

# Funktionsprinzip elektronischer Gasblender am Beispiel der Sorin-HLM

Frank Sieburg, Senior Produktmanager Herz-Lungen-Maschinen, Dipl.-Ing. Thomas Ziegler, Elektronische Entwicklung, Sorin Group Deutschland GmbH, München

Liebe Leserinnen und Leser,

in der Rubrik Fortbildung stellen wir Ihnen ausgewählte Funktions- oder Messprinzipien von Medizinprodukten aus der Herzchirurgie vor. Für die Vermittlung dieser technischen Basics wenden wir uns an Entwickler und Herstellerfirmen, um Ihnen die Kenntnisse aus erster Hand zu liefern.

Der Redaktion ist es ein großes Anliegen, die Rubrik weiterhin neutral und weitestgehend werbefrei zu gestalten. Aus diesem Grund dürfen Sie erwarten, dass wir Ihnen über den gesamten Zeitraum ein abwechslungsreiches Autorenpektrum bieten und zu den jeweiligen Beiträgen auch Produkte anderer Anbieter erwähnen. Gerne nimmt die Redaktion der KARDIOTECHNIK auch Anregungen und Vorschläge für Beiträge dieser Rubrik entgegen.

Die Redaktion

## ANWENDUNG

Der elektronische Gasblender (kurz: EGB) ermöglicht die präzise Einstellung, Überwachung und Anzeige der zur extrakorporalen Zirkulation benötigten Gasflüsse.

Alle Werte (Luft + Sauerstoff [O<sub>2</sub>], Faktor der O<sub>2</sub>-Konzentration des Luft-O<sub>2</sub>-Gemisches [FiO<sub>2</sub>] und Kohlendioxid [CO<sub>2</sub>]) können unabhängig voneinander am Grundgerät bzw. via Fernbedienung im System-Panel der Herz-Lungen-Maschine (S3/S5 HLM) eingestellt werden. Die Anzeigen der Soll- und Istwerte erfolgen ebenfalls sowohl am Grundgerät als auch auf der Fernbedienung (Abb. 1 und 2).

Da der EGB eine Zumischung von CO<sub>2</sub> zulässt, kann während der hypothermen Perfusion auch die pH-Stat-Messmethode zur Steuerung des Säure-Basen-Status angewendet werden. Ein weiterer Vorteil: Die Zuführung von CO<sub>2</sub> aus dem EGB in Schlauchsystem, Oxygenator und art. Filter kann zur bewährten CO<sub>2</sub>-Flush-Methode vor dem eigentlichen Füllen des Gesamtsystems genutzt werden.



Abb. 1: EGB-Grundgerät an einer HLM S5



Abb. 2: EGB-Fernbedienung im Anzeige- und Bedienmodul der S5

Der EGB ist in 3 verschiedenen Ausführungen (für die Erwachsenen-, Kinder- und Säuglingsperfusion) erhältlich mit den entsprechenden Gasflussbereichen für Luft + O<sub>2</sub>. Die verschiedenen Versionen unterscheiden sich durch den Einstell- und Messbereich der Gasflüsse, die damit verbundene absolute Toleranz bei kleinen Gasflüssen, die Auflösung und die Verschiebung der FiO<sub>2</sub>-Warngrenzen (Tab. 1).

## TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Drei Anschlüsse dienen zur Versorgung mit medizinischer Druckluft, O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>. Die Gase werden unabhängig voneinander geregelt, über je einen zweiten Durchflusssensor erfasst und über eine Mischeinheit dem Ausgangs-Gasanschluss zum Oxygenator zugeführt.

Die Steuerung der Eingabe, Regleransteuerung, Istwert-Erfassung, Anzeige- und Peripheriefunktionen übernimmt ein zentraler Mikrocontroller im Gasblender-Grundgerät.

Eine Eingabe der Sollwerte für den Gesamtfluss von Luft + O<sub>2</sub>, dessen O<sub>2</sub>-Konzentration (FiO<sub>2</sub>) sowie des unabhängig beizumischenden CO<sub>2</sub>-Flusses erfolgt über Funktionstasten. Die Gasflüsse für Luft, O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> werden daraus berechnet und je einem Regler als Sollwert eingelesen.

Die Istwerte aller Durchflusssensoren werden direkt angezeigt und über eine Datenschnittstelle einem Anzeige- und Bedienmodul zur Verfügung gestellt.

Der FiO<sub>2</sub>-Wert wird, durch Einstellung der Gasflüsse (für Luft + O<sub>2</sub>), unter Berücksichtigung des natürlichen O<sub>2</sub>-Gehalts der medizinischen Druckluft von 21 % vorgegeben.

Nach dem Einschalten und dem erfolgreich durchgeführten Selbsttest werden die Gasflüsse auf 0 l/min gesetzt. Der zuletzt eingestellte FiO<sub>2</sub>-Wert wird übernommen.

Die 24-V-Stromversorgung und CAN-Verbindung des Grundgeräts erfolgt über einen Versorgungssteckplatz der HLM. Somit ist im Fall eines Stromausfalls der Betrieb des EGB über die ununterbrochene Stromversorgung der HLM sichergestellt. Des Weiteren erfolgt automatisch die Datenübertragung der eingestellten Parameter über die CAN-Verbindung zum Daten-Management-System.

## MESSPRINZIP

Der Gasfluss wird über eine thermische Massendurchflussmessung erfasst. Im Gegensatz zu volumetrischen Messsystemen wird die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Gase zur Ermittlung des Durchflusses genutzt.

Ein Laminarflusselement im Hauptkanal erzeugt einen geringen Druckabfall. Über eine mit Sensorelementen bestückte Bypass-Leitung strömt ein kleiner Teil des Gases mit konstantem Verhältnis zum Eingangsfluss. In der Mitte der Leitung befindet sich eine Heizwicklung. Vor und hinter der Wärmequelle sind Temperatursensoren angebracht, die die Temperaturdifferenz erfassen (Abb. 3).

Allgemeine Daten	für Gasblender mit Spezifikation:		
	10l/min	5l/min	2l/min
<b>Gesamtfluß Luft + O<sub>2</sub></b>			
Einstellbereich [l/min]	0,0, 0,2 ... 10,0	0,00, 0,20 ... 5,00	0,00, 0,08 ... 2,00
Genauigkeit	± 3% vom Endwert		
Auflösung und Hysterese [l/min]	0,1	0,05	0,02
Alarmerkennung (Istwert – Sollwert) [l/min]	≥ ±0,3	≥ ±0,2	≥ ±0,06
Fehlererkennung (Istwert – Überwachungswert) jeweils für Luft und O <sub>2</sub>	typisch ±10% vom Endwert	typisch ±10% vom Endwert	typisch ±20% vom Endwert
<b>FiO<sub>2</sub></b>			
Einstellbereich	0,21 ... 1,00		
Auflösung	0,01		
Genauigkeit der O <sub>2</sub> -Konzentration ( $\Delta FiO_2$ )	$< \frac{0,24 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$	$< \frac{0,12 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$	$< \frac{0,05 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$
Alarmerkennung (Istwert – Sollwert) ( $\Delta FiO_2$ )	$\geq \frac{0,24 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$	$\geq \frac{0,12 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$	$\geq \frac{0,05 \text{ l/min}}{Q (\text{Luft}+O_2)}$
<b>Gasfluß CO<sub>2</sub></b>			
Einstellbereich [l/min]	0,00, 0,02 ... 1,00		
Genauigkeit	± 3% vom Endwert		
Auflösung und Hysterese [l/min]	0,01		
Alarmerkennung (Istwert – Sollwert) [l/min]	≥ ±0,03		
Fehlererkennung (Istwert – Überwachungswert)	typisch ±20% vom Endwert		

Tab. 1: Technische Spezifikationen der elektronischen Gasblender

Die Temperatursensoren messen annähernd gleiche Werte, falls kein Gasfluss im Bypass-Element registriert wird. Sobald ein Gas fließt, entsteht eine Temperaturdifferenz, die direkt proportional zur Masse des durchfließenden Gases ist. Der daraus abgeleitete Istwert wird einem Regler zur Ansteuerung eines magnetischen Stellventils zugeführt und als Gesamt-Volumenfluss für Luft und O<sub>2</sub> sowie CO<sub>2</sub> angezeigt.

Die übliche Darstellung als Volumenfluss in l/min ist daher nur gültig für Standardbedingungen des ausströmenden Gases (20 °C, 1013,25 hPa). Bei Änderung von Temperatur und Druck würde das Gas, bei gleich bleibendem Massendurchfluss

und Mischungsverhältnis, ein geringfügig geändertes Volumen einnehmen. In der praktischen Anwendung ist dies jedoch nicht von Bedeutung.

Die wesentlichen Vorteile dieser Technologie sind die große Zuverlässigkeit, die hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, die geringe Beeinflussung der Messung (durch prozessbedingte Temperatur- und Druckschwankungen) und die sichere Messung von Durchflüssen bei gleichzeitig kompakter Bauform.

Das Grundgerät kann aufgrund der elektronischen Regelung unabhängig vom Aufstellort betrieben und über die Fernbedienung der HLM angesteuert werden. Umfangreiche Überwachungseinrichtungen alarmieren den Anwender optisch und akustisch bei abweichenden Istwerten.

### SICHERHEITSEINRICHTUNGEN

Die korrekte Funktion der elektronischen Baugruppen des Gasblenders wird über die

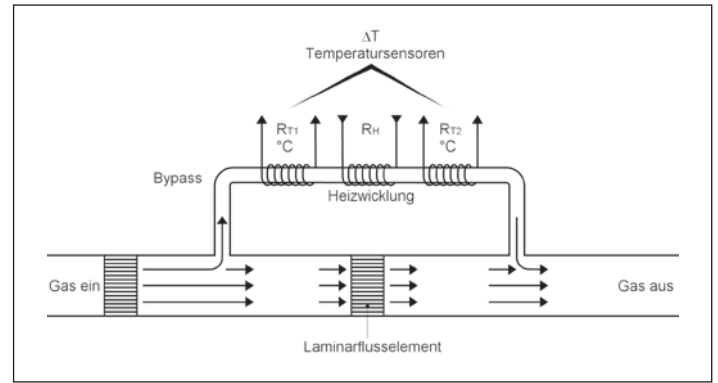


Abb. 3: Messprinzip mittels thermischer Massendurchflussmessung

Fernbedienung überwacht. Die Grundfunktionen des Gasblenders bleiben notfalls auch ohne Fernbedienung erhalten.

Im Gegensatz zu mechanischen Gasmischern wird der konstante und genaue Gasfluss unabhängig von Eingangsdruckdifferenzen gewährleistet, da alle Gase einzeln geregelt werden. Darüber hinaus ist ein sicherer Betrieb über einen weiten Eingangsdruckbereich von 2 bis 6 bar (Überdruck) möglich.

Die Unterbrechung der Gasanschlüsse wird erkannt und über eine entsprechende Alarmvorrichtung zur Anzeige gebracht.

Folgende interne Maßnahmen gewährleisten einen zuverlässigen Betrieb:

- Messung der Gasflüsse mit je einem zweiten Sensor und Vergleich mit den Istwerten der Regler
- obligatorische Selbsttests zum Betrieb der Steuerungseinheit wie z. B. Speichertests und interne Plausibilitätsüberprüfungen
- Überwachung interner Betriebsparameter

Frank.Sieburg@sorin.com

Thomas.Ziegler@sorin.com

Der elektronische Gasblender EGB 40 von Maquet besteht aus zwei Hauptbestandteilen: dem pneumatischen Mischer und der elektronischen Überwachungseinheit für den Soll- und Istwertabgleich.

Der pneumatische Mischer ist ein Luft- und Sauerstoff-Mischer mit integriertem Flowmeter. Er hat eine akustische Alarmeinheit und ein Sicherheitswarnsystem für niedrigen Gasdruck der Versorgungsgase. Bei reduziertem Eintrittsdruck eines der Gase reduziert der Mischer automatisch den Druck des anderen Gases, solange die Differenz zwischen den beiden Gasen nicht mehr als 1 bar beträgt. Der Fluss wird vom integrierten Flowmeter im Mischerblock erfasst und – unabhängig von der Elektronik – mit einer Schwebekugel in der Glasröhre

angezeigt. Der maximale Ausgangsdruck des Mischgases wird von einem pneumatischen Überdruckventil abgesichert.

Die elektronische Einheit dient zur Anzeige und Überwachung der eingestellten Parameter Sauerstoffgehalt und Gasfluss. Eine zusätzliche Überwachung des Gasdruckes ermöglicht darüber hinaus eine Erkennung von Leckagen (bzw. einen nicht konnektierten Gasschlauch) und ein Abknicken des Gasschlauches. Der EGB 40 ermittelt den erzeugten Druck des abgegebenen Mischgases mit einem elektronischen Drucksensor. Die Ermittlung des Sauerstoffgehaltes (FiO<sub>2</sub>) im abgegebenen Mischgas erfolgt mit einer Sauerstoffzelle und zeigt diesen numerisch und grafisch an.

Der Fluss des abgegebenen Mischgases kann ebenfalls numerisch und grafisch angezeigt werden. Das Mischgas durchströmt eine kalibrierte Stenose. Der durchströmende Fluss erzeugt vor der Stenose einen Staudruck, dessen Druckdifferenz zum Ausgang nach der Stenose über einen elektronischen Drucksensor gemessen wird. Aufgrund dieser Druckdifferenz kann der EGB 40 den Fluss errechnen.

Bei einer Funktionsstörung oder einem Defekt des Monitors bleiben die pneumatischen Eigenschaften des Gasmischers erhalten.

Ein Anspruch auf vollständige Nennung sämtlicher Anbieter und Funktionsprinzipien ist nicht gegeben!

Die Redaktion