

Technische Anweisung 2740

Kühl- und Heizwasserqualität

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
1.1	Versionsstand.....	2
1.2	Bemerkungen	2
1.3	Geltungsbereich	2
1.4	Anwendungsbereich und Ziel	2
2.	Begriffserklärung	3
2.1	Begriffe und Definitionen	3
2.2	Abkürzungen	5
3.	Ursachen wasserseitiger Steinbildung und Korrosion	6
4.	Wasseraufbereitungstechnik, Konditionierstoffe, Analysen ..	9
4.1	Enthärtung mittels Kationenaustauscher (meist Natrium)	10
4.2	Teil- oder Vollentsalzung mittels Ionenaustauscherkombination.....	10
4.3	Umkehrosmose	10
4.4	Wasseranalysen und spezielle Konditionierstoffe.....	11
5.	Richtwerte für Kühl- und Heizwasserqualität	12
6.	Kombinierte Frost-/ Korrosionsschutzmittel	15
6.1	Frostschutzmittel für MTU- und LIEBHERR-Motoren	16
7.	Entlüftung und Druckhaltung	18
7.1	Korrekte Anlagenentlüftung	18
7.2	Druckhaltung durch MembranausdehnungsgefäÙe.....	19
8.	Gewährleistung.....	20
9.	Bezugsadresse Frostschutzmittel.....	20

1. Einleitung

1.1 Versionsstand

Version	Datum	Kommentar	Bearbeiter
001	30.11.2011	Ersterstellung	M. Dorn
002	27.06.2012	Neues Logo	D. Lesniak
003	25.08.2015	Inhalt und Text überarbeitet	M. Dorn
004	07.11.2016	TECTROL COOLPROTECT hinzu SCHNELL Motoren AG >> GmbH	R. Müller
005	20.03.2018	SCHNELL PROTECT COOLANT	R. Müller
006	25.04.2018	MTU-/LIEBHERR Motoren SCHNELL PROTECT COOLANT	R. Müller
007	14.03.2019	TEDOM SCHNELL GmbH	R. Müller

1.2 Bemerkungen

Zur Vermeidung / Verringerung von Schäden und deren Folgeerscheinungen an Warmwasser-Heizungsanlagen und Kühlwassersystemen von TEDOM SCHNELL-BHKW, infolge von Steinbildung (meist Kalkablagerungen) und Korrosion, werden in dieser technischen Anweisung verbindliche Empfehlungen bezüglich der spezifischen Anforderungen an die Beschaffenheit des jeweiligen Füll-, Ergänzungs- und Kreislaufwassers festgelegt.

1.3 Geltungsbereich

Diese technische Anweisung gilt in der gesamten TEDOM SCHNELL GmbH sowie für alle Partnerunternehmen, Kunden und deren beauftragte Fachbetriebe.

1.4 Anwendungsbereich und Ziel

Die vorliegende technische Anweisung gilt für geschlossene BHKW-Kühlwassersysteme und Warmwasser-Heizungsanlagen mit einer maximalen Betriebstemperatur von 105 °C (nach DIN EN 12828), im unter „Geltungsbereich“ angegebenen Personen- oder Zuständigkeitskreis. In ihr werden verbindlich einzuhaltende Richt- und Grenzwerte für die Beschaffenheit des jeweiligen Füll-, Ergänzungs- und Kreislaufwassers für alle TEDOM SCHNELL-BHKW festgelegt, die im Bedarfsfall auch nachzuweisen sind.

Für Industrie-, Nah- und Fernwärmenetze gelten die einschlägigen Empfehlungen des VdTÜV Merkblatts TCh 1466 oder AGFW-Arbeitsblatts FW 510, welche inhaltlich nur auszugsweise Teil dieser technischen Anweisung sind und daher in Verbindung mit Wärmenetzen gesondert beachtet werden müssen. In diesen Fällen gelten für den Teil der Warmwasser-Heizungsanlage bis zur Übergabestelle (generell ist hier eine Systemtrennung vorzusehen) die in den weiteren

Kapiteln angegebenen Richt- und Grenzwerte. Für das Kreislaufwasser in vorge-nannten Wärmenetzen sind die Empfehlungen des obigen Merk- oder Arbeits-blatts anzuwenden.

Soll die Warmwasser-Heizungsanlage mit einer Trinkwassererwärmungsanlage nach DIN 4753 kombiniert werden, sind zudem die Anforderungen zum Schutz des Trinkwassers nach DIN 1988-100 und DIN EN 1717 zu beachten.

Die vorliegende Anweisung basiert auf den gängigen Regelwerken des VdTÜV-Merkblatts TCh 1466 und der VDI-Richtlinie 2035 Blatt 1 + 2 und wurde entspre-chend den spezifischen Anforderungen für TEDOM SCHNELL-BHKW ange-passt.

Ziel ist generell die Verringerung oder Vermeidung von Anlagenschäden infolge von Steinbildung, hauptsächlich verursacht durch Calcium- und Magnesiumcar-bonat-Ablagerungen (CaCO_3 bzw. MgCO_3), und/oder kreislaufwasserseitiger Korrosion.

2. Begriffserklärung

2.1 Begriffe und Definitionen

Begriff	Definition
Alkalisierung	Anhebung des pH-Wertes mittels geeigneter Chemikalien
Anlagendruck	Am Einbindepunkt der Druckhaltung (meist Membranausdehnungsgefäße, MAG) gemessener Überdruck.
aufbereitetes Wasser	(Teil-) enthärtetes oder (teil-) entsalztes Rohwasser, dem noch <u>keine</u> Che-mikalien zugesetzt wurden.
behandeltes Wasser	Rohwasser oder aufbereitetes Wasser, dem Chemikalien zugesetzt wurden (z. B. Frost- und/oder Korrosionsschutzmittel, Alkalisierungszusätze, Sauer-stoff-/ Härtebindemittel, etc.).
Betriebsüberdruck	Der am jeweiligen Ort des Kühlwassersystems oder der Warmwasser-Heizungsanlage gemessene wasserseitig vorherrschende Druck, relativ zur Umgebung.
Carbonathärte	Summe der Konzentrationen aller gelösten Erdalkalien, die an Carbonat-ionen (HCO_3^-) gebunden sind und bei Temperaturen $< 100\text{ °C}$ zu so ge-nannter Wassersteinbildung führen können.
elektrische Leitfähigkeit	Maß für die Fähigkeit eines Stoffes elektrischen Strom leiten zu können. Die Bestimmung des Salzgehaltes erfolgt in der Regel durch Bestimmung dieser Größe, wobei alle dissoziierten (gespaltenen) Bestandteile des zu untersu-chenden Mediums eingehen (Basen, Säuren, Salze). Die elektrische Leitfä-higkeit wird in der Wasserchemie stets auf 25 °C bezogen und in der Einheit $\mu\text{S/cm}$ angegeben.
Enddruck	Ansprechüberdruck des Sicherheitsventils abzüglich einer Öffnungsdruckdif-ferenz von 10 %. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass das Sicherheitsventil bereits vor Erreichen des Ansprechüberdrucks öffnen kann.
enthärtetes Wasser (Weichwasser)	Aufbereitetes Wasser, das aus durch Ionenaustausch von Erdalkalien befrei-tem Rohwasser gewonnen wird.

Begriff	Definition
Erdalkalien	Hauptsächlich Calcium- und Magnesiumionen, die als gelöste anorganische Salze im Roh-, Füll-, Ergänzungs- und Kreislaufwasser vorliegen und zur Härtebelagsbildung führen können.
Ergänzungswasser	Rohwasser, aufbereitetes oder behandeltes Wasser, das je nach Anforderungen an die Beschaffenheit des entsprechenden Kreislaufwassers nach der erstmaligen Befüllung für jede Nachspeisung verwendet wird.
Fernwärme / Nahwärme	Nach AVBFernwärmeV Wärme beliebiger Herkunft, die mit Hilfe eines Trägermediums gewerblich aufgrund eines Vertrages gegen Entgelt geliefert wird.
Füllwasser	Rohwasser, aufbereitetes oder behandeltes Wasser, das je nach Anforderungen an die Beschaffenheit des entsprechenden Kreislaufwassers zur <u>erstmaligen</u> Befüllung des jeweiligen Systems verwendet wird.
Gesamthärte (= Summe Erdalkalien)	Summe der Konzentrationen aller gelösten Erdalkalien im jeweiligen Roh-, Füll-, Ergänzungs- oder Kreislaufwasser, die zu entsprechender Härtebelagsbildung führen können. Für die Umrechnung der heute gültigen Einheit mol/m ³ in die früher und auch heute noch gängige Einheit °dH (Grad deutsche Härte) gilt: 1 mol/m ³ = 1 mmol/l = 5,6 °dH
Heizwasser	In Warmwasser-Heizungsanlagen zirkulierendes Kreislaufwasser.
Kreislaufwasser	In Kühlwassersystemen oder Warmwasser-Heizungsanlagen zirkulierendes, ggf. behandeltes, Kühl- oder Heizwasser, wobei das verwendete Füll- und Ergänzungswasser aufbereitet sein kann.
Kühlwasser	In Kühlwassersystemen zirkulierendes Kreislaufwasser.
Nicht-Carbonathärte	Summe der Konzentrationen aller gelösten Erdalkalien, die nicht an Carbonat-Ionen, sondern an Sulfat- (SO ₄ ²⁻) oder Chlorionen (Cl ⁻) gebunden sind und zu so genannter Kesselsteinbildung führen können.
pH-Wert	Maßzahl für die saure, neutrale oder alkalische Reaktion des Kreislaufwassers. Bezogen auf eine Temperatur von 25 °C reicht die pH-Skala von 0 - 14, wobei gilt: pH < 7 → sauer pH = 7 → neutral pH > 7 → alkalisch
Resthärte	Die nach der Enthärtung noch vorhandene Härte bezeichnet man als Resthärte.
Rohwasser	Das als Füll- und Ergänzungswasser zur Verfügung stehende Wasser (in den meisten Fällen Trinkwasser des örtlichen Wasserversorgers), welches je nach Beschaffenheit gesondert aufbereitet werden muss.
Steinbildung	Bildung von Belägen auf der Wasserseite von Rohrleitungen, Armaturen, Wärmeüberträgern oder sonstigen Systemkomponenten in Kühl- oder Heizkreisläufen, die unter Anderem zur Beeinträchtigung des Wärmeübergangs vom Medium auf die Wandung und somit zu Wärmeübertragungsverlusten führen können. Mechanisches Versagen durch z. B. Rissbildung, aufgrund partieller Überhitzung des Wärmeübertragers wegen fehlender Wärmeabfuhr kann letztlich die Folge sein. Die Beläge bestehen aus Wasserinhaltsstoffen, im Wesentlichen aber aus Calciumcarbonat.

Begriff	Definition
teilentsalztes Wasser	Aufbereitetes Wasser, das aus durch Ionenaustausch von dissoziierten wasserlöslichen Stoffen befreitem Rohwasser gewonnen wird, gekennzeichnet durch eine elektrische Leitfähigkeit < 20 µS/cm und einen Kieselsäuregehalt < 0,5 mg/l.
Unmittelbare (direkte) Beheizung	Abgabe der Wärme des Energieträgers vom Brennraum durch die Wandung unmittelbar an das zu erwärmende Kreislaufwasser.
vollentsalztes Wasser	Aufbereitetes Wasser, das aus durch Ionenaustausch von dissoziierten wasserlöslichen Stoffen befreitem Rohwasser gewonnen wird, gekennzeichnet durch eine elektrische Leitfähigkeit < 0,2 µS/cm und einen Kieselsäuregehalt < 0,02 mg/l.
Vorlauftemperatur	Temperatur, die bestimmungsgemäß am kreislaufwasserseitigen Austritt eines Wärmeerzeugers auftritt.
Wasseraufbereitung	Maßnahme zur Entfernung von Feststoffpartikeln, wasserlöslichen Stoffen (Salze) oder Gasen aus dem Roh-, Füll-, Ergänzungs- oder Kreislaufwasser.

2.2 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
BHKW	Blockheizkraftwerk
Erg.-Wasser	Ergänzungswasser
ggf.	gegebenenfalls
i.d.R.	in der Regel
MAG	Membranausdehnungsgefäß
SV	Sicherheitsventil
WVU	Wasserversorgungsunternehmen

3. Ursachen wasserseitiger Steinbildung und Korrosion

In Kühlwassersystemen und Warmwasser-Heizungsanlagen kann es durch eine Vielzahl von unterschiedlichen negativen Ursachen und Einflüssen zur Bildung von Ablagerungen (Härte, Schlämme, Biofilme, etc.) oder kreislaufwasserseitiger Korrosion in den jeweiligen Systemen kommen.

Die dadurch verursachten Auswirkungen können unter Umständen, je nach Beschaffenheit des Kreislaufwassers, von lediglich geringen Wärmeübertragungsverlusten bis hin zu kompletten Anlagenausfällen, aufgrund nicht mehr abführbarer Wärmeleistung durch starke Härtebelagsbildung bzw. Verstopfung der wasserführenden Kanäle und Leitungen, reichen. Zudem sind Schäden infolge verschiedenster Korrosionsvorgänge (z. B. Flächen-, Lochfraß- oder Bimetallkorrosion) möglich, die entsprechend der Intensität und Dauer dieser Reaktionen, bis hin zu einer nahezu kompletten Zersetzung des Rohrleitungsmaterials oder von Armaturen führen können. Teure und aufwendige Reparatur- und Sanierungsmaßnahmen können die Folge sein.



Starke Korrosion an einem Thermostatgehäuse aus Aluminium infolge eines zu hohen pH-Wertes und zu geringer Frostschutzmittelkonzentration



Korrosion im gesamten Rohrleitungsnetz der Warmwasser-Heizungsanlage durch zu niedrigen pH-Wert des Heizwassers. Die Rostpartikel setzen sich vorzugsweise an Orten mit nur geringer Strömungsgeschwindigkeit ab.

Als Ursache hierfür kann zum einen nicht ausreichende Roh-, Füll- oder Ergänzungswasserqualität verantwortlich sein, welche je nach Beschaffenheit unterschiedlich hohe Konzentrationen an Erdalkalien oder korrosiver Bestandteile (z. B. Chloride oder Sulfate) mit sich bringt. Diese können bei nicht ausreichender Wasseraufbereitung vor jeder Befüllung letztlich in das Kühlwassersystem oder in die Warmwasser-Heizungsanlage eingetragen werden und dort zu vorgenannten Schäden führen.

Zum anderen spielt die Konzentration des gelösten und freien Sauerstoffs im zirkulierenden Kreislaufwasser eine wesentliche Rolle für die Korrosionswahr-

scheinlichkeit in geschlossenen Systemen. Dieser gelangt hauptsächlich durch die Verwendung von nicht diffusionsdichten Rohrleitungswerkstoffen (z. B. Kunststoffrohre oder Schläuche) oder nicht korrekt dimensionierten und gewarteten Druckhaltesystemen (i.d.R. durch MAG) in entsprechenden Mengen in das System. Die Art und Durchführung der Anlagenentlüftung nach jeder Neu- oder Teilbefüllung ist zudem von enormer Bedeutung.

Der Sauerstoffeintrag ist bei korrekt durchgeführter Anlagenentlüftung, durch Erst-, Teil- und Neubefüllungen, sowie Nachspeisemengen, i.d.R. so gering, dass daraus kein Korrosionsschaden entsteht.

Die richtige Auswahl und Kombination der verwendeten Rohrleitungsmaterialien und Armaturen spielt in Hinsicht auf die Korrosionswahrscheinlichkeit und Ablagerungsbildung im System ebenfalls eine entsprechend große Rolle, um Schäden von vorn herein vorbeugen zu können.

Nicht verwendet werden dürfen generell in Kühlwassersystemen oder Warmwasser-Heizungsanlagen innenverzinkte Rohre oder Rohrleitungselemente (Bögen, T-Stücke, etc.), da sich das Zink sowohl in Verbindung mit eventuell nötigen ethylenglykolhaltigen Frost- und Korrosionsschutzmitteln zersetzen und auf Oberflächen als gelartiger Belag absetzen kann, als auch durch das Kreislaufwasser hinterspült und als Ganzes (in Form von Abplatzungen) abgelöst wird. Armaturen und sonstige Rohrleitungselemente aus Messing, müssen entzinkungsbeständig sein.

 **VORSICHT****Zink kann mit ethylenglykolhaltigen Frost- und Korrosionsschutzmitteln reagieren!**

- Beschädigung von Rohrleitungselementen und Armaturen.
- Verstopfung von Schmutzfängern.
- Geringere Kühlleistung bzw. Wärmeübertragung durch Belagbildung.
- Keine innenverzinkten Rohre und Rohrleitungselemente, sowie nicht-entzinkungsbeständige Materialien verwenden.

Insbesondere auf den Wärmeübertragungsflächen direkt beheizter Wärmeübertrager (z. B. Motor, Abgaswärmetauscher, etc.) kann es durch hohe Wandtemperaturen, bei Vorhandensein von Härtebildnern, zu massiven Ablagerungen an den heißesten Stellen kommen, die bei entsprechender Schichtdicke zu örtlicher Überhitzung und letztlich zu mechanischen Schäden (z. B. Spannungsrissbildung, etc.) führen können. Eine korrekte Wasseraufbereitung oder Behandlung ist daher unabdingbar.



Ausgeprägte Härtebelagsbildung am Abgaseintritt eines Abgaswärmetauschers durch unzureichend enthärtetes Füll- und Ergänzungswasser



Härtebelagsbildung auf den Wärmeübertragungsflächen eines Abgaswärmetauschers

4. Wasseraufbereitungstechnik, Konditionierstoffe, Analysen

Je nach Beschaffenheit des Roh- oder Kreislaufwassers sind geeignete Maßnahmen für deren Aufbereitung und ggf. Behandlung zu ergreifen, um die Qualität des Füll-, Ergänzungs- und Kreislaufwassers gemäß den in dieser Anweisung aufgeführten Empfehlungen und Grenzwerten sicherzustellen. In Verbindung mit Trinkwassererwärmungsanlagen, sowie bei der Befüllung von Nah- oder Fernwärmenetzen, sind die im Kapitel 1.4 Anwendungsbereich und Ziel genannten Normen und Richtlinien zu beachten und einzuhalten.

Folgende Wasseraufbereitungstechniken werden in der Praxis angewandt:

- Enthärtung mittels Kationenaustauscher (meist Natrium)
- Teil- oder Vollentsalzung mittels Ionenaustauscherkombination
- Umkehrosmose

Sämtlichen Wasseraufbereitungsanlagen ist generell ein Feinfilter gemäß entsprechender Herstellervorschrift vorzuschalten, der ein Zusetzen der feinporigen Austauscherharze verhindert.

Um die jeweils einzuhaltende Wasserqualität zu erzielen, können auch nur Teilmengen des Füll- und Ergänzungswassers mittels der verschiedenen Wasseraufbereitungstechniken gewonnen und mit Rohwasser verschnitten werden. Als Basis für diese Entscheidung ist stets eine ausführliche Wasseranalyse des örtlichen Wasserversorgungsunternehmens anzufordern (wird von den WVU regelmäßig vorgenommen und bei Bedarf auf Anfrage zur Verfügung gestellt), anhand derer die nötigen Aufbereitungsmaßnahmen zu bestimmen sind.

HINWEIS

Regenwasser ist zur Befüllung von Kühlwassersystemen und Warmwasser-Heizungsanlagen generell ungeeignet und darf daher nicht verwendet werden. Soll Brunnenwasser zum Einsatz kommen, muss dieses nachweislich den Vorgaben der jeweils gültigen nationalen Trinkwasserverordnung und zusätzlich den in dieser Anweisung genannten Richtwerten entsprechen. Des Weiteren sollte die Verwendung von destilliertem oder vollentsalztem Wasser nur bis zur Erreichung der geforderten elektrischen Leitfähigkeit des Kreislaufwassers zugesetzt werden, da bei ausschließlicher Verwendung dieser reinen Wässer als Füll- und Ergänzungswasser, Rohrleitungsmaterialien wie Kupfer, Messing, Rotguss, etc. zu Versprödung neigen. Zusätzlich sind entsprechend befüllte Anlagen häufiger zu kontrollieren und mittels geeigneter Korrekturchemikalien einzustellen. An dieser Stelle wird daher von der alleinigen Verwendung von destilliertem oder vollentsalztem Wasser abgeraten.

4.1 Enthärtung mittels Kationenaustauscher (meist Natrium)

Die im aufzubereitenden Rohwasser enthaltenen Härtebildner (Calcium- und Magnesium-Verbindungen) werden durch Ionenaustausch in nicht-härtebildende Natrium-Verbindungen umgewandelt. Die Ionenaustauscherharze haben dabei aber nur eine begrenzte Kapazität und müssen nach deren Erschöpfung jeweils regeneriert werden.

4.2 Teil- oder Vollentsalzung mittels Ionenaustauscherkombination

Bei dieser Art der Wasseraufbereitung wird eine Kombination verschiedener Ionenaustauscher eingesetzt, die vom aufzubereitenden Rohwasser nacheinander durchströmt werden. In erster Instanz werden alle positiv geladenen Elemente (Kationen) durch Wasserstoffionen H^+ ersetzt. Der zweite Austauscher ersetzt nun die im Wasser gelösten negativ geladenen Elemente (Anionen) durch OH^- -Gruppen. Als Folge dieser beiden Vorgänge entsteht aufbereitetes Wasser in Form von reinem H_2O . Die in den Austauscherharzen angelagerten Ionen müssen beim Erreichen der Austauscherkapazität jeweils mittels geeignetem Regeneriermittel entfernt werden. Dies wird in der Regel vom Hersteller vorgenommen, da die dazu benötigten Chemikalien im Handel nicht ohne Weiteres in größeren Mengen verfügbar sind und entsprechende Ausrüstung und Sicherheitseinrichtungen benötigt werden.

Das nun teilentsalzte Wasser (Leitfähigkeit $\sim 5 - 10 \mu S/cm$, pH-Wert ~ 7) kann durch Nachschaltung eines weiteren Mischbett-Austauschers, indem sowohl Kationen- als auch Anionenaustauscher miteinander gemischt vorliegen, bei Bedarf noch von den restlichen Salzmengen befreit werden. Auf diesem Wege ist aufbereitetes Wasser mit einer Leitfähigkeit $< 0,2 \mu S/cm$ zu gewinnen.

4.3 Umkehrosmose

Als rein mechanisches Trennverfahren wirkt die Umkehrosmose wie ein molekulares Sieb, das nur entsprechend kleine Moleküle, in diesem Fall hauptsächlich reines Wasser, durch eine Membran lässt. Alle anderen Rohwasserbestandteile (gelöste Salze, Bakterien, Viren, etc.) werden zurückgehalten und als Konzentrat abgegeben. Um den Vorgang der Umkehrosmose ablaufen lassen zu können, ist das Rohwasser mit entsprechend großem Druck zu beaufschlagen. Meist reicht hier aber der Druck im Trinkwassernetz aus, um ausreichend große Permeatmengen erzeugen zu können. Dem Umkehrosmose-Modul ist dabei stets ein Kationenaustauscher vorzuschalten, der die Härtebildner durch Natrium-Verbindungen ersetzt, um Ablagerungen auf der Membran zu vermeiden.

4.4 Wasseranalysen und spezielle Konditionierstoffe

Aus den in den vorigen Kapiteln genannten Gründen kann zusammenfassend gesagt nur eine regelmäßige Analyse des jeweiligen Kreislaufwassers auf Dauer schwerwiegenden Schäden wirksam vorbeugen. Mittels dieser Untersuchungsergebnisse kann auch über eine eventuell nötige Dosierung von speziellen Wasseraufbereitungskemikalien im Einzelfall entschieden werden. Dies sind in den meisten Fällen Sauerstoffbindemittel auf Basis von Natriumsulfit, Alkalisierungs- und Resthärtebindemittel (meist Trinatriumphosphat) und spezielle Korrosionsinhibitoren für Mischinstallationen im Heizungsbereich. Die vorgenannten Stoffe können auch in Kombination eingesetzt werden, wobei aber stets die Verträglichkeit der verschiedenen Dosierstoffe miteinander zu überprüfen ist. Sinnvoll ist in diesen Fällen die Verwendung von Produkten eines Herstellers oder fertiger Dosierstoffmischungen, die bereits die verschiedenen Inhaltsstoffe in entsprechender Menge enthalten.

Aufgrund der Eigenalkalisierung des Kreislaufwassers, durch CO₂-Ausgasung infolge chemischer Zersetzungsprozesse, kann insbesondere bei salzhaltiger Fahrweise nach Erst- oder Teilbefüllungen auf eine sofortige Anhebung des pH-Wertes des Kreislaufwassers verzichtet werden. Sollte jedoch der pH-Wert nach ca. drei Wochen Betrieb noch deutlich unter 8,2 liegen, so wird eine erneute Kontrolle des pH-Wertes nach acht bis zwölf Wochen empfohlen. Je nach Untersuchungsergebnis kann dann eine entsprechende Zudosierung von Korrekturchemikalien erforderlich werden.

HINWEIS

Wasseranalysen und Empfehlungen zu Aufbereitung bzw. Dosierung von Hilfsstoffen sollten nur von entsprechenden Fachbetrieben mit Erfahrung in diesem Bereich durchgeführt werden. Eine Über- bzw. Unterdosierung ist auch hier generell zu vermeiden, da dadurch Korrosion wieder verstärkt bzw. nicht ausreichend unterdrückt werden kann.

5. Richtwerte für Kühl- und Heizwasserqualität

In den nachfolgenden Tabellen werden die Anforderungen gemäß der einschlägigen Richtlinien TCh 1466, VDI 2035 Blatt 1 + 2, sowie die Spezifikationen der Frostschutzmittelhersteller für einen sicheren Dauerbetrieb von Kühlwassersystemen und Warmwasser-Heizungsanlagen dargestellt.

Die Beschaffenheit des Heizwassers ist dabei nach der Inbetriebnahmephase in regelmäßigen Abständen, aber mindestens jährlich zu überprüfen. Das Kreislaufwasser im BHKW-Kühlwassersystem unterliegt während des Betriebs hingegen wesentlich höheren thermischen Belastungen und bedarf daher einer intensiveren Kontrolle. Empfohlen wird an dieser Stelle eine regelmäßige Überprüfung des Kühlwassers alle 3 Monate auf seine optische Beschaffenheit hin (Aussehen, Schwebstoffe, Öl, etc.), sowie auf seinen Frostschutzmittelgehalt. Um dauerhaft auch einen ausreichenden Korrosionsschutz sicherstellen zu können, muss das Kühlwasser alle 2 Jahre gewechselt werden und zusätzlich durch halbjährliche Kühlwasseranalysen dessen chemische Beschaffenheit regelmäßig kontrolliert und mit den Richt- und Grenzwerten lt. Tabelle 5.2 verglichen werden. Bei Über- oder Unterschreitung der Grenzwerte, die auf einen Verbrauch der im Frostschutzmittel enthaltenen Korrosionsinhibitoren hindeuten, ist das Kühlwasser ggf. vorzeitig auszutauschen.

Das Füll- und Ergänzungswasser muss stets bei jeder Befüllung / Nachspeisung kontrolliert werden. Es empfiehlt sich an dieser Stelle das Führen eines Anlagenbuches zur Dokumentation der gemessenen Wasserparameter, sowie der jeweiligen Füll- und Ergänzungswassermengen, die mittels eines Wasserzählers mit Systemtrenner zu erfassen sind.

Das Anlagenbuch (siehe Vorlagen im Anhang) ermöglicht somit die Erfassung eines „Lebenslaufs“ der jeweiligen Kreislaufwassersysteme. Die Dokumentation sollte dabei für jeden Kreis, der Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit halber, separat erfolgen. Mit diesem Hilfsmittel lässt sich der Zustand der Gesamtanlage von einem Fachmann auch im Nachhinein nachvollziehen und es können bei Auftreten eines Schadensfalles die richtigen Maßnahmen ergriffen werden.

Folgende Richt- und Grenzwerte sind für TEDOM SCHNELL-BHKW einzuhalten:

Kreislaufwasser in Warmwasser-Heizungsanlagen ($\leq 105\text{ °C}$)				
Richtwerte (bei salzhaltiger Fahrweise, ohne Frostschutzmittel)				
Kreislaufwasser	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C		100 - 1500	$\mu\text{S/cm}$
	Aussehen		klar und frei von suspendierten Stoffen	
	pH-Wert bei 25 °C		8,2 - 10,0	
		Hinweis	bei Aluminium 8,2 - 8,5	
	Gesamthärte (Summe Erdalkalien)		< 0,02	mmol/l
		Entspricht	< 0,1	°dH
		Hinweis	bei Aluminium 0 - 5	
	Sauerstoffgehalt		< 0,02	mg/l
	Phosphatgehalt (als PO_4)		< 10	mg/l
Sulfitgehalt (als SO_3)		< 5	mg/l	
Füll- und Ergänzungswasser	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C		100 - 1500	$\mu\text{S/cm}$
	Gesamthärte (Summe Erdalkalien)		< 0,02	mmol/l
		Entspricht	< 0,1	°dH
		Hinweis	bei Aluminium 5 - 8	
	Chloridgehalt		< 30	mg/l
Sulfatgehalt (als SO_4)		< 30	mg/l	

Tabelle 5.1: Heizwasserbeschaffenheit

Kreislaufwasser in Kühlwassersystemen (BHKW-Kreis)				
Richtwerte (bei Verwendung eines von der TEDOM SCHNELL GmbH freigegebenen Frostschutzmittels)				
Kreislaufwasser	Frostschutz (gültig für Mitteleuropa)		33 - 50 (Richtwert: 42)	%
		Entspricht	-18 bis -38 (Richtwert: -27)	°C
	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C		3800 - 4300	$\mu\text{S/cm}$
	Aussehen		klar und frei von suspendierten Stoffen	
	pH-Wert bei 25 °C		7,5 - 8,5	
	Gesamthärte (Summe Erdalkalien)		0 - 1,8	mmol/l
		Entspricht	0 - 10	°dH
Sauerstoffgehalt		< 0,02	mg/l	
Füll- und Ergänzungswasser	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C		0 - 1500	$\mu\text{S/cm}$
	Gesamthärte (Summe Erdalkalien)		0,9 - 2,7	mmol/l
		Entspricht	5 - 15	°dH
	Chloridgehalt		< 30	mg/l
	Sulfatgehalt (als SO_4)		< 30	mg/l

Tabelle 5.2: Kühlwasserbeschaffenheit

Ist in der Warmwasser-Heizungsanlage betriebsbedingt der Einsatz von Frostschutzmitteln nötig, gelten die Richtwerte lt. Tabelle 5.2 für das "Kreislaufwasser in Kühlwassersystemen", bei Verwendung eines von der TEDOM SCHNELL GmbH freigegebenen Frostschutzmittels. Die Mindestkonzentration an Frostschutzmittel muss dabei zwingend eingehalten werden, um Korrosion wirkungs-

voll minimieren zu können. Verzinkte Rohrleitungen und nicht-entzinkungsbeständige Armaturen dürfen, wie im Kühlwassersystem auch, nicht zum Einsatz kommen. Bei einer Beheizung von Trinkwassererwärmungsanlagen dürfen zudem keine Frostschutzmittel auf Ethylenglykolbasis verwendet werden. Es sind die entsprechenden Normen DIN 1988-100 und DIN EN 1717 zu beachten und ein für die Anwendung und die verbauten Rohrleitungsmaterialien geeignetes Frostschutzmittel auszuwählen. Die Spezifikation des Frostschutzmittelherstellers ist dabei bezüglich der einzuhaltenden Füll-, Ergänzungs- und Mischwasserqualität gesondert zu beachten. Die Verträglichkeit mit Aluminiummaterialien ist ebenfalls zu prüfen, falls solche in der Warmwasser-Heizungsanlage mit dem Kreislaufwasser in Berührung kommen.

Soll eine bestehende Warmwasser-Heizungsanlage erweitert werden, ist unbedingt vor der Installation der neuen Anlagenkomponenten die Beschaffenheit des betreffenden Kreislaufwassers ausführlich zu analysieren und ggf. sind geeignete Schritte einzuleiten, um die Empfehlungen und Grenzwerte dieser technischen Anweisung bereits vor der Systemerweiterung zu erfüllen. Anderenfalls können unter Umständen auch die Anlagenteile des neu installierten Systems innerhalb kürzester Zeit von der bereits näher beschriebenen Korrosions- und Steinbildungsproblematik betroffen sein. Hierzu sollten bereits während der Planungsphase entsprechende Analysen durchgeführt werden, die Aufschluss über die möglicherweise durchzuführenden Maßnahmen geben können. Hierdurch lassen sich Verzögerungen und Schäden schon vorab minimieren.

6. Kombinierte Frost-/ Korrosionsschutzmittel

Von der TEDOM SCHNELL GmbH sind folgende Frostschutzmittel mit Korrosionsinhibitoren zur Verwendung in geschlossenen BHKW-Kühlwassersystemen freigegeben.

Bezeichnung	Lieferant
SCHNELL PROTECT COOLANT	TEDOM SCHNELL GmbH
AVIA Antifreeze APN	AVIA Bantleon GmbH
TECTROL COOLPROTECT-MIX 480	BayWa AG
TECTROL COOLPROTECT	BayWa AG
Glysantin® G48 – Protect Plus	BASF AG

Tabelle 6.1: Frostschutzmittelfreigaben für geschlossene BHKW-Kühlwassersysteme

VORSICHT

Vermischung verschiedener Frostschutzmittel!

- Kann Motorschäden verursachen.
- Frostschutzmittel dürfen nicht miteinander gemischt werden.
- **Sonderfall:** Das Frostschutzmittelgemisch SCHNELL PROTECT COOLANT (1-064-434) darf sowohl mit dem Frostschutzmittelkonzentrat AVIA Antifreeze APN (1-013-567) als auch mit dem Frostschutzmittelgemisch AVIA Antifreeze -27 °C (1-017-864) gemischt werden.

Die vorgenannten Kühlwasserzusätze schützen Motor, Rohrleitungssystem, Armaturen, Pumpen und Wärmetauscher vor Frost-, Rost- und Überhitzungsschäden. Sie verhindern zudem die Bildung von Schäumen und Ablagerungen, die jeweils zu einer Verschlechterung der Wärmeübertragung von Motor und Abgaswärmetauscher auf das Kühlwasser führen.

Um einen wirkungsvollen Schutz erzielen zu können, ist der vorgeschriebene Konzentrationsbereich zwingend einzuhalten. Eine zu geringe Beimischung von Frostschutzmittel ist unter Umständen weitaus korrosiver als bei einer reinen Befüllung mit Wasser entsprechender Qualität. Überdosierung führt dagegen zu einer Verschlechterung der Wärmeabfuhr und somit steigenden Mediums- und Wärmeübertragungstemperaturen.

VORSICHT

Einsatz von falschem Frostschutzmittel kann Motorschäden verursachen!

- Kühlwassersystem niemals ausschließlich nur mit Wasser oder Frostschutzmittel befüllen.

Die Befüllung oder Nachspeisung des jeweiligen Kreislaufes sollte nur mit bereits im entsprechenden Verhältnis vorgemischtem Kühlwasser erfolgen. Die Beschaffenheit des Füll-, Ergänzungs- und Mischwassers muss dabei den in Tabelle 5.2 angegebenen Richt- und Grenzwerten entsprechen.

6.1 Frostschutzmittel für MTU- und LIEBHERR-Motoren

Für MTU- und LIEBHERR-Motoren dürfen die Frostschutzmittel aus Tabelle 6.1 eingesetzt werden.

⚠ VORSICHT

Frostschutzmittel ist gesundheitsschädlich!

- Schutzhandschuhe tragen, um den Kontakt mit der Haut zu vermeiden.
- Beim Verschlucken sofort Arzt aufsuchen.
- Bei allen Arbeiten sind immer die entsprechenden Schutzmaßnahmen im Umgang mit kombinierten Frost- und Korrosionsschutzmitteln zu beachten (siehe entsprechendes Sicherheitsdatenblatt und BHKW-Betriebsanleitung)

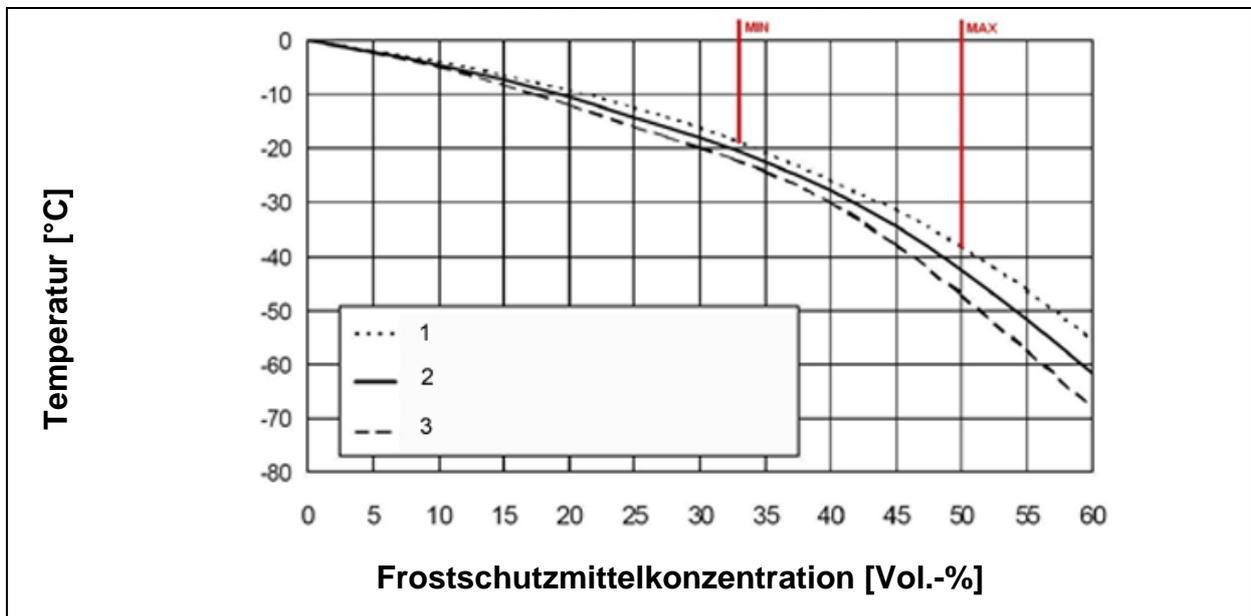


Bild 1: Kälteschutz als Funktion der Frostschutzmittelkonzentration

1 Eisflockenpunkt gem. ASTM D 1177	3 Stockpunkt, gem. DIN 51583
2 Kälteschutz	

Die Frostsicherheit des Kühlwassers kann mittels handelsüblicher Dichte- oder Refraktometer-Messgeräte ermittelt und mit Hilfe obigen Diagramms in die entsprechende Frostschutzmittelkonzentration umgewandelt werden.

Das Kühlwasser ist während des Betriebs, wie im Kapitel 5 näher beschrieben, in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren und ggf. auszuwechseln.

⚠ VORSICHT

Kaltes Kühlwasser kann Motorschäden verursachen!

- Niemals kaltes Kühlwasser in ein heißes System einfüllen.

Im Rahmen von Arbeiten am BHKW-Kühlwassersystem, zu denen das Kühlwasser teilweise oder komplett abgelassen werden muss, sollte dieses, bei noch ausreichender Qualität, wieder verwendet werden. Es ist darauf zu achten, dass der entsprechende Behälter vor der Befüllung sauber und ölfrei ist.

Beim Wechsel des Kühlmittels dieses stets in einem geeigneten und verschließbaren Behälter auffangen, um ein Verschütten beim Transport zu vermeiden. Gebrauchtes Kühlmittel nur durch einen autorisierten Betrieb entsorgen lassen.

Die laut Tabelle 6.1 freigegebenen silikathaltigen Frost- und Korrosionsschutzmittel dürfen nicht mit nitrithaltigen Mitteln gemischt werden. Nach Möglichkeit ist auch eine Mischung mit silikatfreien Kühlerschutzzusätzen zu vermeiden.

⚠ VORSICHT

Schlamm- und/oder verminderte Korrosionsschutzwirkung!

- Keine Mischungen mit nitrithaltigen Kühlerschutzzusätzen verwenden.
- Mischungen mit silikatfreien Kühlerschutzzusätzen vermeiden.

7. Entlüftung und Druckhaltung

Von entscheidender Bedeutung für die Korrosionswahrscheinlichkeit in Kreislaufwassersystemen ist der Sauerstoffgehalt im zirkulierenden Kühl- oder Heizwasser. Der Sauerstoff kann dabei durch nicht korrekt durchgeführte Entlüftung nach jedem Befüllen des Systems, sowie durch stetigen Sauerstoffeintrag durch Rohrleitungsmaterialien (Sauerstoffdiffusion), Dichtungen, Schlauchverbindungen, etc. in das System gelangen. Je höher die Konzentration des gelösten Sauerstoffs im Kühl- oder Heizwasser ist, desto stärker und schneller können Korrosionsvorgänge vonstattengehen. Aus diesen Gründen ist daher ein Sauerstoffeintrag so weit wie möglich zu verringern bzw. zu vermeiden.

7.1 Korrekte Anlagenentlüftung

Um ein bestmögliches Entlüftungsergebnis nach jeder Komplett- oder Teilbefüllung zu erzielen, muss das System beim Füllvorgang solange entlüftet werden, bis keine Luft mehr aus den Entlüftern entweicht und somit das Rohrleitungssystem komplett mit dem entsprechenden Kreislaufwasser geflutet ist. Danach ist das BHKW unter Beachtung der Betriebsanleitung in Betrieb zu setzen und das gesamte Kühlwassersystem oder die Warmwasser-Heizungsanlage auf Betriebstemperatur zu bringen. Anschließend BHKW stoppen und nach dem automatischen Abschalten der Kühlwasserpumpen (Pumpennachlaufzeit nach BHKW-Stillstand) die beim Aufheizvorgang aus dem Kühlwasser ausgetriebenen Gase (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid) entlüften. Zum Entlüften der Warmwasser-Heizungsanlage müssen zusätzlich alle Förderpumpen in diesem Kreislauf ausgeschaltet werden (Fermenterpumpen, Heizungspumpen, etc.).

Hintergrund:

Wasser kann je nach seiner Temperatur unterschiedliche Mengen an Gasen in sich lösen (absorbieren). Bei niedriger Temperatur ist die gelöste Gasmenge größer als bei höheren Temperaturen. D.h. beim Erwärmen entweichen die gebundenen Gase aus der Flüssigkeit und werden von dieser in Form von Mikroblasen mitgerissen, die dann zu Korrosion in der jeweiligen Anlage führen können. Da Mikroblasen bei laufenden Pumpen von der strömenden Flüssigkeit auch nach unten transportiert werden (zu geringer Eigenauftrieb), können diese nicht durch Entlüfter abgeführt werden. Erst durch ein Abschalten der Pumpen sind die Mikroblasen imstande langsam zu den Entlüftern aufzusteigen, um dort größere Gasblasen zu bilden, die nun aus dem System entfernt werden können.

- Eine Anlagenentlüftung muss stets zweiteilig durchgeführt werden!
- Es ist darauf zu achten, dass bei Befüllvorgängen stets zuerst die Befüllleitung (i.d.R. Schlauch) mit dem entsprechenden zu befüllenden Medium (Füll- oder Ergänzungswasser, Dosierstoff) geflutet wird, damit eine eventuelle Luftfüllung der Befüllleitung nicht in das System gelangen kann.

7.2 Druckhaltung durch Membranausdehnungsgefäße

Neben einer richtig durchgeführten Systementlüftung spielt die Druckhaltung im jeweiligen Kreislauf eine noch wichtigere Rolle um Korrosion zu minimieren, da durch Diffusionsvorgänge und nicht korrekt dimensionierte Membranausdehnungsgefäße über längere Zeiträume weitaus mehr Luft in eine Anlage gelangen kann, als dies bei Befüllvorgängen der Fall ist. Aus diesem Grund ist sicherzustellen, dass in allen Betriebszuständen und Anlagenpunkten ein ausreichend großer Betriebsüberdruck anliegt, um ein Eindringen von Luft aus der Umgebung zu verhindern oder zu minimieren.

Die Membranausdehnungsgefäße des Kühlwassersystems oder der Warmwasser-Heizungsanlage sind unter Einbeziehung des zulässigen Enddrucks (wird durch den Sicherheitsventil-Ansprechüberdruck bestimmt), der statischen Höhe und des Anlagenvolumens so zu dimensionieren, dass auch am höchsten Punkt des jeweiligen Kreislaufes noch mindestens ein Betriebsüberdruck von 0,5 bar anliegt. Das Ausdehnungsvolumen bei der Beheizung muss dabei vom Ausdehnungsgefäß aufgenommen werden können. Um gewisse Wasserverluste auszugleichen, ist zudem eine Wasservorlage von mindestens 0,5 % des Anlagenfüllvolumens mit in die Auslegung einzubeziehen.

Nur bei Einhaltung der im Kapitel 7.1 und 7.2 genannten Punkte kann ein unzulässig hoher Sauerstoffgehalt im jeweiligen Kreislaufwasser, und somit Korrosion, wirksam verhindert werden.

Der Anlagendruck sollte dazu täglich und der Vordruck des Membranausdehnungsgefäßes mindestens jährlich überprüft werden. Letzterer ist durch Absperren und Drucklosmachen (Entleeren) des MAG, mittels des installierten Kappenventils, und einem geeigneten Druckmessgerät mit Schrader-Ventilanschluss (Autoventil) zu überprüfen. Eine eventuell nötige Gasnachfüllung darf nur mit Stickstoff oder speziellen Gefäßfüllern vorgenommen werden, damit das durch Diffusion durch die Membran langsam entweichende Gas im jeweiligen Kreislauf keinen Schaden anrichten kann.

8. Gewährleistung

Der Betreiber der Anlage hat dafür Sorge zu tragen, dass die Kreislaufwasserbeschaffenheit der BHKW-Kühlwassersysteme und der Warmwasser-Heizungsanlage den unter Kapitel 5 und 6 genannten Richt- und Grenzwerten entspricht, sowie die Installation (inkl. Potentialausgleich der Rohrleitungssysteme) fachgerecht und unter Beachtung der aufgeführten Vorschriften, Spezifikationen und geltenden Normen, die dieser technischen Anweisung zu Grunde liegen, ausgeführt wird.

Für Schäden am Lieferumfang der TEDOM SCHNELL GmbH, die nachweislich durch unzureichende Wasserqualität oder mangelhafte Wartung und Kontrollen hervorgerufen werden, haftet der Betreiber der Anlage. Das jeweilige Anlagenbuch ist im Schadensfall Grundlage eines geltend zu machenden Gewährleistungsanspruchs.

9. Bezugsadresse Frostschutzmittel

SCHNELL PROTECT COOLANT

Unsere Bestell-Hotline

Bestellungen Nord
Tel. +49 5074 9618-271

Bestellung Süd
Tel. +49 7520 9661-147

Bestellungen International
Tel. +49 7520 9661-150

info@tedom-schnell.de

Inbetriebnahme und Kontrollen für Kühlwassersysteme mit Wasserbehandlung:

Kühlwassersystem

Name des Kreislaufs / BHKW- und Motor-Nr.:

Inbetriebnahme durch Firma:

Datum der Inbetriebnahme:

Kreislauf enthält Aluminiumteile:

Ja Nein

Frostschutz notwendig?

Ja Nein

Druckhaltung nach Herstellervorschrift in Betrieb genommen:

Ja Nein

Ansprechüberdruck SV:

$p_{sv} =$ _____ bar(ü)

Gasvordruck MAG:

$p_0 =$ _____ bar(ü)

Datum	Zählerstand v. Befüllung [m³]	Zählerstand n. Befüllung [m³]	Befüll- menge [Liter]	Gesamt- härte [°dH]	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]	Anlagen- druck [bar]	Frost- schutz [°C]	Zusatzstoff / Bemerkung [Art, Liter]	Unterschrift
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Altsystem	/	/	/							
Füll-/Erg.-Wasser										
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							

Inbetriebnahme und Kontrollen für Warmwasser-Heizungsanlagen mit / ohne Wasserbehandlung:

Warmwasser-Heizungsanlage

Name des Kreislaufs / BHKW- und Motor-Nr.:

Inbetriebnahme durch Firma:

Datum der Inbetriebnahme:

Kreislauf enthält Aluminiumteile:

Ja Nein

Frostschutz notwendig?

Ja Nein

Druckhaltung nach Herstellervorschrift in Betrieb genommen:

Ja Nein

Ansprechüberdruck SV (Sicherheitsventil):

$p_{SV} =$ _____ bar(ü)

Gasvordruck MAG (Membranausdehnungsgefäß):

$p_0 =$ _____ bar(ü)

Datum	Zählerstand v. Befüllung [m³]	Zählerstand n. Befüllung [m³]	Befüllmenge [Liter]	Gesamthärte [°dH]	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]	Anlagen- druck [bar]	Frost- schutz [°C]	Zusatzstoff / Bemerkung [Art, Liter]	Unterschrift
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Altsystem	/	/	/							
Füll-/Erg.-Wasser										
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							

Datum	Zählerstand v. Befüllung [m³]	Zählerstand n. Befüllung [m³]	Befüll- menge [Liter]	Gesamt- härte [°dH]	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]	Anlagen- druck [bar]	Frost- schutz [°C]	Zusatzstoff / Bemerkung [Art, Liter]	Unterschrift
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							
Rohwasser	/	/	/				/	/		
Füll-/Erg.-Wasser										
Kreislaufwasser	/	/	/							