

Fachtechnische Stellungnahme

Nr.: 268581414

Auftraggeber: ProPotsdam GmbH
Pappelallee 4
14469 Potsdam

Gegenstand der Untersuchung: Heizungswasserproblematik / Panzerschläuche

Standort: Pappelallee 4
14469 Potsdam

Erstellt: 28.03.2023

Dipl.-Ing. (FH) Karsten Günther

Ina Cluss, M.Sc.

Verteiler: Auftraggeber
TÜV Rheinland Akte

Anhang: Bericht über die Untersuchung einer Wasserprobe
TÜV-Bericht Nr.: 931/21256716/02 vom 01.12.2022

Kurzbericht über Untersuchungen an Ablagerungen aus einem Panzerschlauch
aus einer Heizungsanlage eines Bürobaus in Potsdam
Berichts Nr.: 708-8069-22-00 vom 25.11.2022

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

1. Vor-Ort-Termine

- 19.11.2021 – Erstbesprechung
- 24.08.2022 – Wasserbeprobung

2. Vorhandene Unterlagen

- Erzeugnisdokumentation für Fernwärmestation vom 05.01.2011
- Montage-, Betriebs- und Wartungsanleitung für Bodenkonvektor – LTG Luft-Wasser-Systeme
- Datenblatt – Voreinstellbare Ventilgehäuse Typ RA-UN Danfoss
- Datenblatt – Panzerschlauch Typ EPDM Lindner
- Norm-Heizlastberechnung
- Raumliste Hzg.
- Anlagenkurzbeschreibung (HTV Potsdam, Gewerke Sanitär und Heizung)

3. Gegenstand der Untersuchung

Das untersuchte Heizungssystem im o.g. Objekt ist an das Fernwärmenetz angeschlossen. Das Heizungswasser wird unbehandelt aus dem Trinkwassernetz bei Bedarf nachgespeist. Am Heizungsverteiler befinden sich 5 Heizkreise; darunter der Heizkreis für die Bodenkonvektoren zur Beheizung von Büro- und Besprechungsräumen. Bei den Konvektoren handelt es sich um Umluftgeräte, die der Kühlung und Beheizung der Räume dienen. Mit Erhöhung der Drehzahl der integrierten Ventilators wird die Heiz- bzw. Kühlleistung verändert. Der flexible Anschluss der Bodenkonvektoren erfolgt über entsprechende Panzerschläuche.

Die Bodenkonvektoren sind laut Funktionsschema der Heizungsanlage für eine Vor- / Rücklauftemperatur von 40 °C/30°C mit einer Gesamtleistung von 210 kW im Heizkreislauf (Gesamtheizleistung der Übergabestation: 320 kW) ausgelegt.

Da es in der Vergangenheit beim Heizbetrieb zu Zugscheinungen kam - welche augenscheinlich durch die Gebläse verursacht wurden - erfolgte eine Anhebung der Hzg-Vorlaufemperatur auf 70°C. So wurde bewirkt, dass der Ventilator nicht mehr unterstützend zuschaltete, um die erforderliche Heizleistung zu erreichen.

Aktuell bzw. seit einigen Jahren besteht die Problematik, dass sich Thermostatventile zusetzen. Beim Betreiber liegt die Vermutung vor, dass sich innerhalb der Panzerschläuche Bestandteile auf- bzw. ablösen und dies die Ursache für Ventilverstopfungen ist. Es wurde ferner festgestellt, dass häufig Ventile mit einer geringen Voreinstellung (starke Querschnittsreduktion) betroffen sind.

Ähnliche Auffälligkeiten - in Bezug auf eine reduzierte Kühlleistung bzw. unzureichende Durchströmung - hat der Anlagenbetreiber im Kaltwasserkreislauf ebenfalls festgestellt. Hierzu wurden jedoch seitens TÜV Rheinland keine weiteren Untersuchungen durchgeführt.

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
 Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

3.1. Technische Komponenten

Fabrikat	LTG
Typ	VKB-4/630/300/1050
Motorart	5-stufig

Ventilatorkonvektor

Fabrikat	Danfoss
Typ	RA-UN
Antrieb	Sauter AXT111 F222

Ventil

Leitungsmaterialien	Verzinkter Stahl, schwarzer Stahl (geschweißt)
Betonkernaktivierung / Fußbodenheizung	Kunststoff

Werkstoffe (soweit bekannt)

Fabrikat	Lindner
Typ	EPDM

Panzerschlauch

4. Analysen

Um die Ursache für das Zusetzen der Heizungsventile eingrenzen zu können, wurden 2 unabhängige Untersuchungen durchgeführt. Einerseits erfolgte eine Wasseranalyse und andererseits wurde eine Werkstoffprüfung an einem Panzerschlauch durchgeführt. Abschließend erfolgte noch eine überschlägige Betrachtung, inwiefern die Anhebung der Systemtemperatur Auswirkungen auf das hydraulische System hat.

4.1. Wasseranalyse

Für die Analyse wurde Heizungswasser aus dem Rücklauf des Heizungskreislaufs der Bodenkonvektoren unmittelbar vor der Einleitung in den Sammler entnommen. Die Beprobung erfolgte am 24.08.2022, während die Heizungsanlage abgeschaltet war. Vor der Entnahme wurde die Umwälzpumpe des Heizkreislaufs in Betrieb gesetzt, damit die Rohrleitungen durchspült werden und etwaige Ablagerungen mit erfasst werden.

Mit der Wasseranalyse wurde überprüft, ob Anforderungen an das Heizungswasser, die aus der VDI 2035- Blatt 1 hervorgehen, eingehalten sind.

Die Probennahme erfolgte mit hygienisch reinen Probenahmebehältern. Das entnommene Wasser war optisch klar. Die Wasseranalyse wurde durch das Labor „eurofins“ im Auftrag des TÜV Rheinland durchgeführt.

Als Referenz zum Füll- und Ergänzungswasser wurden die Parameter des Trinkwassers beim örtlichen Wasserversorger „Wasserwerk Nedlitz“ eingeholt.

Die o.g. Wasseranalyse findet sich in einem separaten Bericht. Siehe hierzu den Anhang.

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
 Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

Annahmen bei der Bewertung:

- spez. Anlagenvolumen je Heizleistung: > 20l/kW
- automatische Nachspeisung des Trinkwassers ohne Nachbehandlung: salzarme Betriebsweise

Parameter	Einheit	Ergebnis	Grenzwert gem. VDI 2035-1
Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	354	> 10 bis ≤ 100
pH-Wert		8,92	8,2 - 9,0
Gesamthärte	°dH	0,98	< 0,3
Eisen	mg/l	0,017	≤ 0,5

Ergebnisse Wasserbeprobung

Die Grenzwerte gem. VDI 2035-1 für die Parameter Leitfähigkeit und Gesamthärte °dH werden nicht eingehalten (siehe Anhang).

Eine zu hohe elektrische Leitfähigkeit deutet auf erhöhte Nachspeisung von nicht entsalztem Ergänzungswasser hin. Diese kann durch entsprechende Wasseraufbereitung verhindert werden.

Eine zu hohe Gesamthärte wird verursacht durch:

- keine oder nicht ausreichende Aufbereitung des Füll- und Ergänzungswasser
- erhöhte Nachspeisung von nicht aufbereitetem Ergänzungswasser
- unkontrollierte Nachspeisung (z.B. Leckage Trinkwassererwärmung)

Gem. VDI 2035-1 soll das Füll- und Ergänzungswasser während der Lebensdauer der Anlage das Dreifache des Wasserinhalts der Anlage nicht überschreiten. Wird diese Menge deutlich überschritten, ist die Wahrscheinlichkeit von Korrosionsschäden erhöht.

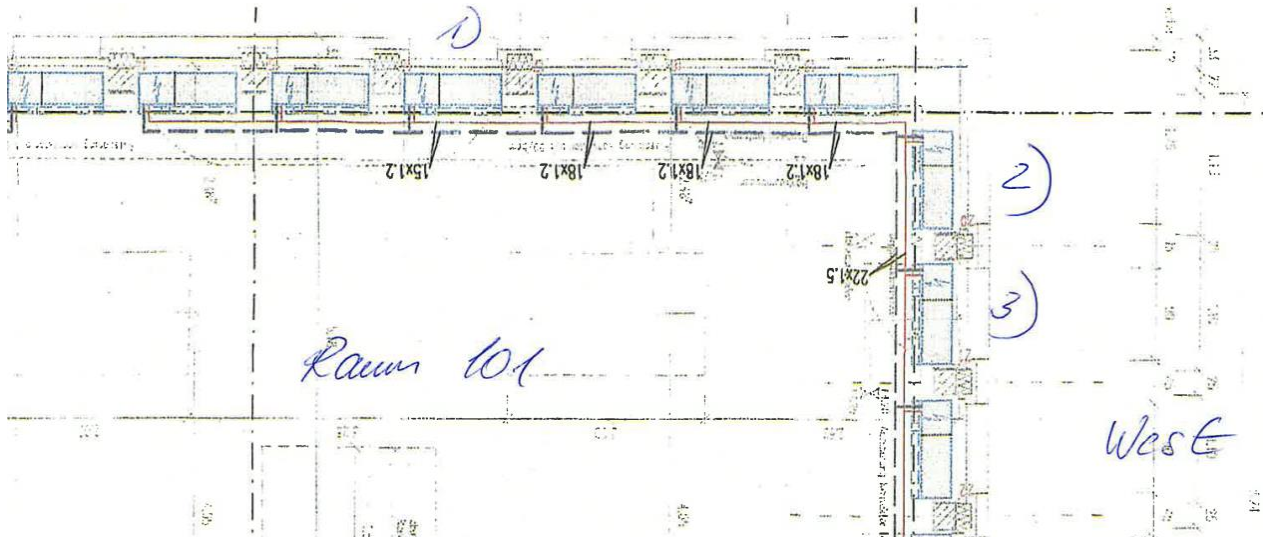
Der Wasserzähler für die automatische Nachspeisung zeigte am 24.08.2022 eine Wassermenge von ca. 3 m³ an. Dies entspricht in etwa 9,4 l/kW. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Dreifache des Wasserinhalts der Anlage bislang nicht überschritten wurde. Unter Berücksichtigung des Baujahrs der Anlage wird dieser Wert als „normal“ bewertet.

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
 Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

4.2. Werkstoffanalyse

4.2.1. Beobachtung durch den Betreiber

Am 12.10.2022 wurden durch den Betreiber Panzerschläuche im Raum 101 ausgebaut und folgende Beobachtungen dokumentiert:



Konvektor gem. Plan	Schlauch	Einstellung		Bemerkungen
		RAN	Danfoss	
1)	Rücklauf Kühlung			
1)	Vorlauf Kühlung	3		Ventil zugesezt, kein Durchfluss
1)	Rücklauf Heizung			
1)	Vorlauf Heizung	2		Ventil hat Durchgang
2)	Rücklauf Kühlung			Schlauch stark geknickt
2)	Vorlauf Kühlung	3		Ventil verstopft kein Durchfluss, zugesezt
2)	Rücklauf Heizung			
2)	Vorlauf Heizung	2		Ventil zugesezt, kein Durchfluss
3)	Rücklauf Kühlung			Leitung am Gewindeübergang zw. Rohr zum Schlauch zugesezt
3)	Vorlauf Kühlung	3		Ventil zugesezt, kein Durchfluss
3)	Rücklauf Heizung			
3)	Vorlauf Heizung	2		Ventil hat Durchgang

4.2.2. Laboruntersuchung

Mit der Werkstoffanalyse wurde überprüft, ob Ablösungen am Panzerschlauch stattfinden. Die Untersuchung erfolgte durch die TÜV Rheinland Werkstoffprüfung GmbH. Siehe hierzu den separaten Bericht im Anhang.

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

4.3. Systemuntersuchung

Im Folgenden soll überprüft werden, inwiefern sich Änderungen in der Einstellung der Vorlauftemperatur auf die Hydraulik im System auswirken. Anhand der Technischen Dokumentation und dem Auslegungstool für den installierten Unterflurkonvektor werden die Auswirkungen untersucht. Es werden Auslegungsfälle betrachtet:

1. Fall: Auslegungsfall gem. Datenblatt mit einer Vorlauftemperatur in Höhe von 55 °C → $\Delta t = 35\text{ K}$
2. Fall: Anhebung der Vorlauftemperatur auf 70 °C (wegen Zugscheinungen) → $\Delta t = 50\text{ K}$
3. Fall: Absenkung der Vorlauftemperatur auf 40 °C gem. Planung → $\Delta t = 20\text{ K}$

In allen betrachteten Fällen wird die aktive und passive Heizleistung dokumentiert.

Symbolik:

Q_{st} – Statische Heizleistung bei Eigenkonvektion (passiv ohne Lüfter)

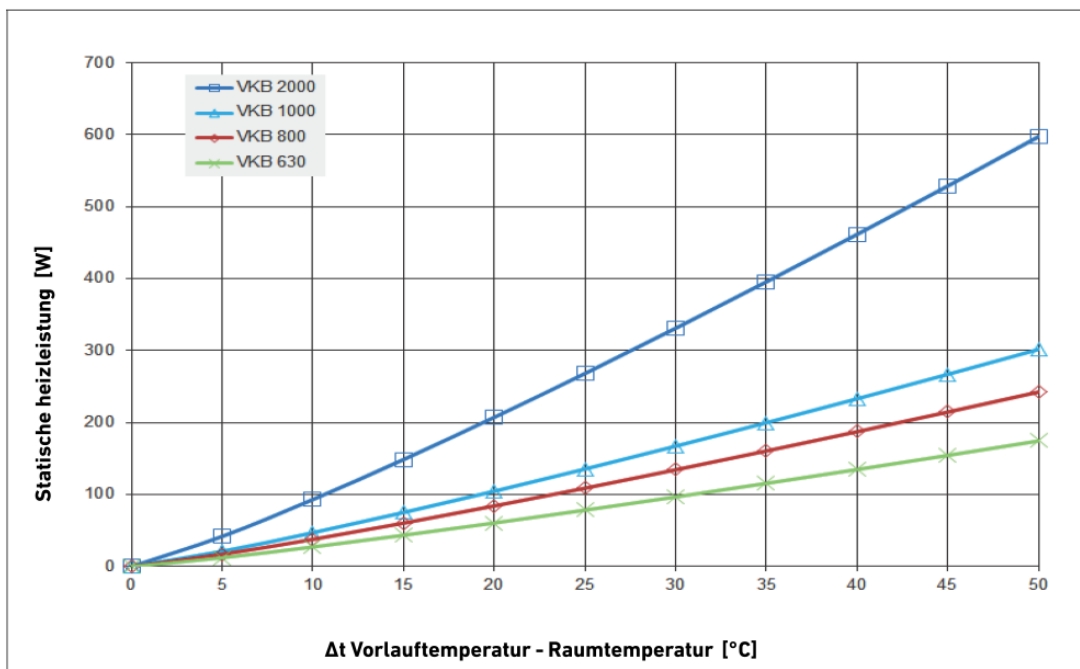
Q_h – gesamte Heizleistung (aktiv bei Lüfterstufen 1 – 5)

t_{VL} – Wasservorlauftemperatur

Δt – Temperaturdifferenz zw. Ansaugungstemperatur (Raumlufttemperatur = 20 °C) vor Wärmeübertrager und t_{VL}

Q_{st} – ergibt sich aus dem Korrekturdiagramm in Abhängigkeit von Δt :

VKB – Typ-Unterflurkonvektor



Korrekturdiagramm für statische Heizleistung bei 100 kg/h

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
 Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

4.3.1. Auswirkungen aufgrund Vorlauftemperaturänderung

1. FALL ($t_{VL} = 55\text{ °C}$)

Kühlfall	Ansaugtemperatur	26 °C		W
	Wasservorlauftemperatur	14 °C		
Heizfall	Ansaugtemperatur	20 °C		W
	Wasservorlauftemperatur	55 °C		

Primärluftanschluss

Baugröße 630 4-Leiter-System - Kühlen und/oder Heizen

U [V]	V [m³/h]	L _{A18} [dB(A)]	L _{WA} [dB(A)]	Q _K [W]	t _{KWRL} [°C]	Q _{HoF} [W]	t _{WWRL} [°C]	W _K [kg/h]	W _H [kg/h]	Δp _K [kPa]	Δp _H [kPa]
3	180	25	31	444	15,9	770	48,4				
4	240	30	36	600	16,6	875	47,5				
5	290	33	39	696	17,0	945	46,9	200	100	18	1,3
6	360	38	44	792	17,4	1.015	46,3				
8	460	46	52	912	17,9	1.120	45,4				
Nennwassermenge:								200	100		

2. FALL ($t_{VL} = 70\text{ °C}$)

Baugröße 630 4-Leiter-System - Kühlen und/oder Heizen

U [V]	V [m³/h]	L _{A18} [dB(A)]	L _{WA} [dB(A)]	Q _K [W]	t _{KWRL} [°C]	Q _{HoF} [W]	t _{WWRL} [°C]	W _K [kg/h]	W _H [kg/h]	Δp _K [kPa]	Δp _H [kPa]
3	180	25	31	444	15,9	1.100	60,6				
4	240	30	36	600	16,6	1.250	59,3				
5	290	33	39	696	17,0	1.350	58,4	200	100	18	1,3
6	360	38	44	792	17,4	1.450	57,6				
8	460	46	52	912	17,9	1.600	56,3				
Nennwassermenge:								200	100		

3. FALL ($t_{VL} = 40\text{ °C}$)

Baugröße 630 4-Leiter-System - Kühlen und/oder Heizen

U [V]	V [m³/h]	L _{A18} [dB(A)]	L _{WA} [dB(A)]	Q _K [W]	t _{KWRL} [°C]	Q _{HoF} [W]	t _{WWRL} [°C]	W _K [kg/h]	W _H [kg/h]	Δp _K [kPa]	Δp _H [kPa]
3	180	25	31	444	15,9	440	36,2				
4	240	30	36	600	16,6	500	35,7				
5	290	33	39	696	17,0	540	35,4	200	100	18	1,3
6	360	38	44	792	17,4	580	35,0				
8	460	46	52	912	17,9	640	34,5				
Nennwassermenge:								200	100		

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
 Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

Eine Änderung der Systemtemperatur führt bei der Auslegung nicht zu veränderten Druckverlusten am Unterflurkonvektor. Real stellen sich jedoch abweichende Massenströme und somit auch Druckverluste ein, jedoch im entsprechenden Verhältnis.

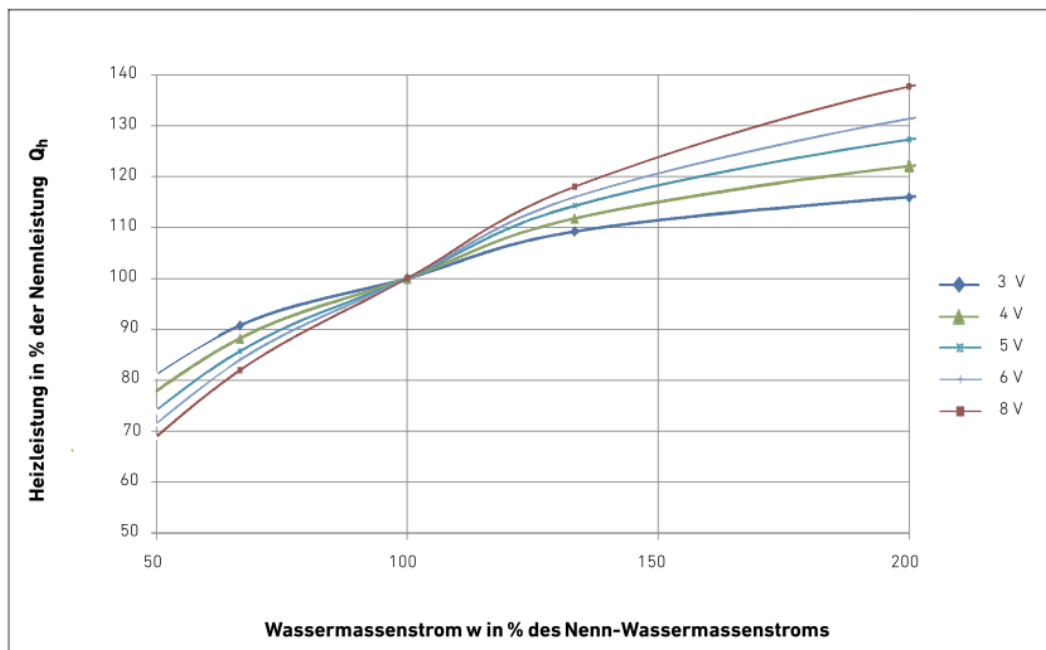
Unter der Voraussetzung, dass der hydraulische Abgleich erstmalig durchgeführt wurde, ist eine nachträgliche Anpassung aus unserer Sicht nicht erforderlich.

Fall	t_{VL} [°C]	Δt [K]	Lüfterstufen 1 - 5 (aktiv) Q_h [W]	Ohne Lüfter (passiv) Q_{st} [W]	$Q_{st}/Q_{h,Stufe1}$	Δp_H [kPa]
1	55	35	770 - 1.120	120	15,6	1,3
2	70	50	1.100 - 1.600	ca. 180	16,4	1,3
3	40	20	440 - 640	ca. 70	15,9	1,3

Übersicht der 3 Fälle

4.3.2. Einfluss der technischen Größen

Der Auslegungs-Wassermassenstrom ist nicht bekannt. Laut dem Datenblatt für den Konvektor hat eine Änderung des Wassermassenstroms keinen weitreichenden Einfluss auf Q_{st} .



Heizleistung bei verschiedenen Wassermassenströmen

Ein geringerer Wassermassenstrom als 100 kg/h (Nenngröße) führt zur Absenkung der Heizleistung. Bei halben Massenstrom ergibt sich eine Heizleistung von 70 % - 80 % der Nennheizleistung. Dies kann über das Regelventil entsprechend der Raumtemperaturregelung ausgegletet werden.

Bei rein passiver Nutzung der Unterflurkonvektoren werden max. ca. 16 % der Nennheizleistung erreicht. Siehe hierzu die Übersicht der 3 Fälle.

ProPotsdam GmbH, Pappelallee 4
Fachtechnische Stellungnahme Heizungsproblematik / Panzerschläuche

5. Beurteilung / Empfehlungen

Beim Vor-Ort-Termin am 24.08.2022 konnte exemplarisch im Raum 425 beobachtet werden, dass bei der Betätigung des Raumtemperaturreglers auf eine höhere Kühlstufe, das Thermostatventil an einem der Unterflurkonvektoren öffnete und ein Durchfluss des Konvektors erfolgte. Gleichzeitig wurde ein weiterer Konvektor im Raum nicht durchströmt, obwohl auch dieses Ventil angesteuert wurde und die Voreinstellung des Ventils „N“ für Spülung, also auf geöffnet stand. Ferner wurde festgestellt, dass der Schlauch im Rücklauf stark geknickt war. Somit wurde der Biegeradius gemäß Herstellervorgaben nicht eingehalten. Die mangelnde Durchströmung konnte zumindest zum Teil damit begründet werden.

Entsprechende Feststellungen wurden seitens des Betreibers dokumentiert (siehe Abschnitt 4.2.1).

Insbesondere in den Büroräumen im 4. OG erfolgt die Beheizung ausschließlich über die Bodenkonvektoren. In einzelnen Räumen (z.B. 4.04, 4.14, 4.17 in der „Raumliste Heizen“) ist die Anzahl der Bodenkonvektoren knapp bemessen, so dass bei Ausfall eines Konvektors eine Deckung der Heizlast ggf. nicht mehr gewährleistet ist.

Weiter wurde festgehalten, dass die diffusionsdichte Dämmung an den Heizungspanzerschläuchen und nicht wie üblicherweise an den Kaltwasserleitungen angebracht worden ist. Aus unserer Sicht bestehen hiergegen keine Bedenken, da aufgrund der Systemtemperaturen im Kaltwasserkreislauf keine Taupunktunterschreitung zu erwarten ist.

Mit Email-Eingang vom 17.01.2023 wurde durch den Betreiber mitgeteilt, dass es sich um Panzerschläuche vom Typ EPDM handelt. Diese sind nicht diffusionsdicht. Somit wird durch diese Leitungen ein Sauerstoffeintrag nicht sicher verhindert.

Aus unserer Sicht ergeben sich aus den o.g. Feststellungen ergeben sich nachfolgend aufgeführte wesentliche Handlungsempfehlungen:

- Reduzierung des Sauerstoffeintrags in die Wasserkreisläufe (z.B. durch diffusionsdichte Panzerschläuche)
- Überprüfung der Funktionalität aller Unterflurkonvektoren inkl. der Ventile (Durchfluss, Ventilansteuerung, etc.)
- Dokumentation jeglicher Wassernachspeisung, damit etwaige Undichtigkeiten festgestellt werden kann.

Des Weiteren wird auf die im Bericht zur Laboranalyse aufgeführten ergänzenden Untersuchungen verwiesen.

aufgestellt: 28.03.2023

Die Sachverständigen



Karsten Günther



Ina Cluß