

DIN EN ISO 16784-2



ICS 77.060

Entwurf

Einsprüche bis 2023-11-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 16784-2:2008-07

**Korrosion von Metallen und Legierungen –
Korrosion und Fouling in industriellen Kühlwassersystemen –
Teil 2: Bewertung der Leistung von
Kühlwasser-Behandlungsprogrammen
unter Anwendung eines Modell-Prüfstands (ISO/DIS 16784-2:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16784-2:2023**

Corrosion of metals and alloys –
Corrosion and fouling in industrial cooling water systems –
Part 2: Evaluation of the performance of cooling water treatment programmes using a
pilot-scale test rig (ISO/DIS 16784-2:2023);
German and English version prEN ISO 16784-2:2023

Corrosion des métaux et alliages –
Corrosion et entartrage des circuits de refroidissement à eau industriels –
Partie 2: Évaluation des performances des programmes de traitement d'eau de
refroidissement sur banc d'essai pilote (ISO/DIS 16784-2:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 16784-2:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-09-15 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 nmp@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 Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 59 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16784-2:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-71 AA „Korrosion und Korrosionsschutz“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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 8044	siehe	DIN EN ISO 8044
ISO 8407	siehe	DIN EN ISO 8407
ISO 8501-1	siehe	DIN EN ISO 8501-1
ISO 11124-3	siehe	DIN EN ISO 11124-3
ISO 11463:2020	siehe	DIN EN ISO 11463:2020-12
ISO 16784-1	siehe	DIN EN ISO 16784-1

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 EN ISO 16784-2:2008-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung der Einleitung;
- b) Änderung des Anwendungsbereichs;
- c) Änderung der normativen Verweisungen und zu ISO/TC156 zugehörige Normen hinzugefügt;
- d) Änderung des Abschnitts „Begriffe“, um den aktuell geltenden Anforderungen der ISO/IEC-Leitlinien zu entsprechen;
- e) Änderung der Kurzbeschreibung;
- f) Änderung des Abschnitts „Reagenzien und Hilfsstoffe“ in „Prüfwasser“;
- g) Änderung des Abschnitts „Prüfgeräte“, indem die Komponenten und deren Beschreibungen hinzugefügt wurden;
- h) Änderung des Abschnitts „Auswertung der Ergebnisse“;
- i) Änderung des Literaturverzeichnisses.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe*

DIN EN ISO 8407, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Entfernen von Korrosionsprodukten von Korrosionsprüfkörpern*

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 11124-3, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Anforderungen an metallische Strahlmittel — Teil 3: Stahlguss mit hohem Kohlenstoffgehalt, kugelig und kantig (Shot und Grit)*

DIN EN ISO 11463:2020-12, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Richtlinien für die Bewertung der Lochkorrosion (ISO 11463:2020); Deutsche Fassung EN ISO 11463:2020*

DIN EN ISO 16784-1, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Korrosion und Fouling in industriellen Kühlwassersystemen — Teil 1: Leitfaden für die Bewertung von Zusatzstoffen gegen Korrosion und Fouling in offenen Kühlwasserzirkulationssystemen*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 16784-2:2023-10

– Leerseite –

Korrosion von Metallen und Legierungen – Korrosion und Fouling in industriellen Kühlwassersystemen – Teil 2: Bewertung der Leistung von Kühlwasser-Behandlungsprogrammen unter Anwendung eines Modell-Prüfstands (ISO/DIS 16784-2:2023)

Corrosion of metals and alloys – Corrosion and fouling in industrial cooling water systems – Part 2: Evaluation of the performance of cooling water treatment programmes using a pilot-scale test rig (ISO/DIS 16784-2:2023)

Corrosion des métaux et alliages – Corrosion et entartrage des circuits de refroidissement à eau industriels – Partie 2: Évaluation des performances des programmes de traitement d'eau de refroidissement sur banc d'essai pilote (ISO/DIS 16784-2:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Kurzbeschreibung	10
5 Wasser für die Prüfung	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Kennwerte des Wassers	11
5.3 Herstellung synthetischer Prüfwässer unter Anwendung von Grundlösungen	12
6 Prüfeinrichtung	12
6.1 Wärmetauscherabschnitt	12
6.2 Temperaturmessung	13
6.3 Zirkulationsraten-Monitor; Strömungsmengenmesser	13
6.4 Messung des Zusatzwassers, der Verdunstung und des Ausblaswassers	13
6.5 Kühlturm	13
6.6 Heizsystem	13
6.7 Vorrichtung zur Simulation der Wasserbehandlungsanlage	13
6.8 Verbundene Erfassungseinrichtung	14
7 Prüfverfahren	14
7.1 Durchführung	14
7.1.1 Reinigung der Prüfanordnung	14
7.1.2 Vorbereitung und Vorbehandlung der Prüfrohre	14
7.1.3 Fassungsvermögen des Systems für Wasser	15
7.1.4 Verfahren zum Befüllen des Kühlwassersystems	15
7.1.5 Heizen der Prüfrohre	15
7.1.6 Durchsatzmenge (Strömungsrate)	16
7.1.7 Ausblaswassermenge und Halbwertszeit	16
7.1.8 Biozid-Behandlung	16
7.1.9 Zusatzwasser bei Anwendung eines Kühlturms	16
7.2 Bestimmung der analytischen Parameter und der Kontrollparameter	17
7.3 Angabe der Prüfdaten	17
7.4 Ende der Prüfung	17
8 Auswertung der Ergebnisse	18
8.1 Aufzeichnungen zur Qualität des Kühlwassers	18
8.2 Behandlung der Prüfrohre	18
8.3 Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich Ablagerungen und Fouling	18
8.4 Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich Korrosion	19
8.4.1 Korrosionserscheinungen und Korrosionsarten	19
8.4.2 Lochkorrosion	19
8.4.3 Korrosionsgeschwindigkeit	19
9 Prüfbericht	20
Anhang A (informativ) Prüfdatenblatt für die Leistung von Programmen zur Kühlwasserbehandlung	21
Anhang B (informativ) Weitere Informationen zu einigen Mess- und Prüfverfahren	24
B.1 Grundlösungen	24
B.2 Prüfeinrichtung	24
B.2.1 Ausstattung des Kühlturms	24
B.2.2 Prüfrohre	27
Literaturhinweise	29

Bilder

Bild B.1 — Darstellung der Prüfeinrichtung für die dynamische Simulation der Kühlturmprüfung mit Dampfheizung	25
Bild B.2 — Darstellung des Durchflusses in Reihe bei der dynamischen Simulation der Kühlturmprüfung mit elektrischer Heizung	26
Bild B.3 — Darstellung des parallelen Durchflusses bei der dynamischen Simulation der Kühlturmprüfung mit elektrischer Heizung	27
Bild B.4 — Wärmetauscher	28

Tabellen

Tabelle 1 — Zusammensetzung des Zusatzwassers und des umlaufenden Kühlwassers	11
Tabelle A.1 — Prüfbedingungen	21
Tabelle A.2 — Vorbehandlung	21
Tabelle A.3 — Behandlungsverfahren	21
Tabelle A.4 — Analyse des Kühlwassers	22
Tabelle A.5 — Korrosionsergebnisse	22
Tabelle A.6 — Fouling-Ergebnisse	22
Tabelle A.7 — Ergebnisse der Analyse der Ablagerungen auf einem Prüfrohr	23
Tabelle B.1 — Typische Grundlösungen für genormtes Kühlwasser	24

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16784-2:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 16784-2:2008 ersetzen.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 16784-2:2023 wurde von CEN als prEN ISO 16784-2:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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 Directives, 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 Directives, 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 156, *Corrosion of metals and alloys*, erarbeitet.

ISO 16784 besteht unter dem allgemeinen Titel *Corrosion of metals and alloys — Corrosion and fouling in industrial cooling water systems* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: Guidelines for conducting pilot-scale evaluation of corrosion and fouling control additives for open recirculating cooling water systems*
- *Part 2: Evaluation of the performance of cooling water treatment programmes using a pilot-scale test rig*

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16784-2:2006), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Änderung der Einleitung;
- Änderung des Anwendungsbereichs;
- Änderung der normativen Verweisungen und zu ISO/TC156 zugehörige Normen hinzugefügt;
- Änderung des Abschnitts „Begriffe“, um den aktuell geltenden Anforderungen der ISO/IEC-Leitlinien zu entsprechen;
- Änderung der Kurzbeschreibung;

– Entwurf –

E DIN EN ISO 16784-2:2023-10 prEN ISO 16784-2:2023 (D)

- Änderung des Abschnitts „Reagenzien und Hilfsstoffe“ in „Prüfwasser“;
- Änderung des Abschnitts „Prüfgeräte“, indem die Komponenten und deren Beschreibungen hinzugefügt wurden;
- Änderung des Abschnitts „Auswertung der Ergebnisse“;
- Änderung der Literaturhinweise.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 16784 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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

ISO 16784-2:2006 spielt eine wichtige Rolle bei der Verhinderung von Korrosion in Kühlsystemen, der Aufrechterhaltung einer optimalen betrieblichen Leistungsfähigkeit und der Verlängerung der wirtschaftlichen Lebensdauer einer Anlage.

Durch die ständige Weiterentwicklung von Techniken zur Behandlung von umlaufendem Wasser wurden einige neue Techniken zur Behandlung von umlaufendem Wasser wie Behandlungen mithilfe von Umkehrosmose und elektrochemische Behandlungen weitverbreitet eingesetzt und lieferten einen bedeutenden Beitrag für ein Behandlungsschema zur Kühlwasserbehandlung.

Diese Überarbeitung nach dem ISO Guide für ein Standardformat wurde überarbeitet und an die Weiterentwicklung der Technik im Bereich dieser Norm angepasst, auf der Grundlage des Ursprungsdokuments wurde ein neues Prüfgerät ergänzt und die Beschreibung der Komponenten wurde verbessert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Grundsätze, Reagenzien und Hilfsstoffe, die Prüfeinrichtung, Prüfverfahren, die Auswertung der Ergebnisse und die Anforderungen an die Prüfberichte mithilfe von Versuchen für industrielle Kühlwassersysteme fest.

Dieser Teil von ISO 16784 beschreibt ein Verfahren zu einer Vorbewertung der Leistung von Behandlungsprogrammen für offene Kühlwasserzirkulationssysteme. Das Verfahren basiert primär auf Laborprüfungen, der Prüfstand, der einen Wärmetauscher simuliert, kann aber auch für eine Bewertung vor Ort (am Standort der Anlage) verwendet werden. In diesem Teil von ISO 16784 werden keine Wärmetauscher mit mantelseitigem Kühlwasser (d. h. Kühlwasser außerhalb der Rohre) erfasst.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. For undated references, only the edition cited applies, For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

ISO 8044, *Corrosion of Metals and Alloys — Basic Terms and Definitions*

ISO 8407, *Corrosion of metals and alloys — Removal of corrosion products from corrosion test specimens*

ISO 8501-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*

ISO 11463, *Corrosion of metals and alloys — Evaluation of pitting corrosion*

ISO 11845, *Corrosion of metals and alloys — General principles for corrosion testing*

ISO 16784-1, *Corrosion of metals and alloys — Corrosion and fouling in industrial cooling water systems — Part 1: Guidelines for conducting pilot-scale evaluation of corrosion and fouling control additives for open recirculating cooling water systems*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8044 und 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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

ATP

Adenosintriphosphat, eine aktive Chemikalie, die in lebenden Bakterien vorkommt

Anmerkung 1 zum Begriff: ATP-Konzentrationen können indirekt gemessen und als Indikator für das Vorhandensein von lebender Materie im Kühlwasser angewendet werden.

3.2

Ausblasen

Abschlämmen

en **blowdown**

Ausblasen von Wasser aus dem Kühlwasserkreislauf, angegeben als Ausblasrate

3.3

KBE

koloniebildende Einheiten, als Maßeinheit für die Menge der Bakterien im Kühlwasser

3.4

Kühlturm

Turm, der zur Abkühlung des umlaufenden Kühlwassers durch Verdunstung angewendet wird und üblicherweise aus Holz, Kunststoff, verzinktem Metall oder keramischen Werkstoffen besteht

3.5

Kühlwasserbehandlung

Einstellung der chemischen Kennwerte des Kühlwassers, so dass Korrosion und Fouling kontrolliert werden können

3.6

Konzentrationsperioden

Verhältnis der Konzentration bestimmter Ionen im umlaufenden Kühlwasser und der Konzentration der gleichen Ionen im Zusatzwasser

3.7

Wärmeabführungskapazität

Wärmemenge, die durch ein Kühlsystem mit Kühlturm abgeleitet werden kann

3.8

Halbwertszeit

Zeit, die benötigt wird, um die Ausgangskonzentration einer nicht zersetzbaren und/oder nicht ausfällbaren Verbindung im Kühlwasser auf 50 % ihrer Konzentration herabzusetzen

3.9

Zusatzwasser

gesamte Wassermasse, die dem System je Zeiteinheit zugefügt wird, um den Wasserverlust auszugleichen, der durch Verdunstung, Ausblasen, Leckage und Verlust durch mitgerissene Wassertropfen entsteht

3.10

Reynolds-Zahl

dimensionslose Strömungskennzahl in der Form $\frac{LV\rho}{\eta}$, die dem Verhältnis der Trägheitskräfte zu den Reibungskräften in einem Strömungssystem proportional ist

Dabei ist

L für ein Strömungssystem das charakteristische Maß, angegeben in Meter (m);

V die lineare Strömungsgeschwindigkeit, angegeben in Meter je Sekunde (m/s);

ρ die Dichte des strömenden Mediums, angegeben in Kilogramm je Kubikmeter (kg/m³);

η die Viskosität des strömenden Mediums, angegeben in Kilogramm je Meter je Sekunde (kg/m/s).

3.11

Oberflächentemperatur

Temperatur an der Phasengrenze zwischen Kühlwasserfilm und Wärmeübertragungsfläche, wobei die Wärmeübertragungsfläche entweder die Oberfläche der Rohrwand oder die Außenseite einer abgelagerten Fouling-Schicht (Verschmutzungsschicht) ist

3.12

TOC

en **total organic carbon**

Gesamtmenge an organisch gebundenem Kohlenstoff

3.13

Kühlturm-Rieseleinbauten

Teil des Kühlturms, der die primäre Wärmeübertragungsfläche darstellt, über die Wasser so strömt, dass Verdunstung auftritt

3.14

Scherspannung an der Rohrwand

Scherspannung in der Schicht des strömenden Mediums (im Flüssigkeitsfilm) unmittelbar an der Rohrwand

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Scherspannung an der Rohrwand wird in N/m^2 angegeben.

3.15

Temperatur der Rohrwand

Temperatur, die mithilfe eines Thermoelements erfasst wird, das zwischen Heizelement und Innenseite der wärmeübertragenden Rohrwand angeordnet ist, vorzugsweise so dicht wie möglich an der Rohrwand

4 Kurzbeschreibung

Unter den vorgegebenen Versuchsbedingungen wird der Behandlungsprozess von umlaufendem Kühlwasser simuliert, wobei das metallische Prüfrohr für den Wärmeaustausch in das umlaufende Kühlwasser gelegt wird, die Simulation berücksichtigt die Kühlwasser-Strömungsgeschwindigkeit, die Wasserqualität, die Intensität des Stoffflusses, die Wärmeübertragung, Import und Export der Kühlwassertemperatur, Konzentrationsverhältnis, pH-Wert, Leitfähigkeit, Konzentration der Zusatzstoffe zur Wasserbehandlung, technische Hauptparameter wie eine umfassende Bewertung der Leistung des Kühlwasser-Behandlungsschemas.

Eine Prüfanordnung aus metallischen Prüfrohren wird über eine bestimmte Dauer unter Bedingungen, die zu einem Übergang von Wärme führen, dem Umlauf von Kühlwasser ausgesetzt. Diese darf direkt an das Kühlwassersystem vor Ort angeschlossen werden, um repräsentativ für die Betriebsbedingungen zu sein. Für eine Prüfung im Laboratorium wird für das Kühlwasser eine Zusammensetzung ausgewählt, die den chemischen Bedingungen bei der tatsächlichen betrieblichen Anwendung entspricht, mit der entsprechenden Modifizierung für das jeweils zu untersuchende Behandlungsprogramm. Die Anwendung von synthetisch hergestelltem Wasser bei den Prüfungen im Laboratorium kann für Vergleichszwecke effektiv sein, z. B. für ein Screening, repräsentiert jedoch nicht die tatsächlichen Betriebsbedingungen. Der Einfluss des Umlaufs des Kühlwassers und des Behandlungsprogramms auf Korrosion und Fouling der Prüfrohre wird anhand einer Anzahl gemessener Parameter bewertet.

5 Wasser für die Prüfung

5.1 Allgemeines

Die Zusammensetzung des für die Prüfung verwendeten Kühlwassers sollte die wahrscheinliche betriebliche Anwendung widerspiegeln. Für eine Laboratoriumsprüfung unter Anwendung von synthetischem Wasser dürfen nur Reagenzien von anerkannter analytischer Reinheit und nur Wasser verwendet werden, das den Mindestanforderungen an Wasser der Qualität 3 nach ISO 3696 entspricht.

Es darf zwischen zwei wichtigen Betriebsumgebungen ausgewählt werden. Die erste besteht in der Anwendung des Zusatzwassers, das im jeweiligen Kühlsystem am Standort der Anlage verwendet wird (die Anwendung von synthetischem Zusatzwasser stellt eine Variante dar) und das im Prüfsystem auf die geforderte Anzahl von Perioden zu konzentrieren ist. Anhang A beinhaltet Formulare, die zur Aufzeichnung der Prüfbedingungen, der Zusammensetzungen des Zusatzwassers und des zirkulierenden Wassers sowie der Prüfergebnisse empfohlen werden.

Bei der zweiten Möglichkeit wird synthetisches Wasser verwendet, das über die geforderte Anzahl von Perioden das am Anlagenstandort umlaufende Wasser simuliert. Durch die Anwendung von synthetischem Umlaufwasser erübrigt sich die Notwendigkeit, das synthetische Wasser so zu konzentrieren, dass die gewünschten Konzentrationsperioden erreicht werden. Die Prüfung wird einfacher, weil die Anwendung eines Modell-Kühlturms entfällt.

Synthetisches Umlaufwasser enthält im Allgemeinen einen höheren Anteil gelöster Feststoff-Ionen als das entsprechende natürliche Wasser, d. h. synthetisches Wasser ist korrosiver.

5.2 Kennwerte des Wassers

Das verwendete natürliche oder synthetische Wasser sollte nach Tabelle 1 charakterisiert und beschrieben werden. Diese Tabelle sollte für die Aufzeichnung der Zusammensetzung des umlaufenden Wassers sowie des Zusatzwassers, sofern verwendet, genutzt werden. Trübung, Gesamtgehalt an Siliciumdioxid, Bakterien und ATP müssen nur für die Wässer am Standort der Anlage (On-site-Wässer) gemessen werden.

Tabelle 1 — Zusammensetzung des Zusatzwassers und des umlaufenden Kühlwassers

Nr.	Komponente	Wert	Einheiten
1	pH-Wert, 25 °C		pH-Wert-Einheiten
2	Leitfähigkeit		µS/cm
3	Gesamthärte		a
4	Alkalität – p		a
5	Alkalität – m		a
6	Ca ²⁺		mg/l
7	Mg ²⁺		mg/l
8	Na ⁺		mg/l
9	K ⁺		mg/l
10	NH ⁴⁺		mg/l
11	Fe ²⁺		mg/l
12	Cu ²⁺		mg/l
13	Al ³⁺		mg/l
14	CO ₃ ²⁻		mg/l
15	HCO ₃ ⁻		mg/l
16	Cl ⁻		mg/l
17	SO ₄ ²⁻		mg/l
18	NO ₃ ⁻		mg/l
19	PO ₄ ³⁻		mg/l
20	SiO ₂		mg/l

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Komponente	Wert	Einheiten
21	Cl ₂		mg/l
22	Trübung		FTU oder NTU
23	Schwebstoffe		mg/l
24	Bakterien		UFC/ml oder UFC/l
25	ATP		RLU
^a Die Maßeinheit hängt vom jeweiligen Prüfverfahren ab.			

5.3 Herstellung synthetischer Prüfwässer unter Anwendung von Grundlösungen

Synthetische Prüfwässer werden im Allgemeinen im Laboratorium zum Zeitpunkt der Anwendung hergestellt, indem Grund- oder Stammlösungen gemischt werden. Eine Grundlösung wird verwendet, um die Alkalität zu repräsentieren. Die andere Stammlösung weist die für das Prüfwasser erforderliche Härte und die erforderlichen anderen Salze auf. Die Zusammensetzung dieser beiden Lösungen wird so berechnet, dass durch Mischen im richtigen Verhältnis entweder das umlaufende Prüfwasser oder ein geeignetes Zusatzwasser hergestellt wird. Übliche Grundlösungen werden unter B.1 aufgeführt. Alternativ dürfen Grundlösungen als Konzentrate angesetzt und dann mit entmineralisiertem Wasser verdünnt werden.

6 Prüfeinrichtung

6.1 Wärmetauscherabschnitt

Der Mittelpunkt der Prüfanordnung ist der Wärmetauscherabschnitt, der in 6.2 bis 6.7 näher beschrieben wird. Die Innenwand des Wärmetauscherrohrs sollte keine Lochkorrosion, keine Risse, keinen Rost und keine anderen offensichtlichen Fehler aufweisen und die Länge sollte entsprechend den Bedürfnissen bestimmt werden. Die Prüfanordnung besteht aus mindestens zwei metallischen Wärmetauscherrohren aus der Legierung, aus der auch der am Standort der Anlage verwendete Wärmetauscher besteht. Die Beheizung kann über einen Dampf-Wärmeaustausch erfolgen (siehe Bild B.1) oder über eine elektrische Heizung, die in Reihe (Bild B.2) oder parallel (Bild B.3) geschaltet ist. Über die Wand des Wärmetauscherrohrs erfolgt eine Übertragung der Wärme auf das umlaufende Kühlwasser durch Leitung (Fortführung) und Konvektion (Mitführung). Die beim Bau der Prüfanordnung verwendeten Werkstoffe müssen so ausgewählt werden, dass die Zusammensetzung des Prüfwassers nicht beeinflusst wird. Im Allgemeinen sind Glas oder Kunststoff (z. B. Polyvinylchlorid [PVC], chloriertes Polyvinylchlorid [CPVC] oder Polyvinylidenfluorid [PVDF]) geeignet.

Das Kühlwasser wird aus dem Kühlwasserbehälter mit kontrollierter Strömungsgeschwindigkeit durch den Wärmetauscherabschnitt gepumpt. Wenn die zur Übertragung der Wärme dienenden Wärmetauscherrohre hintereinander montiert sind, ist nur ein Gerät zum Messen der Strömungsgeschwindigkeit erforderlich. Bei paralleler Anordnung der Wärmetauscherrohre wird für jedes Wärmetauscherrohr ein Gerät zum Messen der Strömungsgeschwindigkeit benötigt. Durch die teilweise Verdunstung des Wassers in einem Kühlturm (6.4) wird die aufgenommene Wärme anschließend an die Umgebung abgegeben. Falls kein Kühlturm zum Konzentrieren des Zusatzwassers erforderlich ist, wird alternativ ein geschlossener Kühlkreislauf zur Abführung der Wärme verwendet. Um an den Flächen ohne Wärmeübertragung die Korrosionsgeschwindigkeiten zu bestimmen, sollten Korrosions-Probestücke (in der Strömung angeordnete Messfühler) aus den für das System relevanten Metallen angewendet werden.

Wenn die Wärmetauscherrohre parallel angeordnet werden, dürfen gleichzeitig Prüfungen ablaufen, bei denen für jedes Wärmetauscherrohr eine unterschiedliche Kombination von Oberflächentemperatur und Strömungsgeschwindigkeit angewendet wird. Es wird jedoch dringend empfohlen, dass alle Wärmetauscherrohre dieselbe metallurgischen Zusammensetzung haben.

6.2 Temperaturmessung

Die Wandtemperatur der metallischen Rohre sollte mit einem Thermoelement gemessen werden, das zwischen dem Heizelement und der Innenseite der wärmeübertragenden Rohrwand angeordnet wird, vorzugsweise so dicht wie möglich an der Rohrwand. Wegen der Temperaturgradienten liefert diese Messung keine exakten Werte, sondern nur Orientierungswerte. Eine genauere Bestimmung erfordert drei Thermoelemente in verschiedenen Abständen von der Rohrwand und der Temperaturgradient wird zur Bestimmung der Temperatur an der Rohrwand verwendet.

6.3 Zirkulationsraten-Monitor; Strömungsmengenmesser

Die Durchsatzmenge des zirkulierenden Wassers kann mit einem Strömungsmengenmesser gemessen werden, der entweder vor oder hinter den Wärmetauscherrohren in die Leitung eingebaut wird.

6.4 Messung des Zusatzwassers, der Verdunstung und des Ausblaswassers

Ein Gerät zum Messen der Massendurchsätze des Zusatz- und des Ausblaswassers sowie der Verdunstungsmenge (einschließlich der niedrigsten, durchschnittlichen und höchsten Werte) muss vorhanden sein, und die Messwerte müssen im Prüfbericht angegeben werden. Im Wesentlichen können die Ausblas- und Zusatzwassermengen mit Wasserzählern überwacht und aus ihnen dann die Verdampfungsmenge bestimmt werden. Die Chemikalienzuführung darf auf den Ausblas- und Zusatzwassermengen basieren. Die Ausblaswassermenge wird üblicherweise mithilfe der Leitfähigkeit des umlaufenden Wassers kontrolliert. Die Zusatzwassermenge wird durch einen Füllstandsregler im Kühlturmbecken geregelt.

6.5 Kühlturm

Auslegung und Wärmeabführungskapazität von Kühlturm und Rieseleinbauten sind optional, müssen aber angegeben werden. In Abhängigkeit von der Auslegung des Systems können im Kühlturm Salzablagerungen auftreten. Ein Beispiel für einen Kühlturm wird in B.2 beschrieben. Nach Abschluss der Prüfung wird eine Sichtprüfung des Kühlturm-Innenbereichs empfohlen.

Fassungsvermögen des Kühlwasserbehälters: allgemein entsprechend des Umlaufs des Kühlwassers je Stunde, berechneter Verbrauch von $1/3 \sim 1/5$. Der Flüssigkeitsstand sollte konstant bleiben und Wasser kann automatisch geregelt und hinzugegeben werden.

Kühlturmgröße: sollte in Abhängigkeit von der örtlichen Lufttemperatur, Luftfeuchte und der Prozesstemperaturdifferenz festgelegt werden. Die Rieselvorrichtung kann aus einer porösen Polypropylen-Kugel bestehen.

Es wird empfohlen, als Gebläse ein vollständig geschlossenes Axialgebläse gegen Feuchtigkeit zu verwenden, und die Wasserpumpe ist im Allgemeinen eine Korrosionsschutzpumpe.

6.6 Heizsystem

Es kann eine elektrische Heizung oder eine Dampfheizung verwendet werden, und der Heizstab sollte aus korrosionsbeständigen metallischen Materialien gefertigt sein, und die Heizleistung kann entsprechend den Bedürfnissen bestimmt werden. Wenn das durch Atmosphärendruck gesättigte Dampfsystem zum Einsatz kommt, sollte der elektrische Dampfofen aus korrosionsbeständigem metallischen Material verwendet werden, und das Material des Dampfkondensators und der angeschlossenen Rohrleitung sollte aus korrosionsbeständigem metallischen Material bestehen.

6.7 Vorrichtung zur Simulation der Wasserbehandlungsanlage

Die Vorrichtungen zur Simulation der Wasserbehandlungsanlage sollten fester Bestandteil der Versuchseinrichtung sein. Sie dürfen Enthärtungsanlagen mit Kalk, Ionentauscheranlagen, Entsalzungsanlagen mit Umkehrosmose, elektrochemische Behandlungsanlagen und elektromagnetische Behandlungsanlagen umfassen, die einen enormen Einfluss auf die Wasserqualität haben. Synthetisches Wasser darf ebenfalls

verwendet werden, um das Abwasser dieser Simulatoren zu ersetzen, wenn sie in bestimmten Situationen nicht verfügbar sind.

6.8 Verbundene Erfassungseinrichtung

Zusätzlich zu den oben genannten Einrichtungen für die Überwachung des Durchflusses und der Temperatur während der Prüfung werden weitere automatisch geregelte Einrichtungen verwendet, um die Parameter zu überwachen und die Daten zu verarbeiten, wie beispielsweise ein Gerät zur Messung der Korrosionsgeschwindigkeit, des pH-Werts, des Leitfähigkeitswerts usw.

7 Prüfverfahren

7.1 Durchführung

7.1.1 Reinigung der Prüfanordnung

Vor Beginn einer Prüfung muss die Prüfanordnung gereinigt werden, um eine Verunreinigung mit Produkten von früher durchgeführten Prüfungen oder durch unerwünschtes mikrobiologisches Fouling zu verhindern.

Folgende Reinigungslösungen werden empfohlen: Zuerst Spülen mit Wasser, dann Spülen mit einer geeigneten Reinigungslösung, z. B. wenn Schlammabildung auftritt, mit Hypochloritlösung; wenn es Ablagerungen von Eisen und/oder Calcium gibt, mit Sulfaminsäure oder Zitronensäure und EDTA-Lösung. Wenn eine saure Lösung verwendet wird, sollte das System mit Wasser gespült, neutralisiert und erneut mit Wasser gespült werden, bis ein neutraler pH-Wert erreicht ist.

7.1.2 Vorbereitung und Vorbehandlung der Prüfrohre

Die Länge der Prüfrohre wird gemessen und in ein Prüfdatenblatt eingetragen.

Der Oberflächenzustand der zu untersuchenden Metallrohre hat einen signifikanten Einfluss auf Korrosion und Fouling. Das zur Oberflächenvorbereitung angewendete Verfahren muss eine gute Wiederholpräzision sicherstellen, und nach der Vorbereitung dürfen auf der Oberfläche keine Artefakte vom Vorbereitungsprozess zurückbleiben. Das zur Vorbereitung der Oberfläche verwendete Verfahren sollte den Anweisungen des Liefersers für das zu prüfende Produkt entsprechen. Die folgenden Angaben sind für das Prüfverfahren optional, es ist jedoch notwendig, für die Prüfrohre ein genormtes Verfahren zur Vorbereitung und Vorbehandlung der Prüfrohre anzuwenden.

- a) Die Prüfrohre werden innen und außen mit Aceton entfettet.
- b) Danach werden die Prüfrohre außen einer Strahlreinigung mit einem Schleifmittel unterzogen, bis Grad Sa3 (nach ISO 8501-1) und eine Oberflächenrauheit R_a von etwa $2,5\text{ }\mu\text{m}$ erreicht sind. Alternativ kann zum Schleifen auch SiC-Schleifpapier der Körnung P400 angewendet werden. (Es kann sein, dass für einige Metalle nach bestimmten Vorbehandlungen das Schleifen ein ungeeignetes Verfahren ist.)
- c) Die Prüfrohre werden mit Druckluft gereinigt und mindestens auf $0,01\text{ g}$ gewogen, dann werden sie in den Wärmetauscher (6.2) eingebaut. Die Masse jedes Prüfrohrs wird in das Prüfdatenblatt eingetragen.
- d) Die Rohre dürfen mit oder ohne Vorbehandlung geprüft werden. Häufig ist es wünschenswert, Rohre in beiden Zuständen zu prüfen, um den Wert einer Vorbehandlung quantitativ zu bestimmen. Die Vorbehandlung besteht darin, dass durch die Prüfrohre bei Raumtemperatur und ohne Heizung über eine Dauer von mindestens 48 h und höchstens 72 h kontinuierlich mit einer Zirkulationsgeschwindigkeit von mindestens $0,6\text{ m/s}$ eine Lösung umläuft, die bereits vor der Prüfung die Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms bewirkt und deren Kenndaten vom Verkäufer der Produkte zur Wasserbehandlung festgelegt werden.

Die Vorbehandlung der Prüfrohre darf in der montierten Prüfanordnung oder in einem gesonderten Kreislauf durchgeführt werden, der mit der Prüfanordnung verbunden ist.