

DIN EN ISO 4943



ICS 77.080.01

Entwurf

Einsprüche bis 2021-12-29
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 24943:1992-10

**Stahl und Gusseisen –
Bestimmung des Kupfergehalts –
Flammenatomabsorptionsspektrometrisches Verfahren
(ISO/DIS 4943:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 4943:2021**

Steel and cast iron –
Determination of copper content –
Flame atomic absorption spectrometric method (ISO/DIS 4943:2021);
German and English version prEN ISO 4943:2021

Aciers et fontes –
Dosage du cuivre –
Méthode par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (ISO/DIS 4943:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO 4943:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-29 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 fes@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 Eisen und Stahl (FES), 40042 Düsseldorf, Postfach 10 51 45 oder Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf.

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 41 Seiten

DIN-Normenausschuss Eisen und Stahl (FES)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4943:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 17 „Steel“, Unterkomitee SC 1, „Methods of determination of chemical composition“, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 459/SC 2 „Chemische Analyse von Eisen und Stahl“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS (Schweden) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 021-00-30 AA „Analyseverfahren“ des DIN-Normenausschusses Eisen und Stahl (FES).

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

ISO 648	siehe	DIN EN ISO 648
ISO 1042	siehe	DIN EN ISO 1042
ISO 14284	siehe	DIN EN ISO 14284
ISO 3696	siehe	DIN ISO 3696

Änderungen

Gegenüber DIN EN 24943:1992-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung einer optionalen Elektrode;
- b) Neubewertung der statistischen Präzisionsdaten;
- c) redaktionelle Überarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 648, *Laborgeräte aus Glas — Vollpipetten*

DIN EN ISO 1042, *Laborgeräte aus Glas — Meßkolben*

DIN EN ISO 14284, *Stahl und Eisen — Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung*

DIN ISO 3696, *Wasser für analytische Zwecke; Anforderungen und Prüfungen*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Stahl und Gusseisen — Bestimmung des Kupfergehalts — Flammenatomabsorptionsspektrometrisches Verfahren (ISO/DIS 4943:2021)
<i>Titel en:</i>	Steel and cast iron — Determination of copper content — Flame atomic absorption spectrometric method (ISO/DIS 4943:2021)
<i>Titel fr:</i>	Aciers et fontes — Dosage du cuivre — Méthode par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (ISO/DIS 4943:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	5
5 Reagenzien	5
6 Prüfgeräte	6
6.1 Atomabsorptionsspektrometer	6
6.1.1 Mindestpräzision (siehe Anhang A)	7
6.1.2 Nachweisgrenze (siehe Anhang A)	7
6.1.3 Linearität der Kalibrierung (siehe Anhang A)	7
6.1.4 Charakteristische Konzentration (siehe Anhang A)	7
6.2 Zusatzausrüstung	7
7 Probennahme	7
8 Durchführung der Analyse	7
8.1 Einwaage	8
8.2 Blindwertermittlung	8
8.3 Bestimmung	8
8.3.1 Herstellung einer Probenlösung	8
8.3.2 Herstellung der Bezugslösungen	9
8.3.3 Einstellung und Optimierung des Atomabsorptionsspektrometers	10
8.3.4 Spektrometrische Messungen	11
8.4 Aufzeichnung der Kalibrierungskurve	12
9 Ergebniswiedergabe	12
10 Präzision	12
11 Untersuchungsbericht	13
Anhang A (normativ) Verfahren zur Bestimmung der instrumentellen Kriterien	14
A.1 Bestimmung der Mindestgenauigkeit	14
A.2 Bestimmung der Nachweisgrenze (LOD)	14
A.3 Kriterium für die Linearität der Kalibrierung	15
A.4 Bestimmung der charakteristischen Konzentration, $P_{Cu, k}$	15
Anhang B (informativ) Zusätzliche Informationen über den internationalen Ringversuch	17
Anhang C (informativ) Grafische Darstellung des Näherungsverfahrens	19
Literaturhinweise	20

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4943:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 17 „Steel“, Unterkomitee SC 1, „Methods of determination of chemical composition“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 459/SC 2 „Chemische Analyse von Eisen und Stahl“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 24943:1990 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 4943:2021 wurde von CEN als prEN ISO 4943:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) und IEC (die Internationale Elektrotechnische Kommission) bilden das auf die weltweite Normung spezialisierte System. Nationale Normungsorganisationen, die Mitglieder von ISO oder IEC sind, beteiligen sich an der Entwicklung von Internationalen Normen in Technischen Komitees, die von der jeweiligen Organisation eingerichtet wurden, um spezifische Gebiete technischer Aktivitäten zu behandeln. Auf Gebieten von beiderseitigem Interesse arbeiten die Technischen Komitees von ISO und IEC zusammen. Weitere internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO und IEC stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. Auf dem Gebiet der Informationstechnologie haben ISO und IEC ein gemeinsames Technisches Komitee, ISO/IEC JTC 1 (JTC, en: Joint Technical Committee), eingerichtet.

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 und IEC sind 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 17, *Steel*, Unterkomitee SC 1, *Methods of determination of chemical composition* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 4943:1985), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Erweiterung des Bestimmungsbereichs
- Reorganisation eines Näherungstests;
- Neubewertung der Näherungsdaten.

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.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für ein Verfahren zur Bestimmung von Kupfer in Stahl und Gusseisen mittels flammenatomabsorptionsspektrometrisches (FAAS).

Das Verfahren ist auf Kupfergehalte im Bereich von 0,003 % (Massenanteil) bis 3,0 % (Massenanteil) anwendbar.

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 648, *Laboratory glassware — Single-volume pipettes*

ISO 1042, *Laboratory glassware — One-mark volumetric flasks*

ISO 3696, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

ISO 14284, *Steel and iron — Sampling and preparation of samples for the determination of chemical composition*

3 Begriffe

In diesem Dokument werden keine Begriffe aufgeführt.

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

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

4 Kurzbeschreibung

Auflösung einer Testportion in einer Mischung aus Salz-, Salpeter- und Perchlorsäure.

Zerstäubung der Testlösung in eine Luft/Acetylen-Flamme eines Atomabsorptionsspektrometers. Spektrometrische Messung der Atomabsorption der von einer Kupferhohlkathodenlampe emittierten Spektrallinie bei 324,7 nm oder 327,4 nm

ANMERKUNG Andere geeignete Strahlenquellen dürfen auch verwendet.

5 Reagenzien

Verwenden Sie bei der Analyse, sofern nicht anders angegeben, nur Reagenzien von anerkannter analytischer Qualität und nur Wasser der Klasse 2, wie in ISO 3696 angegeben.

5.1 Reines Eisen, mit einem Kupfergehalt von weniger als 0,000 5 % (Massenanteil) oder einem niedrigen und bekannten Kupfergehalt.

5.2 Salzsäure-Salpetersäure-Gemisch.

Drei Volumenteile Salzsäure (ρ etwa 1,19 g/ml), einen Volumenteil Salpetersäure (ρ etwa 1,40 g/ml) und zwei Volumenteile Wasser mischen.

Diese Mischung unmittelbar vor der Verwendung zubereiten.

5.3 Salzsäure-Salpetersäure-Perchlorsäure-Gemisch.

20 ml Salzsäure (ρ ca. 1,19 g/ml) mit 55 ml Salpetersäure (ρ ca. 1,40 g/ml) und 75 ml Perchlorsäure (ρ ca. 1,54 g/ml) mischen.

ANMERKUNG Es kann auch Perchlorsäure (ρ ca. 1,67 g/ml) verwendet werden. 100 ml Perchlorsäure (ρ ca. 1,54 g/ml) entsprechen 79 ml Perchlorsäure (ρ ca. 1,67 g/ml).

5.4 Kupfer-Standardlösung, 1,0 g/l.

(1,000 $\pm$ 0,001) g Kupfer abwiegen [Reinheit > 99,95 % (Massenanteil)]. In ein 400-ml-Becherglas umfüllen, 25 ml Salpetersäure (ρ ca. 1,40 g/ml, 1 + 4 verdünnt) hinzufügen und mit einem Uhrglas abdecken. Bis zur vollständigen Auflösung vorsichtig erhitzen. Man lässt abkühlen, überführt die Lösung quantitativ in einen 1 000-ml-Messkolben mit einer Markierung, verdünnt bis zur Marke mit Wasser und mischt.

1 ml dieser Standardlösung enthält 1 mg Cu.

5.5 Kupfer-Standardlösung, 20 mg/l.

20,0 ml der Standardlösung (5.4) werden in einen 1 000-ml-Messkolben mit einer Marke überführt, bis zur Marke mit Wasser verdünnt und gemischt.

1 ml dieser Standardlösung enthält 20 μ g Cu.

Diese Mischung unmittelbar vor der Verwendung zubereiten.

6 Prüfgeräte

Alle volumetrischen Glaswaren müssen der Klasse A gemäß ISO 648 bzw. ISO 1042 entsprechen.

Alle Glasgeräte werden zunächst in Salzsäure (ρ etwa 1,19 g/ml, 1 + 1 verdünnt) und dann in Wasser gewaschen. Die in den Bechergläsern und Kolben vorhandene Kupfermenge kann durch Messung der Absorption von destilliertem Wasser, das nach dem Säurewaschen in die Glasgeräte gegeben wird, überprüft werden.

Es sind gewöhnliche Laborgeräte und die folgenden zu verwenden.

6.1 Atomabsorptionsspektrometer

Das Spektrometer ist mit einer Kupfer-Hohlkathodenlampe auszurüsten und mit Luft und Acetylen zu versorgen, die so rein sind, dass sie eine gleichmäßige, klare, brennstoffarme Flamme ergeben, die frei von Wasser und Öl und frei von Kupfer ist.

ANMERKUNG Andere geeignete Strahlungsquellen können ebenfalls verwendet werden.

Das verwendete Atomabsorptionsspektrometer ist geeignet, wenn nach der Optimierung gemäß 8.3.4 die Nachweisgrenze und die charakteristische Konzentration in angemessener Weise mit den vom Hersteller angegebenen Werten übereinstimmen und es die in 6.1.1 bis 6.1.3 genannten Präzisionskriterien erfüllt.

Das Gerät sollte auch der zusätzlichen Leistungsanforderung gemäß 6.1.4 entsprechen.

6.1.1 Mindestpräzision (siehe Anhang A)

Berechnen Sie die Standardabweichung von 10 Messungen der Absorption der höchstkonzentrierten Kalibrierlösung. Diese Standardabweichung darf nicht mehr als 1,0 % der mittleren Absorption betragen.

Berechnen Sie die Standardabweichung von 10 Messungen der Absorption der am wenigsten konzentrierten Kalibrierlösung (ohne den Blindwert). Diese Standardabweichung darf nicht mehr als 0,5 % der mittleren Absorption der am stärksten konzentrierten Kalibrierlösung betragen.

6.1.2 Nachweisgrenze (siehe Anhang A)

Die Nachweisgrenze ist eine Zahl, die in Konzentrationseinheiten (oder Menge) ausgedrückt wird und den niedrigsten Konzentrationswert (oder die niedrigste Menge) eines Elements beschreibt, der sich statistisch gesehen von einer analytischen Blindwertprobe unterscheidet.

Die Nachweisgrenze von Kupfer in einer Matrix, die der endgültigen Testteillösung ähnelt, muss besser als 0,05 µg/ml sein.

6.1.3 Linearität der Kalibrierung (siehe Anhang A)

Die Steigung der Kalibrierkurve für die oberen 20 % des Konzentrationsbereichs (ausgedrückt als Änderung der Absorption) darf nicht weniger als das 0,7-fache des Wertes der Steigung für die unteren 20 % des Konzentrationsbereichs (ausgedrückt als Änderung der Extinktion) betragen, der auf die gleiche Weise ermittelt wurde.

Bei Geräten mit automatischer Kalibrierung unter Verwendung von zwei oder mehr Standards ist vor der Analyse durch Messung der Absorptionswerte festzustellen, dass die oben genannten Anforderungen an die Linearität der Kurve erfüllt sind.

6.1.4 Charakteristische Konzentration (siehe Anhang A)

Die charakteristische Konzentration für Kupfer in einer Matrix, die der endgültigen Testlösung ähnelt, muss für 324,7 nm besser als 0,08 µg/ml sein.

6.2 Zusatzausrüstung

Die Skalenausdehnung kann so lange angewendet werden, bis das beobachtete Rauschen größer ist als der Auslesefehler, und wird für Absorptionen unter 0,1 immer empfohlen. Wenn die Skalenerweiterung verwendet werden muss und das Gerät nicht über die Möglichkeit verfügt, den Wert des Skalenexpansionsfaktors abzulesen, kann der Wert berechnet werden, indem eine geeignete Lösung mit und ohne Skalenausdehnung gemessen und dann das erhaltene Signal geteilt wird.

7 Probennahme

Die Probennahme ist in Übereinstimmung mit ISO 14284 oder anderen geeigneten Normen für Stahl und Gusseisen durchzuführen.

8 Durchführung der Analyse

WARNUNG — Perchlorsäuredampf kann Explosionen in Gegenwart von Ammoniak, stickstoffhaltigen Dämpfen oder organischen Stoffen im Allgemeinen verursachen. Alle Verdampfungen müssen in Abzugsschränken durchgeführt werden, die für die Verwendung mit Perchlorsäure geeignet sind.

Stellen Sie sicher, dass das Sprühsystem und das Drainagesystem nach Gebrauch frei von Perchlorsäure gewaschen werden.

8.1 Einwaage

Etwa 0,50 g der Testprobe auf 0,001 g genau wiegen.

8.2 Blindwertermittlung

Nach dem gleichen Verfahren wird parallel zur Analyse ein Blindversuch durchgeführt, bei dem die gleichen Mengen aller Reagenzien, einschließlich des reinen Eisens (5.1), anstelle der Testportion verwendet werden.

8.3 Bestimmung

8.3.1 Herstellung einer Probenlösung

8.3.1.1 Aufbereitung der Probenlösung

Die Testportion (8.1) wird in ein 250-ml-Becherglas gegeben. In kleinen Portionen 20 ml der Säuremischung (5.3) (siehe Anmerkung) zugeben, das Becherglas mit einem Uhrglas abdecken und vorsichtig erhitzen, bis die Säurewirkung aufhört. Man verdampft, bis dichte weiße Perchlorsäuredämpfe auftreten. Bei geeigneter Temperatur weiterarräuchern, um einen ständigen Rückfluss weißer Perchlorsäuredämpfe an den Wänden des Becherglases aufrechtzuerhalten, bis die Salze auskristallisieren.

ANMERKUNG Proben, die in der Säuremischung (5.3) nicht leicht löslich sind, werden zunächst in 10 ml der Säuremischung (5.2) aufgelöst, bevor 20 ml der Säuremischung (5.3) zugegeben werden.

Abkühlen lassen, 25 ml Wasser hinzufügen und leicht erhitzen, um die Salze zu lösen. Erneut abkühlen und die Testlösung quantitativ in einen 100-ml-Messkolben mit einer Markierung geben. Bis zur Marke mit Wasser verdünnen und mischen.

Durch Dekantieren über ein trockenes Filterpapier mittlerer Struktur filtrieren, um Rückstände oder Ausfällungen, z. B. Graphit, Kieselsäure oder Wolframsäure, zu entfernen, und das Filtrat in einem trockenen Becherglas auffangen, nachdem die ersten Anteile entsorgt wurden.

8.3.1.2 Verdünnung der Probenlösung

Je nach erwartetem Kupfergehalt im Testteil wird die Testlösung gemäß a), b) oder c) wie folgt hergestellt:

Abhängig von dem im Testteil erwarteten Kupfergehalt die Testlösung gemäß a), b) oder c) wie folgt vorbereiten:

- a) Liegt der erwartete Kupfergehalt bei bis zu 0,1 % (Massenanteil), ist das Filtrat (siehe 8.3.1.1) unverdünnt zu verwenden.
- b) Liegt der erwartete Kupfergehalt zwischen 0,1 % (Massenanteil) und 1,0 % (Massenanteil), so werden 10,0 ml der Prüflösung in einen 100-ml-Messkolben mit einer Marke überführt, mit Wasser bis zur Marke verdünnt und gemischt.
- c) Liegt der erwartete Kupfergehalt zwischen 1,0 % (Massenanteil) und 3,0 % (Massenanteil), so werden 5,0 ml der Prüflösung in einen 250-ml-Messkolben mit einer Marke überführt, mit Wasser bis zur Marke verdünnt und gemischt.

In den Fällen, in denen die Prüflösung verdünnt werden muss, ist der Blindversuch (8.2) auf die gleiche Weise zu verdünnen.

8.3.2 Herstellung der Bezugslösungen

(5,00 ± 0,01) g des reinen Eisens (5.1) in ein 500-ml-Becherglas geben. In kleinen Portionen 200 ml der Säuremischung (5.3) hinzugeben und leicht erwärmen, bis es sich aufgelöst hat.

Eindampfen, bis dichte weiße Perchlorsäuredämpfe auftreten. Die Verdampfung bei geeigneter Temperatur fortsetzen, um einen ständigen Rückfluss der weißen Perchlorsäuredämpfe an den Wänden des Becherglases aufrechtzuerhalten, bis die Salze kristallisieren

Man lässt abkühlen, gibt 100 ml Wasser hinzu und erhitzt leicht, um die Salze zu lösen. Erneut abkühlen lassen und die Lösung quantitativ in einen 500-ml-Messkolben mit einer Markierung überführen. Bis zur Marke mit Wasser verdünnen und mischen

8.3.2.1 Kupferanteile bis zu 0,1 % (Massenanteil)

In eine Reihe von 100-ml-Messkolben mit einer Markierung werden 50,0 ml der Eisenlösung (8.3.2) gegeben. Mit einer Bürette oder Pipette die in Tabelle 1 angegebenen Volumina der Kupfer-Standardlösung (5.5) zugeben. Bis zur Marke mit Wasser verdünnen und mischen.

Tabelle 1 — Kalibrierlösungen für Kupfergehalte bis zu 0,1 %

Volumen der Kupferstandardlösung (5.5) ml	Masse von Kupfer mg	Entsprechender Kupfergehalt in der Probe %
0 ^a	0	0
0,5	0,01	0,002
2,5	0,05	0,010
5,0	0,10	0,020
10,0	0,20	0,040
15,0	0,30	0,060
20,0	0,40	0,080
25,0	0,50	0,100
^a Blindwertlösung.		

8.3.2.2 Kupfergehalte zwischen 0,1 % (Massenanteil) und 1,0 % (Massenanteil)

In eine Reihe von 100-ml-Messkolben mit einer Markierung werden 5,0 ml der Eisenlösung (8.3.2) gegeben. Mit einer Bürette oder Pipette die in Tabelle 2 angegebenen Volumina der Kupfer-Standardlösung (5.5) zugeben. Bis zur Marke mit Wasser verdünnen und mischen.