

Wasserbeschaffenheit
Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit
 (ISO 7888 : 1985)
 Deutsche Fassung EN 27 888 : 1993

DIN
EN 27 888

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **ISO 7888**

Ersatz für
 DIN 38 404 T 8/09.85

Water quality; Determination of electrical conductivity (ISO 7888 : 1985); German version EN 27 888 : 1993

Qualité de l'eau; Détermination de la conductivité électrique (ISO 7888 : 1985); Version allemande EN 27 888 : 1993

Die Europäische Norm EN 27 888 : 1993 hat den Status einer Deutschen Norm.

Diese Norm ist Bestandteil der Reihe

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung

Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C)

und beschreibt das Verfahren:

Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (C 8)

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 7888, die vom ISO/TC 147 „Wasserbeschaffenheit“ (Sekretariat: Deutschland) erarbeitet wurde, wurde vom CEN aufgrund der Ergebnisse des Einstufigen Annahmeverfahrens (UAP-Verfahren) ohne Änderungen als Europäische Norm EN 27 888 übernommen.

Es ist erforderlich, bei den Untersuchungen nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Bei Anwendung der Norm ist im Einzelfall je nach Aufgabenstellung zu prüfen, ob und inwieweit die Festlegung von zusätzlichen Randbedingungen erforderlich ist.

Die als DIN-Normen veröffentlichten Einheitsverfahren sind beim Beuth Verlag einzeln oder zusammengefaßt erhältlich. Außerdem werden die genormten Einheitsverfahren in der Loseblatt-Sammlung „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ der VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, publiziert. Die für das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) relevanten Einheitsverfahren sind zusammen mit dem WHG und allen bisher erschienenen Abwasserverwaltungsvorschriften als DIN-Taschenbuch (DIN-TAB 230) herausgegeben worden.

Fortsetzung Seite 2
 und 13 Seiten EN-Norm

Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Normen oder Norm-Entwürfe mit dem Gruppentitel
„Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“
sind in folgende Gebiete (Haupttitel) aufgeteilt:

Allgemeine Angaben (Gruppe A)	(DIN 38 402)
Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C)	(DIN 38 404)
Anionen (Gruppe D)	(DIN 38 405)
Kationen (Gruppe E)	(DIN 38 406)
Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F)	(DIN 38 407)
Gasförmige Bestandteile (Gruppe G)	(DIN 38 408)
Summarische Wirkungs- und Stoffkenngößen (Gruppe H)	(DIN 38 409)
Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M)	(DIN 38 410)
Mikrobiologische Verfahren (Gruppe K)	(DIN 38 411)
Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L)	(DIN 38 412)
Einzelkomponenten (Gruppe P)	(DIN 38 413)
Schlamm und Sedimente (Gruppe S)	(DIN 38 414)
Suborganismische Testverfahren (Gruppe T)	(DIN 38 415)

Über die bisher erschienenen Teile dieser Normen gibt die Geschäftsstelle des
Normenausschusses Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für
Normung e.V., Telefon (0 30) 26 01 – 24 23, oder der Beuth Verlag GmbH, Burg-
grafenstraße 6, 10787 Berlin; Postanschrift 10772 Berlin, Auskunft.

Zitierte Normen

— in der Deutschen Fassung:

ISO 31-5 : 1979 Quantities and units of electricity and magnetism

ISO 6107-2 : 1989 Water quality — Vocabulary — Part 2

Frühere Ausgaben

DIN 38 404 Teil 8: 09.82, 09.85

Änderungen

Gegenüber DIN 38 404 T8/09.85 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

— Die Analysendurchführung und der Aufbau der Norm wurden geringfügig
geändert.

Internationale Patentklassifikation

G 01 N 033/18

G 01 N 027/06

G 01 R 031/12

DK 628.1/3 : 620.1 : 543.3 : 541.133

Deskriptoren: Wasseruntersuchung, Wasser, Qualität, elektrische Eigenschaft, spezifischer Widerstand

Deutsche Fassung

Wasserbeschaffenheit

Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

(ISO 7888 : 1985)

Water quality — Determination of electrical
conductivity (ISO 7888 : 1985)

Qualité de l'eau — Détermination de la
conductivité électrique (ISO 7888 : 1985)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1993-09-10 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Die Europäischen Normen bestehen in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 230 "Wasseranalytik" aus der Arbeit des ISO/TC 147 "Wasserbeschaffenheit" der International Organization for Standardization (ISO) übernommen.

Mit Resolution BTS 3 35/1990 wurde beschlossen, den Europäischen Schlußentwurf im Einstufigen Annahmeverfahren (UAP) den CEN-Mitgliedern zur Abstimmung vorzulegen.

Das Ergebnis des Einstufigen Annahmeverfahrens war positiv.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 1994. Etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 1994 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 7888 : 1985 wurde von CEN ohne jegliche Änderung als Europäische Norm angenommen.

1 Zweck und Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt ein Verfahren zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit in Wasser. Mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit kann die Wasserbeschaffenheit folgender Wasserarten überwacht werden:

- a) oberirdische Gewässer;
- b) Betriebswasser in Wasserversorgungs- und Wasseraufbereitungsanlagen;
- c) Abwasser.

Mit diesem Verfahren kann die Summe der ionischen Bestandteile erfaßt werden [1 bis 3].

In manchen Fällen sind absolute Werte wichtig, in anderen Fällen interessieren nur die relativen Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit.

Störungen siehe 9.

2 Begriffe

2.1 Elektrische Leitfähigkeit, γ

Der Reziprokwert des Widerstands, gemessen an den entgegengesetzten Seiten eines Einheitskubus einer wäßrigen Lösung mit bestimmten Ausmaßen unter speziellen Bedingungen. Für Untersuchungen der Wasserbeschaffenheit wird dies oft ausgedrückt als "elektrische Leitfähigkeit" und kann als ein Maß für die Konzentration ionisierbarer gelöster Stoffe in einer Probe verwendet werden.

(Begriff aus ISO 6107-2)

Sie wird ausgedrückt in Siemens je Meter¹⁾.

ANMERKUNG: Für die elektrische Leitfähigkeit werden auch die Symbole σ und k verwendet (siehe ISO 31-5).

2.2 Zellenkonstante K

Größe in reziproken Metern, gegeben durch die Gleichung:

$$K = \frac{l}{A}$$

Hierin bedeuten:

l Länge eines elektrischen Leiters, in m;

A effektive Querschnittsfläche des elektrischen Leiters, in m².

Die Zellenkonstante ergibt sich aus der Geometrie der Meßzelle; sie kann empirisch ermittelt werden.

2.3 Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit²⁾, α

Der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit $\alpha_{\theta,25}$, [4, 5] ist durch die Gleichung

$$\alpha_{\theta,25} = \frac{1}{\gamma_{25}} \left(\frac{\gamma_{\theta} - \gamma_{25}}{\theta - 25} \right) \cdot 100$$

gegeben.

Hierin bedeuten:

25 und θ °C Temperaturen, bei denen die elektrischen Leitfähigkeiten γ_{25} bzw. γ_{θ} gemessen werden.

2.4 Temperaturkorrekturfaktoren, f

Faktoren, die benutzt werden, um die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit zu korrigieren.

¹⁾ 1 S/m = 10⁴ µS/cm = 10³ mS/m

²⁾ Der Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit kann in reziproken Kelvin oder % je °C ausgedrückt werden.

Um Vergleiche anstellen zu können, ist es wichtig, daß die Messungen auf eine vereinbarte Bezugstemperatur, gewöhnlich 25 °C, korrigiert werden, auch dann, wenn die Temperatur der Wasserprobe nur geringfügig von dieser Temperatur abweicht.

Die Umrechnungen auf eine elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C, γ_{25} , können mit Hilfe der folgenden Gleichung vorgenommen werden:

$$\gamma_{25} = \frac{\gamma_{\Theta}}{1 + (\alpha/100) (\Theta - 25)}$$

Hierin bedeuten:

- α Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit;
- γ_{Θ} elektrische Leitfähigkeit bei der Meßtemperatur Θ ;
- Θ Meßtemperatur der Probe, in °C.

3 Grundlagen des Verfahrens

Direkte Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit wäßriger Lösungen mit einem geeigneten Instrument. Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für den elektrischen Strom, den im Wasser anwesende Ionen leiten ("Phänomen eines Leiters 2. Ordnung"); sie ist abhängig von

- a) der Ionenkonzentration;
- b) der Ionenart;
- c) der Temperatur der Lösung;
- d) der Viskosität der Lösung.

Reines Wasser hat aufgrund seiner Eigendissoziation bei 25 °C eine elektrische Leitfähigkeit von 5,483 $\mu\text{S/m}$ (0,005483 mS/m) [6].

4 Reagenzien

Wenn nicht anders angegeben, nur Reagenzien des Reinheitsgrades "zur Analyse" verwenden.

4.1 Wasser zur Herstellung der Lösungen und Verdünnungen

Bidestillat oder Deionisat; die elektrische Leitfähigkeit γ_{25} muß $\leq 0,1 \text{ mS/m}$ sein.

4.2 Kaliumchlorid-Standardlösung A [7], $c(\text{KCl}) = 0,1 \text{ mol/l}$

Einige g Kaliumchlorid 2 h bei 105 °C trocknen und 7,456 g in Wasser (4.1) lösen. Auf 1000 ml verdünnen.

Die Leitfähigkeit dieser Lösung bei 25 °C, γ_{25} , beträgt 1290 mS/m.

4.3 Kaliumchlorid-Standardlösung B, $c(\text{KCl}) = 0,01 \text{ mol/l}$
100 ml der Lösung A (4.2) mit Wasser (4.1) auf 1000 ml verdünnen.
Die Leitfähigkeit dieser Lösung bei 25 °C, γ_{25} , beträgt 141 mS/m.

4.4 Kaliumchlorid-Standardlösung C, $c(\text{KCl}) = 0,001 \text{ mol/l}$
100 ml der Lösung B (4.3) mit Wasser (4.1) auf 1000 ml verdünnen. Unmittelbar vor der Herstellung dieser Lösung muß das Wasser durch Einleiten von reinem Stickstoff oder durch Auskochen von Kohlenstoffdioxid befreit werden. Beim Arbeiten mit diesen Lösungen muß jeglicher Kontakt mit der Luft auf ein Minimum beschränkt werden.

Lösung erst kurz vor Gebrauch herstellen.

Die Leitfähigkeit dieser Lösung bei 25 °C, γ_{25} , beträgt 14,7 mS/m.

ANMERKUNG: In Tabelle 1 werden alternative Konzentrationen für Kaliumchlorid angegeben, die als Leitfähigkeitsstandards verwendet werden können [8, 9].

Tabelle 1: Elektrische Leitfähigkeit von Kaliumchlorid-Lösungen

Konzentration von Kaliumchlorid $c(\text{KCl})$	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C, γ_{25}
mol/l	mS/m
0,0005	7,4
0,001	14,7
0,005	72
0,01	141
0,02	277
0,05	670
0,1	1290
0,2	2480

4.5 Platinierungslösung

1,5 g Hexachloroplatin(IV)-Säure Hexahydrat ($\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) in 50 ml Wasser, das 0,0125 g Blei(II)acetat [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$] enthält, lösen.

5 Geräte

5.1 Geräte zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit

Einer der folgenden Typen von Leitfähigkeitsmeßgeräten wird verwendet:

- Gerät mit einer Durchfluß- oder Eintauchzelle, ausgerüstet mit zwei oder mehreren Elektroden;
- Gerät für Hochfrequenzmessungen.

Vorzuziehen sind Geräte, die Einzel- und kontinuierliche Messungen sowohl im Laboratorium als auch vor Ort erlauben.

Für Leitfähigkeitsmessungen unter 1 mS/m wird eine Durchflußmeßzelle verwendet, die unter Luftsabschluß arbeitet.

Die empfohlenen Zellenkonstanten können für jeden Meßbereich aus der Tabelle 2 gewählt werden.

Tabelle 2: Empfohlene Zellenkonstanten für verschiedene Bereiche der elektrischen Leitfähigkeit

Meßbereich	Empfohlene Zellenkonstanten
mS/m	m ⁻¹
$\gamma < 2$	1
$0,1 < \gamma < 20$	10
$1 < \gamma < 200$	100
$10 < \gamma < 2 \cdot 10^3$	1000
$100 < \gamma < 20 \cdot 10^3$	5000

Einige Geräte sind mit einer Zellenkonstanten-Einstellung ausgerüstet. Ist das nicht der Fall, muß die Anzeige mit der jeweiligen Zellenkonstante multipliziert werden.

5.2 Elektroden

Werden für Präzisionsmessungen Platinelektroden verwendet, so müssen die Elektroden platinisiert werden (siehe Anmerkung).

Unplatinisierte Elektroden dürfen nur bei Feld- und Routinemessungen im Labor eingesetzt werden.

ANMERKUNG: Ist eine Platinierung erforderlich, sollten die Anweisungen des Herstellers beachtet werden, oder es wird wie folgt verfahren:

Die Zell-Elektroden mit Platinierungslösung (4.5) platinieren. Eine geeignete Galvanisierapparatur besteht aus einer 6-V-Gleichspannungsquelle, einem Potentiometer, einem Milliampere-meter und einer Elektrode. Die Platinierung ist nicht schwierig. Gute Platinüberzüge werden bei 1,5 bis 3 C/cm² Elektrodenfläche erzielt. Hat beispielsweise eine Elektrode eine Gesamtfläche (beide Seiten) von 10 cm², würde bei einem Strom von 20 mA die Platinierungszeit 12,5 bis 25 min betragen. Die Stromdichte kann 1 bis 4 mA/cm² der Elektrodenfläche betragen. Jeweils eine Elektrode zusammen mit der Hilfselektrode platinieren. Die Lösung währenddessen leicht umrühren. Die Zellen mit Wasser füllen, wenn sie nicht in Gebrauch sind, um ein Austrocknen der Elektroden während der Aufbewahrung zu verhindern.

5.3 Thermometer

Für Präzisionsmessungen muß ein Thermometer mit einer Ablesegenauigkeit innerhalb des Meßbereichs von $\pm 0,1^\circ\text{C}$ benutzt werden. Für Routinemessungen ist eine Ablesegenauigkeit von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ausreichend.

5.4 Thermostat

Thermostatisierbar auf $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Für Routinemessungen sind Grenzabweichungen von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ausreichend.

6 Probenahme und Proben

Die Laborproben mit einer Polyethylenflasche entnehmen, die Flasche vollständig füllen und dicht verschließen. Natronglasflaschen dürfen nicht benutzt werden. Die Leitfähigkeitsmessung sollte so bald als möglich durchgeführt werden, besonders dann, wenn die Möglichkeit eines Gasaustausches, wie von Kohlenstoffdioxid oder Ammoniak mit der Umgebungsluft, besteht oder eine biologische Aktivität möglich ist. Die biologische Aktivität kann vermindert werden, wenn die Proben im Dunkeln bei 4°C aufbewahrt werden; vor der Leitfähigkeitsmessung müssen die Proben allerdings ins Gleichgewicht mit der Bezugstemperatur von 25°C gebracht werden. Für Leitfähigkeitsmessungen kann kein geeignetes Konservierungsmittel angegeben werden.

7 Durchführung

7.1 Allgemeines

Das Gerät nach Herstelleranweisung vorbereiten. Sicherstellen, daß eine Elektrodenzelle mit bekannter und für den erforderlichen Meßbereich geeigneter Zellenkonstante angeschlossen ist (siehe Tabelle 2). Das Volumen der Analysenprobe richtet sich nach dem verwendeten Gerät.

Ist die Zellenkonstante nicht genau bekannt, muß sie nach Abschnitt 5 mit Kaliumchlorid-Standardlösungen (4.2 bis 4.4), entsprechend dem erforderlichen Meßbereich, ermittelt werden. Die Zellenkonstante mindestens alle 6 Monate prüfen.

Viele Geräte haben eine Zellenkonstantenkorrektur als integralen Bestandteil, bei der die elektrische Leitfähigkeit direkt abgelesen wird. Andernfalls ist der Leitfähigkeitswert mit der Zellenkonstante zu multiplizieren, um den Wert für die elektrische Leitfähigkeit zu erhalten.

Bei hoher Präzisionsanforderung die Messung der elektrischen Leitfähigkeit erst dann durchführen, wenn sich im direkten Kontakt von Probe und Apparatur ein Gleichgewicht bei $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ eingestellt hat. Auf diese Weise werden alle Fehler ausgeschaltet, die durch den Einsatz von Temperaturkompensatoren oder durch mathematische Korrekturverfahren entstehen könnten.

7.2 Temperaturkorrektur

Ist eine Messung bei $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ nicht möglich, z.B. vor Ort oder im Anlagenbetrieb, die elektrische Leitfähigkeit bei einer bekannten Temperatur, $\theta^\circ\text{C}$, messen. Viele Geräte verfügen über Einrichtungen zur Temperaturkompensation. Sie korrigieren automatisch mit Hilfe des Temperaturkoeffizienten der Probe die erhaltenen Meßwerte über einen größeren Temperaturbereich zur elektrischen Leitfähigkeit bei $25,0^\circ\text{C}$. Solche Geräte müssen genau nach Herstelleranweisung kalibriert werden.

Ist der Temperaturkoeffizient der Probe nicht bekannt, kann er von bei $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ und bei Temperaturen $(\theta \pm 0,1)^\circ\text{C}$ experimentell bestimmten Leitfähigkeitswerten abgeleitet werden (siehe 2.3).

Sind die Geräte nicht temperaturkompensiert, muß die bei $\theta^\circ\text{C}$ gemessene elektrische Leitfähigkeit mit dem entsprechenden Korrekturfaktor aus Tabelle 3 auf $25,0^\circ\text{C}$ korrigiert werden.

Es ist gleichgültig, welche Art der Temperaturkompensation bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit bei $\theta^\circ\text{C}$ angewendet wird; das Ergebnis wird ungenauer sein als das tatsächlich bei der Bezugstemperatur von $25,0^\circ\text{C}$ gemessene.

Bei Routinearbeiten vor Ort ist es unter Umständen nicht notwendig, die bei $\theta^\circ\text{C}$ gemessenen Werte auf $25,0^\circ\text{C}$ umzurechnen. Solche Meßwerte sind jedoch unter Vorbehalt zu interpretieren, und der Vergleich mit anderen Werten ist schwierig oder sinnlos.

Tabelle 3: Temperaturkorrekturfaktoren, f_{25} , für die Umrechnung von Leitfähigkeitswerten natürlicher Wässer von $\theta^{\circ}\text{C}$ auf 25°C [5]

θ $^{\circ}\text{C}$	f_{25}									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0	1,918	1,912	1,906	1,899	1,893	1,887	1,881	1,875	1,869	1,863
1	1,857	1,851	1,845	1,840	1,834	1,829	1,822	1,817	1,811	1,805
2	1,800	1,794	1,788	1,783	1,777	1,772	1,766	1,761	1,756	1,750
3	1,745	1,740	1,734	1,729	1,724	1,719	1,713	1,708	1,703	1,698
4	1,693	1,688	1,683	1,678	1,673	1,668	1,663	1,658	1,653	1,648
5	1,643	1,638	1,634	1,629	1,624	1,619	1,615	1,610	1,605	1,601
6	1,596	1,591	1,587	1,582	1,578	1,573	1,569	1,564	1,560	1,555
7	1,551	1,547	1,542	1,538	1,534	1,529	1,525	1,521	1,516	1,512
8	1,508	1,504	1,500	1,496	1,491	1,487	1,483	1,479	1,475	1,471
9	1,467	1,463	1,459	1,455	1,451	1,447	1,443	1,439	1,436	1,432
10	1,428	1,424	1,420	1,416	1,413	1,409	1,405	1,401	1,398	1,394
11	1,390	1,387	1,383	1,379	1,376	1,372	1,369	1,365	1,362	1,358
12	1,354	1,351	1,347	1,344	1,341	1,337	1,334	1,330	1,327	1,323
13	1,320	1,317	1,313	1,310	1,307	1,303	1,300	1,297	1,294	1,290
14	1,287	1,284	1,281	1,278	1,274	1,271	1,268	1,265	1,262	1,259
15	1,256	1,253	1,249	1,246	1,243	1,240	1,237	1,234	1,231	1,228
16	1,225	1,222	1,219	1,216	1,214	1,211	1,208	1,205	1,202	1,199
17	1,196	1,193	1,191	1,188	1,185	1,182	1,179	1,177	1,174	1,171
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118
20	1,116	1,113	1,111	1,108	1,105	1,103	1,101	1,098	1,096	1,093
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981
26	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961
27	0,959	0,957	0,955	0,953	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942
28	0,940	0,938	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923
29	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,911	0,909	0,907	0,905
30	0,903	0,902	0,900	0,898	0,896	0,895	0,893	0,891	0,889	0,888
31	0,886	0,884	0,883	0,881	0,879	0,877	0,876	0,874	0,872	0,871
32	0,869	0,867	0,866	0,864	0,863	0,861	0,859	0,858	0,856	0,854
33	0,853	0,851	0,850	0,848	0,846	0,845	0,843	0,842	0,840	0,839
34	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	0,829	0,828	0,826	0,825	0,823
35	0,822	0,820	0,819	0,817	0,816	0,814	0,813	0,811	0,810	0,808

ANMERKUNGEN zu Tabelle 3:

1 Die angegebenen Werte für die Temperaturkorrekturfaktoren sind Mittelwerte aus Messungen verschiedener natürlicher Wässer. Es ist zu beachten, daß sie nur für Messungen solcher Wässer verwendet werden dürfen, die Werte für γ_{25} von etwa 6 bis 100 mS/m und eine Zusammensetzung haben, die der von natürlichen Grundwässern, Quellwässern und oberirdischen Gewässern entspricht.

	Kationen	Anionen
Vorherrschend:	Ca^{2+}	HCO_3^-
Geringfügig:	Mg^{2+}	$\text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{NO}_3^-$

2 Es wird besonders darauf hingewiesen, daß die Werte für die Temperaturkompensation nicht auf die Kaliumchlorid-Lösungen für die Kalibrierung der Leitfähigkeitszellen anwendbar sind. Deshalb muß die Kalibrierung immer bei der Bezugstemperatur von $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden.

3 Die Temperaturkorrekturfaktoren, f_{25} , wurden nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$f_{25} = \left[(1 - \alpha) + \alpha \left(\frac{\eta_{\theta}}{\eta_{25}} \right)^n \right] \cdot 1,116$$

und

$$\frac{\eta_{\theta}}{\eta_{25}} = A + \exp \left(B + \frac{C}{\theta + D} \right)$$

Hierin bedeuten:

η Viskosität der Lösung;

θ Temperatur der Lösung, bei der die Messung durchgeführt wurde.

Werte der Konstanten:

$$\alpha = 0,962144$$

$$n = 0,965078$$

$$A = -0,198058$$

$$B = -1,992186$$

$$C = 231,17628$$

$$D = 86,39123$$

exp ist die Exponentialfunktion [$e = 2,71828$ (Basis des natürlichen Logarithmus)]

4 In der Vergangenheit wurde die elektrische Leitfähigkeit oft als γ_{20} angegeben. Gleicht die Wasserzusammensetzung der in Anmerkung 1 angeführten, dann können alle diese Werte mit dem Temperaturkorrekturfaktor von 1,116 aus Tabelle 3 auf die heute gültige Bezugstemperatur von 25°C umgerechnet werden.

8 Angabe der Ergebnisse

8.1 Berechnung

Das Ergebnis wird direkt vom Gerät abgelesen und wird unter Bezugnahme auf diese Europäische Norm als γ_{25} , in mS/m oder in anderen Einheiten (siehe 2.1) angegeben, d. h. als elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C, unter Bezugnahme auf die Kalibrierung des Gerätes mit Kaliumchlorid-Standardlösungen. Bei Messungen, die nicht direkt bei der Temperatur (25,0 ± 0,1) °C durchgeführt wurden, muß das Korrekturverfahren auf 25,0 °C (siehe 7.2) zusätzlich zur tatsächlichen Meßtemperatur angegeben werden (siehe beispielsweise 8.4).

8.2 Wiederholbarkeit

Die Wiederholbarkeit hängt vom verwendeten Gerät ab und kann am besten vom Hersteller in Erfahrung gebracht werden.

8.3 Standardabweichung³⁾

Siehe Tabellen 4 und 5.

Tabelle 4: Standardabweichung synthetischer Proben (KCl-Lösungen)*)

Werte in mS/m

Mittlere Leitfähigkeit	Innerhalb der Serie (Wiederholstandardabweichung)	Zwischen den Serien	Gesamt
6,67	0,067	0,087	0,110
12,67	0,081	0,075	0,110
25,74	0,175	0,039	0,179
50,09	0,163	0,068	0,176

Tabelle 5: Standardabweichung natürlicher Wässer)**

Werte in mS/m

Mittlere Leitfähigkeit	Innerhalb der Serie (Wiederholstandardabweichung)	Zwischen den Serien	Gesamt
10,08	0,079	0,250	0,262
24,78	0,150	0,258	0,298
25,11	0,098	0,308	0,323
42,23	0,223	0,277	0,355

*) Für die Messungen innerhalb der Serie galten 10 Freiheitsgrade und zwischen den Serien 9 Freiheitsgrade.

**) Für die Messungen innerhalb der Serie galten 30 Freiheitsgrade und zwischen den Serien 9 Freiheitsgrade.

³⁾ Die Messungen wurden von der South West Authorities, Vereinigtes Königreich, mit einem handelsüblichen Gerät mit Eintauchzelle durchgeführt.

8.4 Beispiele protokollierter Ergebnisse

8.4.1 Beispiel 1

$\gamma_{25} = 2,52 \text{ mS/m}$ (nach EN 27888)

Meßtemperatur 25,0 °C

8.4.2 Beispiel 2

$\gamma_{25} = 25,8 \text{ mS/m}$ (nach EN 27888)

Meßtemperatur 11,5 °C

Mathematische Korrektur

8.4.3 Beispiel 3

$\gamma_{25} = 48 \text{ mS/m}$ (nach EN 27888)

Meßtemperatur 12,1 °C

Korrektur mit einer Temperaturkompensationseinrichtung

9 Störungen

Die Meßwerte der elektrischen Leitfähigkeit können durch Verschmutzung der Probe in der Zelle beeinflußt werden. Die Anwesenheit von groben Schwebstoffen, Fett oder Öl kann zu einer Verschmutzung der Elektroden führen.

Störungen dieser Art sind im Routinebetrieb nicht ohne weiteres zu erkennen. Sie können die Zellenkonstante verändern, dies kann jedoch nur durch eine Prüfung mit der entsprechenden Kaliumchlorid-Standardlösung (4.2 bis 4.4) festgestellt werden.

Störungen können von Luftblasen herrühren, die sich auf den Elektroden bei der Erwärmung der Probe auf 25 °C bilden.

Messungen von Wässern, deren elektrische Leitfähigkeit weniger als 1 mS/m beträgt, werden durch atmosphärisches Kohlenstoffdioxid und Ammoniak beeinflußt. In solchen Fällen muß die Messung in Durchflußzellen vorgenommen werden.

Handelt es sich um Wasser mit sehr niedrigem Ionengehalt, so kann der Beitrag der Eigenleitfähigkeit von hochreinem Wasser signifikant sein.

10 Analysenbericht

Der Analysenbericht muß folgende Information enthalten:

- a) Hinweis auf diese Europäische Norm;
- b) Identität der Probe;
- c) Ergebnisse nach Abschnitt 8;
- d) alle Abweichungen von diesem Verfahren und Angabe aller Umstände, die das Ergebnis beeinflußt haben könnten.

Schrifttum

- [1] Rossum, J. R.; Checking accuracy of water analyses through the use of conductivity. J. Am. Water Works Assoc., 67, 1975: 204—205
- [2] Laxen, D. P. H.; A specific conductance method for quality control in water analyses. In: Water Research, Vol. 11, 1977, pp. 91—94
- [3] Correctness of Analyses. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. APHA-AWWA-WPCF. 15 1980: 31
- [4] Wagner, R.; Über die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Wässern. Vom Wasser 38 1971: 27—48
- [5] Wagner, R.; Temperaturkorrekturfaktoren für die elektrische Leitfähigkeit von Wässern. Z. Wasser-Abwasserforsch. (2) 1980
- [6] Otten, G.; Measuring water purity by specific resistance. Int. Lab. 1972: 31—35
- [7] Robinson, R. A., and Stokes, R. W.; Electrolyte solutions. New York, Academic Press, 1969
- [8] Rommel, K., and Seelos, E.; Leitfähigkeitsmessungen, Automatische Temperaturkompensation unter Berücksichtigung der "natürlichen Wässer". Wasser Luft Betrieb (9) 1980: 14—17
- [9] Barthel, Feuerlein, Neueder and Wachter; Calibration of conductance cells at various temperatures. J. Solution Chem. 9 1980: 209