

DIN ISO 11271



ICS 13.080.20

Einsprüche bis 2022-12-14
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 11271:2003-03

Entwurf

**Bodenbeschaffenheit –
Bestimmung der Redox-Spannung –
Feldverfahren (ISO 11271:2022);
Text Deutsch und Englisch**

Soil quality –
Determination of redox potential –
Field method (ISO 11271:2022);
Text in German and English

Qualité du sol –
Détermination du potentiel d'oxydoréduction –
Méthode de terrain (ISO 11271:2022);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-10-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 37 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist [JJJJ]-MM-TT].

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Prinzip	7
5 Geräte	8
6 Reagenzien	9
7 Wahl des Untersuchungsstandorts und Probenahme	9
8 Durchführung	9
8.1 Aufbewahren, Prüfen und Reinigen der Redox-Elektroden	9
8.2 Vorbereitung des Standorts und Messung der Redox-Spannung	10
9 Auswertung	10
10 Angabe der Ergebnisse	10
11 Prüfbericht	11
Anhang A (informativ) Beschreibung des Aufbaus von Redox-Elektroden, der Salzbrücke und deren Anordnung während der Messung	12
A.1 Redox-Elektrode	12
A.2 Salzbrücke	13
A.3 Anordnung der Elektroden während der Messung	14
Anhang B (informativ) Spannungen von Platinelektroden in verschiedenen Lösungen	16
Anhang C (informativ) Spannungen von Referenzelektroden	18
Anhang D (informativ) Bodenfeuchtgehalt	19
Literaturhinweise	20

Bilder

Bild A.1 — Aufbau von Redox-Elektroden	13
Bild A.2 — Aufbau der Salzbrücke für Redox-Spannungsmessungen	14
Bild A.3 — Anordnung der Redox- und Referenzelektroden während der Messung der Redox-Spannung in zwei Bodentiefen (eine Elektrode in jeder Tiefe)	15

Tabellen

Tabelle B.1 — Spannung einer Platinelektrode in pH-gepufferter Chinhydronlösung gegen die angegebene Referenzelektrode bei Temperaturen von 20 °C, 25 °C und 30 °C	16
Tabelle B.2 — Gleichgewichtsspannung des Eisen (II)/Eisen(III)-Paares bei gleichen Aktivitäten von Eisen (II) und Eisen (III)	16
Tabelle B.3 — Redox-Spannung äquimolarer Mischungen von Kaliumhexacyanoferrat (II) und Kaliumhexacyanoferrat (III) gemessen gegen eine Standard-Wasserstoffelektrode	17
Tabelle C.1 — Spannungen üblicher Referenzelektroden gegen Standard-Wasserstoffelektroden bei unterschiedlichen Temperaturen	18
Tabelle D.1 — Beurteilung der Bodenfeuchte	19

Nationales Vorwort

Diese Deutsche Norm ist die Übersetzung der Internationalen Norm ISO 11271:2022, die im Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ erarbeitet wurde.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitskreis NA 119-01-02-02-09 AK „Physikalische Verfahren“ des Unterausschusses NA 119-01-02-02 UA „Chemische und physikalische Verfahren“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 18400 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 18400 (alle Teile)
ISO 11464:1996 (zurückgezogen)	siehe	DIN ISO 11464:2006-12 ^{N1} (zurückgezogen)

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 11271:2003-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) deutsche Übersetzung angepasst;
- b) Übersetzung der Tabelle D.1 – Beurteilung der Bodenfeuchte an DIN 19639 angepasst;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

N1 Nationale Fußnote: DIN ISO 11464 wurde im Juli 2009 zurückgezogen. Stattdessen kann DIN 19747:2009-07 angewendet werden.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 18400 (alle Teile), *Bodenbeschaffenheit — Probenahme*

DIN ISO 11464, *Bodenbeschaffenheit — Probenvorbehandlung für physikalisch-chemische Untersuchungen*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190, *Soil quality*, Unterkomitee SC 3, *Chemical and physical characterization*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 11271:2002), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen sind wie folgt:

- Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- Aktualisierung der Literaturhinweise;
- redaktionelle Überarbeitung.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die Redox-Spannung des Bodens ist ein wichtiger physikalisch-chemischer Kennwert zur allgemeinen Beschreibung der Bodendurchlüftung. Unter Feldbedingungen kann dieser Kennwert Informationen über den Oxidations- bzw. Reduktionszustand von Verbindungen liefern, die — gegebenenfalls — eine wichtige Rolle für die Pflanzenernährung spielen, toxische Wirkungen auslösen können oder den Gasaustausch mit der Atmosphäre (Treibhauseffekt) beeinflussen. Die Redox-Spannung kann bis zu einem gewissen Grad auch genutzt werden, um Änderungen im Boden bei der Aufbringung von Klärschlamm oder Kompost zu beobachten und Maßnahmen entsprechend anzupassen. In Laboruntersuchungen können damit Sauerstoffdiffusionsvorgänge zusammenfassend untersucht werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Feldverfahren für die Bestimmung der Redox-Spannung (E_h) von Böden fest.

ANMERKUNG Die hier beschriebene elektrochemische Messung der Redox-Spannung ist nur möglich, wenn der betrachtete Bodenhorizont einen Feuchtegehalt aufweist, der als schwach feucht oder feuchter nach Anhang D definiert ist.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Redox-Spannung

(E_h)

elektrochemisches Potential, das den Oxidations-Reduktions-Zustand eines flüssigen chemischen Systems (in diesem Fall der Bodenlösung) beschreibt

4 Prinzip

Die Redox-Spannung ist das elektrochemische Äquivalent der freien Energie von Redox-Reaktionen und entspricht für ein einzelnes im Gleichgewicht befindliches Redox-System allgemein:

$$A_{\text{ox}} + ne^- + mH^+ \geq A_{\text{red}} \quad (1)$$

Nach der Nernstchen Gleichung:

$$E_h = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{A_{\text{ox}}}{A_{\text{red}}} - \frac{2,303mRT}{nF} \text{pH} \quad (2)$$

Dabei ist

A_{ox} und A_{red}	die Aktivitäten der oxidierten und reduzierten Formen des Elements;
e^-	das/die an der Reaktion beteiligte(n) Elektron(en);
H^+	das/die an der Reaktion beteiligte(n) Proton(en);
n und m	die Anzahl der Elektronen bzw. der Protonen, die an der Reaktion beteiligt sind;
E^0	der Standardwert des Potentials (V), wenn $A_{\text{ox}} = A_{\text{red}}$ und pH-Wert = 0;
R	die universelle Gaskonstante ($8,3141 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);
T	die absolute Temperatur (K);

- F die Faraday-Konstante (96500 C mol^{-1});
- 2,303 entspricht dem natürlichen Logarithmus von 10.

Die Redox-Spannung hängt mit der Elektronenaktivität (e^-) des Systems wie folgt zusammen:

$$E_h = -\frac{RT}{F} \ln(e^-) \quad (3)$$

Anwender dieses Dokumentes, die mit den Grundlagen der Elektrochemie nicht vertraut sind, sollten sich über entsprechende Literatur oder Fachleute informieren.

Die elektrometrische Bestimmung der Redox-Spannung erfolgt analog zur Bestimmung des pH-Wertes. Die Bestimmung von E_h folgt dem Prinzip der Messung von Spannungsdifferenzen zwischen einer inerten Messelektrode (üblicherweise eine Platinelektrode), d.h. einer Elektrode, die mit der Lösung per se nicht reagiert und einer Standard-Wasserstoffelektrode als Referenzelektrode. Viele Redox-Systeme sind an der Bodenlösung beteiligt und die resultierende Spannung ist eine Mischspannung, die von den vorhandenen elektroaktiven Redox-Paaren bestimmt wird. Aus praktischen Gründen wird üblicherweise eine Silber/Silberchlorid-Elektrode als Referenzelektrode verwendet, deren Spannung zur gemessenen Spannungsdifferenz addiert wird (siehe Anhang C), um die Werte auf die Standard-Wasserstoffelektrode zu beziehen.

5 Geräte

Die folgenden Geräte sind anzuwenden.

- 5.1 Millivoltmeter**, mit einem Eingangswiderstand von mindestens $10 \text{ G}\Omega$ und einer Auflösung von 1 mV .
- 5.2 Eine Messkette aus Redox-Elektroden**, Aufbau siehe A.1.

Alle Elektroden sollten ausreichend widerstandsfähig für den Einsatz im Gelände sein (siehe Anhang A).

- 5.3 Referenzelektrode:** Silber/Silberchlorid-Referenzelektrode in $1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ der $3 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ Kaliumchloridlösung.

Andere Referenzelektroden, z. B. die Kalomel-Elektrode, können ebenfalls verwendet werden; sie werden jedoch wegen der Verwendung von Quecksilber aus Gründen der Gesundheitsgefährdung nicht empfohlen. Die Spannung solcher Referenzelektroden bezogen auf die Standard-Wasserstoffelektrode ist in Anhang B beschrieben. Referenzelektroden sollten in Kaliumchloridlösungen (6.4) derselben Konzentration wie in der Elektrode aufbewahrt werden oder direkt in der Salzbrücke (5.5), die Kaliumchlorid derselben Konzentration enthält. Es sollte berücksichtigt werden, dass geringere Kaliumchlorid-Konzentrationen die Verunreinigung des Bodens mit diesem Salz verringern.

- 5.4 Feste Stange** (nichtrostender Stahl hat sich als geeignet erwiesen), 20 cm bis 100 cm lang, Durchmesser 2 mm größer als der der Redox-Elektroden (5.2).

Die Stange muss eine Länge haben, die es ermöglicht, die Redox-Elektroden in der gewünschten Tiefe in den Boden einzubringen.

- 5.5 Salzbrücke**, zur Verbindung der Referenzelektrode mit dem Boden (siehe A.2).
- 5.6 Bohrstock**, mit einem Durchmesser 3 mm bis 5 mm größer als der Durchmesser der Salzbrücke.
- 5.7 Reinigungsmittel für Elektroden**, feinste Stahlwolle, Schleifmittel und verschiedene Baumwollstoffe haben sich als geeignet erwiesen.

- 5.8 Thermometer**, für die Messung der Bodentemperatur am Einbauort der Referenzelektrode (siehe Abschnitt 8) mit einer Toleranz 1°C .

6 Reagenzien

6.1 Redox-Pufferlösung zur Kalibrierung der Redox-Elektroden.

Entweder gepufferte Chinhydron-Lösung (hergestellt durch Zugabe von Chinhydron zu einem pH-Puffer zum Erhalt einer Suspension), oder eine äquimolare Lösung aus Kaliumhexacyanoferrat(III) und Kaliumhexacyanoferrat(II) (siehe Anhang B).

6.2 Wasser, mit einer elektrischen Leitfähigkeit von weniger als $0,1 \text{ mS m}^{-1}$ (gleichwertig mit einer Widerstandsfähigkeit größer als $0,01 \text{ M}\Omega \text{ m}$ at 25°C).

6.3 Agar, $\rho = 0,5 \%$, in Kaliumchloridlösung derselben Konzentration, wie sie in der Referenzelektrode vorhanden ist.

6.4 Kaliumchloridlösung derselben Konzentration wie in 5.3.

ANMERKUNG Diese Lösung dient zur Aufbewahrung der Referenzelektrode und zur Verwendung für die Salzbrücke, falls erforderlich.

7 Wahl des Untersuchungsstandorts und Probenahme

Die Auswahl und Beschreibung des Untersuchungsstandorts und der Entnahme von Proben für Labormessungen sollte den Anleitungen nach der Reihe ISO 18400 und ISO 11464 folgen.

8 Durchführung

8.1 Aufbewahren, Prüfen und Reinigen der Redox-Elektroden

Die Platinelektroden sind an der Luft aufzubewahren und sauber zu halten. Sie sind in Abständen von nicht mehr als ein Jahr und vor jedem Gebrauch auf Schäden und/oder Verunreinigungen zu prüfen. Öle, Fette und Wachse und andere Chemikalien, die an den Elektroden anhaften können, stören die Leistung der Elektroden erheblich. Falls sie durch Bodenmaterial verunreinigt sind, sind sie vorsichtig mit einem Baumwolltuch zu reinigen und mit destilliertem Wasser abzuspuhlen. In Fällen erheblicher Verunreinigungen, z. B. durch Öle usw. (siehe oben), ist ein geeignetes Lösungsmittel zu verwenden und anschließend mit Reinigungsmittel zu säubern (5.7).

Die Bezugselektroden sind ebenfalls zum gleichen Zeitpunkt wie die Platinelektroden zu prüfen. Jede sichtbare Veränderung der Farbe oder Transparenz der Kaliumchloridelektrolytlösung zeigt mögliche Störungen an. In diesen Fall darf die Referenzelektrode nicht verwendet werden. Kaliumchloridkristalle treten jedoch üblicherweise bei gesättigten Kaliumchloridlösungen auf und führen nicht zu einem Verwerfen der betreffenden Elektrode.

Die Elektroden sind regelmäßig, möglichst vor jeder Messreihe, zu kontrollieren, indem ihre Reaktion in der Pufferlösung (6.1) gemessen wird. Die gemessenen Redox-Spannungswerte müssen den in Anhang B enthaltenen Werten entsprechen. Jede Elektrode, die mehr als 10 mV vom üblichen Wert abweicht, ist zu reinigen und erneut zu kontrollieren. Sie ist zu verwerfen, wenn die Abweichung durch Reinigen nicht behoben werden kann.

Es ist bekannt, dass die Verwendung stark oxidierbarer Chemikalien, z. B. Salpetersäure oder Wasserstoffperoxidlösung als Reinigungsmittel für Platinelektroden zu hohen Redox-Spannungen führen kann. Die Verwendung solcher Reinigungsmittel wird daher nicht empfohlen.

Aus praktischen Gründen können die Spannungen der Referenzelektroden gegeneinander geprüft werden. Eine Elektrode, die eine Ablesung ergibt, die mehr als 10 mV von der anderen Elektrode(n) abweicht, ist wahrscheinlich fehlerhaft und sollte verworfen werden. Der Prüfungsablauf erfordert mindestens 3 Referenzelektroden, die im Wechsel miteinander verbunden werden.

Die Prüfung der Referenzelektroden in Absolutwerten kann nur gegen eine Standard-Wasserstoffelektrode erfolgen. Dies kann nur in dafür spezialisierten Laboren durchgeführt werden. Es ist üblicherweise einfacher, Elektroden von einem offiziellen Hersteller zu erwerben.

8.2 Vorbereitung des Standorts und Messung der Redox-Spannung

Am Standort der Messung wird mittels der stabilen Stange (5.4) ein Loch bis zu einer Tiefe in den Boden getrieben, die 2 cm bis 3 cm geringer ist als die gewünschte Messtiefe. Unmittelbar anschließend ist die Redox-Elektrode etwa 2 cm bis 3 cm tiefer in das vorbereitete Loch einzubringen. Mindestens zwei Elektroden sollten für jede Messtiefe eingebaut werden. Die Platinelektrode ist mindestens 30 min nach Einbau im Boden zu belassen, bevor sie an das Millivoltmeter angeschlossen wird.

In einer Entfernung von 10 cm bis 100 cm von der Redox-Elektrode wird ein Bohrloch vorbereitet, das bis in eine schwach feuchte (oder feuchtere) Bodenschicht reicht (siehe Anhang D), und die Salzbrücke solchermaßen eingebaut, dass ein guter Kontakt zwischen der Keramikkerze der Salzbrücke und dem Boden sichergestellt ist. Die Spannungsdifferenz (E_m), in mV, zwischen der Platinelektrode und der Referenzelektrode ist mit dem Millivoltmeter (5.1) nach 1 h zu messen. Die Messdauer kann nur kürzer werden (jedoch nicht < 30 min), wenn der Unterschied zwischen zwei im 10-min-Abstand durchgeführten Messungen ≤ 2 mV ist. Die Temperatur (5.8) ist am Einbauort der Referenzelektrode zum Zeitpunkt der Messung der Potentialdifferenz (E_m) zu messen.

Es wird empfohlen, die Platinelektrode zwischen den Messungen vom Millivoltmeter zu trennen. Kaliumchlorid kann aus der Salzbrücke innerhalb 2 h in bemerkenswerten Mengen austreten. Ist dies unerwünscht, sollte die Salzbrücke aus dem Boden ausgebaut und vor jeder neuen Messreihe wieder eingebaut werden.

Die Referenzelektrode ist vor dem Aufheizen durch direkte Sonneneinstrahlung zu schützen. Es ist zu beachten, dass die Temperatur der Referenzelektrode und nicht die des Bodens berücksichtigt werden sollte, um die Referenzelektroden-Spannung abzuleiten.

9 Auswertung

Die gemessene Spannung (E_m) muss zur Spannung der Standard-Wasserstoffelektrode durch Addieren der Spannung der Referenzelektrode (E_r) (siehe Anhang C) zur Ablesung E_m [Gleichung (4)] in Bezug gesetzt werden. Die so erhaltene Spannung wird als Redox-Spannung (E_h) bezeichnet.

$$E_h = E_m + E_r \quad (4)$$

ANMERKUNG Die Redox-Spannung in Böden reicht von -400 mV (extrem reduzierende Bedingungen) bis +900 mV (stark oxidierende Bedingungen).

10 Angabe der Ergebnisse

Der Wert der Redox-Spannung ist auf 10 mV gerundet anzugeben.

a) Berechnungsbeispiel:

Messung (E_m): +327 mV, gemessen gegen eine Silber/Silberchlorid-Elektrode in 1 mol·l⁻¹ Kaliumchloridlösung. Die Temperatur der Referenzelektrode am Standort beträgt zum Zeitpunkt der Messung 17 °C, d. h., dass ihre Spannung verglichen mit der Standard-Wasserstoffelektrode +241 mV beträgt (siehe Anhang C).
Berechnung:

$$E_h = +327 \text{ mV} + 241 \text{ mV} = +568 \text{ mV}.$$

b) Beispiel der Ergebnisangabe:

$$\text{Redox-Spannung } (E_h) = 570 \text{ mV}$$

11 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) einen Hinweis auf diese Internationale Norm, d. h ISO 11271:2022;
- b) die vollständige Beschreibung des untersuchten Standorts einschließlich der Messtiefe und der Bodenfeuchte, z. B. nach Tabelle D.1;
- c) das Ergebnis der Messung;
- d) alle Einzelheiten, die nicht in dieser Internationalen Norm beschrieben sind oder die optional sind, sowie alle Faktoren, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten.

Anhang A (informativ)

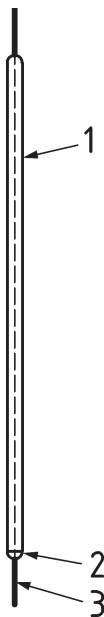
Beschreibung des Aufbaus von Redox-Elektroden, der Salzbrücke und deren Anordnung während der Messung

A.1 Redox-Elektrode

Verschiedene Typen von Redox-Elektroden sind im Handel erhältlich. Zwei Typen von Redox-Elektroden, die für den Einsatz im Gelände am geeignetsten sind, zeigt Bild A.1. Der erste Typ in Bild A.1 a) aus Platindraht (üblicherweise zwischen 0,5 mm bis 1,5 mm Durchmesser) oder -band ist direkt an einer stabilen Stange (Durchmesser > 2 mm) aus Kupfer oder aus Messing-Legierung gelötet oder geschweißt. Die Schweißung ist mit Epoxid-Harz wasserdicht versiegelt. Andere Konstruktionsarten sind ebenfalls geeignet, wie Hochtemperaturgläser/-verschlüsse. Die Wahl hängt ab von den zur Verfügung stehenden Geräten, wobei darauf zu achten ist, dass die gewählten Werkstoffe einen ähnlichen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen wie Platin, um eine wirkungsvolle Abdichtung sicherzustellen. Es ist wichtig, dass die Schweißstelle und das Kupfer vollständig vom umgebenden Medium abgeschlossen sind, nachdem die Elektrode eingebaut ist. Die Schweißstelle sollte nach der Epoxidbeschichtung mit einer Isolierung (ein Kunststoffschumpfschlauch ist sehr geeignet) versehen werden und dann die Enden der Isolierung mittels Epoxid-Harz verschlossen werden. Keramisches Überzugsmaterial, mit Kunststoffbeschichtung, für die Dentaltechnik, hat sich ebenfalls als gute Abdichtung erwiesen.

Die freiliegende Platinoberfläche sollte eine Mindestfläche von 1 mm^2 aufweisen.

Typ 2 der Elektroden, dargestellt in Bild A.1 b), besteht aus einem Bund von Platindrähten (mit frei liegenden Spitzen), die in eine konische Epoxidspitze eingebettet sind, die in einen Hartmetallkörper (z. B. nichtrostender Stahl) eingefügt wird, der mit einem Handgriff ausgestattet ist, um die Elektrode in den Boden zu drücken. Diese Elektrode ist ebenfalls leicht anzuwenden, obwohl sie schwerer herzustellen ist. Es hat sich gezeigt, dass bei Problemen mit der Abdichtung zwischen den Platindrähten und dem Elektrodenkörper (Glas oder Kunststoff) eine kleine Menge geschmolzenes Siegelwachs wirkungsvoll als zusätzliche Abdichtung ist.



a) Redox-Elektrode