

ISEK Hillerheide

Energieversorgungskonzept Trabrennbahn

Funktionsbeschreibung MSR

Energieversorgungskonzept

Aufgestellt von: FC Planung
Esplanade 36
20354 Hamburg



In Zusammenarbeit mit: aix-o-therm GeoEnergien
In den Kämpfen 83
45770 Marl



Auftraggeber: Stadtentwicklungsgesellschaft
Recklinghausen GmbH (SER)
Rathausplatz 3/4
45657 Recklinghausen



Revisionsstand 0: 27.03.2023

(Entwurfsplanung)

Änderungen gegenüber dem vorherigen Revisionsstand sind durch **blaue Schrift** gekennzeichnet

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	3
2	Beschreibung der hydraulischen Systeme.....	5
2.1	Quellenkreis Umweltwärme	5
2.2	Wärmeversorgungsnetz	6
3	Struktur	7
4	Übergeordnete Anlagensteuerung (Zentral ISP MSR).....	8
4.1	Leistungsanforderung Wärmepumpen.....	9
4.2	Steuerung / Regelung Wärmequellenkreise	11
4.3	Anforderung/Steuerung/Regelung der Luftkollektoren (LK)	13
4.4	Regelung Vorlauftemperatur des WVN über RV-WVN1	14
4.5	Steuerung/Regelung der WVN-Netzpumpen	14
4.6	Steuerung/Regelung der Gebäudeheizung.....	15
4.7	Anforderung der Notlüftung, WP-Räume	16
4.8	Steuerung/Regelung der Umluftkühler.....	16
4.9	Steuerung/Regelung der Umluftherhitzer	17
4.10	Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, Anlagentechnik	18
4.11	Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, NSHV-Raum.....	19
4.12	Steuerung/Regelung der Entlüftung, Traforäume	20
4.13	Steuerung Wasseraufbereitung	20
4.14	Steuerung Nachspeise- und Auffangbehälter Quellenkreis.....	21
4.15	Überwachung Wasser-Glykol-System Quellenkreis.....	22
5	Eigenständige Steuerschaltschränke.....	23
5.1	Steuerungen Wärmepumpen (ISP WP 1 – 5 sowie ISP WP-Manager).....	23
5.2	Steuerung Luftkollektoren (Tischkühler)	25
5.3	Steuerung Druckhaltung Quellenkreis	25
5.4	Steuerung Druckhaltung WVN-Kreis	26
5.5	Steuerung Vakuum-Entgasungsanlage Quellenkreis.....	26
5.6	Steuerung Vakuum-Entgasungsanlage WVN-Kreis.....	26
6	Not- und Sicherheitseinrichtungen.....	27
6.1	Allgemeines.....	27
6.2	Wärmepumpen-Notabschaltungen	27
6.3	Gaswarneinrichtung	27
6.4	Brandmeldeanlage und Sicherheitsbeleuchtung.....	29

1 Allgemeines

Die Funktionsbeschreibung gibt, zusammen mit den beigegeführten Diagrammen, Matrizen, Informationslisten, den MSR-Schemata und sonstigen Unterlagen, den wesentlichen geforderten Funktionsumfang wieder. Die darin aufgeführten Temperatur-, Leistungs- und Volumenstromwerte sowie Sollwertvorgaben etc. verstehen sich exemplarisch. Die Festlegung der tatsächlichen Werte sind ebenso wie die Erstellung und ggf. Optimierung der Steuer- und Regelungsprogramme, Gegenstand der Montageplanung des AN. Alle Regelkreise sind mit den Anforderungen entsprechenden Reglerarten (z. B. P-, PI-, PID- oder Kaskadenregler) auszuführen. Die richtigen Werte/Parameter sind vom AN bei den Inbetriebnahme- und Einregulierungsarbeiten einzustellen und während des Probetriebes, ebenso wie die Steuer- und Regelprogramme, nach Erfordernis zu optimieren. Dies gilt auch für die Festlegung notwendiger Schalthysteresen, Zeit- und Verzögerungsglieder, Trägheitseinstellungen von Regelkreisen, Verknüpfungen etc. sowie auch für die Funktionszuordnung von Temperaturfühlern (z. B. im Pufferspeicher), soweit keine sicherheitsrelevanten Funktionen oder Herstellerbezogenen Einschränkungen (z. B. Wärmepumpen) berührt werden.

Alle eingestellten Parameter, Hysteresen, Zeiten etc. müssen jederzeit von der GLT erreichbar sein und von dort aus, nach betrieblichen Erfordernissen, angepasst werden können (auch hier sind ggf. sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen oder herstellerbezogenen Einschränkungen zu berücksichtigen).

Alle Befehls- und Stellfunktionen sind mit einer Befehlsausführungskontrolle (Vergleich des Schalt-, bzw. Stellsignals mit der jeweiligen Stellungsrückmeldung) auszustatten. Hierzu werden z. B. die vorgesehenen Betriebsmeldungen der Aggregate, die Stellungsrückführungen bzw. Stellungsmeldungen von Stell- und Regelorganen etc. verwendet, die durchgängig vorzusehen sind. Außerdem sind alle Mess- und Busleitungen durch geeignete Verfahren auf Kabelbruch und Kurzschluss zu überwachen.

Bei allen mit Elektromotoren ausgestatteten Anlagenteilen (z. B. Pumpen, Wärmepumpen, Luftkollektoren) sind Betriebsstundenzähler zu generieren.

Sicherungsautomaten sind zur Überwachung mit Hilfskontakten zu versehen (Hinweis: Die Überwachung der Sicherungsautomaten wird – je Schaltschrankfeld separat – durchgeschleift und generiert je Feld eine Störmeldung).

Bei Fehlfunktionen der überwachten Bauteile sind entsprechende Störmeldungen in der Art zu generieren, dass Rückschlüsse auf das auslösende Bauteil möglich sind.

Alle relevanten elektrischen Betriebsmittel, Motoren und Antriebe (z. B. Pumpen, Ventilatoren etc.) erhalten grundsätzlich Reparaturschalter mit Hilfskontakt zur GLT-Rückmeldung.

Alle relevanten elektrischen Betriebsmittel, Motoren und Antriebe (z. B. Pumpen, Ventilatoren etc.) sind in einstellbaren Intervallen (Wochentag/Uhrzeit/Dauer) kurzzeitig einzuschalten (Blockierschutz, Funktionskontrolle). Die Einstellungen sind für jedes Betriebsmittel separat

einstellbar vorzusehen, damit eine zeitliche Staffelung möglich ist. Bei Anlagenkomponenten bzw. Anlagengruppen mit fest integrierten Steuerungs- /Regeleinrichtungen des Herstellers, kann die Blockierschutzfunktion/Funktionskontrolle ggf. sinngemäß nach eigenem Regime realisiert werden.

Sicherheits- oder frostschutzbedingte Sperren bleiben diesen Funktionen übergeordnet.

Bei E-Motoren, die mittels Frequenzumrichter drehzahlverstellbar sind, sind die Strombegrenzungsfunktionen der FUs, eingestellt auf den jeweils maximal zulässigen Motorstrom, zu aktivieren. Bei Annäherung des Motorstroms an den Maximalwert wird die Drehzahl damit automatisch soweit begrenzt, bei Erfordernis auch entsprechend heruntergefahren, dass der Motorstrom den zulässigen Wert nicht überschreitet.

2 Beschreibung der hydraulischen Systeme

Die hydraulischen Systeme der Anlage gliedern sich im Wesentlichen auf zwei hydraulische Kreise, die sich im Temperaturniveau und auch im Hinblick auf das Rohrnetzmedium unterscheiden. Dies sind:

- Quellenkreis Umweltwärme
- Wärmeversorgungsnetz (WVN-Kreis)

2.1 Quellenkreis Umweltwärme

Der Quellenkreis Umweltwärme dient der Erschließung von Umweltwärme zu Heizzwecken. Er wird mit einer Auslegungs-Systemtemperaturspreizung von min 3/-1 °C betrieben. Als Rohrnetzmedium wird ein Gemisch aus Wasser mit 25 Vol.-% Monoethylenglykol (MEG) verwendet.

Folgende Wärmequellen sind für diesen hydraulischen Kreis vorgesehen (bei Vollausbau):

- 300 Erdwärmesonden (aufgeteilt auf zwei mögliche Sondenfelder)
- 50 Seewasserkollektoren
- 6 Luftkollektoren (Tischkühler)
- Optional: Solarthermieranlagen (ggf. als PVT-Kollektoren)

Die Nutzung der Quellenwärme erfolgt durch die Wärmepumpen WP1 bis WP4 (bzw. WP5 sofern bei Vollausbau erforderlich). Die Wärmepumpen entziehen dem Quellenkreis mit ihren Verdampfern die Wärme und führen diese, ergänzt um die zugeführte elektrische Leistung, mit entsprechend angehobenem Temperaturniveau dem WVN-Kreis zu.

Die Quellenseite ist hydraulisch durch Verteilerrohre, die als hydraulische Weiche dienen, von den Kreisläufen der Wärmepumpenverdampfer hydraulisch entkoppelt.

Als Hauptquelle sind die Seewasserkollektoren und die Luftkollektoren anzusehen. Die Erdwärmesonden dienen vor allem als saisonaler Speicher und stellen in den kältesten Monaten die Hauptquelle dar. Bei einem Überschuss an Umweltwärme aus Seewasser oder Außenluft erfolgt mittels Umschaltvorrichtungen eine Regeneration der Erdwärmesonden. Grundsätzlich wird jeweils die Wärmequelle genutzt, die die höchsten Quellentemperaturen zur Verfügung stellen kann. Das jeweilige Betriebsoptimum, Umschaltunkte etc. ist im laufenden Betrieb zu ermitteln und durch entsprechende Parameteranpassung vom Betreiber einzustellen.

Ergänzend zur Umweltwärme wird auch die zurückgewonnene Abwärme aus der Raumkühlung mittels Umluftkühlern in den Wärmepumpen-Räumen zwischen hydraulischer Weiche und den Wärmepumpenverdampferkreisen in den Quellenkreis eingespeist.

2.2 Wärmeversorgungsnetz

Das Wärmeversorgungsnetz wird mit einer Auslegungs-Vorlauftemperatur von 45 - 50 °C betrieben. In diesem Kreis befinden sich die Wärmepumpen als Wärmeerzeuger mit ihren Verflüssigerseiten.

Die Erzeugerseite ist hydraulisch durch den Pufferspeicher, der als Hydraulische Weiche eingebunden ist, von der Verbraucherseite entkoppelt. Der Pufferspeicher stellt, mit seinen über die Höhe gestaffelten Temperaturfühlern, ein zentrales Element für die Anlagensteuerung dar.

3 Struktur

Die Regelung und Steuerung der Energiezentrale der ISEK Hillerheide ist wie folgt strukturiert:

- Übergeordnete Anlagensteuerung (Gebäudeautomation = GA), Zentral ISP MSR
- Lokale Vorrang-Bedienebene (LVB)
Zur Bedienung und Steuerung der Anlagentechnik bei Kommunikationsausfall der Automationssysteme ist in den Schaltschränken der MSR jeweils eine Handbedienebene für die Peripheriegeräte wie Pumpen, Ventile und Klappen vorgesehen. Die Steuerung der Erzeuger bei Kommunikationsausfall erfolgt über eine eigene Handbedienebene am Steuerschrank des jeweiligen Erzeugers.
- Informationsschwerpunkte (ISP) und Untergeordnete Baugruppen:
 - Zentral ISP MSR
 - ISP WP 1 inkl. Peripherieanlagen
 - ISP WP 2 inkl. Peripherieanlagen
 - ISP WP 3 inkl. Peripherieanlagen
 - ISP WP 4 inkl. Peripherieanlagen
 - ISP WP 5 inkl. Peripherieanlagen (nur Erweiterungsoption)
 - ISP WP-Manager
 - ISP LK 1 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - ISP LK 2 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - ISP LK 3 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - ISP LK 4 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - ISP LK 5 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - ISP LK 6 (im Steuerschrank des Luftkollektors)
 - Steuerung Druckhalteanlage (je 1 x für Quellenkreis und WVN)
 - Steuerung Vakuumentgasung (je 1 x für Quellenkreis und WVN)
 - Not-AUS-Schaltung
 - Gaswarnanlage für das Kältemittel R1234ze (je 1x zur Überwachung des WP-Raumes)
 - Brandmeldeanlage und Sicherheitsbeleuchtung (für das gesamte Gebäude)

4 Übergeordnete Anlagensteuerung (Zentral ISP MSR)

Die übergeordnete Anlagensteuerung ist Gegenstand der neuen Gebäudeautomation (GA) für die Energiezentrale. Hierdurch werden alle Anlagenkomponenten der Anlage übergeordnet gesteuert/geregelt.

Die Übergeordnete Anlagensteuerung bildet außerdem die Schnittstelle zur oberen Leitebene des Wärmenetzbetreibers. Die Kommunikation der oberen Leitebene mit dem Zentral ISP MSR wird seitens des Betreibers festgelegt.

Die einzelnen ISP der GA kommunizieren über ein noch festzulegendes Bus-Protokoll mit dem Zentral ISP MSR. Des Weiteren werden alle Daten aus den unterlagerten Anlagenbaugruppen auf die GA gekoppelt und für die Visualisierung aufgearbeitet. Die Kommunikation zwischen der übergeordneten Steuerung und den unterlagerten Baugruppen erfolgt über das Bus-Protokoll. Einzelne Datenpunkte von Peripherieanlagen werden außerdem hardwaremäßig auf Klemme verdrahtet. Für die Aufschaltung von Messwerten der Wärmemengenzähler wird M-Bus als Kommunikationsbus vorgesehen. Für Regelaufgaben notwendige „Echtzeitmesswerte“ werden ferner Analogsignale hardwaremäßig aufgeschaltet, sofern eine gleichwertige Bus-Kommunikation nicht zur Verfügung steht.

Durch die übergeordnete Anlagensteuerung werden im Wesentlichen folgende Steuer-/ Regelfunktionen vorgenommen:

- Leistungsanforderung Wärmepumpen (Sollwertvorgabe an den ISP WP Manager)
- Steuerung / Regelung Wärmequellenkreise
- Anforderung/Steuerung/Regelung der Luftkollektoren (LK)
- Regelung Vorlauftemperatur des WVN über RV-WVN1
- Steuerung/Regelung der WVN-Netzpumpen (alle mit FU)
- Steuerung/Regelung der Gebäudeheizung
- Anforderung der Notlüftung, WP-Räume
- Steuerung/Regelung der Umluftkühler, WP-Räume
- Steuerung/Regelung der Umlufterhitzer, WP-Räume
- Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, Anlagentechnik
- Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, NSHV-Raum
- Steuerung/Regelung der Entlüftung, Traforäume
- Steuerung Wasseraufbereitung
- Steuerung Nachspeise- und Auffangbehälter Quellenkreis
- Überwachung Wasser-Glykol-System Quellenkreis

4.1 Leistungsanforderung Wärmepumpen

Die Leistungsanforderung der Wärmepumpen sorgt dafür, dass die Wärmepumpen bedarfsgerecht zu-/ und abgeschaltet werden.

Grundsätzlich ist vorgesehen, dass jeweils zwei Wärmepumpen gemeinsam betrieben werden. Hierbei ist die Primärseite der beiden WP parallel und die Sekundärseite der WP in Reihe geschaltet (Optimierung Anlagen COP).

Bei Installation der WP 5 werden drei Wärmepumpen gemeinsam betrieben.

Die interne Steuerung / Regelung der WP übernehmen die Steuerschränke der Wärmepumpen (ISP WP 1 ff.) bzw. der Wärmepumpen-Manager (ISP WP-Manager) wie in Abschnitt 3 aufgeführt.

Zentrales Element der bedarfsabhängigen Steuerung, d. h. der An- und Abwahl- der Wärmeerzeuger, sind die Pufferspeicher. Dies sind drei in Reihe geschaltete Wärmeschichtspeicher, die als hydraulische Weiche zwischen dem Erzeugerkreis und dem Verbraucherkreis eingebunden sind. Durch das Speichervolumen wird die die Kontinuität im Betrieb, d. h. die Vermeidung eines zu häufigen Zu- und Abschaltens der einzelnen Wärmeerzeuger, sichergestellt. Die Ausbildung einer möglichst exakten Temperaturschichtung in den Speichern ist dabei Grundlage für das Funktionieren des Steuerungsablaufes.

Zur Messwerterfassung sind je Wärmespeicher 3 St. Temperaturfühler (d.h. insgesamt 9 St.) in etwa volumengleichen Höhenabständen vorgesehen. Hierbei gilt grundsätzlich:

- Temperaturfühler „warm“: $t > 45$ bis 50 °C
- Temperaturfühler „kalt“ : $t < 30\text{ °C}$
- Speicher voll: Temperaturfühler (9) unten $> 45\text{ °C}$
- Speicher leer: Temperaturfühler (01) oben $< 30\text{ °C}$
(bzw. aktuelle Gesamt-Rücklauftemperatur des Netzes)

Alle genannten Temperaturen sind beispielhaft zu verstehen und im Rahmen der Inbetriebnahme und Einregulierung zu optimieren (vgl. Abschnitt 1).

Die Speicherfühler können den einzelnen Funktionen/Schaltpunkten im Steuerprogramm – je nach Erfordernis – frei zugeordnet werden. Die endgültige Festlegung erfolgt im Zuge der Inbetriebnahme, Einregulierung und des Probetriebes der Anlage (vgl. auch Abschnitt 1).

Ergänzend zu den Speicherfüllständen werden die Wärmemengenzähler in den Strängen Ost und West sowie innerhalb der Gebäudeheizung für die Betriebsoptimierung genutzt.

Der jeweilige Folge-Wärmeerzeuger wird einschränkend nur gestartet, wenn die bilanziell ermittelte Gesamt-Netzbezugsleistung, die von der Wärmeerzeugung aufzubringen ist (Summe der WMZ Ost, West und Gebäudeheizung) größer oder gleich der maximalen Gesamterzeugerleistung aller zurzeit in Betrieb befindlichen Wärmeerzeuger ist. Im Weiteren wird, wenn aufgrund der aktuellen Temperaturmessungen mehrerer Wärmeerzeuger gleich-

zeitig angefordert würden, der nächste Wärmeerzeuger erst nach Ablauf eines individuell parametrierbaren Zeitgliedes freigegeben. Der Wert (die Dauer) des Zeitgliedes orientiert sich am mittleren Zeitbedarf, der für das „Warmfahren“, d. h. vom Start bis zum Erreichen der Betriebstemperatur, des jeweils vorher gestarteten Erzeugers benötigt wird.

Durch die vorstehenden Maßnahmen soll verhindert werden, dass zu schnell zu viel Erzeugerleistung gestartet wird, die im Anschluss kurzfristig aufgrund zu geringer Wärmeabnahme wieder abzuwerfen ist.

Wärmeerzeuger, die zum Zeitpunkt der Anforderung nicht zur Verfügung stehen, weil sie durch Störung, Hand, Rep.-Schalter, etc. gesperrt sind, werden in der Schalt-Reihenfolge übersprungen. In diesem Fall wird der nächste Wärmeerzeuger im Sinne der Folgepriorität angewählt. Dies gilt auch wenn ein bereits zugeschalteter Wärmeerzeuger aus dem Betrieb in Störung geht. Nicht verfügbare Wärmeerzeuger gelten – solange dieser Zustand besteht – im Sinne der Folgeschaltung als nicht vorhanden.

Nach erfolgter Freigabe, z. B. nach Störungsbeseitigung/Rücksetzen, stehen der/die Wärmeerzeuger sofort wieder für die Folgeschaltung zur Verfügung. Über die Anforderung, den Weiterbetrieb oder die Abschaltung entscheiden die aktuellen Messwerte an den entsprechenden T-Fühlern gemäß der jeweils vorgegebenen Folgepriorität.

Alternativ kann die Leistungsanforderung der Wärmepumpen auch stromgeführt erfolgen. Dies kann z. B. bei Stromerzeugung über eigene PV-Anlagen oder strommarktgeführt über Preissignale für elektrischen Strom erfolgen. In dem Fall werden die Wärmepumpen mit einer größeren Leistung als zur reinen Wärmeversorgung des Netzes erforderlich ist angefordert. Mit der überschüssigen Wärme wird der Wärmespeicher gefüllt. Bei steigenden Strompreisen kann dann die Wärmeversorgung über einen gewissen Zeitraum ganz oder teilweise aus dem Pufferspeicher erfolgen.

Zur weiteren Optimierung kann – bei entsprechend großem Preissignal – die sekundäre Austrittstemperatur der Wärmepumpen erhöht werden. Dies vergrößert die Speicherkapazität des Wärmespeichers, führt allerdings zu einem niedrigeren COP der Wärmepumpen. Mittels des 3-Wege-Regelventils (s. Abschnitt 3) kann dennoch die erforderliche Vorlauftemperatur gehalten werden.

Darüber hinaus kann die Leistungsanforderung der Wärmepumpen auch Wärmequellenoptimiert erfolgen. Wenn z. B. tagsüber zwischenzeitlich vergleichsweise hohe Außenlufttemperaturen vorliegen, kann auch hier analog zur stromgeführten Fahrweise eine höhere Leistung von den Wärmepumpen gefordert werden bis der Wärmespeicher gefüllt ist oder die Außenlufttemperatur absinkt und eine Wärmespeicherung nicht mehr wirtschaftlich sinnvoll ist.

Auch bei dieser Fahrweise ist eine Erhöhung der sekundären Austrittstemperatur zur Speichermaximierung möglich.

Sofern nicht ausreichend Wärme aus dem Wärmespeicher zur Verfügung steht, ist der Wärmebedarf des Netzes zu jedem Zeitpunkt und bei allen Fahrweisen unbedingt zu bedienen (Mindestleistung).

Die stromgeführte und wärmequellenoptimierte Fahrweise kann zur weiteren wirtschaftlichen Optimierung auch kombiniert werden.

Der Pufferspeicher erfüllt somit folgende Funktionen:

- Hydraulische Weiche zwischen Wärmepumpen und WVN.
- Verlängerung der Wärmepumpen-Laufzeit und Verhinderung eines Taktbetriebes (bei extrem geringem Wärmebedarf des WVN)
- Einsatz als Regelspeicher für optimierte Fahrweisen

4.2 Steuerung / Regelung Wärmequellenkreise

Die Wärmequellenkreise werden entsprechend dem Wärmequellenbedarf der Wärmepumpen geregelt:

$$\begin{aligned} & \text{Quellwärmeleistungsbedarf Wärmepumpen} \\ & \quad (\text{gemessen über WMZ der WP}) \\ = & \quad \text{Summe Leistung Umweltwärme Außenluft / See / EWS} \\ & \quad (\text{gemessen über WMZ der Quellenkreise}) \end{aligned}$$

Hierbei muss sichergestellt werden, dass der Quellwärmeleistungsbedarf der Wärmepumpen auch sichergestellt wird. Eine selbst verstärkende Schleife aus zu geringer Bereitstellung an Umweltwärme und daraus folgender zu gering gemessenem Quellwärmeleistungsbedarf der Wärmepumpen muss vor allem bei Temperaturen im Bereich der Grenz-Auslegungstemperaturen der Wärmepumpen (z. B. 1/-3 °C) vermieden werden. Hierzu ist in diesem Temperaturbereich über die Pumpen der Wärmequellenkreise eine um mindestens 0,5 °C höhere Temperatur als die minimale Eintrittstemperatur der Wärmepumpe bereitzustellen.

Grundsätzlich wird immer der Wärmequellenkreis genutzt, der die höchsten Quelltemperaturen liefern kann. Hierzu werden die resultierenden Quelltemperaturen aus den Erdwärmesonden, dem Seewasser sowie der Außenluft in Intervallen miteinander verglichen.

Für die Erdwärmesonden kann auf Grund der Trägheit des Erdreichs der letzte gespeicherte Wert für die Quelltemperatur angesetzt werden. Wenn der letzte gespeicherte Wert älter als z. B. 7 Tage ist, wird der betreffende Sondenkreis für ca. 30 Minuten betrieben (kann mit Blockierschutz / Funktionskontrolle kombiniert werden – s. Abschnitt 1), um aktuelle Quelltemperaturen zu erfassen.

Analog kann für die Seewassertemperatur der letzte gespeicherte Wert (bei einem Speicherdatum < 3 Tage) genutzt werden. Bei älteren Speicherwerten wird der Seewasserkreis für ca. 30 Minuten betrieben.

Für die Abschätzung der Quelltemperatur der Außenluft wird die aktuelle Außenlufttemperatur gemessen und – Abhängig vom Typ des Luftkollektors – um 5 K reduziert.

Bei einem Überangebot an Umweltwärme aus der Außenluft oder dem Seewasser und gleichzeitig niedrigeren Temperaturen im Erdreich können die EWS-Felder einzeln oder gemeinsam regeneriert werden.

Hierzu werden für Feld 1 die Motorkugelhähne MH-EWS-1.1 und MH-EWS-1.3 geschlossen und die Motorkugelhähne MH-EWS-1.2 und MH-EWS-1.4 geöffnet.

Für Feld 2 werden analog die Motorkugelhähne MH-EWS-2.1 und MH-EWS-2.3 geschlossen und die Motorkugelhähne MH-EWS-2.2 und MH-EWS-2.4 geöffnet.

Die Quellenkreispumpen für die Felder EWS 1 bzw. 2 werden entsprechend der überschüssigen Leistung aus der Umweltwärme geregelt:

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{Summe Leistung Umweltwärme (Außenluft / See)} & \\
 - & \text{Quellwärmeleistungsbedarf Wärmepumpen} & \\
 = & \text{Regenerationsleistung EWS} &
 \end{array}$$

Da der Quellwärmeleistungsbedarf der Wärmepumpen abhängig vom Wärmebedarf des Wärmenetzes schwanken kann, wird die Pumpendrehzahl der Überschussquelle konstant gelassen (sofern sich die Randbedingungen wie z. B. die Außenlufttemperatur nicht wesentlich ändern) und die Pumpendrehzahl des zu regenerierenden EWS-Feldes entsprechend der möglichen Regenerationsleistung geregelt.

In der Regel wird zu jedem Zeitpunkt nur jeweils eine Umweltwärmequelle (Außenluft oder Seewasser) zur Regeneration der EWS-Felder genutzt.

Bei einer Regeneration der EWS-Felder bei gleichzeitig hohem Quellwärmeleistungsbedarf der Wärmepumpen kann ein paralleler Betrieb der Umweltquellen Luft und See ggf. erforderlich sein. Hier ist die Regeneration des EWS-Feldes einem geringeren COP der Wärmepumpen durch geringere Quelleneintrittstemperaturen in die WP durch Mischung von mehreren Wärmequellen abzuwägen.

Zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Teilredundanz ist die Pumpenleistung für die Luftkollektoren, und die beiden EWS-Felder jeweils zu 2 x 50 % auf die Aggregate aufgeteilt.

Für Teillastbetrieb (oder die ersten Ausbaustufen mit einer geringeren Anzahl an Luftkollektoren bzw. Erdwärmesonden) reicht der Betrieb einer Pumpe.

Die Festlegung, welche Pumpe in diesem Fall Betriebspumpe und welche Reservepumpe ist, erfolgt nach den Betriebsstunden. Ziel ist es, dass alle Pumpen eine gleichmäßige Betriebsstundenauslastung haben. Im Startfall der Pumpen wird als Betriebspumpe demnach die Pumpe mit den geringsten Betriebsstunden eingeschaltet (bei Betriebsstundengleichheit erfolgt eine Zufallsauswahl).

Eine Pumpe, die zum Zeitpunkt der Anforderung nicht zur Verfügung steht, weil sie durch Störung, Hand, Rep.-Schalter, etc. gesperrt ist, wird bei der Zuschaltung übersprungen. Sie gilt – solange dieser Zustand besteht – im Sinne der Pumpenauswahl als nicht vorhanden. Das sofortige Umschalten=Rückschalten nach Störungsbeseitigung erfolgt nicht.

Der Wechsel erfolgt erst nach regulärer Abwahl und Wiedereinschaltung durch die Wärmepumpensteuerung oder im Zuge der wöchentlichen Umschaltung (s. u.).

Zum Umschalten der Betriebspumpe wird in Abstimmung mit dem Betreiber ein wöchentlich wiederkehrender Zeitpunkt (Wochentag/Uhrzeit einstellbar) vorgewählt. Als Umschaltkriterium werden die Betriebsstunden jeder Pumpe verwendet. Differieren die Betriebsstunden der aktuellen Netzpumpe um mehr als z. B. 50 Std. (Stundenzahl einstellbar) mit der höchsten Betriebsstundenzahl einer anderen Netzpumpe, so wird die Grundlastpumpe gewechselt. Diese Umschaltung erfolgt unterbrechungsfrei.

Für die Seewasserkollektoren ist nur eine Pumpe installiert, so dass die vorhergehenden Betrachtung nur hinsichtlich Störung, Hand, Rep.-Schalter etc. gelten.

4.3 Anforderung/Steuerung/Regelung der Luftkollektoren (LK)

Die Anforderung der Luftkollektoren (Tischkühler) erfolgt, wenn ein Quellwärmebedarf für die Wärmeversorgung oder EWS-Regeneration vorliegt und die Außenluft gem. Abschnitt 4.2 aktuell die optimale Wärmequelle hierfür ist. Es werden grundsätzlich immer alle Luftkollektoren parallel betrieben.

Die Ansteuerung und Überwachung der Ventilatoren sowie die Regelung der Kollektoraustrittstemperatur erfolgt durch die internen Kollektorsteuerungen. Mit Anwahl der Luftkollektoren werden die Kollektorpumpen P-LK1 bzw. P-LK2 eingeschaltet. Mit Abschaltung der Luftkollektoren werden die Kollektorpumpen abgeschaltet.

Das von den Wärmepumpen zurückkommende Rücklaufwasser (25% Monoethylenglykol) wird dem Quellenkreis-Umweltwärme über die hydraulische Weiche entnommen und mit einer bzw. beiden Kollektorpumpen, über die Luftkollektoren erwärmt, zurück zum Quellenkreis geführt. Die Pumpen werden jeweils mit einem fest zugeordneten Frequenzumrichter zur Volumenstromregulierung versehen. Pumpe und FU bilden somit gemeinsam eine fest zugeordnete Pumpen-Betriebslinie.

Zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Teilredundanz ist die Pumpenleistung zu 2 x 50 % auf die Aggregate aufgeteilt.

Für Teillastbetrieb (oder die ersten Ausbaustufen mit einer geringeren Anzahl an Luftkollektoren) reicht der Betrieb einer Pumpe. Die Festlegung, welche Pumpe in diesem Fall Betriebspumpe und welche Reservepumpe ist, erfolgt nach den Betriebsstunden. Ziel ist es, dass alle Pumpen eine gleichmäßige Betriebsstundenauslastung haben. Im Startfall der Pumpen wird als Betriebspumpe demnach die Pumpe mit den geringsten Betriebsstunden eingeschaltet (bei Betriebsstundengleichheit erfolgt eine Zufallsauswahl).

Eine Pumpe, die zum Zeitpunkt der Anforderung nicht zur Verfügung steht, weil sie durch Störung, Hand, Rep.-Schalter, etc. gesperrt ist, wird bei der Zuschaltung übersprungen. Sie gilt – solange dieser Zustand besteht – im Sinne der Pumpenauswahl als nicht

vorhanden. Das sofortige Umschalten=Rückschalten nach Störungsbeseitigung erfolgt nicht. Der Wechsel erfolgt erst nach regulärer Abwahl und Wiedereinschaltung durch die Wärmepumpensteuerung oder im Zuge der wöchentlichen Umschaltung (s. u.).

Zum Umschalten der Betriebspumpe wird in Abstimmung mit dem Betreiber ein wöchentlich wiederkehrender Zeitpunkt (Wochentag/Uhrzeit einstellbar) vorgewählt. Als Umschaltkriterium werden die Betriebsstunden jeder Pumpe verwendet. Differieren die Betriebsstunden der aktuellen Netzpumpe um mehr als z. B. 50 Std. (Stundenzahl einstellbar) mit der höchsten Betriebsstundenzahl einer anderen Netzpumpe, so wird die Grundlastpumpe gewechselt. Diese Umschaltung erfolgt unterbrechungsfrei.

Als Frostschutzschaltung wird bei Unterschreiten einer Außenlufttemperatur unter den Stockpunkt des Wasser-Monoethylenglykol-Gemisches eine Kollektorkreispumpe in Intervallen (z. B. stündlich) für ca. 5-10 Minuten in Mindestdrehzahl betrieben werden.

4.4 Regelung Vorlauftemperatur des WVN über RV-WVN1

Die Regelung der Netzzorlauftemperatur erfolgt durch Rücklaufbeimischung mittels des 3-Wege-Regelventils RV-WVN1 im Netzzorlauf.

Um unnötig hohe Netzverluste zu vermeiden, wird die Vorlauftemperatur bei Erhöhung der Speichertemperatur (s. Abschnitt 4.1) auf die Soll-Vorlauftemperatur reduziert.

Eine Reduzierung der Vorlauftemperatur unter den Sollwert von 45 °C ist nicht vorgesehen, da bei niedrigeren Temperaturen kein ausreichendes Temperaturniveau zu dezentralen Trinkwarmwasserbereitung in den an das WVN angeschlossenen Gebäuden mehr vorhanden ist.

4.5 Steuerung/Regelung der WVN-Netzpumpen

Die Drehzahlregelung der Netzpumpen P-WVN1 bis P-WVN3 (3 x 33 %) erfolgt mit einer Differenzdruckmessung über die Pumpen und Regelung anhand einer konstanten oder proportionalen Pumpenregelkennlinie.

Ein hydraulischer Abgleich zwischen Strang Ost und Strang West kann über Ventile mit Regulierkegel am Rücklaufsammler erfolgen.

Für Teillastbetrieb (oder die ersten Ausbaustufen mit einer geringeren Anzahl an Wärmeabnehmern) reicht der Betrieb von einer oder zwei Pumpen aus. Die Festlegung, welche Pumpe(n) in diesem Fall Betriebspumpe(n) und welche Reservepumpe(n) sind, erfolgt nach den Betriebsstunden. Ziel ist es, dass alle Pumpen eine gleichmäßige Betriebsstundenauslastung haben. Im Startfall der Pumpen wird als Betriebspumpe demnach die Pumpe mit den

geringsten Betriebsstunden eingeschaltet (bei Betriebsstundengleichheit erfolgt eine Zufallsauswahl).

Eine Pumpe, die zum Zeitpunkt der Anforderung nicht zur Verfügung steht, weil sie durch Störung, Hand, Rep.-Schalter, etc. gesperrt ist, wird bei der Zuschaltung übersprungen. Sie gilt – solange dieser Zustand besteht – im Sinne der Pumpenauswahl als nicht vorhanden. Das sofortige Umschalten=Rückschalten nach Störungsbeseitigung erfolgt nicht. Der Wechsel erfolgt erst nach regulärer Abwahl und Wiedereinschaltung durch die Wärmepumpensteuerung oder im Zuge der wöchentlichen Umschaltung (s. u.).

Zum Umschalten der Betriebspumpe wird in Abstimmung mit dem Betreiber ein wöchentlich wiederkehrender Zeitpunkt (Wochentag/Uhrzeit einstellbar) vorgewählt. Als Umschaltkriterium werden die Betriebsstunden jeder Pumpe verwendet. Differieren die Betriebsstunden der aktuellen Netzpumpe um mehr als z. B. 50 Std. (Stundenzahl einstellbar) mit der höchsten Betriebsstundenzahl einer anderen Netzpumpe, so wird die Grundlastpumpe gewechselt. Diese Umschaltung erfolgt unterbrechungsfrei.

4.6 Steuerung/Regelung der Gebäudeheizung

Die Versorgungspumpe (P-HZG) wird über einen fest zugeordneten (integrierten) Frequenzumrichter drehzahl geregelt.

Geregelt wird der Differenzdruck am Heizungsverteiler „Gebäudeheizung und Eigenverbraucher“ (zwischen Vorlauf und Rücklaufkammer) auf einen konstanten Wert.

Bei Abschaltung aller nachgeschalteten Heizkreispumpen (G1 + G2) erfolgt (optional) die Abschaltung der Versorgungspumpe (Sommerabschaltung).

Das Heizwasser wird mit geregelten Heizkreispumpen umgewälzt. Hierbei handelt es sich um Elektronikpumpen, die über interne Regeleinrichtungen zur stufenlosen Anpassung der Förderdaten an den Bedarf verfügen. Die Parametrierung erfolgt an den Pumpen selbst.

Die Ansteuerung der Pumpen erfolgt durch Freigabe (Einschaltung) aus der GA.

Abhängig von der Außentemperatur (bei Unterschreitung der Heizgrenz- bzw. Außentemperatur) erfolgt (optional) die Abschaltung der Pumpen (Sommerabschaltung). Die jeweilige Abschalt-Außentemperatur kann für jeden Heizkreis separat parametrierbar werden.

Die Heizkreise der Gebäudeheizung und sonstigen Eigenverbrauchern sind durch die Versorgungspumpe (P-HZG) differenzdruckbehaftet. Aus diesem Grund erfolgt die Rücklaufbeimischung der hier angeschlossenen Heizkreise, durch Drosselregelungen mit Durchgangsregelventil und nachgeschaltetem Bypass („H“-Schaltung). Sockeltemperaturen brauchen hier nicht berücksichtigt werden, da an diesen Heizkreisen keine Trinkwassererwärmungsanlagen angeschlossen sind.

Den Heizkreisen werden separat parametrierbare Heizkurven für die Regelung der jeweiligen Vorlauftemperatur zugeordnet.

In Grundstellung, d. h. bei abgeschalteter Heizkreispumpe, ist das Regelventil geschlossen.

4.7 Anforderung der Notlüftung, WP-Räume

Die mechanische Notlüftungsanlage besteht für jeden WP-Raum MSR-relevant im Wesentlichen aus:

- Dachventilator (in ex-geschützter Ausführung für Fortluft)
- Jalousieklappe mit elt. Stellantrieb und Notstellfunktion (stromlos offen für die Nachströmung der Zuluft)

Die automatische Ein- und Abschaltung erfolgt in Abhängigkeit vom Alarmstatus der Kältemittel-Gaswarnanlage (siehe Abschnitt 6.3). Diese Notlüftungseinrichtung muss außerdem von innerhalb und außerhalb der Maschinenhalle manuell in Betrieb gesetzt werden können.

Die Aktivierung der Notlüftung beinhaltet folgende Funktionen:

- Öffnen der Zuluft-Jalousieklappe (durch Spannungsfreischaltung)
- Einschalten des Fortluftventilators

Die Funktion der Notlüftung wird mittels Strömungswächter überwacht. Das Ansprechen des Strömungswächters führt:

- Beim (regelmäßigen) Testbetrieb zu einer Störmeldung an die GA
- Beim Betrieb durch Auslösung der Gaswarnanlage zu einer Alarmmeldung an die GA

4.8 Steuerung/Regelung der Umluftkühler

Zur Abfuhr der Verlustwärme, im Wesentlichen von den Wärmepumpen (Motor- und Verdichterabwärme) ist je WP-Raum ein Umluftkühler mit 1-stufigen Motor/Ventilator vorgesehen. Die abgeführte Wärme wird als Wärmequelle dem Quellenkreis zugeführt.

Die beiden Umluftkühler (UK1-WP und UK2-WP) werden, in Abhängigkeit von der jeweiligen Raumtemperatur (im Ansaugbereich der Umluftkühler) zu- bzw. abgeschaltet. Die Einschaltung erfolgt bei einer Raumtemperatur von 30 °C, die Abschaltung bei einer Raumtemperatur von 26 °C.

Die Raumlufttemperatur wird von zwei Temperaturfühlern erfasst (einer im Ansaugbereich der Umluftkühler + Referenzfühler). Zur Erfassung der Regelgröße erfolgt eine Mittelwertbildung der Messwerte. Außerdem erfolgt eine Plausibilitätskontrolle. Weicht der Messwert ei-

nes Fühlers stark von den Messwerten des anderen ab (defekt), wird dieser aus der Mittelwertbildung ausgeschlossen.

Die hydraulische Systemanbindung erfolgt zwischen der hydraulischen Weiche und den Primärkreisen der Wärmepumpen. Jeder Umluftkühler verfügt über eine separate Umwälzpumpe und ein 3-Wege-Regelventil.

Die Pumpe wird mit Einschaltung des betreffenden Umluftkühlers eingeschaltet und mit Abschaltung des Umluftkühlers ebenfalls abgeschaltet. Sie arbeitet mit konstanter Drehzahl, die im Zuge der Systemeinregulierung einzustellen ist.

Die Eintrittstemperatur in den Luftkühler kann, mittels Beimischung von Vorlaufwasser („warme Seite“) zum Rücklauf des Luftkühlers, auf einen konstanten Sollwert (z. B. 20 °C) geregelt werden, um eine Kondensation der Luft zu vermeiden. Bei abnehmender Rücklauf-temperatur erhöht und bei steigender Rücklauf-temperatur vermindert sich entsprechend der Volumenstromanteil über den Bypass. In Grundstellung (d. h. bei abgeschaltetem Gerät) befindet sich das 3-Wege-Regelventil vollständig in Bypassstellung.

4.9 Steuerung/Regelung der Umlufterhitzer

Zur Grundbeheizung und Absicherung gegen Frost erhalten die beiden WP-Räume heizwasserbetriebene Umluftheizgeräte

Die Umlufterhitzer mit stufenlosen Motoren, erhalten eine eigene externe Steuerung des Herstellers. Die Steuerung/Regelung erfolgt damit autark. Bei Unterschreitung einer Min.-Temperatur (einstellbar) im jeweiligen Raum schalten die Umlufterhitzer automatisch zu. Außerdem beinhaltet die autarke Steuerung eine integrierte, gerätebezogene Frostschutzfunktion.

Der heizungsseitige Regeleingriff seitens der GA erfolgt mittels Durchgangsregelventilen in Abhängigkeit von der Heizungs-Rücklauf-temperatur am jeweiligen Einzelgerät (als Rücklauf-Temperaturbegrenzung). Bei der Ansteuerung der Durchgangsregelventile ist stets eine Mindestöffnung (z. B. 2 bis 5 %) einzustellen, damit die Anströmung des Rücklauf-temperaturfühlers sichergestellt wird.

Die Umlufterhitzer erhalten zusätzlich Frostwächter. Beim Ansprechen sind durch die GA übergeordnet die Einschaltung der relevanten Heizungsumwälzpumpen sowie die Öffnung der relevanten Regelventile zu veranlassen.

4.10 Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, Anlagentechnik

Die RLT-Anlage des Raumes Anlagentechnik hat im Wesentlichen die Aufgabe, die Abwärme der Pumpenmotoren sowie durch Abstrahlung von den dort aufgestellten sonstigen Anlagenkomponenten anfallende Verlustwärme abzuführen und damit die Raumtemperatur im zulässigen Bereich zu halten.

Die Be- und Entlüftungsanlage besteht (MSR-relevant) im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Außenluft-Jalousieklappe
- Differenzdruckwächter zur Filterüberwachung
- Zuluft-Ventilator (stufenlos mit FU)
- Differenzdruckwächter zur Überwachung des Zuluftventilators
- Raumtemperaturfühler

Der Zuluftstrom wird direkt aus dem Freien zugeführt.

Überschreitet die Raumlufttemperatur den Temperatursollwert (einstellbar, z. B. 25 °C), wird die Außenluft-Jalousieklappe geöffnet und der Ventilator gestartet.

Die Drehzahl des Ventilators und damit die effektive Zuluftmenge wird in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur (Regelgröße) angesteuert, die auf einen konstanten Wert geregelt wird.

Bei abnehmender Temperatur wird die Ventilatordrehzahl ggf. bis zum Mindestwert abgesenkt.

Bei Temperatur-Unterschreitung des Sollwertes (Hysterese, z. B. -7 K) wird der Ventilator, nach Ablauf einer einstellbaren Nachlaufzeit auf Mindest-Drehzahl, abgeschaltet und die Jalousieklappe geschlossen.

Überschreitet die Raumlufttemperatur einen bestimmten oberen Grenzwert (einstellbar, z. B. 35 °C) wird eine Warnmeldung generiert.

Der Ventilator erhält zur Laufüberwachung einen Differenzdruckwächter. Er spricht bei Unterschreitung des eingestellten Grenzwertes an und generiert eine Warnmeldung. Alternativ ist der Einsatz eines Strömungswächters möglich.

Der Zuluftfilter wird mittels Differenzdrucküberwachung auf seine Belegung überwacht. Der Differenzdruck ist abhängig vom Luftdurchsatz. Da der Maximaldurchsatz im Regelbetrieb selten erreicht wird, ergeben sich dabei kaum Anhaltspunkte zum Belegungszustand der Filter. Durch Vollast-Einschaltung des Ventilators in der wöchentlichen Testroutine (vgl. Abschnitt 1) wird der Filter regelmäßig auf seine Belegung (Grenzwertüberschreitung des Differenzdrucksensors) geprüft.

4.11 Steuerung/Regelung der Be- und Entlüftung, NSHV-Raum

Zweck der RLT-Anlage des NSHV-Raumes ist es im Wesentlichen, die in den dort aufgestellten Schaltanlagen anfallende Verlustwärme abzuführen und die Raumtemperatur im zulässigen Bereich zu halten.

Die Be- und Entlüftungsanlage besteht (MSR-relevant) im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Außenluft-Jalousieklappe (im Luftraum Außenluft)
- Differenzdruckwächter zur Überwachung des Zuluftfilters
- Zuluft-Ventilator (stufenlos mit FU)
- Differenzdruckwächter zur Überwachung des Zuluftventilators
- Fortluft-Jalousieklappe
- Raumtemperaturfühler

Der Zuluftstrom wird direkt aus dem Freien zugeführt.

Überschreitet die Raumlufthtemperatur den Temperatursollwert (einstellbar, z. B. 25 °C), werden Jalousieklappen geöffnet und der Ventilator gestartet.

Die Drehzahl des Ventilators und damit die effektive Zuluftmenge wird in Abhängigkeit von der Raumlufthtemperatur (Regelgröße) angesteuert, die auf einen konstanten Wert geregelt wird.

Bei abnehmender Temperatur wird die Ventilatordrehzahl ggf. bis zum Mindestwert abgesenkt.

Bei Temperatur-Unterschreitung des Sollwertes (Hysterese, z. B. -7 K) wird der Ventilator, nach Ablauf einer einstellbaren Nachlaufzeit auf Mindest-Drehzahl, abgeschaltet und die Jalousieklappen geschlossen.

Überschreitet die Raumlufthtemperatur einen bestimmten oberen Grenzwert (einstellbar, z. B. 35 °C) wird eine Warnmeldung generiert.

Der Ventilator erhält zur Laufüberwachung eine Differenzdruckwächter. Er spricht bei Unterschreitung des eingestellten Grenzwertes an und generiert eine Warnmeldung. Alternativ ist der Einsatz einer Strömungswächters möglich. Außerdem wird die Stellung der Jalousieklappen überwacht (Endlagenschalter). Fehlstellungen führen hier zu entsprechenden Warnmeldungen.

Der Zuluftfilter wird mittels Differenzdrucküberwachung auf seine Belegung überwacht. Der Differenzdruck ist abhängig vom Luftdurchsatz. Da der Maximaldurchsatz im Regelbetrieb selten erreicht wird ergeben sich dabei kaum Anhaltspunkte zum Belegungszustand der Filter. Durch Vollast-Einschaltung des Ventilators in der wöchentlichen Testroutine (vgl. Abschnitt 1) wird der Filter regelmäßig auf seine Belegung (Grenzwertüberschreitung des Differenzdrucksensors) geprüft.

4.12 Steuerung/Regelung der Entlüftung, Traforäume

Die RLT-Anlage des Traforaumes hat im Wesentlichen die Aufgabe, die Verlustwärme des Transformators abzuführen und damit die Raumtemperatur im zulässigen Bereich zu halten.

Die Be- und Entlüftungsanlage besteht (MSR-relevant) im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Abluft-Ventilator (stufenlos mit FU)
- Differenzdruckwächter zur Überwachung des Zuluftventilators
- Raumtemperaturfühler

Der Zuluftstrom wird direkt aus dem Freien über den Raum angesaugt und der Abluftstrom direkt ins Freie zurückgeführt.

Überschreitet die Raumlufthtemperatur den Temperatursollwert (einstellbar), wird der Ventilator gestartet.

Die Drehzahl des Ventilators und damit die effektive Luftmenge wird in Abhängigkeit von der Raumlufthtemperatur (Regelgröße) angesteuert, die auf einen konstanten Wert geregelt wird.

Bei abnehmender Temperatur wird die Ventilatordrehzahl ggf. bis zum Mindestwert abgesenkt.

Bei Temperatur-Unterschreitung des Sollwertes (Hysterese, z. B. -7 K) wird der Ventilator, nach Ablauf einer einstellbaren Nachlaufzeit auf Mindest-Drehzahl, abgeschaltet.

Überschreitet die Raumlufthtemperatur einen bestimmten oberen Grenzwert (einstellbar) wird eine Warnmeldung generiert.

Der Ventilator erhält zur Laufüberwachung eine Differenzdruckwächter. Er spricht bei Unterschreitung des eingestellten Grenzwertes an und generiert eine Warnmeldung. Alternativ ist der Einsatz einer Strömungswächters möglich.

4.13 Steuerung Wasseraufbereitung

Die Wasseraufbereitung besteht im Wesentlichen aus folgenden Baugruppen, die jeweils über separate eigene Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen verfügen.

Dies sind:

- Doppelenthärtungsanlage
- Umkehrosmose mit integrierter Verschneideeinrichtung
- Vorrattank mit integrierten Niveausensoren (Füllstand-Max, Füllstand-Min, Überfüllung-Alarm, Wassermangel-Alarm, Pumpen-Trockenlaufschutz)
- Druckerhöhungsanlage

Die Anforderung der Umkehrosmose seitens der GA erfolgt in Abhängigkeit vom Niveau im Vorratstank.

- Einschaltung bei Unterschreitung von Füllstand-Min
- Abschaltung bei Überschreitung von Füllstand-Max

Die Doppelenthärtung folgt (der angeforderten Umkehrosmoseanlage) jeweils selbsttätig aufgrund des Durchflusses.

Durch Ansteuerung des Entleerungsventils (Motorhahn mit Federrückzug, stromlos geschlossen) ist der (Trink-)Wasserhygiene, der Mindestlaufzeit der Umkehrosmose sowie der Mindest-Regeneration der Doppelenthärtung Rechnung zu tragen.

Dies erfolgt durch ausreichenden, regelmäßigen Wasserwechsel, d. h. Ablassen bestimmter Wassermengen in bestimmten Zeitintervallen. Bei Anforderung der Speisewasserpumpe der Druckerhöhungsanlage während des Ablassvorganges ist dieser umgehend zu unterbrechen (Entleerungsventil geschlossen).

Die Druckerhöhungsanlage wird aus der Steuerung der Druckhalteanlage (bei zu niedrigem Wasserstand in den AD-Behältern) angefordert.

Die Druckerhöhungsanlage wird eingeschaltet, wenn diese Anforderung besteht. Das Frischwasser-Magnetventil am Eingang zur Druckhalteanlage wird von der dortigen Steuerung intern angesteuert.

Übergeordnet erfolgt, mit entsprechender Störmeldung, die sofortige Abschaltung der angeforderten Speisewasserpumpen, wenn der Trockenlaufschutz aufgrund eines zu niedrigen Wasserstandes im Vorratstanks anspricht.

4.14 Steuerung Nachspeise- und Auffangbehälter Quellenkreis

Der Nachspeise- und Auffangbehälter für das Wasser-MEG-Gemisch fördert mittels einer Pumpe bei Nachspeisebedarf ein definiertes Wasser-MEG-Gemisch in den Quellenkreis.

Über Die Kugelhähne kann fertiges Gemisch oder Konzentrat aus Transportbehältern (IBCs) in den Nachspeisebehälter gepumpt werden. Sofern erforderlich wird Wasser und MEG entsprechend der Zielkonzentration gemischt. Nach manueller Umschaltung kann dann mit der gleichen Pumpe aus dem Behälter in den Quellenkreis gepumpt werden.

Gleichzeitig dient der Behälter als Auffanggefäß für eine Abspeisung über das Sicherheitsventil im Notfall bzw. bei einer manuellen Entleerung von Teilstrecken.

4.15 Überwachung Wasser-Glykol-System Quellenkreis

Beim Quellenkreis Umweltwärme wird mit dem Medium Wasser / 25 % Monoethylenglykol betrieben wird. Da das Frostschutzmittel Monoethylenglykol die Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1) aufweist ist das System gemäß AwSV auf Leckagen zu überwachen.

Die Überwachung erfolgt durch die Druckhalteanlage. Unterschreitet der Systemdruck den unteren eingestellt Wert, erfolgt die Auslösung.

Alternativ können zwei Mindest-Druckwächter (Redundant) im Bereich der Systemdruckhaltung angeordnet werden (bei Anforderung der Genehmigungsbehörde). Die Öffnerkontakte der Min.-Druckbrenzenzer sind als Sicherheitseinrichtung in Reihe geschaltet. Unterschreitet der Systemdruck den unteren eingestellt Wert, erfolgt die Auslösung.

Die Auslösung führt zu folgenden steuerungstechnischen Eingriffen:

- Abschaltung sämtlicher Wärmepumpen
- Abschaltung der Luftkollektoren
- Abschaltung sämtlicher Umwälzpumpen, die sich im hydraulischen System des Quellenkreises Umweltwärme befinden
- Generierung einer Alarmmeldung an die GLT zur Visualisierung und Weitergabe an externe Stellen.

Zur Wiederinbetriebnahme ist die Störung, vor Ort zu quittieren.

5 Eigenständige Steuerschaltschränke

Das Steuerungskonzept sieht für folgende Anlagenkomponenten eigenständige Steuerschaltschränke (Black-Boxes) vor, die eine 400 VAC Spannungsversorgung aus der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) erhalten sofern sie nicht mittels Netzstecker an das 230 VAC Netz angeschlossen werden und Informationen als potentialfreie Kontakte bzw. Analogwerte oder über eine Datenschnittstelle Profinet an die übergeordnete Steuerung weitergeben.

5.1 Steuerungen Wärmepumpen (ISP WP 1 – 5 sowie ISP WP-Manager)

Die einzelnen Steuerschränke der Wärmepumpen sowie der Wärmepumpen-Manager steuern die Wärmepumpe selbst sowie die peripheren, den Wärmepumpen zugehörigen Anlagen.

Diese peripheren Anlagen sind im Wesentlichen:

- Verflüssigerpumpe, gemeinsam (P-WP1/2 bzw. P-WP3/4/5, mit FU zur Drehzahlsteuerung)
- Dreizege-Regelventil, Verflüssigerseite (RV-WP1/2 bzw. RV-WP3/4/5)
- Motorabspernung, Verflüssigerseite (MH-WP1/2 bzw. MH-WP3/4/5)
- Verdampferpumpe WP1 (P-WP1 bis P-WP5, mit FU zur Drehzahlsteuerung)
- Dreizege-Regelventil, Verdampferseite (RV-WP1 bis RV-WP5)
- Motorabspernung, Verdampferseite (MH-WP1 bis MH-WP5)

Es werden zusätzlich die Volumenstrom-Messwerte der Wärmemengenzähler WZ-WP1 bis WZ-WP5, sowie WZ-WP1/2 und WZ-WP3/4/5 zur Nachregelung der Pumpen verwendet.

Wärmepumpen-Regelbetrieb:

Im Regelbetrieb arbeiten die beiden Wärmepumpen aufgrund der hydraulischen Verknüpfung (Reihenschaltung auf der Verflüssigerseite mit einer gemeinsamen Verflüssigerpumpe) paarweise. Der Temperaturhub erfolgt geteilt mit unterschiedlichen Sollwerten für die Heizwasser-Austrittstemperatur.

Mit Anforderung des Wärmepumpenpaares WP1/WP2 bzw. WP3/WP4/WP5 und anliegenden Pumpenanforderungen seitens der Wärmepumpen werden die (gemeinsame) Verflüssigerpumpe und die jeweiligen Verdampferpumpen eingeschaltet. Unmittelbar danach (nach Ablauf einstellbarer Zeitglieder) werden die dazugehörigen Motorabspernungen geöffnet (Anfahren der Pumpen mit vorgegebener Startdrehzahl gegen „den geschlossenen Schieber“). Nach Ablauf eines einstellbaren Zeitgliedes wird die Offenstellung der Motorabspernungen geprüft (Endlagenschalter).

Anschließend erfolgen Meldungen „Pumpen in Betrieb“ (Startfreigabe) an die beiden bzw. drei Wärmepumpen (ISP WP1 und ISP WP2 bzw. ISP WP3, ISP WP4 und ISP WP5). Wird eine Fehlfunktion detektiert, erfolgt eine selektierte Störabschaltung. D. h., wenn „nur“ eine

der Verdampferpumpen bzw. -Absperrungen betroffen ist, wird die entsprechenden Wärmepumpe nicht zum Start freigegeben. Die entsprechende Verdampferpumpe wird dann wieder abgeschaltet und die dazugehörige Motorabsperung wieder geschlossen). Es erfolgt erst eine Umschaltung auf die jeweils andere Wärmepumpen-Gruppe. Ist diese schon in Betrieb erfolgt eine Umschaltung auf Einzelbetrieb mit der verbleibenden Wärmepumpe.

Ist die Verflüssiger-Absperrung betroffen geht das gesamte Wärmepumpenpaar (einschl. aller Pumpen) entsprechend in Störschaltung.

Entsprechend wird auch verfahren, wenn eine der beiden Wärmepumpen nicht betriebsbereit ist oder die Störungen während des Regelbetriebes auftreten.

Mit den Regelkreisen, die auf die Dreiwege-Regelventile wirken, werden folgende Funktionen realisiert (Beschreibung für WP 1/2 – analog für WP3/4/5):

- Verflüssigerseite, RV-WP1/2: Die Eintrittstemperatur (Heizwasserrücklauf) wird, durch Beimischung von Vorlaufwasser, auf einen Mindestwert begrenzt (z. B. 30,0 °C, Sollwert frei parametrierbar). Damit die geforderte Gesamt-Vorlauftemperatur bei wechselnden Betriebszuständen stets hinreichend erreicht wird, ist der Sollwert übergeordnet in Abhängigkeit von der Gesamt-Vorlauftemperatur des Wärmepumpenpaares zu führen. D. h. Besteht eine Regelabweichung der Vorlauftemperatur nach unten, wird diese durch Anheben des Eintrittstemperatursollwertes minimiert (Verkleinerung der Temperaturspreizung). Der Führungssollwert entspricht dabei der geforderten Vorlauftemperatur abzüglich einer Hysterese (z. B. 2 K) unterhalb des vorgegebenen Sollwertes, der für die Wärmepumpen-Austrittstemperatur (z. B. 45 – 47 °C) in der Wärmepumpenleistungsregelung (2. Maschine) vorgegebenen ist. Diese Hysterese ist notwendig, damit die Wärmepumpe bei notwendigen Regeleingriffen im Volllastzustand bleibt.
- Verdampferseite, RV-WP1 und RV-WP2: Die Eintrittstemperaturen (Vorlauf, Quellenkreis Umweltwärme) werden bei Überschreitung der max. möglichen Eintrittstemperaturen in die Wärmepumpe durch Beimischung von Rücklaufwasser auf einen max. Eintrittswert geregelt (z. B. 15,0 °C, Sollwert frei parametrierbar).

Als Grundstellung (im Ruhezustand bei abgeschalteten Pumpen) ist für die Drei-Wege-Regelventile die Stellung „Bypass“ vorgesehen. Es können jedoch auch, falls betrieblich erforderlich, andere Grundstellungen parametrierbar werden.

Sowohl die Verflüssigerpumpe (P-WP1/2) als auch die Verdampferpumpen (P-WP1, P-WP2) sind hinsichtlich der jeweils aktuell benötigten Förderkapazität flexibel an wechselnde Betriebsarten, Betriebsbedingungen oder Lastzustände der hydraulischen Systeme anzupassen. Die Volumenströme (z. B. 112 bzw. 189 m³/h, Sollwerte frei parametrierbar) wird mittels veränderlicher Pumpendrehzahlen geregelt.

Bei den Verdampferpumpen ist zunächst eine Konstantregelung des Volumenstromes vorgesehen (z.B. 189 m³/h – Störgrößenaufschaltung optional).

Der Volumenstromsollwert der Verflüssigerpumpe wird anhand der tatsächlichen Eintrittstemperatur (der 1. Wärmepumpe) geführt. (z. B. 112 m³/h bei einer Temperaturspreizung von 15 K)

Die Istwerte sind von den Volumenstrommesswerten der relevanten Wärmemengenzähler (WZ-WP1, WZ-WP2 bzw. WP1/2) zurückzuführen.

Nach Abwahl des Wärmepumpenpaares werden die Pumpen nicht sofort abgeschaltet, sondern erst wenn die Anforderungen aus den WP-Steuerungen nicht mehr anliegen (Pumpennachlauf). Die Motorabsperren werden, nachdem die Pumpen abgeschaltet sind, geschlossen und die Dreiwege-Regelventile in Grundstellung gefahren.

Wärmepumpen-Einzelbetrieb:

Während der Betriebsart „Einzelbetrieb einer Wärmepumpe“ ist die Sollwertvorgabe für die Heizwasser-Austrittstemperatur der 1. Wärmepumpe (wenn diese allein im Betrieb verbleibt) entsprechend der Sollwertvorgabe für die 2. Wärmepumpe anzuheben. Wird die 2. Wärmepumpe allein betrieben sind keine Sollwertänderungen notwendig.

Das Anfahr- und Abschaltprozedere bei dieser Betriebsart entspricht sinngemäß der Vorgehensweise wie beim Wärmepumpen-Regelbetrieb.

Hinweis: Die erste Wärmepumpe ist die, die in der verflüssigerseitigen Reihenschaltung zuerst vom Heizwasser durchströmt wird.

Wärmepumpen-Manager:

Der Wärmepumpen-Manager steuert die Anforderung und Leistungsvorgabe für die einzelnen Wärmepumpen(baugruppen). Hierdurch wird eine optimale Betriebsweise der Wärmepumpen über alle Lastzustände sichergestellt.

5.2 Steuerung Luftkollektoren (Tischkühler)

Die Beschreibung der Steuerung für die Luftkollektoren (Tischkühler) ist in Abschnitt 4.3 enthalten.

5.3 Steuerung Druckhaltung Quellenkreis

Die Steuerung der Druckhaltestation erfolgt über einen internen Steuerschrank der Druckhaltung.

Sofern seitens des Betreibers gewünscht, kann mittels der Druckhaltung über die GLT eine Meldung bei Nachspeisebedarf generiert werden. Optional ist auch eine automatische Nachspeisung über die Vakuum-Entgasungsanlage des Quellenkreises und dem Auffang- und

Nachspeisebehälter möglich. Dies setzt eine Mindestfüllmenge im Nachspeisebehälter voraus. In dem Fall ist ergänzend eine Messung der Nachspeisemengen zu Dokumentationszwecken zu installieren.

5.4 Steuerung Druckhaltung WVN-Kreis

Die Steuerung der Druckhaltestation erfolgt, einschl. Hochwasserabspeisung, über einen internen Steuerschrank der Druckhaltung. Ebenfalls über diese Steuerung erfolgt die niveauabhängige Ansteuerung für die Nachspeisung (Einspeisung mittels Vakuum-Entgasungsanlage). Die Nachspeise-Wassermenge wird mittels eines integrierten Wasserzählers, mit dupliziertem Impulsausgang registriert. Ein Impulsausgang dient der Ansteuerung der Dosierstation zur mengenproportionalen Zugabe der Wasseraufbereitungs-Chemikalien. Der zweite diente der GA-Aufschaltung. (Die Umsetzung in ein Modbus-Signal ist ggf. Gegenstand der GA).

5.5 Steuerung Vakuum-Entgasungsanlage Quellenkreis

Die Steuerung der Vakuum-Entgasungsanlage erfolgt über einen internen Steuerschrank der Vakuum-Entgasungsanlage.

Die Steuerungs- und Bedieneinheit betreibt die Teilstromentgasung des Kreislaufwasser in Intervallen (Regelbetrieb).

Optional kann bei Nachspeisung aus dem Auffang- und Nachspeisebehälter das Wasser-Glykol-Gemisch auch über die Vakuum-Entgasungsanlage angesaugt und vor der Einspeisung in den Quellenkreis entgast werden.

5.6 Steuerung Vakuum-Entgasungsanlage WVN-Kreis

Die Steuerung der Vakuum-Entgasungsanlage erfolgt über einen internen Steuerschrank der Vakuum-Entgasungsanlage.

Die Steuerungs- und Bedieneinheit schaltet automatisch zwischen Entgasung des Nachspeisewassers (bei Anforderung über die Druckhaltung) und in Intervallen betriebener Teilstromentgasung des Kreislaufwasser (Regelbetrieb) um.

6 Not- und Sicherheitseinrichtungen

6.1 Allgemeines

Es ist ein Not-Aus-System zu installieren, das bei Auslösen bzw. Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen, der Gaswarneinrichtungen und der Not-Aus-Taster aktiviert wird.

Für die Wirkketten ist eine Funktionsmatrix zu entwickeln (anhand der zur Ausführung kommenden Maschinen).

6.2 Wärmepumpen-Notabschaltungen

Die manuelle Fernabschaltung aller Wärmepumpen im Sicherheitsfall nach DIN EN 378-3: 2020-12, erfolgt durch Sicherheits-Aus-Taster, die im Grundsatz an folgenden Punkten anzuordnen sind:

- Innerhalb der Energiezentrale an den Zugängen aus dem Freien
- Innerhalb der Energiezentrale im Bereich des Treppenhauses (UG) sowie neben der Leitwarte
- Ggf. weitere Positionen in Abstimmung mit dem Betreiber

Außerdem erhalten die Wärmepumpen auf ihren jeweiligen Steuerschrank einen Notastaster gem. Maschinenrichtlinie. Die Not-Aus-Taster an den Maschinensteuerschränken setzen ausschließlich das betreffende Aggregat außer Betrieb.

Die Not-Aus-Taster müssen den Anforderungen nach EN ISO 13850 und EN 60947-5-1 entsprechen. Sie erhalten außerdem Hilfskontakte zur Einbindung in das Notaussystem und zur Meldung an die GLT (zur Differenzierung des Betätigungsortes).

6.3 Gaswarneinrichtung

Die Energiezentrale erhält eine zentrale Gas-Warnanlage zur multifunktionalen Überwachung unterschiedlicher Räume auf Gase.

In den WP-Räumen wird das Kältemittel R1234ze (bzw. das konkret verwendete Kältemittel in den WP) detektiert.

Die Warnmeldungen werden, selektiert nach Messstelle (Raum und auslösender Detektor), an die GA ausgegeben, so dass von dort die geeigneten Alarmierungen und Maßnahmen eingeleitet werden können.

Beim Ansprechen des Vor- bzw. Hauptalarms, erfolgt vor Ort eine optische und akustische Alarmierung (Ansteuerung über die GA aufgrund von Meldungen aus der Gaswarnanlage). Der optische und akustische Alarm ist über einen „Reset“-Taster auf der Schaltschrankfront

zunächst quittierbar auszuführen. Die Alarmierung wird ferner an eine ständig besetzte Stelle (GA) übermittelt und in das Not-Aus-System integriert.

Das Rücksetzen (z. B. zur Wiedereinschaltung der durch den Alarm abgeworfenen Betriebsstechnischen Anlagen) ist erst möglich, wenn die gesamte Meldung quittiert wurde und keine alarmanlösenden Gaskonzentrationen mehr anstehen.

Die Alarmierung erfolgt mit einer „Schlechtpunktauswahl“ aus allen vorgenannten Detektoren. D. h. es reicht zur entsprechenden Alarmauslösung, die Überschreitung des jeweiligen Schwellenwertes an einem Detektor.

Für die Wirkketten ist eine Funktionsmatrix zu entwickeln (anhand der zur Ausführung kommenden Maschinen).

Die Wärmepumpen werden mit dem Kältemittel R 1234ze (Fabrikat der Entwurfsplanung) betrieben. Es handelt sich dabei um ein Kältemittel mit der Sicherheitsklassifizierung A2L nach DIN EN 378-1.

Das Kältemittel ist als gering brennbar eingestuft. Ab bestimmter Konzentration in der Luft ist es jedoch geeignet, explosive Gemische zu bilden.

Zur Warnung vor Explosions- oder Feuergefahr ist daher, gem. DIN EN 378-3, eine Gaswarnanlage mit R-1234ze-Detektoren vorgesehen. Diese werden jeweils den einzelnen Wärmepumpen zugeordnet und dort jeweils am Boden sowie im Abluftkanal der Notlüftung angeordnet.

Es gelten die Schwellenwerte für Voralarm und Hauptalarm gem. DIN EN 378-1 und 3

Der Voralarm führt dazu, dass die Notlüftung eingeschaltet wird.

Der Hauptalarm führt zur Spannungsfreischaltung sämtlicher elektrischer Betriebseinrichtungen im Maschinenraum (Schalteingriffe außerhalb des Maschinenraumes in der NS-Schaltanlage bzw. im Zentral ISP MSR).

Ausgenommen hiervon sind ausschließlich:

- Sicherheitstechnische Anlagen (je nach Anforderungen des Brandschutzgutachtens, z. B. Brandmelder, in ex-geschützter Ausführung)
- Notbeleuchtung gem. DIN EN 378-3 2020-12, Ziff. 5.10, (in ex-geschützter Ausführung)
- Ventilator der Notentlüftung (in ex-geschützter Ausführung)

Bei einem Hauptalarm bleiben weiterhin (die akkugepufferten) Gaswarnanlagen (nebst den ex.-geschützten Signalhupen und Signalleuchten, soweit nicht vor Ort quittiert) in Betrieb.

Weitere Kältemitteldetektoren sind in den Sicherheits-Ausblasleitungen der Kältemittel-Sicherheitsventile der Wärmepumpen vorzusehen.

Das Ansprechen der Kältemitteldetektoren in den Sicherheits-Ausblasleitungen führt (nur) zu einer Alarmmeldung an die GA sowie zur Abschaltung der entsprechenden Maschine. Auch diese Detektionen sind in die Funktionsmatrix zu integrieren.

6.4 Brandmeldeanlage und Sicherheitsbeleuchtung

Die Erfordernis und den ggf. erforderlichen Umfang einer Brandmeldeanlage sowie einer Sicherheitsbeleuchtung wird über ein Brandschutzgutachten ermittelt. Ein solches Gutachten liegt zum Abschluss der Entwurfsplanung für die Anlagentechnik nicht vor. Somit ist eine Beschreibung einer solchen Brandmeldeanlage bzw. Sicherheitsbeleuchtung in der aktuellen Funktionsbeschreibung nicht möglich.

Entsprechende Ergänzungen sind bei der Ausführungsplanung durch das Planungsbüro in Abstimmung mit dem Brandschutzgutachter und Betreiber zu ergänzen.