

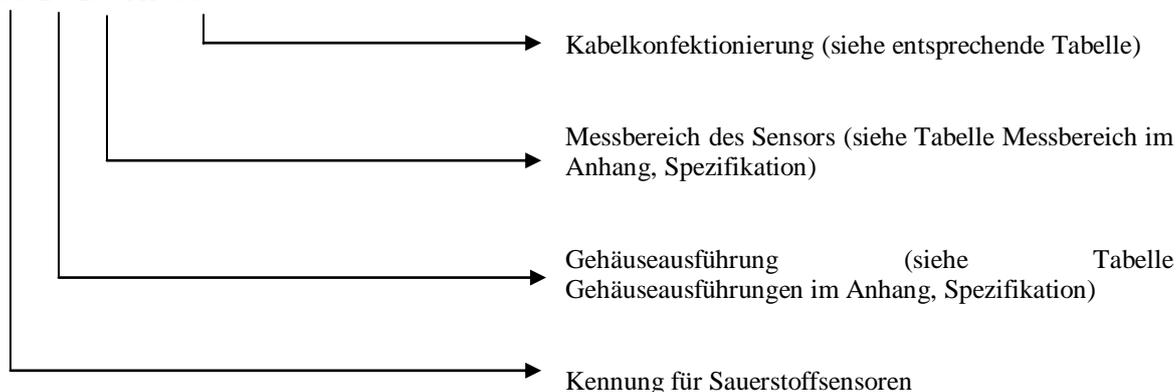
Mit den Sauerstoffsensoren von SENSORE kann Sauerstoff in gasförmigen Medien je nach Sensortype in einem Konzentrationsbereich von 10 ppm O₂ bis zu 96 % O₂ gemessen werden. Der Sensor zeichnet sich dabei durch folgende wesentliche Eigenschaften aus:

- hohe Genauigkeit
- für viele Typen annähernd lineare Kennlinie
- geringe Temperaturabhängigkeit des Sensorsignales
- geringe Querempfindlichkeit zu anderen Gasen
- lange Lebensdauer
- Häufig nur einmalige „Einpunktkalibrierung“ erforderlich

Technische Daten siehe im Anhang: Spezifikation

Typendefinition

Beispiel SO-B0-250-A100C



Funktion des Sensors

Wird am Sensor eine Spannung angelegt, so arbeitet dieser wie eine Stromquelle, deren Ausgangsstrom von der Sauerstoffkonzentration des Messgases abhängt. Dabei ist der Strom bei einer bestimmten Sauerstoffkonzentration vom gewählten Messbereich und von den Fertigungstoleranzen des Sensors abhängig. Durch diese Fertigungstoleranzen muss jeder Sensor einzeln kalibriert werden! Notwendige, typenabhängige Sensorspannungen und Ausgangsstrombereiche sind in der Typentabelle im Anhang aufgelistet.

Für alle Sensortypen bzw. für alle Kalibriergaskonzentrationen gilt die allgemeine Formel:

$$I_s([O_2]) = -k \cdot \ln\left(1 - \frac{[O_2]}{100}\right)$$

- $I_s([O_2])$ Sensorstrom im Messmedium
 $[O_2]$ Sauerstoffkonzentration im Messmedium in %
 k sensorspezifische Konstante

Zum Bestimmen der sensorspezifischen Konstante muss der Sensor in ein gasförmiges Medium mit bekannter Sauerstoffkonzentration gebracht werden (Kalibrierung). Mit Hilfe des gemessenen Sensorstromes in diesem Gas und der folgenden Formel kann die Konstante k berechnet werden:

$$k = \frac{-I_k([O_2])}{\ln\left(1 - \frac{[O_{2,k}]}{100}\right)}$$

k	sensorspezifische Konstante
$I_k[O_2]$	Sensorstrom bei vorgegebener Sauerstoffkonzentration
$[O_{2,k}]$	vorgegebene Sauerstoffkonzentration (Kalibriergaskonzentration) in %

Für die Sensortypen SO-xx-250 und SO-xx-960, welche in Luft kalibriert werden können, ergibt sich der Sensorstrom in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration wie folgt:

$$I_s([O_2]) = \frac{-I_s(20.9\%)}{0.2345} \cdot \ln\left(1 - \frac{[O_2]}{100}\right)$$

$I_s[O_2]$	Sensorstrom bei gegebener Konzentration
$I_s(20.9\%)$	Sensorstrom gemessen an Luft [20.9 %]
$[O_2]$	Sauerstoffkonzentration in %

Für kleine Sauerstoffkonzentrationen lässt sich die Formel mathematisch vereinfachen und es ergibt sich ein linearer Zusammenhang:

$$I_s([O_2]) = k \cdot [O_2]$$

wobei k unter gleichen Bedingungen wie oben beschrieben bestimmt werden kann:

$$k = \frac{I_s([O_2])}{[O_{2,k}]}$$

$I_s([O_2])$	Sensorstrom im Messmedium
$[O_2]$	Sauerstoffkonzentration im Messmedium in %
k	sensorspezifische Konstante
$I_k[O_2]$	Sensorstrom bei vorgegebener Sauerstoffkonzentration
$[O_{2,k}]$	vorgegebene Sauerstoffkonzentration (Kalibriergaskonzentration) in %

Der Sensorausgangsstrom kann entweder mit einem handelsüblichen Amperemeter gemessen oder mit Hilfe einer Operationsverstärkerschaltung in eine leicht messbare Spannung umgewandelt werden. Ein Schaltungsvorschlag dazu ist im Anhang dargestellt.

Betriebsmoden der Sensorheizung

Zum Betreiben des Sensors ist es notwendig, diesen zu beheizen. Dies geschieht mit der im Sensor integrierten Sensorheizung. Es gibt dafür prinzipiell zwei verschiedene Möglichkeiten

Konstante Heizspannung

Sind die Umgebungstemperaturschwankungen gering (einige °C), so kann die Heizung mittels einer konstanten Spannung mit Strombegrenzung betrieben werden. Die notwendige Heizspannung hängt vom Sensorgehäuse ab und ist sowie die empfohlene Heizstrombegrenzung im Anhang aufgelistet. In diesem Betriebsmodus ergibt sich eine Änderung des Ausgangssignals von 0,034% / °C Umgebungstemperatur.

The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.

Im Anhang ist ein Schaltungsvorschlag dazu dargestellt.

Konstanter Heizwiderstand

Treten höhere Temperaturschwankungen oder auch höhere Gasströmungsgeschwindigkeiten auf, so muss die Sensortemperatur zur Erhöhung der Messgenauigkeit konstant gehalten werden.

Um die Sensortemperatur konstant zu halten, wird eine Regelung verwendet, die den Widerstand der Sensorheizung und damit die Sensortemperatur unabhängig von der Umgebungstemperatur immer auf den gleichen Wert regelt. Dieser Sollwert des Widerstandes wird ausgehend vom Kaltwiderstand der Sensorheizung wie folgt berechnet:

$$R_{w,soll} = f \cdot R_{(25^{\circ}C)}$$

$R_{w,soll}$ Widerstand der Sensorheizung im Betrieb

$R_{(25^{\circ}C)}$ Widerstand der Sensorheizung bei 25°C

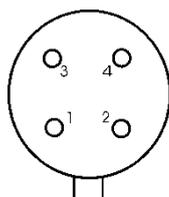
f Temperaturfaktor 2,8; in einigen Anwendungsfällen auch 2,65

SENSORE bietet eine elektronische Schaltung (EDAB-M1V2-L) an, mit deren Hilfe der Sensor auf einfachste Weise temperaturgeregelt betrieben werden kann (siehe Beschreibung im Anhang).

Anschlussbelegung der verschiedenen Sensortypen

Standardgehäuse TO39 (Typ SO-A0-xxx), TO8 (SO-Bx-xxx)

- 1 H+ (HS+)
- 2 H- (HS-)
- 3 Sen+
- 4 Sen-



(pinseitige Betrachtung)



Sensoren mit Anschlusskabel für 4 Leiterbetrieb (SO-Bx-xxx-AxxxC, SO-Dx-xxx-AxxxC)

Sensoren mit Anschlussleitung
(temperaturbeständiger Teflonisolation):

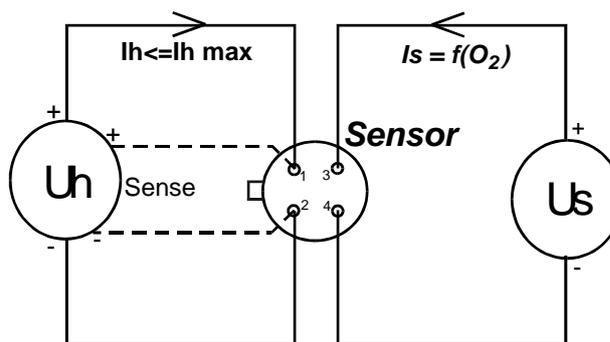
Kabelfarbe	Pin Anschluss	Verbunden mit Pin Nr.
Violett 1 Violett 2	H+ HS+	1
Weiß 1 Weiß 2	H- HS	2
Rot	Sen+	3
Schwarz	Sen-	4



Schematische Darstellung des Sensor-Anschlusskabels mit Stecker, Ansicht Stecker von hinten

Prinzipbeschaltung des Sensors

In der Prinzipschaltung sind zusätzlich zu den Leitungen zur Heizung des Sensors Sense Leitungen eingezeichnet mit deren Hilfe die exakte Heizspannung eingestellt werden kann. Diese Vierleitermessung ist bei Betrieb mit konstanter Heizspannung empfohlen aber nicht notwendig. Bei Betrieb mit konstantem Heizwiderstand ist diese aber unbedingt zu verwenden.



Warnung

Bleibende Schädigungen am Sensor können durch folgende Umstände eintreten:

- Sensor befindet sich unbeheizt in Abgas, welches H₂S oder SO_x enthält
- Kontakt des Sensors mit Wasser oder kondensierter Feuchte
- Kontakt mit Gasen welche die Halogene F, Cl, Br,.. enthalten sowie alle halogenhaltigen in der Gasphase existenten Verbindungen wie z.B.: FCKW
- Kontakt des Sensors mit organischen Dämpfen

The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.

Anhang: Betriebsparameter

Sensorheizung / Betrieb mit konstanter Heizspannung

Sensortype	Gehäuse	Heizspannung (*)	empf. Heizstrombegrenzung
SO-A0-xxx	TO39	4,0 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-B0-xxx-xxxxx (außer 001)	TO8	3,6 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-B0-001- xxxxx	TO8	3,8 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-B1-xxx- xxxxx	TO8 mit Montageflansch	3,7 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-D0-xxx- xxxxx	Schraubgehäuse	4,1 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-D1-xxx- xxxxx	Schraubgehäuse In-Situ	4,1 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-D2-xxx- xxxxx	Schraubgehäuse	3,8 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-E1-xxx	TO8 mit Anschlussnippel	3,6 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere
SO-E2-xxx- xxxxx	TO8	3,6 Volt ± 0,05 Volt	0,5 Ampere

* Bei abweichender Heizspannung wird diese extra angegeben

Sensorheizung / Betrieb mit konstantem Heizwiderstand

Heizwiderstand bei 25 °C: $R_{(25^{\circ}\text{C})} = 3,25 \Omega \pm 0,20 \Omega$

Sensortype	Gehäuse	Heizwiderstand im Betrieb	empfohlene Aufheizbegrenzung
alle	alle	R betrieb = $R_{(25^{\circ}\text{C})} * 2,8$	0,5 Ampere oder Softstart bei PWM

Temperaturabhängigkeit des Sensorsignales

0,034% des Messsignales / °C Umgebungstemperatur (*)

(*) 200 °C Temperaturdifferenz (z.B. Abgasmessung) entspricht einem um 6,8% höheren Sensorsignal

Druckabhängigkeit (statisch) des Sensorsignales

im Bereich 150 mBar – 800 mBar 2,0 % des Messsignales / 100 mBar
im Bereich 800 mBar – 5,0 Bar 0,5 % des Messsignales / 1 Bar

Drift des Sensorstromes

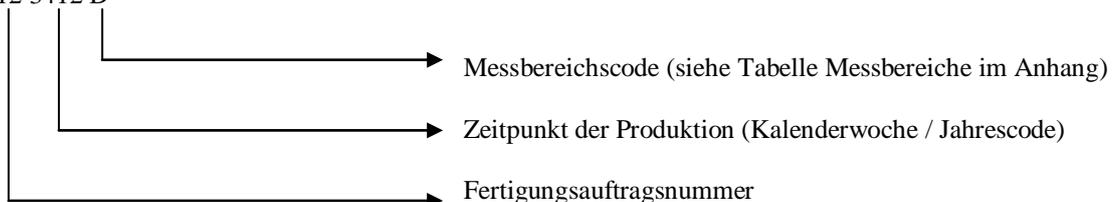
Vernachlässigbar

Max. Potentialdifferenz zwischen Heizungsmasse und Sensormasse

± 3 Volt

Kennzeichnung des Sensors

Beispiel 412 3412 D



The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.

Verpackung

SO-A0-xxx, SO-B0-xxx
Alle anderen Typen

Kunststoffblister
Lose oder gebunden zu 10 Stück

Montage

SO-A0-xxx, SO-B0-xxx
Alle anderen Typen

zum Einlöten auf Platine geeignet; Abstand von der Platine: min. 3mm
Einbau in beliebige Gehäuse möglich

Querempfindlichkeiten

Gas	Max. Konzentration des untersuchten Gases	Querempfindlichkeit [$\Delta\% \text{O}_2 / \% \text{Gas}$]	bei Sauerstoffkonzentration
CO ₂	40 %	-0,027	20 % O ₂
CO ₂	40 %	-0,01	5 % O ₂
CO	1000 ppm	-0,73	20 % O ₂
CO	1000 ppm	-0,83	5 % O ₂
NO ₂	1000 ppm	1,06	
SO ₂	1000 ppm	-0,24	
CH ₄	1000 ppm	-1,77	5 % O ₂
H ₂ S	400 ppm	≈ 0,0	
H ₂ O (Feuchte) Ausgenommen SO-xx-960	90% abs	≈ 0,0	

Anhang: Veränderung des Sauerstoffgehaltes aufgrund von Luftfeuchte

Dalton Gesetz (Gesetz der Partialdrücke)

Das Dalton Gesetz besagt, dass die Summe aller Partialdrücke p_i bei idealen Gasen gleich dem Gesamtdruck des Gemisches p_{gesamt} ist.

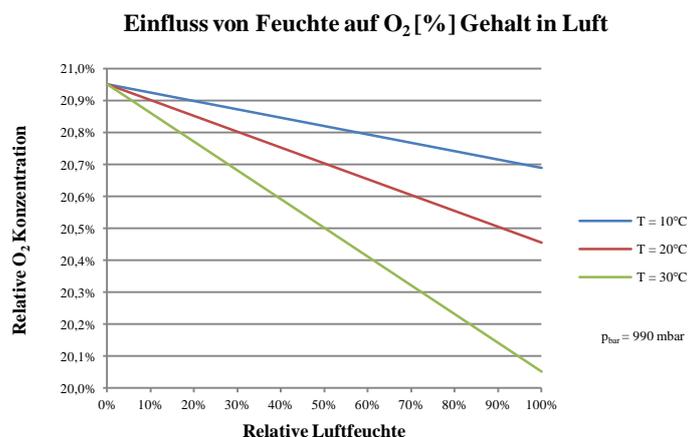
$$p_{gesamt} = p_{bar}(h) = \sum_{i=1}^k p_i \quad p_i = \frac{[X_i]}{100} \cdot p_{bar}(h)$$

$[X_i]$ Stoffmengenanteil des i-ten Gases in %
 p_i Partialdruck des Gases i
 $p_{bar}(h)$ Höhenabhängiger barometrischer Druck (Seehöhe Wien ~ 160 m \rightarrow $p_{bar} \sim 990$ mbar)

Die Hauptbestandteile von trockener Luft sind Stickstoff (78,084 %), Sauerstoff (20,942 %) und Argon (0,934 %). Wasserdampf, der im Mittel zu 0,4 Vol.% (Bereich: 0 – 4 Vol.%) enthalten ist, wurde bei der obigen Zusammensetzung nicht berücksichtigt, weil dieser Anteil von mehreren Umgebungsbedingungen abhängt. Wenn Luft feucht ist, verdrängt der dem Wasserdampf zugeordnete Partialdruck die umgebene Luft, was eine Reduktion des relativen Sauerstoffgehaltes zur Folge hat. Der vorliegende Wasserdampfdruck ist direkt proportional zum temperaturabhängigen Sättigungsdampfdruck.

$$[O_2 \text{ feucht}] = [O_2 \text{ trocken}] \cdot \frac{p_{bar} - p_d}{p_{bar}} \quad p_d = \frac{\varphi}{100} \cdot p_s(T)$$

p_d Wasserdampfdruck [mbar]
 φ Relative Luftfeuchtigkeit in %
 $p_s(T)$ Temperaturabhängiger Sättigungsdampfdruck [mbar]
 $[O_2 \text{ feucht}]$ Sauerstoffgehalt von feuchter Luft in Vol.%
 $[O_2 \text{ trocken}]$ Höhenunabhängiger Sauerstoffgehalt von trockener Luft = 20,942 Vol.%

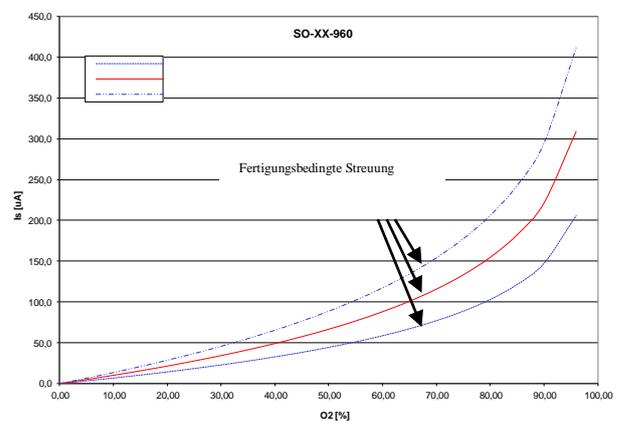
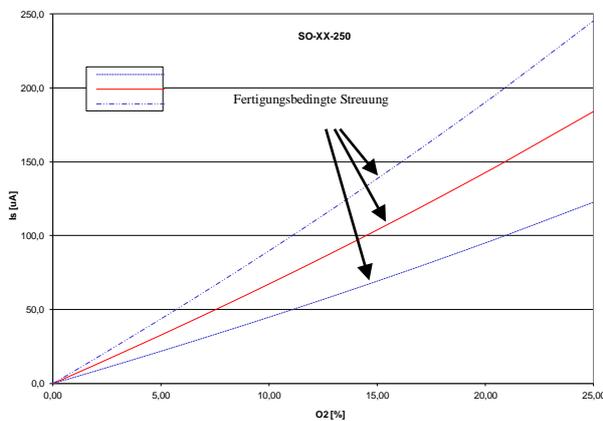
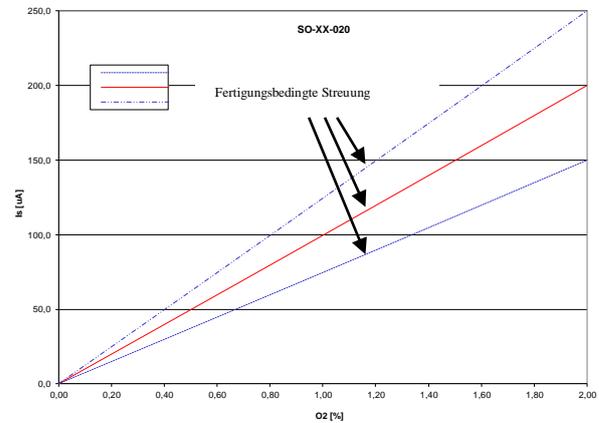
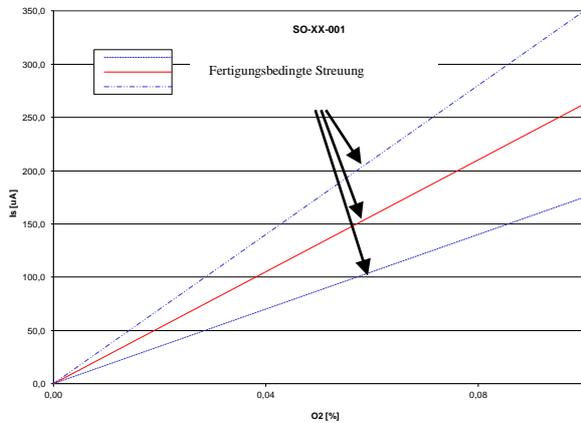


Achtung:

Die oben genannte Abnahme des Sauerstoffgehaltes aufgrund von Feuchte ist mit allen Sensoren O₂ Sensoren außer den SO-xx-960 Typen messbar, weil diese wegen einer höheren Sensorspannung (1,6 V) in der Lage sind Wasserdampf (H₂O) aufzuspalten. Dieser zusätzliche Sauerstoff verursacht eine positive Querempfindlichkeit, die zu einem Anstieg des Sensorsignals führt.

The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.

Anhang: Sensorkennlinien von verschiedenen Sensortypen



ACHTUNG: Pro Sensor gilt jeweils nur eine Kennlinie!

Anhang: Sensorelektronikvarianten von SENSORE

SENSORE bietet zum einfachen Ansteuern des Sensors drei Elektronikboards an:

- **CSB:** Elektronisches Sensor-Board für Sauerstoffsensoren.
- **EDAB-M1:** Elektronikboard mit Temperaturregelung und Linearisierung der Sensorkennlinie.
- **GSB:** Kompakte Version der EDAB-M1: Temperaturregelung und Linearisierung der Sensorkennlinie.

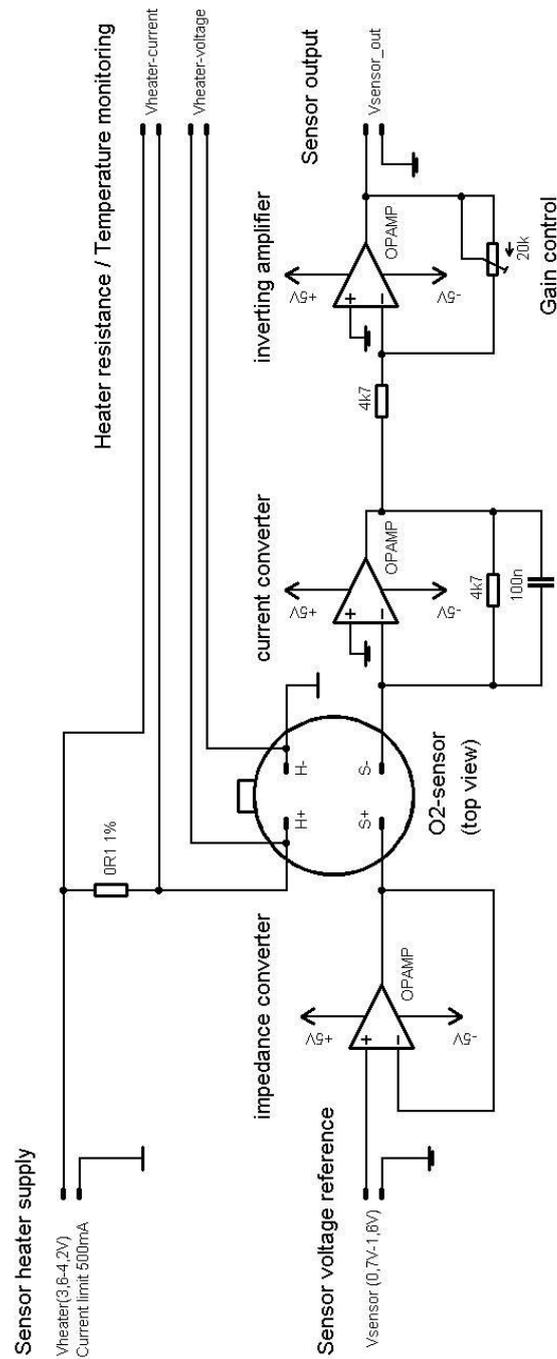
Das **CSB** (Compact Sensor Board) versorgt den aufgesteckten/eingelöteten Sensor mit einer fixen Heizerspannung, ist zu allen SENSORE O₂-Sensoren der Typen SO-xx-xxx kompatibel und verfügt über einen Strom- oder einen Spannungsausgang.

Die **EDAB-M1 bzw. GSB** beinhaltet zusätzlich die in der Beschreibung genannte Temperaturregelung und zusätzlich zu der genannten Signalwandlung auch eine Linearisierung der Sensorkennlinie, sodass eine komplizierte Umrechnung des Ausgangssignales auf die gemessene Sauerstoffkonzentration entfällt. Die **GSB** ist im Vergleich zu EDAB-M1 deutlich kompakter, verfügt über einen Stromausgang und kann nach Kundenwünschen programmiert werden.

Eine genauere Beschreibung der Funktionen ist in den jeweiligen Datenblättern zu finden.

The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.

Anhang: Einfacher Beschaltungsvorschlag



The information contained in this document is believed to be accurate and reliable but is presented without guarantee.