



Science for a  
moving society

LEITFADEN

R607 | 2023 – Frankfurt am Main

## Strömungserosion II

Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien

# Strömungserosion II

Projekt-Nr. 1445

---

## Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien

---

### Leitlinien

#### Einleitende Bemerkungen:

Die Richtlinie zur "Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien von Verbrennungskraftmaschinen und alternativen Antrieben unter thermisch-strömungsdynamischen Prüfbedingungen" ist als Erweiterung der Richtlinie FVV R530 - 2005 im Hinblick auf eine umfassende Beschreibung bzw. Simulation realer Beanspruchungskollektive gedacht.

Der Leitfaden basiert auf den Ergebnissen mehrerer Forschungsarbeiten und Projekte, die am Zentrum für Konstruktionswerkstoffe (Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt (MPA) und Fachbereich und Institut für Werkstoffkunde (IfW)) der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt wurden. Die redaktionelle Arbeit erfolgte durch das MPA-IfW in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss "Strömungserosion". Die Verabschiedung und Veröffentlichung der Richtlinie erfolgte durch die FVV e.V.

---

Autor / Redaktion:

**Artur Klink** (Technische Universität Darmstadt, Zentrum für Baustoffe (MPA-IfW))

Mitwirkende:

**Georg Andersohn** (Aalberts Surface Treatment GmbH)  
**Marco Bergemann** (HAERTOL Chemie GmbH)  
**Tom Christopher Engler** (TÜV SÜD Chemie Service GmbH)  
**Andreas Haas** (ARTECO NV)  
**Markus Kaiser** (nexiss GmbH)  
**Serge Lievens** (ARTECO NV)  
**Paul Matzke** (CCI Corporation)  
**Ladislau Meszaros** (Meszaros-Consulting GbR)  
**Stefan Patzig** (HAERTOL Chemie GmbH)  
**Angelika Reibl** (Rolls-Royce Solutions GmbH)  
**Rüdiger Reitz** (Technische Universität Darmstadt, Zentrum für Baustoffe (MPA-IfW))  
**Lars Roller** (Volkswagen AG)  
**Jens Strassmann** (Volkswagen AG)  
**Sophie Wörner** (Modine Europe GmbH)  
**Max Decker** (FVV e.V.)  
**Martin Nitsche** (FVV e.V.)

Projektkoordination /

Vorsitzender des

projektbegleitenden Ausschusses:

**Jens Strassmann** (Volkswagen AG)

Projektbegleitender Ausschuss

(eligible ad suffragium):

**Alexander Almes** (Volkswagen AG)  
**Georg Andersohn** (Aalberts Surface Treatment GmbH)  
**Wolfgang Bauer** (ANSYS Germany GmbH)  
**Lukas Beck** (TheSys GmbH)  
**Amine Ben Hadj Ali** (ANSYS Germany GmbH)  
**Marco Bergemann** (HAERTOL Chemie GmbH)  
**Stefan Berger** (ROWE Mineralölwerk GmbH)  
**Hans-Jürgen Berner** (Forschungsinstitut für Krafffahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart SdbR)  
**Andreas Boemer** (DEUTZ AG)  
**Anton Dittner** (IHK AG)

**Stefan Eriksson** (Aurobay)  
**Johannes Gell** (AVL List GmbH)  
**Andreas Haas** (ARTECO NV)  
**Heike Haller** (J.M. Voith SE & Co. KG) KG / VTCR Division Turbo)  
**Klaus Herrmann** (IAV GmbH)  
**Jeanette Hussong** (Technische Universität Darmstadt, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik (SLA))  
**Suad Jakirlic** (Technische Universität Darmstadt, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik (SLA))  
**Florian Kahl** (Caterpillar Energy Solutions GmbH)  
**Markus Kaiser** (nexiss GmbH)  
**Fritz Keller** (TheSys GmbH)  
**Eric Lauer** (MAN Energy Solutions SE)  
**Serge Lievens** (ARTECO NV)  
**Paul Matzke** (CCI Corporation)  
**Gunter Mathy** (Hengst SE)  
**Martin McMackin** (MAN Truck & Bus SE)  
**Ladislav Meszaros** (Meszaros-Consulting GbR)  
**Wolfgang Müller** (Susanne Müller Mineralöle e.K.)  
**Matthias Oechsner** (Technische Universität Darmstadt, Zentrum für Baustoffe (MPA-IfW))  
**Stefan Patzig** (HAERTOL Chemie GmbH)  
**Robert Pöschl** (AVL List GmbH)  
**Angelika Reibl** (Rolls-Royce Solutions GmbH)  
**Lothar Reichelt** (Georg Pforr gefo-GmbH & Co.KG)  
**Rüdiger Reitz** (Technische Universität Darmstadt, Zentrum für Baustoffe (MPA-IfW))  
**Jörg Schaper** (MAHLE Behr GmbH & Co. KG)  
**Christof Schernus** (FEV Europe GmbH)  
**Markus Send** (AUDI AG)  
**Dirk Spardella** (Modine Europe GmbH)  
**Jens Strassmann** (Volkswagen AG)  
**Thomas Strauss** (MAHLE Behr GmbH & Co. KG) KG)  
**Hendrik Streek** (nexiss GmbH)  
**Reinhard Tatschl** (AVL List GmbH)  
**Olaf Toedter** (KIT Campus Transfer GmbH)  
**Cameron Tropea** (Technische Universität Darmstadt, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik (SLA))  
**Sebastian Wegt** (Technische Universität Darmstadt, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik (SLA))  
**Sophie Wörner** (Modine Europe GmbH)

Verwandte Berichte:

R530 (2005)

## Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort .....	6
1.1	Frühere Fassungen - Prüfrichtlinien.....	6
2	Anwendungsbereich.....	7
2.1	Zweck der Prüfung.....	7
3	Mitgeltende Unterlagen .....	8
4	Sicherheitshinweise.....	9
4.1	Vorschriften für Versuchseinrichtungen.....	9
4.2	Sicherheitshinweise zum Arbeiten im Labor.....	9
5	Durchführung der Untersuchungen.....	10
5.1	Korrosions-Gefrierschutzmittel und wasserlösliche Korrosions-inhibitoren.....	11
5.1.1	Allgemeines .....	11
5.1.2	Ansatz der Korrosions-Gefrierschutzmittel.....	11
5.1.3	Ansatz der wasserlöslichen Korrosionsinhibitoren .....	11
6	Flow Dynamic Corrosion Test (FDC).....	12
6.1	Versuchsaufbau .....	12
6.2	Probenkörper .....	13
6.3	Versuchsumfang .....	14
6.4	Durchführung .....	14
6.4.1	Allgemeines .....	14
6.4.2	Probeneinbau .....	14
6.4.3	Versuchsparameter .....	15
6.4.4	Probenausbau .....	16
6.4.5	Reinigung der Anlage .....	16
6.5	Auswertung .....	17
6.5.1	Allgemeines .....	17
6.5.2	Probenkörperauswertung .....	17
7	Anhang A1 Ansatzwasser .....	19
7.1	Ionengetauschtes Wasser .....	19
7.2	Synthetisch hartes Wasser .....	19
7.2.1	Ansetzen des permanent harten Wassers .....	19
7.2.2	Ansetzen des Karbonat harten Wassers.....	19
7.2.3	Ansetzen des Wassers von 1,78 mmol/l (10° dGH) Gesamthärte .....	20
8	Anhang A 2 Dokumentation der Ergebnisse.....	21
8.1	Wägung von Probenkörpern .....	21
8.2	Chemische Reinigung.....	21
8.3	Topographische Dokumentation des Oberflächenzustandes.....	21
8.4	Beschreibung des Oberflächenzustandes der Rundproben.....	21
8.5	Fotographische Dokumentation des Oberflächenzustandes.....	22
8.6	Massenabtrag .....	22
8.7	Metallographische Dokumentation mittels eines Schliffes.....	22

8.8	Dokumentation der Prüfflüssigkeit .....	22
8.9	Dokumentation des Temperaturverlaufes der beheizten Probe .....	22
9	Anhang A 3 Spezifikation der Probenwerkstoffe .....	23
9.1	Eisenwerkstoffe .....	23
9.1.1	Unlegierter Grauguss EN-GJL-250 (GG 25).....	23
9.1.2	RRSt 14.05 Wk-Nr. 1.03386 05 DIN 1623 .....	23
9.1.3	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) .....	23
9.2	Aluminiumwerkstoffe .....	23
9.2.1	EN AC-AI Si6Cu4 (AlSi <sub>6</sub> Cu <sub>4</sub> ).....	23
9.2.2	EN AC-AI Si10Mg (AlSi <sub>10</sub> Mg) T6.....	23
10	Anhang A 4 Reinigungskemikalien.....	24
10.1	Salpetersäure .....	24
10.2	Salzsäure .....	24
10.3	Essigsäure.....	25
10.4	Ameisensäure .....	25
10.5	Petroleumbenzin .....	26
10.6	Aceton .....	26
10.7	1-Wertige Alkohole .....	27
10.8	Propargylalkohol.....	27
10.9	Natronlauge.....	28



## **1 Vorwort**

Dieser Leitfaden "Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien" wurde vom Arbeitskreis „Strömungserosion“ der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und Betreibern von Verbrennungsmotoren und alternativen Antrieben sowie mit Herstellern von Kühlmittelzusätzen auf der Grundlage von Forschungsarbeiten am Institut für Werkstoffkunde der Technischen Universität Darmstadt festgelegt. Der Leitfaden baut auf der in 1.1. gesamten, bereits vorhandenen Prüfrichtlinie (FVV R530-2005) auf und dient ihrer Erweiterung (Komplexkanalbeanspruchung).

### **1.1 Frühere Fassungen - Prüfrichtlinien**

- FVV Richtlinie für ein Prüfverfahren 1986 (Heft R 443/1986)
- FVV Richtlinie für ein Prüfverfahren 1993 (Heft R 476/1993)
- FVV Richtlinie für ein Prüfverfahren 2005 (Heft R 530/2005)

## **2 Anwendungsbereich**

Dieser Leitfaden gilt für die Prüfung von Kühlmittelzusätzen für den Einsatz in Kühlkreisläufen von konventionellen Verbrennungskraftmaschinen und alternativen Antrieben, deren Heiz- und Kühlsystemen auf wässrigen Kühlmedien basieren.

### **2.1 Zweck der Prüfung**

Mit Hilfe dieser Prüfung wird die Wirkung und das Korrosionsschutzverhalten von Korrosionsinhibitoren in Kühlmittelzusätzen an wärmebeaufschlagten Werkstoffoberflächen, wie sie in mobilen und stationären Kühlkreislaufsystemen zur Anwendung kommen, untersucht und quantitativ ermittelt. Dabei unterliegt die Metalloberfläche direkt und indirekt thermisch-strömungsdynamischer Komplexbeanspruchungen bei erhöhten mittleren Kühlmittelvorlauftemperaturen, welche zu Degradationsphänomenen führen können. Diese Methode ermöglicht eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Beanspruchungsarten und deren Überlagerung sowie eine phänomenologische Beschreibung.

### 3 Mitgeltende Unterlagen

DIN 1681 Ausgabe: 1985-06	Stahlguss für allgemeine Verwendungszwecke; Technische Lieferbedingungen
DIN EN 573-3 Ausgabe: 2019-10	Aluminium und Aluminiumlegierungen - Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug - Teil 3: Chemische Zusammensetzung
DIN EN 1561 Ausgabe: 2012-01	Gießereiwesen - Gusseisen mit Lamellengraphit
DIN EN 10130 Ausgabe: 2007-02	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen - Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1998)
DIN EN ISO 683-3 Ausgabe: 2018-09	Einsatzstähle; Technische Lieferbedingungen
FVV Richtlinie R530-2005	Prüfung der Eignung von Kühlmittelzusätzen für die Kühlflüssigkeit von Verbrennungskraftmaschinen

## 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. Die häufigsten anzuwendenden Vorschriften und Regeln sind den mitgeltenden Unterlagen zu entnehmen:

Druckgeräte-Leitfaden (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 Vollschutzsichthüllen 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 Degradation von Metalloberflächen durch Korrosion und metalloberflächlichen Komplexbeanspruchung bei erhöhten mittleren Kühlmittelvorlauftemperaturen kann an der

**Technische Universität Darmstadt**  
**Zentrum für Konstruktionswerkstoffe**  
**Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt (MPA)**  
**Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde (IfW)**  
**Kompetenzbereich Oberflächentechnik**  
**Technische Universität Darmstadt**  
**Grafenstraße 2**  
**D-64283 Darmstadt**

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

**Die empfohlene Gesamtprüfung besteht aus den folgenden Einzelprüfungen in frisch angesetzter Versuchsflüssigkeit:**

- Kavitationsversuche (Ultraschallkoppelschwinger) entsprechend (Heft R 530/2005),
- Umlaufanlage mit Kavitationskammer (Klopfkammer) entsprechend (Heft R 530/2005),
- Korrosionsversuche unter Wärmedurchgang (Heißtest) entsprechend (Heft R 530/2005),
- Thermisch- strömungsinduzierte Korrosionsprüfung (FDC) (Leitfaden "Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien").

Die Forderungen, denen Kühlmittelzusätze für den Einsatz in bestimmten Kühlkreisläufen genügen müssen, werden von den Motorenherstellern oder Systemverantwortlichen jeweils nach Konstruktion und Verwendungszweck des Motors/ Aggregates qualitativ und quantitativ in deren jeweiligen Liefervorschriften und Spezifikationen festgelegt.

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

### **5.1.1 Allgemeines**

Für die Gesamtprüfung entsprechend der FVV Richtlinie R530/2005 und Leitfaden "Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien" werden folgende Arten von Versuchsflüssigkeiten benötigt:

- I. Ansatz mit ionengetauschtem Wasser (Anhang 7.1) und der geforderten Anwendungskonzentration (Prüfkonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Versuche auf der Umlaufanlage mit Kavitationskammer und Heißtests.
- II. Ansatz mit synthetisch hartem Wasser (Anhang 7.2) und der geforderten Anwendungskonzentration (Prüfkonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Kavitationsversuche, Versuche auf der Umlaufanlage mit Kavitationskammer und Heißtest.
- III. Ansatz mit synthetisch hartem Wasser (Anhang 7.2) und der vereinbarten Unterkonzentration (halbe Anwendungskonzentration) des Kühlmittelzusatzes für Kavitationsversuche.

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

Sofern Wasseransätze, die von den oben genannten Arten abweichen, in Prüfung unter Verwendung der thermisch-strömungsinduzierten Degradationsprüfmethode (Leitfaden "Prüfverfahren zur Eignungsprüfung von Kühlmitteladditiven für Kühlmedien") zum Einsatz kommen sollen (z.B. korrosives Wasser gemäß ASTM, diverser Prüfwasserqualitäten), ist dies unter expliziter Kennzeichnung und Dokumentation zulässig.

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

Der zu prüfende Kühlmittelzusatz wird mit ionengetauschtem Wasser gemäß Anhang 7.1 bzw. mit synthetischem hartem Wasser gemäß Anhang 7.2 angesetzt. Die zur Untersuchung erforderliche Menge an Kühlmittelzusatz (Konzentrat) richtet sich nach der vorgegebenen Prüfkonzentration.

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

Der zu prüfende Kühlmittelzusatz wird mit ionengetauschtem Wasser gemäß Anhang 7.1 bzw. mit synthetischem hartem Wasser gemäß Anhang 7.2 angesetzt. Die zur Untersuchung erforderliche Menge an Kühlmittelzusatz (Konzentrat) richtet sich nach der vorgegebenen Prüfkonzentration für wasserlösliche Korrosionsinhibitoren des Herstellers bzw. Auftraggebers.

## 6 Flow Dynamic Corrosion Test (FDC)

Mittels einer thermisch-strömungsdynamischen Korrosionsprüfanlage (FDC) wird das spezifische Degradationsverhalten kühlmittelbeaufschlagter metallischer Werkstoffproben sowie des eingesetzten Kühlmittels untersucht. Dabei unterliegt die Metalloberfläche direkt und indirekt thermisch-strömungsdynamischer Komplexbeanspruchungen bei erhöhten mittleren Kühlmittelvorlauftemperaturen, welche zu Degradationsphänomenen führen können. Diese Methode ermöglicht durch Segmentierung des Strömungskanals eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Beanspruchungsarten, deren Überlagerung und Wechselwirkung sowie deren phänomenologische Beschreibung.

### 6.1 Versuchsaufbau

Die Korrosionsprüfeinrichtung ist eine Umlaufanlage mit vollautomatisierter Steuerung und Regelung. In Abbildung 1 wird die sensorisch modernisierte, strömungsdynamische Korrosionsprüfanlage (FDC) dargestellt.

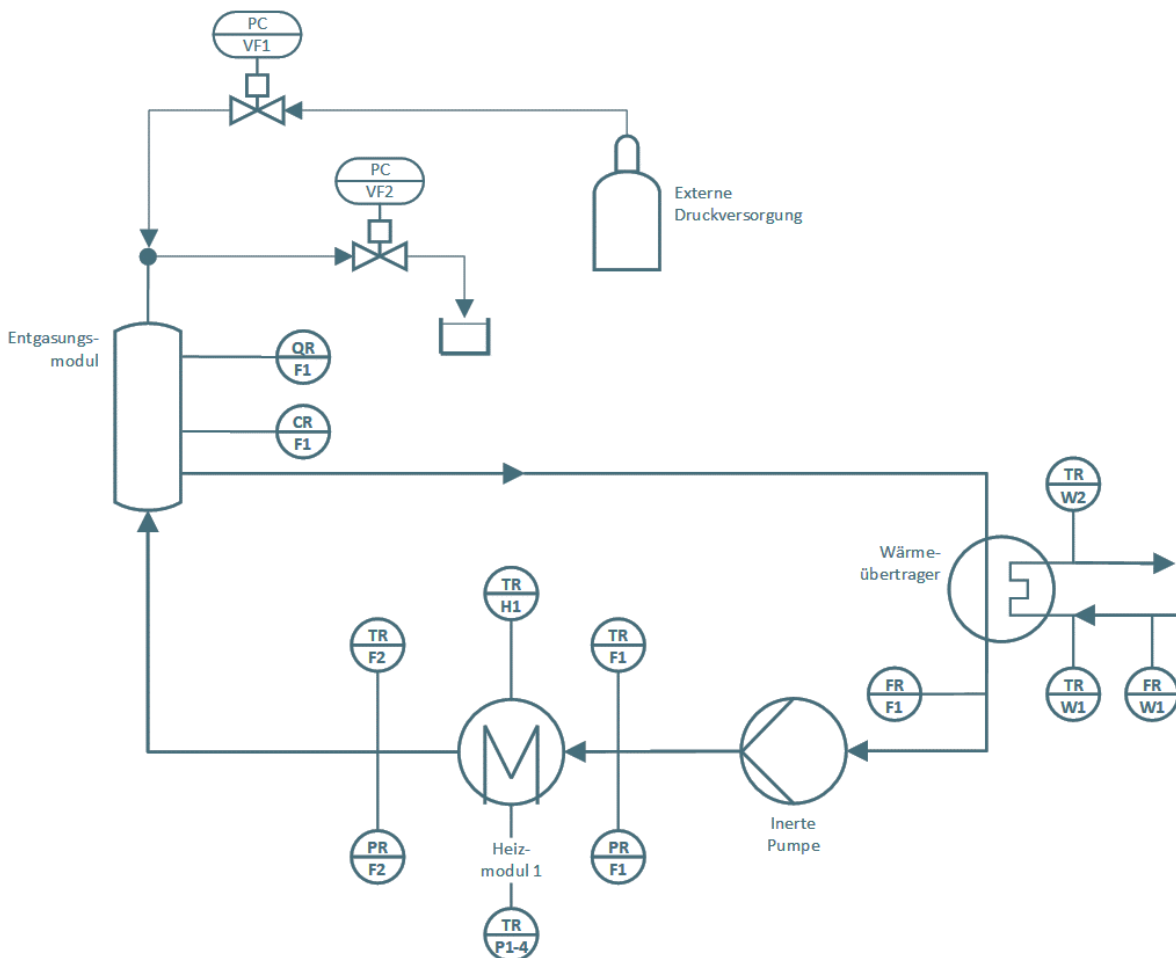


Abbildung 1: Rohrleitungs- und Instrumenten Fließschema (R&I) der strömungsdynamischen Korrosionsprüfanlage (FDC)<sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup> Die nachfolgend beschriebenen Korrosionsprüfungen sind beispielsweise mit einer strömungsdynamischen Korrosionsprüfanlage (FDC) an der Technischen Universität Darmstadt – Zentrum für Konstruktionswerkstoffe- MPA-IfW im Kompetenzbereich Oberflächentechnik des Kompetenzfeldes Betriebsstoffe durchführbar.

Die thermisch-strömungsdynamische Korrosionsprüfanlage (FDC) besteht aus einem Prüfkreislauf (F) sowie einem Kühlwassersystem (W (z.B. Kaltwassersatz oder Laborkühlsystem)).

Die thermisch-strömungsdynamische Korrosionsprüfanlage (FDC) besitzt zwei induktive Durchflusssensoren zur Überwachung des Kühlwassersystems und des pumpengeforderten Kühlmittels. Adjustiert am Prüfstand befinden sich Druck- und Temperatursensoren (TR und PR F1) vor und hinter (TR und PF F2) dem Probenhalter, pH-Wert (QR) und Leitfähigkeitssensor (CR) im Ausgleichsbehälter sowie das Kühlwassersystem (TR W1 und W2, FR W1). Durch die Temperatur- und Drucksensoren kann deren Differenz, welche durch die Probe und dessen Kühlkanal entsteht, ermittelt werden. Die ermittelten Differenzen erlauben eine Beurteilung und Unterscheidung der Degradationen auf der Werkstoffoberfläche der kühlmittelführenden Probenoberfläche im Kühlkanal. Durch die verwendeten Sensoren kann eine „Echtzeitüberwachung“ sichergestellt werden, infolgedessen eine zeitliche Charakterisierung der Degradations- und Korrosionsabläufe sowie deren Kinetik erfolgen kann.

## 6.2 Probenkörper

Die Probenkörper für die thermisch-strömungsinduzierten Degradationsversuche müssen den Abmessungen gem. Abbildung 2 und Werkstoffspezifikationen gem. Anhang 9 entsprechen. Diese Geometrie wird „Komplexkanal oder Water-Spider-Geometrie“ genannt und dient zur Untersuchung überlagerter strömungsdynamischer Einflüsse hinsichtlich des werkstofftechnischen Degradationsverhaltens unter thermisch-korrosiver Beanspruchung. Die gesamte Oberfläche des Kühlkanals einer Probe beträgt 114,4 mm<sup>2</sup> und der Kanaldurchmesser 3,5 mm.

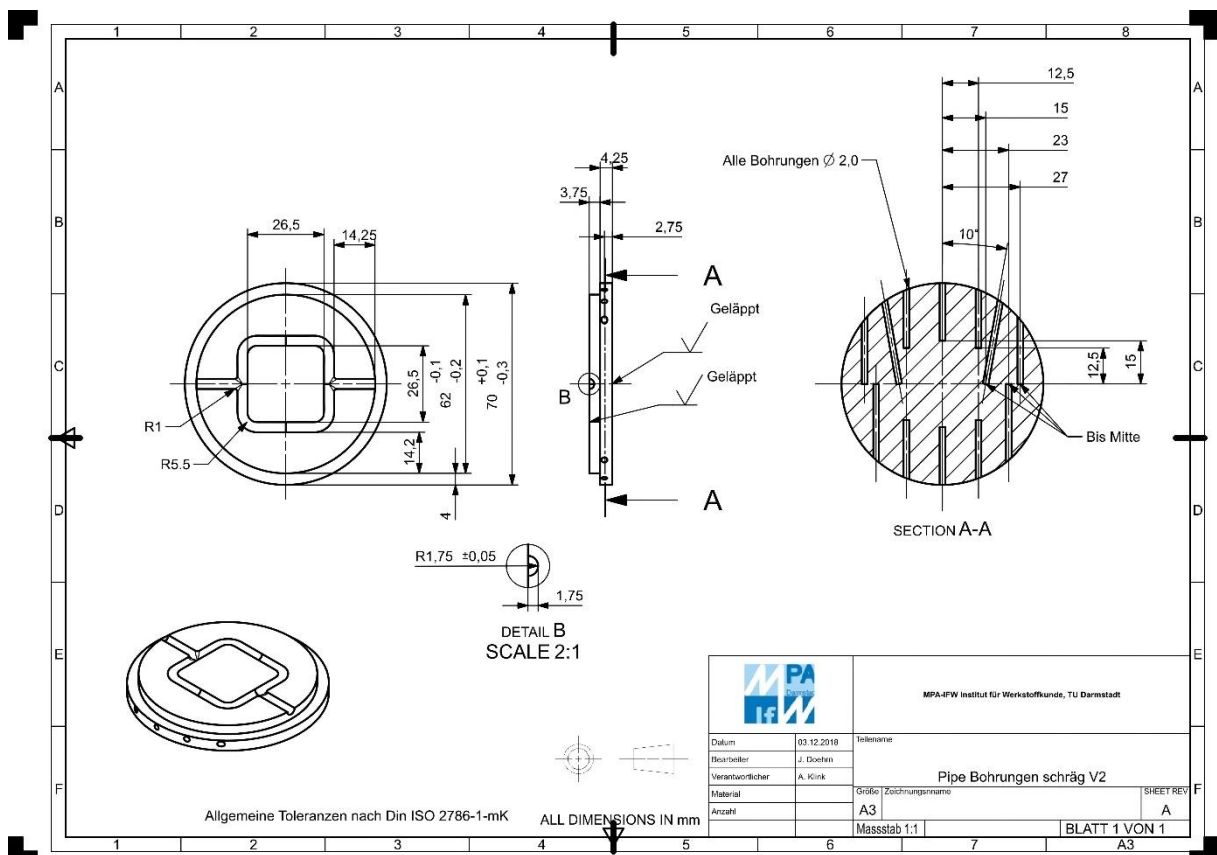


Abbildung 2: Technisch Zeichnung der Probenkörper „Komplexkanal-Geometrie“

Dieser Komplexkanal bildet die relevanten Elementargeometrien im realen Aggregatskreislauf - Verzweigung (Aufprall und Zusammenführung) und Krümmung (Umlenkung) - nach. Zwei Millimeter unterhalb der Kühlkanäle sind Bohrungen zur Implementierung der Temperatursensoren vorhanden, um die Wärmeverteilung sowie Temperaturunterschiede innerhalb der Probe zu erfassen. Die Komplexkanalgeometrie hat insgesamt 12 Bohrungen, von denen mindestens acht Sensoren für eine Kühlmitteluntersuchung herangezogen werden müssen.

### **6.3 Versuchsumfang**

Empfohlen werden mindestens zwei Prüfungen mit unterschiedlichen Wasserqualitäten und Ansatzkonzentrationen:

- a) Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit ionengetauschtem Wasser gem. Anhang 7.1
- b) Prüfung des Kühlmittelzusatzes in Anwendungskonzentration mit synthetisch hartem Wasser gem. Anhang 7.2

### **6.4 Durchführung**

#### **6.4.1 Allgemeines**

Eine aktiv beheizte Heißprobe und eine passiv erwärmte Probe (Gegenprobe) mit der Probengeometrie „Komplexkanal“ werden in die Anlage eingebaut. Die Heißtestuntersuchung wird kontinuierlich (ohne Unterbrechungen) durchgeführt. Für die Fokussierung auf Degradationsphänomene in Abhängigkeit der Prüfbedingungen werden keine wechselnden Prüfzyklen verwendet.

Nach der Probenvorbereitung (Anhang 8.1-8.4), dem Einbau der Proben sowie der Überprüfung der Dichtigkeit der Anlage ist der Versuch gemäß der vorgegebenen Prüfparameter zu starten.

#### **6.4.2 Probeneinbau**

Der Probeneinbau ist in Abbildung 3 dargestellt.

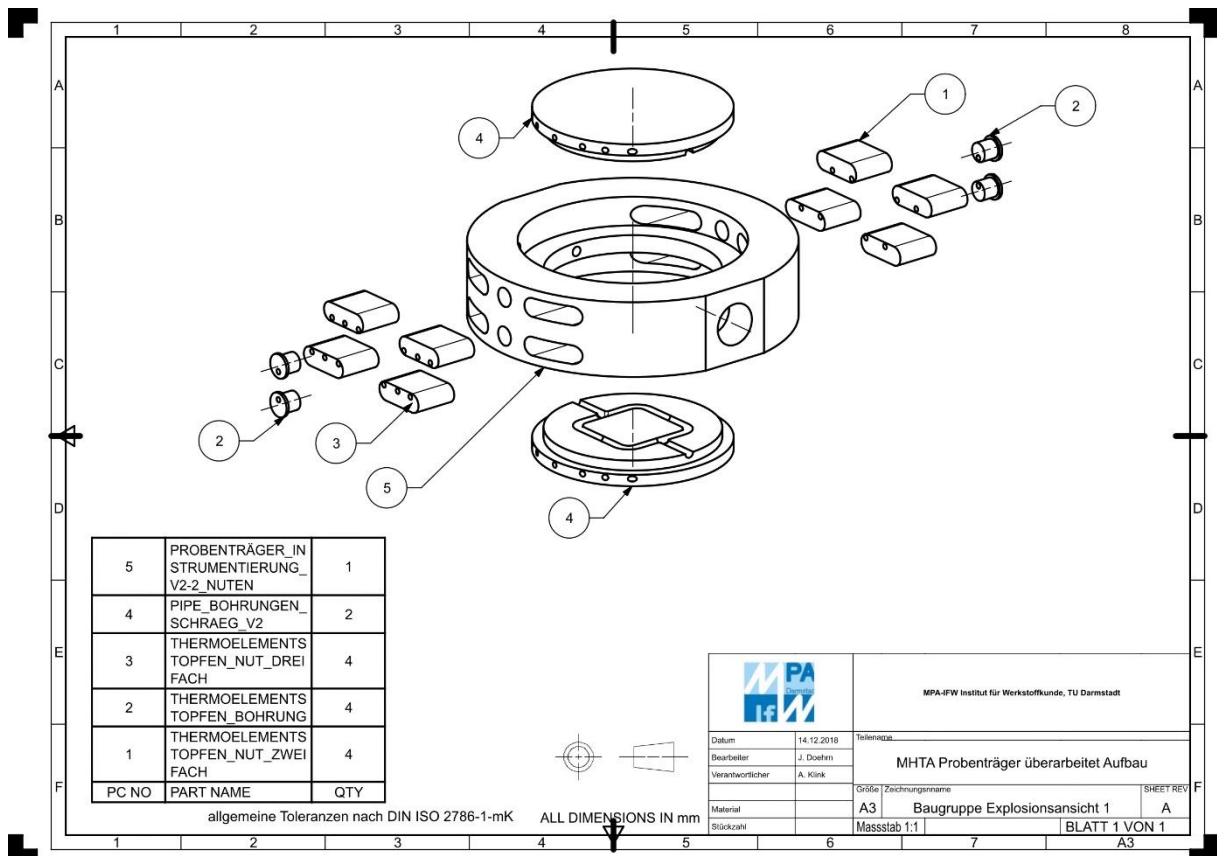


Abbildung 3: Probeneinbau der „Komplexkanalprobe“

### 6.4.3 Versuchsparameter

Die entsprechenden Versuchsparameter können gemäß den anlagensicherheitsbegrenzenden Bereichen variiert werden.

Auf Basis der aktuellen Forschungserkenntnisse wird eine Durchführung mit folgenden Versuchsparameter empfohlen.

Tabelle 1: Versuchsparameter für thermisch- strömungsinduzierte Degradationsversuche

Kühlmittelinhalt	1,2 l
Druck	1,5 bar
Volumenstrom/ Durchfluss	3,2 l/min
Heizleistung	2560 W
Wärmestromdichte	$66 \frac{W}{cm^2}$
Mittlere Vorlauf-Kühlmitteltemperatur	115 °C
Kanal Durchmesser	3,5 mm
Korrosiv beanspruchte Fläche pro Probenhälfte	114,4 mm <sup>2</sup>
Versuchsdauer	40 h

**Hinweis:** Angaben zu Dichte und Dampfdruck des Prüfmediums erforderlich, da die Regelparametrierung des Relativdruckes der Unterdrückung von globalem Sieden dient.

Zur Simulation unterschiedlicher Beanspruchungskollektive sind in den entsprechenden Forschungsstudien die Versuchsparameter von Temperatur und Durchfluss in folgenden Bereichen variiert worden, welche sich für die Bewertung bewährt haben.

*Tabelle 2: Versuchsparameter für thermisch- strömungsinduzierte Degradationsversuche*

Mittlere Vorlauf-Kühlmitteltemperatur	95, 105, 115 [°C]
Volumenstrom/ Durchfluss	2,2, 3,2. 4,3 [l/min]

### 6.4.4 Probenausbau

Nach Versuchsende wird eine Kühlmittelprobe von mindestens 100 ml entnommen und das restliche Kühlmittel abgelassen. Die Probenkörper werden mit Deionat durch eine Spritzflasche abgespült, um die Kühlmittelreste zu entfernen. Anschließend werden die Proben im Trockenschrank bei maximal 80°C für die Dauer von 1h gelagert.

### 6.4.5 Reinigung der Anlage

Das hier beschriebene Verfahren dient der standardisierten Reinigung der Kreislaufanlage.

Für den Spülvorgang wird eine Spülprobe eingebaut, die Anlage wird mit folgenden Medien und deren entsprechenden Zeiten gespült:

- 10 min VE-Wasser
- 20 min 1 Vol.% Natronlauge
- 10 min VE-Wasser
- 30-40 min Essigsäure 10 Vol.%
- 10 min VE-Wasser

Die Natronlauge und Essigsäure können für max. fünf Reinigungsprozesse verwendet werden.

Für die mechanische Reinigung werden alle Rohre der Versuchsanlage abgebaut:

1. Alle Teile werden einzeln mit einer Nylonbürste und Scheuermilch gereinigt
2. Die Rohre werden für 1 h in Natronlauge eingelegt
3. Alle Teile werden mit einer Nylonbürste und Deionat gereinigt
4. Die Rohre werden 24h in Essigsäure eingelegt
5. Alle Teile werden mit einer Nylonbürste und Deionat gereinigt/ gespült
6. Die Rohre werden vor dem Einbau für 24h getrocknet

Sollten nach der Durchführung des beschriebenen Reinigungsverfahrens noch Rückstände aus der vorangegangenen Untersuchung auffindbar sein, ist das Kreislaufsystem gesondert rückstandsfrei zu reinigen.

## **6.5 Auswertung**

### **6.5.1 Allgemeines**

#### **Für die Versuchsproben**

- Ermittlung Gewichtsänderung nach Versuch, nach dem Versuch sowie nach der Reinigung und optionalen Reinigung
- Fotodokumentation nach Versuch nach dem Versuch sowie nach der Reinigung und optionalen Reinigung
- Veränderung der Topographie durch Dokumentation der gesamten und segmentieren Kanaloberfläche vor, nach dem Versuch sowie nach der Reinigung und optionalen Reinigung (siehe Anhang 8,10)
- Temperaturverlauf der einzelnen Probenkörpermessstellen

#### **Für Kühlmittel**

- Temperaturverlauf der einzelnen Kühlmittelmessstellen
- Analytik gemäß Anhang 8.7 vor und nach Versuch
- Dokumentation des zeitlichen Verlaufs von pH-Wert und Leitfähigkeit für die gesamte Versuchslaufzeit

### **6.5.2 Probenkörperauswertung**

Nach dem Ausbau der Proben werden diese mit Deionat durch eine Spritzflasche abgespült, um die Kühlmittelreste zu entfernen. Anschließend erfolgt eine Auslagerung für maximal 1h bei 80°C in einem Trockenschrank und einer Abkühlung mittels Kaltföhn. Eine Zwischenlagerung der Proben im Exsikkator ist bis zur weiteren Probenauswertung zulässig.

Diese Schritte erfolgen für die Probenauswertung:

Dokumentationszustand nach Versuch:

1. Fotografische Dokumentation (Anhang 8.5)
2. Gravimetrische Dokumentation (Anhang 8.1) und Begutachtung der Beläge (Anhang 8.4)
3. Dokumentation der Topographie der gesamten und segmentierten Kanaloberfläche (Anhang 8.3)

Chemische Reinigung und Dokumentation:

4. Chemische Reinigung der Probenkörper (Anhang 8.2)
5. Fotografische Dokumentation (Anhang 8.5)

6. Gravimetrische Dokumentation (Anhang 8.1) und Begutachtung der Beläge (Anhang 8.4)
7. Dokumentation der Topographie der gesamten und segmentierten Kanaloberfläche (Anhang 8.3)

Optionale chemische Nachreinigung:

8. Optionale Reinigung (Anhang 8.2)
9. Fotografische Dokumentation (Anhang 8.5)
10. Gravimetrische Dokumentation (Anhang 8.1) und Begutachtung der Beläge (Anhang 8.4)
11. Dokumentation der Topographie der gesamten und segmentierten Kanaloberfläche (Anhang 8.3)

Optionale metallographische Auswertung und Dokumentation:

12. Optionaler Schliff (Anhang 8.7)
13. Empfohlen: XRD und TOF-Sims

## 7 Anhang A1 Ansatzwasser

### 7.1 Ionengetauschtes Wasser

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

### 7.2 Synthetisch hartes Wasser

Die nachstehend aufgeführten Mengen gelten für Wasser von 1,78 mmol/l ( $10^\circ \text{dGH}$ )<sup>(2)</sup> Gesamthärte.

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

#### 7.2.1 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 ( $13^\circ \text{dNKH}$ ). Dieser Ansatz wird mit ionengetauschtem Wasser so lange verdünnt, bis die durch Titrieren zu bestimmende Härte von  $1,78 \pm 0,089$  mmol/l ( $10 \pm 0,5^\circ \text{dNKH}$ ) erreicht ist.

#### 7.2.2 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  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

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>(3)</sup>.

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

<sup>2</sup> Der Begriff  $^\circ\text{dGH}$  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 dem vorliegenden Leitfaden der Einfachheit und der besseren Handhabung wegen mit angegeben. Die neue Dimension lautet mmol/l oder mol/m<sup>3</sup>, wobei gilt:  $1^\circ \text{dGH} = 0,178 \text{ mol/m}^3$ .

<sup>3</sup> S & S Faltenfilter 595 ½, Ref. No. 10 311 651, Firma Schleicher & Schuell GmbH, Postfach 4, D-37582 Dassel

### 7.2.3 Ansetzen des Wassers von 1,78 mmol/l (10° dGH) Gesamthärte

Die Wässer nach Anlage 7.2.1 und 7.2.2 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 CaCl <sub>2</sub>	0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus CaSO <sub>4</sub>
0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus MgCl <sub>2</sub>	0,2225 mmol/l (1,25 °dNKH) aus MgSO <sub>4</sub>
0,6675 mmol/l (3,75 °dKH) aus Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,2225 mmol/l (1,25 °dKH) aus Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

## 8 Anhang A 2 Dokumentation der Ergebnisse

### 8.1 Wägung von Probenkörpern

Wägegenauigkeit  $\pm 0,1$  mg

Die Wägung der Probenkörper erfolgt vor dem Versuch sowie an den Positionen 2, 8 und 14 der Probenauswertung (siehe Abschnitt 6.5.2):

- Mindestens drei Messungen durchführen, deren Differenz  $< 0,2$  mg ist, ansonsten zwei weitere Messungen durchführen und dann den arithmetischen Mittelwert bilden.

### 8.2 Chemische Reinigung

Für Werkstoff  $\text{AlSi}_6\text{Cu}_4$ : Beschreibung Spülen Trocknen (1. Temperatursensorbohrungen mit Pfeifenreiniger trocknen)

Für Werkstoff  $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$ : Für dafür abweichende Werkstoffe ist ein geeignetes chemisches Reinigungsverfahren zulässig, unter der Voraussetzung, dass es detailliert beschrieben und der Blindabtrag bekannt ist bzw. ermittelt wird. empfohlen wird ein Blindabtrag von  $3,1$  mg bei einer Unsicherheit von  $0,3$  mg.

### 8.3 Topographische Dokumentation des Oberflächenzustandes

Die topographische Aufnahme des Kühlkanals der Probenkörper erfolgt vor dem Versuch sowie an charakteristischen Positionen 3, 9, 15 der Probenauswertung (siehe Abschnitt 6.5.2):

Zur Auswahl stehen die folgenden optischen Analyseverfahren:

**3D Digitalmikroskopie:** Hierbei wird eine 2D und 3D Gesamtübersicht der Probe mit 50-facher Vergrößerung und anschließend bis zu sechs 2D Detailaufnahmen des Kanals mit 200-facher Vergrößerung aufgenommen.

**3D Profilometer:** Hierbei wird eine 3D Gesamtübersicht mit 80-facher Vergrößerung und anschließend bis zu sechs 2D Detailaufnahmen des Kanals mit 120-facher Vergrößerung aufgenommen. Zur Auswertung gehören die Erfassung der Volumina, Linienrauheit und Höhen/Tiefenprofilschnitte für die Proben vor Versuch, nach Versuch und nach chemischer Reinigung. (Empfohlen)

### 8.4 Beschreibung des Oberflächenzustandes der Rundproben

Die optische Begutachtung der Proben erfolgt vor dem Versuch sowie an den genannten Stellen 2, 8 und 14 der Probenauswertung (siehe Abschnitt 6.5.2). Für den Kanal und die übrige Probenoberfläche müssen folgende Bewertungen durchgeführt werden:

- Art und Grad der Belagsbildung bzw. Schädigung
- Struktur der Belegung
- Überströmungen außerhalb des Probenkanals

### **8.5 Fotografische Dokumentation des Oberflächenzustandes**

Die Fotografie der Probenkörper liefert einen gesamten Überblick über die Probe, dabei werden alle Proben mit den gleichen Einstellungen (Belichtung, Belichtungsdauer, Vergrößerung, etc.) und der gleichen Ausrichtung aufgenommen.

### **8.6 Massenabtrag**

Für alle untersuchten Probenkörper ist der Masseabtrag (Differenz zur Probenmasse vor Versuchsbeginn) in folgenden Zuständen zu dokumentieren:

1. Nach Versuchsende
2. Nach Reinigung der Probenkörper
3. Nach optionaler Nachreinigung der Probenkörper

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.

### **8.7 Metallographische Dokumentation mittels eines Schliffes**

An ausgewählten Proben können Schliffe erstellt werden, um das Gefüge sowie mögliche Korrosion bzw. Schichtbildung zu charakterisieren. Dabei wird der Einfluss der Temperatur sowie der Strömungsgeschwindigkeit ersichtlich.

### **8.8 Dokumentation der Prüfflüssigkeit**

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

1. Optische Veränderungen
2. Filtrierung der Sedimente / Feststoffe (Gravimetrie, Größe, Analytik etc.)
3. Änderung von Leitfähigkeit, pH-Wert, Dichte, Volumenkonzentration, Alkalireserve, Kühlmittelbestandteile (u.a. organische und anorganische Inhibitoren, Degradationsprodukte, Korrosionsprodukte) und deren Menge

### **8.9 Dokumentation des Temperaturverlaufes der beheizten Probe**

Der Temperaturverlauf der beheizten Probenkörper und der beiden Heizungen ist über den gesamten Versuchsverlauf zu dokumentieren. Die Temperatursensoren in dem Probenkörper sind 2 mm unterhalb des Kühlkanals und ermöglichen die Aufnahme der Temperaturänderungen in Abhängigkeit der Strömung sowie deren Elementargeometrien.

## **9 Anhang A 3 Spezifikation der Probenwerkstoffe**

### **9.1 Eisenwerkstoffe**

#### **9.1.1 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

#### **9.1.2 RRSt 14.05 Wk-Nr. 1.03386 05 DIN 1623**

#### **9.1.3 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)**

**Hinweis:** Unter den aktuellen beschriebenen Versuchsparametern Kap. 6.4.3 nicht umsetzbar. Es bedarf einer individuellen Anpassung hinsichtlich der Wärmezufuhr in der Aufheizphase, da Grauguss eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit besitzt.

### **9.2 Aluminiumwerkstoffe**

#### **9.2.1 EN AC-AI Si6Cu4 (AlSi<sub>6</sub>Cu<sub>4</sub>)**

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

#### **9.2.2 EN AC-AI Si10Mg (AlSi<sub>10</sub>Mg) T6**

## 10 Anhang A 4 Reinigungschemikalien

### 10.1 Salpetersäure

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

H/P-Sätze:	a) H: 290-331-314 EUH071 P: 280-301+330+331-303+361+ 353-304+340-305+351+338-310 b) H: 290-314 P: 280-303+361+353-305+351+ 338-310
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.
<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.	

### 10.2 Salzsäure

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

H/P-Sätze:	H: 290-315-319-335 P: 280-303+361+353-305+351+338+310
MAK-Werte:	8 mg/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Konzentrierte Salzsäure ist eine 37%-ige Lösung von Chlorwasserstoff in Wasser.
<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.	

### 10.3 Essigsäure

- a) 100 Vol.-%ige Essigsäure (Ethansäure – CH<sub>3</sub>COOH) p.a.  
 b) 1 Vol.-%ige Essigsäure

H/P-Sätze:	a) H: 226-H314 P: 210 P280 P301+P330+P331 P303+P361+P353 305+P351+P338 P310 b) unbedenklich
MAK-Werte:	25 mg/m <sup>3</sup> bzw. 10 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Essigsäure ist eine farblose, hygroskopische Flüssigkeit mit stechendem Geruch.
<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.	

### 10.4 Ameisensäure

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

H/P-Sätze:	H: 315-319 P: 264-280-302+352-305+351+338-337+313
MAK-Werte:	5 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Methansäure ist eine farblose und klare Flüssigkeit mit stechendem Geruch.
<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.	

**10.5 Petroleumbenzin**

H/P-Sätze:	H: 225-304-315-336-350-411 P: 210-243-280-301+310-301+330+331-403+233-501
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.
<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.	

**10.6 Aceton**Aceton (Propanon – CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>)

H/P-Sätze:	H: 225-319-336 EUH066 P: 210-240-305+351+338-403+233
MAK-Werte:	500 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Propanon ist eine klare farblose Flüssigkeit mit aromatischem Geruch
<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.	

**10.7 1-Wertige Alkohole**Ethanol (Ethylalkohol - C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) absolut (mit 1 % Petrolether vergällt)

H/P-Sätze:	H: 225-319 P: 210-240-305+351+338-403+233
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
<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.	

**10.8 Propargylalkohol**

Propargylalkohol (2-Propin-1-ol)

H/P-Sätze:	H: 226-331-311-301-314-411 P: 261-273-280-301+310-305+351+338-310
MAK-Werte:	2 ml/m <sup>3</sup>
Eigenschaften:	Giftige, farblose, entzündliche Flüssigkeit mit angenehmem Geruch. Von dem Stoff gehen akute oder chronische Gesundheitsgefahren aus. Der Stoff kann über die Haut aufgenommen werden. 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.
<b>Hinweise zum sicheren Umgang:</b> 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.	

**10.9 Natronlauge**

1 Vol.-%ige Natronlauge als alkalische Lösungen von Natriumhydroxid (NaOH) in Wasser

H/P-Sätze:	H: 290-315-319 P: 280-302+352-305+351+338-332+313-337+313
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>	



Science for a  
moving society

© 2023 FVV – Frankfurt am Main

Das Urheberrecht an diesem Bericht mit sämtlichen Beilagen verbleibt der FVV. Ohne schriftliche Genehmigung der FVV darf der Bericht weder kopiert noch vervielfältigt werden.

Die FVV übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, without the written permission of the FVV.*

*The FVV assumes no legal liability or responsibility for the correctness, accuracy and completeness of the information or for the observance of third-party rights.*

**FVV e.V.**

Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main  
Deutschland

T +49 69 6603 1345

F +49 69 6603 2345

info@fvv-net.de

www.fvv-net.de

