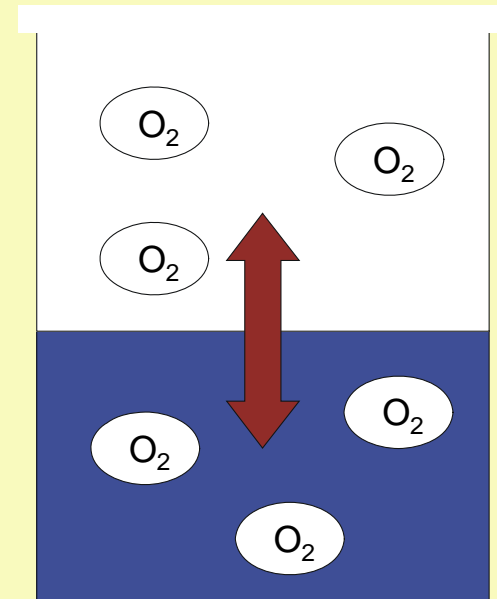


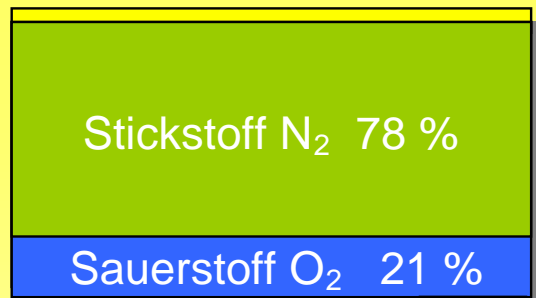
Sauerstoff- messung

**Sauerstoff ist in Luft
und als gelöstes Gas
in Flüssigkeiten vorhanden.**

**Gleichgewichtszustand:
Sauerstoffpartialdruck
Luft = Flüssigkeit**



► Grundlagen Sauerstoffmessung



Gesamtluftdruck 1013 mbar
(Meereshöhe)

⇒ Sauerstoffpartialdruck
 $p_{O_2} = 210 \text{ mbar}$



Im Gleichgewichtszustand ist

- $p_{O_2} \text{ (Luft)} = p_{O_2} \text{ (Wasser)}$
- Sauerstoffindex 100 %
- Sauerstoffsättigungs-
konzentration 9,08 mg/l bei 20 °C

► Sauerstoffsättigung und Luftdruck

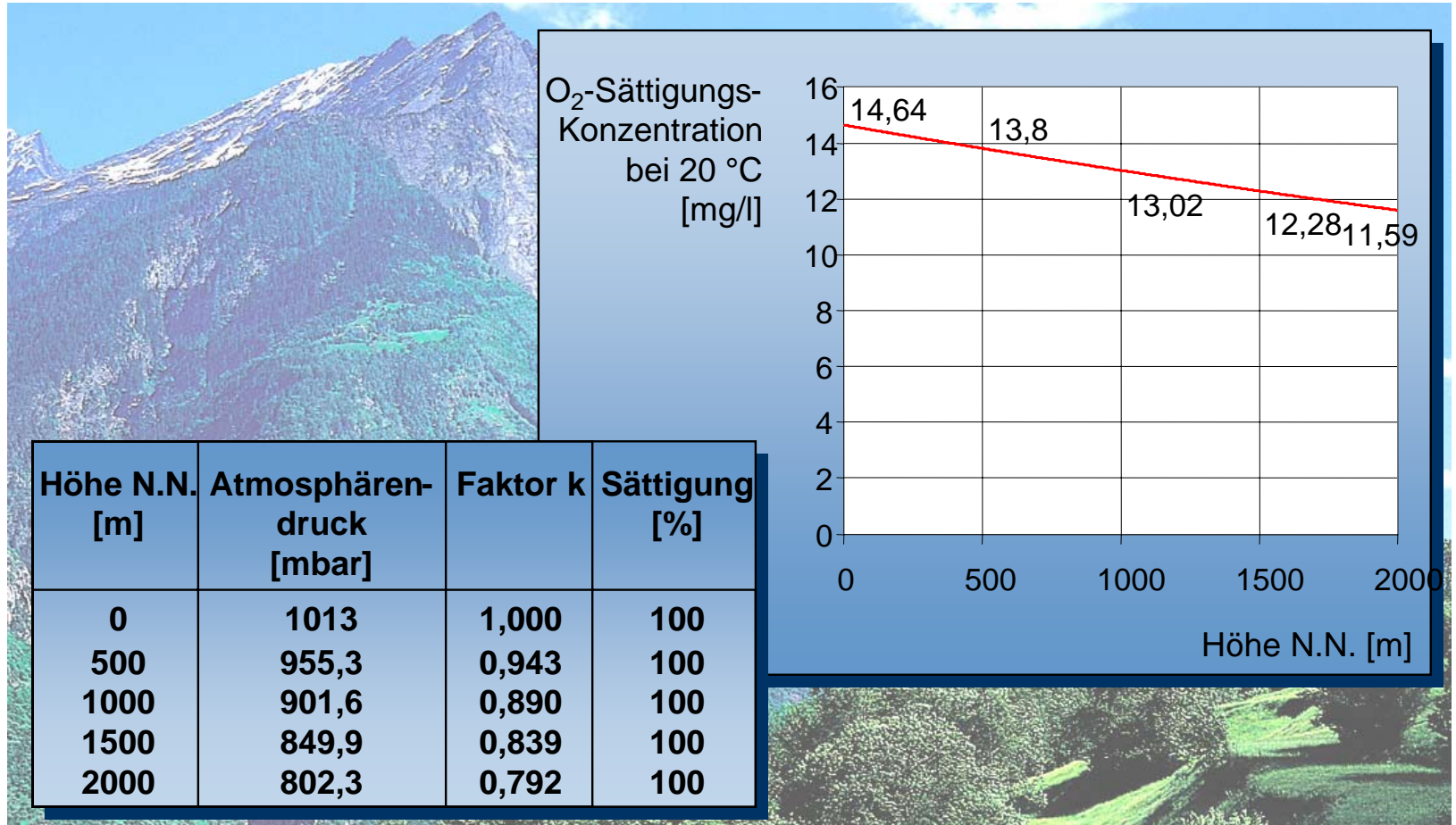
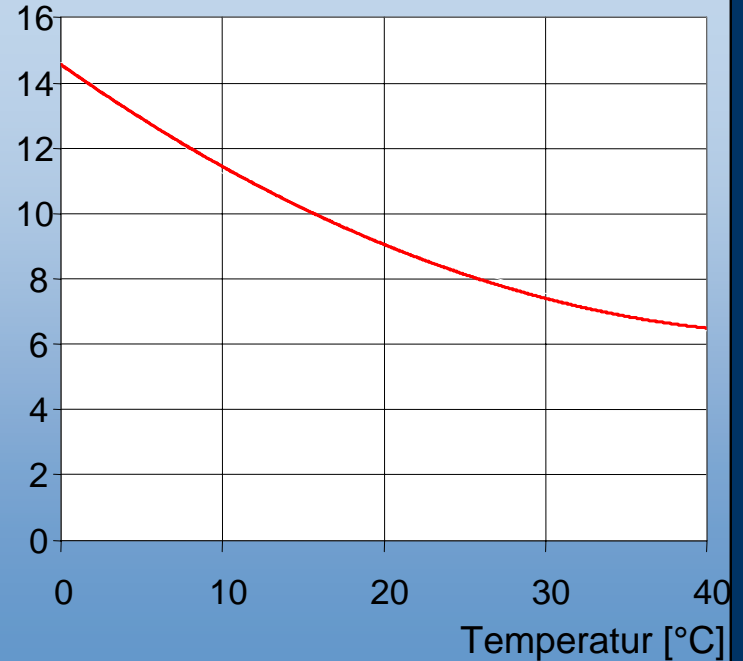


Diagramm zur Ermittlung des mittleren Luftdruckes in Abhängigkeit von der Ortshöhe



► Sauerstoffsättigung und Temperatur

O₂-Sättigungs-
Konzentration
[mg/l]



| Temperatur [°C] | O ₂ -Sättigungskonzentration [mg/l] | Sättigung [%] |
|-----------------|--|---------------|
| 0 | 14,64 | 100 |
| 10 | 11,25 | 100 |
| 20 | 9,08 | 100 |
| 30 | 7,55 | 100 |
| 40 | 6,41 | 100 |

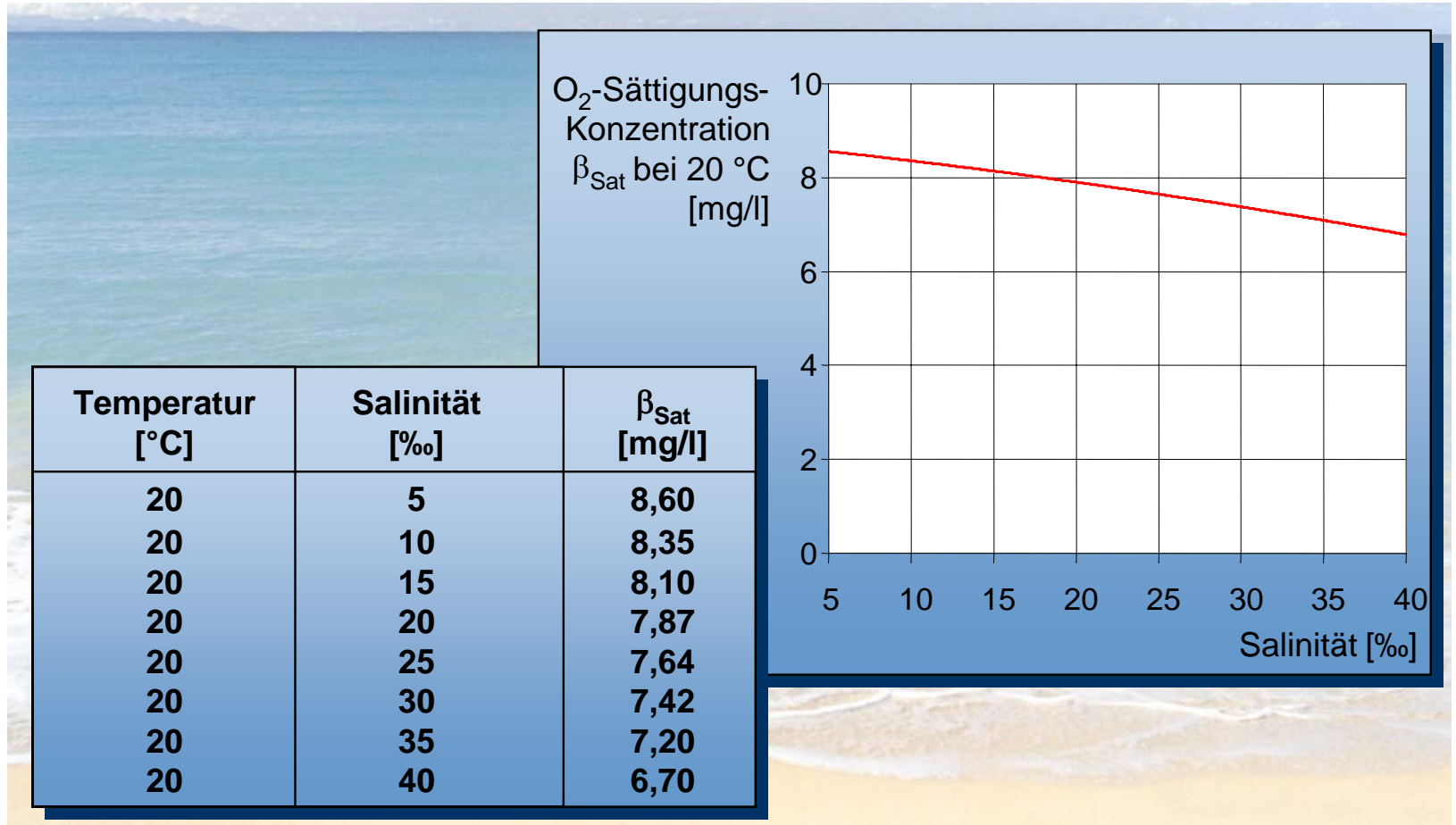
Sauerstoffsättigung für Wasser

in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1000 mbar

(nach Truesdale, Downing und Lowdon)

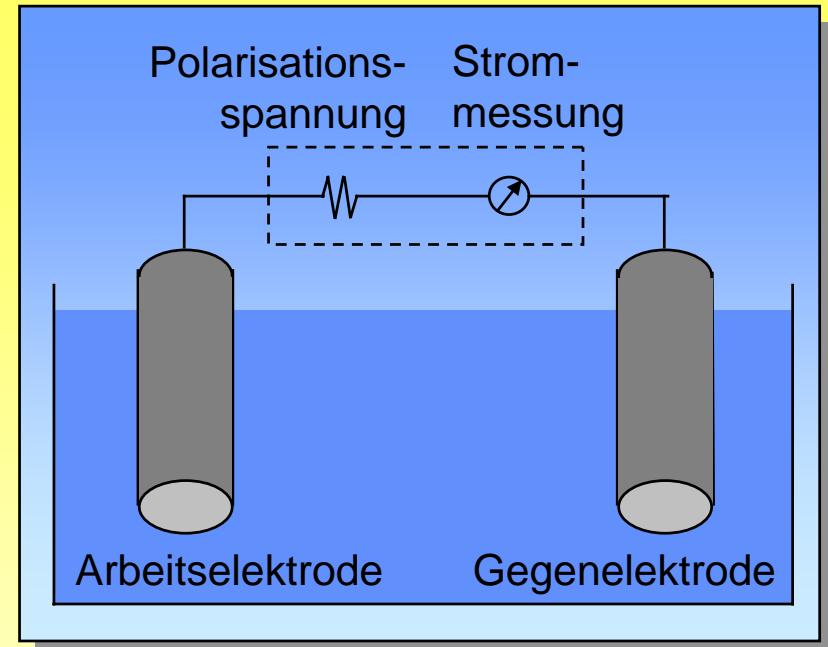
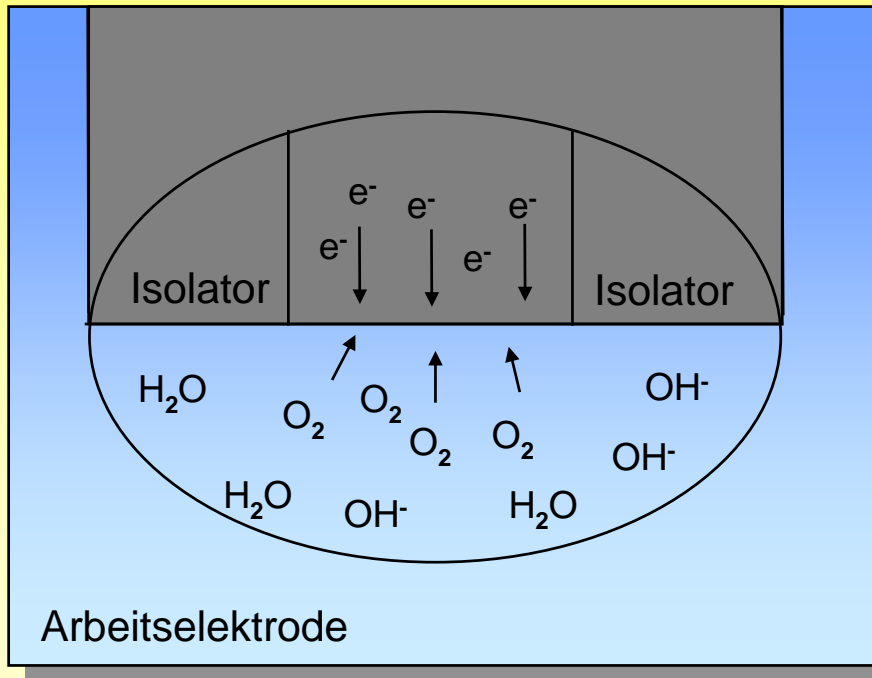
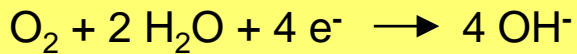
| Temp. [°C] | mg O2/l | Temp. [°C] | mg O2/l | Temp. [°C] | mg O2/l |
|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 0.0 | 13.97 | 10.0 | 10.79 | 20.0 | 8.72 |
| 0.5 | 13.79 | 10.5 | 10.66 | 20.5 | 8.65 |
| 1.0 | 13.59 | 11.0 | 10.53 | 21.0 | 8.57 |
| 1.5 | 13.41 | 11.5 | 10.41 | 21.5 | 8.5 |
| 2.0 | 13.22 | 12.0 | 10.29 | 22.0 | 8.42 |
| 2.5 | 13.05 | 12.5 | 10.18 | 22.5 | 8.35 |
| 3.0 | 12.88 | 13.0 | 10.07 | 23.0 | 8.27 |
| 3.5 | 12.7 | 13.5 | 9.96 | 23.5 | 8.21 |
| 4.0 | 12.53 | 14.0 | 9.85 | 24.0 | 8.14 |
| 4.5 | 12.38 | 14.5 | 9.74 | 24.5 | 8.07 |
| 5.0 | 12.21 | 15.0 | 9.63 | 25.0 | 8.00 |
| 5.5 | 12.06 | 15.5 | 9.53 | 25.5 | 7.94 |
| 6.0 | 11.9 | 16.0 | 9.43 | 26.0 | 7.89 |
| 6.5 | 11.75 | 16.5 | 9.34 | 26.5 | 7.82 |
| 7.0 | 11.61 | 17.0 | 9.25 | 27.0 | 7.76 |
| 7.5 | 11.46 | 17.5 | 9.16 | 27.5 | 7.71 |
| 8.0 | 11.32 | 18.0 | 9.06 | 28.0 | 7.65 |
| 8.5 | 11.18 | 18.5 | 8.98 | 28.5 | 7.59 |
| 9.0 | 11.04 | 19.0 | 8.89 | 29.0 | 7.54 |
| 9.5 | 10.87 | 19.5 | 8.81 | 29.5 | 7.48 |
| 10.0 | 10.79 | 20.0 | 8.72 | 30.0 | 7.43 |

► Sauerstoffsättigung und Salzgehalt

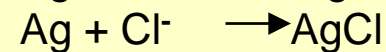
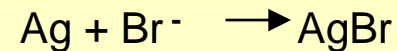


Amperometrisches Prinzip

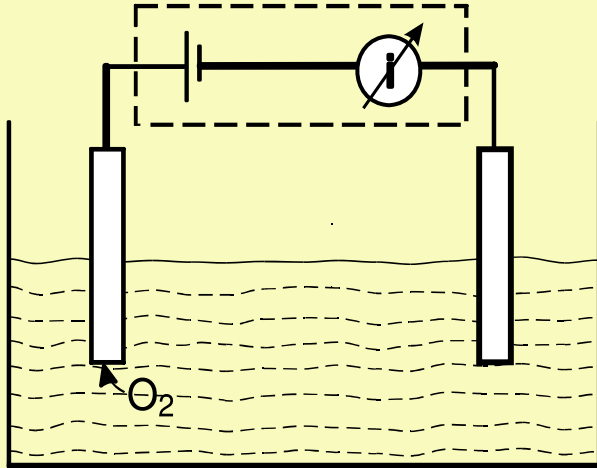
Reaktion an der Arbeitselektrode



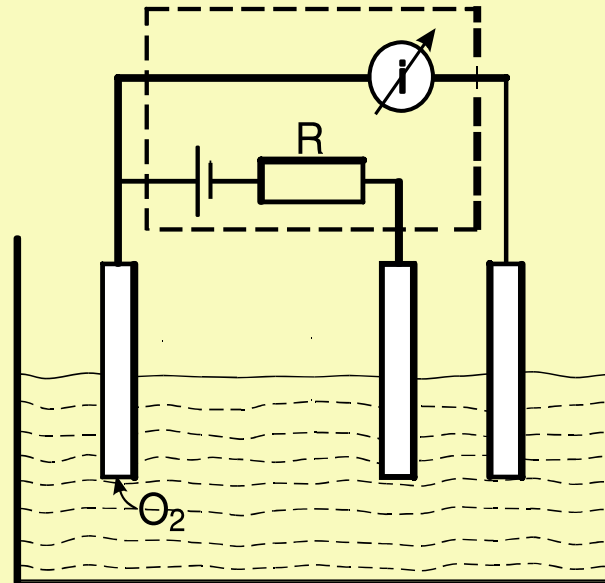
Reaktion an der Gegenelektrode (je nach Sensortyp)



Elektrochemisches Prinzip der Sauerstoffmessung

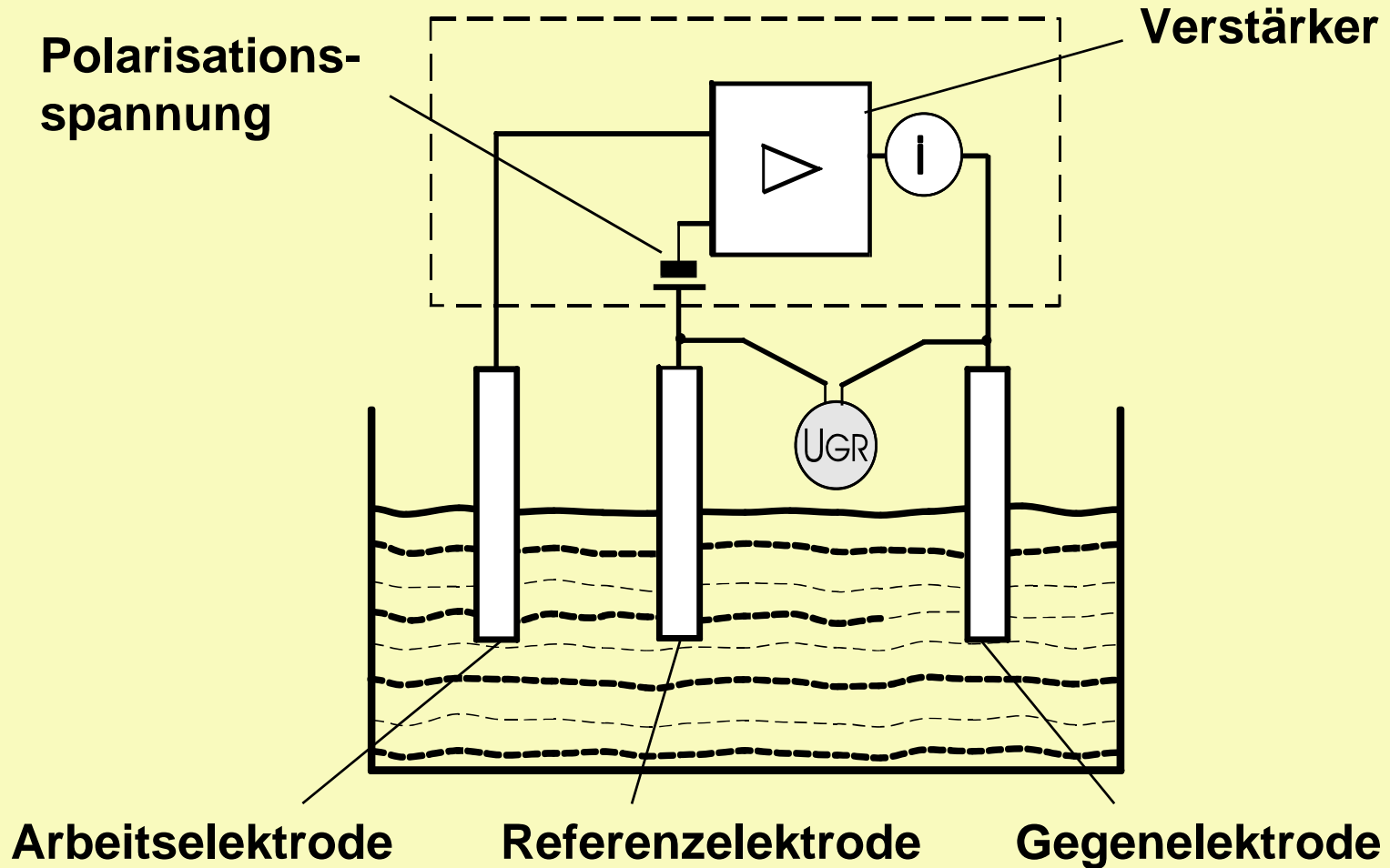


2-Elektroden-System
(nach Clark)

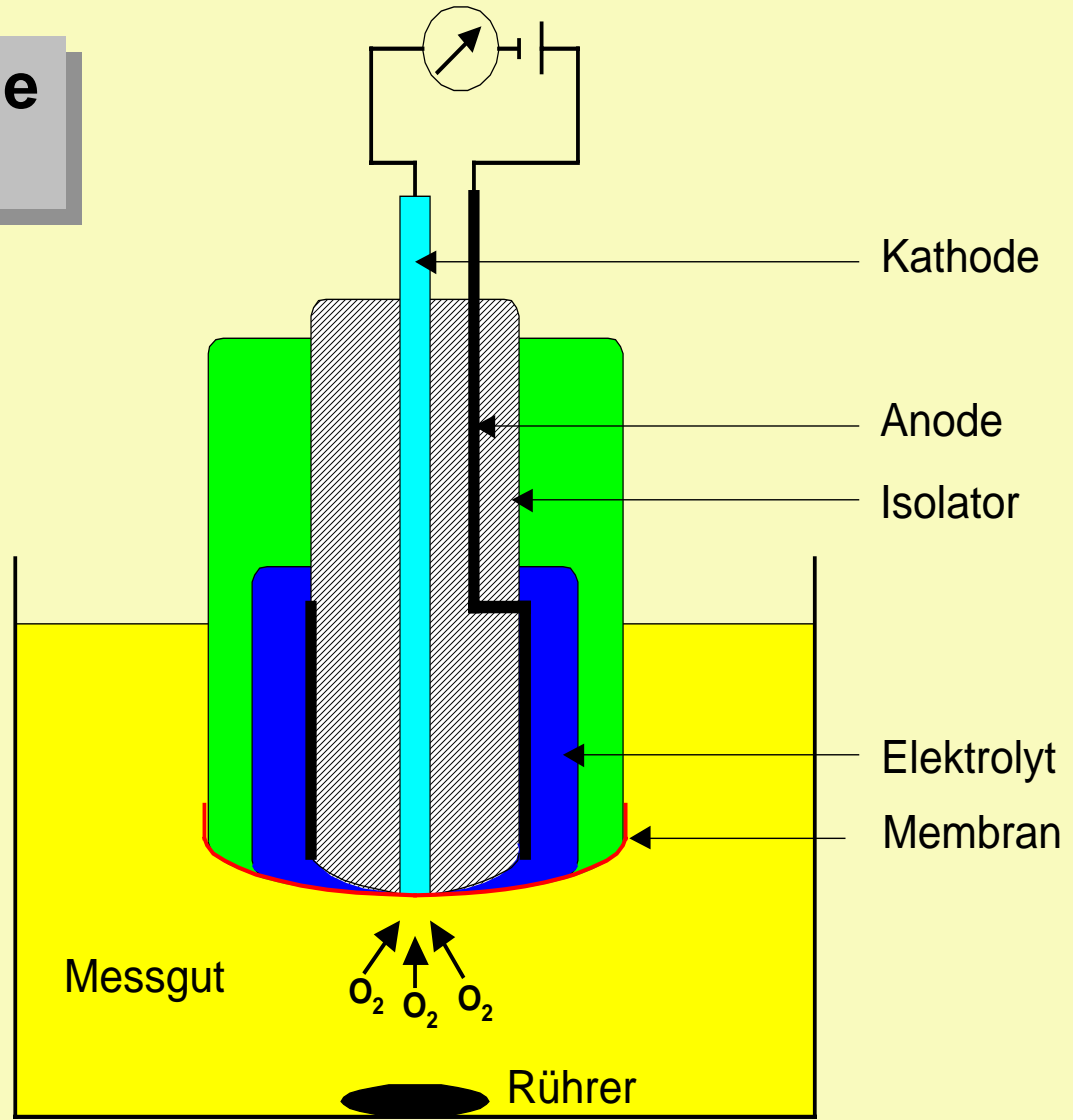


3 - Elektroden - System

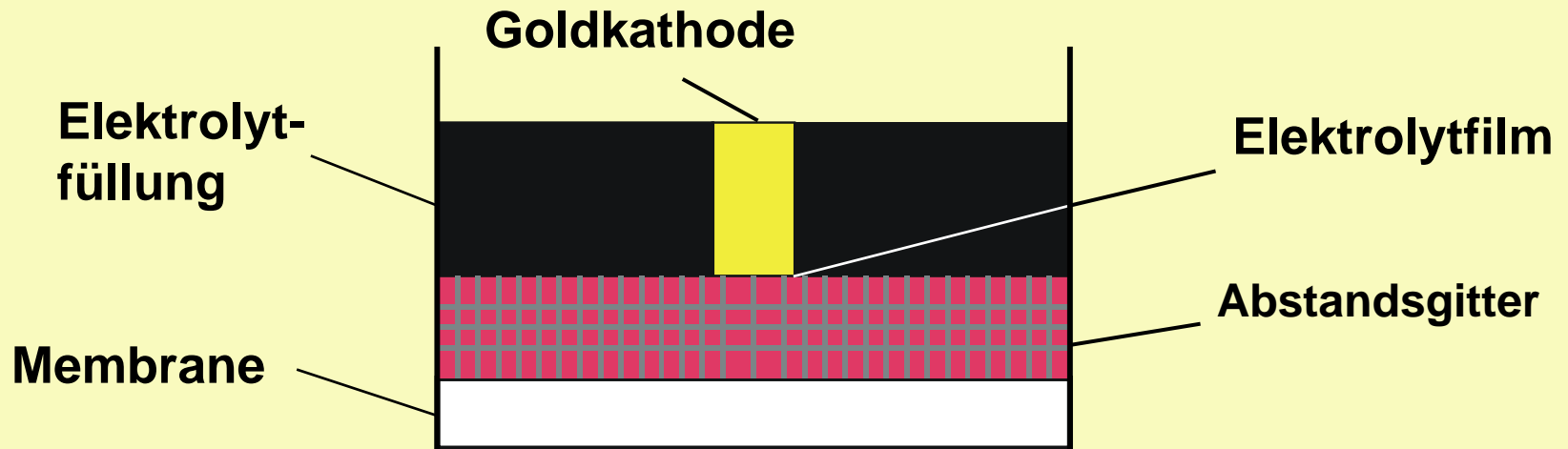
3 Elektroden Mess-System mit Verstärker



Sauerstoffelektrode nach Clark



Sensorbestandteile:

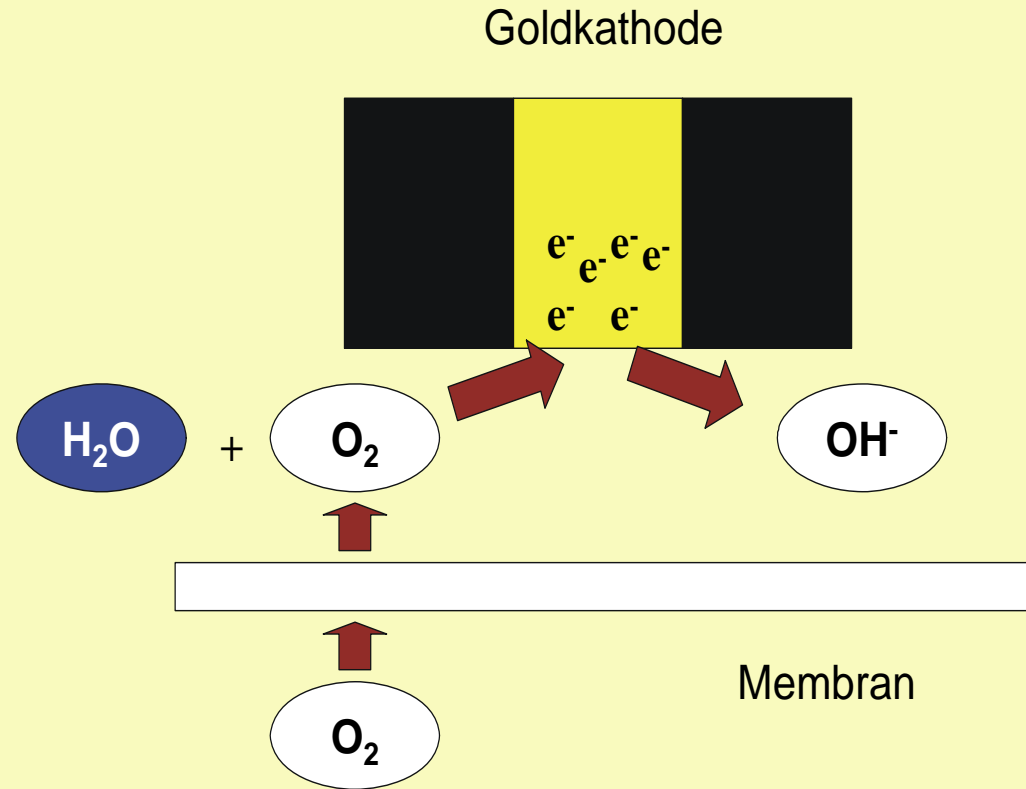


Elektrodenreaktionen

An der Kathode wird
Sauerstoff reduziert:



Kathode: "Elektronen zur
Verfügung Reduktion O_2 ".
Der durch die Membran
eindiffundierte Sauerstoff reagiert
mit Wasser zu Hydroxidionen.



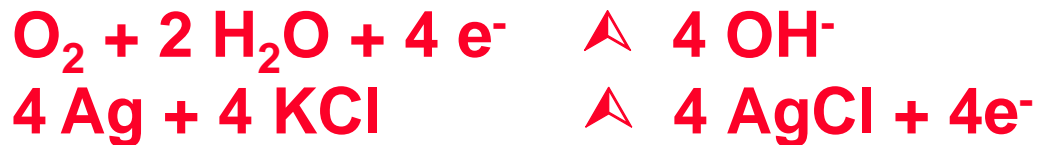
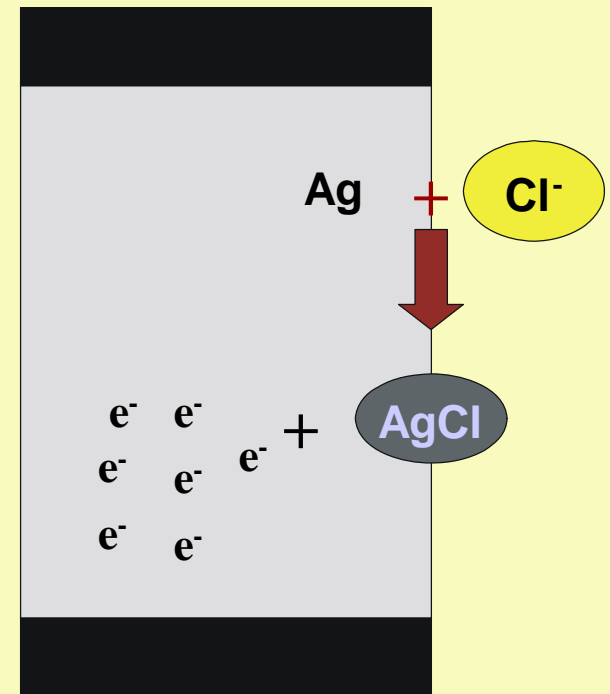
**Das Elektrodenmetall
wird an der Anode oxidiert.
Dabei werden Elektronen frei.**



**Die Elektrolytlösung bindet die
entstandenen Metallionen.**

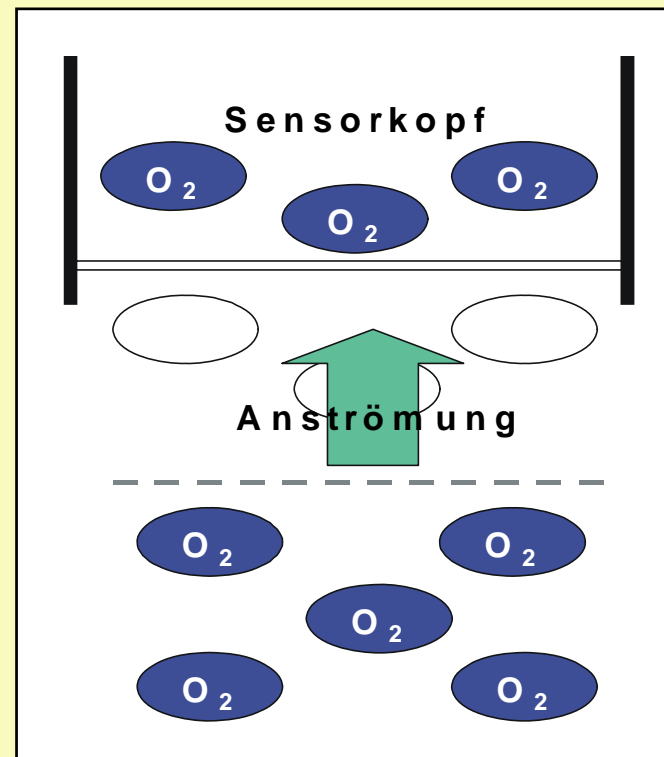
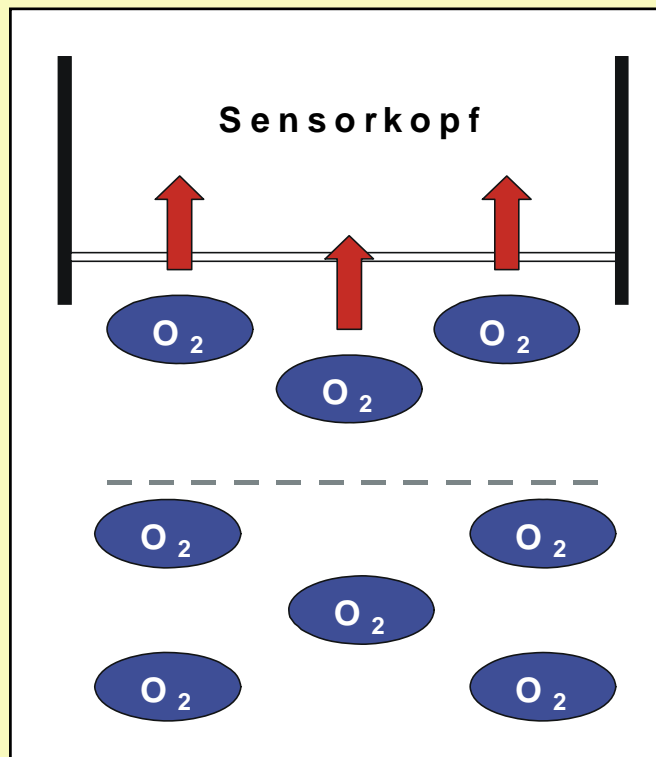


Silberanode

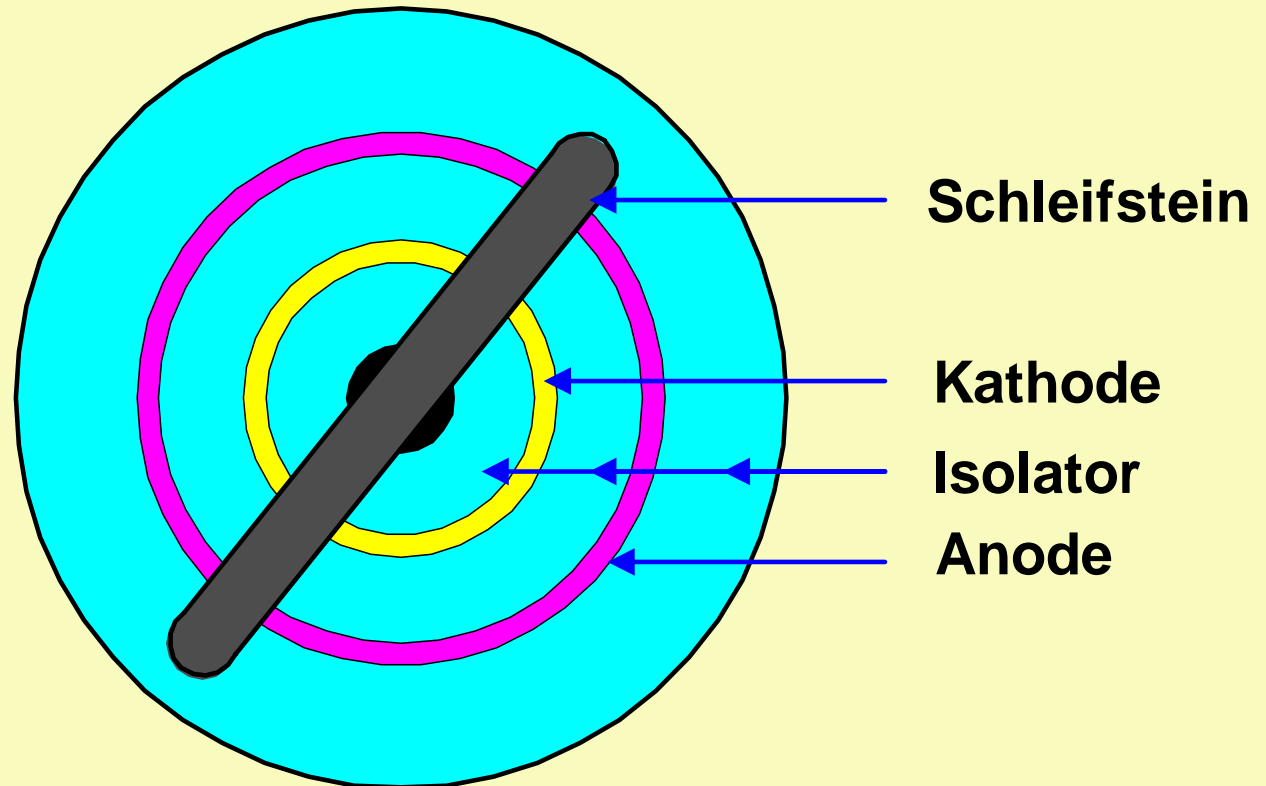


Sensoranströmung

Die Membran muß angeströmt werden, da durch Diffusion eine sauerstoffarme Zone entstehen würde.



Sauerstoffelektrode "Züllig"



▶ Membran versus offener Sensor

| membranbedeckter Sensor | | offener Sensor |
|-------------------------|-----------------------|--|
| 0,5 cm/s | Durchfluss | große Abhängigkeit |
| nein | Nullpunkt-Kalibration | erforderlich |
| 60 min | Polarisationszeit | 24 Stunden |
| gering | Querempfindlichkeit | sehr hoch (Ionen, Redoxpotential, Lf) |
| 1-4 Monate | Kalibrierzyklen | 2-3 Monate |

Einfluß störender Gase

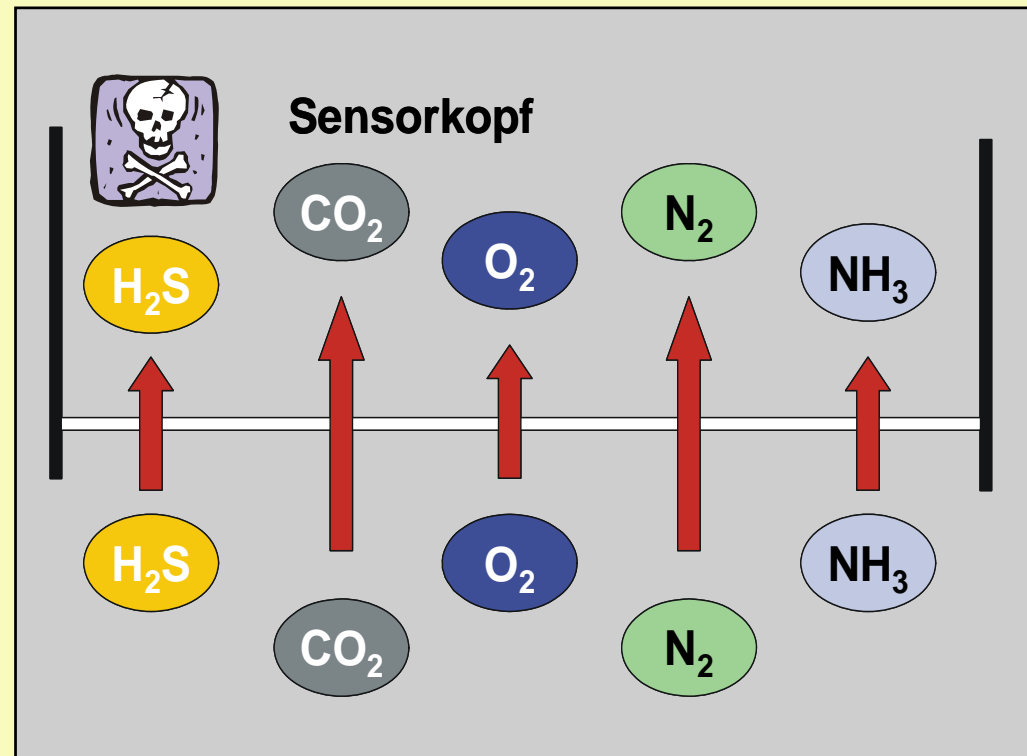
Die Membran des Sauerstoffsensors ist auch für andere Gase durchlässig.

Stickstoff ist reaktionsträge und hat keinen Einfluss.

Der hohe pH-Wert der Elektrolytlösung schützt vor Störeinflüssen durch Ammoniak.

Bei längerer Belastung verschiebt Kohlendioxid den pH-Wert in den sauren Bereich und führt zu Überbefunden.

Bei Schwefelwasserstoff besteht die Gefahr einer Sulfidvergiftung der Gegenelektroden.

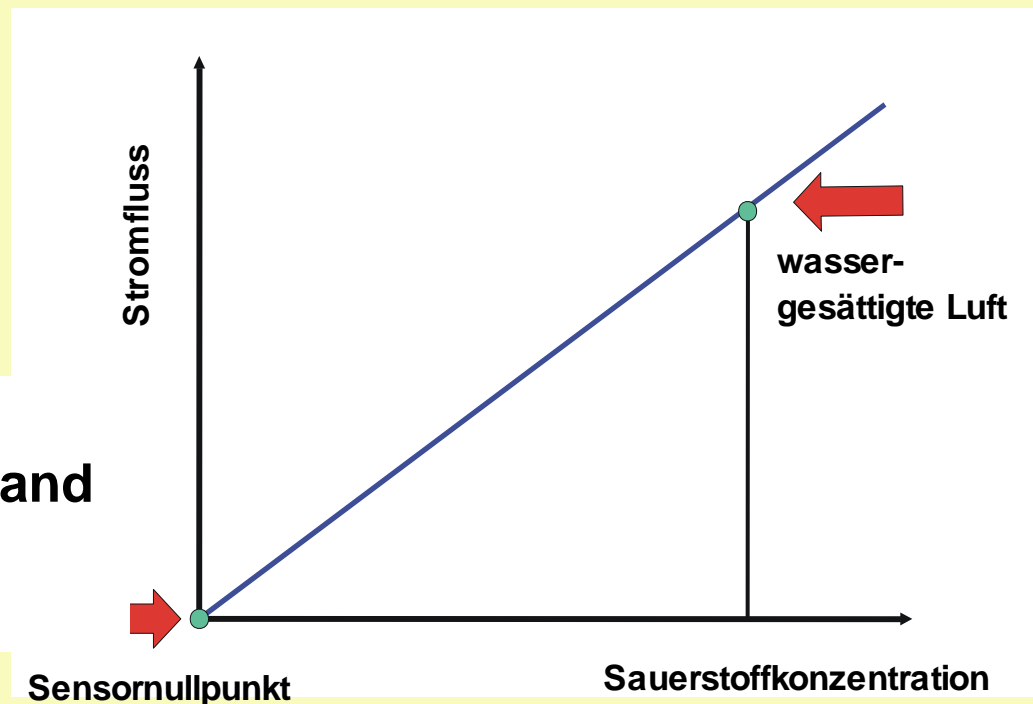


Kalibrierung

Durch Verbrauch der Elektrolytlösung (Elektrodenreaktionen) muss kalibriert werden.

Die Kalibrierung erfolgt an wasserdampfgesättigter Luft (Relativer Steilheitswert Basis für Berechnung der Messwerte) Durch Nullstromfreiheit (lineare Kalibrierfunktion) quasi Einpunktkalibrierung.

1. Punkt - Sensornullpunkt
2. Punkt - Gleichgewichtszustand - Sauerstoffpartialdruck in Flüssigkeit und Luft gleich.



Sensorreinigung

Selbstreinigung durch frei schwingende Aufhängung des Sensors

Abwischen bei Kalibrierung (Membrane trocknen)

Verschmutzung ergibt Minderbefunde oder geringere Steilheiten beim Kalibrieren.

Fette und Öle: Haushaltsspülmittellösungen (ca 50°C) .

Kalk- und Eisenoxidablagerungen: Essig- oder Zitronensäure (5-10%)

Regenerieren des Sensors

Meldung: Steilheit $S < 0,6$

Ursache: Elektrolytlösung verbraucht, Goldkathode verbleit oder versilbert, Referenzelektrode vergiftet, Membran beschädigt oder verschmutzt.

Massnahme: Elektrodenreinigung, Elektrolyt- und Membrankopfwechsel !