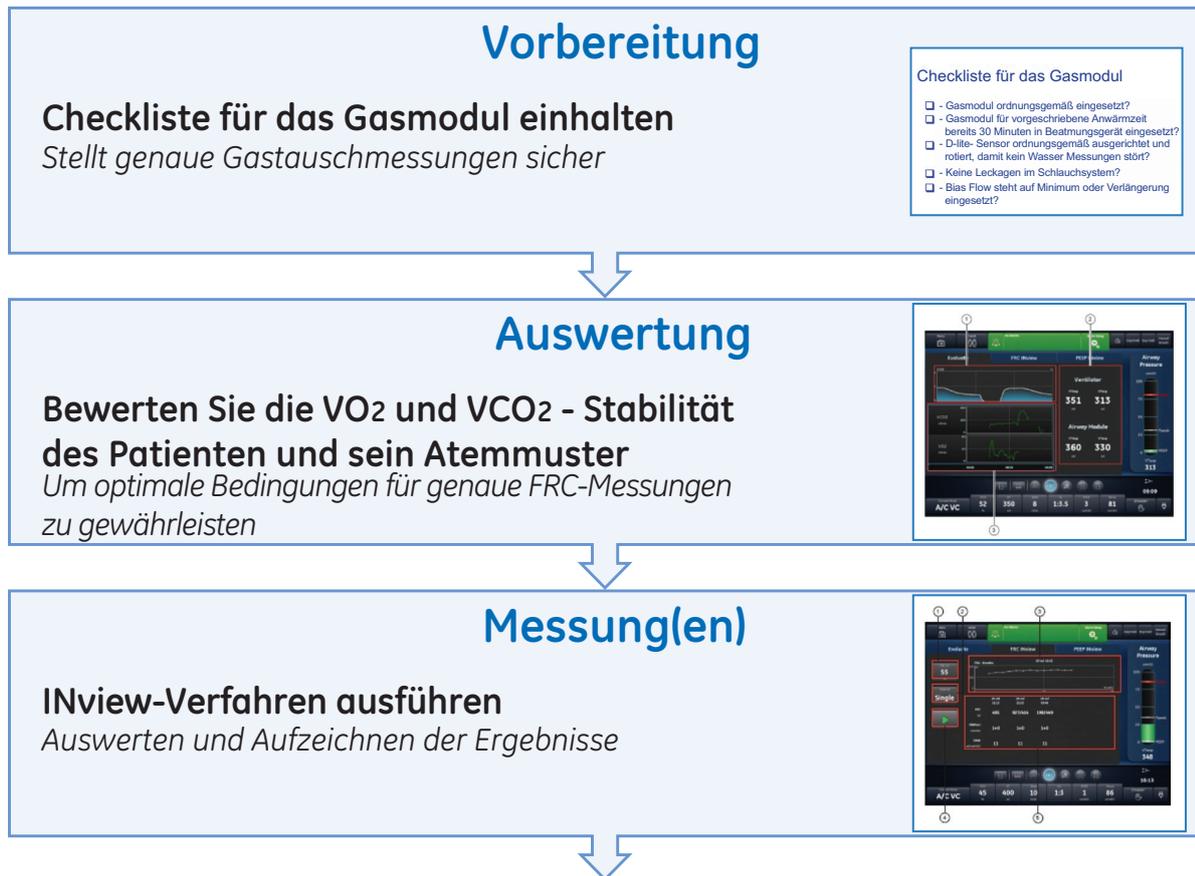
Dieser Leitfaden enthält folgende Struktur, um Sie bei den Messungen am Krankenbett anzuleiten und Ihnen datengestützte und patientenspezifische Strategien zur Lungenprotektion, Alveolenöffnung und optimalen Beatmung an die Hand zu geben.

- Kapitel 1: Übersicht zum Ablauf des FRC-Verfahrens  
Eine Übersicht über den optimalen Ablauf und erfolgversprechende Techniken am Krankenbett
- Kapitel 2: Schritte zur Gewährleistung korrekter FRC-Ergebnisse,  
Detaillierte Empfehlungen und Checklisten zur Durchführung einer artefaktfreien und gültigen INview Messung
- Kapitel 3: Auswertung der Ergebnisse  
Anleitung zur Benutzung der verschiedenen klinischen Entscheidungshilfen und -anzeigen und zur technischen Interpretation der verschiedenen INview-Messergebnisse
- Kapitel 4: Theorie der FRC-Messungen  
Ausführliche Theorie und Technologie der INview FRC-Messungen mittels CARESCAPE R860

# Verfahrensschritte zur INview-Messung

Eine gültige und genaue FRCINview-Messung oder Messserien (PEEP oder Lung INview) erfordern sowohl valide und genaue Gasaustauschmessungen mittels dem installierten CARESCAPE R860 Atemgasmodul als auch einen metabolisch stabilen Patientenzustand.

Die Software des Beatmungsgerätes und die Benutzeroberfläche bieten spezielle Anzeigen zur Hilfe bei der Nutzung der INview-Messungen am Krankenbett.



Grafik 1: Ablaufdiagramm der INview-Messung

## Vorbereitung

Dieser Schritt stellt sicher, dass das Beatmungsgerät mit dem Modul vorbereitet ist und über die zugehörigen Anschlüsse und Zubehörteile verbunden ist. So lassen sich Artefakte vermeiden und gültige Gasaustauschmessungen erzeugen.

## Auswertung

Dieser Schritt stellt sicher, dass der Patientenzustand, das heißt seine VO<sub>2</sub>- und VCO<sub>2</sub>-Stabilität, und das Beatmungsgerät für eine INview-Messung geeignet sind.

## Messungen

Dieser Schritt erläutert die Einstellung und Ausführung von INview-Messungen sowie die technische Auswertung der Ergebnisse.

# Gültige INview-Messergebnisse erzielen

## Gewährleistung genauer Messungen mit dem COVX-Gasmodul

Stellen Sie zunächst sicher, dass das Gasmodul eine gültige Kalibrierung besitzt. Setzen Sie das Modul ein und warten Sie ca. 30 Minuten, bevor Sie mit den INview-Messungen beginnen.

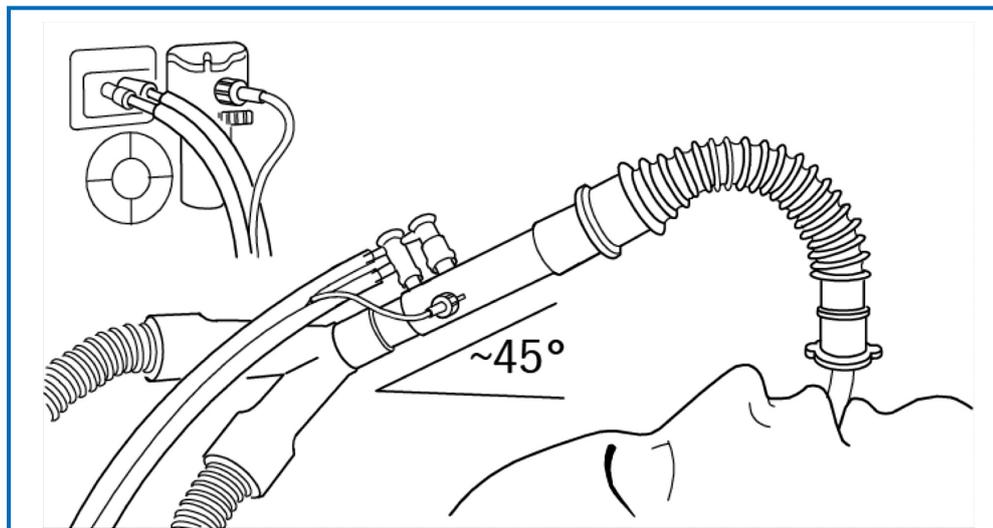
## Feuchtigkeitsregulierung im Patientenschlauchsystem

Wenn eine aktive Befeuchtung anstelle eines HME(F)-Filters (Wärme- und Feuchtigkeitstauscher) verwendet wird, achten Sie besonders darauf, dass der D-lite-Sensor und die Messgasleitungen frei von Kondensat sind. Kondensat in den Messgasleitungen kann die Fluss-/Volumenmessungen und/oder die Messung der Gaszusammensetzung beeinträchtigen.

*Bei Beatmung mit (erwärmter) aktiver Befeuchtung wird die Benutzung von D-lite (+) und Pedi-lite(+) empfohlen.*

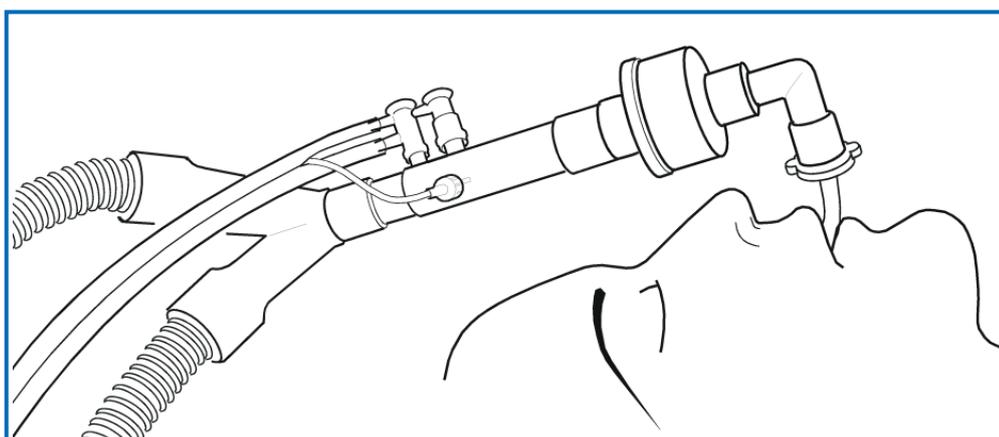
*D-lite (+) und Pedi-lite(+)-Sensoren haben eine wasserabweisende Beschichtung, die ein mögliches Kondensat an ihrer Innenfläche abweisen und dadurch den Eintritt in die Messgasleitungen verringern.*

Wenn eine (erwärmte) aktive Befeuchtung verwendet wird, stellen Sie sicher, dass sich die Messgasleitungen oben befinden und dass der D-lite (+) oder Pedi-lite (+)-Sensor in einem 20 bis 45 Grad Winkel platziert ist. So verringern Sie die Wahrscheinlichkeit, dass Kondensat in die Messgasleitungen eintritt und die Messungen beeinträchtigt.



Grafik 2: Einfluss von Feuchtigkeit auf die Atemgase reduzieren

Kondensat und Tröpfchen in den Messgasleitungen können plötzliche und große Ungenauigkeiten und Abweichungen, insbesondere bei Volumenmessungen, erzeugen und sind deshalb relativ einfach zu erkennen. Bei Verwendung eines HME-Filters (Wärme- und Feuchtigkeitstauscher) stellen Sie sicher, dass dieser zwischen dem D-lite-Sensor und dem Patienten eingesetzt wird.

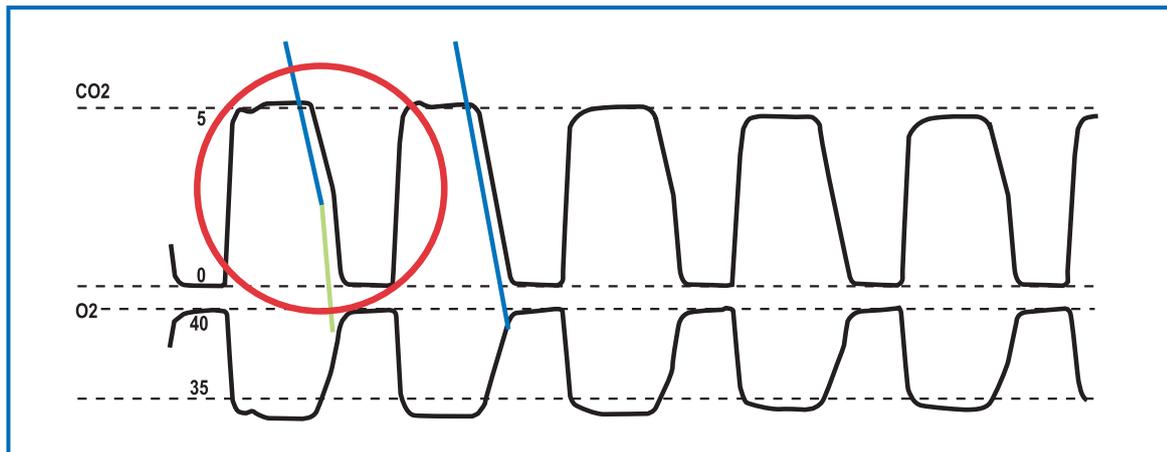


Grafik 3: Korrekte Positionierung eines HME(F)-Filters

## Bias Flow-Verdünnungseffekt

CARESCAPE R860 sorgt für einen kontinuierlichen Flow im Patientenschlauchsystem zur Begünstigung von Triggerungen und Antwortlatenzen. Dieser Basisflow kann die Gasmessungen beeinträchtigen, indem Patientenatemluft und Frischluft bei langen Ausatemphasen vermischt werden. Dieser Zustand kann durch die Beobachtung der CO<sub>2</sub>-Kurvenform verfolgt werden.

Ein weiterer Hinweis für das Einwirken dieses Effekt kann aus der Beobachtung der Flusskurve des Patienten gewonnen werden. Zeiträume ohne jeglichen Flow am Ende der Ausatmung können ein Hinweis auf diesen Verdünnungseffekt sein.

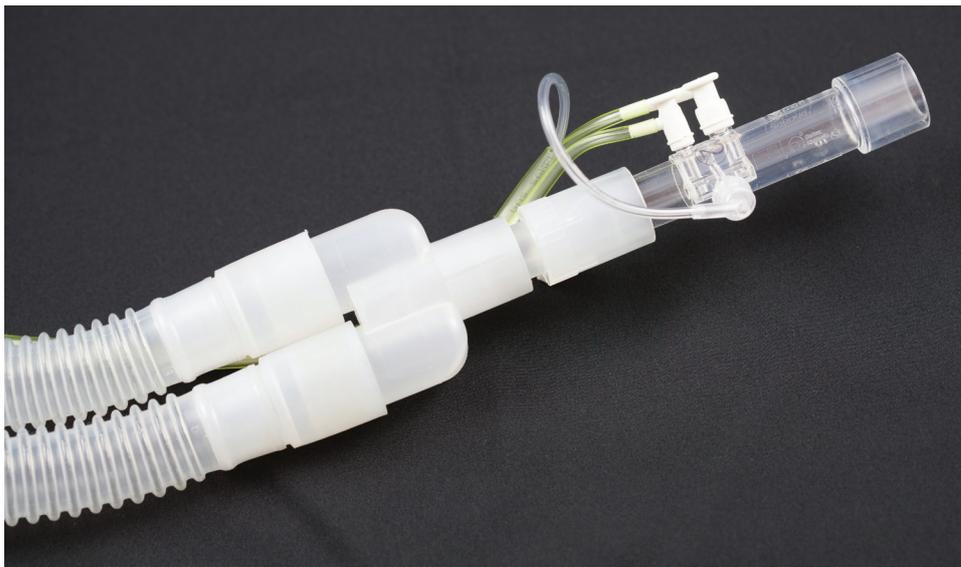


Grafik 4: Vom Bias Flow beeinträchtigte CO<sub>2</sub>-Kurvenform

Dieses Beispiel zeigt den Effekt eines hohen Bias-Flow:

- Doppelte (oder veränderte) Neigung in der CO<sub>2</sub>-Kurve zu Beginn der Einatmung.

Um diesen Verdünnungseffekt zu minimieren, reduzieren Sie, sofern klinisch vertretbar, die Bias Flow-Einstellung oder fügen Sie eine Verlängerung oder einen Adapter mit ca. 5ml Totraum zwischen dem „Y“-Stück und dem D-lite-Sensor ein, sofern sich diese Totraumerhöhung nicht negativ auf die Patientenbeatmung auswirkt.



## Undichte Stellen im Schlauchsystem verhindern

Im Patientenschlauchsystem oder um den Tubus herum dürfen sich keine undichten Stellen befinden. Andernfalls wird das Messergebnis beeinträchtigt.

## Stabilität des Patienten sicherstellen

Genauere Messergebnisse sind nur möglich, wenn sich der Patient in einem stabilen Zustand mit stabiler Beatmung befindet.

Verwenden Sie die spezielle Messbedingungen-Registerkarte in der FRC-Ansicht, um eine schnelle Übersicht zum relevanten Patientenzustand zu erhalten, bevor Sie eine FRC-Messung vornehmen:



Grafik 5: Messbedingungen-Registerkarte in der FRC-Ansicht

Die hier angezeigten Daten unterstützen Sie bei der Statusbeurteilung, bevor Sie mit der Messung fortfahren. So gewährleisten Sie optimale Bedingungen für ein gültiges INview-Verfahren.

Es gibt folgende Elemente:

1. 1-Stundentrend für VCO<sub>2</sub> und VO<sub>2</sub>. Diese Grafik hilft Ihnen sicherzustellen, dass sich der Patient in einem stabilen Zustand befindet. Sie sollten mit dem Verfahren erst beginnen, wenn die VCO<sub>2</sub>- und VO<sub>2</sub>-Werte des Patienten mindestens 10 Minuten lang stabil waren, vorzugsweise länger.
2. CO<sub>2</sub>-Kurvenform. Diese Kurvenform zeigt die Stabilität des Atemmusters an. Beginnen Sie nicht mit dem INview-Verfahren, wenn die Kurvenform ungleichmäßig ist, da dies eine Abweichung des Tidalvolumens anzeigen könnte.
3. Messungen des Tidalvolumen über das Atemgasmodul und den Ventilator. Diese Informationen unterstützen Sie dabei, die Gültigkeit der proximalen Flow- und Volumendaten zu bewerten. Sollten sich hier große Diskrepanzen zeigen, überprüfen Sie den D-lite-Sensor und die Messgasleitungen auf Feuchtigkeit.

# Starten und Auswerten von INview-Messungen

Die FRC INview-Messungen werden wie folgt auf den 2 weiteren Registerkarten der FRC-Ansicht durchgeführt und ausgewertet:

Registerkarte FRC INview: Durchführen und Auswerten einzelner FRC-Messungen (oder Wiederholungsserien).

Registerkarte PEEP INview : Durchführen und Auswerten von FRC-Messungen während eines PEEP-Trial. Das Beatmungsgerät ändert dabei automatisch den voreingestellten PEEP zwischen Start- und Endwert in bis zu 5 Schritten. Der PEEP-Trial kann auf- oder absteigend verlaufen.

## Registerkarte FRC INview:

Hier können Sie eine einzelne FRC INview-Messung oder eine Messserie durchführen. Folgende Elemente stehen zur Beobachtung und Bewertung des Verfahrens zur Verfügung:

FRC-Skala: Diese Skala stellt eine Zusammenfassung der Einzelatemzug-FRC-Daten dar (siehe den Abschnitt Theorie der FRC-Messungen) und zeigt das Muster für das „Wash-in“/„Wash-out“ des Stickstoffs in der Lunge an. Lungen mit kurzer Zeitkonstante (z. B. eine gesunde Lunge) zeigen eine Kurve, die den FRC-Endwert schnell erreicht. Hingegen weisen Lungen oder Lungenbereiche mit langen Zeitkonstanten Kurven auf, die den FRC-Endwert nur langsam erreichen. Das Ausbalancieren des neuen  $N_2$ -Werts in der Lunge benötigt mehr Zeit.

Am Ende des FRC-Verfahrens führt das Beatmungsgerät automatisch eine Inspirationspause aus, um die statische Compliance der Lunge zu diesem Zeitpunkt zu berechnen und darzustellen.

Die FRC INview-Messungen bestehen aus 2 symmetrischen FRC-Messungen. Die erste findet statt, sobald  $FiO_2$  von der klinischen Einstellung zur FRC- $O_2$ -Einstellung wechselt und die zweite, sobald  $FiO_2$  zur klinischen  $FiO_2$ -Einstellung zurückkehrt.

Die Software des Beatmungsgeräts zeigt anfänglich beide Messungen und die verbundenen FRC-Kurven an. Während einer Folgemessung werden die numerischen FRC-Werte und -Kurven gemittelt, vorausgesetzt, dass sie nicht mehr als 20% voneinander abweichen.

Ungemittelte Ergebnisse (aufgrund einer Abweichung von mehr als 20%) zeigen an, dass die Atemmuster des Patienten und/oder  $VO_2$  und  $VCO_2$  während und vor Beginn des FRC-Verfahrens variierten. Es empfiehlt sich, das Verfahren zu wiederholen, wenn die Stabilität des Patienten sichergestellt ist.

Am Ende des FRC INview-Verfahrens führt das System automatisch eine Inspirationspause zur Messung der statischen Compliance aus.



## PEEP INview

Vor Beginn eines PEEP INview-Verfahrens stellen Sie den PEEP-Start, das PEEP-Ende und die Anzahl der Schritte ein. Mit diesen Einstellungen definieren Sie einen absteigende PEEP-Trial (PEEP-Start > PEEP-Ende) oder einen aufsteigende PEEP-Trial (PEEP-Start < PEEP-Ende).

Jeweils nach dem Erreichen eines PEEP-Levels wartet das Verfahren die Ausbalancierung ab, bevor die FRC auf dem jeweiligen PEEP-Level gemessen wird. Diese Zeitspanne beträgt standardmäßig 10 Minuten, lässt sich aber über die Niveaudauer ändern. Beachten Sie bitte, dass eine längere Niveaudauer auch ein längeres Gesamtverfahren zur Folge hat.

Verwenden Sie das Messbedingungs-Register mit dem  $VO_2$ - und  $VCO_2$ -Trend, um eine angemessene Niveaudauer zu bestimmen.

Die geschätzte (ungefähre) Zeit für das Verfahren (Anzahl der PEEP-Schritte und Niveaudauer) wird angezeigt und ermöglicht eine angemessene Pflegeplanung. Wenn Sie während des aktiven Verfahrens die Einstellungen des Beatmungsgeräts ändern, wird das Verfahren abgebrochen.

Die Registerkarte PEEP INview zeigt die Ergebnisse sowohl grafisch als auch numerisch an.



## Lung INview

Ist ein intratrachealer Drucksensor (SpiroDynamics-Katheter) während des PEEP INview-Verfahrens eingesetzt, können FRC- und SpiroDynamics-Daten kombiniert und zusätzliche Informationen über das Lungenvolumen eingeholt werden: Das Volumen wird bei gleichem Drucklevel verglichen, das heißt unter dem Druck der dynamischen Tidalbefüllung sowie beim PEEP-Verfahren in den einzelnen PEEP-Stufen.



# Ablauf der INview-Verfahren

Schritt	Vorgehen
Stabilität Atemgasmodul	<ul style="list-style-type: none"><li>• Setzen Sie das Gasmodul mindestens 30 Minuten vor dem Verfahren ein, um eine angemessene Anwärmzeit sicherzustellen</li><li>• Befolgen Sie die empfohlenen Kalibrierungsintervalle und vergewissern Sie sich, dass das Modul ordnungsgemäß kalibriert ist.</li></ul>
D-lite-Sensor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Setzen Sie entsprechend einen D-lite oder Pedi-lite-Sensor ein</li><li>• Platzieren Sie den Sensor in einem angemessenen Winkel, um den Eintritt von Kondensat in die Messgasleitung zu verhindern</li><li>• Vergleichen Sie die tidalen Einatmungs- und Ausatmungsvolumen, um sicherzustellen, dass die D-lite Messleitungen frei von Kondensat sind (Register Messbedingungen).</li></ul>
Leckagen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vergleichen Sie die tidalen Einatmungs- und Ausatmungsvolumen (Auswertungsregister), um sicherzustellen, dass keine Leckagen im Schlauch oder Tubus sind</li></ul>
Bias Flow	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wenn möglich, stellen Sie den Bias Flow auf den Minimalwert ein</li><li>• Alternativ setzen Sie eine 5 ml Verlängerung zwischen D-lite Sensor und Patienten Y-Stück ein</li></ul>
Patientenstabilität	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beobachten Sie die Trends für <math>VO_2</math> und <math>VCO_2</math>, um sicherzustellen, dass diese in den letzten 20 bis 30 Minuten stabil geblieben sind.</li></ul>
Stabilität des Atemmusters	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beobachten Sie die <math>CO_2</math> Kurvenform, um sicherzustellen, dass der Patient ruhig und in einem sich wiederholenden Muster atmet.</li></ul>

# Theorie der FRC-Messungen

FRC-Messungen werden in Lungenfunktionslabors routinemäßig und häufig an Patienten vorgenommen. FRC-Messungen am beatmeten Patienten am Krankenbett sind jedoch nicht einfach und nicht allgemein verfügbar.

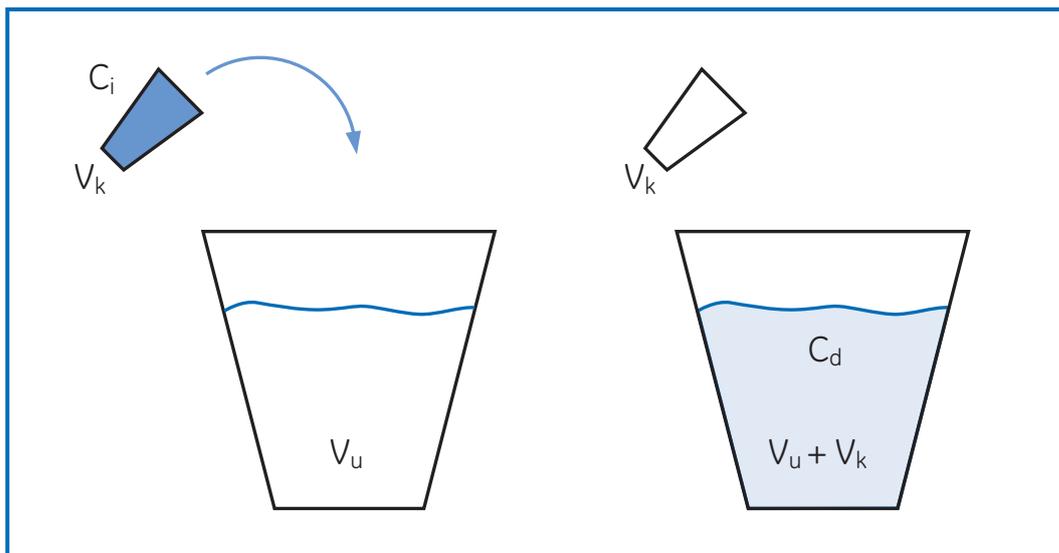
CARESCAPE R860 führt FRC-Messungen auf Grundlage der geänderten Stickstoffkonzentration ( $N_2$ ) am Tubus durch (modifizierte Stickstoffverdünnungsmethode). Die Konzentration des eingeatmeten  $N_2$  wird durch eine Änderung der zugeführten  $FiO_2$ -Konzentration verändert.

Hinweis: Der gemessene Parameter dieser Methode wird gemeinhin als FRC bezeichnet. Da die Messung normalerweise bei erhöhtem PEEP an einem beatmeten Patienten stattfindet, ist der korrekte Begriff EELV (Endexpiratorisches Lungenvolumen).

## Verdünnungstechnik

Das Prinzip der Verdünnung zur Bestimmung eines Volumens, welches nicht zur Messung zur Verfügung steht, ist bekannt und weit verbreitet. Das Prinzip lässt sich folgendermaßen erklären:

Es gibt ein unbekanntes Volumen, das wir messen möchten, z. B. einen Eimer klares Wasser. Wir können eine bekannte Menge Farbe mit einer bekannten Konzentration einmischen. Sobald die reinen und die verfärbten Flüssigkeiten sich vermischen, wird die Farbe proportional zu den beiden Volumen verdünnt. Mit dem Wissen um die Farbmenge und die anfängliche Farbkonzentration plus der gemessenen verdünnten Farbkonzentration lässt sich das Volumen des Eimers ganz einfach berechnen. Dies zeigt die folgende Grafik:



Grafik 6: Veranschaulichung der Verdünnungsmethode

$V_k$  ist die bekannte Farbmenge, die wir zur Bemessung des unbekanntes Eimervolumens verwenden

$V_u$  ist das unbekannte Volumen, das wir messen wollen

$C_i$  ist die ursprüngliche Farbkonzentration

$C_d$  ist die verdünnte Farbkonzentration, von der wir eine Probe entnommen haben, um die Verdünnung zu bestimmen

## Volumenberechnung mit der Verdünnungsmethode

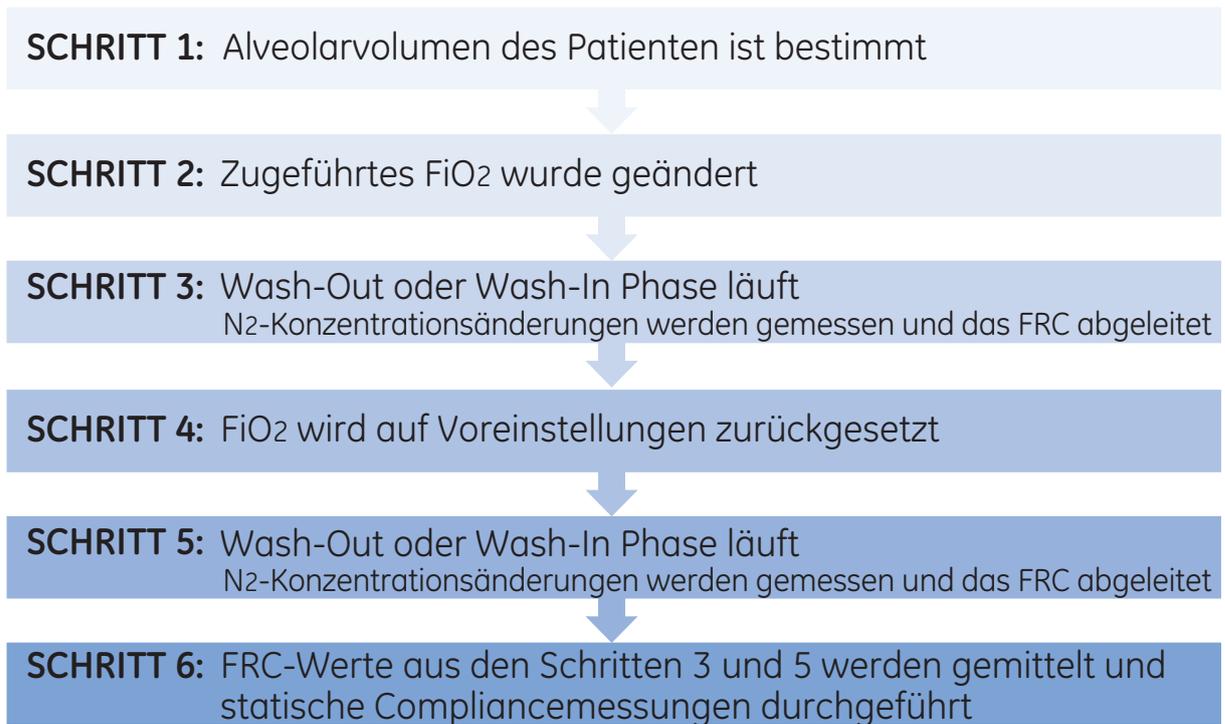
Die Gleichung zur Messung des unbekanntes Volumens lautet:

$$V_u = V_k \frac{C_i}{C_d} - V_k$$

## FRC-Messphasen

Eine typische FRC-Messung mit CARESCAPE R860 führt die verschiedenen Schritte aus dem nachstehenden Flussdiagramm aus:

Grafik 7: Flussdiagramm FRC-Messung



Eine einzelne FRC-Messung besteht tatsächlich aus zwei Messungen, wie aus dem obigen Diagramm zu entnehmen ist. Die erste findet statt, sobald  $\text{FiO}_2$  zur FRC- $\text{FiO}_2$  geändert wurde, und die zweite kurz danach, sobald die  $\text{FiO}_2$  zu ihrer ursprünglichen  $\text{FiO}_2$ -Einstellung zurückgekehrt ist. Daher gibt es 2 asymmetrische Schritte, die „Wash-Out“/„Wash-In“ (wenn  $\text{FiO}_2$  zunächst erhöht wird) oder „Wash-In“/„Wash-Out“ (wenn  $\text{FiO}_2$  zunächst verringert wird) genannt werden. Der endgültig übermittelte FRC-Wert ist der Durchschnitt aus diesen beiden Messwerten, wodurch die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse verbessert wird.

Um Zeit zu sparen, wird bei FRC-Messungen als Teil einer Serie, z. B. während PEEP INview oder Lung INview, nur ein Schritt in jeder PEEP-Einstellung vorgenommen, wobei sich die „Wash-In“-und „Wash-Out“-Phasen abwechseln.

Am Ende dieses Leitfadens finden Sie die Darstellung einer echten FRC-Messung mit CARESCAPE R860 inklusive des Wash-In und Wash-Out von Stickstoff.

## FRC-Berechnungsgleichungen

### Schritt 1: Bestimmen des Alveolarvolumens

Alveolare Einatmungs- und Ausatmungsvolumen werden zuerst durch gemittelte  $VCO_2$  (Kohlendioxidaufnahme), gemittelte  $EtCO_2$  ( $CO_2$  Kohlendioxidkonzentration zum Tidalende) und gemittelte AF (Atemfrequenz) aus einer zehnminütigen Phase vor der  $FiO_2$ -Änderung ermittelt. Die Volumina werden wie folgt berechnet:

$$V_t^{alv(E)} = \frac{\overline{VCO_2}}{\overline{EtCO_2} * \overline{RR}} \quad [\text{Gl. 1}] \text{ Alveoläres Ausatmungstidalvolumen}$$

und

$$V_t^{alv(I)} = V_t^{alv(E)} + \frac{\overline{VO_2} - \overline{VCO_2}}{\overline{RR}} \quad [\text{Gl. 2a}] \text{ Alveoläres Einatmungstidalvolumen}$$

Die Verwendung der  $VO_2$ -Messungen in dieser Gleichung [2a] beschränkt die Methode auf niedrige oder gemäßigte  $FiO_2$ -Werte. Diese Beschränkung wird wie folgt durch die ausschließliche Messung des  $VCO_2$  umgangen:

$$V_t^{alv(I)} = V_t^{alv(E)} + \frac{\overline{VCO_2} / 0.8 - \overline{VCO_2}}{\overline{RR}} \quad [\text{Gl. 2b}] \text{ Alveoläres Einatmungstidalvolumen}$$

### Schritte 3 und 5: Durchführen des „Wash-in“/„Wash-out“ und FRC-Berechnung

Das dem Patienten zugeführte  $FiO_2$  wird auf FRC- $FiO_2$  umgestellt, was zu einem gleichmäßigen, aber gegenläufigen Schritt der Stickstoffkonzentration ( $N_2$ ) in der Atemluft führt. Mit dem Wissen um die Alveolarvolumina aus Schritt 1 und durch das Messen des Wechsels der  $N_2$  Stickstoffkonzentration mit jedem einzelnen Atemzug, berechnen wir die FRC.  $N_2$  wird nicht direkt gemessen, sondern als Gasbilanz des gemessenen  $O_2$  und  $CO_2$  berechnet

$$N_2\% = 100\% - CO_2\% - O_2\% \quad [\text{Gl. 4}] \text{ wobei } N_2, O_2, CO_2 \text{ die sofortigen Werte darstellen}$$

Die Stickstoffkonzentration erlaubt Rückschlüsse auf  $ETN_2$  (Stickstoffkonzentration zum Tidalende) und  $FIN_2$  (Stickstofffraktion im Atemgasgemisch) bei jedem Atemzug. Kombiniert mit den Alveolarvolumina aus Schritt 1, lässt sich das tatsächliche  $N_2$ -Volumen wie folgt berechnen:

$$V_E^{N_2} = ETN_2 * V_t^{alv(E)} \quad [\text{Gl. 5}] \text{ } N_2 \text{ - Exspiratorisches Minutenvolumen}$$

$$V_I^{N_2} = FIN_2 * V_t^{alv(I)} \quad [\text{Gl. 6}] \text{ } N_2 \text{ - Inspiratorisches Minutenvolumen}$$

FRC wird mit jedem Atemzug gemessen, da sich die Stickstoffkonzentration in der Lunge nicht in einem einzelnen Atemzug ausbalanciert. Die Gleichung zur FRC-Berechnung ist eine zusammengesetzte Gleichung:

$$(\text{single breath})FRC = \frac{\Delta V^{N_2}}{\Delta ETN_2} \quad [\text{Gl. 7}] \text{ „Alveoläres“ FRC berechnet mit einem Atemzug, wobei}$$

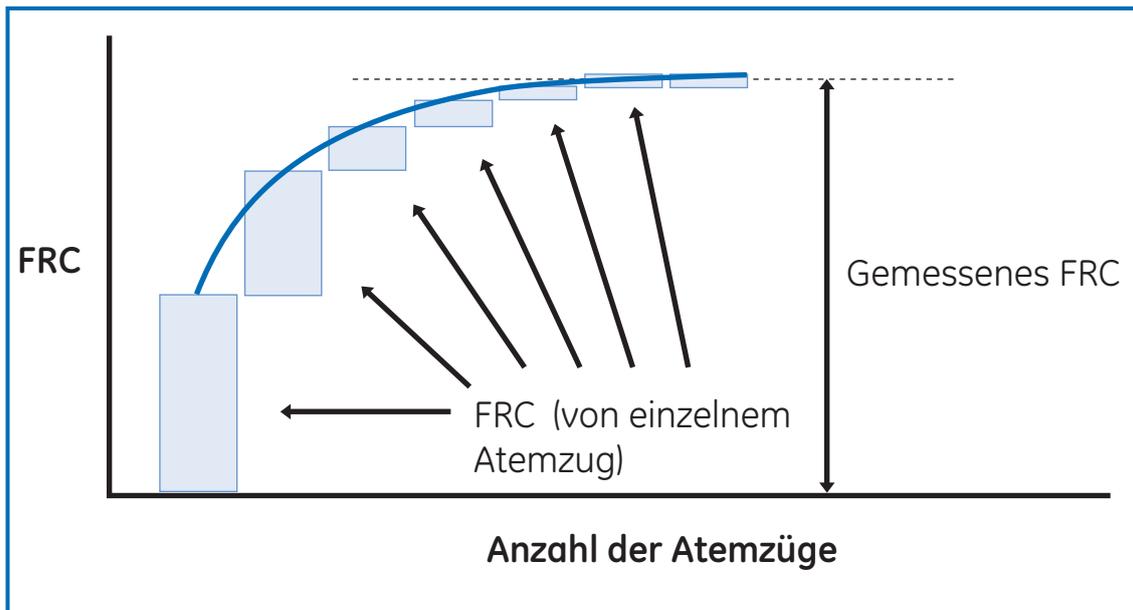
$$\Delta V^{N_2} = V_E^{N_2} - V_I^{N_2} \quad [\text{Gl. 8}] \text{ und}$$

$$\Delta ETN_2 = ETN_2^{baseline} - ETN_2^{(1)} \quad [\text{Gl. 9}] \text{ wobei die Ausgangsbasis der vorherige Atemzug und (1) der gegenwärtige Atemzug ist.}$$

Zur Erlangung der kompletten FRC<sub>alv</sub> summieren wir die (einzelnen Atemzüge) FRCs

$$(\text{total})FRC = \frac{\sum \text{breaths } \Delta V^{N_2}}{ETN_2^{baseline} - ETN_2^{(1)}} \quad [\text{Gl. 10}]$$

Die Atemzüge werden so lange miteinbezogen, bis  $\Delta V^{N_2} > 0$  zu dem Zeitpunkt, zu dem sich die  $N_2$  - Konzentration in den Lungen im Gleichgewicht befindet.



Grafik 8: FRC-Akkumulation bei mehreren Atemzügen und FRC-Kurve

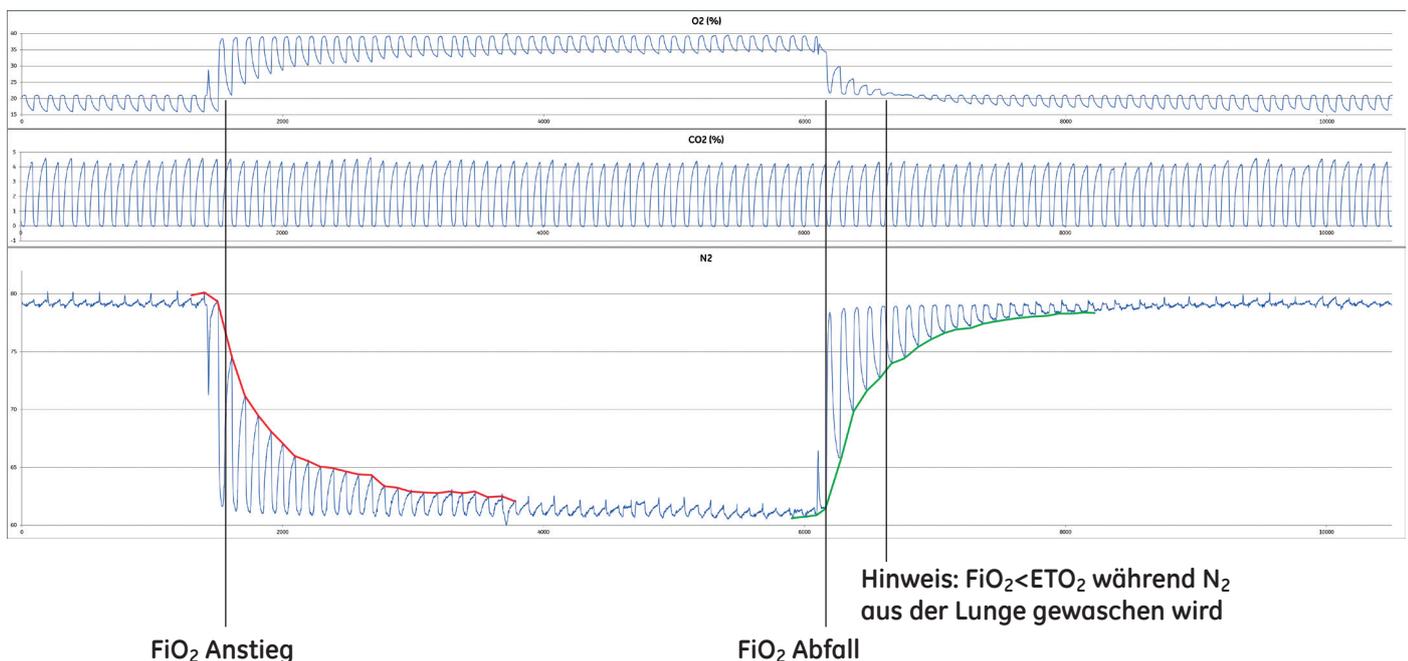
Dieses Schaubild zeigt, wie die Methode mehrere Atemzugsmessungen zusammenfügt. Es verwendet ein FRC-Beispiel für einen Lungenzustand, in dem sieben aufeinander folgende Atemzüge benötigt werden, bis die  $N_2$  Stickstoffkonzentration in allen Lungenbereichen gleich ist.

## FRC-Messbeispiele

Ein gesunder Freiwilliger atmet durch die Maske im CPAP/PS-Modus ohne voreingestellten PEEP bei minimaler Druckunterstützung mit einer  $FiO_2$ -Einstellung von 21%.

FRC  $O_2$  wurde auf 40% gesetzt. Die oberen  $O_2$  und  $CO_2$ -Linien wurden direkt von den Gassensoren aufgezeichnet, während die untere  $N_2$ -Linie als Bilanzgas ermittelt wurde:  $N_2\% = 100 - O_2\% - CO_2\%$

Nach der Erhöhung des  $FiO_2$  von 21% auf 40% können wir deutlich den "Wash-Out," des Stickstoffs über mehrere Atemzüge verfolgen, der letztendlich die FRC-Berechnung ermöglicht. Das Umgekehrte passiert, wenn  $FiO_2$  auf 21% zurückgestellt wird.  $EtCO_2$  bleibt während des Verfahrens relativ konstant.





## Über GE Healthcare

GE Healthcare entwickelt medizintechnische Lösungen und Dienstleistungen, um der Nachfrage nach einem leichteren Zugang zu medizinischen Leistungen, einer verbesserten Qualität der Patientenversorgung und Kostensenkung im Gesundheitswesen weltweit nachzukommen. GE (NYSE: GE (NYSE: GE) arbeitet an Themen, die die Welt bewegen – mit den klügsten Köpfen und den besten Technologien stellen wir uns den schwierigsten Herausforderungen. Von medizinischer Bildung über Software und IT-Patientenüberwachung und Diagnose bis hin zu Wirkstoffentdeckung, biopharmazeutischen Fertigungstechnologien und Lösungen zur Leistungsverbesserung hilft GE Healthcare medizinischen Fachkräften, ihren Patienten eine gute Gesundheitsversorgung zu bieten.

GE Healthcare  
P.O. Box 7550  
Madison, WI 53707-7550  
[www.gehealthcare.com](http://www.gehealthcare.com)

Nicht in allen Märkten kommerziell erhältlich  
Nicht von U.S. FDA freigegeben oder anerkannt

© 2014 General Electric Company – Alle Rechte vorbehalten.

Die General Electric Company behält sich das Recht vor, die genannten Spezifikationen und Funktionen zu einem beliebigen Zeitpunkt und ohne vorherige Ankündigung oder Verpflichtung zu ändern oder die Herstellung des Produkts einzustellen. Aktuelle Informationen erhalten Sie von Ihrem GE-Vertriebsrepräsentanten.

\*Marke der General Electric Company.

Alle anderen in diesem Dokument erwähnten Unternehmens-, Produkt- oder Softwarenamen können Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Unternehmen, Organisationen oder Institutionen sein und werden hiermit anerkannt.

GE Healthcare, ein Geschäftsbereich der General Electric Company.

JB24712US