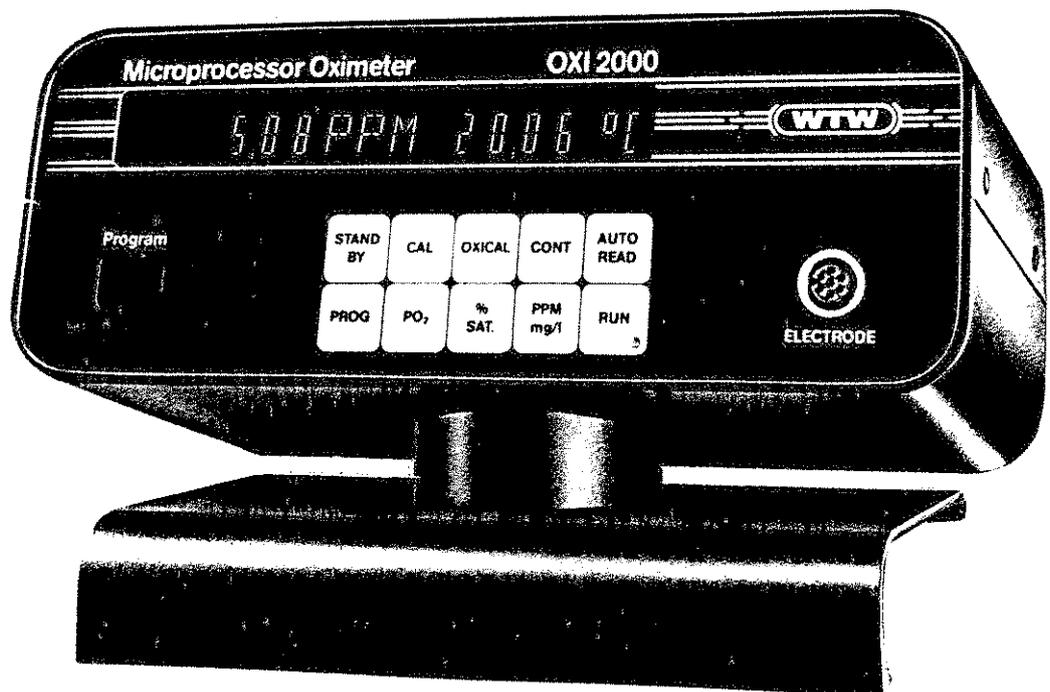


*Mikroprozessor-Hochleistungs-Sauerstoffmessgerät*

## Oxi 2000



**WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE WERKSTÄTTEN G. M. B. H.**

Dr. rer. nat. K. Slevogt · D-8120 Weilheim i. OB · Trifthofstraße 57a · ☎ (08 81) 183-0 · Teletex 881 803

## Wichtige Hinweise für den Benutzer

### ACHTUNG!

=====

Unbedingt lesen, bevor das Gerät in Betrieb genommen wird.

Dieses Gerät ist gemäß DIN 57 411 Teil 1/VDE 0411 Teil 1/IEC-Publikation 348/, Sicherheitsbestimmungen für elektronische Meßgeräte, gebaut und geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muß der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Gebrauchsanweisung enthalten sind.

1. Das Gerät ist in Schutzklasse I ausgelegt.
2. Das Gerät ist für Verwendung in Innenräumen bestimmt. Es kann darüber hinaus ohne Beeinträchtigung seiner Sicherheit, gelegentlich Temperaturen zwischen +5°C und -10°C ausgesetzt werden.
3. Vor dem Einschalten ist sicherzustellen, daß die am Gerät angegebene Betriebsspannung und die Netzspannung übereinstimmen.
4. Der Netzstecker darf nur in eine Steckdose mit Schutzkontakt eingeführt werden. Die Schutzwirkung darf nicht durch eine Verlängerungsleitung ohne Schutzleiter aufgehoben werden.

#### 5. Warnung!

Jegliche Unterbrechung des Schutzleiters innerhalb oder außerhalb des Gerätes oder Lösen des Schutzleiteranschlusses kann dazu führen, daß das Gerät gefahrbringend wird. Auf keine Fall darf der Schutzleiter absichtlich unterbrochen werden!

6. Beim Öffnen von Abdeckungen oder Entfernen von Teilen, außer wenn dies von Hand möglich ist, können spannungsführende Teile freigelegt werden, solange das Gerät angeschlossen ist. Auch können Anschlußstellen spannungsführend sein.

Vor einem Abgleich, einer Wartung, einer Instandsetzung oder einem Austausch von Teilen muß das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt sein.

Abgleich-, Wartungs- und Reparaturarbeiten an unter Spannung stehenden, geöffneten Geräten sind soweit möglich zu unterlassen. Wenn dennoch solche Arbeiten unvermeidbar sind, so darf dies nur durch eine Fachkraft geschehen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut ist.

7. Wenn anzunehmen ist, daß das Gerät nicht mehr gefahrlos betrieben werden kann, so ist es außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtliche Inbetriebnahme zu sichern.

Ein gefahrloser Betrieb muß angezweifelt werden,

- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen aufweist,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen,
- nach schweren Transportbeanspruchungen.

In allen Zweifelsfällen soll das Gerät grundsätzlich dem Hersteller (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH) zur Reparatur bzw. Wartung überstellt werden.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<u>1 Technische Daten, Liste der Programme</u>	1/1
<u>2 Bedienungselemente</u>	2/1
2.1 Geräterückseite	2/1
2.2 Gerätevorderseite	2/2
2.2.1 Buchse	2/2
2.2.2 Anzeigen	2/2
2.2.3 Tastenfeld	2/2
2.3 Extender	2/4
2.3.1 Tasten mit Einzelfunktionen	2/4
2.3.2 Tasten mit Doppelfunktionen	2/5
2.3.2.1 Primärfunktionen (obere Beschriftung)	2/5
2.3.2.2 Sekundärfunktionen (untere Beschriftung)	2/5
<u>3 Meßarten</u>	3/1
3.1 Sauerstoffmeßgerät OXI 2000	3/1
3.1.1 O <sub>2</sub> -Messung mit OxiCal <sup>R</sup> -Schnelleichung	3/1
3.1.2 Konventionelle Eichung mit luftge- sättigtem Wasser (Programm CAL)	3/5
3.1.3 Erläuterungen zur Meßwertverarbeitung	3/6
3.1.4 Automatische Regenerieranzeige (AUTO REG <sup>R</sup> )	3/10
3.2 Sauerstoffmeßgerät OXI 2000 mit Extender	3/11
3.2.1 Eingabe von Grenzwerten (Programm 0)	3/11
3.2.2 Eingabe des Elektrodentyps (Programm 1)	3/12
3.2.3 Eichung der Elektrode gegen einen titrierten Wert (Programm 2)	3/14

	Seite
3.2.4 Zweipunkt-Eichung (Programm 3)	3/15
3.2.5 Eingabe von Temperaturkoeffizienten (Programm 4)	3/16
3.2.6 Bestimmung der individuellen Temperatur- koeffizienten einer Elektrode (Programm 5)	3/18
3.2.7 Messung mit beliebigen Sauerstoff- sättigungstabellen (Programm 6)	3/22
3.2.8 Messung der Sauerstoffkonzentration mit Salzgehaltskorrektur (Programm 7)	3/27
<u>4 Funktionsbeschreibung</u>	
4.1 Gerätekonzept und Ausbaumöglichkeiten	4/1
4.2 Inbetriebnahme des Gerätes, AUTO TEST	4/2
4.3 Netzausfallsicherung	4/2
4.4 Simultane Temperaturanzeige und Temperaturkompensation	4/3
4.5 Benutzerführung	4/4
4.6 Meßwerterfassung (AUTO READ/CONT)	4/5
4.7 Doppelprogrammtechnik	4/7
4.8 Auslieferungszustand, RESET-Taste	4/7
4.9 Arbeiten mit Drucker	4/9
<u>5 Fehlermeldungen und Auswechseln der Sicherungen</u>	5/1
<u>6 Beschreibung OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäß Modell PE/OXI</u>	6/1
6.1 Grundsätzliches zur Eichung von membranbedeckten Sauerstoffelektroden	6/1
6.2 Aufbau des OxiCal <sup>R</sup> -Eichgefäßes	6/2
6.3 Füllen des OxiCal <sup>R</sup> -Gefäßes	6/4
6.4 Eichung von Sauerstoffelektroden mit OxiCal <sup>R</sup> -Gefäß	6/5
6.5 Bodenplatte Bo/OxiCal	6/5

<u>7</u>	<u>Sauerstoffelektrode TriOx<sup>R</sup> EO 200</u>	7/1
7.1	Technische Daten	7/1
7.2	Aufbau des TriOx <sup>R</sup> -Dreielektrodensystems	7/2
7.3	Betrieb	7/2
7.3.1	Polarisation	7/2
7.3.2	Eichung	7/2
7.3.3	Standzeit einer Füllung, AUTO REG <sup>R</sup> -Schaltung	7/2
7.3.4	Lagerung	7/4
7.3.5	Wechsel der Elektrolytart	7/4
7.3.5.1	Umstellung von ELY/N auf ELY/S	7/4
7.3.5.2	Umstellung von ELY/S auf ELY/N	7/6
7.4	Wartung	7/7
7.4.1	Wechsel des Membrankopfes (WP 90)	7/7
7.4.2	Reinigung des Elektrodensystems	7/7
7.4.2.1	Silber-Gegenelektrode	7/7
7.4.2.2	Reinigung der Arbeitselektrode	7/9
<u>8</u>	<u>Zubehörumfang</u>	8/1
8.1	Trichterset TS 19	8/2
8.1.1	Arbeiten mit Karlsruher Flaschen	8/2
8.1.2	Arbeiten mit NS 19 - Schliffflaschen	8/2
8.2	Rührzusatz RZ 90	8/3
8.2.1	Montage	8/3
8.2.2	Positionierung der Sauerstoffelektrode und Einregeln des Magnetrührers	8/4
8.2.3	Serienmessungen	8/4

## 1 Technische Daten

### Mikroprozessor-Sauerstoffmeßgerät OXI 2000

Meßgrößen	mg O <sub>2</sub> /l - % Sättigung - O <sub>2</sub> -Partialdruck-Temperatur
Anzeigen	Fluoreszenzanzeigen grün, 16-stellig/16 Segmente, Ziffernhöhe 13 mm Programmanzeige grün, 2-stellig/7 Segmente, Ziffernhöhe 8 mm
Meßbereiche/ Genauigkeit	mg O <sub>2</sub> /l: 0 ... 80.00/± 0.1% vom Meßwert + 1 Digit % Sättigung: 0 ... 700.0%/± 0.1% vom Meßwert + 1 Digit O <sub>2</sub> -Partialdruck: 0 ... 1500 mbar/± 0.1% vom Meßwert + 2 mbar Temperatur: 0 ... 50.00 °C/± 0.2 K Anzeige parallel zur Sauerstoffmessung
Temperatur- kompensation	automatisch von 0 ... 50°C
Druckkompensation	automatisch von 800 ... 1100 mbar
Analogausgänge	0 ... 2 V je Meßbereichsumfang ... 10 mV/°C, Meßwerterneuerung 1.5/Sekunde
Druckerausgang	Serienmäßige WTW-Schnittstelle für Drucker P 2000
Meßschaltung	Potentiostatisch (wahlweise 3 Elektrodensystem oder 2 Elektrodensystem
Polarisation	Standardelektrolyt: 790 ± 10 mV Elektrolyt sulfidfest: 700 ± 5 mV
O <sub>2</sub> -Sättigungs- funktion	nach DIN 38408 - G 22* oder frei wählbar
Maße/Gewicht	(B) 305 x max (H) 185 x (T) 205 mm ... 4.2 kg
Energie- versorgung	220 V ± 10%
Schutzklasse/ Isolations- gruppe	I nach VDE 0411 ... B nach VDE 0110
Klimaklasse	2 nach VDI/VDE 3540, Prüfung nach DIN 40 060, Blatt 5
Softwarestand	70 A, 80 A

\* Entwurf November 1984

Extender E 2000

Steuergerät zum Arbeiten mit Programmen der erweiterten Sauerstoffmessung (8 Programme).

Tastenfeld (Folientastatur) mit 4 x 5 Tasten.

Liste der Programme

Name bzw. Nr.	Beschreibung	OXI 2000	OXI 2000 + Extender
------------------	--------------	----------	------------------------

Basisprogramme

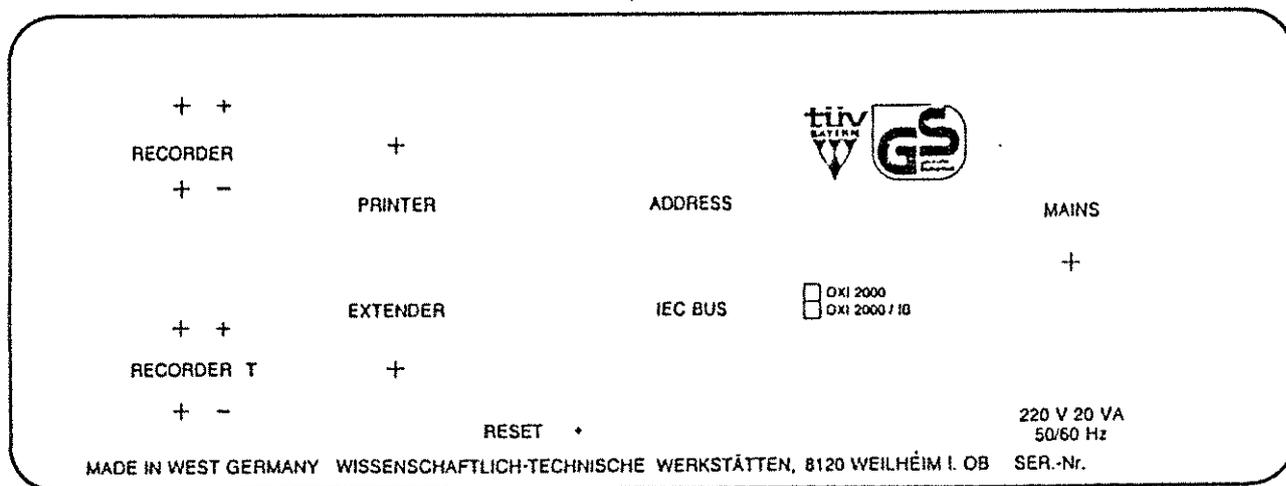
OXICAL	OxiCal <sup>R</sup> -Schnelleichung mit Lufteichgefäß PE/OXI	x	x
CAL	Konventionelle Eichung mit luftgesättigtem Wasser	x	x
PO <sub>2</sub>	Messung des Sauerstoff- partialdrucks	x	x
% SAT.	Messung der prozentualen Sauerstoffsättigung	x	x
PPM mg/l	Messung der Sauerstoff- massenkonzentration	x	x

Extenderprogramme zur erweiterten Sauerstoffmessung

0	Eingabe von Grenzwerten		x
1	Eingabe des Elektrodentyps		x
2	Eichung der Elektrode gegen einen titrierten Wert		x
3	Zweipunkt-Eichung		x
4	Eingabe von Koeffizienten für die Temperaturkompensation		x
5	Bestimmung der individuellen Temperaturkoeffizienten einer O <sub>2</sub> -Elektrode		x
6	Messung mit beliebigen Sauerstoff- sättigungstabellen		x
7	Messung der Sauerstoffkonzentration mit Salzgehaltskorrektur		x

## 2 Bedienungselemente

### 2.1 Geräterückseite

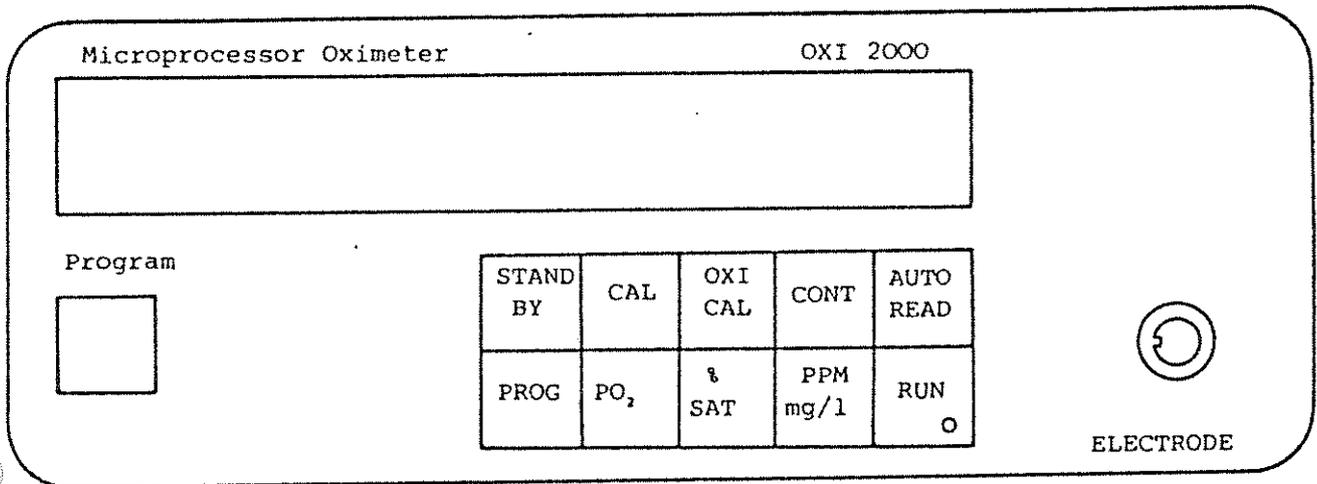


RECORDER	Schreiberanschluß für Sauerstoffmessungen
RECORDER T	Schreiberanschluß für Temperaturmessungen
PRINTER	Druckeranschluß (Drucker P 2000)
EXTENDER	Extenderanschluß (Extender E 2000)
RESET	RESET-Taste
ADDRESS	Geräteadresse für IEC-Bus
IEC-BUS	IEC-BUS-Schnittstelle
MAINS	Netzschalter

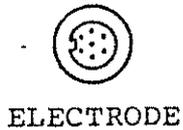
220 V 20 VA  
50/60 Hz      Netzanschluß

OXI 2000      } Typenbezeichnung  
OXI 2000/IB } (Ausbaustufe, Markierung durch roten Punkt)

## 2.2 Gerätevorderseite

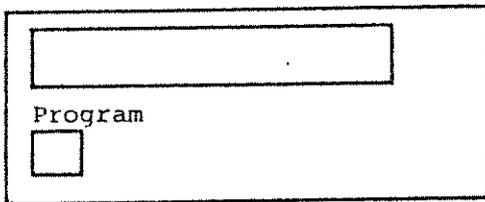


### 2.2.1 Buchse



Anschlußbuchse für Sauerstoffelektrode

### 2.2.2 Anzeigen



Anzeige für Meßwertausgabe und Benutzerführung

Anzeige für die Programmnummer

### 2.2.3 Tastenfeld

STAND BY	CAL	OXI CAL	CONT	AUTO READ
PROG	PO <sub>2</sub>	% SAT	PPM mg/l	RUN ○

STAND BY

Betriebsart für Arbeitspausen oder für die Polarisationszeit der Elektrode.  
Auf der Anzeige erscheint STAND BY

CAL

Eichung unter Verwendung von luftgesättigtem Wasser

OXICAL

OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung mit Lufteichgefäß PE/OXI

CONT

Wahl der Betriebsart für die Meßwernerfassung.

AUTO READ

(Betriebsart AUTO READ maximal bis 40°C einsetzen)

PROG

Umschalten auf die Extendertastatur bzw. Aufruf des vorgewählten Extenderprogramms.

PO<sub>2</sub>

Messung des Sauerstoffpartialdrucks.

%  
SAT.

Messung der prozentualen Sauerstoffsättigung.

PPM  
mg/l

Messung der Sauerstoffmassenkonzentration

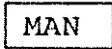
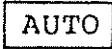
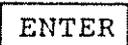
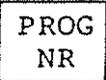
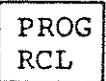
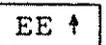
RUN 

Neustart eines aus meßtechnischen Gründen angehaltenen Programms. Dieser Status wird durch Aufleuchten der LED der RUN-Taste angezeigt. Es gilt in der Regel, daß bei erleuchteter LED die RUN-Taste betätigt werden muß.

## 2.3 Extender

Der Extender E 2000 ist als Steuergerät für alle WTW-Geräte der Serie 2000 vorgesehen. Sein Tastenfeld enthält daher auch Funktionen für andere Meßgeräte aus dieser Gerätelinie, die für das OXI 2000 ohne Bedeutung sind.

### 2.3.1 Tasten mit Einzelfunktionen

Taste	Funktion			
	} Ohne Bedeutung für OXI 2000.			
				
	Neustart eines aus meßtechnischen Gründen angehaltenen Programms. Dieser Status wird durch das Aufleuchten der LED der RUN-Taste angezeigt. Ein typischer Grund für einen vorübergehenden Programmstopp ist z.B. die Notwendigkeit zum Eintauchen einer Elektrode in eine Meßlösung. Es gilt der Grundsatz, daß bei erleuchteter LED die RUN-Taste betätigt werden muß, um das Programm weiterarbeiten zu lassen.			
	Übernahme von Daten in den Gerätespeicher.			
	Wahl eines Extenderprogramms. Diesem Befehl folgt immer eine Extenderprogramm-Nummer und der ENTER-Befehl.			
	Sprung zum Beginn des gerade aufgerufenen Programms.			
	Löschen einer falschen Eingabe.			
	Darstellung einer Zahl in Exponentialform zur Basis 10, z.B. erfordert die Zahl $1 \cdot 10^{-5}$ die Tastenfolge			
				

## 2.3.2 Tasten mit Doppelfunktionen

### 2.3.2.1 Primärfunktionen (obere Beschriftung)

<u>Taste</u>	<u>Funktion</u>				
<table border="1"><tr><td>0</td></tr><tr><td>/m</td></tr></table> bis <table border="1"><tr><td>9</td></tr><tr><td>g/l</td></tr></table>	0	/m	9	g/l	Eingabe von Ziffern.
0					
/m					
9					
g/l					
<table border="1"><tr><td>NO DIM</td></tr></table>	NO DIM	Eingabe des Kommas von Dezimalzahlen. Bei Zahlen mit einem Absolutbetrag (z.B. 0.5 oder -0.9) muß die Null vor dem Komma nicht eingetippt werden, d.h. es genügt die Eingabe als .5 bzw. -.9.			
NO DIM					
<table border="1"><tr><td>-</td></tr></table>	-	Darstellung einer negativen Zahl.			
-					

### 2.3.2.2 Sekundärfunktionen (untere Beschriftung)

Die sekundären Funktionen der Tasten (z.B. %, /m oder mol/l) sind für das OXI 2000 ohne Bedeutung.

### 3 Meßarten

Für die in Kapitel 3 beschriebenen Meßarten muß das System OXI 2000 in jeweils folgender Ausbaustufe eingesetzt werden:

Meßproblem	Programme	Ausbaustufe,	zu bestellen als
O <sub>2</sub> -Messung	Basisprogramme CAL, OXICAL, PO <sub>2</sub> , % SAT und PPM (mg/l)	Basisgerät	OXI 2000
erweiterte O <sub>2</sub> -Messung	Extender- programme 0 - 7	Basisgerät + Extender	OXI 2000 + E 2000

#### 3.1 Sauerstoffmeßgerät OXI 2000

##### Sauerstoffelektrode und Elektrolytfüllung

Das OXI 2000 (ohne Extender) ist im Auslieferungszustand für den Einsatz der Sauerstoffelektrode EO 200 unter Verwendung der Standard-Elektrolytlösung ELY/N programmiert. Diese Elektrode wird betriebsbereit gefüllt ausgeliefert und kann daher ohne weitere Vorbereitungen an das Meßgerät angeschlossen werden.

Die Umstellung des Gerätes auf den Sonderelektrolyten ELY/S (Messungen in sulfidbelastetem Wasser) bzw. auf andere Elektroden erfolgt über Programm 1. Hierzu ist der Extender E 2000 erforderlich.

##### 3.1.1 O<sub>2</sub>-Messung mit OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung (Programme OXICAL, PPM, % SAT und PO<sub>2</sub>)

Das OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichverfahren verwendet als Eichmedium wasserdampfgesättigte Luft, die im Lufteichgefäß PE/OXI hergestellt wird (vgl. S. 3/2). Das Gerät mißt in diesem Medium das Elektrodensignal und setzt es mit dem Sauerstoffpartialdruck ins Verhältnis. Damit ist die Kennlinie der O<sub>2</sub>-Elektrode vollständig bestimmt (Einpunkteichung). Der früher übliche zweite

Eichpunkt entfällt, da alle für das OXI 2000 vorgesehenen O<sub>2</sub>-Sensoren nullstromfrei sind. Eine Eingabe des atmosphärischen Gesamtdrucks (Luftdruck) - dieser ist notwendig zur Berechnung des O<sub>2</sub>-Partialdrucks - ist nicht erforderlich, da er vom Gerät mit Hilfe eines eingebauten Drucksensors automatisch gemessen wird (AUTO BAR - Funktion). Die Meßwerterfassung erfolgt automatisch, d.h. nach Betätigen der RUN-Taste werden Elektroden- und Temperatursignal fortlaufend überprüft und erst dann angenommen, wenn stabile Werte vorliegen. Bis zu diesem Zeitpunkt erscheint WAIT.

Beachten Sie bitte, daß die Elektrode vor Durchführung der Eichung die Temperatur des Eichgefäßes (im allgemeinen Raumtemperatur) haben muß. Befinden sich Elektrode und Eichgefäß auf unterschiedlichen Temperaturen, muß deshalb bis zur vollen Temperaturanpassung gewartet werden.

Die von WTW entwickelte OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung (deutsches und europäisches Patent angemeldet) vereinigt die Vorteile eines Präzisionsverfahrens mit besonderer Anwenderfreundlichkeit. Jeglicher Aufwand bei der Bereitung des Eichmediums entfällt, da wasserdampfgesättigte Luft vom Eichgefäß PE/OXI fortlaufend zur Verfügung gestellt wird. Partialdruckfehler (z.B. durch unzureichende Wasserdampfsättigung) werden durch das Funktionsprinzip des Gefäßes ausgeschlossen. Zwei wesentliche Fehlerquellen des konventionellen Eichverfahrens in luftgesättigtem Wasser (unzureichende Anströmung der Elektrode bzw. Unsicherheit über den Sättigungszustand des Wassers) entfallen. Besondere Erfahrungen im Umgang mit O<sub>2</sub>-Meßgeräten sind für die Anwendung des Verfahrens nicht erforderlich.

## Eichung

- Vorbereitung:
- OXI 2000 einschalten und AUTO TEST abwarten
  - Sauerstoffelektrode anschließen und Polarisation abwarten (30-45 Minuten; bei eingeschaltetem Gerät wird in allen Betriebsarten dauerpolarisiert).
  - Wässerungskappe von der Elektrode entfernen (an der Membran haftendes Wasser vorsichtig abtupfen).
  - Verschlußbolzen des OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäßes PE/OXI herausziehen und Verschlußschraube ca. 1/2 Umdrehung öffnen.
  - Elektrode bis zum Anschlag in das Lufteichgefäß einführen und Verschlußkappe zudrehen.

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000

OXICAL

Benutzerführung:

Anzeige	Bediener	
	Arbeitsschritt	Taste
AIR	Eichmedium Luft ("AIR") quittieren	RUN
WAIT nach kurzer Zeit S xyz *	- Elektrodensteilheit quittieren	- RUN
READY		

Die Eichung ist beendet.

\* Mit "S" wird die relative Elektrodensteilheit angegeben (Erläuterungen vgl. Kapitel 3.1.3).

## Messung

- Vorbereitung: - Verschußschraube des Lufteichgefäßes 1/2 Umdrehung öffnen, Elektrode herausziehen und Eichgefäß mit Verschußbolzen verschließen
- Elektrode in Meßgut eintauchen (mindestens bis zur vollständigen Bedeckung des Metallringes) und eine Anströmung der Membran von 30 ... 35 cm/s sicherstellen (konventioneller Magnetrührstab oder Rührzusatz RZ 90).

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000

	PPM mg/l	Massenkonzentration in mg/l (ppm)
oder	% SAT.	prozentuale Sauerstoffsättigung
oder	PO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> -Partialdruck im Meßgut

Das Gerät ist sofort meßbereit und zeigt die aufgerufene Meßgröße zusammen mit der Meßguttemperatur an. Jede Meßgröße kann wahlweise in der Betriebsart AUTO READ (automatische Meßwerterfassung) oder CONT (kontinuierliche Meßwerterfassung) erfaßt werden.

Messung in der Betriebsart AUTO READ:

- Taste AUTO READ betätigen. Die augenblickliche Anzeige wird "eingefroren" und die LED der RUN-Taste leuchtet auf (Pfeifton).
- Taste RUN betätigen, die LED verlischt und das Gerät antwortet mit WAIT. Nach Vorliegen stabiler Meßwerte werden Meßgröße und Temperatur angezeigt und sofort "eingefroren" (Pfeifton, LED der RUN-Taste leuchtet wieder auf, das Gerät ist bereit für die nächste Messung).

Messung in der Betriebsart CONT:

- Taste der gewünschten Meßgröße betätigen. Die LED der RUN-Taste verlischt und Temperatur und Meßgröße werden kontinuierlich - d.h. mit allen Meßwertschwankungen - angezeigt.

Messungen in der Betriebsart AUTO READ sind nur bis zu einer Meßguttemperatur von max. 40°C möglich.

### 3.1.2 Konventionelle Eichung mit luftgesättigtem Wasser (Programm CAL)

---

Für die konventionelle Eichung wird als Eichmedium luftgesättigtes Wasser verwendet, dessen Herstellung am besten nach DIN 38 408 - G 22 erfolgt (Einrühren von atmosphärischer Luft in Wasser über Nacht, d.h. über ca. 15 h). In allen weiteren Punkten arbeitet das Gerät analog zu Kapitel 3.1.1, insbesondere erfolgen Luftdruckkorrektur und Meßwerterfassung auch hier automatisch. Als Eichprogramm wird CAL anstelle von OXICAL aufgerufen.

#### Eichung

- Vorbereitung:
- OXI 2000 einschalten und AUTO TEST abwarten
  - Sauerstoffelektrode anschließen und Polarisation abwarten (5-10 Minuten; bei eingeschaltetem Gerät wird in allen Betriebsarten dauerpolarisiert).
  - Wasserkappe von der Elektrode entfernen.
  - Elektrode in luftgesättigtes Wasser eintauchen (mindestens bis zur vollständigen Bedeckung des Metallringes) und eine Anströmung der Membran von 30 - 35 cm/s sicherstellen (konventioneller Magnetrührstab oder Rührzusatz RZ 90).

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000 CAL

Benutzerführung:

Anzeige	Arbeitsschritt	Bediener Taste
SAT H2O	Eichmedium Wasser ("SAT H2O") quittieren	RUN
WAIT nach kurzer Zeit S xyz *	- Elektrodensteilheit quittieren	- RUN
READY		

Die Eichung ist beendet.

\* Mit "S" wird die relative Elektrodensteilheit angegeben  
(Erläuterungen vgl. Kapitel 3.1.3).

## Messung

Die Messung erfolgt wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben.

### 3.1.3 Erläuterungen zur Meßwertverarbeitung

#### Grundlagen

Die Anwesenheit von physikalisch gelöstem Sauerstoff in Wasser macht sich durch den sog. Sauerstoffpartialdruck  $p_{O_2}$  bemerkbar. Ist Wasser mit atmosphärischer Luft gesättigt, zeigt es denselben Partialdruck wie wasserdampfgesättigte Luft selbst (Gleichgewichtsbedingung). Dieser Wert ergibt sich aus Gleichung 1.

$$1 \quad p_{O_2}'(p_L, \mathcal{T}) = (p_L - p_w(\mathcal{T})) \cdot X_{O_2}$$

$p_{O_2}'(p_L, \mathcal{T})$  Sauerstoffpartialdruck wasserdampfgesättigter Luft bzw. luftgesättigten Wassers beim Luftdruck  $p_L$  und der Temperatur  $\mathcal{T}$

$p_w(\mathcal{T})$  Wasserdampfpartialdruck bei der Temperatur  $\mathcal{T}$

$X_{O_2}$  Molenbruch des Sauerstoffs in trockener Luft  
( $X_{O_2} = 0.2095$ )

Befindet sich das Wasser nicht im Gleichgewicht mit Luft (ist es also unter- oder übersättigt), zeigt es einen wirksamen  $O_2$ -Partialdruck  $p_{O_2}$ , der durch den Sauerstoffsättigungsindex  $s(p_L, \mathcal{T})$  erhalten wird (Gleichung 2, bei Sättigung ist  $s(p_L, \mathcal{T}) = 1$ ).

$$2 \quad p_{O_2} = s(p_L, \mathcal{T}) \cdot p_{O_2}'(p_L, \mathcal{T}) = s(p_L, \mathcal{T}) \cdot (p_L - p_w(\mathcal{T})) X_{O_2}$$

Die Massenkonzentration des Sauerstoffs in Wasser ergibt sich aus Gleichung 3.

$$3 \quad c(\mathcal{T}) = \frac{p_{O_2}}{X_{O_2} (p_N - p_w(\mathcal{T}))} \cdot c_s(p_N, \mathcal{T})$$

Dabei ist  $c_s(p_N, \mathcal{T})$  die sog. Sauerstoffsättigungskonzentration beim Normaldruck  $p_N = 1013$  mbar und der Temperatur  $\mathcal{T}$ . Sie ist identisch mit dem Inhalt der allgemein bekannten Sauerstoffsättigungstabellen. Gleichung 3 kann als eine Sonderform des Henry'schen Gesetzes angesehen werden, wobei der Ausdruck

$$\frac{c_s(p_N, \mathcal{T})}{x_{O_2}(p_N - p_w(\mathcal{T}))}$$

die temperaturabhängige Proportionalitätskonstante (Löslichkeitsfunktion) bedeutet. Sie gibt an, welche Sauerstoffkonzentration (in mg/l) pro Einheit des  $O_2$ -Partialdrucks (in mbar) in Wasser entsteht. Dieser Ausdruck ist in folgender Beziehung mit dem Bunsen'schen Absorptionskoeffizienten  $\alpha(\mathcal{T})$  verknüpft

$$4 \quad \frac{c_s(p_N, \mathcal{T})}{x_{O_2}(p_N - p_w(\mathcal{T}))} = \frac{\alpha(\mathcal{T}) \cdot M_{O_2}}{p_N \cdot V_M},$$

wobei  $M_{O_2}$  die Molmasse von Sauerstoff und  $V_M$  das Molvolumen bedeuten.

#### Eichung

Nach Betätigen der RUN-Taste mißt das Gerät das Elektrodensignal (Strom) und vergleicht es mit dem Sauerstoffpartialdruck, der nach Gleichung 1 für die herrschenden Bedingungen von Luftdruck  $p_L$  und Temperatur  $\mathcal{T}$  erhalten wird. Damit erhält es ein Steilheitsmaß für die Elektrodenkennlinie, mit dem es grundsätzlich in der Lage ist, Meßströme in Einheiten von  $p_{O_2}$  umzurechnen (vgl. Gleichung 5,  $F(p_L, \mathcal{T})$  ist dabei eine Eichfunktion, mit der auch die Temperaturkompensation der Membran erfolgt).

$$5 \quad p_{O_2} = I(\mathcal{T}) \cdot F(p_L, \mathcal{T})$$

Gleichzeitig stellt es einen Vergleich an zwischen dem tatsächlichen Meßwert und dem durchschnittlichen Sättigungsstrom des jeweiligen Elektrodentyps nach Neufüllung (Nennstrom).

Das Ergebnis dieses Vergleiches wird als relative Steilheit S ausgegeben.

Beispiel: Für die EO 200 gilt ein durchschnittlicher Sättigungsstrom von 1.8  $\mu$ A bei 20°C und 1013 mbar. Ergibt die Messung einen Wert von 1.75  $\mu$ A, wird S gemäß folgender Gleichung berechnet:

$$6 \quad S = \frac{1.75}{1.8} = 0.972,$$

d.h. die Steilheit beträgt 97.2% des Nennwertes. Vom Rechner werden nur Werte angenommen, die im Bereich 0.7 ... 1.2 liegen, d.h. er läßt bis 30% Minder- bzw. 20% Übersteilheit zu. In der Praxis kann der Wert von S dazu dienen, um grob den Erschöpfungszustand des Elektrolyten abzuschätzen, da S mit dessen Laufzeit abnimmt. Daraus folgt, daß für neu gefüllte Elektroden etwa S = 1 gefunden werden sollte.

#### Messung

Prozentuale Sauerstoffsättigung: Das Gerät mißt den Sensorstrom und ermittelt daraus nach Gleichung 5 den zugehörigen  $O_2$ -Partialdruck. Weiterhin berechnet es den gültigen Sättigungs- $O_2$ -Partialdruck nach Gleichung 1 und den in Gleichung 2 enthaltenen Sättigungsindex. Angezeigt wird der mit 100 (%) multiplizierte Wert dieser Größe (% SAT).

$\%$   
SAT.

#### Sauerstoffpartialdruck:

$PO_2$

Es wird unmittelbar der mit Gleichung 4 erhaltene Wert angezeigt.

Sauerstoffkonzentration: Der nach Gleichung 5 erhaltene Wert für  $p_{O_2}$  wird dazu verwendet, die Konzentration zu berechnen. Hierzu dient Gleichung 3, die nur - aus Gründen, die hier nicht von Interesse sind - geringfügig modifiziert wird (vgl. hierzu Programm 6). Der Konzentrationsberechnung liegt die im folgenden aufgeführte neue  $O_2$ -Sättigungstabelle nach DIN 38 408 - G 22 zugrunde.

PPM  
mg/l

		O <sub>2</sub> -Konzentration in mg/l										
Temperatur in °C												
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	
0	14.	64	60	55	51	47	43	39	35	31	27	23
1		23	19	15	10	06	03	.99	.95	.91	.87	.83
2	-13.	83	79	75	71	68	64	60	56	52	49	45
3		45	41	38	34	30	27	23	20	16	12	09
4		09	05	02	.98	.95	.92	.88	.85	.81	.78	.75
5	12.	75	71	68	65	61	58	55	52	48	45	42
6		42	39	36	32	29	26	23	20	17	14	11
7		11	08	05	02	.99	.96	.93	.90	.87	.84	.81
8	11.	81	78	75	72	69	67	64	61	58	55	53
9		53	50	47	44	42	39	36	33	31	28	25
10		25	23	20	18	15	12	10	07	05	02	.99
11	10.	99	97	94	92	89	87	84	82	79	77	75
12		75	72	70	67	65	63	60	58	55	53	51
13		51	48	46	44	41	39	37	35	32	30	28
14		28	26	23	21	19	.17	15	12	10	08	06
15		.06	04	02	.99	.97	.95	.93	.91	.89	.87	.85
16	9.	85	83	81	70	76	74	72	70	68	66	64
17		64	62	60	58	56	54	53	51	49	47	45
18		45	43	41	39	37	35	33	31	30	28	26
19		26	24	22	20	19	17	15	13	11	09	08
20		08	06	04	02	01	.99	.97	.95	.94	.92	.90
21	8.	90	88	87	85	83	82	80	78	76	75	73
22		73	71	70	68	66	65	63	62	60	58	57
23		57	55	53	52	50	49	47	46	44	42	41
24		41	39	38	36	35	33	32	30	28	27	25
25		25	24	22	21	19	18	16	15	14	12	11
26		11	09	08	06	05	03	02	00	.99	.98	.96
27	7.	96	95	93	92	90	89	88	86	85	83	82
28		82	81	79	78	77	75	74	73	71	70	69
29		69	67	66	65	63	62	.61	59	58	57	55
30		55	54	53	51	50	49	48	46	45	44	42
31		42	41	40	39	37	36	35	34	32	31	30
32		30	29	28	26	25	24	23	21	20	19	18
33		18	17	15	14	13	12	11	09	08	07	06
34		06	05	04	02	01	00	.99	.98	.97	.96	.94
35	6.	94	93	92	91	90	89	88	87	85	84	83
36		83	82	81	80	79	78	77	75	74	73	72
37		72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	61
38		61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
39		51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
40		41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31

Werte der Sauerstoffkonzentration in luftgesättigtem Wasser für Normalluftdruck (1013 mbar) in Abhängigkeit von der Temperatur nach DIN 38408 - G 22, Entwurf November 1984

### Sonderhinweis zur OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung

Das Verfahren geht davon aus, daß die Eichung einer Sauerstoffelektrode in der Zuordnung eines Meßstromes zu einem bestimmten O<sub>2</sub>-Partialdruck besteht, und daß dieser Partialdruck genauso gut in wasserdampfgesättigter Luft wie in luftgesättigtem Wasser gemessen werden kann, da beide Medien physikalisch gleichwertig sind. Meßtechnisch gesehen besteht jedoch ein geringfügiger Unterschied, der sich dadurch bemerkbar macht, daß das "Luftsignal" geringfügig größer als das "Wassersignal" ist, bei 20°C beträgt der Unterschied 1.7%. Das Gerät eicht die O<sub>2</sub>-Elektrode also bei Verwendung der OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung auf 101.7%, beim konventionellen Verfahren auf 100%. Man findet demnach eine Anzeige von 101.7, wenn man nach vollzogener Eichung den Sensor im PE/OXI-Eichgefäß beläßt und % SAT abrufen. Setzt man die Elektrode luftgesättigtem Wasser aus und sorgt für genügende Anströmung, geht die Anzeige auf den Sollwert von 100.0 ± 3 Digits zurück.

#### 3.1.4 Automatische Regenerieranzeige (AUTO REG<sup>R</sup>)

Die Elektrolytfüllung einer membranbedeckten amperometrischen O<sub>2</sub>-Sonde wird während des Betriebes langsam verändert, weil fortlaufend Halogenid-Ionen verbraucht und durch OH<sup>-</sup>-Ionen ersetzt werden. Nach völligem Verbrauch des Halogenidvorrates muß die Elektrode neu gefüllt werden (Regenerierung).

Betrieibt man das OXI 2000 mit der TriOx<sup>R</sup>-Elektrode EO 200, wird der Zeitpunkt der Erschöpfung automatisch angezeigt, in der Anzeige erscheint REG ELECTRODE und der Meßbetrieb wird unterbrochen.

Es ist dann wie folgt vorzugehen:

- Elektrode vom Gerät abstecken und nach Bedienungsanleitung neu füllen bzw. Elektrodenreinigung durchführen.
- Elektrode wieder anstecken, Taste STAND BY betätigen und Polarisationszeit abwarten.
- Elektrode neu eichen.

### 3.2 Sauerstoffmeßgerät OXI 2000 mit Extender

Im OXI 2000 stehen 8 Programme (Nr. 0 bis 7) für die erweiterte Sauerstoffmessung zur Verfügung, zu deren Anwendung der Extender E 2000 erforderlich ist.

#### Taste PROG

Vor dem Aufrufen eines Programmes muß die Taste PROG am OXI 2000 betätigt werden. Dadurch wird automatisch das "vorgewählte" Extenderprogramm aufgerufen, d.h. jenes, mit dem zuletzt gearbeitet wurde oder das noch vom Auslieferungszustand vorhanden ist (Programm 1). Gleichzeitig wird das Gerät auf Extenderbetrieb umgestellt, womit eine freie Programmwahl möglich wird. Dazu muß die Nummer des Programms eingegeben und mit ENTER quittiert werden.

#### Beispiel für Programmaufruf

Annahme: Es wurde zuletzt mit Programm 1 gearbeitet, Programm 5 soll aufgerufen werden.

Tastenfeld	Taste	Geräteantwort	
		Hauptanzeige	Anzeige für Programm-Nr.
OXI 2000	PROG	ELECTRODE TYPE	1
		nach kurzer Zeit TYPE 2	1
Extender	PROG NR	INPUT PROG	1
	5	5	1
	ENTER	INPUT START TEMP	5

INPUT START TEMP stellt den ersten Schritt des gewünschten Programms 5 dar.

#### 3.2.1 Eingabe von Grenzwerten (Programm 0)

Das Programm dient zur Eingabe von 6 Grenzwerten zu Überwachungszwecken. Überwachung bedeutet, daß für die Sauerstoffmessung in den Betriebsarten PO<sub>2</sub>, % SAT und PPM sowie für die Programme

6 und 7 je ein unterer (LOPO2, LOSAT, LOPPM) und ein oberer (HIPO2, HISAT, HIPPM) gesetzt werden kann, bei dessen Über- bzw. Unterschreitung das Gerät ein akustisches und optisches Warnsignal (Pfeifton und blinkende Anzeige) abgibt.

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000   
Tastensfeld Extender

Anzeige: LOPO2 (+ zuletzt eingegebener Wert)

Die 6 Parameter können mit ENTER in der Reihenfolge  
LOPO2, HIPO2, LOSAT, HISAT, LOPPM, HIPPM  
aufgerufen werden. Soll der bereits vorhandene Wert übernommen werden, so wird er mit ENTER quittiert, worauf der nächste in der Reihenfolge erscheint. Ist ein Wert neu zu setzen, so wird er mit der Extendertastatur eingegeben und mit ENTER überschrieben. Zur Kontrolle erscheinen die eingegebenen Ziffern in der Anzeige. Eingabefehler können mit CLR jederzeit (solange ENTER noch nicht betätigt ist) korrigiert werden. Nach dem letzten Parameter (HIPPM) erscheint READY. Zur Nachkontrolle kann mit PROG RCL zum Programmbeginn (LOPO2) zurückgesprungen und die Werteliste mit ENTER "durchgetastet" werden.

### 3.2.2 Eingabe des Elektrodentyps (Programm 1)

Das OXI 2000 ist im Auslieferungszustand für die TriOx<sup>R</sup>-Sauerstoffelektrode EO 200 unter der Verwendung des Standard-Elektrolyten ELY/N programmiert. Mit Programm 1 kann das Gerät auf andere Elektroden umgestellt werden. Bei dieser Umstellung wird der Inhalt eines bestimmten Arbeitsspeichers, der den Datensatz für Eichfaktor, Temperaturkompensation, Polarisationsspannung und Meßbereich enthält, gegen einen anderen ausgetauscht.

Im Detail erfolgt die Eingabe durch Aufruf einer Code-Nummer, die mit ENTER quittiert wird. Beachten Sie bitte, daß durch die Betätigung der ENTER-Taste automatisch der Standard-Datensatz des jeweiligen Elektrodentyps in den Arbeitsspeicher übernommen wird, womit z.B. eine Sondereichung nach Programm 5 verloren geht. Soll

der Programmaufruf also nur dazu dienen, um sich zu vergewissern, mit welchem Typ das Gerät gerade arbeitet, so darf ENTER nicht betätigt werden. Man verläßt das Programm durch Aufruf irgendeines Meßprogrammes (z.B. % SAT).

### Elektrodentypen

(Die Nummer des Typs ist jeweils identisch mit der einzugebenden Code-Nr.)

- Typ 1: O<sub>2</sub>-Elektrode EO 90 (nur mit einem zusätzlichen Adapter einsetzbar), Polarisationsspannung -790 mV
- Typ 2: TriOx<sup>R</sup>-Elektrode EO 200 mit Standard-Elektrolytfüllung ELY/N, Polarisationsspannung -790 mV
- Typ 4: TriOx<sup>R</sup>-Elektrode EO 200 mit Sonderelektrolyten ELY/S für Messungen in sulfidbelasteten Wässern, Polarisationsspannung -100 mV, vgl. Bedienungsanleitung EO 200.

Ist eine mit ELY/S gefüllte Elektrode am Gerät angeschlossen, darf niemals ein anderer Elektrodentyp als Nr. 4 eingegeben werden, weil dies zur Zerstörung des Elektrolyten führen würde.

Eine mit ELY/S gefüllte Elektrode wird bei Eichung und Messung genauso eingesetzt wie bei Verwendung des Standard-Elektrolyten.

### Typ 0, 3 und 5:

Diese Plätze erfüllen Hilfsfunktionen bzw. sind für spätere Entwicklungen reserviert

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000

Tastefeld Extender

Das Gerät zeigt den zuletzt gewählten Elektrodentyp an. Der Elektrodenwechsel erfolgt durch Eingabe der Typennummer und Quittieren mit ENTER. Soll der Elektrodentyp nicht gewechselt werden, genügt es, das nächste Arbeitsprogramm aufzurufen.

### 3.2.3 Eichung der Elektrode gegen einen titrierten Wert (Programm 2)

Dieses Programm bietet eine zusätzliche Methode zur Elektrodeneichung, die dabei nicht gegen einen Sättigungswert, sondern gegen einen bekannten Konzentrationswert erfolgt. Dieser Wert kann z.B. aus einer Titration nach dem Winkler-Verfahren oder aus anderen Quellen bekannt sein. Wichtig ist, daß das Eichwasser tatsächlich noch den vorher bestimmten Konzentrationswert hat, wenn es zur Eichung eingesetzt wird. Eine Konzentrationsverfälschung ist dann möglich, wenn der Konzentrationswert nach Maßgabe der Temperatur nahe an der Sättigungsgrenze lag und das Wasser zwischenzeitlich so weit erwärmt wurde, daß diese Grenze überschritten wird, da ab diesem Zeitpunkt mit O<sub>2</sub>-Verlusten zu rechnen ist.

Beispiel: Hat Wasser unter Normaldruck eine O<sub>2</sub>-Konzentration von 9.08 mg/l, so darf es nicht über 20°C erwärmt werden, da dies die Sättigungstemperatur für 9.08 mg/l ist. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, deutlich bei Untersättigungsbedingungen zu bleiben (u.U. kühlen).

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000 PROG  
Tastensfeld Extender PROG  
NR

#### Benutzerführung:

Anzeige	Arbeitsschritt	Bediener Taste
INPUT CONC	Eingabe des Konzentrationswertes in mg/l (ppm)	Tastensfeld Extender
Eingegebener Wert	Wert quittieren	ENTER
STANDARD	Elektrode in die Eichlösung eintauchen und ausreichend anströmen	RUN
WAIT	-	-
S xyz	Steilheit der Elektrode quittieren	RUN
READY		

Die Eichung ist beendet.

Messung

Die Messung kann in einem beliebigen Meßprogramm ausgeführt werden.

3.2.4 Zweipunkt-Eichung (Programm 3)

Die Zweipunkt-Eichung ist für Sonderfälle vorgesehen, bei denen O<sub>2</sub>-Elektroden eingesetzt werden, die im Bereich < 1% nicht nullstromfrei sind. Neben dem Eichpunkt für 100% Sättigung kann hier auch der Nullpunkt geeicht werden. Dafür wird eine sauerstofffreie Lösung (Nulllösung) benötigt, die durch Auflösen von Natriumsulfit (als Pulver oder in Tablettenform) in Leitungswasser unter Zusatz von Kobalt(II)chlorid hergestellt wird (vgl. DIN 38408 - G 22). Die Nulllösung ist in einem gut verschlossenem Gefäß ca. 3 Monate haltbar. Tabletten bzw. Pulver dürfen nur bei Temperaturen unter 30°C gelagert werden (Aufbewahrung im Kühlschrank).

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000    PROG  
 Tastenfeld Extender    PROG NR 3 ENTER

Benutzerführung:

Anzeige	Arbeitsschritt	Bediener Taste
ZERO STANDARD	Elektrode in Nulllösung tauchen (Temperatur 0...50°C)	RUN
WAIT	-	-
AIR	Bei Eichung im OxiCal <sup>R</sup> -Gefäß Eichmedium Luft ("AIR") quittieren oder: Zur Eichung in luftgesättigtem Wasser Eichmedium Wasser ("SAT H2O") mit RUN aufrufen und quittieren	ENTER
SAT H2O		RUN
SAT STANDARD	Elektrode in das OxiCal <sup>R</sup> -gefäß oder in luftgesättigtes Wasser eintauchen (bei Verwendung von Wasser Anströmung beachten)	ENTER
WAIT	-	-

Anzeige	Arbeitsschritt	Bediener Taste
S xyz	Steilheit der Elektrode quittieren	RUN
READY		

Die Eichung ist beendet.

### Messung

Die Messung kann in einem beliebigen Meßprogramm erfolgen.

### 3.2.5 Eingabe von Temperaturkoeffizienten (Programm 4)

Für die Temperaturkompensation der Elektrodenmembran (Temperaturabhängigkeit der O<sub>2</sub>-Permeabilität) verwendet das Meßgerät ein auf 1 normiertes Polynom 4. Ordnung, das durch einen Satz von 4 Koeffizienten (TC 1 bis TC 4) bestimmt ist. Im Auslieferungszustand erhält der entsprechende Speicher einen Koeffizientensatz, der das Verhalten einer "Durchschnittselektrode" mit der Nenntemperaturkennlinie wiedergibt. Abweichungen von diesem Durchschnittsverhalten können korrigiert werden, wenn die individuelle Temperaturkennlinie für das Einzelexemplar in Form seines Koeffizientensatzes bekannt ist. Für die experimentelle Bestimmung dieser Koeffizienten ist Programm 5 vorgesehen. Die dabei erhaltenen Werte werden automatisch abgespeichert und können über Programm 4 abgefragt oder geändert werden.

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000      
Tastefeld Extender

Benutzerführung:

Anzeige	Arbeitsschritt	Bediener
		Taste
INPUT TEMP COEFF nach kurzer Zeit TC 1 xyz	- Temperaturkoeffizient TC 1 eingeben	- Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert TC 2 xyz	Eingabe quittieren Temperaturkoeffizient TC 2 eingeben	ENTER Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert TC 3 xyz	Eingabe quittieren Temperaturkoeffizient TC 3 eingeben	ENTER Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert TC 4 xyz	Eingabe quittieren Temperaturkoeffizient TC 4 eingeben	ENTER Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert READY	Eingabe quittieren	ENTER

Sollen keine neuen Werte eingegeben, sondern nur die abgespeicherten abgefragt werden, wird die Datenliste einfach mit ENTER "durchgetastet". Das Betätigen von ENTER hat dabei zur Folge, daß der alte Wert automatisch quittiert und der nächste in der Liste aufgerufen wird. Soll z.B. nur TC 4 korrigiert werden, tastet man mit ENTER bis einschließlich TC 3 durch, korrigiert TC 4 und quittiert mit ENTER.

Die Eichung und Messung können mit jeweils einem beliebigen Verfahren ausgeführt werden.

### 3.2.6 Bestimmung der individuellen Temperaturkoeffizienten einer Elektrode (Programm 5)

---

Das Programm dient zur individuellen Bestimmung der Koeffizienten TC1 ... TC4 für die Temperaturkompensation einer O<sub>2</sub>-Elektrode (vgl. Erläuterungen zu Programm 4). Dem Gerät wird der für die Messung vorgesehene Temperaturbereich eingegeben, anschließend luftgesättigtes Wasser über das gewählte Temperaturintervall aufgeheizt oder abgekühlt und fortlaufend das Elektrodensignal gemessen. Das Programm nimmt dabei 11 gleichmäßig über den Temperaturbereich verteilte Meßwertepaare auf und berechnet daraus die Koeffizienten der Temperaturfunktion.

Zur exakten Durchführung des Verfahrens müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Das Aufheizen bzw. Abkühlen zum Durchlaufen des Temperaturintervalls kann beliebig geschehen (z.B. durch Abkühlen des vorher erhitzten Wassers auf Raumtemperatur, Verwendung von eiskühlten Bädern o.ä.). Wichtig ist, daß das Temperaturintervall nicht schneller als mit 1 K/Minute und möglichst gleichmäßig durchfahren wird.
- Das Wasser muß während des gesamten Meßvorgangs im Sättigungszustand gehalten werden. Durch ständiges Einblasen von Luft wird beim Aufheizen überschüssiger Sauerstoff ausgetrieben bzw. beim Abkühlen zusätzlicher Sauerstoff eingebracht.
- Die Wassertemperatur sollte zu Beginn der Messung etwa 5 K unterhalb (bei steigender Temperatur) bzw. oberhalb (bei fallender Temperatur) der Starttemperatur liegen (Vorbereitungstemperatur).
- Während der Messung muß für eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur in der Probe gesorgt werden (es genügt das Einblasen von Luft zur Sauerstoffsättigung in Verbindung mit der Anströmhilfe RZ 90).
- An der Membran haftende Luftblasen müssen entfernt werden, am besten durch Verwendung des Rührzusatzes RZ 90.

- Das Temperaturintervall darf nicht weniger als 10 K betragen.
- Bei voller Ausnutzung des Temperaturkompensationsbereiches (obere Temperatur = 50°C) sollte die Elektrode nur kurzzeitig der Vorbereitungstemperatur von 55°C ausgesetzt werden.

In der Praxis empfiehlt es sich, folgendes laborerprobtes Verfahren anzuwenden:

Temperaturbereich: 45 ... 5°C (fallende Temperatur)

Verfahrensbeschreibung: Die Bestimmung der Koeffizienten erfolgt in zwei Stufen.

Stufe 1 (45°C bis  $\approx$  25°C): Selbständiges Abkühlen des vorher erwärmten luftgesättigten Wassers auf 25°C ( $\approx$  Raumtemperatur  $\pm$  5 K).

Stufe 2 ( $\approx$  25°C bis 5°C): Weiteres Abkühlen in einem eisgekühlten Bad bis zur Endtemperatur.

Jede Stufe kann selbstverständlich auch einen eigenständigen Temperaturbereich abdecken (z.B. Bereich 15-5°C).

Zubehör:

- Heizplatte
- Magnetrührer
- Rührzusatz RZ 90
- Bad mit eisgekühltem Wasser (z.B. Kunststoff- oder Glaswanne)
- Aquariumpumpe mit Belüftungsstein
- Becherglas (400 ml, hohe Form)
- Stativ mit -klemme

Arbeitsvorschrift:

- 250 bis 300 ml dest. Wasser in das 400 ml Becherglas füllen und Becherglas auf die Heizplatte stellen
- Elektrode mit Rührzusatz RZ 90 versehen und eintauchen (mit Stativ befestigen)
- Aquariumpumpe einschalten und Wasser belüften
- Programm 5 aufrufen und bis einschließlich "INPUT END TEMP" abarbeiten (vgl. Benutzerführung, Starttemperatur = 45°C, Endtemperatur = 5°C), auf der Anzeige werden Start- und Ist-Temperatur angezeigt

- luftgesättigtes Wasser langsam (innerhalb ca. 10 bis 15 min) aufheizen bis START FREE angezeigt wird
- Heizplatte gegen einen Magnetrührer austauschen, Elektrode in Rührermitte justieren und RZ 90 einregeln
- Wasser auf ca. 25°C abkühlen lassen
- Becherglas in das eisgekühlte Wasserbad stellen und bis zur Endtemperatur abkühlen lassen
- Nach Erscheinen von READY ist die Messung beendet, die Koeffizienten können mit Programm 4 abgerufen werden

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000 PROG  
 Tastenfeld Extender PROG 5 ENTER  
 .. NR

Benutzerführung:

Anzeige	Bediener	
	Arbeitsschritt	Taste
INPUT START TEMP	Starttemperatur in °C eingeben	Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert	Eingabe quittieren	ENTER
INPUT END TEMP	Endtemperatur in °C eingeben	Tastenfeld Extender
START XY °C XYZ °C	Die Start- und Isttemperatur werden angezeigt. Das luftgesättigte Wasser auf die Starttemperatur aufheizen bzw. abkühlen	-
START FREE (blinkend)	Probe gleichmäßig bei laufendem RZ 90 und Belüftung bis zur Endtemperatur aufheizen bzw. abkühlen ( $\Delta \vartheta \leq 1 \text{ K/min}$ )	-
Wertepaare 1 bis 11	-	-
READY		

Bevor mit der Elektrode wieder gemessen wird, muß die Steilheit neu bestimmt werden. Dies kann wahlweise in luftgesättigtem Wasser oder im OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäß durchgeführt werden. Da die Elektrode

bereits in luftgesättigtes Wasser eintaucht, ist in diesem Falle eine konventionelle Eichung unter Umständen zweckmäßiger (konstante Temperatur beachten).

#### Messung

Die Messung mit der nun vorliegenden Temperaturfunktion kann mit jedem beliebigen Meßprogramm erfolgen.

### 3.2.7 Messung mit beliebigen Sauerstoffsättigungstabellen (Programm 6)

---

#### Allgemeines

Wie in Abschnitt 3.1.3 näher erläutert wird, verwendet das OXI 2000 zur Berechnung der Sauerstoffmassenkonzentration die Sauerstoffsättigungstabelle nach DIN 38408 - G 22. Die Werte dieser Tabelle werden im Moment allgemein als die zuverlässigsten anerkannt, die in der Literatur zu finden sind. Die Konzentrationsberechnung kann grundsätzlich nach Gleichung 3 erfolgen, die im folgenden noch einmal angegeben wird.

$$3 \quad c(\mathcal{S}) = \frac{p_{O_2}}{X_{O_2} \cdot (p_N - p_w(\mathcal{S}))} \cdot c_s(p_N, \mathcal{S}).$$

Der Inhalt von Gleichung 3 ist der, daß der Sauerstoffpartialdruck der Probe  $p_{O_2}$  mit dem Sättigungs- $O_2$ -Partialdruck von luftgesättigtem Wasser unter Normaldruck  $X_{O_2} \cdot (p_N - p_w(\mathcal{S}))$  ins Verhältnis gesetzt und mit der  $O_2$ -Sättigungskonzentration  $c_s(p_N, \mathcal{S})$  multipliziert wird. Aus technischen Gründen arbeitet das OXI 2000 jedoch mit der etwas abgewandelten Gleichung 3',

$$3' \quad c(\mathcal{S}) = \frac{p_{O_2}}{X_{O_2} \cdot p_N} \cdot \frac{c_s(p_N, \mathcal{S}) \cdot p_N}{(p_N - p_w(\mathcal{S}))}$$

d.h. sie bezieht  $p_{O_2}$  auf den  $O_2$ -Partialdruck trockener Luft unter Normaldruck, womit die Gleichung mit  $p_N$  erweitert werden muß. Dadurch entsteht im zweiten Quotienten der Gleichung die sog. wasserdampfkorrigierte Sättigungsfunktion, mit der geräteintern gearbeitet wird. Sie wird auch als Sättigungsfunktion für "trockenes Wasser" bezeichnet. Die Werte dieser Funktion stehen dem Gerät in Form eines Polynoms 4. Ordnung zur Verfügung. Die 5 Koeffizienten dieses Polynoms (CCO ... CC4) können mit Programm 6 ausgelesen werden. Sie entsprechen der abgewandelten - d.h. wasserdampfkorrigierten - Sättigungsfunktion  $c_s^*(p_N, \mathcal{S})$  nach Gleichung 6.

$$6 \quad c_s^*(p_N, \mathcal{S}) = c_s(p_N, \mathcal{S}) \cdot \frac{p_N}{(p_N - p_w(\mathcal{S}))}$$

In ähnlicher Weise wird auch die Funktion  $p_w(\vartheta)$ , die den temperaturabhängigen Wasserdampfpartialdruck wiedergibt, mit einem Polynom 4. Ordnung approximiert. Die im OXI 2000 verwendeten Koeffizientensätze sowie die Funktionswerte in Abhängigkeit von der Temperatur sind in den folgenden Tabellen aufgeführt.

Koeffizienten der Polynome

Ordnung des Koeffizienten	Funktion	
	Wasserdampfpartialdruck $p_w(\vartheta)$	Sauerstoffsättigungskonzentration $c_s^*(p_N, \vartheta)$ nach DIN 38408 - G 22 (wasserdampfkorrigiert)
0	6.13 mbar	14.73 mg/l
1	0.416 mbar/K	$-4.213 \cdot 10^{-1}$ mg/l $\cdot$ K <sup>-1</sup>
2	$1.8 \cdot 10^{-2}$ mbar/K <sup>2</sup>	$1.030 \cdot 10^{-2}$ mg/l $\cdot$ K <sup>-2</sup>
3	$8.87 \cdot 10^{-5}$ mbar/K <sup>3</sup>	$-1.671 \cdot 10^{-4}$ mg/l $\cdot$ K <sup>-3</sup>
4	$6.45 \cdot 10^{-6}$ mbar/K <sup>4</sup>	$1.265 \cdot 10^{-6}$ mg/l $\cdot$ K <sup>-4</sup>

Wertetabelle der Funktionen

Temperatur $\vartheta$ in °C	Wasserdampfpartialdruck $p_w(\vartheta)$ , in mbar	Sauerstoffsättigungsfunktion nach DIN 38408 - G 22, in mg/	
		$c_s(p_N, \vartheta)$	$c_s^*(p_N, \vartheta)$
0	6.13	14.64	14.73
5	8.66	12.75	12.86
10	12.26	11.25	11.39
15	17.06	10.06	10.23
20	23.33	9.08	9.29
25	31.72	8.26	8.52
30	42.39	7.55	7.88
35	56.25	6.94	7.35
40	73.71	6.41	6.91
45	95.83	5.98	6.61
50	123.29	5.67	6.45

Anmerkung: DIN 38408-G 22 bezieht sich auf den Gelbdruck-Entwurf November 1984.

Anwendung

Im Basis-Meßprogramm PPM arbeitet das Gerät mit dem Polynom der Sättigungstabelle nach DIN 38408 - G 22. Daneben kann Programm 6 dazu verwendet werden, mit einer Tabelle nach freier Wahl zu arbeiten. Die Werte dieser Tabelle müssen jedoch wie erläutert für den Wasserdampfpartialdruck korrigiert und anschließend mit einem Polynom 4. Ordnung approximiert werden ( $c_s^*(p_N, \vartheta)$ ). Einzugeben sind die 5 Koeffizienten (CC0 bis CC4) dieses Polynoms.

Für Sättigungstabellen, die für Normaldruck  $p_N$  angegeben sind, verwendet man zur Wasserdampfkorrektur Gleichung 7.

$$7 \quad c_s^*(p_N, \vartheta) = c_s(p_N, \vartheta) \cdot \frac{p_N}{(p_N - p_w(\vartheta))}$$

Für die neben der DIN-Tabelle geläufigsten Sättigungstabellen gelten folgende Koeffizienten bzw. Tabellenwerte.

Temperatur in °C	Sättigungswerte in mg/l für $p_N = 1013$ mbar					
	Truesdale Downing Lowden (DEV)		Montgomery		APHA (American Public Health Association)	
	$c_s(p_N, \vartheta)$	$c_s^*(p_N, \vartheta)$	$c_s(p_N, \vartheta)$	$c_s^*(p_N, \vartheta)$	$c_s(p_N, \vartheta)$	$c_s^*(p_N, \vartheta)$
0	14.16	14.24	14.63	14.71	14.62	14.70
5	12.37	12.47	12.77	12.88	12.80	12.91
10	10.92	11.05	11.28	11.41	11.33	11.46
15	9.76	9.92	10.07	10.24	10.15	10.32
20	8.84	9.04	9.08	9.29	9.17	9.38
25	8.71	8.37	8.26	8.52	8.38	8.65
30	7.53	7.85	7.57	7.90	7.63	7.96
35	7.04	7.45	6.98	7.39	7.10	7.51
40	6.59	7.10	6.47	6.97	6.60	7.11
	Koeffizienten der jeweiligen Sättigungsfunktion $c_s^*(p_N, \vartheta)$					
CC0 (mg/l)	14.24		14.71		14.70	
CC1 (mg/l·K <sup>-1</sup> )	-0.3903		-0.4073		-0.4030	
CC2 (mg/l·K <sup>-2</sup> )	7.695·10 <sup>-3</sup>		8.839·10 <sup>-3</sup>		9.312·10 <sup>-3</sup>	
CC3 (mg/l·K <sup>-3</sup> )	-5.76·10 <sup>-5</sup>		-1.15·10 <sup>-4</sup>		-1.46·10 <sup>-4</sup>	
CC4 (mg/l·K <sup>-4</sup> )	-6.07·10 <sup>-8</sup>		6.99·10 <sup>-7</sup>		1.15·10 <sup>-6</sup>	

Daneben können auch Sättigungswerte verwendet werden, die für beliebigen Luftdruck  $p_L$  gelten (z.B. weil sie das Ergebnis eigener Titrationsen mit dem Winkler-Verfahren darstellen). In diesem Fall erfolgt die Umrechnung auf "trockenes Wasser" nach Gleichung 8.

$$8 \quad c_s^*(p_L, \mathcal{S}) = c_s(p_L, \mathcal{S}) \cdot \frac{p_N}{(p_L - p_w(\mathcal{S}))},$$

wobei  $p_N$  den Normdruck (1013 mbar) und  $p_L$  den herrschenden Luftdruck bedeutet, bei dem die Titration erfolgte.

Die Bedeutung des Programms liegt darin, daß jederzeit Messungen nachvollzogen werden können, die auf der Basis von alten Sättigungstabellen durchgeführt wurden. Außerdem ist es damit möglich,  $O_2$ -Messungen in Probenmaterialien durchzuführen, für die keine Sättigungstabellen in der Literatur angegeben sind, weil aus eigenen Titrationsergebnissen eine Tabelle aufgestellt und deren Koeffizienten berechnet werden können.

Beim Arbeiten mit Programm 6 ist zu beachten, daß die Speicherplätze im Auslieferungszustand des OXI 2000 mit den Koeffizienten des DIN-Polynoms belegt sind. Bei der Umstellung auf eine andere Tabelle werden diese Koeffizienten überschrieben, also gelöscht. Die DIN-Tabelle bleibt im Gerät jedoch erhalten, da das Programm PPM immer damit arbeitet und durch Programm 6 nicht gelöscht wird. Damit ist es möglich, einen Wert wahlweise nach zwei verschiedenen Tabellen abzufragen (Doppelprogrammtechnik).

Programmaufruf: OXI 2000

PROG

Extender

PROG  
NR

6

ENTER

Benutzerführung:

Anzeige	Bediener	
	Arbeitsschritt	Taste
	<u>Dateneingabeteil</u>	
INPUT CONC COEFF (nach 3 Sekunden)	-	-
CC0 xyz *	Koeffizient CC0 eingeben **	Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert	Eingabe quittieren	ENTER
CC1 xyz *	Koeffizient CC1 eingeben **	Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert	Eingabe quittieren	ENTER.
CC2 xyz *	(Das Porgramm arbeitet sinngemäß mit CC2 und CC3 weiter)	
.		
.		
CC4 xyz *	Koeffizient CC4 eingeben **	Tastenfeld Extender
Eingegebener Wert	Eingabe quittieren	ENTER
	<u>Meßteil</u>	
Meßwert in mg/l		

Das Gerät ist sofort meßbereit und führt - solange Programm 6 aufgerufen ist - die O,-Messung auf der Grundlage der eingegebenen Sättigungstabelle durch.

Solange Programm 6 vorgewählt bleibt, kann die Taste PROG wie ein zusätzliches Basisprogramm eingesetzt werden (Doppelprogrammtechnik). Das Gerät springt bei Betätigen dieser Taste automatisch zum Meßteil dieses Programms. Andere Programm werden durch Programm 6 nicht beeinflußt.

\* xyz stellt jeweils die zuletzt abgespeicherten Werte dar. Diese können, sofern sie noch Gültigkeit haben, grundsätzlich übernommen werden. In diesem Falle muß lediglich mit ENTER quittiert werden, eine erneute Eingabe ist nicht erforderlich. Im Auslieferungszustand sind die Speicherplätze mit den Koeffizienten des DIN-Polynoms belegt.

\*\* Die Eingabe der Koeffizienten erfolgt in Exponentialdarstellung, wie sie von Programm 6 ausgegeben werden (z.B. -6.12 E-4 für  $-6.12 \cdot 10^{-4}$ ).

### 3.2.8 Messung der Sauerstoffkonzentration mit Salzgehaltskorrektur (Programm 7)

---

In salzhaltigem Wasser ist die Löslichkeit des Sauerstoffs bei gleichem Partialdruck in Abhängigkeit von der Salzkonzentration verringert (Salzeffekt). Zur Messung der Sauerstoffmassenkonzentration in mg/l muß deshalb grundsätzlich der Salzgehalt der Probe berücksichtigt werden.

Das OXI 2000 erlaubt eine unmittelbare Eingabe des Salzgehaltes und zeigt den korrigierten Konzentrationswert im Meßteil des Programms an. Die Korrektur erfolgt auf der Basis der International Oceanographic Tables<sup>\*</sup>. Messungen in den Basisprogrammen PO<sub>2</sub>, % SAT und ppm (mg/l) werden durch dieses Programm nicht beeinflusst. Es ist also möglich, parallel mit und ohne Salzkorrektur zu messen.

Bei der Messung mit Programm 7 werden alle über andere Programme gemachten Eingaben (z.B. Steilheit, Elektrodentyp, Temperaturkoeffizienten) wirksam. Davon ausgenommen sind Eingriffe in die Sättigungstabelle durch Programm 6. Dies bedeutet, daß das Programm auf der Grundlage der DIN-Tabelle arbeitet, die jedoch eine Salzkorrektur erfährt.

#### Bestimmung des Salzgehaltes

Das Programm erfordert eine Eingabe des Salzgehaltes in ‰. Salinität. Dieser Wert kann grundsätzlich durch eine Leitfähigkeitsmessung bestimmt werden. Sofern das verwendete Konduktometer nicht - wie z.B. die WTW-Meßgeräte LF 191 und LF 2000 - über die Meßart "Salinität" verfügt, kann dieser Wert aus folgender Tabelle abgelesen werden:

\* International Oceanographic Tables, Vol. II, National Inst. of Oceanography of Great Britain, Wormley, Godalming, Surrey, England & UNESCO, Paris, 1971.

$\kappa$ (20°C), in mS/cm	Salinität in ‰	$\kappa$ (20°C), in mS/cm	Salinität in ‰	$\kappa$ (20°C) in mS/cm	Salinität in ‰
5	3.0	23	15.5	42	30.2
6	3.6	24	16.2	44	31.8
7	4.3	25	17.0	46	33.5
8	4.9	26	17.8	48	35.1
9	5.6	27	18.5	50	36.7
10	6.3	28	19.3	52	38.4
11	6.9	29	20.0	54	40.1
12	7.6	30	20.8	56	41.8
13	8.3	31	21.6	58	47.2
14	9.0	32	22.3	60	52.6
15	9.7	33	23.1	65	59.2
16	10.4	34	23.9	70	65.7
17	11.2	35	24.7	75	73.4
18	11.9	36	25.5	80	81.1
19	12.6	37	26.2	85	87.7
20	13.3	38	27.0	90	94.2
21	14.1	39	27.8	94	100.4
22	14.8	40	28.6		

Salinität in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit bei 20°C

Die Tabelle wurde bis zu einer Leitfähigkeit von 56 mS/cm aus den International Oceanographic Tables \* berechnet. Die darüber hinausgehenden Werte wurden auf der Grundlage eigener Messungen (NaCl-Lösung) ermittelt.

\* International Oceanographic Tables, Vol. I, National Inst. of Oceanography of Great Britain, Wormley, Godalming, Surrey, England & UNESCO, Paris 1971.

Programmaufruf: Tastenfeld OXI 2000

PROG

Tastefeld Extender

PROG  
NR

7

ENTER

Benutzerführung:

Anzeige	Bediener	
	Arbeitsschritt	Taste
SAL XYZ ‰	<u>Eingabeteil</u> Salinität in ‰ ein- geben	Tastefeld Extender
Eingegebener Wert	Eingabe quittieren	ENTER
Meßwert	<u>Meßteil</u>	

Das Gerät ist nun meßbereit und zeigt nach dem Eintauchen der Elektrode in das Meßgut den korrigierten Konzentrationswert direkt an.

Solange Programm 7 vorgewählt ist, kann die Taste PROG wie ein zusätzliches Basisprogramm eingesetzt werden (Doppelprogrammtechnik). Das Gerät springt beim Betätigen dieser Taste automatisch zum Meßteil dieses Programms. Andere Programme werden durch Programm 7 nicht beeinflusst.

## 4 Funktionsbeschreibung

Das folgende Kapitel enthält eine detaillierte Beschreibung der Funktionen des Gerätes, soweit sie für den Bediener von Bedeutung sind. Wir empfehlen, das Studium der Bedienungsanleitung nicht mit diesem, sondern mit Kapitel 3 zu beginnen, weil dort das Gerät aus praktischen Problemstellungen heraus erarbeitet wird. Kapitel 4 sollte dann zu Rate gezogen werden, wenn die dort angebotenen Informationen nicht mehr ausreichen, um das Gerät in Grenzfällen zu verstehen.

Die mitgeteilten technischen Informationen beziehen sich stets auf die höchste Ausbaustufe OXI 2000 + Extender. Für die Gerätevariante OXI 2000 müssen sie sinngemäß verstanden werden.

### 4.1 Gerätekonzept und Ausbaumöglichkeiten

Das System OXI 2000 ist eine modular aufgebaute, mikroprozessor-gesteuerte Meßgerätelinie. Das Gerätekonzept sieht 3 Ausbaustufen vor, die für Meßaufgaben von unterschiedlichem Umfang ausgelegt sind. Beim Kauf entscheidet der Anwender über die für ihn optimale Modellvariante, eine spätere Umrüstung auf eine höhere Ausbaustufe ist jedoch jederzeit möglich.

Beim Kauf des Basisgerätes (OXI 2000) ohne weiteres Zubehör stehen dem Anwender 5 Eich- und Meßprogramme für die Sauerstoffmessung zur Verfügung (Basisprogramme), mit denen alle üblicherweise anfallenden Meßaufgaben zu lösen sind. Durch Zukauf des Extenders E 2000 (einsetzbar für alle WTW-Meßgeräte der Linie 2000) werden 8 sog. Extenderprogramme (0 bis 7) zur Lösung erweiterter Meß- und Überwachungsprobleme zugänglich.

Darüber hinaus ist das Gerät zur Systemfähigkeit ausgelegt, d.h. alle Ausbaustufen lassen sich mit einer genormten Systemschnittstelle für den IEC 625 BUS ausrüsten. Das Gerät arbeitet dann als Listener und Talker mit jedem Rechner, der den IEC 625 BUS bedient. Die Schnittstelle kann entweder beim Kauf mitbestellt oder später werkseitig nachgerüstet werden. Das mit IEC 625 BUS-Schnittstelle ausgerüstete Gerät hat die Typenbezeichnung OXI/2000/IB.

Für den IEC-BUS-Betrieb gilt eine gesonderte Bedienungsanleitung.

## 4.2 Inbetriebnahme des Gerätes, AUTO TEST

Bitte vergewissern Sie sich vor Inbetriebnahme, ob Ihre Netzspannung mit den auf der Geräterückseite angegebenen Daten übereinstimmt. Zum Einschalten dient der Kippschalter MAINS.

Nach dem Einschalten antwortet das Gerät mit AUTO TEST, anschließend läuft eine Testroutine ab, bei der im 3-Sekundenrhythmus insgesamt folgende Darstellungen erscheinen:

Programm- anzeige	Hauptanzeige	Akust. Signal	LED des Extenders	
-	AUTO TEST		*	
18	O;O;O;O;O;...O;	*	*	"Löcher"
28	++;++;+;+;...+;	*	*	"Kreuze"
38	X;X;X;X;X;...X;	*	*	"Gartenzaun"
-	READY	*		

Die Darstellungen "Löcher", "Kreuze" und "Gartenzaun" dienen zur visuellen Überprüfung der Segmente der 16-Segmentanzeige durch den Benutzer.

Im Anschluß an AUTO TEST läuft ein interner Gerätetest ab. Findet dieser einen Fehler, wird zwischen AUTO TEST und "Löcher" eine entsprechende Fehlermeldung (z.B. BAT ERROR) eingeschoben, am Ende erscheint - anstelle von READY - die pauschale Meldung TEST ERROR (vgl. hierzu Kapitel 5). Damit meldet das Gerät, daß mindestens ein Fehler gefunden wurde, eine nähere Beschreibung erfolgt an dieser Stelle nicht (nur unmittelbar nach AUTO TEST). Der Benutzer kann jedoch die Art des Fehlers durch Wiederholung des Testablaufs (erneutes Einschalten mit dem Hauptschalter) konkretisieren.

## 4.3 Netzausfallsicherung

Bei Netzausfall oder beim Abschalten des Gerätes bleibt der Inhalt aller frei belegbaren Datenspeicher (z.B. Eichdaten, Temperatur-Koeffizienten etc.) durch eingebaute Akkus erhalten (Pufferbetrieb). Bei voll aufgeladenen Akkus ist diese Daten-

sicherung für etwa 3 Monate gegeben. Ein ungenügender Ladezustand gibt sich unmittelbar nach dem Einschalten von selbst zu erkennen (Fehlermeldung BAT ERROR beim Durchlaufen des Gerätetests AUTO TEST). Bei Vorliegen dieser Fehlermeldung läßt man das Gerät etwa 30 Minuten am Netz angeschlossen, anschließend muß AUTO TEST ohne diese Beanstandung ablaufen (vgl. Kapitel 4.2). Es sind jedoch alle Speicherwerte verloren und es empfiehlt sich, durch Betätigen der Taste RESET auf der Rückseite den Auslieferungszustand wieder herzustellen (vgl. Kapitel 4.8). Außerdem muß zur vollen Aufladung der Pufferakkus die Netzverbindung mindestens 24 Stunden bestehen bleiben.

Bleibt die Fehlermeldung BAT ERROR nach 30 Minuten Ladezeit bestehen, so muß das Gerät zur Reparatur an WTW eingeschickt werden.

#### 4.4 Simultane Temperaturanzeige und Temperaturkompensation

Sauerstoffelektroden sind grundsätzlich mit einem Temperaturfühler für die Temperaturkompensation ausgestattet. Das OXI 2000 verarbeitet diesen Wert nicht nur zur Sauerstoffmessung, sondern zeigt den Temperaturwert parallel zum Sauerstoffmeßwert an.

Im Zuge der Temperaturkompensation wird zunächst das Membranverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur kompensiert. Mit abnehmender Temperatur der Meßlösung sinkt die Sauerstoffdurchlässigkeit der Membran, d.h. das Meßsignal nimmt bei konstantem Partialdruck, aber sinkender Meßguttemperatur ab. Das OXI 2000 kompensiert diesen Effekt, indem es die zugrundeliegende Temperaturkennlinie als Polynom 4. Ordnung approximiert und das Elektrodensignal damit kompensiert. Die Koeffizienten dieser Funktion sind (TriOx<sup>R</sup>-Elektrode EO 200):

$$\begin{array}{l} \text{TC 1: } 2.343 \cdot 10^{-2} \\ \text{TC 2: } 1.489 \cdot 10^{-4} \\ \text{TC 3: } 2.789 \cdot 10^{-6} \\ \text{TC 4: } -6.009 \cdot 10^{-8} \end{array}$$

Mit diesem Koeffizientensatz wird das mittlere Verhalten eines EO 200 - Exemplars beschrieben. Über größere Produktionsserien kann es zu Abweichungen von diesem Durchschnittsverhalten kommen, die auf Materialtoleranzen (z.B. Schwankungen in der Dicke der O<sub>2</sub>-durchlässigen Membran) zurückzuführen sind. Der daraus resultierende Fehler der Temperaturkompensation ist für Routinemessungen im allgemeinen hinnehmbar, besonders wenn Eichung und Messung bei etwa gleicher Temperatur erfolgen. Präzisionsmessungen - insbesondere wenn sie bei größerem Temperaturabstand von der Eichtemperatur durchgeführt werden - erfordern jedoch unter Umständen einen etwas höheren Aufwand. Hierzu dient Programm 5, mit dem der Koeffizientensatz eines einzelnen Elektrodenexemplars bestimmt wird, womit eine individuelle Temperaturkompensation möglich ist.

Eine weitere Verwendung des Temperaturwertes erfolgt bei der Umrechnung des Sauerstoffpartialdrucks  $p_{O_2}$  in die Sauerstoffmassenkonzentration. Dabei wird der auf 1013 mbar Luftdruck und 0 mbar Wasserdampfpartialdruck normierte  $p_{O_2}$ -Wert in Abhängigkeit von der Temperatur über die DIN-Sättigungstabelle in den Konzentrationswert umgerechnet. Diese Sättigungstabelle ist im Gerät fest gespeichert, es kann jedoch auch mit beliebigen anderen Tabellen gearbeitet werden (weitere Erläuterungen finden sich in den Abschnitten 3.1.3 und 3.2.7).

#### 4.5 Benutzerführung

Das Arbeiten mit den OXI 2000-Geräten geschieht fast ausschließlich im Dialog. Dies bedeutet, daß der Bediener zu keiner Zeit Detailkenntnisse über Aufbau und Ablauf eines Programms haben muß, da er vom Gerät schrittweise durch das Programm "geführt" wird (Benutzerführung). Die Dialogsprache der Benutzerführung ist Englisch, im folgenden sind die verwendeten Begriffe näher erläutert:

INPUT (INPUT: Eingabe)	Wird stets zusammen mit einem anderen Begriff verwendet, wie INPUT PROG, INPUT CONC, INPUT TEMP COEFF. Der Befehl bedeutet, daß irgendeine Information (eine Programmnummer, eine Konzentration oder ein Temperaturkoeffizient) mit dem Extender in den Rechner einzugeben ist. Die Eingabe erscheint zunächst zur Kontrolle auf der Anzeige und wird erst durch Betätigen der Taste ENTER (Quittieren) endgültig in den Rechner übernommen.
STANDARD, SAT STANDARD, ZERO STANDARD, AIR (STANDARD: Standard, SAT STANDARD: luft- gesättigtes Wasser, ZERO STANDARD: Nulllösung, AIR: Luft)	Fordert den Bediener auf, die Elektrode in ein bestimmtes Eichmedium einzutauchen, damit das Meßsignal am Eingang ansteht. Die Übernahme des Meßwertes erfolgt durch die Taste RUN (Betriebsart AUTO) bzw. durch RUN, gefolgt von ENTER (Betriebsart MAN).
WAIT (WAIT: Warten)	Aufforderung an den Bediener, das Ende eines Rechengvorganges abzuwarten.
READY (READY: Meßbereit)	Information über beendete Eichung, Dateneingabe oder Gerätetest. Hat zum Inhalt, daß das Programm beendet ist.

#### 4.6 Meßwerterfassung (AUTO READ/CONT)

Die Betriebsart AUTO READ stellt eine Automatik zur Meßwerterfassung dar, mit der Präzisionsmessungen mit wesentlich höherer Sicherheit durchgeführt werden können. Das Problem bei solchen Messungen besteht oft darin, daß das Zeitverhalten eines Sensors z.B. beim Sprung von einer Probe in eine andere nicht genügend Beachtung findet. Bekanntlich benötigt selbst eine gute Sauerstoffelektrode bei konstanter Temperatur hierzu eine Anpassungszeit von 1/2 bis 1 Minute. Oft kommen Fehlmessungen nur deswegen zustande, weil die Stabi-

lisierungszeit aus Ungeduld nicht abgewartet und zu früh abgelesen wird. Messungen dieser Art zeigen größere Variationskoeffizienten (eine größere Steuerung) als notwendig, weil es prinzipiell dem Gefühl des Beobachters überlassen bleibt, welcher Wert übernommen wird.

Diese Fehlerquelle wird beim OXI 2000 dadurch ausgeschlossen, daß es - wahlweise - in einer besonderen Meßart betrieben werden kann, in der der Rechner den Meßwert laufend auf Stabilität überprüft und ihn erst dann freigibt, wenn gewisse Kriterien erfüllt sind. Im einzelnen erfolgt dabei eine laufende Abfrage und Speicherung des Temperatur- und Meßkettensignals. Ergibt ein Vergleich der Werte in zeitlicher Reihenfolge, daß die Änderung innerhalb von 6 Sekunden unter einem bestimmten Grenzwert liegt, so wird das Ergebnis als stabil bewertet. Bis zu diesem Zeitpunkt zeigt die digitale Anzeige WAIT, wird innerhalb von 3 Minuten kein stabiler Wert gefunden, so erscheint NO STAT VALUE (kein stationärer Wert).

Für den praktischen Umgang mit der automatischen Meßwerverfassung sind noch folgende Grundsätze zu beachten:

- Unmittelbar nach dem Einschalten arbeitet das Gerät in der Betriebsart CONT.
- Bei Anwahl von AUTO READ wird die augenblickliche Anzeige "eingefroren" und die LED der RUN-Taste leuchtet auf. Das Meßprogramm wird mit RUN gestartet, dabei erlischt die LED und das Gerät antwortet mit WAIT bis zur Anzeige des stabilen Endwertes, der sofort eingefroren wird. Gleichzeitig leuchtet die LED der RUN-Taste wieder auf.
- Wird bei gewähltem AUTO READ ein Programm aufgerufen (z.B. bei Wechsel von  $PO_2$  auf PPM), so geht das Gerät von selbst nach CONT zurück.
- Unabhängig davon erfolgt die Rückkehr zur kontinuierlichen Anzeige durch Drücken der Taste CONT, gefolgt von RUN.

#### 4.7 Doppelprogrammtechnik

Die Speicherverwaltung des OXI 2000 ist so aufgebaut, daß spezielle Daten für die Messung mit frei wählbaren Sättigungstabellen oder für die Salzkorrektur grundsätzlich in Speichern abgelegt werden, die von der "normalen" Messung unabhängig sind.

Diese Besonderheit ergibt die sog. Doppelprogrammtechnik, die es jederzeit erlaubt, zwischen den Basis- und den Extenderprogrammen beliebig hin- und herzuspringen, ohne daß Eingaben verloren gehen. Wird z.B. das Extenderprogramm 6 oder 7 vorgewählt, kann der Extender abgezogen und die Taste PROG als Sondermeßart des OXI 2000 eingesetzt werden. Beim Betätigen dieser Taste springt das Gerät automatisch zum Meßteil des vorgewählten Programms. Dies erlaubt z.B. Parallelmessungen mit der DIN- bzw. der APHA-Tabelle oder den schnellen Wechsel von Trink- auf Meerwasserproben mit Hilfe eines Tastendrucks.

#### 4.8 Auslieferungszustand, RESET-Taste

Die Extenderprogramme 0, 4 und 6 erlauben die Eingabe von Daten in das Gerät, die zu Überwachungszwecken, zur Temperaturkompensation und zur Konzentrationsmessung benötigt werden. Die Speicherung dieser Daten ist grundsätzlich spannungsunabhängig, d.h. sie gehen nach einer Trennung des Gerätes vom Netz von mehr als 3 Monaten verloren (vgl. Kapitel 4.3). In diesem Zustand ist das Gerät nicht mehr in der Lage, verschiedene Funktionen nach Wunsch des Bedieners durchzuführen, weil ihm die hierfür notwendigen Informationen fehlen. Dies gilt z.B. für das akustische Warnsignal (bei Über- oder Unterschreiten eines Grenzwertes (Programm)). Im Auslieferungszustand sind hier bestimmte Grenzwerte gesetzt, gehen diese Daten verloren, können sie normalerweise nur mit einem Extender neu eingegeben werden. Da ein Extender jedoch nicht immer vorhanden sein muß, wurde mit der Taste RESET eine Möglichkeit geschaffen, den Wert von insgesamt 15 Speichern auf denjenigen Auslieferungszustand zu bringen, mit dem das OXI 2000 die Fertigung verläßt. Für den Bediener ist wichtig zu wissen, daß bei Betätigung von RESET (Geräterückseite) folgende Speicherbelegung erhalten wird:

Wert	Mit Extender veränderbar über Programm Nr.
LOPO2 = 0,00 mbar	
HIPO2 = 999,90 mbar	
LOSAT = 0,00 %	0
HISAT = 999,90 %	
LOPPM = 0,000 PPM	
HIPPM = 99,900 PPM	
TC 1 = 2.343 E-2	
TC 2 = 1.489 E-4	4
TC 3 = 2.789 E-6	
TC 4 = -6.009 E-8	
CC 0 = 1.473 E-1	
CC 1 = -4.213 E-1	
CC 2 = 1.030 E-2	6
CC 3 = -1.671 E-4	
CC 4 = 1.265 E-6	

Zusätzlich ist im Auslieferungszustand Programm 1 vorgewählt.

Daneben hat die Taste RESET noch eine zweite Bedeutung. Obwohl das Gerät durch umfangreiche Maßnahmen gegen Störungen gesichert ist, sind solche nie völlig auszuschließen. Es kann dabei vorkommen, daß einzelne Speicher mit völlig sinnlosen Werten belegt werden, die den ganzen Meßbetrieb lahmlegen. In diesem Falle ist ein Betätigen der RESET-Taste unbedingt erforderlich, wobei jedoch beachtet werden sollte, daß damit alle Daten aus früheren Eichungen verlorengehen!

Um den Gebrauch der RESET-Taste auf die wirklich notwendigen Fälle zu beschränken, ist sie auf der Geräterückseite angebracht.

#### 4.9 Arbeiten mit Drucker

An jedes Gerät der Systemreihe OXI 2000 kann der mikroprozessor-gesteuerte Drucker P 2000 angeschlossen werden, mit dem - wahlweise zeit- oder ereignisgesteuert - eine vollständige Dokumentation jedes Meßvorgangs möglich ist. Sie umfaßt den vollständigen Ausdruck der Benutzerführung mit den eingegebenen Programmparametern und eine selbstzählende Meßwertnumerierung bei kontinuierlich arbeitenden Verfahren in Zeitsteuerung. Weiter ist ein Ausdruck von Datenlisten möglich (vgl. Abbildung).

Für den P 2000 gilt eine gesonderte Bedienungsanleitung. Das Gerät kann - wie der Extender E 2000 - für alle mikroprozessor-gesteuerten WTW-Geräte der Linie 2000 eingesetzt werden.

#### DATA LIST

LOPO2 0.00 mbar  
HIPO2 999.90 mbar  
LOSAT 0.00 %  
HISAT 999.90 %  
LOPPM 0.000 PPM  
HIPPM 99.900 PPM  
SAL 85.00 %  
TYPE 2  
CCO 1.473 E 1  
CC1-4.213 E-1  
CC2 1.030 E-2  
CC3-1.671 E-4  
CC4 1.265 E-6  
TC1 2.401 E-2  
TC2 1.573 E-4  
TC3 1.973 E-6  
TC4-5.507 E-8

Datenliste OXI 2000  
(Auslieferungszustand)

## 5 Fehlermeldungen und Auswechseln der Sicherungen

Die nachstehende Auflistung enthält alle Fehlermeldungen, die bei dem Gerät OXI 2000 bzw. OXI 2000 + Extender auftreten können.

Meldung	Programm (Name bzw. Nr.)	Bedeutung (B) / Maßnahme (M)
ADC ERROR	AUTO TEST	B: Fehler in Analog/Digital-Wandler M: Reparatur bzw. Austausch einer Platine
RAM ERROR	AUTO TEST	B: Fehler im Schreib-/Lesespeicher M: Reparatur
BAT ERROR	AUTO TEST	B: Der für die Netzausfallsicherung verantwortliche Akku hat einen unzureichenden Ladezustand M: Akku laden (Gerät ca. 30 Minuten eingeschaltet lassen) und Testprogramm wiederholen (Gerät wieder aus- und einschalten)  Läuft das Testprogramm dann ohne Fehlermeldung ab, so ist das Gerät meßbereit. Es hat jedoch alle Eichdaten von Meßzellen verloren und muß durch Betätigen der RESET-Taste (Geräterückseite) wieder auf den Auslieferungszustand gebracht werden (vgl. Kapitel 4.7)  Bleibt die Fehlermeldung nach Neueinschalten erhalten, so ist eine Reparatur erforderlich
CALIB ERROR	PPM & SAT PO <sub>2</sub> 6,7	B: Steilheit <0.7 oder > 1.2, bei Übersteilheit u.U. Polarisationszeit noch nicht abgelaufen M: Eichung wiederholen, u.U. 5 Minuten warten (vgl. Kapitel 3.1.1)

IEC Error ?

Meldung	Programm (Name bzw. Nr.)	Bedeutung (B) / Maßnahme (M)
INPUT ERROR	Allgemein	<p>B: Überschreitung von Sollbereichen bei der Eingabe von Daten; <u>die einzuhaltenden Bereiche</u> werden in der nachfolgenden Liste gegeben.</p> <p>M: Das Gerät nimmt die Fehlermeldung nach 3 Sekunden zurück und zeigt den zuletzt eingegebenen Wert an (der beanstandete wird nicht angenommen). An dieser Stelle zulässigen Wert eingeben.</p> <p>0 &lt; LOPO2 &lt; 999.99            0 &lt; HIPO2 &lt; 999.99            0 &lt; LOSAT &lt; 999.99            0 &lt; HISAT &lt; 999.99            0 &lt; LOPPM &lt; 999.99            0 &lt; HIPPM &lt; 999.99</p> <p>1 <math>\leq</math> TYP Nr. <math>\leq</math> 5            5 <math>\leq</math> START TEMP <math>\leq</math> 99.99            -5 <math>\leq</math> END TEMP <math>\leq</math> 99.99            0 <math>\leq</math> SALINITY <math>\leq</math> 99.99</p>
NO STAT VALUE	CAL, OXI-CAL, PO2, % SAT, PPM, 2, 3, 6, 7, (Betriebsart AUTO)	<p>B: Das Gerät hat innerhalb von 3 Minuten keinen stabilen Wert für das Elektrodensignal und/oder die Temperatur gefunden.</p> <p>Ursachen hierfür sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mangelnde Anströmung</li> <li>- eine große Luftblase im Elektrolytraum</li> <li>- Luftblasen an der Membran</li> <li>- Messungen bei Temperaturen &gt; 40°C</li> <li>- eine defekte Membran</li> </ul>

Meldung	Programm (Name bzw. Nr.)	Bedeutung (B) / Maßnahme (M)
TEMP ERROR	5	B: Der gewählte Temperaturbereich ist kleiner 10 K
ZERO ERROR	3	B: Der Nullstrom ist $\leq 10\%$ des Sättigungsstroms
REG ELECTRODE	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Elektrolyt der Elektrode ist verbraucht</li> <li>- Die Membran ist defekt</li> <li>- Die Elektrode ist vergiftet</li> <li>- Die Elektrode ist frisch mit Silberreinigungslösung gereinigt worden</li> <li>- Es haben sich Erdschleifen gebildet</li> </ul>
OVERFLOW	PO <sub>2</sub> , % SAT PPM, 2, 3, 6, 7	- Der Eingangsverstärker übersteuert (Die Elektrode liefert ein zu großes Meßsignal)
Blinkende Anzeige	Allgemein	<p>B: Überschreitung von Soll- oder Grenzwerten; <u>die einzuhaltenden Bereiche</u> werden in der folgenden Liste gegeben</p> <p>Steilheit <math>\geq 0.7</math> oder <math>\leq 1.2</math></p> <p>Die im Programm 0 festgelegten Grenzwerte sind überschritten</p> <p><u>Hinweis</u></p> <p>In diesen Fällen ertönt gleichzeitig mit der blinkenden Anzeige ein akustisches Signal (Pfeifton)</p>
Akustisches Signal (Pfeifton)	CAL, OXICAL 2, 3 PPM, % PO <sub>2</sub> , 6, 7  Allgemein	<p>B: - Überschreitung von gesetzten Grenzwerten (vgl. "Blinkende Anzeige")</p> <p>- Eingabe unzulässiger Daten im Verlauf der Benutzerführung</p>

Meldung	Programm (Name bzw. Nr.)	Bedeutung (B) / Maßnahme (M)
Akustisches Signal (Pfeifton)	Allgemein	<p><u>Beispiele:</u> Eingabe von Zahlen mit mehr als 5 Ziffern oder Setzen des Minuszeichens nach einer Zahl etc.</p> <p><u>Hinweis:</u> Das akustische Signal ertönt auch, um den Bediener darauf aufmerksam zu machen, daß wichtige Abschnitte eines Programms beendet sind (z.B. zusammen mit jedem READY, wenn nach WAIT ein stabiler Wert vorliegt und immer wenn die LED der RUN-Taste aufleuchtet). Es ist in diesen Fällen <u>nicht</u> als Fehlermeldung zu verstehen.</p>

#### Auswechseln der Sicherungen

Im Gerät sind 4 Sicherungen untergebracht, die im Bedarfsfall ausgetauscht werden können. Es wird wie folgt vorgegangen:

- Netzstecker ziehen
- Kreuzschlitzschrauben (4 Stück) an den Seitenteilen des Gerätes herausdrehen
- Obere Halbschale des Gehäuses vorsichtig abnehmen und Kabelschuh des Massekabels abziehen
- Gerät mit Frontseite zum Betrachter stellen, die drei Platinenstecker (zwei große, ein kleiner) der ersten Platine von links herausziehen
- Platine ebenfalls herausziehen (beim Herausziehen der Platinenstecker und der Platine muß u.U. etwas Kraft aufgewandt werden, es empfiehlt sich, mit beiden Händen zu arbeiten)
- Defekte Sicherung(en) auf der Sicherungsplatine an der linken oberen Geräte rückwand feststellen (durch Sichtprüfung des Schmelzfadens der drei durchsichtigen Glassicherungen, bzw. Überprüfung der Quarzsandsicherung) und auswechseln (richtigen Nennstrom (in Ampère) beachten, von links nach rechts: 0.4 AMT, 0.4 AMT, 2 AT, 0.2 AF)
- Platine wieder einsetzen (Bauteile nach links) und Platinenstecker anbringen
- Massekabel anschließen und Gerätegehäuse zusammenschrauben
- Gerät einschalten, Testprogramm AUTO TEST ablaufen lassen und nach Erscheinen von READY RESET-Taste drücken

Zubehör zur Systemerweiterung

Modell

Extender

E 2000

Der Extender E 2000 erweitert die Einsatzmöglichkeiten des Oxi 2000 durch Aufruf festgespeicherter Programme.

Interfacemodul (IEC 625)

IB 2000

Ermöglicht Aufruf der Betriebsart des Gerätes und Übernahme von Meßwerten direkt in Tischrechner zur individuellen Weiterverarbeitung.

Nachrüstung nur werkseitig möglich.

Drucker

P 2000

AUTO PRINT ... ereignis- oder zeitgesteuerter Ausdruck von Meßdaten mit Meßwertnumerierung - automatische Dokumentierung der Eichvorgänge - Ausdruck der Texte zur Benutzerführung - Abruf einer Datenliste mit allen gespeicherten Koeffizienten, Faktoren, Eichdaten.

Bitte beachten Sie: Extender Modell E 2000 und Drucker Modell P 2000 können an alle Geräte der Modellreihe 2000 angeschlossen werden.

## 6 Beschreibung zum OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäß Modell PE/OXI

### 6.1 Grundsätzliches zur Eichung von membranbedeckten Sauerstoffelektroden

Die Eichung von Sauerstoff-Elektroden führt man entweder als Zweipunkteichung (meist ältere Elektrodentypen) oder bei nullstromfreien Elektroden als Einpunkteichung aus. Bei der Zweipunkteichung wird als unterer Eichpunkt in einer O<sub>2</sub>-freien Lösung der Reststrom der Elektrode bestimmt und gleich "0" gesetzt. Dieser Eichpunkt entfällt bei nullstromfreien Elektroden.

Für den oberen Eichpunkt wird bei konventioneller Arbeitsweise luftgesättigtes Wasser verwendet, dessen Sauerstoffkonzentration aus Tabellen entnommen wird und als Eichwert bei Abgleich des Gerätes dient.

Die Sättigung von Wasser und Luft erfordert einen relativ großen Aufwand und letztlich bleibt immer die Ungewißheit über den erreichten Sättigungszustand. Da jedoch das physikalische Prinzip der Sättigung darin besteht, daß der O<sub>2</sub>-Partialdruck in Wasser gleich dem der überstehenden Luftatmosphäre ist, bietet sich Luft als Eichmedium an, die dann nur ihrerseits wasserdampfgesättigt sein muß (WTW-Schnelleichung). In der Praxis arbeitet man indessen nicht bei voller Wasserdampfsättigung, sondern - zur Vermeidung von Kondenswasserbildung an der Membran, die den Meßvorgang verfälschen würde - mit einer geringen Untersättigungsreserve.

6.2 Aufbau des OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäßes (Abb. 1)

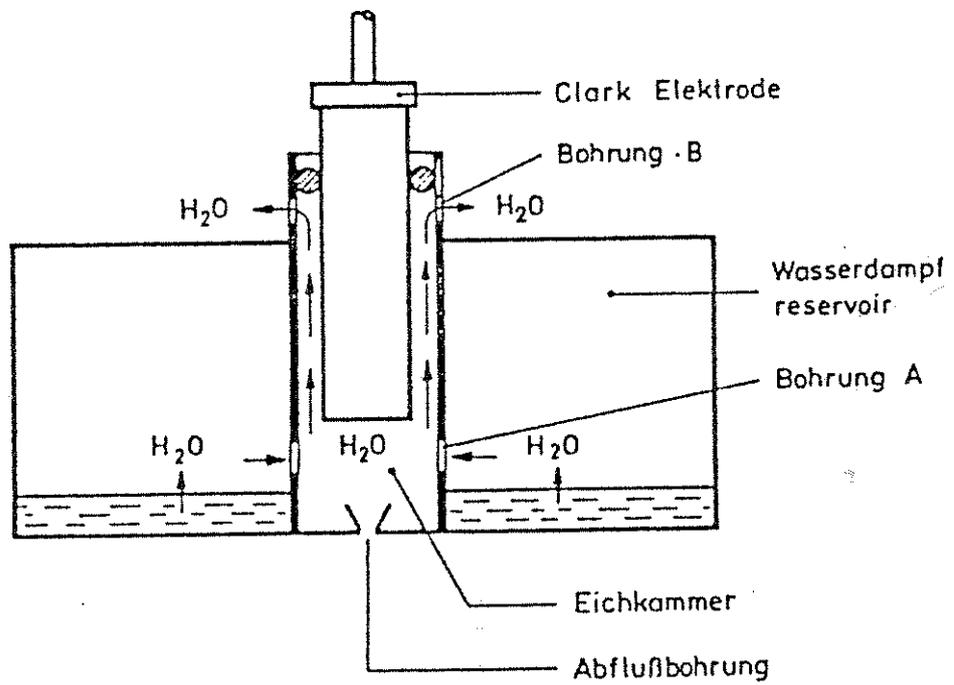


Abb. 1 Zur Wirkungsweise des Lufteichgefäßes OxiCal<sup>R</sup>  
Modell PE/OXI

Das OxiCal<sup>R</sup>-Eichgefäß besteht aus einem äußeren und einem inneren Mantel, wodurch zwei Kammern gebildet werden. Die äußere Kammer enthält einen Vorrat an flüssigem Wasser und dient als Wasserdampfproduzent (Reservoirkammer), die innere Kammer bildet den Eichraum und nimmt die zu eichende Sauerstoffelektrode auf. In der Reservoirkammer herrscht im wesentlichen Sättigung. Durch eine Reihe von Bohrungen A kann Wasserdampf in den Eichraum eindiffundieren, gleichzeitig wird durch die Bohrungen B dafür gesorgt, daß ständig geringe Wasserdampfmengen an die - stets untersättigte - Außenluft abgegeben werden. Durch Optimierung der Querschnitte der Bohrungen A und B kann am Ort der Membran die gewünschte relative Luftfeuchtigkeit bzw. die gewünschte Luftsättigungsreserve erreicht werden. Größere Mengen an flüssigem Wasser in der Eichkammer können zu Störungen durch Kondenswasserbildung an der Membran führen.

Die Bohrungen A sind so angeordnet, daß kein Wasser aus der Reservoirkammer in die Eichkammer eindringen kann, selbst wenn das OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß auf den Kopf gestellt wird. Zum weitergehenden Schutz - z.B. gegen Eindringen von Wasser bei kräftigem Schütteln, beispielsweise beim Transport - dient der Verschlußbolzen (Transportsicherung). Sollte dennoch einmal Wasser in die Eichkammer gelangt sein, wird es beim Einführen des Verschlußbolzens durch die Abflußbohrung im Gefäßboden automatisch ausgestoßen (Prinzip der Injektionspritze). Deshalb muß der Bolzen stets bis zum Anschlag eingeführt werden.

Eine - selbst schockartige - Abkühlung des OxiCal<sup>R</sup>-Gefäßes führt nicht zur Kondenswasserbildung in der Eichkammer durch Unterschreitung des Taupunktes, da die besondere Anordnung der beiden Kammern eine thermische Isolierung des Eichraumes bewirkt.

Zu beachten ist noch eine Besonderheit der Lufteichung. Selbst bei ausreichender Wasserdampfsättigung bestehen geringfügige Unterschiede zwischen dem Sensorstrom an Luft und in Wasser,

im allgemeinen ist das "Luftsignal" um etwa 2% höher. Zurückzuführen sind diese Unterschiede auf etwas veränderte Diffusionsbedingungen für den Sauerstoff an der Phasengrenze gasförmig/fest (Luft/Membran) im Vergleich zu flüssig/fest (Wasser/Membran). Grundsätzlich ist der Signalunterschied streng reproduzierbar und wird über die Eichung miterfaßt. Generell muß darauf geachtet werden, daß sich Eichgefäß und Elektrode bei der Eichung im exakten Temperaturgleichgewicht befinden.

### 6.3 Füllen des OxiCal<sup>R</sup>-Gefäßes

Die Füllung erfolgt mit Wasser, das durch Zusatz eines Stabilisators (Entkeimungstabletten) gegen mikrobiologischen Bewuchs geschützt ist (Herstellung: 1 Entkeimungstablette in 50 ml Wasser lösen):

- Kunststoffschraube am Boden des OxiCal<sup>R</sup>-Gefäßes aufschrauben.
- In das nun auf dem Kopf stehende OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß ca. 5 ml der angesetzten Lösung einfüllen. Die markierte Füllhöhe darf nicht überschritten werden. Dadurch bleiben die Bohrungen A in jeder beliebigen Lage des Eichgefäßes im Luftraum.
- Kunststoffschraube wieder festschrauben.
- Nach der Eichung das Gefäß (Eichraum) durch den mitgelieferten Verschlußbolzen verschließen.

Hinweis: Das OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß sollte nicht zur Daueraufbewahrung der Sauerstoffelektrode verwendet werden, da die Elektrode dabei unter Vollast (100% Sättigung) betrieben wird und sich die nutzbare Lebensdauer der Füllung reduziert.

Die vorgegebene Füllhöhe kann jederzeit überprüft werden, indem das OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß auf den Kopf gestellt wird. Die vorhandene Wassermenge darf dabei die markierte Füllhöhe nicht überschreiten.

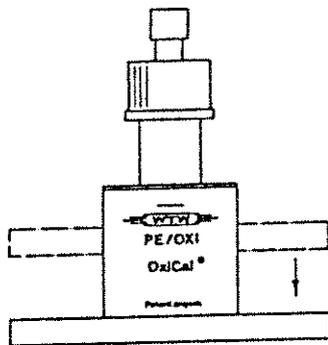
#### 6.4 Eichung von Sauerstoffelektroden mit OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß

---

- Verschlußbolzen herausziehen und Verschlußkappe ca. 1/2 Umdrehung öffnen.
- O<sub>2</sub>-Elektrode bis zum Anschlag in das OxiCal<sup>R</sup>-Gefäß einführen.
- Signalkonstanz abwarten und O<sub>2</sub>-Meßgerät eichen.
- Verschlußschraube 1/2 Umdrehung öffnen, Elektrode herausnehmen und Eichgefäß mit Verschlußbolzen verschließen.

#### 6.5 Bodenplatte Bo/OxiCal

---



Für die Eichung von langen und/oder schweren Elektroden (z.B. EO 200 oder EOT 190-4) kann die Standfestigkeit des Gefäßes durch die Bodenplatte Bo/OxiCal erhöht werden. Hierfür wird die Platte nach nebenstehender Zeichnung über das OxiCal-Gefäß gestülpt (nicht einfach das Gefäß in die Vertiefung der Platte stellen!).

Bodenplatte  
Modell Bo/OxiCal  
Best.Nr. 205356

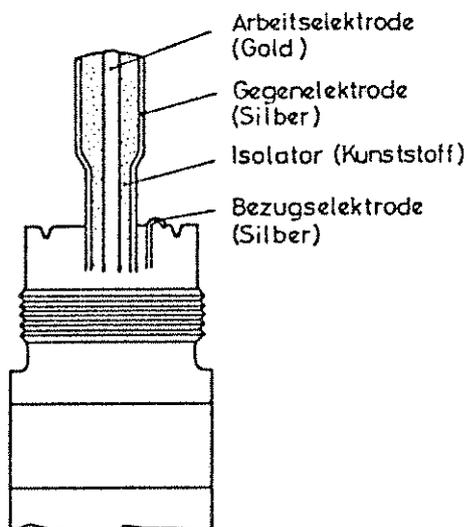
7 Sauerstoffelektrode TriOx<sup>R</sup> EO 200

7.1 Technische Daten

Sauerstoffelektrode EO 200

Meßprinzip	Membranbedeckter amperometrischer Sensor mit potentiostatischer Arbeitsweise (TriOx <sup>R</sup> -Dreielektrodensystem)
Auflösung des Signals	0.1% O <sub>2</sub> -Sättigung bzw. 0.01 mg/l O <sub>2</sub>
Ansprechzeit	90% der Endwertanzeige nach < 10s bei 20°C 99% der Endwertanzeige nach < 40s bei 20°C 99.5% der Endwertanzeige nach < 60s bei 20°C
Mindestanströmung	30 cm/s bei 1% Meßgenauigkeit 35 cm/s bei 0.5% Meßgenauigkeit
Sauerstoffeigenverbrauch bei 20°C	0.06 µg·h <sup>-1</sup> (mg/l) <sup>-1</sup>
Steilheit	≈ 9 nA/mbar O <sub>2</sub> -Partialdruck bei 20°C
Polarisationsspannung	Standardelektrolyt ELY/N: -790 mV Sulfidfester Elektrolyt ELY/S: -100 mV
Effektive Polarisationsspannung	≈ -700 mV
Drift	Innerhalb von 24 h nach dem Einschalten: < 1%/d Unter Dauerpolarisation: ≈ 0.3%/d
Nullstrom	Nullstromfrei
Durchschnittliche Standzeit einer Füllung	Standardelektrolyt ELY/N: 6 Monate Sulfidfester Elektrolyt ELY/S: 2 Monate
Max. zulässiger Überdruck	6 bar
Meßguttemperatur	0 ... 50°C
Lagertemperatur	-5 ... +80°C
Abmessungen	Länge 160 mm, Schaftdurchmesser 15.5 mm
Membrandicke	12.5 µm
Kabellänge	1.5 m

## 7.2 Aufbau des TriOx<sup>R</sup>-Dreielektrodensystems



## 7.3 Betrieb

### 7.3.1 Polarisierung

Die Elektrode wird bereits beim Anschließen an das eingeschaltete Meßgerät polarisiert (Dauerpolarisation). Bei der Erstpolarisation, nach der Regenerierung oder Neufüllung des Sensors sowie nach längeren Polarisationspausen ist mit ca. 30 - 60 Minuten Polarisationszeit zu rechnen. Kürzere Unterbrechungen (bis etwa 1 Stunde) verkürzen diese Zeitspanne auf etwa 15 - 30 Minuten.

### 7.3.2 Eichung

Die Eichung (Einpunkteichung) erfolgt in wasserdampfgesättigter Luft (OxiCal<sup>R</sup>-Schnelleichung von WTW) mit dem Eichgefäß PE/OXI oder in luftgesättigtem Wasser (konventionelle Eichung).

### 7.3.3 Standzeit einer Füllung, AUTO REG<sup>R</sup>-Schaltung

Die elektrochemischen Vorgänge beim Betrieb einer membranbedeckten O<sub>2</sub>-Sonde haben zur Folge, daß der Elektrolyt langsam in seiner Zusammensetzung verändert, d.h. verbraucht wird. Daraus resultiert eine bestimmte Standzeit einer Elektrolytfüllung, die in folgender Tabelle für den Standardelektrolyten ELY/N und den sulfidfesten Sonderelektrolyten ELY/S angegeben ist.

Elektrolyt	Durchschnittliche Betriebsbedingungen	Dauerbetrieb bei 100% O <sub>2</sub> -Sättigung und 20°C
ELY/N	6 Monate	70 - 80 Tage
ELY/S	2 Monate	30 Tage

Das TriOx<sup>R</sup>-Dreielektrodensystem von WTW ermöglicht eine fortlaufende Überwachung des Erschöpfungszustandes der Elektrolytfüllung. Hierzu sind alle Meßgeräte, mit denen die EO 200 betrieben werden kann (OXI 2000, OXI 530), mit einer Überwachungselektronik ausgerüstet, die bei völlig erschöpftem Elektrolyten anzeigt, daß der Sensor neu gefüllt (d.h. regeneriert) werden muß. Diese AUTO REG<sup>R</sup>-Schaltung unterbricht automatisch den Meßbetrieb und zeigt die fällige Neufüllung wie folgt an:

OXI 530: Anzeigebalken 0.0% bzw. 0.00 mg/l und Erscheinen eines schwarzen Balkens in der Position REG.

OXI 2000: Anzeige von REG ELECTRODE.

Unter Umständen kann AUTO REG auch dann anspringen, wenn eine Neufüllung noch nicht erforderlich ist (z.B. ausgelöst durch Netzeinflüsse). In diesem Fall stellt man die Meßbereitschaft wie folgt wieder her:

OXI 530: Gerät mit Hauptschalter aus- und wieder einschalten.

OXI 2000: Betriebsart STAND BY und anschließend wieder eine Meßart anwählen (PO<sub>2</sub>, PPM oder % SAT.).

Wird eine Elektrode neu gefüllt, sollte auch eine Reinigung des Elektrodensystems durchgeführt werden (vgl. hierzu Abschnitt 4). Es ist - allerdings nur mit einer TriOx<sup>R</sup>-Elektrode mit AUTO REG-Überwachung - jedoch durchaus zulässig, zunächst nur neu zu füllen und mit der Elektrode weiterzumessen, wenn der Arbeitsanfall im Labor eine sofortige Reinigung nicht erlaubt. In diesem Falle sollte die Elektrodenreinigung jedoch bei passender Gelegenheit nachgeholt werden.

#### 7.3.4 Lagerung

Während der Meßpausen muß die Membran stets feucht gehalten werden, um ein Austrocknen zu verhindern. Wir empfehlen, die Elektrode in der mitgelieferten Wasserkappe - die mit Wasser (am besten dest. Wasser) gefüllt ist - aufzubewahren. Dazu füllt man die Wasserkappe so weit, daß die Luft bei Einführen der Elektrode vollständig verdrängt wird. Man erreicht damit, daß auch während längerer Lagerung bei angeschlossenem Gerät die Belastung der Elektrode durch vorhandenen Sauerstoff stark vermindert wird (der im Wasser gelöste Sauerstoff wird in unmittelbarer Nähe der Membran schnell gezehrt und es entsteht praktisch O<sub>2</sub>-freies Wasser).\*

#### 7.3.5 Wechsel der Elektrolytart

Die TriOx<sup>R</sup>-Elektrode EO 200 wird serienmäßig mit einer ELY/N-Füllung (Standardelektrolyt) ausgeliefert. Eine wechselseitige Umstellung kann vom Anwender selbst vorgenommen werden und ist in den folgenden Kapiteln beschrieben. Die Umstellung kann auch durch WTW erfolgen (Elektrode einschicken).

##### 7.3.5.1 Umstellung von ELY/N auf ELY/S

- Elektrode vom Meßgerät abstecken.
- Membrankopf abschrauben und Elektrodensystem mit dest. Wasser abspülen.
- Wasserkappe mit 4 ml Reinigungslösung RL-AG/OXI füllen und offenen Elektrodenkopf bis zum Anschlag auf dem Glasboden in Reinigungslösung eintauchen. Im Gegensatz zur normalen Reinigung nach Abschnitt 4.2.1 muß dabei auch die Bezugs-

---

\* Bei Auslieferung wird die Kappe werkseitig mit einer speziellen (blauen) Lösung (Schutz gegen mikrobiologischen Bewuchs) gefüllt, die später nicht mehr erforderlich ist und durch Wasser ersetzt werden kann.

elektrode in die Lösung mit eintauchen.

- Reinigungslösung ca. 2 - 4 Stunden einwirken lassen (u.U. auch über Nacht), Elektrodensystem gründlich mit dest. Wasser spülen und mit Papiertuch vorsichtig abwischen.
- Elektrode nach Abschnitt 4.2.1 mit Elektrolyt ELY/S füllen (neuen Membrankopf WP 90 verwenden).
- Meßgerät auf ELY/S umstellen

OXI 530: Elektrolyt-Wahlschalter auf der Geräterückseite in Stellung 2 (ELY-S) bringen (vgl. Abbildung) und Gerät ausschalten.

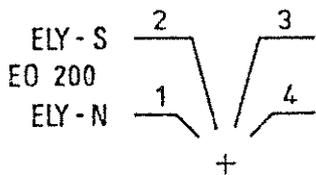
OXI 2000: Mit Extenderprogramm 1 Elektrodentyp 4 aufrufen, Taste STAND BY betätigen.

- Elektrode anschließen

OXI 530: An abgeschaltetes Gerät anstecken und Gerät einschalten.

OXI 2000: Am Gerät in Betriebsart STAND BY anstecken und eine Meßfunktion (z.B. PPM oder % SAT.) aufrufen.

- Polarisationszeit abwarten (Signalstabilität).



Sollte die AUTO REG-Funktion anspringen, so muß die Elektrode 1 Stunde in der Stellung 4 des Elektrolytwahlschalters (OXI 530) oder als Typ 5 (OXI 2000), d.h. mit abgeschalteter AUTO REG-Überwachung betrieben werden, wonach wieder auf Stellung 2 bzw. Typ 4 zurückgegangen werden kann.

Gefahrenhinweis: Die Elektrolytlösung ELY/S enthält Kaliumhydroxyd (pH = 12.5) und Schwefelwasserstoff und ist damit ätzend und giftig. Sie sollte nicht verschüttet oder verspritzt werden (Augenschutz). Sollten Spritzer in das Auge gelangen, muß sofort mit Augenwaschlösung gespült und ein Augenarzt aufgesucht werden. Nach dem Umgang mit der Lösung ist Händewaschen erforderlich.

### 7.3.5.2 Umstellung von ELY/S auf ELY/N

- Elektrode wie in Abschnitt 3.5.1 beschrieben behandeln, jedoch als Reinigungslösung 4 ml Diaphragmareiniger DR 9892 verwenden (auch hier muß die Bezugselektrode in die Lösung eintauchen!) und anschließend mit ELY/N füllen (neuer Membrankopf WP 90!).

Bei dieser Behandlung wird die Ag<sub>2</sub>S-Schicht von Gegen- und Referenzelektrode abgelöst und durch eine AgBr-Schicht ersetzt. Da die vollständige Bildung dieser Schicht jedoch etwas Zeit benötigt, muß die Elektrode für etwa 1 Woche mit abgeschalteter AUTO REG-Überwachung betrieben werden. Dazu wird wie folgt vorgegangen:

- AUTO REG-Überwachung abschalten
  - OXI 530: Elektrolyt-Wahlschalter auf der Geräterückseite auf Stellung 3 bringen (vgl. Abbildung Abschnitt 3.5.1).
  - OXI 2000: Mit Extenderprogramm 1 Elektrodentyp 3 aufrufen.
- Elektrode an Gerät anstecken, eine Meßfunktion aufrufen und Polarisationszeit abwarten (Signalstabilität).

Während der Übergangszeit von etwa 1 Woche ist die Elektrode voll einsatzfähig, zeigt jedoch eine etwas größere Drift als im stabilisierten Zustand (kürzere Eichintervalle).

Bitte vergessen Sie nicht, das Meßgerät nach Ablauf dieser Zeit wieder auf Normalbetrieb umzustellen:

- OXI 530: - Gerät ausschalten, Elektrolyt-Wahlschalter in Stellung 1 (ELY-N) bringen und Gerät anschalten
- OXI 2000: - Mit Extenderprogramm 1 Elektrodentyp 2 aufrufen, Taste STAND BY betätigen und eine Meßfunktion wählen.

## 7.4 Wartung

Die Elektrode wird ab Werk fertig gefüllt. Eine Neufüllung ist erforderlich nach Ablauf der Standzeit (vgl. Abschnitt 3.3) oder bei Störungen der Meßfunktion (z.B. durch Verletzung der Membran oder Vergiftung der Elektrode; Störungen dieser Art werden größtenteils durch AUTO REG angezeigt).

### 7.4.1 Wechsel des Membrankopfes (WP 90)

- Elektrode vom Meßgerät abstecken.
- Membrankopf abschrauben (nach Ablauf der vollen Betriebszeit - vgl. 3.3 - wird dieser verworfen).
- Elektrodenkopf mit sauberem Wasser spülen und (vgl. Abschnitt 4.2) reinigen.
- Membrankopf mit Elektrolytlösung füllen: Zuerst mit einigen Tropfen das Gitter benetzen (Membrankopf dabei schräg halten), dann vollständig mit Elektrolytlösung auffüllen.
- Elektrode senkrecht in den Membrankopf stecken und diesen möglichst zügig festschrauben. Die überschüssige Elektrolytlösung wird dabei aus der Elektrode gedrückt.

Befindet sich jetzt noch eine Luftblase im Elektrolytraum, muß die Füllung wiederholt werden. Da die mechanische Belastung der Membran bei diesem Füllvorgang sehr gering ist, kann der Membrankopf öfter verwendet werden.

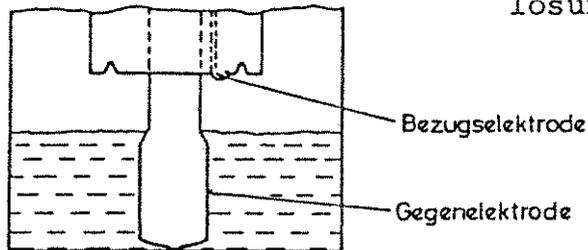
### 7.4.2 Reinigung des Elektrodensystems

#### 7.4.2.1 Silber-Gegenelektrode

Wenn die Standzeit einer Füllung plötzlich stark abnimmt, spätestens jedoch nach Ablauf von 2 Betriebszeiten, muß die nachfolgend beschriebene Reinigung durchgeführt werden.

- Elektrode vom Meßgerät abstecken.
- Membrankopf abschrauben und Elektrodensystem mit dest. Wasser spülen.

- Wasserkappe (vgl. Abschnitt 3.4) mit 2 ml Silberreinigungslösung füllen und offenen Elektrodenkopf bis zum Anschlag auf dem Glasboden in Reinigungslösung eintauchen.



- Reinigungslösung ca. 2 Stunden einwirken lassen, anschließend Elektrodenkopf daraus entfernen, gründlich mit dest. Wasser spülen und mit Papiertuch vorsichtig abwischen.
- Elektrode nach Abschnitt 4.1 neu füllen.

- Wichtige Hinweise:
- Niemals darf die Silberfläche mit dem Glasfaserstift bearbeitet werden! Die Funktionsfähigkeit der Elektrode wird dadurch beeinträchtigt.
  - Die Reinigungsvorschrift (insbesondere die Wahl des Volumens von 2 ml Reinigungslösung und der Wasserkappe als Arbeitsgefäß) ist so ausgelegt, daß nur die Gegen-, nicht jedoch die Bezugselektrode mit der Reinigungslösung in Kontakt kommt. Diese Bedingung muß unbedingt eingehalten werden. Wirkt die Reinigungslösung auch auf die Bezugselektrode ein, wird deren Silbersalzsicht ( $\text{AgBr}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ) zerstört und muß erst wieder gebildet werden. Eine beschädigte Silbersalzsicht ist daran zu erkennen, daß trotz erfolgter Neufüllung nach dem Einschalten des Gerätes die AUTO REG-Funktion bleibend anspringt. In diesem Falle wird AUTO REG abgeschaltet (vgl. Abschnitt 3.5.2) und die Elektrode etwa 24 Stunden damit betrieben. Nach Umschalten auf Normalbetrieb darf AUTO REG nicht mehr anspringen.

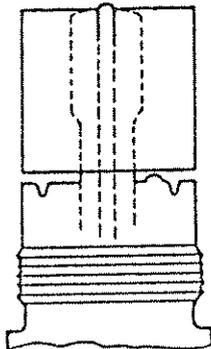
- Es sind unterschiedliche Reinigungslösungen erforderlich, je nachdem, ob die Elektrode mit ELY/N oder mit ELY/S betrieben wird:

ELY/N: Silberreinigungslösung RL-AG/OXI  
Bestell-Nr. 205 200

ELY/S: Diaphragma-Reinigungslösung DR 9892  
Bestell-Nr. 109 650

#### 7.4.2.2 Reinigung der Arbeitselektrode

Bei regelmäßiger Reinigung der Gegenelektrode ist keine Silberabscheidung am Gold zu erwarten. Sollte dies dennoch einmal der Fall sein, kann der Belag mit dem Glasfaserstift entfernt werden.



- Elektrode nach 4.2.1 reinigen, jedoch noch nicht füllen.
- Schwarze Silberschutzkappe auf die Gold-Arbeitselektrode aufsetzen.
- Freiliegende Goldfläche mit Glasfaserstift vorsichtig abbürsten, bis der (Silber-) Belag entfernt ist, Silberschutzkappe wieder entfernen.
- Elektrodenkopf gut mit Wasser spülen.
- Membrankopf mit Elektrolytlösung füllen und auf die Elektrode aufschrauben (vgl. Abschnitt 5.1).

Empfohlenes Zubehör

	Modell
Rührzusatz zur TriOx <sup>R</sup> EO 200 in Verbindung mit einem Magnetrührer zur konstanten und luftblasenfreien Anströmung der Elektrode.	RZ 90
Trichterset für die BSB-Bestimmung in Winkler- und Karlsruher Flaschen.	TS 19
Spezialelektrolyt für O <sub>2</sub> -Messungen in sulfidhaltigem Messgut (mit Standardelektrode TriOx <sup>R</sup> EO 200)	ELY/S
Durchflußzusatz für Sauerstoffmessungen im drucklosen Betrieb bei einer Durchflußmenge zwischen 300 ... 1000 ml/min.	D 200
Karlsruher Flasche, geeignet für BSB-Bestimmung.	KF 12
<u>Wartungsmittel und Ersatzteile</u>	
Eichgefäß OxiCal <sup>R</sup> incl. ET/Oxi Entkeimungstabletten	PE/Oxi ET/Oxi
Bodenplatte zum Eichgefäß OxiCal <sup>R</sup>	BO/OxiCal
Fixierring	FR 19
Austausch-Membranköpfe	WP 90/3
Elektrolytlösung	ELY/N
Reinigungslösung für Silberanode	RL-AG/Oxi
Diaphragma-Reinigungslösung	DR 9892

### 8 Zubehörfumfang

Zur rationellen Durchführung von BSB-Messungen steht folgendes Spezialzubehör zur Verfügung, das für die O<sub>2</sub>-Elektroden TriOx<sup>R</sup>-EO 200 bzw. EO 90 verwendet werden kann.

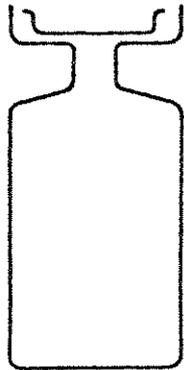
Zubehörteil	Aufgabe	Symbolzeichnung
Rührzusatz RZ 90	Anströmung der O <sub>2</sub> -Elektrode	
Fixierring FR 19	Positionierung der O <sub>2</sub> -Elektrode in Normschliff NS 19	
Fixierdeckel FD 19	Positionierung der O <sub>2</sub> -Elektrode beim Arbeiten mit Karlsruher Flasche bzw. WTW Verdrängungstrichter VT 19	
Verdrängungstrichter VT 19	Aufnahme des verdrängten Wasservolumens beim Arbeiten mit Winkler-Flaschen	
Karlsruher Flasche KF 12		

Der WTW-Zubehörsatz "Trichterset TS 19" besteht aus dem Fixierdeckel FD 19 und dem Verdrängungstrichter VT 19. Der Fixierring FR 19 gehört zum Standardzubehör der O<sub>2</sub>-Elektrode EO 200.

## 8.1 Trichterset TS 19

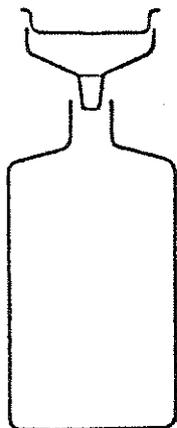
### 8.1.1 Arbeiten mit Karlsruher Flaschen

Die Karlsruher Flasche KF 12 trägt einen am Normschliff NS 19 angeschmolzenen Halskragen, der beim Eintauchen einer O<sub>2</sub>-Elektrode das verdrängte Wasservolumen aufnimmt. Wird mit diesem Flaschentyp gearbeitet, so kommt nur der Fixierdeckel FD 19 (zur Positionierung der Elektrode) zum Einsatz (vgl. Zeichnung).



### 8.1.2 Arbeiten mit NS 19 - Schliffflaschen

Beim Einsatz normaler NS 19 - Schliffflaschen übernimmt der Verdrängungstrichter VT 19 die Aufgabe des Halskragens. Die Positionierung der Elektrode erfolgt auch hier mit dem Fixierdeckel FD 19, wobei Verdrängungstrichter und Fixierdeckel ineinander gestülpt werden (vgl. Zeichnung).

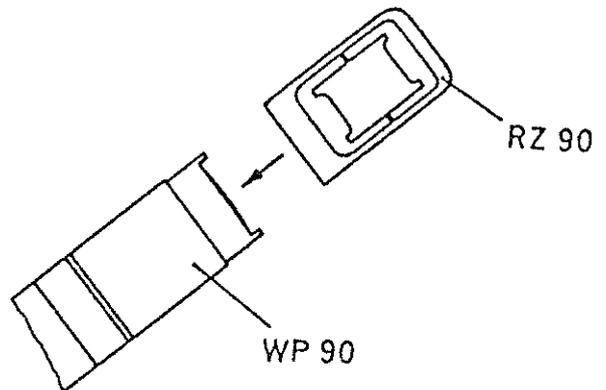


## 8.2 Rührzusatz RZ 90

---

Der Rührzusatz RZ 90 erlaubt eine problemlose und sichere Anströmung der Sauerstoffelektrode. Das Kernstück des Rührelementes ist ein kunststoffüberzogener Magnetrotor, der mit Hilfe eines externen Magnetrührers angetrieben wird.

Eine Besonderheit besteht darin, daß nicht parallel, sondern senkrecht zur Ebene der O<sub>2</sub>-durchlässigen Membran gerührt wird. Dadurch werden Luftblasen in allen Situationen zuverlässig von der Membran entfernt.



### 8.2.1 Positionierung der Sauerstoffelektrode und Einregeln des Magnetrührers

---

- Vorgesehene Flasche mit Wasser füllen und Verdrängungstrichter V 19 aufsetzen (nicht erforderlich bei Karlsruher Flaschen).
- Fixierdeckel über Sauerstoffelektrode schieben und Rührzusatz RZ 90 aufsetzen.
- Sauerstoffelektrode in Flasche einschieben und mit Fixierdeckel so positionieren, daß die Unterkante des U-förmigen Rotorbügels etwa 1/2 cm über dem Glasboden steht; Flasche so auf den Magnetrührer setzen, daß die Elektrode im Rührerzentrum steht.
- Magnetrührer starten, Umdrehungszahl langsam bis zu dem Punkt steigern, an dem der Rotor aus dem Takt gerät; Skala des Magnetrührers eine Rührstufe unterhalb dieses Punktes markieren (Filzstift o.ä.). Die gefundene Rührstufe kennzeichnet den optimalen Arbeitspunkt, mit dem künftig immer gearbeitet werden kann (gelegentlich überprüfen).

### 8.2.2 Serienmessungen

Für Serienmessungen muß die Sauerstoffelektrode nur einmal positioniert und der Magnetrührer auf den gefundenen Arbeitspunkt eingestellt werden, anschließend kann Flasche um Flasche gemessen werden.

- Vorbereitete Elektrode bis zum Anschlag des Fixierdeckels in BSB-Flasche einbringen.
- Flasche bei laufendem Rührmotor zentrisch auf die Rührplatte stellen und Signalstabilität abwarten.
- Elektrode mit Fixierdeckel und - soweit eingesetzt - Verdrängungstrichter aus BSB-Flasche entnehmen, in nächste Flasche einbringen und sinngemäß weiterverfahren.

Bitte beachten Sie, daß beim Einführen der Elektrode immer eine Luftblase an der Membran entsteht, zu deren Entfernung der Rotor des RZ 90 etwa 3 ... 5 Sekunden benötigt.

Änderungen vorbehalten!

4/86

Bei Rückfragen wenden Sie sich bitte an den Laborfachhandel. Darüberhinaus stehen Ihnen die technischen Kundenberater im Hause WTW bzw. die technischen Außendienst-Mitarbeiter unserer WTW-Büros zur Verfügung.

## **Technische Kundenberatung:**

### **Labormesstechnik:**

Johann Heilbock, Ralf Degner, Jürgen Winkler, Heidrun Lehnhart

### **Industriegeräte – Sonderanfertigung:**

Alfred Hatzelmann, Werner Albrecht, Rolf Paa, Horst Zitzmann, Wolfgang Schwarz

**Hauptwerk: WTW WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE WERKSTÄTTEN GmbH**  
D-8120 Weilheim i. OB, Trifthofstraße 57 a  
☎ (08 81) 183-0, Ttx 881 803, Fax (08 81) 6 25 39

- WTW-Büros:** 2000 Hamburg 56, Lorenz Lorenzen,  
Nagelshof 42 b, ☎ (0 40) 81 25 65
- 3013 Barsinghausen 1, Kurt Suhrbler,  
Akazienweg 8, ☎ (0 51 05) 87 18
- 5000 Köln 1, Albert Wermke,  
Ehrenstraße 71, ☎ (02 21) 23 67 04
- 5800 Hagen, Hans Duckstein,  
Alsenstraße 20, ☎ (0 23 31) 2 53 39
- 6229 Schlangenbad 5, Thomas Schleissing,  
Krauskopfallee 43, ☎ (0 61 29) 89 89
- 6731 Venningen, Alexander Ploss,  
Dompropst-Dr.-Weindel-Str. 2, ☎ (0 63 23) 78 55
- 7032 Sindelfingen 7, Helmut Jagusch,  
Haigerlocherstraße 15, ☎ (0 70 31) 7 47 08
- 8120 Weilheim, Eduard Pöhler,  
im Hause WTW, ☎ (08 81) 183-0
- 8120 Weilheim, Georg Schöttl,  
im Hause WTW, ☎ (08 81) 183-0
- 8501 Feucht, Helmut Hopp,  
Unterer Zeidlerweg 4, ☎ (0 91 28) 44 09

**Österreich: WTW Meß- und Analysengeräte Gesellschaft mbH**  
1140 Wien, Simmeringer Hauptstraße 113  
☎ 74 11 62, 74 11 63, Fax 74 12 86



**Erfahrung ● Fortschritt ● Qualität**