

# **Prüfung der Eignung von Kühlmittelzusätzen für die Kühlflüssigkeit von Verbrennungskraftmaschinen**

## **Richtlinien für ein Prüfverfahren**

Überarbeitete Ausgabe – Stand 2005



Diese Richtlinie zur „Prüfung der Eignung von Kühlmittelzusätzen für die Kühlflüssigkeit von Verbrennungskraftmaschinen“ wurde vom Steuerkreis des Arbeitskreises „Kühlmittelzusätze“ der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. verfasst.

Leitung des Arbeitskreises und Steuerkreises:

Dr. Eckard Sausen, DaimlerChrysler AG

Mitwirkende:

Dr. Eckard Sausen, DaimlerChrysler AG

Dietmar Goericke, Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.

Ladislau Meszaros, BASF AG

Dr. Markus Hafner, Clariant GmbH

Thomas Wochner, MTU Friedrichshafen GmbH

Dr. Serge Lievens, ChevronTexaco AG

Egon Dühring, HAERTOL Chemie GmbH

Dr. Johan Corthouts, INEOS nv

Dr. Manfred Gugau, IfW TU-Darmstadt

Markus Kaiser, IfW TU-Darmstadt

Redaktion:

Markus Kaiser, IfW TU-Darmstadt



---

1	Vorwort .....	1
1.1	Frühere Fassungen .....	1
2	Anwendungsbereich .....	1
2.1	Zweck der Prüfung .....	1
3	Mitgeltende Unterlagen.....	1
4	Sicherheitshinweise .....	2
4.1	Vorschriften für Versuchseinrichtungen .....	2
4.2	Sicherheitshinweise zum Arbeiten im Labor .....	2
5	Durchführung der Untersuchungen .....	3
5.1	Korrosions-Gefrierschutzmittel und wasserlösliche Korrosionsinhibitoren .....	4
Anhang A 1	Ansatzwasser .....	5
A 1.1	Ionengetauschtes Wasser.....	5
A 1.2	Synthetisch hartes Wasser.....	5
6	Kavitationsversuche (Ultraschallkoppelschwinger) .....	7
6.1	Versuchsaufbau .....	7
6.2	Probenkörper.....	8
6.3	Versuchsumfang .....	8
6.4	Durchführung.....	8
6.5	Auswertung.....	9
6.6	Vergleichsversuch (Kalibrierversuch).....	9
Anhang A 2	Kavitationsversuche mit Hilfe des Ultraschallkoppelschwingers.....	10
A 2.1	Probenreinigung .....	10
Anhang A 3	Wägung von Probenkörpern.....	10
A 3.1	Kavitationsproben.....	10
Anhang A 4	Dokumentation der Prüfergebnisse aus Kavitationsversuchen.....	11
A 4.1	Dokumentation der Abtragsgeschwindigkeit .....	11
7	Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) .....	12
7.1	Versuchsaufbau .....	12
7.2	Probenkörper.....	13
7.3	Versuchsumfang .....	15
7.4	Durchführung.....	15
7.5	Auswertung.....	16
Anhang A 5	Probenvorbereitung .....	17
A 5.1	Probenkörper der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer).....	17
A 5.2	Probenpaket der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) .....	17
A 5.3	Vorbereitung der Montageteile des Probenpaketes .....	18
A 5.4	Montage des Probenpaketes .....	18

---

Anhang A 6	Probenreinigung.....	19
A 6.1	Rundproben der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) .....	19
A 6.2	Optionale Nachreinigung .....	20
A 6.3	Probenpaket .....	20
Anhang A 7	Wägung von Probenkörpern.....	21
A 7.1	Rundproben .....	21
A 7.2	Probenpaket .....	21
Anhang A 8	Dokumentation der Ergebnisse der Umlaufanlage mit Kavitationskammer .....	22
A 8.1	Dokumentation der Probenkörper .....	22
A 8.2	Dokumentation der Prüflüssigkeit.....	23
A 8.3	Dokumentation der Versuchseinrichtung .....	23
8	Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest) .....	24
8.1	Versuchsaufbau .....	24
8.2	Probenkörper .....	25
8.3	Versuchsumfang.....	26
8.4	Durchführung .....	26
8.5	Auswertung.....	29
Anhang A 9	Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest) .....	30
A 9.1	Schematischer Heizungsaufbau.....	30
Anhang A 10	Wägung von Probenkörpern.....	30
A 10.1	Rundproben.....	30
A 10.2	Probenpaket .....	30
Anhang A 11	Probenvorbereitung .....	31
A 11.1	Rundproben der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest).....	31
A 11.2	Probenpaket der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest) .....	31
A 11.3	Vorbereitung der Montageteile des Probenpaketes.....	32
A 11.4	Montage des Probenpaketes .....	32
Anhang A 12	Probenreinigung.....	33
A 12.1	Rundproben der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest).....	33
A 12.2	Optionale Nachreinigung.....	34
A 12.3	Probenpaket .....	34
Anhang A 13	Dokumentation der Ergebnisse der Heißkorrosion.....	34
A 13.1	Dokumentation der Probenkörper .....	34
A 13.2	Dokumentation der Prüflüssigkeit.....	34
A 13.3	Dokumentation der Versuchseinrichtung .....	34
A 13.4	Dokumentation des Temperaturverlaufes der beheizten Proben .....	34

---

Anhang A 14 Spezifikation der Probenwerkstoffe .....	34
A 14.1 Eisenwerkstoffe .....	34
A 14.2 Aluminiumwerkstoffe .....	34
A 14.3 Buntmetalle .....	34
A 14.4 Sonstige Werkstoffe .....	34
Anhang A 15 Reinigungskemikalien.....	34
A 15.1 Kavitationsreinigungsgemisch .....	34
A 15.2 Salpetersäure .....	34
A 15.3 Salzsäure .....	34
A 15.4 Essigsäure .....	34
A 15.5 Ameisensäure .....	34
A 15.6 Petroleumbenzin .....	34
A 15.7 Aceton .....	34
A 15.8 Alkohol.....	34
A 15.9 Kaliumdichromat .....	34
A 15.10 Propargylalkohol .....	34



# 1 Vorwort

Diese Richtlinie wurde vom Arbeitskreis „Kühlmittelzusätze“ der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und Betreibern von Verbrennungsmotoren sowie mit Herstellern von Kühlmittelzusätzen auf der Grundlage von Forschungsarbeiten am Institut für Werkstoffkunde der Technischen Universität Darmstadt festgelegt.

## 1.1 Frühere Fassungen

- FVV Richtlinie für ein Prüfverfahren 1986 (Heft R 443/1986)
- FVV Richtlinie für ein Prüfverfahren 1993 (Heft R 476/1993)

# 2 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Prüfung von Kühlmittelzusätzen für den Einsatz in Verbrennungskraftmaschinen.

## 2.1 Zweck der Prüfung

Mit Hilfe dieser Prüfung wird die Wirkung von Korrosionsinhibitoren in Kühlmittelzusätzen auf die Zerstörung von Metalloberflächen durch Korrosion und durch Komplexbeanspruchungen bei erhöhten Temperaturen ermittelt und zeitliche Veränderungen dieser Wirkung abgeschätzt.

# 3 Mitgeltende Unterlagen

DIN 1681 Ausgabe:1985-06	Stahlguss für allgemeine Verwendungszwecke; Technische Lieferbedingungen
DIN 1707-100 Ausgabe:2001-02	Weichlote - Chemische Zusammensetzung und Lieferformen
DIN EN 573-3 Ausgabe:2003-10	Aluminium und Aluminiumlegierungen - Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug - Teil 3: Chemische Zusammensetzung
DIN EN 1561 Ausgabe:1997-08	Gießereiwesen - Gusseisen mit Lamellengraphit
DIN EN 1976 Ausgabe:1998-05	Kupfer und Kupferlegierungen - Gegossene Rohformen aus Kupfer; Deutsche Fassung EN 1976:1998
DIN EN 10130 Ausgabe:1999-02	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen - Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1998)
DIN EN 29453 Ausgabe:1994-02	Weichlote; Chemische Zusammensetzung und Lieferformen (ISO 9453:1990)
DIN EN 10084 Ausgabe:1998-06	Einsatzstähle; Technische Lieferbedingungen

## 4 Sicherheitshinweise

Die richtige und sichere Handhabung der nachstehend beschriebenen Versuchseinrichtungen und Chemikalien sollte jedem Anwender bekannt sein.

### 4.1 Vorschriften für Versuchseinrichtungen

Beim Umgang mit Druckgeräten sind eine Reihe von Vorschriften und Regeln zu beachten, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Nachfolgend sind die häufigsten anzuwendenden Vorschriften und Regeln beispielhaft aufgeführt:

- Druckgeräte-Richtlinie (PED) 1997/23 EG
- Ortsbewegliche Druckgeräte (TPED) 1999/36 EG
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Technische Regeln für

- Druckgase (TRG)
- Druckbehälter (TRB)

Unfallverhütungsvorschriften (UVV) insbesondere:

- BGV A 2

### 4.2 Sicherheitshinweise zum Arbeiten im Labor

Bei allen Arbeiten im Labor ist eine angemessene Schutzkleidung zu tragen. Dazu gehören ein Arbeitsmantel, feste geschlossene Schuhe und eine Schutzbrille. Schutzhandschuhe und Vollschutzhüllen müssen bei bestimmten Arbeiten ebenfalls getragen werden.

Vor der Durchführung eines Versuchs ist die Arbeitsvorschrift genau zu studieren. Kenntnisse über die Gefahren beim Umgang mit den verwendeten Chemikalien (R- und S-Sätze) werden vorausgesetzt.

Der Arbeitsplatz und die verwendeten Geräte dürfen nur in einem Zustand benutzt werden, der eine Gefährdung aller Anwesenden ausschließt. Der Arbeitsplatz hat sauber zu sein und ist auch nach dem Arbeiten wieder sauber zu hinterlassen.

Essen, Trinken oder Rauchen ist im Labor verboten. Jeder, der in einem Labor tätig ist, hat sich über den Standort von Feuerlöschern, Notduschen, Augenduschen und Erste-Hilfe-Schränken zu informieren.

Die Anwendung besonderer Geräte und die Anwendung gefährlicher Chemikalien können nur nach einer vorangegangenen Einweisung und unter entsprechender Einhaltung der allgemein geltenden Sicherheitsrichtlinien benutzt werden. Beim Transport von Säureflaschen oder anderen gefährlichen Chemikalien sind geeignete Transporthilfsmittel zu verwenden.

Jede Verwendung und Vernichtung entsorgungspflichtiger Chemikalien ist mit der Laborleitung abzusprechen.

## 5 Durchführung der Untersuchungen

Die Gesamtprüfung der Wirkung von Korrosionsinhibitoren in Kühlmittelzusätzen auf die Zerstörung von Metalloberflächen durch Korrosion und durch Komplexbeanspruchungen bei erhöhten Temperaturen kann an der

Staatliche Materialprüfungsanstalt MPA  
Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde  
Abteilung für Oberflächentechnik und Korrosion  
Technische Universität Darmstadt  
Grafenstraße 2  
D-64283 Darmstadt

oder an einer entsprechend vom Arbeitskreis „Kühlmittelzusätze“ der FVV anerkannten Institution durchgeführt werden.

Die Gesamtprüfung besteht aus folgenden Einzelprüfungen in frisch angesetzter Versuchsflüssigkeit:

- Kavitationsversuche (Ultraschallkoppelschwinger),
- Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer),
- Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest).

Die Forderungen, denen Kühlmittelzusätze für den Einsatz in bestimmten Kühlkreisläufen genügen müssen, werden von den Motorenherstellern jeweils nach Konstruktion und Verwendungszweck des Aggregates zahlenmäßig festgelegt.

## **5.1 Korrosions-Gefrierschutzmittel und wasserlösliche Korrosionsinhibitoren**

### **5.1.1 Allgemeines**

Für die Gesamtprüfung werden folgende Arten von Versuchsflüssigkeiten benötigt:

- 40 l Ansatz mit synthetisch hartem Wasser und der geforderten Anwendungskonzentration (Prüfkonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Kavitationsversuche, Versuche auf der Umlaufanlage mit Kavitationskammer und Heißtest.
- 20 l Ansatz mit synthetisch hartem Wasser und der vereinbarten Unterkonzentration (halbe Anwendungskonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Kavitationsversuche.
- 20 l Ansatz mit ionengetauschtem Wasser und der geforderter Anwendungskonzentration (Prüfkonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Versuche auf der Umlaufanlage mit Kavitationskammer und Heißtests.

Die zunächst nicht verwendete Restmenge an Kühlmittelzusatz wird für evtl. erforderliche Wiederholungsprüfungen zurückgestellt.

### **5.1.2 Ansatz der Korrosions-Gefrierschutzmittel**

Der zu prüfende Kühlmittelzusatz wird mit ionengetauschtem Wasser gemäß Anhang A 1.1 bzw. mit synthetischem harten Wasser gemäß Anhang A 1.2 angesetzt. Die zur Untersuchung erforderliche Menge an Kühlmittelzusatz (Konzentrat) richtet sich nach der vorgeschriebenen Prüfkonzentration.

Um die Ergebnisse der Prüfung von Kühlmittelzusätzen für Kühlflüssigkeiten für eine Produktfreigabe der deutschen Automobilindustrie nutzen zu können, wird eine Anwendungskonzentration des Kühlmittelzusatzes (Konzentrat) von 40 Vol.-% empfohlen.

### **5.1.3 Ansatz der wasserlöslichen Korrosionsinhibitoren**

Der zu prüfende Kühlmittelzusatz wird mit ionengetauschtem Wasser gemäß Anhang A 1.1 bzw. mit synthetischem harten Wasser gemäß Anhang A 1.2 angesetzt. Die zur Untersuchung erforderliche Menge an Kühlmittelzusatz (Konzentrat) richtet sich nach der vorgeschriebenen Prüfkonzentration für wasserlösliche Korrosionsinhibitoren des Herstellers bzw. Auftraggebers.

## Anhang A 1 Ansatzwasser

### A 1.1 Ionengetauschtes Wasser

Es wird ionengetauschtes Wasser verwendet; die elektrische Leitfähigkeit beträgt maximal 2,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### A 1.2 Synthetisch hartes Wasser

Die nachstehend aufgeführten Mengen gelten für Wasser von 1,78 mmol/l (10 °dGH<sup>1)</sup>) Gesamthärte.

Alle benötigten Salze, die im Reinheitsgrad „p.a.“ vorliegen müssen, werden vor dem Einwiegen für 12 h bei 60 °C getrocknet.

#### A 1.2.1 Ansetzen des permanent harten Wassers

In 20 l ionengetauschtes Wasser werden eingewogen:

1,7 g  $\text{CaCl}_2$  x 2  $\text{H}_2\text{O}$

2,3 g  $\text{MgCl}_2$  x 6  $\text{H}_2\text{O}$

2,0 g  $\text{CaSO}_4$  x 2  $\text{H}_2\text{O}$

2,8 g  $\text{MgSO}_4$  x 7  $\text{H}_2\text{O}$

Hieraus ergibt sich eine Härte von etwa 2,314 mmol/l (13° dNKH). Dieser Ansatz wird mit ionengetauschtem Wasser solange verdünnt, bis die durch Titrieren zu bestimmende Härte von  $1,78 \pm 0,089$  mmol/l ( $10 \pm 0,5$  °dNKH) erreicht ist.

#### A 1.2.2 Ansetzen des Karbonat harten Wassers

In 20 l ionengetauschtes Wasser werden eingewogen:

5,6 g  $\text{CaCO}_3$

1,5 g  $\text{MgCO}_3$  x  $\text{Mg(OH)}_2$

Nach Einbringen der Salze wird das Wasser unter ständigem Rühren bei Raumtemperatur für 12 h mit  $\text{CO}_2$ -Flaschengas begast. Anschließend bleibt es 12 h lang bei Raumtemperatur stehen und wird danach gefiltert<sup>2)</sup>.

Es stellt sich eine Härte von etwa 2,492...3,026 mmol/l (14...17° dKH) ein. Nun wird mit ionengetauschtem Wasser solange verdünnt, bis die durch Titrieren zu bestimmende Härte von  $1,78 \pm 0,089$  mmol/l ( $10 \pm 0,5$  °dKH) erreicht ist.

---

<sup>1)</sup> Der Begriff °dGH ist nach der Nomenklatur eigentlich nicht mehr zulässig. DA er aber aus der technischen Sprache zunächst nicht wegzudenken ist und insbesondere in vorhandenen Wasseranalysen immer wieder vorkommt, wird er in der vorliegenden Richtlinie der Einfachheit und der besseren Handhabung wegen mit angegeben. Die neue Dimension lautet mmol/l oder mol/m<sup>3</sup>, wobei gilt: 1 °dGH = 0,178 mol/m<sup>3</sup>.

<sup>2)</sup> S & S Faltenfilter 595 ½, Ref. No. 10 311 651, Firma Schleicher & Schuell GmbH, Postfach 4, D-37582 Dassel

**A 1.2.3 Ansetzen des Wassers von 1,78 mmol/l (10° dGH) Gesamthärte**

Die Wässer nach Anlage A 1.2.1 und A 1.2.2 werden im Verhältnis 1 : 1 gemischt. Damit erhält man eine Gesamthärte von 1,78 mmol/l (10 °dGH). Anschließend wird eine Kontrolltitration durchgeführt (zulässige Abweichung  $\pm 0,178$  mmol/l ( $\pm 1,0$  °dGH)).

Bei Anwendung der angegebenen Rezeptur setzt sich die Gesamthärte wie folgt zusammen:

0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus $\text{CaCl}_2$	0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus $\text{CaSO}_4$
0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus $\text{MgCl}_2$	0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus $\text{MgSO}_4$
0,6675 mmol/l (3,75 °dKH) aus $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,2225 mmol/l (1,25 °dKH) aus $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

## 6 Kavitationsversuche (Ultraschallkoppelschwinger)

Der Ultraschallkoppelschwinger dient zur Prüfung der Korrosionsschutzeigenschaften von Kühlmittelzusätzen unter Kavitationseinfluss. Hierzu wird eine Werkstoffprobe direkter schwingungskavitativer Beanspruchung unter reproduzierbaren Beanspruchungsbedingungen (unter Kontrolle von Amplitude und Frequenz) ausgesetzt.

Die direkte Kavitation kann nur an Werkstoffen ermittelt werden, die spanend bearbeitet werden können und bei denen gewährleistet ist, dass die Werkstoffe schwingungsakustisch harmonisieren. Ansonsten muss mit indirekter Kavitation gearbeitet werden.

Die Werkstoffe Grauguss EN-GJL-250 (GG 25) und Aluminium EN AW-Al Cu4Mg1 (AlCuMg 2) gemäß Anhang A 14 sind unter direkter Kavitation zu prüfen.

### 6.1 Versuchsaufbau

Der schematische Versuchsaufbau des Ultraschallkoppelschwingers<sup>3)</sup> ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

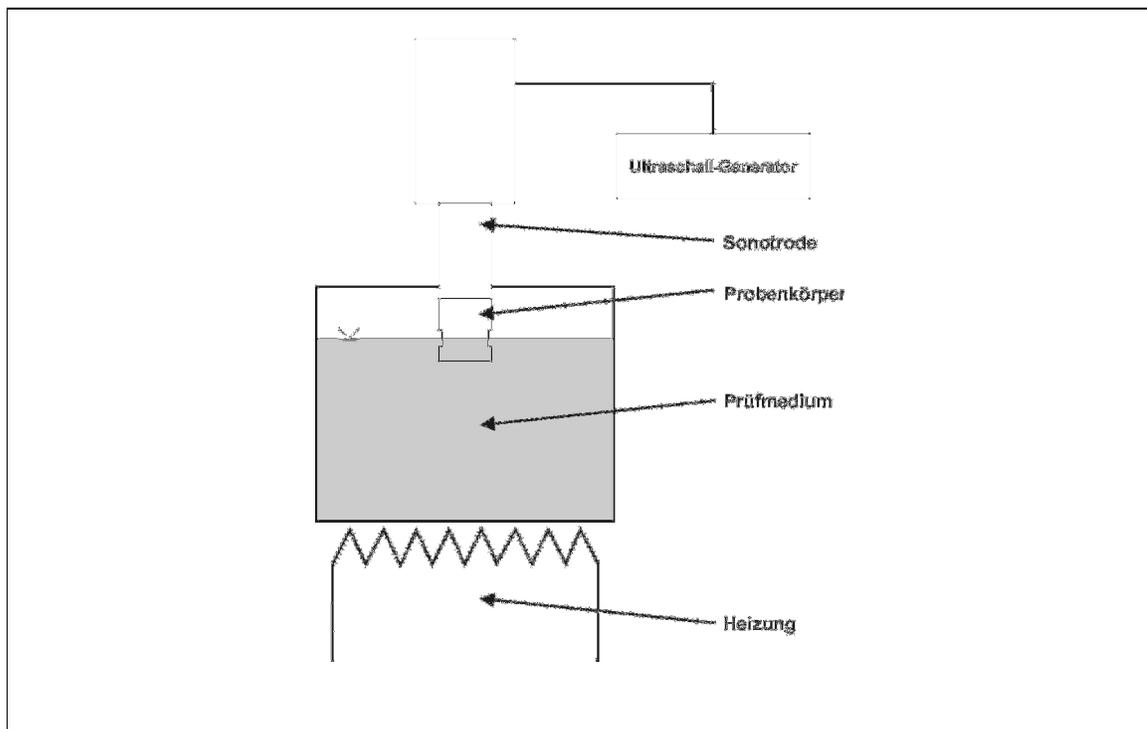


Abbildung 6.1 Schematischer Versuchsaufbau des Ultraschallkoppelschwingers

<sup>3)</sup> Die nachfolgend beschriebenen Kavitationsuntersuchungen sind beispielsweise mit einem Ultraschallkoppelschwinger der Firma TELSONIC AG, CH-9552 Bronschhofen, durchführbar.

## 6.2 Probenkörper

Probenkörper für Kavitationsversuche mit dem Ultraschallkoppelschwinger müssen den Abmessungen gem. Abbildung 6.2 und den Werkstoffspezifikationen gem. Anhang A 14.1.1 und A 14.2.1 entsprechen.

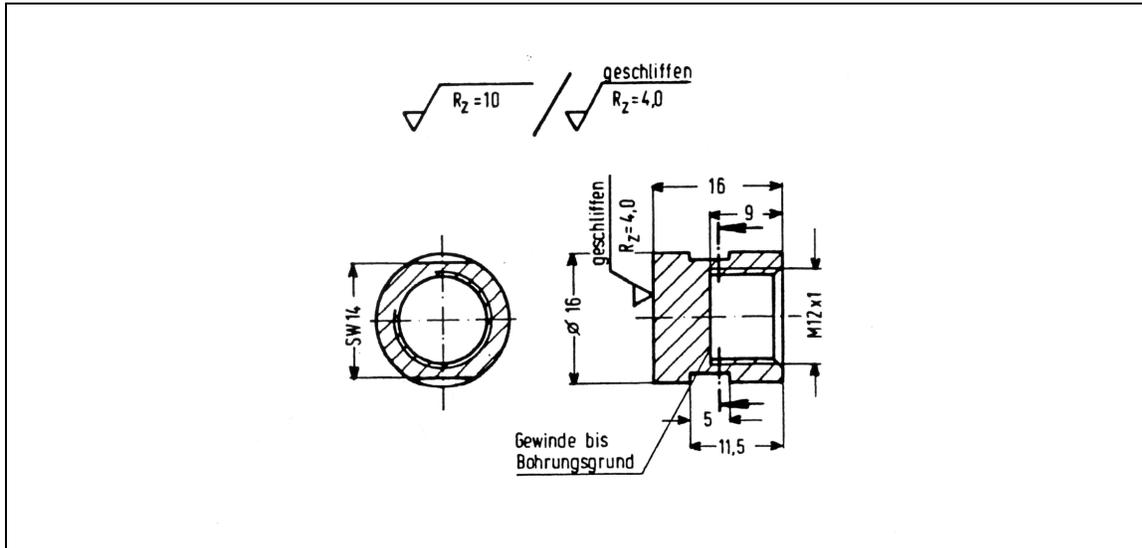


Abbildung 6.2 Probenkörper für Kavitationsuntersuchungen mit Hilfe des Ultraschallkoppelschwingers

## 6.3 Versuchsumfang

Es werden zwei Prüfungen durchgeführt:

- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang A 1.2
- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in halber Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang A 1.2

## 6.4 Durchführung

### 6.4.1 Allgemeines

Proben werden vor und nach jedem Prüfintervall in einer Flüssigkeit gemäß Anhang A 2.1 gereinigt, für 3 Minuten im Luftstrom getrocknet und anschließend gem. Anhang A 3.1 gewogen.

### 6.4.2 Versuchsparmeter

Die Versuche sind mit nachstehenden Versuchsparmetern durchzuführen.

Frequenz	20 ± 1 kHz
Amplitude	0,020 + 0,001 mm
Temperatur	80 ± 1 °C
Druck	Atmosphärendruck (etwa 1 bar)
Begasung	keine
Flüssigkeitsvolumen	3,5...4,0 l
Versuchszeiten	10 x 30 Minuten für „GG“ 8 x 10 Minuten für „Al“

**Tabelle 6.1 Versuchsparmeter Ultraschallkoppelschwinger**

Die Schwingversuche werden mit je 2 Proben der beiden Werkstoffe durchgeführt.

### 6.5 Auswertung

Nach jedem Intervall des Schwingversuches werden die Proben gemäß Anlage A 2.1 gereinigt, für 3 Minuten im Luftstrom getrocknet und anschließend gem. Anhang A 3.1 gewogen. Zur Auswertung herangezogen werden die Gewichtsverluste aus den 4 Messintervallen, in denen der maximale Abtrag pro Intervall festzustellen war. In vielen Fällen sind dies die letzten 4 Messintervalle eines Versuches. Für die beiden parallel durchgeführten Versuche werden die Gewichtsverluste der gleichen Messintervalle berücksichtigt.

Von den somit insgesamt 8 Messwerten für einen Werkstoff werden der niedrigste und der höchste Messwert gestrichen. Aus den verbleibenden 6 Messwerten werden der arithmetische Mittelwert und die zugehörigen Grenzwerte errechnet. Sie werden in die Dimension „mg/h“ umgerechnet.

### 6.6 Vergleichsversuch (Kalibrierversuch)

Zur Überprüfung der Schwinggeräte sowie der Mess- und Regeleinrichtungen ist für jeden Werkstoff als Vergleichswert die Abtragungsgeschwindigkeit in einer Lösung aus 3 g/l Kaliumdichromat<sup>4)</sup> in ionengetauschtem Wasser zu ermitteln. Schwingversuche können dann vorgenommen werden, wenn die Einzelmessungen an jeweils 3 Proben der beiden Werkstoffe (ausgewertet nach 6.5) nicht mehr als ± 10 % von ihrem arithmetischen Mittel abweichen.

Der Vergleichsversuch findet – abweichend von Punkt. 6.4.2 – bei 55 ± 1 °C statt.

<sup>4)</sup> Dass Kaliumdichromat ein erbgutverändernder, hoch giftiger Arbeitsstoff ist, der zu Krebs führen kann, ist den Verfassern der Prüfrichtlinie bewusst. Um eine Substitution wird sich noch bemüht.

## **Anhang A 2 Kavitationsversuche mit Hilfe des Ultraschallkoppelschwingers**

### **A 2.1 Probenreinigung**

#### **A 2.1.1 Kavitationsreinigungsgemisch**

- 1 Vol.-Teil    Petroleumbenzin p.a. (gem. Anhang A 15.6)
- 1 Vol.-Teil    Aceton reinst (Propanon –  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) (gem. Anhang A 15.7)
- 1 Vol.-Teil    Ethylalkohol absolut (mit 1 % Petrolether vergällt) (gem. Anhang A 15.8)

#### **A 2.1.2 Vorgehensweise**

Insgesamt werden 3 Reinigungsgefäße benötigt:

In 2 Gefäßen befindet sich Kavitationsreinigungsgemisch gem. Anhang A 2.1.1, im dritten befindet sich der Alkohol gem. Anhang A 15.8. Zur Reinigung werden die Proben in jedem Gefäß geschwenkt, wobei sie im letzten Reinigungsschritt in Alkohol gem. Anhang A 15.8 behandelt werden.

Anschließend sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.

Probenhandhabung bis nach der Wägung erfolgt stets mit einer sauberen Laborzange.

## **Anhang A 3 Wägung von Probenkörpern**

Wägegenauigkeit  $\pm 0,1$  mg

### **A 3.1 Kavitationsproben**

1. Vor einer Wägung sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.
2. Mindestens drei Messungen sind durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten sind zwei weitere Messungen durchzuführen und dann der arithmetischen Mittelwert zu bilden.

## **Anhang A 4 Dokumentation der Prüfergebnisse aus Kavitationsversuchen**

### **A 4.1 Dokumentation der Abtragsgeschwindigkeit**

Für jeden der untersuchten Werkstoffe (Grauguss EN-GJL-250 und Aluminium EN AW-Al Cu4Mg1 gem. Anhang A 14) ist die gem. Punkt 6.5 ermittelte Abtragsgeschwindigkeit in mg/h mit der maximalen und minimalen Abweichung vom arithmetischen Mittelwert anzugeben.

Die Temperatur und die Ansatzkonzentration der Versuchsflüssigkeit sind anzugeben.

Die Ergebnisse der folgenden Kavitationsversuche sind zu dokumentieren:

1. Kalibrierversuch: Lösung aus 3 g/l Kaliumdichromat in ionengetauschtem Wasser bei 55 °C
2. Ergebnisse der Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang A 1.2
3. Ergebnisse der Prüfung des Kühlmittelzusatzes in halber Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang A 1.2

## 7 Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer)

Die Umlaufanlage mit Kavitationskammer dient der Prüfung der Korrosionsschutzeigenschaften von Kühlmitteln unter Kavitationseinfluss. Dazu werden in die Kavitationskammern jeweils ein ruhender Probenkörper und eine schwingende Probe eingesetzt.

Zusätzlich werden in einem Behälter zwei Korrosionsprobenpakete gem. Anhang A 5.4.1 in das Kreislaufsystem eingesetzt.

### 7.1 Versuchsaufbau

Der schematische Versuchsaufbau der Umlaufanlage mit Kavitationskammer<sup>5)</sup> (Klopfkammer) ist in Abbildung 7.1 dargestellt.

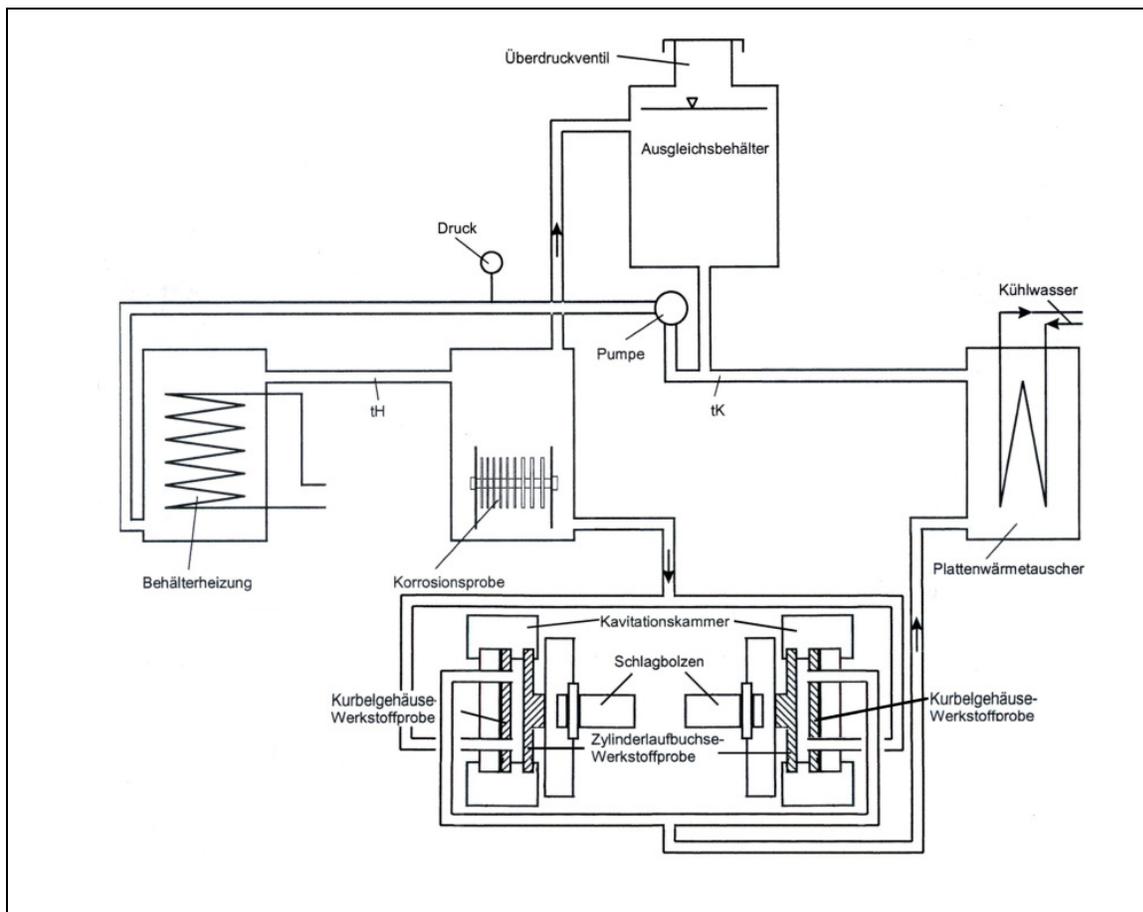


Abbildung 7.1 Schematische Versuchsaufbau der Umlaufanlage mit Kavitationskammer

<sup>5)</sup> Die nachfolgend beschriebenen Kavitationsuntersuchungen sind beispielsweise mit einer Umlaufanlage mit Kavitationskammer der Firma Coesfeld GmbH & Co. KG, D - 44149 Dortmund, durchführbar.

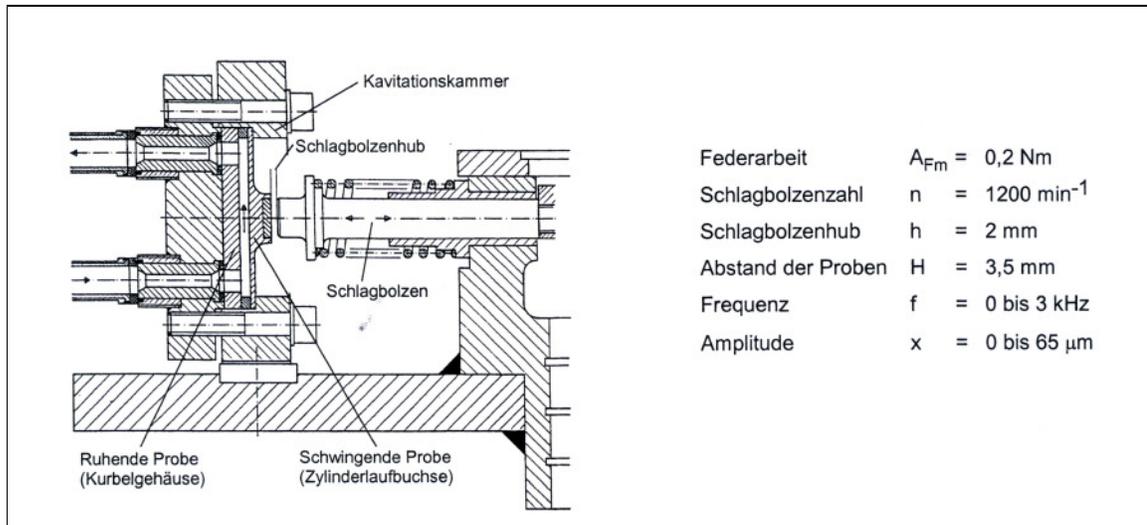


Abbildung 7.2 Detailansicht der Kavitationskammer

## 7.2 Probenkörper

### 7.2.1 Probenkörper für Kavitationskammer

Probenkörper für Kavitationsversuche mit der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) müssen den Abmessungen gem. Abbildung 7.3 und Abbildung 7.4 und den Werkstoffspezifikationen gem. Anhang A 14 entsprechen.

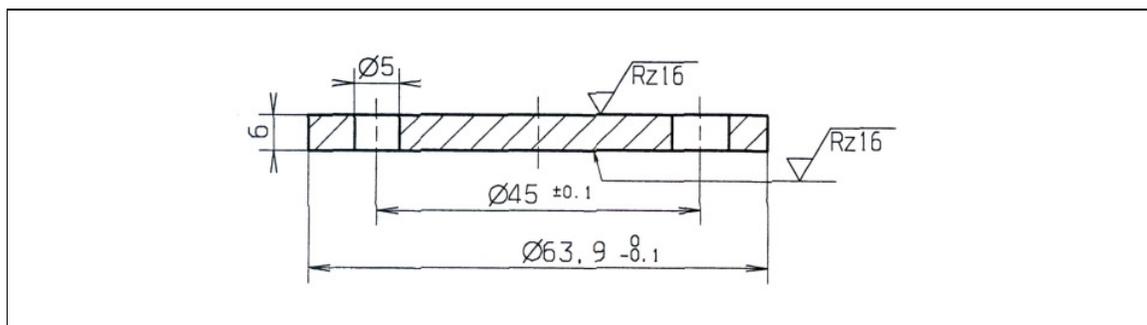


Abbildung 7.3 Ruhende Probe der Kavitationskammer

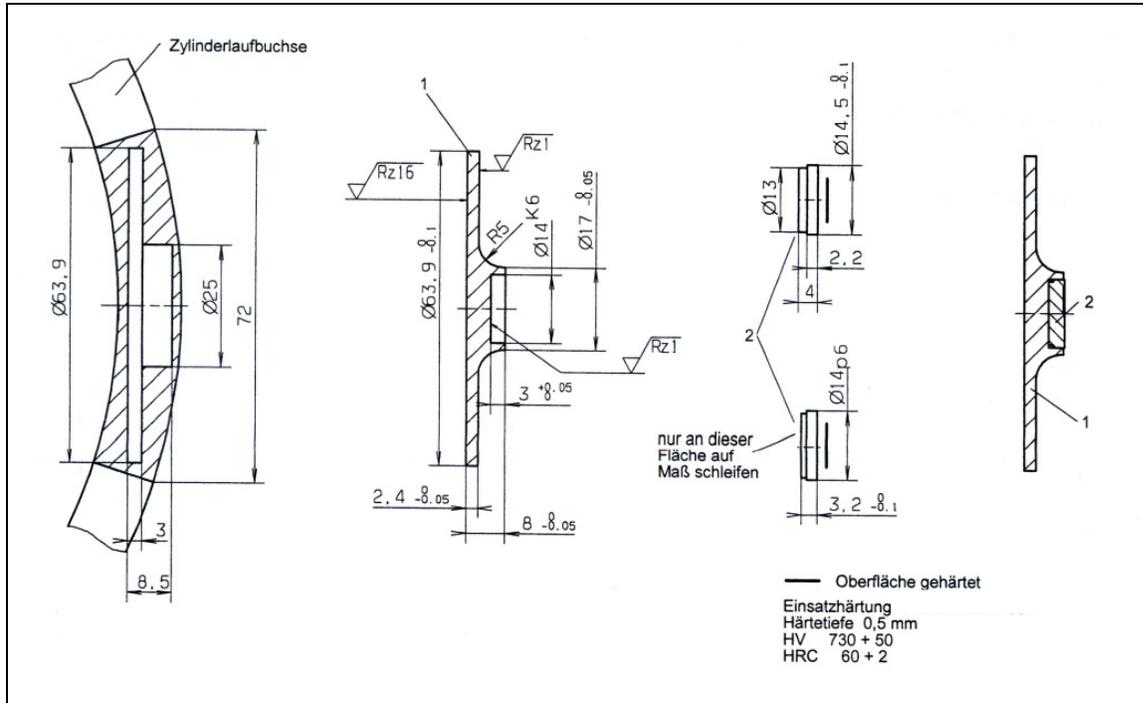


Abbildung 7.4 Schwingende Probe der Kavitationskammer

Die Einsatzhärtung der Schlagplatte muss eine Härtetiefe von 0,5 mm und folgende Oberflächenhärte: HV 730 + 50 bzw. HRC 60 + 2 aufweisen.

## 7.2.2 Probenkörper des Probenpaketes

Probenkörper des Probenpaketes für Kavitationsversuche mit der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) müssen den Abmessungen gem. Abbildung 7.5 und den Werkstoffspezifikationen gem. Anhang A 14 entsprechen.

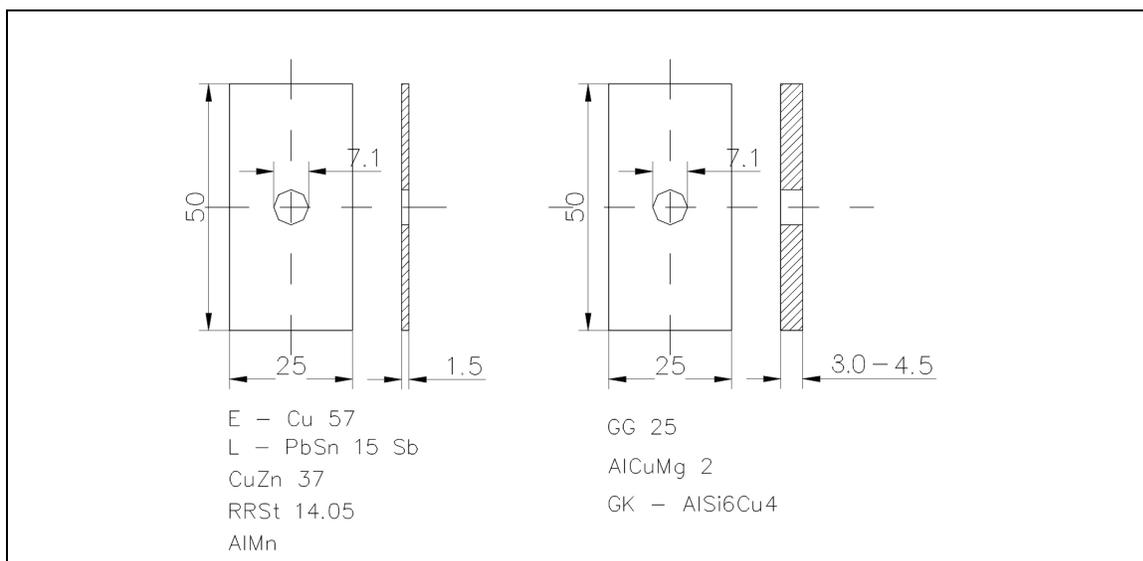


Abbildung 7.5 Probe des Probenpaketes

### 7.3 Versuchsumfang

Es werden zwei Prüfungen durchgeführt:

- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit ionengetauschtem Wasser gem. Anhang A 1.1
- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in halber Anwendungskonzentration mit ionengetauschtem Wasser gem. Anhang A 1.1

### 7.4 Durchführung

#### 7.4.1 Allgemeines

Der Versuch wird mit zwei Kavitationskammern durchgeführt.

- Kammer 1: Ruhender Probenkörper: EN-GJL-250 gem. A 14.1.1  
 Schwingende Probe: Sondergusseisen MMN 380.3<sup>6)</sup> gem. A 14.1.3
- Kammer 2: Ruhender Probenkörper: EN AC-Al Si10Mg T6 gem. A 14.2.3  
 Schwingende Probe: Sondergusseisen MMN 380.3 gem. A 14.1.3

#### 7.4.2 Probenvorbereitung

Probenkörper der Kavitationskammern werden gem. Anhang A 5.1 vorbereitet.

Probenkörper des Probenpaketes werden gem. Anhang A 5.2 vorbereitet und gem. Anhang A 5.4 montiert.

#### 7.4.3 Versuchsparameter

Die Versuche sind mit nachstehenden Versuchsparametern durchzuführen.

Temperatur (Ende der Heizstrecke)	105 ± 1 °C
Durchflussmenge	8 l/min ± 0,5 l/min (Pumpenleistung bei Raumtemperatur)
Heizleistung (elektrisch)	5800 W ± 5 %
Heizflächenbelastung	20 W/cm <sup>2</sup> ± 5%
Kühlflächen	1800 cm <sup>2</sup> ± 5%
Druck Frei einstellend	1,5...2,0 bar
Flüssigkeitsvolumen	3,5...4,0 l
Versuchszeiten	168 h ± 30 min

**Tabelle 7.1 Versuchsparameter mit Kavitationskammer (Klopfkammer)**

<sup>6)</sup> Der Arbeitskreis „Kühlmittelzusätze“ der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. wird in einem absehbaren Zeitraum das Schleudergusseisen MMN 380.3 durch einen vergleichbaren, genormten Werkstoff ersetzen, ohne dass bis dahin durchgeführte Prüfungen ihre Gültigkeit verlieren werden.

## **7.5 Auswertung**

### **7.5.1 Allgemeines**

Nach Beendigung des Versuches sind folgende Auswertungen durchzuführen.

1. Probenkörper
  - Gewichtsverlust nach Versuch und nach chemischer Reinigung
  - Schädigung
  - Ablagerungen
  - Verfärbung
2. Kühlmittel:
  - Optische Veränderungen
  - Konzentrat
  - pH-Wert
  - Leitfähigkeit
3. Versuchseinrichtung:
  - Belagbildung und Verschmutzung (Art, Struktur und Ort)

### **7.5.2 Probenauswertung der Rundproben im Detail**

1. Trocknung der Probenkörper nach dem Ausbau in einem Trockenschrank bei 80 °C für 15 Minuten
2. Wägung gem. Anhang A 7.1 und Begutachtung und fotografische Dokumentation der Beläge
3. Reinigung gem. Anhang A 6.1
4. Wägung gem. Anhang A 7.1 und Begutachtung und fotografische Dokumentation der Schädigung

Ergibt die Begutachtung der Probenoberfläche mit dem unbewaffneten Auge keine Hinweise auf eine Restbelagung, endet die Auswertung. Weisen die Proben noch eine Restbelagung auf, folgen die optionale Nachreinigung 5. und 6.

5. Optionale Nachreinigung der Rundproben gem. Anhang A 6.2
6. Wägung gem. Anhang A 7.1 und Begutachtung und fotografische Dokumentation

### **7.5.3 Probenauswertung des Probenpaketes im Detail**

1. Trocknung der Probenkörper nach dem Ausbau in einem Trockenschrank bei 40 °C für 15 Minuten.
2. Wägung gem. Anhang A 7.1 und Begutachtung und fotografische Dokumentation der Beläge
3. Reinigung gem. Anhang A 6.3
4. Wägung gem. Anhang A 7.1 und Begutachtung und fotografische Dokumentation der Schädigung

## Anhang A 5 Probenvorbereitung

Probekörper dürfen nur mit einer Laborzange oder mit Handschuhen angefasst werden.

### A 5.1 Probekörper der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer)

Folgende Schritte sind vor dem Versuch durchzuführen:

1. Ruhende Proben werden vollständig, schwingende Proben bis 1-2 mm unterhalb der Schlagfläche in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.

Achtung: Es darf keine Flüssigkeit unter den gehärteten Schlageinsatz gelangen.

2. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.
3. Vor einer Wägung sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.
4. Mindestens drei Messungen sind durchzuführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten sind zwei weitere Messungen durchzuführen und dann der arithmetischen Mittelwert zu bilden.

### A 5.2 Probenpaket der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer)

Folgende Schritte sind vor dem Versuch durchzuführen:

1. Trockenschleifen aller Flächen auf Schleifpapier oder -gewebe der Körnung 240. Rauheit der Probenoberfläche  $R_{\max} = 3...6 \mu\text{m}$
2. Kennzeichnung der einzelnen Proben mit 'O' bzw. '1' für die obere und 'U' bzw. '2' für die untere Einbaulage.
3. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
4. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
5. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.
6. Vor einer Wägung sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.
7. Mindestens drei Messungen sind durchzuführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten sind zwei weitere Messungen durchzuführen und dann der arithmetischen Mittelwert zu bilden.

### A 5.3 Vorbereitung der Montage Teile des Probenpaketes

Probenhalter, Messingschraube, Messingmutter und Zwischenringe aus Messing, Stahl und Kunststoff werden in Alkohol gem. A 15.8 gewaschen, für 15 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt und im Luftstrom getrocknet.

Alle vorher evtl. vorhandenen Beläge werden in 10 Vol.-%iger Salzsäure gem. A 15.3 entfernt, anschließend werden die Montage Teile sofort einzeln mit einer Nylonbürste unter fließendem Leitungswasser gereinigt.

Der PTFE-Kunststoffschlauch wird stets nur im Neuzustand verwendet.

### A 5.4 Montage des Probenpaketes

#### A 5.4.1 Schematischer Zusammenbau

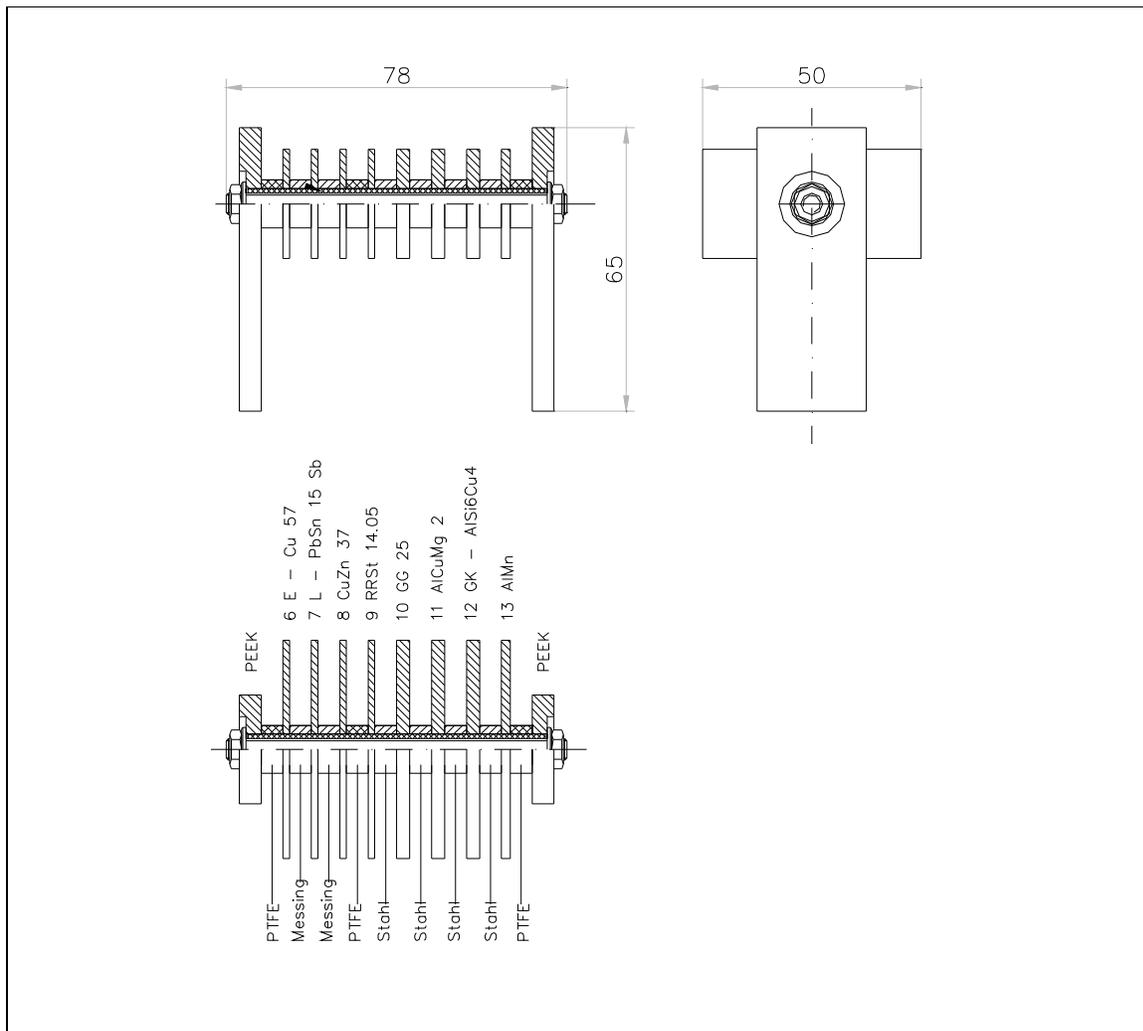


Abbildung A5.1 Zusammenbau des Probenpaketes

## Anhang A 6 Probenreinigung

Probenkörper dürfen nur mit einer Laborzange oder mit Handschuhen angefasst werden.

### A 6.1 Rundproben der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer)

Folgende Schritte sind nach dem Wiegen der Probenkörper durchzuführen:

1. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
2. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
3. Chemische Reinigung der Proben:

a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln in inhibierter Salzsäure (gem. Anhang A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Die ruhende Probe ist dabei vollständig und die schwingende Probe bis 1-2 mm unterhalb der Schlagfläche in die Säure einzutauchen.

Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

Achtung: Es darf keine Säure oder Flüssigkeit unter den gehärteten Schlageinsatz der schwingenden Probe gelangen.

b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Salpetersäure (gemäß A 15.2a) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

4. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
5. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
6. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## A 6.2 Optionale Nachreinigung

Folgende Schritte sind bei der Nachreinigung der Probenkörper durchzuführen:

1. Chemische Reinigung der Proben:

a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gem. Anhang A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

Sollte im Bereich des Distanzringes bzw. der Dichtung ein nicht gelöster Belag zurückgeblieben sein, ist dieser mittels einer Bürste mit Messingborsten zu entfernen.

b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Ameisensäure (gem. Anhang A 15.5) bei Raumtemperatur für die Dauer von 16 Stunden ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

2. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
3. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
4. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## A 6.3 Probenpaket

1. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
2. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
3. Chemische Reinigung der Proben:

a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gem. A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Salpetersäure (gem. A 15.2a) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

## c) Buntmetalle:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gem. A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 1 Minute ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

## d) Lotwerkstoff:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in siedender Essigsäure (gem. A 15.4) für die Dauer von 5 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

4. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
5. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
6. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## Anhang A 7 Wägung von Probenkörpern

Wägegenauigkeit  $\pm 0,1$  mg

### A 7.1 Rundproben

1. Vor einer Wägung sind die Proben für 15 Minuten in einem Trockenschrank bei  $80^{\circ}\text{C}$  zu trocknen.
2. Proben unter einem Kaltgebläse auf Raumtemperatur abkühlen lassen.
3. Mindestens drei Messungen durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten zwei weitere Messungen durchführen und dann den arithmetischen Mittelwert bilden.

### A 7.2 Probenpaket

1. Vor einer Wägung sind die Proben für 15 Minuten in einem Trockenschrank bei  $40^{\circ}\text{C}$  zu trocknen.
2. Proben unter einem Kaltgebläse auf Raumtemperatur abkühlen lassen.
3. Mindestens drei Messungen durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten zwei weitere Messungen durchführen und dann den arithmetischen Mittelwert bilden.

## **Anhang A 8 Dokumentation der Ergebnisse der Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer)**

### **A 8.1 Dokumentation der Probenkörper**

#### **A 8.1.1 Masseabtrag**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist der Masseabtrag (Differenz zur Probenmasse vor Versuchsbeginn) in folgenden Zuständen zu dokumentieren:

1. Nach Versuchsende im getrocknetem Zustand
2. Nach Reinigung der Probenkörper
3. Nach optionaler Nachreinigung der Probenkörper (bei Rundproben)

Masseabtrag (Differenz aus „Masse vor Versuch“ und „Masse des aktuellen Zustandes“) wird mit einem positiven Wert in der Maßeinheit „mg“ angegeben. Eine Massezunahme, beispielsweise durch Belegung (Differenz aus „Masse vor Versuch“ und „Masse des aktuellen Zustandes“ ist kleiner 0) wird mit einem negativen Wert in der Maßeinheit „mg“ angegeben.

#### **A 8.1.2 Fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist eine fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrocknetem Zustand und nach Reinigung der Probe durchzuführen.

Die Dokumentation des Oberflächenzustandes kann sowohl fotografisch als auch mittels eines Scans erfolgen.

#### **A 8.1.3 Beschreibung des Oberflächenzustandes der Probenkörper**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist eine eindeutige Beschreibung des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrocknetem Zustand und nach Reinigung der Probe durchzuführen.

Aus der Beschreibung müssen folgende Punkte eindeutig hervorgehen:

- Art und Grad der Belegung bzw. Schädigung
- Struktur der Belegung

## **A 8.2 Dokumentation der Prüfflüssigkeit**

Folgende Zustände der Prüfflüssigkeit sind vor und nach Versuchsende zu dokumentieren:

1. Optische Erscheinung mit Angabe der Farbe nach RAL<sup>7)</sup> – Farbskala „Classic“
2. Konzentration bzw. Refraktometerwert
3. pH-Wert
4. Leitfähigkeit

## **A 8.3 Dokumentation der Versuchseinrichtung**

### **A 8.3.1 Beschreibung des Oberflächenzustandes der Versuchseinrichtung**

Für folgende Baugruppen der Versuchseinrichtung ist eine eindeutige Beschreibung des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrockneten Zustand durchzuführen:

1. Behälter des Probenpaketes
2. Behälter der Heizung
3. Wärmetauscher
4. Pumpe
5. Leitungssystem

Aus der Beschreibung müssen folgende Punkte eindeutig hervorgehen:

- Art und Grad der Belegung bzw. Schädigung
- Struktur der Belegung

---

<sup>7)</sup> RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Siegburger Straße 39, D-53757 Sankt Augustin

## 8 Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heiß-test)

Die Heißkorrosionsanlage<sup>8)</sup> dient der Prüfung der Korrosionsschutzeigenschaften von Kühlmitteln bei erhöhten Temperaturen. Dazu strömt das Kühlmedium in zwei Kammern, gem. Anhang A 9.1, an jeweils einem beheizten und einem unbeheizten Probenkörper, s. Abbildung 8.2, vorbei.

Zusätzlich werden in einem Behälter zwei Korrosionsprobenpakete gem. Anhang A 11.4.1 und in einem weiteren Behälter Graugussspäne/Aluminiumgrieß gem. Punkt 8.4.2 in das Kreislaufsystem eingesetzt.

### 8.1 Versuchsaufbau

Der schematische Versuchsaufbau der Heißkorrosionsanlage (MHTA) ist in Abbildung 8.1 dargestellt.

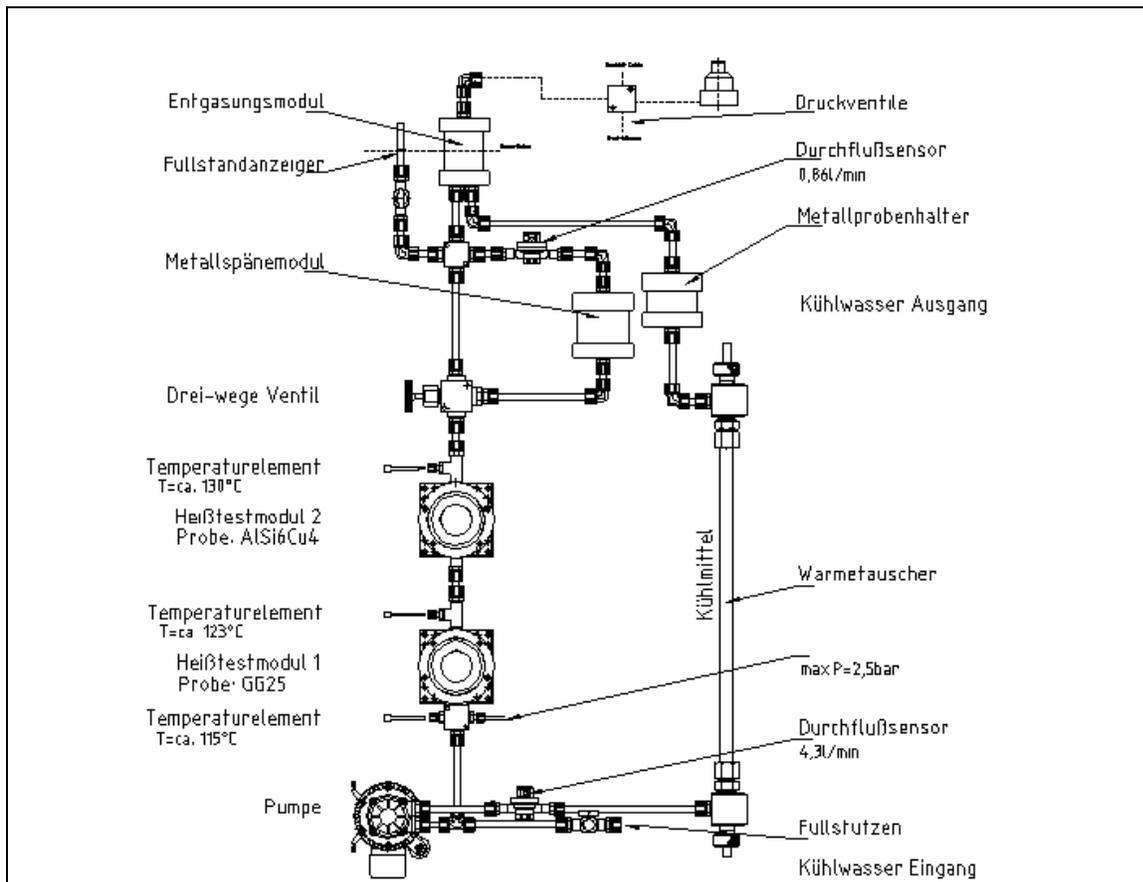


Abbildung 8.1 Schematische Versuchsaufbau der Heißkorrosionsanlage (MHTA)

<sup>8)</sup> Die nachfolgend beschriebenen Heißkorrosionsuntersuchungen sind beispielsweise mit einer Modularen Heißtestanlage (MHTA) der Firma Coesfeld GmbH & Co. KG, D - 44149 Dortmund durchführbar.

## 8.2 Probenkörper

### 8.2.1 Probenkörper für Heißtestversuche

Probenkörper für Heißtestversuche mit der Heißkorrosionsanlage (MHTA) müssen den Abmessungen gem. Abbildung 8.2 und den Werkstoffspezifikationen gem. Anhang Anhang A 14 entsprechen.

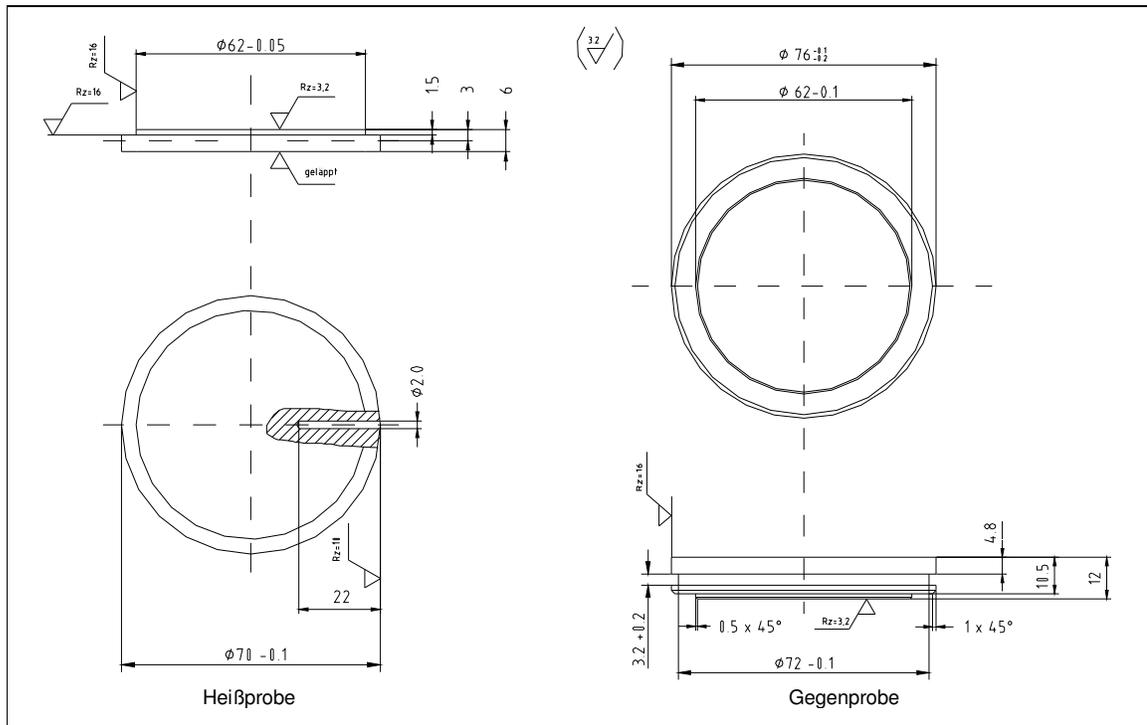


Abbildung 8.2 Probenkörper der Heißkorrosionsanlage (MHTA)

## 8.2.2 Probenkörper des Probenpaketes

Probenkörper des Probenpaketes für Heißtestversuche mit der Heißkorrosionsanlage (MHTA) müssen den Abmessungen gem. Abbildung 8.3 und den Werkstoffspezifikationen gem. Anhang A 14 entsprechen.

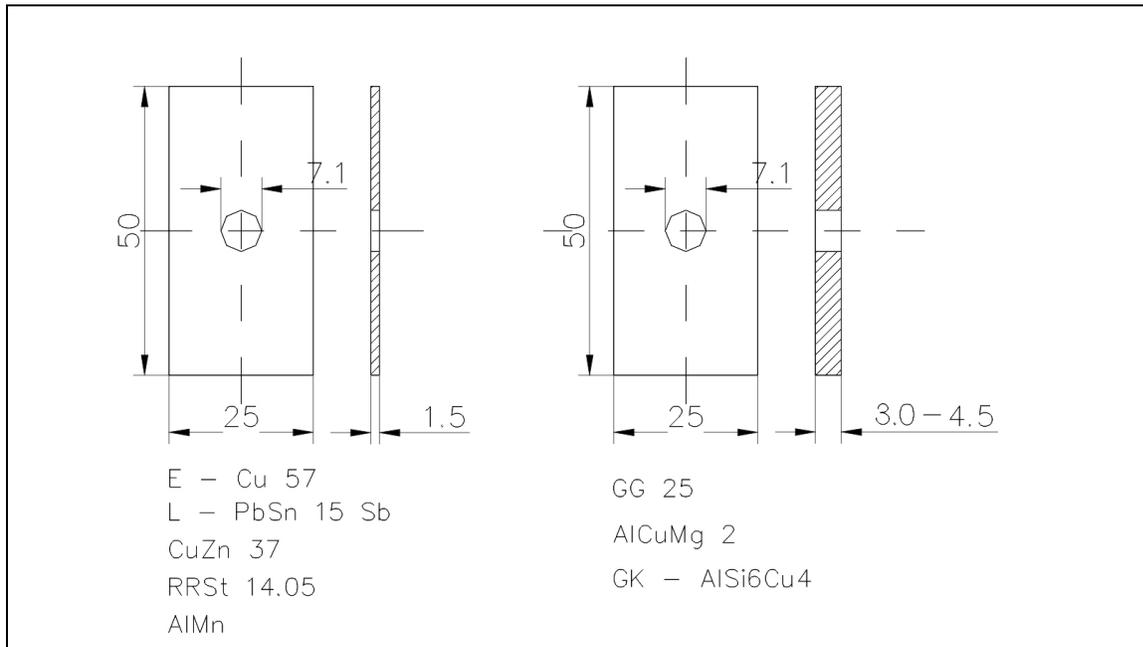


Abbildung 8.3 Probe des Probenpaketes

## 8.3 Versuchsumfang

Es werden zwei Prüfungen durchgeführt:

- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit ionengetauschtem Wasser gem. Anhang A 1.1
- Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang A 1.2

## 8.4 Durchführung

### 8.4.1 Allgemeines

Der Versuch wird mit zwei Heißkorrosionskammern durchgeführt.

Heißkammer 1: EN-GJL-250 gem. Anhang A 14.1.1

Heißkammer 2: EN AC-Al Si6Cu4 gem. Anhang A 14.2.2

Die Heißkorrosionsuntersuchung wird mittels eines zyklischen Versuchsverlaufes durchgeführt, die folgendermaßen festgelegt ist:

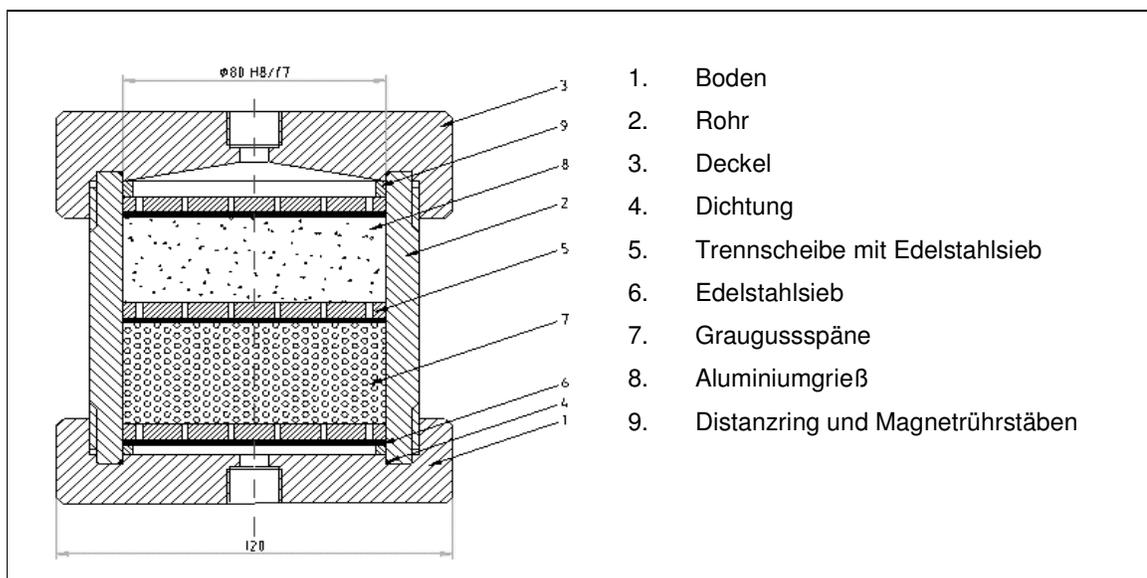
Nr.	Beschreibung	Zyklusdauer	Gesamtlaufzeit
1	Hochtemperaturzyklus (beheizt)	12 h ± 10 min	12 h ± 30 min
2	Ruhezyklus (Stillstand bei Raumtemperatur)	12 h ± 10 min	24 h ± 30 min
3	Hochtemperaturzyklus (beheizt)	36 h ± 10 min	60 h ± 30 min
4	Ruhezyklus (Stillstand bei Raumtemperatur)	12 h ± 10 min	72 h ± 30 min
5	Hochtemperaturzyklus (beheizt)	24 h ± 10 min	96 h ± 30 min

**Tabelle 8.1 Zeitaufteilung des Versuchszyklus für Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)**

Im Anschluss an die 12 stündigen Ruhephasen (Nr. 2 und 4 (d.h. 10 Minuten vor Wiederstart des neuen Heißzyklus)) sind Kühlmittelproben von 25 ml aus dem Entgasungsmodul zu anschließenden Analyseziwecken zu entnehmen.

#### 8.4.2 Spänemodul

- a) Feiner Aluminium-Grieß: Probenwerkstoff ist Aluminium-Strahlgut  
z.B. „Alusad A“ der Firma Metalltechnik Schmidt GmbH, Plattenhardt. Die Kugeln haben einen Durchmesser von 0,8 bis 1,2 mm.
- b) Grauguss-Späne: Die Späne werden aus GG 25 durch trockenes Hobeln oder Drehen hergestellt.
- c) Trennung der Späne/Grieß durch Edelstahlsiebe der Maschenweite 90 µm.
- d) Einbau von Magnetrührstäben (6 Stück, 7mm x 40mm) in kreisförmiger Anordnung auf der obersten Trennscheibe.



**Abbildung 8.4 Aufbau des Spänemoduls**

**Vorbereitung:**

1. Aluminium-Grieß und Grauguss-Späne sieben.
2. Je 200 g Grieß bzw. Späne in jeweils ein 1000 ml Becherglas füllen.
3. Aluminium-Grieß und Grauguss-Späne nacheinander und separat für 5 Minuten in 5 Vol.-%iger Salpetersäure (gem. Anhang A 15.2b) auslagern.
4. Aluminium-Grieß bzw. Grauguss-Späne in einem Sieb unter fließendem Deionat spülen
5. Den pH-Wert mit Hilfe von Indikatorpapier 6 messen. Er sollte den Wert des Deionats (6-7) erreicht haben, anderenfalls erneut spülen.
6. Späne und Grieß getrennt in einem Becherglas mit je 800ml des verwendeten Kühlmittels 8 Stunden lang kochen.
7. Späne und Grieß für 48 Stunden in dem Kühlmittel ruhen lassen, in dem sie auch gekocht wurden.
8. Grieß bzw. Späne über dem Waschbecken mit Hilfe des Siebs abtropfen lassen.
9. Erneut den Grieß oder die Späne jeweils in ein Becherglas geben und mit 200 ml frischem Kühlmittel spülen.
10. Mit dem Sieb abtropfen und das Spänemodul gem. Abbildung 8.4 montieren.

**8.4.3 Versuchsparmeter**

Kühlmittelinhalt	ca. 1,8 l
Druck	2,3 bis 2,5 bar
Volumenstrom (Hauptstrom) (Spänemodul)      Anfangswert	4,3 l/min $\pm$ 0,5 l/min 0,86 l/min $\pm$ 0,25 l/min
Heizleistung/Heizflächenbelastung Modul 1 (Grauguss) Modul 2 (Aluminium)	1812 W / 60 W/cm <sup>2</sup> $\pm$ 5% 2114 W / 70 W/cm <sup>2</sup> $\pm$ 5%
Vorlauftemperatur bei Ansätzen mit synthetisch hartem Wasser bei Chemicals und bei Ansätzen mit ionengetauschtem Wasser	115 °C $\pm$ 1 °C 105 °C $\pm$ 1 °C
maximal Kühlmitteltemperatur	ca. 130 °C $\pm$ 5 °C
Oberfläche der Heißtestproben	30,2 cm <sup>2</sup> $\pm$ 0,1 cm <sup>2</sup>
Versuchsdauer (zyklischer Versuchsablauf mit zwei Unterbrechungen für je 12h nach 12h und 60h der Versuchslaufzeit)	96 h $\pm$ 30 min

**Tabelle 8.2      Versuchsparmeter der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)**

## **8.5 Auswertung**

### **8.5.1 Allgemeines**

Nach Beendigung des Versuches sind folgende Auswertungen durchzuführen.

1. Probenkörper
  - Gewichtsverlust nach Versuch und nach chemischer Reinigung
  - Schädigung
  - Ablagerungen
  - Verfärbung
  - Temperaturverlauf
2. Kühlmittel:
  - Optische Veränderungen
  - Konzentrat
  - pH-Wert
  - Leitfähigkeit
3. Versuchseinrichtung:
  - Belagbildung und Verschmutzung (Art, Struktur und Ort)

### **8.5.2 Probenauswertung der Rundproben im Detail**

1. Trocknung der Probenkörper nach dem Ausbau in einem Trockenschrank bei 80 °C für 15 Minuten.
  2. Wägung gem. Anhang A 10.1 und Begutachtung der Beläge
  3. Reinigung gem. Anhang A 12.1
  4. Wägung gem. Anhang A 10.1 und Begutachtung der Schädigung
- Ergibt die Begutachtung der Probenoberfläche mit dem unbewaffneten Auge keine Hinweise auf eine Restbelegung, endet die Auswertung. Weisen die Proben noch eine Restbelegung auf, folgen die optionale Nachreinigung 5. und 6.
5. Optionale Nachreinigung der Rundproben gem. Anhang A 12.2
  6. Wägung gem. A 10.1 Anhang und Begutachtung

## Anhang A 9 Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)

### A 9.1 Schematischer Heizungsaufbau

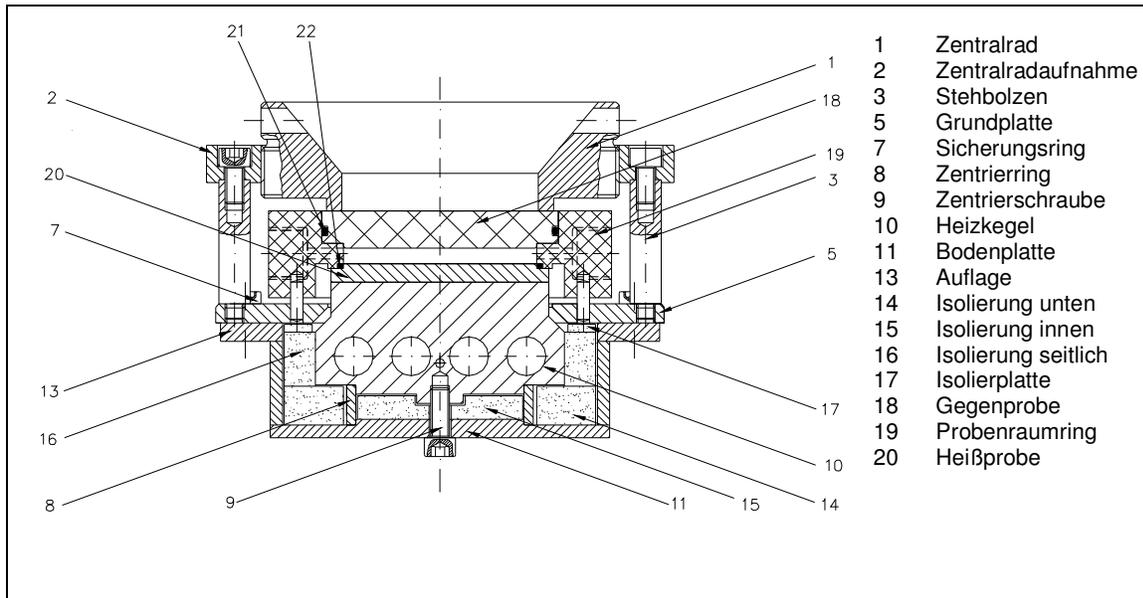


Abbildung A9.1 Schematischer Aufbau der Heizung

## Anhang A 10 Wägung von Probenkörpern

Wägenauigkeit  $\pm 0,1$  mg

### A 10.1 Rundproben

1. Vor einer Wägung sind die Proben für 15 Minuten in einem Trockenschrank bei  $80^{\circ}\text{C}$  zu trocknen.
2. Proben unter einem Kaltgebläse auf Raumtemperatur abkühlen lassen.
3. Mindestens drei Messungen durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten zwei weitere Messungen durchführen und dann den arithmetischen Mittelwert bilden.

### A 10.2 Probenpaket

1. Vor einer Wägung sind die Proben für 15 Minuten in einem Trockenschrank bei  $40^{\circ}\text{C}$  zu trocknen.
2. Proben unter einem Kaltgebläse auf Raumtemperatur abkühlen lassen.
3. Mindestens drei Messungen durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten zwei weitere Messungen durchführen und dann den arithmetischen Mittelwert bilden.

## **Anhang A 11 Probenvorbereitung**

Probenkörper dürfen nur mit einer Laborzange oder mit Handschuhen angefasst werden.

### **A 11.1 Rundproben der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)**

Folgende Schritte sind vor dem Versuch durchzuführen:

1. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
2. Reinigung der Bohrungen für den Temperatursensor mit Hilfe eines sauberen Pfeifenreinigers.
3. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.
4. Vor einer Wägung sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.
5. Mindestens drei Messungen sind durchzuführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten sind zwei weitere Messungen durchzuführen und dann der arithmetischen Mittelwert zu bilden.

### **A 11.2 Probenpaket der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)**

Folgende Schritte sind vor dem Versuch durchzuführen:

1. Trockenschleifen aller Flächen auf Schleifpapier oder –gewebe der Körnung 240. Rauheit der Probenoberfläche  $R_{\max} = 3 \dots 6 \mu\text{m}$
2. Kennzeichnung der einzelnen Proben mit 'O' bzw. '1' für die obere und 'U' bzw. '2' für die untere Einbaulage.
3. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
4. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
5. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.
6. Vor einer Wägung sind die Proben für 3 Minuten unter einem Kaltgebläse bei Raumtemperatur zu trocknen.
7. Mindestens drei Messungen sind durchzuführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten sind zwei weitere Messungen durchzuführen und dann der arithmetischen Mittelwert zu bilden.

### A 11.3 Vorbereitung der Montageteile des Probenpaketes

Probenhalter, Messingschraube, Messingmutter und Zwischenringe aus Messing, Stahl und Kunststoff werden in Alkohol gem. A 15.8 gewaschen, für 15 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt und im Luftstrom getrocknet.

Alle vorher evtl. vorhandenen Beläge werden in 10 Vol.-%iger Salzsäure gem. A 15.3 entfernt, anschließend werden die Montageteile sofort einzeln mit einer Nylonbürste unter fließendem Leitungswasser gereinigt.

Der PTFE-Kunststoffschlauch wird stets nur im Neuzustand verwendet.

### A 11.4 Montage des Probenpaketes

#### A 11.4.1 Schematischer Zusammenbau

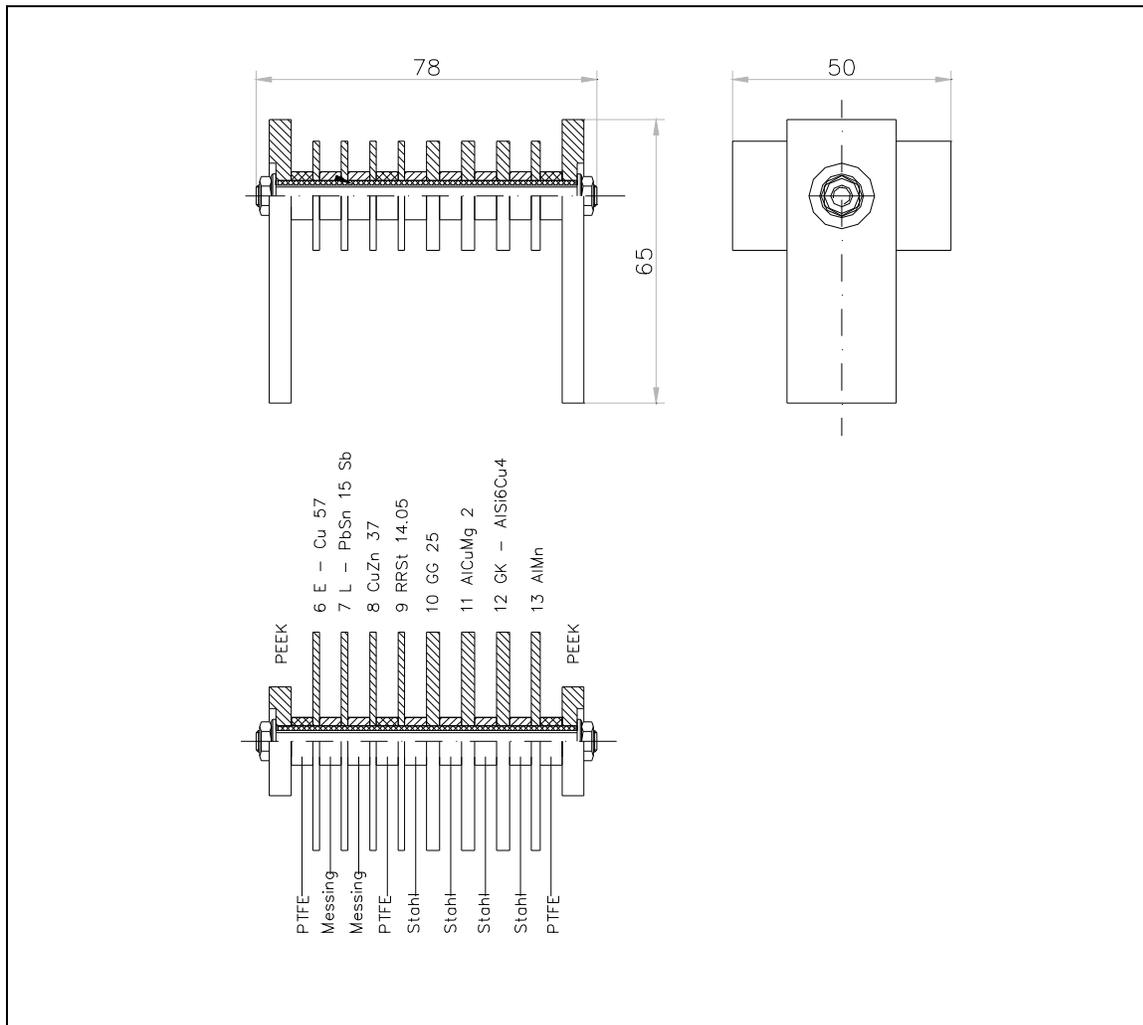


Abbildung A11.1 Zusammenbau des Probenpaketes

## Anhang A 12 Probenreinigung

Probenkörper dürfen nur mit einer Laborzange oder mit Handschuhen angefasst werden.

### A 12.1 Rundproben der Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest)

Folgende Schritte sind nach dem Ausbau der Probenkörper durchzuführen:

1. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
2. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
3. Chemische Reinigung der Proben:
  - a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gemäß A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.
  - b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Salpetersäure (gem. A 15.2a) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.
4. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
5. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
6. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## A 12.2 Optionale Nachreinigung

Folgende Schritte sind bei der Nachreinigung der Probenkörper durchzuführen:

1. Chemische Reinigung der Proben:

a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gemäß A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

Sollte im Bereich des Distanzringes bzw. der Dichtung ein nicht gelöster Belag zurückgeblieben sein, ist dieser mittels einer Bürste mit Messingborsten zu entfernen.

b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Ameisensäure (gem. A 15.5) bei Raumtemperatur für die Dauer von 16 Stunden ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

2. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
3. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
4. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## A 12.3 Probenpaket

1. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
2. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
3. Chemische Reinigung der Proben:

a) Eisenwerkstoffe:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gem. A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

b) Aluminiumwerkstoffe:

Proben werden einzeln unter vollständiger Benetzung in Salpetersäure (gem. A 15.2a) bei Raumtemperatur für die Dauer von 10 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

## c) Buntmetalle:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in inhibierter Salzsäure (gem. A 15.3) bei Raumtemperatur für die Dauer von 1 Minute ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

## d) Lotwerkstoff:

Proben werden einzeln, vollständig benetzt in siedender Essigsäure (gem. A 15.4) für die Dauer von 5 Minuten ruhend gereinigt. Anschließend sind die Proben sofort mit reichlich deionisiertem Wasser zu spülen, mit Alkohol zu benetzen und zu trocknen.

4. Proben werden einzeln mit einer Nylonbürste unter klarem Leitungswasser ohne Scheuerzusatzmittel gereinigt, anschließend sofort mit reichlich Alkohol benetzt und getrocknet.
5. Proben werden einzeln vollständig in Aceton (gem. A 15.7) eingetaucht und für 5 Minuten in einem Ultraschallbad gereinigt.
6. Unter einem Kaltgebläse abtrocknen lassen.

## **Anhang A 13 Dokumentation der Ergebnisse der Heißkorrosion**

### **A 13.1 Dokumentation der Probenkörper**

#### **A 13.1.1 Masseabtrag**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist der Masseabtrag (Differenz zur Probenmasse vor Versuchsbeginn) in folgenden Zuständen zu dokumentieren:

1. Nach Versuchsende im getrocknetem Zustand
2. Nach Reinigung der Probenkörper
3. Nach optionaler Nachreinigung der Probenkörper (bei Rundproben)

Masseabtrag (Differenz aus „Masse vor Versuch“ und „Masse des aktuellen Zustandes“) wird mit einem positiven Wert in der Maßeinheit „mg“ angegeben. Eine Massezunahme, beispielsweise durch Belegung (Differenz aus „Masse vor Versuch“ und „Masse des aktuellen Zustandes“ ist kleiner 0) wird mit einem negativen Wert in der Maßeinheit „mg“ angegeben.

### **A 13.1.2 Fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist eine fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrocknetem Zustand und nach Reinigung der Probe durchzuführen.

Die Dokumentation des Oberflächenzustandes kann sowohl fotografisch als auch mittels eines Scans erfolgen.

### **A 13.1.3 Beschreibung des Oberflächenzustandes der Probenkörper**

Für alle untersuchten Probenkörper, sowohl für Rundproben als auch für Metallproben des Probenpaketes, ist eine eindeutige Beschreibung des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrocknetem Zustand und nach Reinigung der Probe durchzuführen.

Aus der Beschreibung müssen folgende Punkte eindeutig hervorgehen:

- Art und Grad der Belegung bzw. Schädigung
- Struktur der Belegung

### **A 13.1.4 Fotografische Dokumentation des Wärmetauscherzustandes**

Für das Wärmetauscherrohr ist eine fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrockneten Zustand durchzuführen.

## **A 13.2 Dokumentation der Prüfflüssigkeit**

Folgende Zustände der Prüfflüssigkeit sind vor und nach Versuchsende zu dokumentieren:

1. Optische Erscheinung mit Angabe der Farbe nach RAL<sup>9)</sup> – Farbskala „Classic“
2. Konzentration bzw. Refraktometerwert
3. pH-Wert
4. Leitfähigkeit

---

<sup>9)</sup> RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Siegburger Straße 39, D-53757 Sankt Augustin

## **A 13.3 Dokumentation der Versuchseinrichtung**

### **A 13.3.1 Beschreibung des Oberflächenzustandes der Versuchseinrichtung**

Für folgende Baugruppen der Versuchseinrichtung ist eine eindeutige Beschreibung des Oberflächenzustandes nach Versuchsende im getrockneten Zustand durchzuführen:

1. Behälter des Probenpaketes
2. Behälter der Heizung
3. Wärmetauscher
4. Pumpe
5. Leitungssystem

Aus der Beschreibung müssen folgende Punkte eindeutig hervorgehen:

- Art und Grad der Belegung bzw. Schädigung
- Struktur der Belegung

### **A 13.4 Dokumentation des Temperaturverlaufes der beheizten Proben**

Der Temperaturverlauf der beiden beheizten Probenkörper und der beiden Heizungen ist über den gesamten Versuchsverlauf zu dokumentieren.

## **Anhang A 14 Spezifikation der Probenwerkstoffe**

### **A 14.1 Eisenwerkstoffe**

#### **A 14.1.1** Unlegierter Grauguss EN-GJL-250 (GG 25)

perlitisches Grundgefüge, Graphittyp A, Graphitgröße 3...4, SC 0,85...0,90;  
Härte 215...230 HB 5/750

#### **A 14.1.2** RRRSt 14.05 Wk-Nr. 1.03386 05 DIN 1623

#### **A 14.1.3** Schleudergusseisen MMN 380.3

dreistreifiges perlitisches Gefüge, Graphittyp A oder B, Graphitgröße 3 bis 6,  
SC 0,80...0,90; Härte 230...280 HB 5/750A2)

### **A 14.2 Aluminiumwerkstoffe**

#### **A 14.2.1** EN AW-Al Cu4Mg1 (AlCuMg 2)

Werkstoff-Nr. 2024 DIN EN 573-3; bei 485 °C lösungsgeglüht, kalt ausgehärtet;  
Härte 130...140 HB 30

#### **A 14.2.2** EN AC-Al Si6Cu4 (AlSi6Cu4)

Werkstoff-Nr. AC-45000 gemäß DIN EN 1706 wärmebehandelt; Härte 110...150 HB  
30

#### **A 14.2.3** EN AC-Al Si10Mg (AlSi10Mg) T6

#### **A 14.2.4** EN AW/3103 AlMn Wk-Nr. 3.0515 DIN 1725, Blatt 1

### **A 14.3 Buntmetalle**

#### **A 14.3.1** E-Cu 57 Wk-Nr. 2.0060.10 DIN 1708

#### **A 14.3.2** CuZn 37 Wk-Nr. 2.0321.26 DIN 17 660

### **A 14.4 Sonstige Werkstoffe**

#### **A 14.4.1** L-PbSn 15 Sb Wk-Nr. 2.3442 DIN 1707

## Anhang A 15 Reinigungskemikalien

### A 15.1 Kavitationsreinigungsgemisch

1 Vol.-Teil	Petroleumbenzin p.a. (s. A 15.6)
1 Vol.-Teil	Aceton reinst (s. A 15.7)
1 Vol.-Teil	Alkohol (s. A 15.8)

### A 15.2 Salpetersäure

- a) 56 Vol.-%ige Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) p.a.  
 b) 5 Vol.-%ige Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) p.a.

R/S-Sätze:	R 8-35 S 23-26-36-45
MAK-Werte:	5,2 mg/m <sup>3</sup> bzw. 2 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften	Klare, farblose Flüssigkeiten mit stechendem Geruch. Mischbar mit Wasser. Stark ätzend und reizend.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>          Auf größte Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Verspritzen vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Säurebeständige Hilfsgeräte verwenden. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Gemische mit anderen Stoffen nur nach Anweisung chemischer Fachkräfte herstellen. Freisetzung von Stickoxiden! Eindringen in den Boden sicher verhindern (Stahlwanne). Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

### A 15.3 Salzsäure

10 Vol.-%ige Salzsäure (HCl) p.a. + 1 ml/l Propargylalkohol (2-Propin-1-ol) gem. A 15.10

R/S-Sätze:	R 34-37 S 26-45
MAK-Werte:	8 mg/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Konzentrierte Salzsäure ist eine 37%-ige Lösung von Chlorwasserstoff in Wasser.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>          Auf Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Verschütten vermeiden. Verspritzen vermeiden. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Säurebeständige Hilfsgeräte verwenden. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.4 Essigsäure

1 Vol.-%ige Essigsäure (Ethansäure – CH<sub>3</sub>COOH) p.a.

R/S-Sätze:	R10-35 S 23-26-45
MAK-Werte:	25 mg/m <sup>3</sup> bzw. 10 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Essigsäure ist eine farblose, hygroskopische Flüssigkeit mit stechem Geruch.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>  Auf Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Verspritzen vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Säurebeständige Hilfsgeräte verwenden. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.5 Ameisensäure

5 Vol.-%ige Ameisensäure (Methansäure - HCOOH) p.a.

R/S-Sätze:	R 35 S23-26-45
MAK-Werte:	5 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Methansäure ist eine farblose und klare Flüssigkeit mit stechem Geruch.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>  An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Verspritzen vermeiden. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Säurebeständige Hilfsgeräte verwenden. Säurefeste Pumpen, Armaturen und Ventile verwenden. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen. Z.B. aus Polyethylen.</p>	

## A 15.6 Petroleumbenzin

R/S-Sätze:	R 45-65 S 53-45
MAK-Werte:	---
Eigenschaften:	Komplexe Kombination von Kohlenwasserstoffen, die man durch Behandeln einer Erdöl-Fraktion mit Wasserstoff in Gegenwart eines Katalysators erhält. Besteht vorherrschend aus cycloparaffinhaltigen Kohlenwasserstoffen mit Kohlenstoffzahlen vorherrschend im Bereich von C6 bis C7 und siedet im Bereich von etwa 73 Grad C bis 85 Grad C.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>  Auf Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Nicht mit Druckluft fördern. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Verspritzen vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.7 Aceton

Aceton (Propanon –  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )

R/S-Sätze:	R 11-36-66-69 S 9-16-26
MAK-Werte:	500 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Propanon ist eine klare farblose Flüssigkeit mit aromatischem Geruch
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b>  An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Alternativ zur Absaugung Gaspindel einsetzen. Nicht mit Druckluft fördern. Verspritzen vermeiden. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.8 Alkohol

Ethanol (Ethylalkohol - C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) absolut (mit 1 % Petrolether vergällt)

R/S-Sätze:	R 11 S 7-12
MAK-Werte:	1000 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Ethanol ist eine farblose, klare Flüssigkeit mit hygroskopischen Eigenschaften. Zusammen mit der Luft kann es explosionsfähige Gemische bilden
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b></p> <p>Auf Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Nicht mit Druckluft fördern. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Verspritzen vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.9 Kaliumdichromat

Kaliumdichromat (KCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)

R/S-Sätze:	R 45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S 53-45-60
MAK-Werte:	0,1 mg/m <sup>3</sup> - bezogen auf die einatembare Fraktion
Eigenschaften:	Bei Normalbedingungen ist Kaliumdichromat ein orangeroter, kristalliner Feststoff, der gut in Wasser löslich ist. In größeren Mengen ist die Verbindung brandfördernd. Außerdem ist Kaliumdichromat ein gutes Oxidationsmittel (Versuch: Alkotester). Außerdem ist Kaliumdichromat ein erbgutverändernder, hoch giftiger Arbeitsstoff, der zu Krebs führen kann.
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b></p> <p>Auf größte Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Ab- und Umfüllen in Lagerräumen ist verboten. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Kleine Mengen nur unter dem Abzug abfüllen. Verschütten vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Bei offenem Hantieren Staubentwicklung vermeiden. Nicht zusammen mit unverträglichen Substanzen transportieren. Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	

## A 15.10 Propargylalkohol

### Propargylalkohol (2-Propin-1-ol)

R/S-Sätze:	R 10-23/24/25-34-51/53- S 26-28-36-45-61
MAK-Werte:	2 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	<p>Giftige, farblose, entzündliche Flüssigkeit mit angenehmem Geruch. Von dem Stoff gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus. Der Stoff kann über die Haut aufgenommen werden.</p> <p>Dämpfe können mit Luft beim Erhitzen des Stoffes über seinen Flammpunkt ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Dies ist bereits bei erhöhter Umgebungstemperatur möglich. Lichtempfindlich. Mit Wasser mischbar. Flüchtig. Der Stoff ist umweltgefährlich.</p>
<p><b>Hinweise zum sicheren Umgang :</b></p> <p>Sehr gute Be- und Entlüftung des Arbeitsraumes vorsehen. DA Dämpfe/Gase schwerer als Luft sind, ist auch für entsprechende Lüftung im Bodenbereich zu sorgen. Auf größte Sauberkeit am Arbeitsplatz achten. An Arbeitsplätzen dürfen nur die Substanzmengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeiten erforderlich sind. Gefäße nicht offen stehen lassen. Für das Ab- und Umfüllen möglichst dichtschießende Anlagen mit Absaugung einsetzen. Nicht mit Druckluft fördern. Freien Fall vermeiden bzw. Fallhöhen minimieren. Verspritzen vermeiden. Nur in gekennzeichnete Gebinde abfüllen. Lösemittelbeständige Hilfsgeräte verwenden. Bei offenem Hantieren jeglichen Kontakt vermeiden. Eindringen in den Boden sicher verhindern (Stahlwanne). Beim Transport in zerbrechlichen Gefäßen geeignete Überbehälter benutzen.</p>	