

DIN EN ISO 16773-4



ICS 87.040

Ersatz für
DIN EN ISO 16773-4:2009-09

**Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben –
Teil 4: Beispiele für Spektren von polymerbeschichteten und unbeschichteten Proben (ISO 16773-4:2017);
Deutsche Fassung EN ISO 16773-4:2017**

Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) on coated and uncoated metallic specimens –
Part 4: Examples of spectra of polymer-coated and uncoated specimens (ISO 16773-4:2017);
German version EN ISO 16773-4:2017

Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) sur des éprouvettes métalliques revêtues et non revêtues –

Partie 4: Exemples de spectres d'éprouvettes revêtues de polymères et non revêtues
(ISO 16773-4:2017);

Version allemande EN ISO 16773-4:2017

Gesamtumfang 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Die Norm EN ISO 16773-4:2017 wurde vom ISO/TC 35/SC 9 „General test methods for paints and varnishes“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Auf europäischer Ebene liegt die Zuständigkeit beim Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ (Sekretariat: DIN Deutschland).

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 002-00-07-07 AK „Elektrochemische Methoden“ des Arbeitsausschusses NA 002-00-07 AA „Allgemeine Prüfverfahren für Beschichtungsstoffe und Beschichtungen“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB).

Die Norm DIN EN ISO 16773 mit dem allgemeinen Titel *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben* besteht aus den Teilen:

- Teil 1: Begriffe
- Teil 2: Datenerfassung
- Teil 3: Verarbeitung und Analyse von Daten von Testschaltkreisen
- Teil 4: Beispiele für Spektren von polymerbeschichteten und unbeschichteten Proben

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

ISO 8501-1	siehe	DIN EN ISO 8501-1
ISO 16773-1	siehe	DIN EN ISO 16773-1
ISO 16773-2:2016	siehe	DIN EN ISO 16773-2:2016-12
ISO 16773-3	siehe	DIN EN ISO 16773-3
ISO/TR 16208	siehe	DIN CEN/TR 16208, DIN SPEC 33928
IEC 80000-6:2008	siehe	DIN EN 80000-8:2008-09

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 16773-4:2009-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das einleitende Element des Norm-Titels, *Beschichtungsstoffe*, wurde gestrichen, da der Anwendungsbereich auf Metalle und Metall-Legierungen erweitert wurde. Das Hauptelement des Norm-Titels wurde geändert in: *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben*;
- b) bezüglich Beispielen für Spektren von Systemen mit niedriger Impedanz (Bereich von z. B. 10 Ω bis 1 000 Ω) wurden Verweisungen auf ISO/TR 16208 und ASTM G106 aufgenommen;
- c) es wurden weitere Beispiele für unbeschichtete Proben aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 16773-4: 2009-09

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen*

DIN EN ISO 16773-1, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 1: Begriffe*

DIN EN ISO 16773-2:2016-12, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 2: Datenerfassung (ISO 16773-2:2007); Deutsche Fassung EN ISO 16773-2:2007*

DIN EN ISO 16773-3, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben - Teil 3: Verarbeitung und Analyse von Daten von Testschaltkreisen*

DIN CEN/TR 16208, DIN SPEC 33928, *Biobasierte Produkte — Übersicht über Normen*

DIN EN 80000-8:2008-09, *Größen und Einheiten — Teil 6: Elektromagnetismus (IEC 80000-6:2008); Deutsche Fassung EN 80000-6:2008*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an
beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben —
Teil 4: Beispiele für Spektren von polymerbeschichteten
und unbeschichteten Proben
(ISO 16773-4:2017)

Electrochemical impedance spectroscopy (EIS)
on coated and uncoated metallic specimens —
Part 4: Examples of spectra of polymer-coated
and uncoated specimens
(ISO 16773-4:2017)

Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) sur des
éprouvettes métalliques revêtues et non revêtues —
Partie 4: Exemples de spectres d'éprouvettes revêtues de
polymères et non revêtues
(ISO 16773-4:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Februar 2017 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe.....	5
4 Theoretischer Hintergrund.....	5
4.1 Grundsätzliche Betrachtungen.....	5
4.2 Beispiele für Modelle.....	5
4.2.1 Rein kapazitive Beschichtung.....	5
4.2.2 Ersatzschaltkreis nach Randles.....	6
4.2.3 Erweiterter Ersatzschaltkreis nach Randles.....	7
Anhang A (informativ) Beispiele.....	9
Anhang B (informativ) Zusammensetzung von konzentriertem, künstlichem Regenwasser.....	37
Literaturhinweise.....	38

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16773-4:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] ist/sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 16773-4:2009.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16773-4:2017 wurde von CEN als EN ISO 16773-4:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35, *Paints and varnishes*, Unterkomitee SC 9, *General test methods for paints and varnishes*, in Zusammenarbeit mit dem ISO/TC 156, *Corrosion of metals and alloys*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16773-4:2009), die mit folgenden Änderungen technisch überarbeitet wurde:

- a) das einleitende Element des Norm-Titels, *Beschichtungsstoffe*, wurde gestrichen, da der Anwendungsbereich auf Metalle und Metall-Legierungen erweitert wurde. Das Hauptelement des Norm-Titels wurde geändert in: *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben*;
- b) bezüglich Beispielen für Spektren von Systemen mit niedriger Impedanz (Bereich von z. B. 10 Ω bis 1 000 Ω) wurden Verweisungen auf ISO/TR 16208 und ASTM G106 aufgenommen;
- c) es wurden weitere Beispiele für unbeschichtete Proben aufgenommen.

Eine Liste mit allen Teilen der Normenreihe ISO 16773 ist auf der ISO-Website zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 16773 enthält einige typische Beispiele von Impedanzspektren von polymerbeschichteten und unbeschichteten Proben (siehe Anhang A). Außerdem werden einige Anleitungen zur Interpretation gegeben. Weitere Beispiele für Spektren von Systemen mit niedriger Impedanz (Bereich von z. B. 10 Ω bis 1 000 Ω) sind in ISO/TR 16208 und ASTM G106 enthalten. ISO 16773-2 enthält eine Anleitung zum Optimieren der EIS-Datenerfassung mit dem Schwerpunkt auf Beschichtungen mit hoher Impedanz.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 16773-1, *Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) on coated and uncoated metallic specimens — Part 1: Terms and definitions*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 16773-1.

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

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>

4 Theoretischer Hintergrund

4.1 Grundsätzliche Betrachtungen

Eine grundlegende Einführung in die Elektrochemische Impedanzspektroskopie, insbesondere im Zusammenhang mit Korrosion, wird in ASTM G106 gegeben.

Es ist nicht beabsichtigt, die Interpretation von EIS-Messungen auf die nachstehenden Modelle zu begrenzen. Andere Interpretationen könnten berechtigt sein. Die richtige Auswahl des Modells erfordert andere experimentelle und theoretische Betrachtungen.

4.2 Beispiele für Modelle

4.2.1 Rein kapazitive Beschichtung

Ein Metall, das mit einer unbeschädigten Beschichtung bedeckt ist, hat im Allgemeinen eine sehr hohe Impedanz. Der Ersatzschaltkreis hierfür wird im Bild 1 gezeigt.

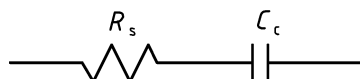
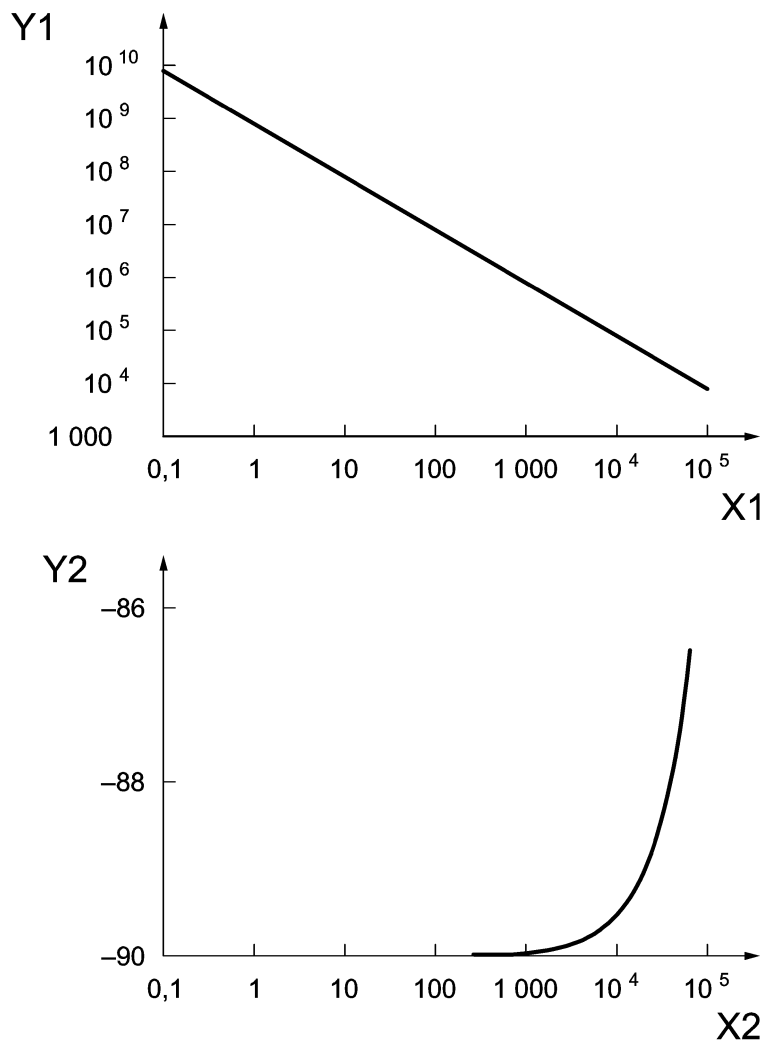


Bild 1 — Ersatzschaltkreis für eine rein kapazitive Beschichtung

Das Modell enthält einen Widerstand, der dem Widerstand R_s der Lösung entspricht, und einen Kondensator, der der Kapazität C_C der Beschichtung entspricht, in Reihenschaltung.

In der Praxis ist der Widerstand einer intakten Beschichtung in dem gegebenen Frequenzbereich oft nicht erkennbar. Jede Abweichung von der Kurve im Bode-Diagramm im Bild 2 zeigt entweder ein modifiziertes Modell an oder die Grenzen der Vorrichtung zum Messen der Impedanz (siehe ISO 16773-2:2016, Anhang A).



Legende

- X1 Frequenz f , in Hz
- Y1 Impedanz Z , in Ω
- X2 Frequenz f , in Hz
- Y2 Phasenwinkel φ , in Grad

Bild 2 — Bode-Diagramm einer intakten Beschichtung

4.2.2 Ersatzschaltkreis nach Randles

Der Ersatzschaltkreis nach Randles enthält den Widerstand für die Lösung R_s , den Kondensator für die Beschichtung C_C und den Ohm'schen Widerstand der Beschichtung R_C , wie im Bild 3 dargestellt.

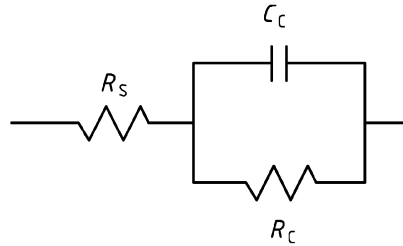
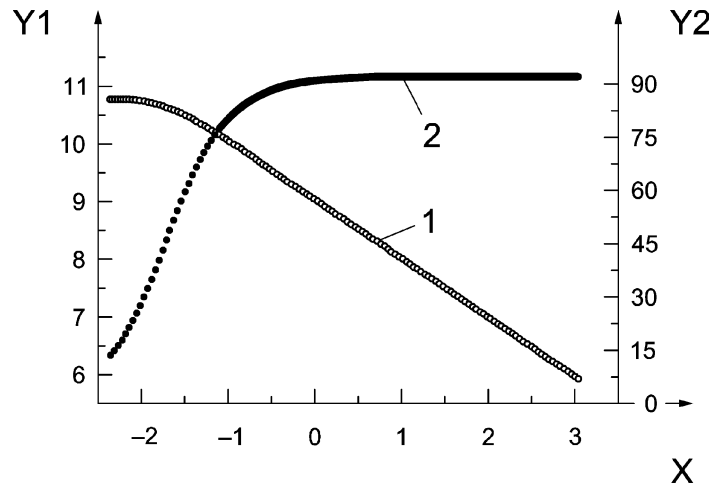


Bild 3 — Ersatzschaltkreis nach Randles

Das Bode-Diagramm eines Ersatzschaltkreises nach Randles ist im Bild 4 dargestellt.



Legende

- X $\log f$ (f in Hz)
- Y1 $\log |Z|$ (Z in Ω)
- Y2 $|\varphi|$ (Grad)
- 1 Impedanz Z
- 2 Phasenwinkel φ

Bild 4 — Bode-Diagramm eines Ersatzschaltkreises nach Randles

4.2.3 Erweiterter Ersatzschaltkreis nach Randles

Sehr oft entstehen durch die Anpassung experimenteller Daten an das Modell im Bild 3 systematische Abweichungen. In diesen Fällen zeigt die Fachliteratur, dass das im Bild 5 dargestellte Modell zu einer besseren Anpassung führt.

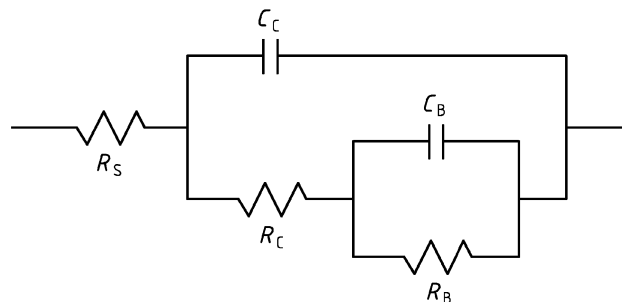
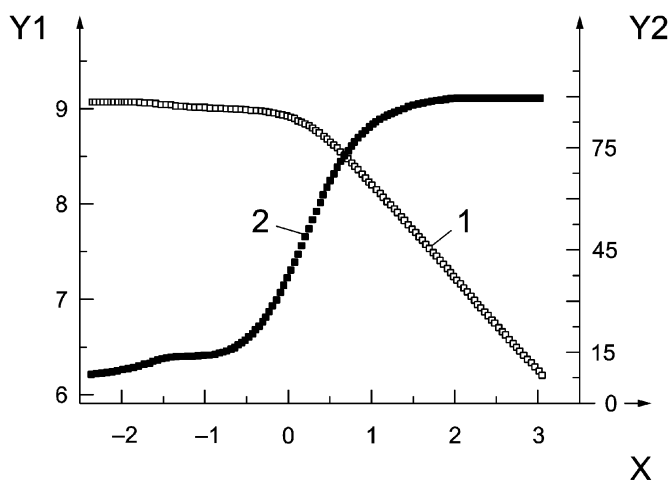


Bild 5 — Erweiterter Ersatzschaltkreis nach Randles

ANMERKUNG Dieses Modell ist nicht unbedingt das am besten geeignete, und andere Modelle sind nicht ausgeschlossen.

In den meisten Fällen von Beschichtungen mit hoher Impedanz sind R_B und C_B der Ladungsübertragungswiderstand R_{ct} bzw. der Doppelschicht-Kondensator C_{dl} des erweiterten Schaltkreises nach Randles entsprechend eher den Eigenschaften der Beschichtung als den Korrosionsvorgängen des darunterliegenden Metalls.

Das Bode-Diagramm im Bild 6 zeigt klar den zusätzlichen Beitrag der beiden zugefügten Bauelemente. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass das Bode-Diagramm bezüglich der Frequenz nicht weit genug verläuft, um den Widerstand der Lösung zu messen. In der Praxis ist dies kein Problem, weil der Widerstand der Lösung eine Eigenschaft der Prüflösung und der Zellengeometrie ist, nicht eine Eigenschaft der Beschichtung.



Legende

- X $\log f$ (f in Hz)
- Y1 $\log |Z|$ (Z in Ω)
- Y2 $|\varphi|$ (Grad)
- 1 Impedanz Z
- 2 Phasenwinkel φ

Bild 6 — Bode-Diagramm eines erweiterten Ersatzschaltkreises nach Randles

Anhang A (informativ)

Beispiele

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält eine Sammlung von Spektren, die an Stoffen erhalten wurden, welche in den entsprechenden Abschnitten kurz beschrieben sind. Die Beispiele stammen aus verschiedenen Laboratorien und wurden mit unterschiedlichen Ausstattungen und Stoffen erhalten.

Diese Sammlung lässt nicht darauf schließen, dass alle erwähnten Stoffe zwangsläufig ähnliche Spektren wie die hier gezeigten ergeben oder dass die hier angegebenen Spektren frei von Fehlern sind. Sie umfasst auch nicht die ganze Bandbreite aller möglichen Beschichtungsstoffe.

A.2 Beispiel 1

Dieses Beispiel zeigt, dass ein üblicherweise in hoher Schichtdicke aufgetragener Beschichtungsstoff in geringerer Schichtdicke verwendet werden kann, um den Einfluss der Eintauchdauer auf EIS-Messungen zu untersuchen (siehe Bild A.1).

Einzelheiten: 2-Komponenten-Epoxidharzbeschichtung, üblicherweise verwendet für Stahlbauten im Meeresbereich, oberhalb und unterhalb des Wasserspiegels, aufgetragen durch Airless-Spritzen. Trockenschichtdicke (DFT) nach Empfehlung des Herstellers: 1 000 μm bis 3 000 μm .

Die Messungen wurden mit einer Schicht auf Stahl, DFT 200 μm , Messfläche 10 cm^2 , bei 21 °C mit konzentriertem, künstlichem Regenwasser (siehe Anhang B) durchgeführt. Es wurde eine senkrechte Anordnung aus drei Elektroden mit einer gesättigten Ag/AgCl-Bezugselektrode angewendet. Die Spektren wurden nach festgelegten Eintauchdauern aufgenommen.

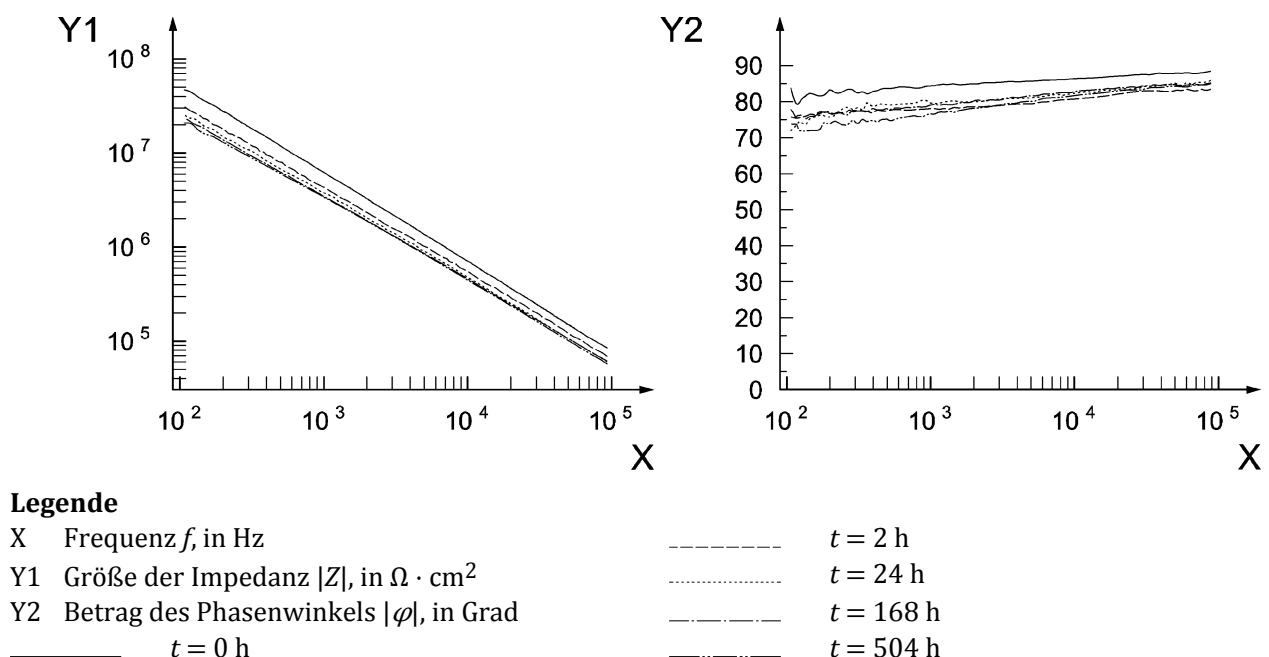


Bild A.1 — Bode-Diagramm eines Beschichtungsstoffes für hohe Schichtdicken mit Eintauchen der Beschichtung