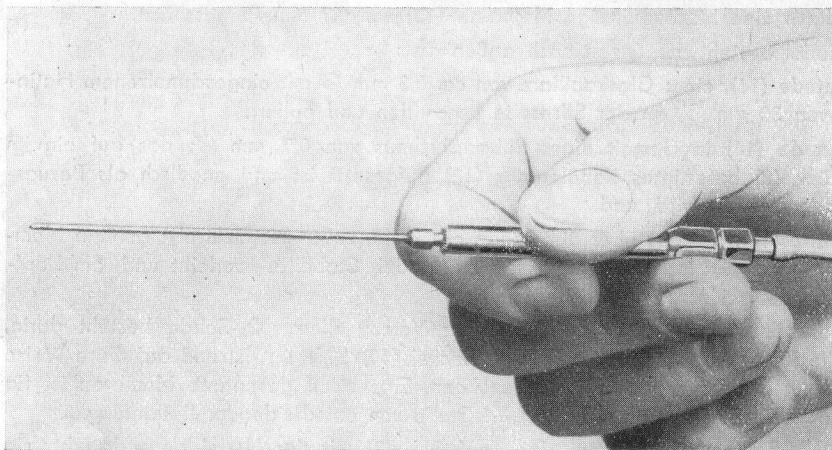


# ANLEITUNG

zur  $pO_2$ -Messung mit der  $O_2$ -Nadelsonde



**METRA MESS- UND FREQUENZTECHNIK  
RADEBEUL**

8122 Radebeul 1, Wilhelm-Pieck-Straße 58

## Die O<sub>2</sub>-Messung mit der O<sub>2</sub>-Nadelsonde

Die O<sub>2</sub>-Nadelsonde ist eine elektrochemische Vorrichtung zur fortlaufenden Messung des Sauerstoffpartialdruckes (pO<sub>2</sub>) in Flüssigkeiten und Gasen, insbesondere in der Blutbahn und in kleinsten biologischen Objekten. Die starke Verkleinerung des Meßsystems erfordert höchste feinmechanische Präzision bei der Herstellung der Sonde und sorgfältigste Behandlung derselben.

Das sauerstoffempfindliche Meßsystem ist in die Spitze einer Kanüle von 1,0 mm Außendurchmesser eingebaut und arbeitet nach dem polarometrischen Prinzip. Durch eine schützende Kunststoffmembran in Gestalt eines Hütchens werden Störungen durch Bestandteile des Meßgutes vollständig ausgeschaltet, wodurch pO<sub>2</sub>-Messungen in allen physiologischen Flüssigkeiten, wäßrigen und nichtwäßrigen Lösungen und in Gasen möglich sind. Die Sonde ist zu verwenden in Verbindung mit dem dafür speziell eingerichteten Anzeigeverstärker „pO<sub>2</sub>-Meter M 65“.

### Aufbau der Sonde (Zeichnung am Schluß dieses Heftes)

Die O<sub>2</sub>-Nadelsonde besteht aus einem 5 mm starken Handgriff, der zum Anfassen dient und in dem die elektrischen Kontakte untergebracht sind, und dem Kopfstück (2) mit der 60 mm langen Nadel von 1 mm Ø. Das Meßsystem in der Spitze der Nadel wird durch eine hütchenförmige Membran (15) von 0,7 mm Ø geschützt.

Die Nadel besteht von innen nach außen aus:

der **Katode** (16), einer Glaskapillare von ca. 0,3 mm Ø mit eingeschmolzenem Platindraht von 30 µm Ø, an der Stirnseite beschliffen und poliert,

der **Anode** (14) in Gestalt eines Silberröhrchens von 0,7 mm Ø, das auf ein im Kopfstück (2) befestigtes Kanülenrohr (13) aufgesetzt ist und anodisch als Bezugselektrode formiert wird, und

der **Hülse** (12), die das über die Anode gestülpte, zuvor mit Elektrolyt gefüllte Membranhütchen (15) festhält, der gesamten Nadel Stabilität verleiht und am Kopfstück (2) festgeklemmt wird.

Ein besonderer patentrechtlich geschützter Vorzug dieser O<sub>2</sub>-Sonde besteht darin, daß die Katode in einem verstellbaren Sockel (10) befestigt ist und auf diese Weise gegen die Membran gedrückt werden kann. Eine straff gespannte Membran ist für die einwandfreie Funktion einer pO<sub>2</sub>-Meßzelle von entscheidender Bedeutung.

An die Halterung (1) ist vorn das Kopfstück (2) mit der Nadel angeschraubt, ein eingebauter federnder Kontakt (18) bewirkt die elektrische Verbindung mit der Katode, die Anode liegt an Masse. Am Ende der Halterung befindet sich eine Mikrosteckdose (4, 5, 6), an die das zum Verstärker führende abgeschirmte Kabel angeschlossen wird.

### Präparation

Vor ihrer Verwendung muß die O<sub>2</sub>-Sonde mit Elektrolyt und der schützenden Membran versehen werden, was mit Vorteil bei 10facher Vergrößerung unter einem Stereo-Mikroskop geschieht. Bei allen Manipulationen ist sorgfältigste und schonendste Behandlung des hochempfindlichen Instrumentes erforderlich.

Die Präparation geschieht in folgenden Arbeitsgängen:

## 1. Zerlegung

Das Kopfstück (2) mit der Nadel wird von der Halterung (1) abgeschraubt. Nach Lösen der Klemmutter (3) wird die Hülse (12) der Nadel vorsichtig nach vorn abgezogen (Bild 1). Das zum Vorschein kommende Anodenhalterrohr (13) mit vorn angesetzter Anode (14) enthält die als Glaskapillare ausgebildete verstellbare Katode (16).

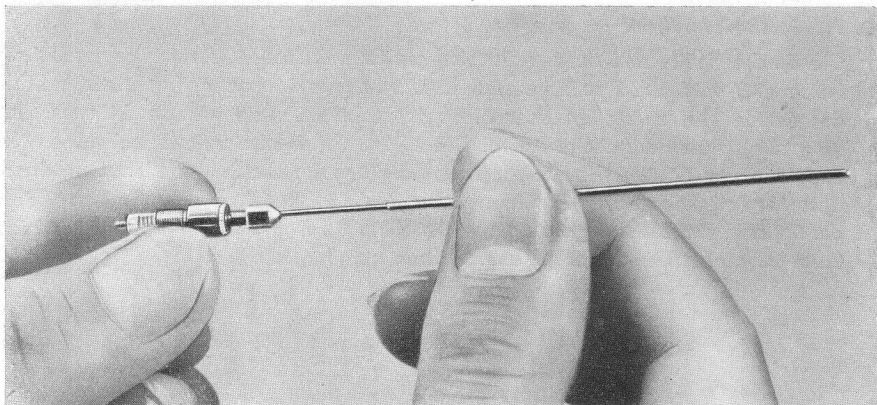


Bild 1

## 2. Reinigung und Kontrolle der Anode

Die Katode (16) ist am Sockel (10) so weit zurückzuschrauben, daß sie nicht über die Anode (14) heraussteht. Mit einem feuchten Stück Zellstoff wird nun die Anode von anhaftenden Elektrolytresten usw. gesäubert (Bild 2).

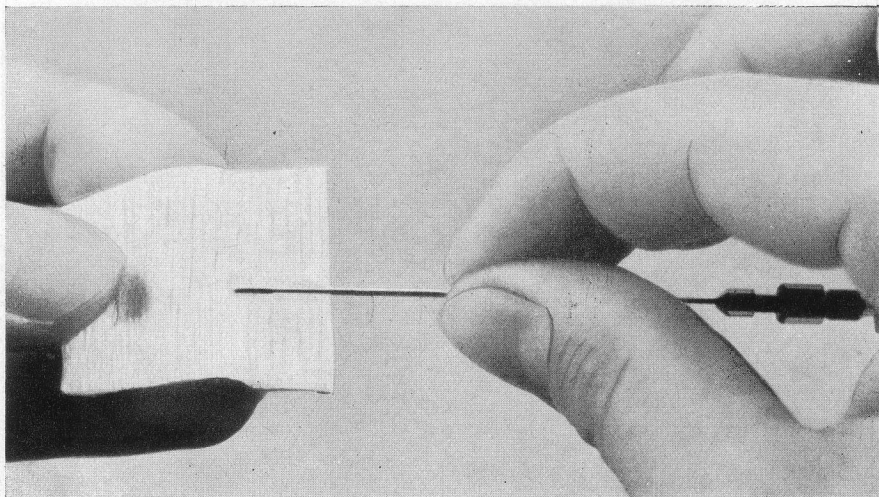


Bild 2

Die Nadel kann hierbei am Anodenhalterrohr (13) gefaßt und zwischen Daumen und Zeigefinger schnell gedreht werden. Sollten die Verunreinigungen durch diese Behandlung und Eintauchen

in Wasser nicht entfernt werden können, so kann auf den feuchten Zellstoff eine Spur fettfreies Putzmittel (Wiener Kalk, Läpp-Pulver, Zahnpaste) gegeben werden. Es ist jedoch nur ausnahmsweise so zu reinigen, um die Anode nicht unnötig abzuschleifen. Die Anodenoberfläche braucht beim Säubern nicht blank und silberglänzend zu werden. Putzmittelreste sind aus dem Lumen der Anode, in dem die Katode sitzt, durch Spülen und Absaugen auf feuchtem Zellstoff sorgfältig zu entfernen. Nötigenfalls ist hierbei die Katode (Kapillare mit Sockel) vorsichtig herauszunehmen, das Anodenrohr durchzuspülen und zu trocknen.

### 3. Probieren der Hülse

Die durchgespülte und durch Auftupfen auf feuchten Zellstoff vom Wasser befreite Hülse (12) wird unter mikroskopischer Kontrolle und ohne gegen die Stirnfläche der Anode (14) zu stoßen über diese geschoben, bis sie von der Klemmvorrichtung straff federnd gehalten wird. Die Hülse soll hierbei mit ihrem eingerollten Ende auf der Schulter der Anodenspitze aufsitzen, nicht in der Klemmvorrichtung anstoßen, sie kann durch Einführen und Hin- und Herziehen eines Fadens (Stärke ca. 0,4 mm) mit Knoten gereinigt werden (Bild 3). Das eingerollte Ende der Hülse kann innen mit einem gespitzen Hölzchen gereinigt werden.

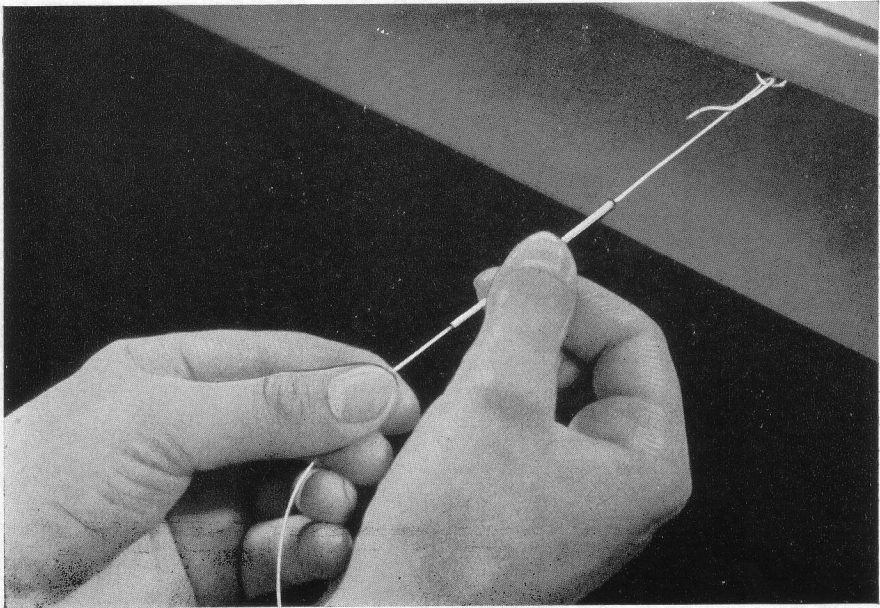


Bild 3



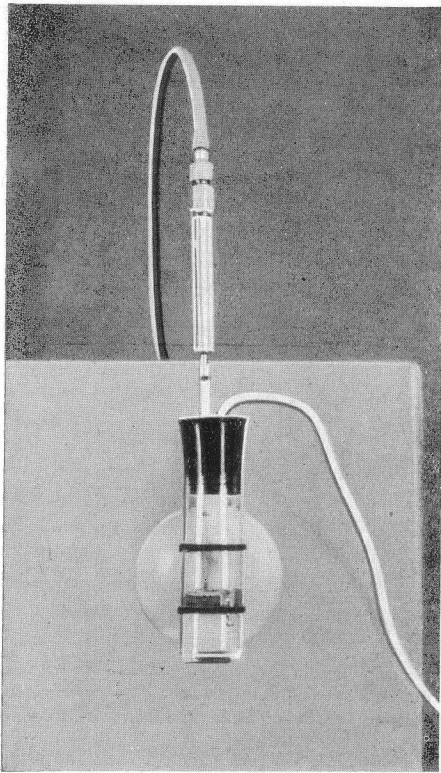


Bild 4

#### 4. Formierung

Die beigegegebene Formiereinrichtung (Bild 4) wird durch einen Sauggummi an der Rückwand des Verstärkers befestigt, etwas Elektrolyt ( $n/2$  KOH-Lösung) eingefüllt und die eingebaute Platin-Elektrode (Kathode) mit der Buchse „Formierung Nadel“ (früher ·) verbunden. Nach Abziehen der Hülse wird die Nadel in die Formiereinrichtung so eingesteckt, daß sie mit der Spitze 1 mm in den Elektrolyten eintaucht, und das Meßkabel wie üblich angeschlossen. Durch Einstellen des Hauptschalters auf „Laden“ wird ca. 3 min lang durch einen Strom von 0,1 mA die Anode formiert.

#### 5. Füllen und Aufsetzen des Membranhütchens

Mit Hilfe des spitz ausgezogenen Glasstäbchens wird ein Membranhütchen aus dem Röhrchen genommen (Bild 5) und unter Verwendung der Pipette luftblasenfrei mit Elektrolyt gefüllt und auf die formierte Anode aufgesetzt (Bild 6).

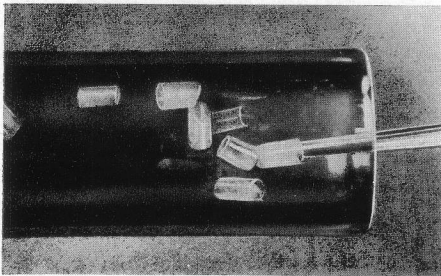


Bild 5

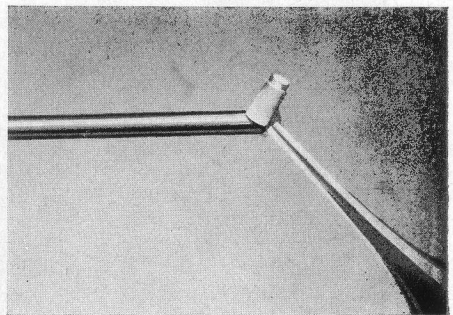


Bild 6

Der von der Formierung her an der Nadel anhaftende Elektrolyt wird durch vorsichtiges Auf tupfen derselben auf feuchtem Zellstoff abgesaugt. Das Aufsetzen des Hütchens erfolgt unter dem Mikroskop bei 10facher Vergrößerung mit der Pipette unter Ausnutzung der Adhäsion des Elektrolyten. Das Hütchen soll vollständig auf der Anode aufsitzen.

#### 6. Festkleben des Membranhütchens und Überziehen der Hülse.

Unmittelbar nach dem Aufsetzen trägt man auf den unteren Rand des Membranhütchens und auf die Anode (14) mehrmals ringsherum ein wenig beigegebene Klebelösung auf (Bild 7) und läßt zwischendurch leicht eintrocknen. Nach zweimaliger Wiederholung dieses Vorganges wird die Hülse (12) übergeschoben, durch Anziehen der Klemmutter (3) befestigt und damit die Membran festgeklemmt.

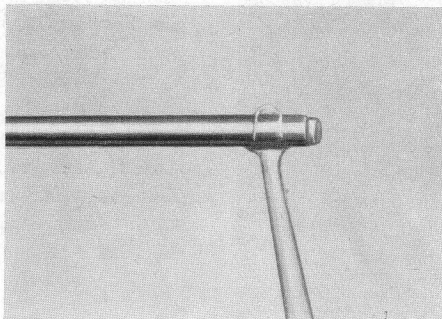


Bild 7

Das Überziehen der Hülse soll nach dem unter mikroskopischer Kontrolle erfolgten vorsichtigen Einführen in einem Zuge und ohne Drehen erfolgen. Zu starker Druck am Ende ist zu vermeiden, um die Membran nicht zu zerschneiden.

#### 7. Spannen der Membran

Durch vorsichtiges Schrauben am Sockel (10) der Kapillare (Bild 8) wird die Membran unter Sichtkontrolle gespannt, so daß sie sich unter dem Druck der Katode leicht vorwölbt.

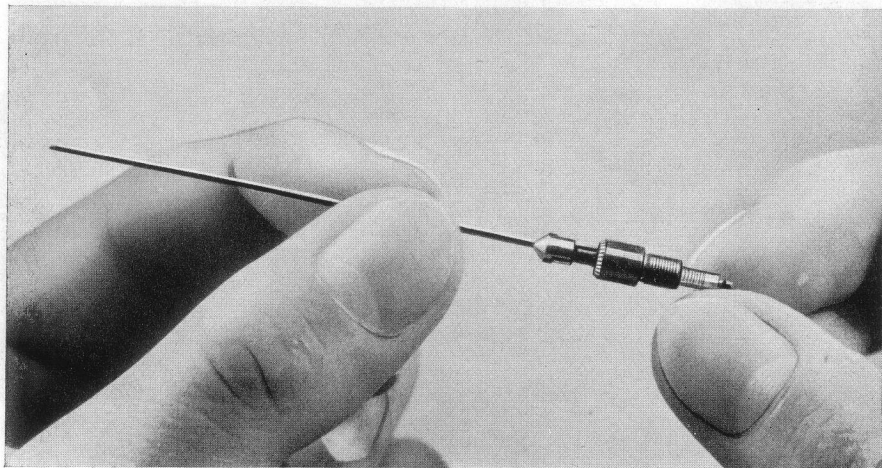


Bild 8

Es empfiehlt sich, zunächst nur wenig zu spannen (Bild 9) und erst einmal die Funktion zu überprüfen.

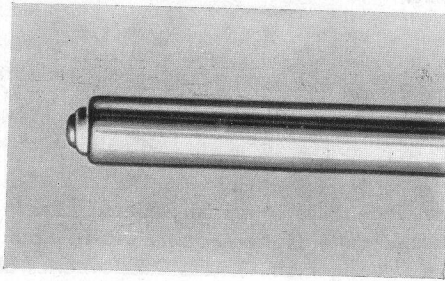


Bild 9

### Eichung

Das Kopfstück (2) mit der Nadel wird in die Halterung (1) eingeschraubt und die Verbindung mit dem möglichst schon 15 min zuvor eingeschalteten Meßverstärker M 65 hergestellt. Nach etwa 10 min kann die in der Bedienungsanleitung für den Meßverstärker beschriebene Eichung durchgeführt werden.

Die Spitze der Nadel muß sich auf Meßtemperatur befinden und in das Eich-Meßgut eintauchen. Als letzteres dient am einfachsten reine Luft mit 20,9% O<sub>2</sub>-Gehalt. Zur Eichung in Sauerstoffpartialdruck (pO<sub>2</sub> in Torr) wird der Luft-pO<sub>2</sub> nach folgender Formel ermittelt:

$$pO_2 = (b - 0,01 p_w \cdot f) \cdot 0,209$$

Hierbei ist b der Barometerstand in Torr (mm Hg-Säule), p<sub>w</sub> der Dampfdruck des Wassers bei der Meß- und Eichtemperatur (s. Tabelle 1) und f die relative Feuchte in Prozent. Der Ausdruck 0,01 p<sub>w</sub> · f kann in vielen Fällen vernachlässigt werden.

#### Rechenbeispiele

1. Die Sonde wird in einem Metallblockthermostaten bei 37 °C mit Zimmerluft ohne Überdruck geeicht. Der Barometerstand beträgt 739 Torr, die Zimmertemperatur 22 °C, die relative Feuchte wird auf 70% geschätzt.

$$pO_2 = (739 - 0,01 \cdot 19,8 \cdot 70) \cdot 0,209 = 152 \text{ (Torr)}$$

2. Dieselbe Eichung wird mit bei 37 °C vollständig befeuchteter Luft ausgeführt.

$$pO_2 = (739 - 47) \cdot 0,209 = 145 \text{ (Torr)}$$

Die Eichung kann auch in % O<sub>2</sub> erfolgen, wenn sich Gasdruck und Wasserdampfgehalt während der Messung nicht ändern, oder in Skalenteilen.

Eine Umrechnung in Konzentrationsmaß (mg O<sub>2</sub>/l) kann nach der Formel

$$(O_2)_x = (O_2)_s \cdot \frac{pO_2}{159}$$

erfolgen, wenn die Luftsättigungskonzentration (Löslichkeit) für die Meßtemperatur und der gemessene pO<sub>2</sub> bekannt sind.

#### Beispiel:

In einem Wassertropfen wird bei 25 °C ein pO<sub>2</sub> von 178 Torr gemessen. Die gesuchte Konzentration beträgt

$$(O_2)_x = 8,2 \frac{178}{159} = 9,2 \text{ (mg O}_2\text{/l)}$$

## Überprüfung

Die Sondenspitze ist auf konstanter Temperatur zu halten und folgende Messungen werden durchgeführt:

### 1. Konstante Anzeige

Der Luftreichwert soll unter gleichbleibenden Bedingungen in 5 min nicht mehr als  $\pm 2\%$  abweichen.

### 2. Reststrom $i_R$

Durch Einbringen der Nadelspitze in reinen Stickstoff oder in eine frisch bereitete temperierte Natriumsulfatlösung (1 Spatelspitze  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  auf 20 ml Wasser) soll der Strom in 1 min auf weniger als 4% des Luftreichwertes abfallen. Anschließend ist mit Wasser abzuspuhlen und diese Probe zu wiederholen.

### 3. Einstellzeit $\tau_{95}$

Die Einstellung auf einen veränderten  $p\text{O}_2$  des Meßgutes folgt etwa einer Exponentialfunktion. Als praktisches Maß hat sich die Zeit bis zur 95%igen Einstellung  $\tau_{95}$  eingeführt, sie soll nicht über 30 s liegen.

## Fehlermöglichkeiten

Sollten bei der Überprüfung der Sonde die geforderten Kenngrößen nicht eingehalten werden, so ergeben sich folgende Fehlermöglichkeiten:

### Unruhige Anzeige

Kontaktfehler an Steckern und Federkontakt

Luftblasen unter der Membran

Defekt am Verstärker

### Zu hoher Reststrom

Membran zu wenig gespannt

Katode defekt, Kapillare gebrochen

Kurzschluß in der Sonde oder Ableitung

### Zu lange Einstellzeit

Membran nicht gespannt

Oberfläche der Katode defekt

Meßgut zu langsam gewechselt.

Während die angeführten Fehler selbst behoben werden können, notfalls durch Auswechseln der Katode (Kapillare mit Sockel), können Beschädigungen an den Metallteilen, besonders an der weichen Silber-Anode nur durch den Hersteller repariert werden.

### Kurzschlußprobe:

Die Nadel wird vom Handgriff abgeschraubt, Hülse und Hütchen entfernt und die Katode sorgfältig gespült und getrocknet. Die Kapillare kann hierbei ca. 0,5 mm weit aus der Anode herauschauen und die polierte Stirnfläche vorsichtig mit der sauberen Fingerspitze abgewischt werden.



Nach Wiederherstellung der Verbindung mit dem Meßverstärker darf bei gesteigerter Empfindlichkeit kein Strom fließen, der höher ist als der Grundstrom des Verstärkers ohne angeschlossene Sonde. Tritt schon in mittleren Empfindlichkeitsbereichen ein Strom auf, so ist die Kapillarspitze nicht völlig trocken oder die Kapillare gebrochen und muß ausgewechselt werden.

#### Einsetzen einer neuen Katode:

In die gereinigte und trockene Nadel wird vom Kopfstück (2) her in senkrechter Haltung unter Sichtkontrolle eine neue Katode eingesetzt. Zu diesem Zwecke ist das Stereo-Mikroskop auf die Mündung des Anodenrohres (13) im Inneren des Kopfstückes (2) scharf einzustellen (Vergrößerung 10fach) und die Kapillare, am Sockel gehalten, von oben her einzuführen.

### Aufbewahrung

Die präparierte und geprüfte Sonde kann in feuchter Luft oder mit der Spitze in Wasser tauchend einige Tage lang aufbewahrt werden, ist jedoch vor der Verwendung erneut zu überprüfen. Eine Sterilisation ist durch sechsstündiges Eintauchen der Sonde in eine 0,1%ige Lösung von  $\beta$ -Propiolacton möglich (laut Gutachten des Institutes für Medizinische Mikrobiologie und Epidemiologie der Medizinischen Akademie Dresden).

Nach Gebrauch ist die Sonde zu zerlegen, indem die Hülse (12) abgezogen und das gebrauchte Membranhütchen (15) entfernt wird, und mit Wasser zu reinigen. Die Katode (Kapillare (16) mit Sockel (10)) wird hierbei **nicht** herausgeschraubt. Es ist nur dafür Sorge zu tragen, daß die Kapillare nicht im Lumen der Anode (14) durch Elektrolytreste festklebt. Durch wiederholtes tiefes Eintauchen der Nadel in reines Wasser und anschließendes Absaugen durch Auftupfen auf feuchten Zellstoff oder Ausblasen (durch einen von hinten auf das Kopfstück aufgesetzten Schlauch, durch den Luftspalt am Sockel der Kapillare hindurch) kann das Lumen der Sonde gespült und getrocknet werden. Die Hülse (12) ist durchzuspülen und notfalls wie unter Präparation 3 beschrieben zu behandeln.

Die Sonde ist nur im gereinigten, trockenen, nicht präparierten Zustand über längere Zeit aufzubewahren oder zu versenden.

**Tabelle 1: Dampfdruck des Wassers**

| Temperatur °C | p <sub>w</sub> (Torr) |
|---------------|-----------------------|
| 0             | 4,6                   |
| 10            | 9,2                   |
| 20            | 17,5                  |
| 25            | 23,8                  |
| 30            | 31,8                  |
| 37            | 47,1                  |
| 40            | 55,3                  |

**Tabelle 2:**

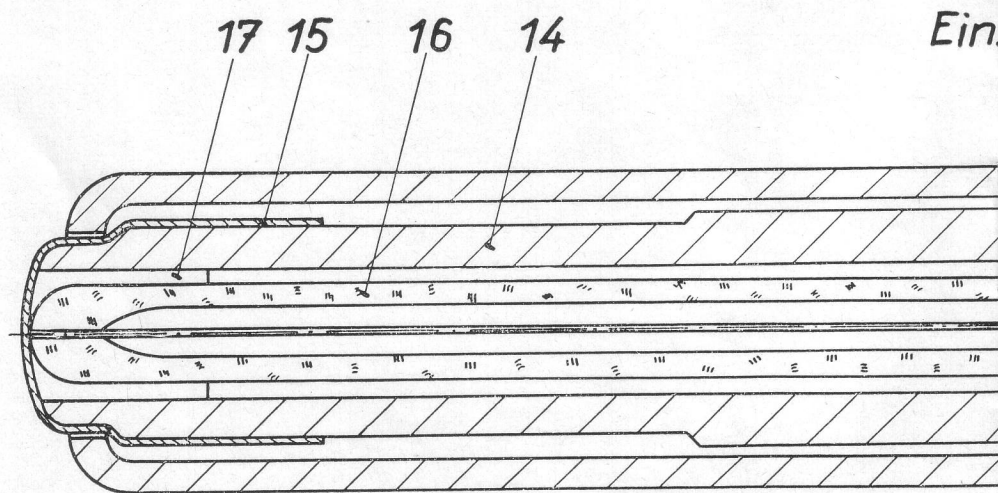
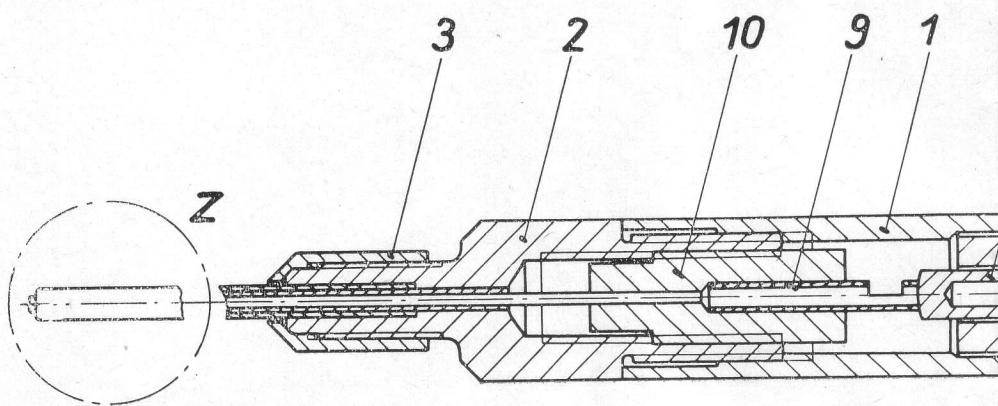
**Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser bei Sättigung mit Luft von 760 Torr.**

| Temperatur °C | ml O <sub>2</sub> /l | mg O <sub>2</sub> /l |
|---------------|----------------------|----------------------|
| 0             | 10,2                 | 14,5                 |
| 5             | 8,9                  | 12,7                 |
| 10            | 7,9                  | 11,2                 |
| 15            | 7,0                  | 10,1                 |
| 20            | 6,4                  | 9,1                  |
| 25            | 5,7                  | 8,2                  |
| 30            | 5,2                  | 7,5                  |
| 35            | 4,8                  | 6,9                  |
| 37            | 4,7                  | 6,7                  |
| 40            | 4,5                  | 6,4                  |

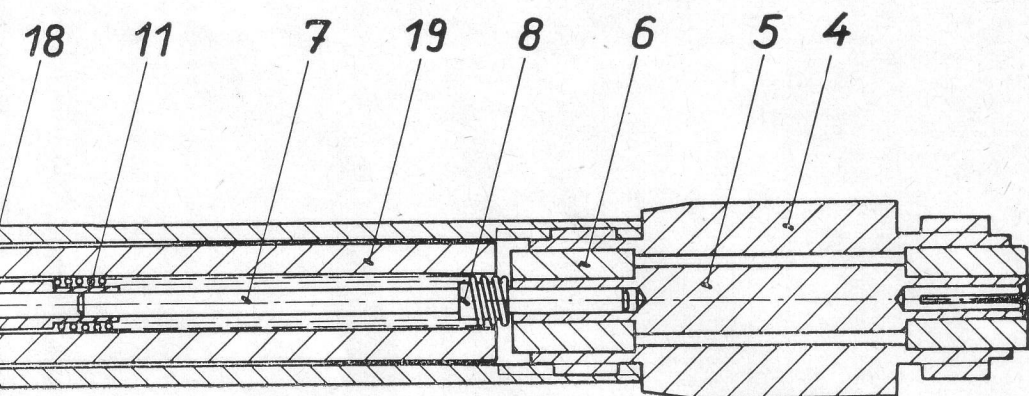
\*) bei 0 °C und 760 Torr

### **Benennung**

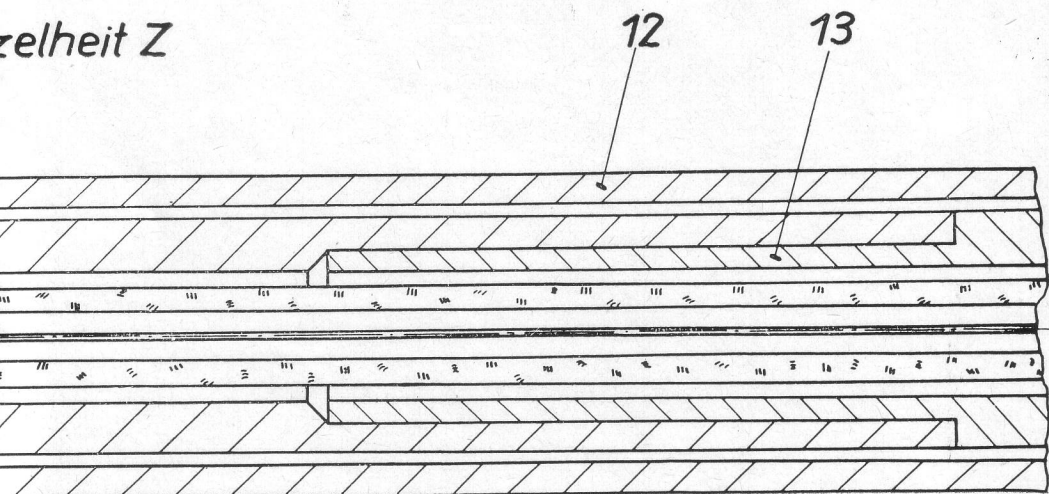
- 1 Mantelrohr
- 2 Kopfstück
- 3 Klemmutter für Hülse
- 4 Anschlußteil (Hülse)
- 5 Anschlußteil (Verbindung)
- 6 Anschlußteil (Buchse)
- 7 Federstift
- 8 Federstifthülse
- 9 Kontakt Röhrchen
- 10 Sockel für Kapillare
- 11 Kontaktfeder
- 12 Hülsenrohr
- 13 Anodenhalterrohr
- 14 Anode
- 15 Membranhütchen
- 16 Kapillare
- 17 Elektrolyt
- 18 Kontakt
- 19 Isolierstück







zelheit Z



# Benennung

1. Metallstück
2. Kapselstück
3. Klemmstück für Hülse
4. Anschlagstück (Hülse)
5. Anschlagstück (Verbindung)
6. Anschlagstück (Hülse)
7. Klemmstück
8. Klemmstück
9. Klemmstück
10. Sockel für Kapsel
11. Klemmstück
12. Klemmstück
13. Anschlagstück
14. Anschlag
15. Metallstück
16. Klemmstück
17. Klemmstück
18. Klemmstück
19. Klemmstück