

### Funktionsweise von Sauerstoff-Sparsystemen und massgebende Einstellungs-Parameter für die Erreichung eines optimalen Therapieerfolgs.

Mobilität ist im Rahmen einer Sauerstoff-Langzeittherapie ein massgebender Faktor. Zur Sicherstellung der mobilen Versorgung mit Sauerstoff stehen verschiedene Typen von portablen Geräten zur Verfügung:

- Portable Flüssigsauerstoff-Geräte
- Portable und transportable Konzentratoren
- Portable Sauerstoff-Druckgasflaschen

#### Gepulster Modus

Um die seine Einsatzzeit (Autonomie) zu maximieren, kann ein portables Sauerstoffgerät im gepulsten Modus betrieben werden. Die *Triggerung* des Geräts löst dabei zu Beginn jeder Einatmung einen Sauerstoffimpuls mit einem *Pulsvolumen* von einigen Millilitern aus.

Wichtig: Im gepulsten Modus entspricht die Einstellungsstufe in der Regel *nicht* der Dosierung in Litern/Minute. Die einzelnen Pulse summieren sich zum sogenannten *Minutenvolumen*, dem Volumen an Sauerstoff, welches innerhalb einer Minute zur Verfügung steht. Je nach Funktionsprinzip und/oder Atemfrequenz kann sich dieses Minutenvolumen von Gerätetyp zu Gerätetyp entscheidend verändern.

#### Funktionsprinzipien

Sparsysteme funktionieren nach einem der beiden folgenden *Funktionsprinzipien*:

- **Konstantes Pulsvolumen**  
Eine Dosierungsstufe entspricht einem bestimmten Pulsvolumen, welches bis zur maximalen Atemfrequenz konstant bleibt. Je höher die Atemfrequenz, desto mehr Sauerstoff wird verbraucht.

$$\text{Minutenvolumen} = \text{Atemfrequenz} \times \text{Pulsvolumen}$$

- **Konstantes Minutenvolumen**

Eine Dosierungsstufe entspricht einem bestimmten Minutenvolumen, welches unabhängig von der Atemfrequenz konstant bleibt. Je tiefer die Atemfrequenz, desto höher das Pulsvolumen. Der Sauerstoffverbrauch ist unabhängig von der Atemfrequenz.

#### Triggerung

Die Triggerung (Detektierung der Einatmung) kann *elektronisch* oder *pneumatisch* erfolgen. Die elektronische Triggerung ist in der Regel sensibler und damit sicherer.

#### Abgabeprofil

Jedes „gepulste“ Gerät verfügt über ein charakteristisches *Abgabeprofil* (flow-curve), einer Darstellung des momentanen Sauerstoff-Durchflusses (Momentanflow) über der Zeitachse. Die schraffierte Fläche unter dem Profil entspricht dabei dem Pulsvolumen (Diagramme 1 und 2).

Das Abgabeprofil wird bestimmt durch die Variation folgender drei Parameter:

- Momentanflow (Pulshöhe  $h_p$  des Abgabeprofils)
- Pulsdauer  $t_p$
- Auslöseverzögerung  $t_i$

#### Leistungsgrenze

Die *Leistungsgrenze* entspricht der maximalen Sauerstoff-Produktionskapazität des Geräts (bei LOX-Geräten ist dies die max. Evaporationskapazität, bei POC die Kapazität von Kompressor und Molekularsieben). Bei Überschreiten der Leistungsgrenze bleibt das Minutenvolumen konstant auf dem möglichen Maximum.

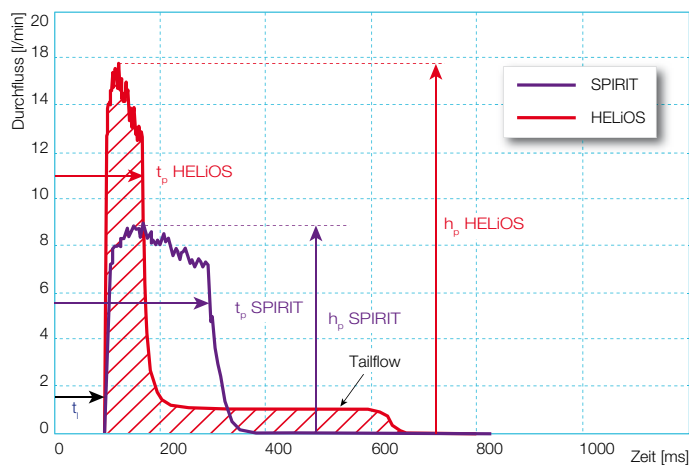


Diagramm 1: Abgabeprofille der Portables SPIRIT und HELIOS (Hersteller Chart)

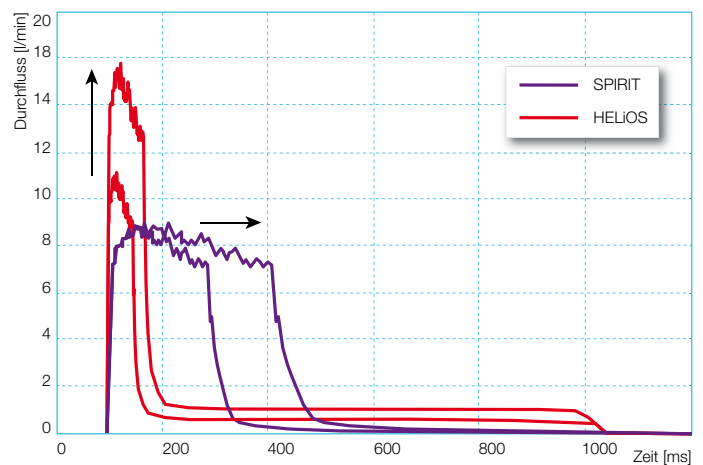
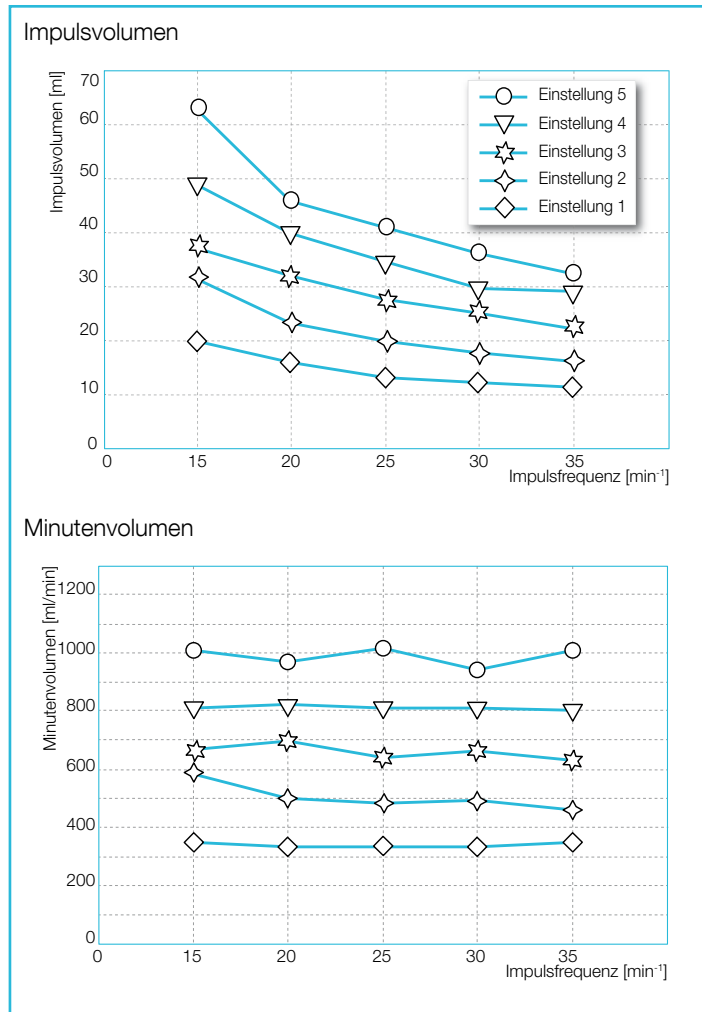


Diagramm 2: Variation der Bolusgrösse und entsprechende Abgabeprofille

## Konstantes Minutenvolumen: Beispiel XPO2



## Konstantes Pulsvolumen: Beispiel FreeStyle 2

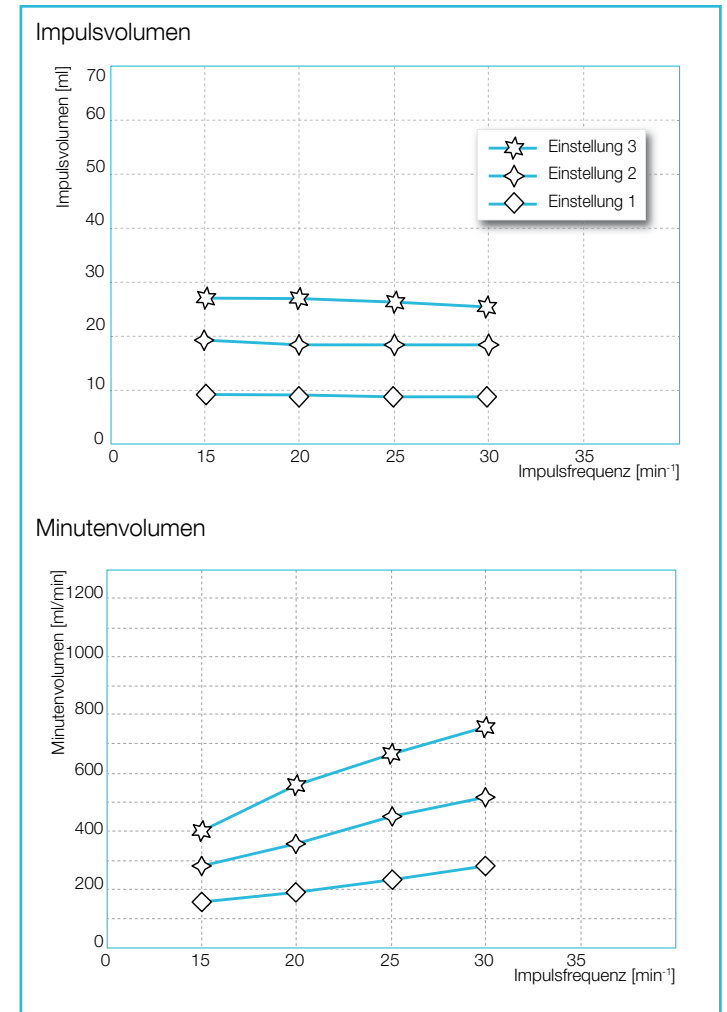


Diagramme 3 bis 6: Vergleich XPO2 und FreeStyle 2 in Puls- und Minutenvolumen

Quelle: Performance comparison of 4 portable oxygen concentrators, Respiratory Care, April 2010 Vol. 55 No. 4

### Zusammenfassung

Die Leistung eines Geräts im gepulsten Modus kann anhand folgender Kriterien verglichen werden:

- Kurze Auslöseverzögerung  $t_i$  ( $< 25$  ms\*)
- Ausreichender maximaler Pulsvolumen ( $> 90$  ml bei Atemfrequenz von 10 BPM\*\*,  $> 30$  ml bei 30 BPM\*), gegeben durch:
  - Momentanflow (Pulshöhe  $h_p$ ), Pulshöhe ausreichend, aber nicht zu hoch  $\rightarrow$  Patientenkomfort!
  - Pulsdauer  $t_p$  derart, dass  $t_i + t_p < \frac{1}{2}$  Einatmungsdauer  $T_i$ , Beispiel: bei 30 BPM und angenommener Einatmungsdauer  $T_i$  von 600 ms, sollte  $t_i + t_p < 300$  ms sein\*
- Gute Auslösesensibilität des Triggers ( $< -0.25$  cmH<sub>2</sub>O\*)
- Ausreichendes maximales Minutenvolumen ( $> 900$  ml/min\*)
- Ausreichender absoluter  $F_{O_2}$  ( $> 90$  %\*)

Diese Leistungswerte müssen auch bei erhöhter Atemfrequenz von 30 BPM oder mehr erreicht werden.

\* Größenangaben zur Orientierung

\*\* Breathes per minute, Atemzüge pro Minute

### Praktische Auswahlkriterien

Für die Praxis wird empfohlen, bei jedem Patienten und jedes Gerät mit gepulstem Modus (LOX-Portable oder POC) einen Test in Ruhe und unter Belastung (z.B. 6 Minuten-Gehtest) durchzuführen, um sicherzustellen, dass in jedem Fall ein  $SpO_2$  ( $SpO_2$ )  $> 90$  % erreicht wird.

Da die Atemfrequenz mit dem Sauerstoffbedarf ansteigt, wird die Dosierung unter Last sicher höher sein. Es muss sichergestellt werden, dass das Gerät auch unter diesen Bedingungen den Anforderungen genügt.

Wenn die Geräteparameter bekannt sind, kann in erster Näherung angenommen werden, dass eine Einstellungsposition im gepulsten Modus der Dosierung im kontinuierlichen Modus entspricht:

- Minutenvolumen =  $T_i / T_{tot} \times$  kontinuierlicher Fluss (l/min)  
Bei konstantem Minutenvolumen kann die entsprechende Position eingestellt werden.  
(Bsp.: 3 l/min und  $T_i / T_{tot} = 1/3$  ergibt 1000 ml/min)
- Pulsvolumen =  $1 / \text{BPM} \times T_i / T_{tot} \times$  kontinuierlicher Fluss (l/min)  
Bei konstantem Impulsvolumen kann die entsprechende Position eingestellt werden.  
(Bsp.: 3 l/min bei 30 BPM und  $T_i / T_{tot} = 1/3$  ergibt 33 ml)

Abschliessende Sicherheit liefert aber erst ein Belastungstest mit dem Patienten, nicht die verordnete kontinuierliche Dosierung.

Ferner zu beachten: Ein Gerät in gepulstem Modus kann nicht verwendet werden mit

- Verlängerungsschlauch
- Atemmasken
- pädiatrischen Sauerstoffbrillen
- Befeuchter