

Planungshandbuch

GAHP-GS

Wasser Gas- Absorptionswärmepumpe
Plattform PRO

mit Erdgas und erneuerbaren Energien betrieben



Revision: A

Code: D-MNL044

Die vorliegende Anleitung wurde von der Robur S.p.A. erstellt und gedruckt. Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, dieser Anleitung ist verboten.

Das Original wird bei der Robur S.p.A. aufbewahrt.

Jeder Gebrauch dieser Anleitung, der über persönliches Nachschlagen hinausgeht, muss vorher von der Robur S.p.A. genehmigt werden.

Vorbehalten sind die Rechte der Inhaber der registrierten Markenzeichen-Inhaber der Marken, die in dieser Veröffentlichung wiedergegeben werden.

Robur S.p.A behält sich das Recht vor, die in dieser Anleitung enthaltenen Daten und Inhalte für eine Verbesserung der Produktqualität ohne Vorankündigung zu ändern.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINE ANGABEN UND TECHNISCHE DATEN	5
1.1	TECHNISCHE DATEN.....	7
1.2	ABMESSUNGEN.....	9
2	BEMESSUNG UND ÜBERPRÜFUNG DER ANLAGEN	13
2.1	PLANUNGSPARAMETER.....	13
2.2	TABELLE DER PLANUNGSPARAMETER.....	13
2.3	THEORETISCHE GRUNDLAGEN FÜR DIE BERECHNUNG DER ANLAGEN GAHP-GS.....	17
2.4	WAHL DER VERSION LT ODER HT.....	19
3	PLANUNG GEOTHERMISCHER ANLAGEN MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF	21
3.1	ALLGEMEINE HINWEISE ZU GEOTHERMISCHEN ANLAGEN MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF	21
3.2	GEOTHERMISCHE ANLAGETYPEN MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF	22
3.3	MODELLRECHNUNGEN DER ERDWÄRMESONDEN	24
3.4	MODELLRECHNUNGEN DER FLÄCHENKOLLEKTOREN	32
3.5	GERINGERE AUSDEHNUNG DER GEOTHERMIEANLAGE.....	34
3.6	ERWEITERUNG DER ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN.....	35
4	ANLAGEPLANUNG	37
4.1	ALLGEMEINE PLANUNGSKRITERIEN	37
4.2	INSTALLATIONSANWEISUNGEN.....	39
4.3	GERÄTEAUFSTELLUNG	41
4.4	KOMPONENTEN DER HYDRAULIKANLAGE	42
5	PLANUNG DER ELEKTRISCHEN ANLAGE	45
5.1	ELEKTRISCHER ANSCHLUSS	45
5.2	ANSCHLUSS AN DAS STEUERSYSTEM DES GERÄTEBETRIEBS.....	45
6	REGEL- UND STEUERSYSTEM	47
6.1	DIGITALE STEUERTAFEL (DDC)	47
6.2	STEUERUNG UND REGELUNG DER ANLAGE.....	48
6.3	REGELUNG DER FUNKTION GLEITTEMPERATUR.....	49
6.4	STEUERUNG UND REGELUNG DER BRAUCHWARMWASSERPRODUKTION	50
6.5	FERNSTEUERSYSTEM WISE (Web Invisible Service Employee)	50
6.6	MOD BUS.....	50
7	ANLAGESCHALTPLÄNE.....	53
7.1	GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS.....	53
7.2	GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (gemeinsame Umwälzpumpe).....	55
7.3	GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN (Unabhängige Umwälzpumpen).....	57
7.4	GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS	59
7.5	GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (unabhängige Umwälzpumpen).....	61
7.6	GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (gemeinsame Umwälzpumpe)	63
7.7	GEOTHERMISCHE KLIMA-/HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (unabhängige Umwälzpumpen)	65
7.8	GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE/ZUSATZHEIZUNG MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (gemeinsame Umwälzpumpen)	67
7.9	GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE UND FREE-COOLING MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (Unabhängige Umwälzpumpen)	69
7.10	GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE UND BWW-PRODUKTION MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS mit elektronischem Regelsystem der Anlage.....	71

1 ALLGEMEINE ANGABEN UND TECHNISCHE DATEN

GAHP-GS ist eine Hochleistungs-Sole-Wasser- Absorptionswärmepumpe mit einem thermodynamischen Wasser-Ammoniak-Kreislauf ($\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$); und Wärmerückgewinnung aus der Rauchgaskondensation; sie verwendet das Erdreich als erneuerbare Energiequelle (im Durchschnitt 40% der nutzbaren Wärmeleistung).

Die Einheit GAHP-GS kann auch in Anlagen eingesetzt werden, die die gleichzeitige Produktion von Wärme und Kälte erfordern (zum Beispiel Kühlung von Kühlzellen und die Erzeugung von Warmwasser für Prozessanwendungen) oder in allen Anlagen, in den zusätzlich und gleichzeitig zur Heizleistung auch Bedarf an Hilfsdiensten (wie zum Beispiel Nachheizung in Luftbehandlungseinheiten, Erwärmung des Wassers von Schwimmbädern, Vorerwärmung von Brauchwasser usw.) und an Kälteleistung für die Klimaanlage besteht.

Die elektromechanischen Bauteile aller Geräte mit Absorptionswärmepumpe GAHP-GS beschränken sich auf den Brenner, das Gebläse und die Lösungspumpe. Diese Besonderheit der Absorptionsanlagen ermöglicht eine Senkung des Energieverbrauchs und reduziert drastisch den Wartungsaufwand.

Der thermodynamische Wasser-Ammoniak-Zyklus der Einheit GAHP-GS läuft in einem geschweißten, hermetisch geschlossenen Kreislauf ab, der kein Nachfüllen von Kühlmitteln erfordert.

Die Wärmepumpen GAHP-GS werden je nach der von der Anlage geforderten maximalen Vorlauftemperatur in den Ausführungen HT und LT produziert. Die maximale Vorlauftemperatur der Anlage beträgt für die Einheiten LT 55°C , während die Höchstrücklauftemperatur bei 45°C liegt. Die maximale Vorlauftemperatur der Anlage beträgt für die Einheiten HT 65°C , während die Höchstrücklauftemperatur bei 55°C liegt. Für beide Versionen liegen die zulässigen Mindest- und Höchsttemperaturen der Außenluft im Bereich von -30°C bis $+45^\circ\text{C}$. Die Version GAHP-GS LT ist demnach für Anlagen mit Flächenheizsystemen oder Gebläsekonvektoren optimiert, die mit Niedertemperaturwasser bis 50°C betrieben werden. Die Version GAHP-GS HT ist dagegen optimal für Heizanlagen mit mittel-hoher Temperatur geeignet und kann auch zur Modernisierung bestehender Anlagen mit Radiatoren eingesetzt werden.

Die Wärmepumpe GAHP-GS ist sowohl für Innen- wie Außenaufstellung geeignet.

Die Einheit GAHP-GS verwendet Rauchabzüge aus Polypropylen; die verfügbare hohe Abgaspression (bis 80 Pa) erlaubt eine große Installationsflexibilität.

Hauptvorteile

Geringere Bohrungen für die Erdwärmesonden: Im Vergleich mit den besten elektrischen Wärmepumpen ermöglicht der Einsatz von Einheiten GAHP-GS mit Erdwärmesonden eine Verkürzung der durchschnittlichen Länge der Sonden um 40% (über 60% unter optimalen Bedingungen) mit der daraus folgenden beträchtlichen Senkung der Investitionskosten der Anlage.

Wirkungsgrad: Die Einheit GAHP-GS kann unter Nennbedingungen Wirkungsgrade von 200% bei gleichzeitiger Nutzung der verfügbaren Wärme- und Kälteleistungen erzielen oder von 150% bei Verwendung erneuerbarer Energiequellen für die ausschließliche Produktion von Wärmeleistung (Testdaten VDE und DVGW-Forschungsstelle).

Reduzierter Stromverbrauch: Nur 0,47 kW Stromaufnahme für 37,7 kW Heizleistung oder 12,4 kW Kälteleistung, dank der Verwendung von Gas oder Flüssiggas.

Keine Bereitstellung zusätzlicher Stromkapazitäten: Da die Stromaufnahme der einzelnen Einheit beschränkt ist (470 W), können Anlagen mit Wärmepumpen ohne nennenswerte Belastung der elektrischen Gesamtanlage realisiert werden. Dadurch können einfachere elektrische Anlagen installiert werden und es müssen die Stromlieferverträge

des Elektrizitätswerks nicht geändert zu werden. Dieser Vorteil ermöglicht außerdem bei Bedarf mit einer sehr geringen Notstromkapazität einen unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Gleichmäßiger Betrieb selbst bei sehr niedrigen Außentemperaturen: Selbst bei Außentemperaturen von -30°C garantieren die Geräte GAHP-GS Wirkungsgrade, die ausschließlich von den Betriebsbedingungen der Anlage abhängen; die Einheiten können daher vorteilhaft in besonders kalten Klimazonen eingesetzt werden, ohne Zusatzanlagen wie Heizkessel oder elektrische Heizstäbe installieren zu müssen.

Kompatibilität mit Eisspeicheranlagen: Die Einheit GAHP-GS kann auch effizient in Eisspeicheranlagen eingesetzt werden.

Liefervorschriften

SOLE-WASSER-ABSORPTIONSWÄRMEPUMPEN GAHP-GS LT FÜR ERDWÄRMEANLAGEN
Wasser-Ammoniak geführte Gas-Absorptionsgeräte als Brennwert-Sole-Wasser-Wärmepumpe zur gleichzeitigen oder abwechselnden Warmwasserproduktion bis zu einer Vorlauftemperatur von 55°C und Kaltwassererzeugung mit Minustemperaturen, für Erdwärmeanlagen, für Innen- oder Außenaufstellung, mit wassergekühlter Kondensation und Verdampfung, Betrieb mit Erd- oder Flüssiggas, bestehend aus einem hermetisch dichten Wärme-/Kühlkreislauf aus Kohlenstoffstahl, einem Rohrbündelwärmetauscher aus Titanstahl mit Verdampferfunktion, einem Rohrbündelwärmetauscher aus Titanstahl mit Kondensator-/Absorberfunktion, Wärmerückgewinnung aus Abgaskondensation, mit Grenzwertthermostat - Sicherheitsüberdruckventil - Pressostat und Rauchgasthermostat - Multigas-Vormischbrenner aus Edelstahl - Mikroprozessorplatine zur Steuerung aller Gerätefunktionen - Mengemesser - Wasserdurchflussregler - Flammenwächter - Gasventil - Gehäuse aus lackiertem Zinkblech - Abgas- und Kondensatablaufleitungen aus Polypropylen.

Nenn-Wärmebelastung (am Brenner) 25,70 kW.

Nennheizleistung (B0W50) 37,70 kW.

Nennkälteleistung (B0W50) 12,40 kW.

Anschlussspannung 230 V 1N - 50 Hz.

Stromaufnahme 0,47 kW.

Betriebsgewicht 300 kg.

Durchmesser Wasseranschlüsse (Aus- und Eingang) 1 ¼" F.

Dimension Gasanschluss ¾" F.

Abmessungen: Breite/Tiefe (848 mm x 690 mm), Höhe 1278 mm.

Liefervorschriften

SOLE-WASSER-ABSORPTIONSWÄRMEPUMPEN GAHP-GS HT FÜR ERDWÄRMEANLAGEN
Wasser-Ammoniak geführte Gas-Absorptionsgeräte als Brennwert-Sole-Wasser-Wärmepumpe zur gleichzeitigen oder abwechselnden Warmwasserproduktion bis zu einer Vorlauftemperatur von 65°C und Kaltwassererzeugung mit Minustemperaturen, für Erdwärmeanlagen, für Innen- oder Außenaufstellung, mit wassergekühlter Kondensation und Verdampfung, Betrieb mit Erd- oder Flüssiggas, bestehend aus einem hermetisch dichten Wärme-/Kühlkreislauf aus Kohlenstoffstahl, einem Rohrbündelwärmetauscher aus Titanstahl mit Verdampferfunktion, einem Rohrbündelwärmetauscher aus Titanstahl mit Kondensator-/Absorberfunktion, Wärmerückgewinnung aus Abgaskondensation, mit Grenzwertthermostat - Sicherheitsüberdruckventil - Pressostat und Rauchgasthermostat - Multigas-Vormischbrenner aus Edelstahl - Mikroprozessorplatine zur Steuerung aller Gerätefunktionen - Mengemesser - Wasserdurchflussregler - Flammenwächter - Gasventil - Gehäuse aus lackiertem Zinkblech - Abgas- und Kondensatablaufleitungen aus Polypropylen.

Nenn-Wärmebelastung (am Brenner) 25,70 kW.
 Nennheizleistung (B0W50) 37,60 kW.
 Nennkälteleistung 12,60 kW.
 Anschlussspannung 230 V 1N - 50 Hz.
 Stromaufnahme 0,47 kW.
 Betriebsgewicht 300 kg.
 Durchmesser Wasseranschlüsse (Aus- und Eingang) 1 ¼" F.
 Dimension Gasanschluss ¾" F.
 Abmessungen: Breite/Tiefe (848 mm x 690 mm), Höhe 1278 mm.

1.1 TECHNISCHE DATEN

Tabelle 1.1 – TECHNISCHE DATEN

			GAHP GS LT	GAHP GS HT
BETRIEBSBEDINGUNGEN ERNEUERBARE ENERGIEQUELLE				
Wasserdurchsatz erneuerbare Energiequelle (mit 25%-Glykolanteil)	Nenn. (B0W50)	l/h	3020	
	max.	l/h	4000	
	min.	l/h	2000	
Druckverlust erneuerbare Energiequelle	bei Nenndurchsatz	bar	0,51	
Wasserrücklauftemperatur erneuerbare Energiequelle	max.	°C	45	
Wasservorlauftemperatur erneuerbare Energiequelle	min.	°C	-10	-5
Nenn-Temperatursprung		°C	5	
HEIZBETRIEB				
BETRIEBSPUNKT B0W50* (Soleeintritt 0°C, Heizwasseraustritt +50°C)	G.U.E. auf Gasverbrauch bezogener Wirkungsgrad	%	150 (1)	149 (1)
	Abgegebene Heizleistung	kW	37,7 (1)	37,6 (1)
	Rückgewonnene Leistung erneuerbare Energiequelle	kW	12,4	12,6
BETRIEBSPUNKT B0W35* (Soleeintritt 0°C, Heizwasseraustritt +35°C)	G.U.E. auf Gasverbrauch bezogener Wirkungsgrad	%	170 (1)	--
	Abgegebene Heizleistung	kW	42,6 (1)	--
	Rückgewonnene Leistung erneuerbare Energiequelle	kW	17,0	--
BETRIEBSPUNKT B0W65* (Soleeintritt 0°C, Heizwasseraustritt +65°C)	G.U.E. auf Gasverbrauch bezogener Wirkungsgrad	%	--	125 (1)
	Abgegebene Heizleistung	kW	--	31,5 (1)
	Rückgewonnene Leistung erneuerbare Energiequelle	kW	--	7,9
Wärmeleistung	Nennwert (1013 mbar - 15 °C)	kW	25,7	
	max. Istwert	kW	25,2	
NOx-Emissionsklasse			5	
NOx-Emission		ppm	25	
CO-Emission		ppm	36	
Heizwasservorlauftemperatur	max. für Heizen	°C	55	65
	max. für BWW	°C	70	
Heizwasserrücklauftemperatur	max. Heizen	°C	45	55
	max. BWW	°C	60	
	min.	°C	2	
Heizwasserdurchsatz	Nenn.	l/h	3250	3170
	max.	l/h	4000	
	min.	l/h	1000	
Heizwasser-Druckverlust	bei Nennwasserdurchsatz (B0W50)	bar	0,49	
Raumlufitemperatur (Trockenkugel)	max.	°C	45	
	min.	°C	0	
Temperatursprung	Nenn.	°C	10	
Gasverbrauch	Erdgas G20 (Nennwert)	m ³ /h	2,72	
	Erdgas (MIN)	m ³ /h	1,34	
	G30 (Nenn.)	kg/h	2,03	
	G30 (MIN)	kg/h	0,99	
	G31 (Nenn.)	kg/h	2,00	
	G31 (MIN)	kg/h	0,98	
ELEKTRISCHE DATEN				

			GAHP GS LT	GAHP GS HT
Versorgung	Spannung	V	230	
	Typ		EINPHASIG	
	Frequenz	Hz	50	
Leistungsaufnahme	Nenn.	kW	0,47	
Schutzart	IP		X5D	
INSTALLATIONS DATEN				
Schalleistungspegel		dB(A)	67	
Minimale Lagertemperatur		°C	-15	
Maximaler Betriebsdruck		bar	4	
Wassergehalt im Gerät	Heizseite	l	4	
	Kühlseite	l	3	
Wasseranschlüsse	Typ		F	
	Gewinde	" G	1 1/4	
Gasanschluss	Typ		F	
	Gewinde	" G	3/4	
Anschluss Ablassleitung Sicherh.ventil		" G	1 1/4	
Abgasauslass	Größe	mm	80	
	Restförderhöhe	Pa	80	
	Produktkonfiguration		C63	
Max. Kondenswasserdurchsatz		l/h	4,0	
Abmessungen	Breite	mm	848	
	Höhe	mm	1278	
	Tiefe	mm	691	
Gewicht	In Betrieb	Kg	300	
ALLGEMEINE DATEN				
INSTALLATIONSTYP			C13, C33, C43, C53, C63, C83	
KÄLTEMITTEL	AMMONIAK R717	Kg	7	
	WASSER H2O	Kg	10	
HÖCHSTDRUCK KÜHLKREISLAUF		bar	35	
VERSORGUNGSDRUCK ERDGAS (G20)		mbar	17-25	

Anmerkungen

(1) Bewertung laut Norm EN12309-2 auf der Grundlage der Ist-Wärmebelastung. Für von den Nennbedingungen abweichende Betriebsbedingungen siehe Abschnitt 2 BEMES- SUNG UND ÜBERPRÜFUNG DER ANLAGEN → 13.

(2) Für vom Nenndurchsatz abweichende Fördermengen siehe die Werte in Tabelle 1.2 Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS - Kondensatorseite → 8 (Heizbetrieb) oder die Werte in Tabelle 1.3 Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS - Verdampfersei- te → 9 (Kühlbetrieb).

Tabelle 1.2 – Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS - Kondensatorseite

Wasser-Durchsatz	Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS (Versionen LT und HT) - Kondensatorseite							
	Temperaturen der Wärmeträgerflüssigkeit am Ausgang (T _{hm}) GAHP-GS							
	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
l/h	Druckverlust (bar)							
1000	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
1100	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
1200	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
1300	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09
1400	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10
1500	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
1600	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
1700	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
1800	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16
1900	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17
2000	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.19
2100	0.25	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20
2200	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.23	0.22
2300	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.24
2400	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27	0.26
2500	0.35	0.33	0.32	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27
2600	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.29
2700	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.31

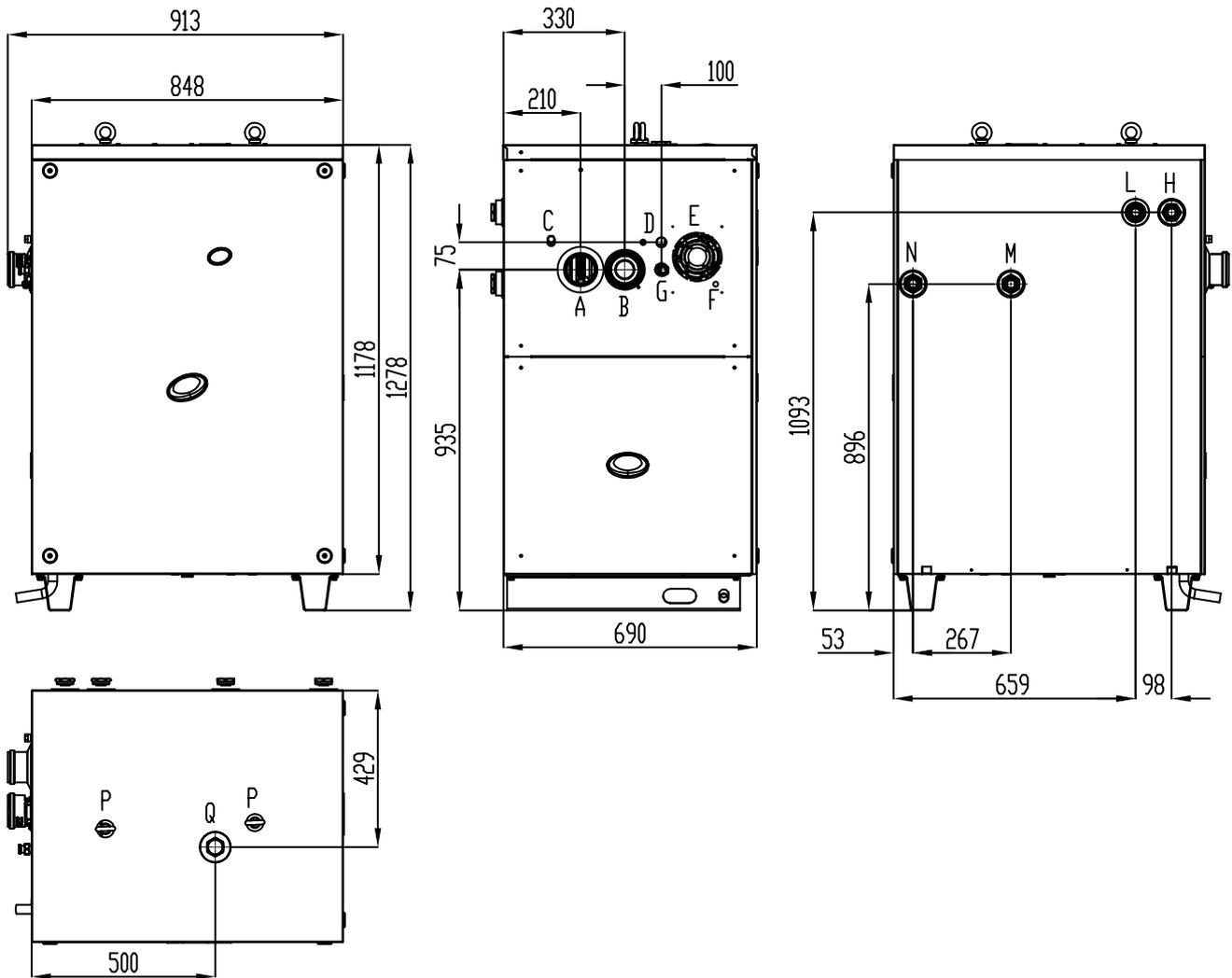
2800	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34
2900	0.45	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36
3000	0.48	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38
3100	0.51	0.49	0.48	0.46	0.45	0.44	0.42	0.40
3200	0.54	0.52	0.50	0.49	0.48	0.46	0.45	0.43
3300	0.57	0.55	0.53	0.52	0.51	0.49	0.47	0.45
3400	0.60	0.58	0.56	0.55	0.54	0.52	0.50	0.48
3500	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.54	0.52	0.50
3600	0.67	0.65	0.62	0.61	0.60	0.57	0.55	0.53
3700	0.70	0.68	0.66	0.64	0.63	0.60	0.58	0.56
3800	0.74	0.71	0.69	0.67	0.66	0.63	0.61	0.58
3900	0.77	0.75	0.72	0.71	0.69	0.66	0.64	0.61
4000	0.81	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.67	0.64

Tabelle 1.3 – Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS - Verdampferseite

Druckverluste der einzelnen Einheit GAHP-GS (Versionen LT und HT) - Verdampferseite													
Wasser-Durchsatz	Temperaturen der Wärmeträgerflüssigkeit am Ausgang (T_{cm}) GAHP-GS												
	-5 °C	-4°C	-3 °C	-2°C	-1°C	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C
l/h	Druckverlust (bar)												
000	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
1100	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11
1200	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
1300	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
1400	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
1500	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
1600	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18
1700	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20
1800	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
1900	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24
2000	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26
2100	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28
2200	0.35	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30
2300	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
2400	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35
2500	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38
2600	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40
2700	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43
2800	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46
2900	0.54	0.54	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48
3000	0.57	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51
3100	0.60	0.60	0.59	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54
3200	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57
3300	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.59
3400	0.70	0.70	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62
3500	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66
3600	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69	0.69
3700	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72
3800	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.75
3900	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79
4000	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82

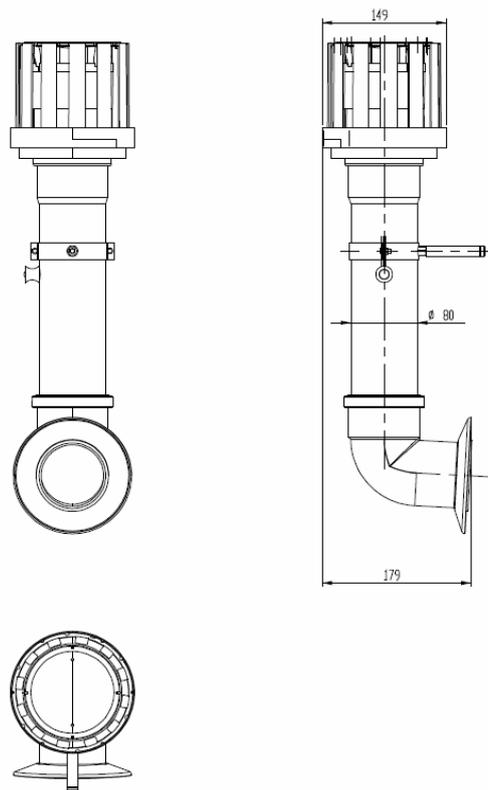
1.2 ABMESSUNGEN

Abbildung 1.1 – Abmessungen



ZEICHENERKLÄRUNG

- A Rauchgasauslass Ø 80
- B Verbrennungslufteinlass Ø 80
- C Manuelle Rückstellung Rauchgas-Thermostat
- D Eingang Netzkabel
- E Kühlgebläse
- F Warnleuchte Gerätebetrieb
- G Gasanschluss Ø 3/4"
- H Rückfluss Warmwasser Ø 1"¼
- L Rückfluss erneuerbares Quellwasser Ø 1"¼
- M Druckleitung erneuerbares Quellwasser Ø 1"¼
- N Förderseite Warmwasser Ø 1"¼
- P Anschlaghaken zum Heben des Geräts
- Q Sicherheitsventil-Auslassleitung Ø 1"¼

Abbildung 1.2 – Abzugendstück

Ausschnitt des Abzugendstücks (Teil des Lieferumfangs)

2 BEMESSUNG UND ÜBERPRÜFUNG DER ANLAGEN

2.1 PLANUNGSPARAMETER

Die Hauptplanungsparameter sind die Heiz- und Kälteleistung beim Heizbetrieb und ggf. beim Kühlbetrieb der einzelnen Einheit GAHP-GS und der energetische Gas-Wirkungsgrad G.U.E. (Gas Utilization Efficiency), die auf der Grundlage der Projektbedingungen bewertet werden.

Unter G.U.E. wird das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärme- oder Kälteleistung und der Ist-Wärmebelastung verstanden.

Der energetische Gas-Wirkungsgrad G.U.E. und die Heiz- und Kälteleistungen sind direkte Funktionen der Wassertemperatur am Eingang des Kondensators T_{hr} (Rücklauftemperatur von der Anlage) und der Wassertemperatur am Eingang des Verdampfers T_{cr} (Rücklauftemperatur vom Kreislauf der Erdsonde).

Bei der Wahl der beiden genannten Temperaturen müssen die Austauschorgane außerhalb der Wärmepumpe wie zum Beispiel die Heizkörper / Heizflächen der Heizanlage, die Wärmetauscher im Erdreich und die Wärmetauscher für technologische Prozessabläufe berücksichtigt werden.

Diese Parameter sind als Planungsparameter zusammen mit der Spreizung ΔT der Wärmeträgerflüssigkeit zu verwenden.

Für den letzteren Wert wird gewöhnlich 10°C für Heizbetrieb und 5°C oder 3°C für Kühlbetrieb eingesetzt; die Mindest- und Höchstwerte betragen beim Heizbetrieb $7,5^{\circ}\text{C}$ (was einem maximalen Durchsatz von 4000 l/h bei Nennheizleistung entspricht) und 30°C (was einem Mindestdurchsatz von 1000 l/h bei Nennheizleistung entspricht). Beim Kühlbetrieb betragen die Mindest- und Höchstwerte $3,7^{\circ}\text{C}$ (was einem maximalen Durchsatz von 4000 l/h bei Nennheizleistung entspricht) und $7,5^{\circ}\text{C}$ (was einem Mindestdurchsatz von 2000 l/h bei Nennheizleistung entspricht).

Nach Festlegung des Wertes ΔT werden die Werte T_{hr} und T_{cr} automatisch aus der gewünschten Vorlaufwassertemperatur der Anlage T_{hm} und T_{cm} abgeleitet. Nach Bestimmung dieser Werte sind die Wärme- und Kälteleistungen aus den Tabellen im Abschnitt 2.2 TABELLE DER PLANUNGSPARAMETER \rightarrow 13 ersichtlich.

Die Tabellen geben für jede Rücklauftemperatur „ T_{hr} “ und „ T_{cr} “ den Wert der Wärme- q_h und der Kälteleistung q_c der Einheiten GAHP-GS an.

Ein weiterer zu berücksichtigender nützlicher Parameter ist die maximale Rücklauftemperatur zum Kondensator „ $T_{hr} \text{ max}$ “, die auf den Wert 55°C (Version HT) oder 45°C (Version LT) festgelegt ist.

2.2 TABELLE DER PLANUNGSPARAMETER

Tabelle 2.1 – Heizleistung GAHP-GS Version LT

HEIZLEISTUNG GAHP-GS Version LT					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{hm})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]
-5°C	39,9	39,0	37,5	36,8	34,2
-4°C	40,4	39,3	37,8	37,0	34,5
-3°C	41,0	39,7	38,1	37,1	34,8
-2°C	41,5	40,0	38,4	37,3	35,1
-1°C	42,1	40,3	38,7	37,5	35,4
0°C	42,6	40,6	39,0	37,7	35,7
1°C	42,6	40,8	39,4	38,2	36,2
2°C	42,6	41,1	39,8	38,7	36,6
3°C	42,6	41,3	40,2	39,1	37,1

4°C	42,6	41,5	40,5	39,6	37,5
5°C	42,6	41,7	40,9	40,1	38,0
6°C	42,6	41,8	41,1	40,3	38,2
7°C	42,7	41,9	41,3	40,5	38,5
8°C	42,7	42,0	41,5	40,6	38,7
9°C	42,7	42,1	41,7	40,8	39,0
10°C	42,7	42,2	41,8	41,0	39,2
11°C	42,7	42,3	42,0	41,1	39,5
12°C	42,7	42,4	42,2	41,3	39,7
13°C	42,7	42,5	42,4	41,5	40,0
14°C	42,7	42,6	42,6	41,6	40,2
15°C	42,7	42,7	42,6	41,8	40,5
16°C	42,7	42,7	42,6	42,0	40,7
17°C	42,7	42,7	42,6	42,2	41,0
18°C	42,7	42,7	42,6	42,3	41,2
19°C	42,7	42,7	42,6	42,5	41,5
20°C	42,7	42,7	42,6	42,6	41,7

Tabelle 2.2 – Energetischer Gas-Wirkungsgrad G.U.E. GAHP-GS Version LT im Heizbetrieb

ENERGETISCHER GAS-WIRKUNGSGRAD G.U.E. GAHP-GS Version LT IM HEIZBETRIEB					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T _{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T _{hm})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T _{hr})				
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
-5 °C	1,584	1,549	1,489	1,460	1,358
-4 °C	1,605	1,561	1,501	1,467	1,370
-3 °C	1,627	1,574	1,513	1,474	1,381
-2 °C	1,648	1,586	1,525	1,481	1,393
-1 °C	1,670	1,598	1,536	1,488	1,405
0 °C	1,691	1,611	1,548	1,496	1,417
1 °C	1,691	1,620	1,563	1,515	1,435
2 °C	1,691	1,629	1,579	1,534	1,453
3 °C	1,691	1,638	1,594	1,553	1,471
4 °C	1,692	1,647	1,609	1,573	1,490
5 °C	1,692	1,657	1,624	1,592	1,505
6 °C	1,692	1,660	1,631	1,599	1,518
7 °C	1,692	1,664	1,639	1,605	1,528
8 °C	1,693	1,668	1,646	1,612	1,538
9 °C	1,693	1,672	1,653	1,619	1,548
10 °C	1,694	1,675	1,660	1,626	1,558
11 °C	1,694	1,679	1,667	1,632	1,567
12 °C	1,694	1,683	1,674	1,639	1,577
13 °C	1,694	1,687	1,681	1,646	1,587
14 °C	1,694	1,691	1,689	1,653	1,597
15 °C	1,694	1,694	1,692	1,659	1,607
16 °C	1,694	1,694	1,692	1,666	1,617
17 °C	1,694	1,694	1,692	1,673	1,627
18 °C	1,694	1,694	1,692	1,680	1,637
19 °C	1,694	1,694	1,692	1,686	1,647
20 °C	1,694	1,694	1,692	1,692	1,657

Tabelle 2.3 – Heizleistung GAHP-GS Version HT

HEIZLEISTUNG GAHP-GS Version HT					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T _{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T _{hm})				
	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T _{hr})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	q _h [kW]	q _h [kW]	q _h [kW]	q _h [kW]	q _h [kW]
0 °C	39,0	37,6	35,6	33,5	31,4
1 °C	39,2	37,9	35,9	33,9	31,7
2 °C	39,4	38,2	36,2	34,2	32,0
3 °C	39,6	38,5	36,5	34,5	32,3
4 °C	39,8	38,7	36,8	34,9	32,6
5 °C	40,0	39,0	37,1	35,2	32,9
6 °C	40,2	39,2	37,4	35,6	33,4

7°C	40,4	39,4	37,6	36,0	33,8
8°C	40,6	39,6	37,9	36,4	34,3
9°C	40,8	39,8	38,1	36,8	34,8
10°C	40,9	40,0	38,4	37,1	35,2
11°C	41,1	40,2	38,6	37,5	35,6
12°C	41,3	40,4	38,9	37,9	36,0
13°C	41,5	40,6	39,1	38,3	36,4
14°C	41,7	40,8	39,4	38,6	36,8
15°C	41,7	40,9	39,6	39,0	37,1
16°C	41,8	41,1	39,9	39,2	37,5
17°C	41,9	41,3	40,1	39,4	37,9
18°C	41,9	41,4	40,4	39,6	38,3
19°C	42,0	41,6	40,6	39,8	38,6
20°C	42,0	41,7	41,1	40,0	39,0

Tabelle 2.4 – Energetischer Gas-Wirkungsgrad G.U.E. GAHP-GS Version HT im Heizbetrieb

ENERGETISCHER GAS-WIRKUNGSGRAD G.U.E. GAHP-GS Version HT IM HEIZBETRIEB					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{vm})				
	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
0°C	1,549	1,493	1,412	1,330	1,247
1°C	1,557	1,504	1,424	1,343	1,259
2°C	1,565	1,515	1,437	1,357	1,271
3°C	1,573	1,526	1,449	1,371	1,282
4°C	1,581	1,538	1,461	1,385	1,294
5°C	1,589	1,549	1,474	1,399	1,306
6°C	1,596	1,556	1,483	1,414	1,324
7°C	1,603	1,564	1,493	1,429	1,343
8°C	1,611	1,571	1,503	1,444	1,361
9°C	1,618	1,579	1,513	1,459	1,380
10°C	1,625	1,587	1,523	1,474	1,399
11°C	1,632	1,594	1,533	1,489	1,414
12°C	1,639	1,602	1,543	1,504	1,429
13°C	1,646	1,610	1,553	1,519	1,444
14°C	1,653	1,617	1,563	1,534	1,459
15°C	1,656	1,625	1,573	1,549	1,474
16°C	1,659	1,631	1,583	1,566	1,489
17°C	1,661	1,637	1,593	1,584	1,504
18°C	1,664	1,644	1,603	1,597	1,519
19°C	1,667	1,650	1,612	1,610	1,534
20°C	1,667	1,656	1,630	1,617	1,549

Tabelle 2.5 – Kälteleistung GAHP-GS Version LT

KÄLTELEISTUNG GAHP-GS Version LT					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{vm})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
	q_{li} [kW]	q_{li} [kW]	q_{li} [kW]	q_{li} [kW]	q_{li} [kW]
-5 °C	14,1	12,9	11,6	10,3	8,6
-4°C	14,7	13,3	12,1	10,7	9,0
-3 °C	15,3	13,7	12,6	11,2	9,3
-2°C	15,9	14,0	13,0	11,6	9,7
-1°C	16,5	14,4	13,5	12,0	10,1
0°C	17,0	14,8	14,0	12,4	10,5
1°C	17,0	1,50	14,2	12,7	10,3
2°C	16,9	15,3	14,4	13,1	11,2
3°C	16,8	15,5	14,6	13,4	11,6
4°C	16,8	15,8	14,8	13,7	11,9
5°C	16,7	16,0	15,0	14,0	12,3
6°C	17,1	16,8	15,3	14,2	12,6
7°C	17,1	16,9	15,7	14,4	12,0
8°C	17,1	16,9	16,0	14,6	13,3
9°C	17,2	17,0	16,4	14,8	13,7

10°C	17,2	17,0	16,7	15,0	14,0
11°C	17,2	17,1	16,8	15,3	14,2
12°C	17,2	17,1	16,9	15,7	14,4
13°C	17,2	17,1	16,9	16,0	14,6
14°C	17,2	17,2	17,0	16,4	14,8
15°C	17,2	17,2	17,0	16,7	15,0
16°C	17,2	17,2	17,0	16,8	15,3
17°C	17,2	17,2	17,0	16,9	15,7
18°C	17,2	17,2	17,0	16,9	16,0
19°C	17,2	17,2	17,0	17,0	16,4
20°C	17,2	17,2	17,0	17,0	16,7

Tabelle 2.6 – Energetischer Gas-Wirkungsgrad G.U.E. GAHP-GS Version LT im Kühlbetrieb

ENERGETISCHER GAS-WIRKUNGSGRAD G.U.E. GAHP-GS Version LT IM KÜHLBETRIEB					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{hm})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
-5 °C	0,559	0,512	0,460	0,409	0,341
-4 °C	0,582	0,527	0,479	0,426	0,356
-3 °C	0,606	0,542	0,498	0,443	0,371
-2 °C	0,629	0,557	0,517	0,459	0,386
-1 °C	0,653	0,572	0,537	0,476	0,401
0 °C	0,676	0,587	0,556	0,493	0,417
1 °C	0,674	0,596	0,563	0,506	0,431
2 °C	0,671	0,606	0,571	0,518	0,445
3 °C	0,668	0,616	0,579	0,531	0,460
4 °C	0,665	0,625	0,587	0,543	0,474
5 °C	0,663	0,635	0,595	0,556	0,488
6 °C	0,678	0,666	0,609	0,564	0,502
7 °C	0,679	0,669	0,623	0,572	0,515
8 °C	0,680	0,671	0,636	0,580	0,529
9 °C	0,681	0,674	0,650	0,587	0,543
10 °C	0,683	0,676	0,664	0,595	0,556
11 °C	0,683	0,678	0,666	0,609	0,564
12 °C	0,683	0,679	0,669	0,623	0,572
13 °C	0,683	0,680	0,671	0,636	0,580
14 °C	0,683	0,681	0,674	0,650	0,587
15 °C	0,683	0,683	0,676	0,664	0,595
16 °C	0,683	0,683	0,676	0,666	0,609
17 °C	0,683	0,683	0,676	0,669	0,623
18 °C	0,683	0,683	0,676	0,671	0,636
19 °C	0,683	0,683	0,676	0,674	0,650
20 °C	0,683	0,683	0,676	0,676	0,664

Tabelle 2.7 – Kälteleistung GAHP-GS Version HT

KÄLTELEISTUNG GAHP-GS Version HT					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{hm})				
	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]	q_h [kW]
0 °C	13,8	12,6	11,0	9,3	7,9
1 °C	13,9	12,9	11,2	9,5	8,1
2 °C	14,0	13,2	11,4	9,8	8,3
3 °C	14,0	13,4	11,6	10,0	8,5
4 °C	14,1	13,7	11,8	10,3	8,8
5 °C	14,2	14,0	12,0	10,5	9,0
6 °C	17,1	16,8	15,3	14,2	12,6
7 °C	17,1	16,9	15,7	14,4	13,0
8 °C	17,1	16,9	16,0	14,6	13,3
9 °C	17,2	17,0	16,4	14,8	13,7
10 °C	17,2	17,0	16,7	15,0	14,0
11 °C	17,2	17,1	16,8	15,3	14,2
12 °C	17,2	17,1	16,9	15,7	14,4

13°C	17,2	17,1	16,9	16,0	14,6
14°C	17,2	17,2	17,0	16,4	14,8
15°C	17,2	17,2	17,0	16,7	15,0
16°C	17,2	17,2	17,0	16,8	15,3
17°C	17,2	17,22	17,0	16,9	15,7
18°C	17,2	17,2	17,0	16,9	16,0
19°C	17,2	17,2	17,0	17,0	16,4
20°C	17,2	17,2	17,0	17,0	16,7

Tabelle 2.8 – Energetischer Gas-Wirkungsgrad G.U.E. GAHP-GS Version HT im Kühlbetrieb

ENERGETISCHER GAS-WIRKUNGSGRAD G.U.E. GAHP-GS Version HT IM KÜHLBETRIEB					
RÜCKLAUFTEMPERATUR ZUM VERDAMPFER (T_{cr})	WASSERVORLAUFTEMPERATUR (T_{hm})				
	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
	WASSERRÜCKLAUFTEMPERATUR (T_{hr})				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
0°C	0,548	0,499	0,437	0,367	0,312
1°C	0,551	0,511	0,444	0,377	0,321
2°C	0,554	0,522	0,452	0,387	0,330
3°C	0,557	0,534	0,460	0,397	0,339
4°C	0,560	0,545	0,468	0,407	0,348
5°C	0,563	0,557	0,476	0,417	0,357
6°C	0,678	0,666	0,609	0,564	0,502
7°C	0,679	0,669	0,623	0,572	0,515
8°C	0,680	0,671	0,636	0,580	0,529
9°C	0,681	0,674	0,650	0,587	0,543
10°C	0,683	0,676	0,664	0,595	0,556
11°C	0,683	0,678	0,666	0,609	0,564
12°C	0,683	0,679	0,669	0,623	0,572
13°C	0,683	0,680	0,671	0,636	0,580
14°C	0,683	0,681	0,674	0,650	0,587
15°C	0,683	0,683	0,676	0,664	0,595
16°C	0,683	0,683	0,676	0,666	0,609
17°C	0,683	0,683	0,676	0,669	0,623
18°C	0,683	0,683	0,676	0,671	0,636
19°C	0,683	0,683	0,676	0,674	0,650
20°C	0,683	0,683	0,676	0,676	0,664

Alle im vorliegenden Handbuch aufgeführten Wärme- und Kälteleistungen der Einheiten GAHP-GS berücksichtigen einen Glykolanteil von 25% im Wasser des Verdampferkreislaufs (Kaltwasserseite).

2.3 THEORETISCHE GRUNDLAGEN FÜR DIE BERECHNUNG DER ANLAGEN GAHP-GS

Der Rechenansatz für die Planung der Anlagen GAHP-GS beruht auf der Berechnung der Wärmeleistung q_h durch Vorgabe der Temperaturen am Eingang des Kondensators T_{hr} und des Verdampfers T_{cr} . Die Zulufttemperatur zum Kondensator wird durch die Betriebsbedingungen der Anlage bestimmt, während für die Rücklauftemperatur zum Verdampfer die Austauschbedingungen zwischen dem von der Einheit GAHP-GS kommenden Kaltwasser und dem Erdreich berücksichtigt werden muss. Nach Festlegung dieser Temperaturen mithilfe der Tabellen der Wirkungsgrade wird die Heizleistung q_{hi} für den Winterbetrieb berechnet. Gleichzeitig muss auch die Kälteleistung q_{ci} des Winterbetriebs bestimmt werden, die zusammen mit der Heizleistung erzeugt wird.

Die eventuellen Betriebsbedingungen für den Sommer werden auf analoge Weise durch Bestimmung der Betriebstemperaturen der Maschine ermittelt, auf deren Grundlage die sommerliche Kälte- q_{ce} und Heizleistung q_{he} berechnet werden.

Nach Bestimmung der Heiz- und Kälteleistungen der einzelnen Einheiten GAHP-GS kann auf eine der folgenden Weisen die Planung fortgesetzt werden:

- A. Auswahl der Anzahl der Einheiten GAHP-GS, die für die Heizung erforderlich sind (in den Fällen, in denen keine Kühlung gewünscht wird oder wenn das System des „Free cooling“ des Bodens genutzt werden soll).
- B. Auswahl der maximalen Anzahl der Einheiten GAHP-GS, die notwendig sind, um mit den Wärmepumpen jede Art des Anlagenbetriebs abzudecken.

Im ersten Fall wird die Anzahl der Wärmepumpen N_{wi} direkt mit der folgenden Formel berechnet:

$$N_{wi} = \frac{\dot{Q}_h}{q_{hi}}$$

wobei Q_h den Bedarf an Heizleistung bedeutet, der für die Anlage beim Winterbetrieb gedeckt werden muss.

Der zweite Fall erfordert die Auslegung der Anlage auf der Grundlage der schwersten Betriebsbedingungen, wobei eine gewisse Überdimensionierung der Anlage für eine der beiden Jahreszeiten der Nutzung in Kauf zu nehmen ist.

Danach kann die erforderliche Anzahl der Wärmepumpen N_{wi} direkt mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$N_{wi} = \frac{\dot{Q}_h}{q_{hi}}$$

wobei Q_h die erforderliche Heizleistung der Anlage für den Winterbetrieb bedeutet. Auf die gleiche Weise wird die Anzahl der Einheiten GAHP-GS N_{we} berechnet, die für die Klimatisierung im Sommer notwendig sind.

$$N_{we} = \frac{\dot{Q}_c}{q_{ce}}$$

wobei Q_c die für die Klimatisierung erforderliche Kälteleistung darstellt.

Die Anzahl N_w der für die infrage kommende Anlage erforderlichen Einheiten GAHP-GS ist in diesem Fall die größere der beiden Bemessungen.

Dieser Anlagentyp verwendet das Erdreich als erneuerbare Energiequelle. Bei der Planung der Anlage zur Nutzung dieser Energiequellen müssen die Kälte- und Wärmeleistungen bestimmt werden, die im Winter und ggf. auch im Sommer ausgetauscht werden müssen.

Die Kälteleistung Q_{ci} , die im Winter in den Erdwärmetauschern ausgetauscht werden muss, wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$\dot{Q}_{ci} = q_{ci} \cdot N_{wi}$$

Die Wärmeleistung Q_{he} , die eventuell im Sommer in den Erdwärmetauschern ausgetauscht werden muss, wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$\dot{Q}_{he} = q_{he} \cdot N_{we}$$

Die beiden Leistungen Q_{ci} und Q_{he} können bei Bedarf auch für Hilfsanlagen des beheizten und klimatisierten Gebäudes oder für technische Industrieanlagen teilweise oder ganz eingesetzt werden. Eine solche Lösung erhöht den Wirkungsgrad der Anlage und reduziert die Nutzung der natürlichen Ressourcen des Bodens.

2.4 WAHL DER VERSION LT ODER HT

Die Produktreihe GAHP-GS ist in zwei Versionen lieferbar, die auf der Grundlage der maximalen Vorlauftemperatur der Anlage T_{hm} der Wärmeträgerflüssigkeit festgelegt sind. Die Version LT wird für Temperaturen bis 50°C gewählt, während die Version HT für Temperaturwerte über 50°C eingesetzt wird.

In neuen Anlagen hat es sich bewährt, zur Reduzierung der Energieverschwendung und für einen rationellen Energieeinsatz immer die Betriebstemperatur des Wärmeträgermittels zu senken.

Falls mit denselben Wärmepumpen gleichzeitig Brauchwarmwasser (BWW) produziert werden soll, fällt die Wahl auf die Version HT; die Vorlauftemperatur beträgt 65°C, wenn diese Temperatur als ausreichend für die indirekte Warmwassererzeugung angesehen wird.

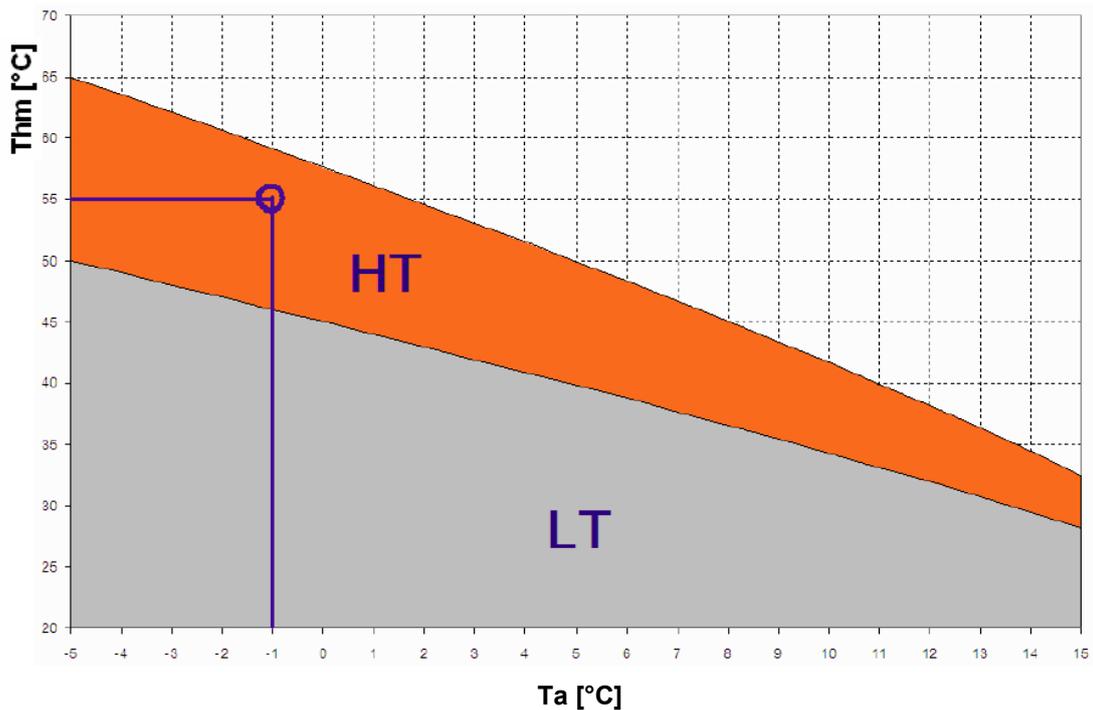
Bei bestehenden Anlagen, die hinsichtlich der Energieeffizienz modernisiert werden sollen („Umrüstung“), müssen die Betriebstemperaturen des Wärmeträgermittels an den Endstücken der bestehenden Anlage geprüft werden (falls nicht ihr Austausch geplant ist), um sich für die Version LT oder HT entscheiden zu können.

Zur Überprüfung des Wärmeniveaus der Wärmeträgerflüssigkeit einer Anlage, deren Heizkessel mit einer Klimakurve ausgestattet ist, genügt es, die Heizanlage während eines beliebigen Tags im Winterbetrieb zu kontrollieren. Während der Kontrolle werden die Temperatur der Außenluft und die Temperatur des betreffenden Vorlaufwassers gemessen.

Durch Einsetzen der gemessenen Werte in das Diagramm der Abbildung 2.1 Kennlinie zur Auswahl der Version LT oder HT → 20 ist es möglich, die geeignetste Version für die vorgesehene Art des Austausches zu ermitteln.

Nell'esempio di Figura 2.1 Kennlinie zur Auswahl der Version LT oder HT → 20 si è rilevata una temperatura di 55°C in mandata all'impianto di riscaldamento a fronte di una temperatura dell'aria esterna pari a -1°C. La scelta del sistema ricade conseguentemente sulla versione HT, evidenziando contemporaneamente la possibilità di non effettuare altri interventi correttivi sull'impianto per poter utilizzare le pompe di calore ad assorbimento. Wenn die gemessenen Daten auf einem Punkt im grauen Bereich liegen, fällt die Systemwahl natürlich auf die Version LT.

Abbildung 2.1 – Kennlinie zur Auswahl der Version LT oder HT



ZEICHENERKLÄRUNG

Ta Außenlufttemperatur
 Thm Wasservorlauftemperatur

Falls bei den Messungen vor Ort die Punkte auf der Kennlinie außerhalb des Bereichs von LT oder HT liegen, sind für den Einsatz der Absorptionswärmepumpen bauliche Veränderungen an der Gebäudeanlage erforderlich (Wärmedämmung, Verbesserung der Türen und Fenster, Änderung oder Austausch der Verbrauchergeräte, Verlängerung der Betriebsstunden der Anlage usw.).

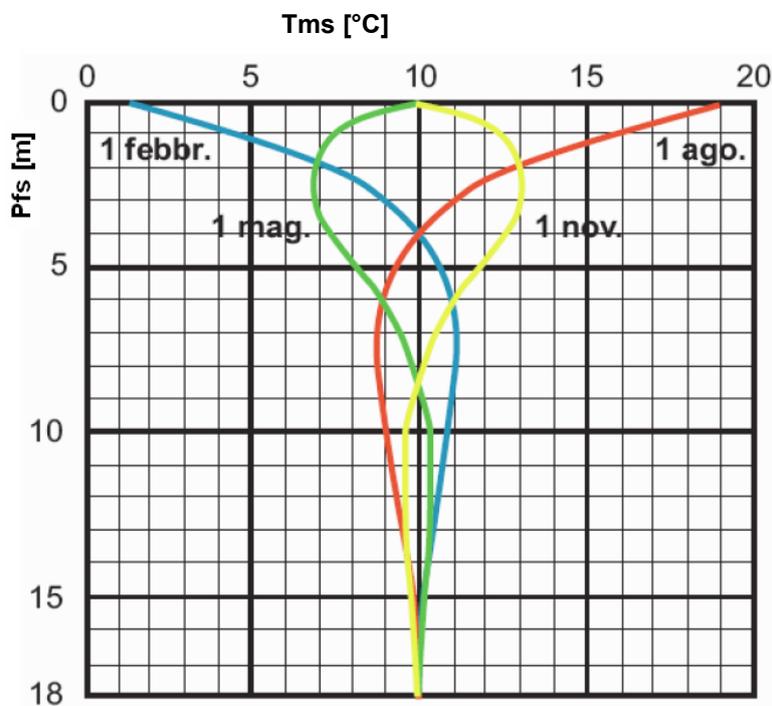
3 PLANUNG GEOTHERMISCHER ANLAGEN MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF

3.1 ALLGEMEINE HINWEISE ZU GEOTHERMISCHEN ANLAGEN MIT GESCHLOSSENEM KREISLAUF

Unter Geothermieanlagen mit geschlossenem Kreislauf werden Systeme verstanden, die das Erdreich als regenerative Energiequelle mit niedriger Enthalpie (mittlere bis niedrige Bodentemperaturen) für den Wärmeentzug mithilfe von senkrecht (Erdsonden) oder horizontal (Flächenkollektoren) in den Boden eingeführten Wärmetauschern nutzen.

Die Anlagentypen nutzen einige physikalische Eigenschaften des Erdreichs aus, die bessere energetische Wirkungsgrade der "Sole-Wasser"-Wärmepumpen als die "Luft-Wasser"-Modelle gewährleisten.

Abbildung 3.1 – Erdreichtemperatur



ZEICHENERKLÄRUNG

Tms Bodentemperatur
Pfs Bodentiefe

Saisonale Temperaturänderungen in unterschiedlichen Tiefen bei mittleren Bodenverhältnissen.

Aus dem Diagramm der Abbildung 3.1 Erdreichtemperatur → 21 ist ersichtlich, dass die saisonale Änderung der Untergrundtemperatur in den einzelnen Monaten des Jahres mit zunehmender Tiefe abnimmt und dass die Temperatur ab einer bestimmten Tiefe konstant bleibt.

In dem Diagramm der Abbildung 3.1 Erdreichtemperatur → 21 beträgt die Schwankung der Untergrundtemperatur in 10 m Tiefe ca. ein Grad und kann damit praktisch vernachlässigt werden.

In 18 m Tiefe bleibt die Untergrundtemperatur praktisch konstant. Diese Bodeneigenschaft liefert der Wärmepumpe eine konstante Temperatur der Wärmequelle, die dadurch während der gesamten saisonalen Betriebszeit ihren energetischen Wirkungsgrad unverändert aufrecht erhält.

Dieser Vorteil wird voll von Anlagen mit senkrechten Wärmetauschern (Erdwärmesonden) und in geringerem Maße je nach der Verlegetiefe auch von Flächenkollektoren und Energiefählen ausgenutzt.

Tabelle 3.1 – Erdwärmefluss

ERDWÄRMEFLUSS FÜR DIE WICHTIGSTEN ITALIENISCHEN STÄDTE [W/m ²]	
BOLOGNA	0,060
CATANIA	0,040
FLORENZ	0,100
GENUA	0,070
MAILAND	0,050
NEAPEL	0,100
PALERMO	0,090
ROM	0,090
TURIN	0,060
VENEDIG	0,040

Werte des Erdwärmeflusses für die wichtigsten italienischen Städte.

In jedem Punkt der Erdoberfläche ist ein Erdwärmefluss vorhanden, der aus dem Erdmantel (einer halbflüssigen Felschicht mit hohen Temperaturen) aufsteigt und durch die Felsformationen der Erdkruste übertragen wird. Die Stärke des Erdwärmeflusses bewirkt ein Temperaturgefälle, das gewöhnlich im Bereich von 0,1 K/m bis 0,0167 K/m liegt.

3.2 GEOTHERMISCHE ANLAGETYPEN MIT GESCHLOSSEM KREISLAUF

Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten von Geothermieranlagen unterschieden werden: Senkrecht eingeführte und horizontal verlegte Erdwärmetauscher.

Technik der senkrechten Erdwärmetauscher

Die senkrechten Erdwärmetauscher, die gewöhnlich als Erdwärmesonden bezeichnet werden, bestehen laut Norm DIN 16892/93 oder DIN 8074/75 vornehmlich aus Polyethylenrohren, deren Durchmesser von 32 mm bis 40 mm reicht, mit einem Arbeitstemperaturbereich von -30°C bis +95°C (je nach gewähltem Rohrtyp).

Die Rohre werden in die Erdbohrungen eingeführt, die je nach der gewählten Erdwärmesonde einen Durchmesser zwischen 100 mm und 180 mm aufweisen. Gewöhnlich beträgt der Bohrdurchmesser ca. 130 mm.

In der einzelnen Bohrung kann der Wärmetauscher aus einem einfachen, einem doppelten oder dreifachen "U"-Rohr bestehen. In jedem Fall sind zur Erleichterung der Rohrein- führung in das Bohrloch am Boden des Wärmetauschers auf Höhe der Richtungsände- rung Gewichte angebracht.

Nach der Einführung des Wärmetauschers in das Bohrloch wird der Hohlraum um die geothermische Sonde gewöhnlich vollständig mit Bentonit gefüllt, um eine thermische Anbindung der Sonde an den Untergrund zu erreichen und den Wärmeaustausch zwischen dem Wärmeträgermedium und den die Wärmesonde umgebenden Gesteinsfor- mationen zu optimieren.

Das geeignete Füllmaterial für die Sonde muss sorgfältig auf der Grundlage der die Erd- sonde umgebenden Bodenart gewählt werden.

Um eine gleichmäßige Hinterfüllung des Bohrlochs auf der gesamten Länge der Sonde zu erhalten, wird zusammen mit dem Wärmetauscher ein Einspritzrohr eingeführt, das während der Hinterfüllung allmählich herausgezogen wird.

Normalerweise arbeitet eine einzelne Einheit GAHP-GS mit mindestens drei Erdwärme- sonden, die je nach Beschaffenheit des Untergrunds und des während des gesamten Jahres notwendigen Energieaustausches unterschiedliche Tiefen erreichen.

Die Modellrechnungen ergeben gewöhnlich Tiefen von mindestens 80 m bis maximal 100 m für jede Erdwärmesonde.

Der Abstand zwischen den Erdsonden muss mindestens 5 m betragen und sollte nicht 10 m überschreiten, um nicht die Materialkosten unnötig zu erhöhen.

Die Bohrungspunkte müssen ebenfalls sorgfältig bestimmt werden, um unerwünschten Wärmeaustausch mit dem Grundwasser zu verhindern, das gewöhnlich die Hohlräume und Poren des Erdreichs ausfüllt.

Die Erdwärmesonden werden normalerweise im Boden in einer geraden Linie rechtwinklig zur Fließrichtung des Grundwassers angeordnet.

Auf diese Weise wird vermieden, dass das kalte (im Winter) oder warme Grundwasser (im Sommer) aus einem ersten Bohrlochs die Oberfläche eines zweiten oder dritten Bohrlochs erreicht und dadurch die Eigenschaften des Energieaustausches mit dem Erdreich verändert.

Technik der Flächenkollektoren

Die Flächenkollektoren bestehen im Wesentlichen aus Polyethylenrohren, die in Gräben unter der Erdoberfläche als Einzelrohre oder mit zwei oder vier nebeneinander liegenden Rohren oder auch als Spiralrohre verlegt werden.

Die Verlegungstiefe der Rohre, die aus offensichtlichen Gründen meist maximiert wird, muss mindestens $1,2 \div 1,5$ m betragen.

Die Tiefen dieser Installationen überschreiten selten $4 \div 5$ m und können daher die typischen Vorteile geothermischer Anlagen nicht voll nutzen.

Die Rohre verlaufen in diesem Fall in Erdschichten, deren Temperaturen aufgrund der Nähe zur Erdoberfläche stärker dem Einfluss der monatlichen klimatischen Veränderungen der Luft ausgesetzt sind.

Die Bodentemperatur, die ein grundlegender Parameter für die Berechnung ist, dessen Bestimmung für Geothermieanlagen mit Flächenkollektoren weitaus schwieriger als für Erdwärmesonden ist, ergibt einen geringeren Wärmeentzug des Bodens im Vergleich zu Erdwärmesonden.

Wenn die Bodenflächen um das Gebäude nicht für den Wärmeaustausch mit der Anlage der Wärmepumpen ausreicht, können platzsparende Spiralrohrkollektoren unter der Erde verlegt werden; in diesem Fall dienen die Gräben nur zur Verbindung der einzelnen Rohrschlagen untereinander und mit der technischen Heizzentrale.

Eine einzelne GAHP-GS benötigt im Falle von Flächenkollektoren eine Gesamtrohrlänge von mindestens 1000 m und maximal 1600 m. Im Falle unterirdischer Rohrschlangen ist eine Mindestfläche von 900 m^2 erforderlich.

Geothermische Kombi-Anlagen und Energiepfähle

Die Installations- und folglich die Investitionskosten für Geothermieanlagen können beträchtlich gesenkt werden, wenn gemischten Systeme aus Erdwärmesonden und Flächenkollektoren verwendet werden, da die letzteren weitaus kostengünstiger als die Sonden sind.

Gewöhnlich werden dabei Flächenkollektoren in der verfügbaren Gesamtfläche verlegt und wird die mit dieser Art von Erdwärmetauschern erzielbare Entzugsenergie berechnet. Für die erforderliche Restentzugsenergie werden die Anzahl und die Tiefe der Erdwärmesonden berechnet.

Bei Neubauten können, soweit vorgesehen, auch die Gründungspfähle der Gebäude mit Erdwärmetauschern ausgerüstet werden.

Die Metallstruktur des Gründungspfahls wird mit Polyethylenrohren versehen, bevor der Pfahl der Gebäudefundamente in Beton eingebettet wird. Solche Wärmetauscher werden im technischen Jargon "Energiepfähle" genannt und sind wirtschaftlich sehr vorteilhaft, soweit sie von Anfang eingeplant werden.

3.3 MODELLRECHNUNGEN DER ERDWÄRMESONDEN

Im vorliegenden Abschnitt werden die beiden Hauptanalyseverfahren zur Berechnung der Erdwärmesonden behandelt: die amerikanischen Normen Ashrae und die deutsche VDI-Richtlinie 4640.

Für die Bemessung der Erdwärmesonden muss der geologische Aufbau des Standortes bekannt sein; für die richtige Nutzung des Bodens zur Energiegewinnung müssen bei der Planung zwei Faktoren berücksichtigt werden.

Der erste wichtige Faktor ist das thermische Gleichgewicht vor und nach der Inbetriebnahme der Anlage. Die Nutzung des Erdreichs als erneuerbare Energiequelle verändert eindeutig die Bodentemperaturen um die Erdwärmesonden.

Der Planer muss sich das Ziel setzen, die Auswirkungen im Boden so gering wie möglich zu halten, und vor allem sicherstellen, dass nach wenigen Betriebsjahren (2 oder 3 Jahre) ein neues stationäres Gleichgewicht im Boden erreicht wird.

Aus dem gleichen Grund ist es vorteilhaft, die Anlage zum Heizen im Winter und zum Kühlen im Sommer einzusetzen, da die Geothermieanlage nach der Bodennutzung im Winter das Erdreich im Sommer wieder "aufladen" kann.

Der zweite wichtige Faktor ist die Wahl der Vorlauf- und Rücklauftemperaturen des Wärmeträgermediums zu den Sonden; dabei sollten die Temperaturen im Winter über Null oder nur geringfügig unter Null liegen, um Eisbildung in dem unmittelbaren Erdbereich um die Sonde zu vermeiden (ganz besonders in der Nähe von Grundwasser).

In jedem Fall ist es angebracht, im Winter einen Wärmeunterschied über 12°C zwischen der Wärmeträgerflüssigkeit am Sondereintritt und dem umgebenden Erdreich zu vermeiden, wodurch auch eine zu starke Temperatursenkung der kalten Energiequelle der Wärmepumpe verhindert und der Wirkungsgrad der vorgeschlagenen Anlage optimiert wird.

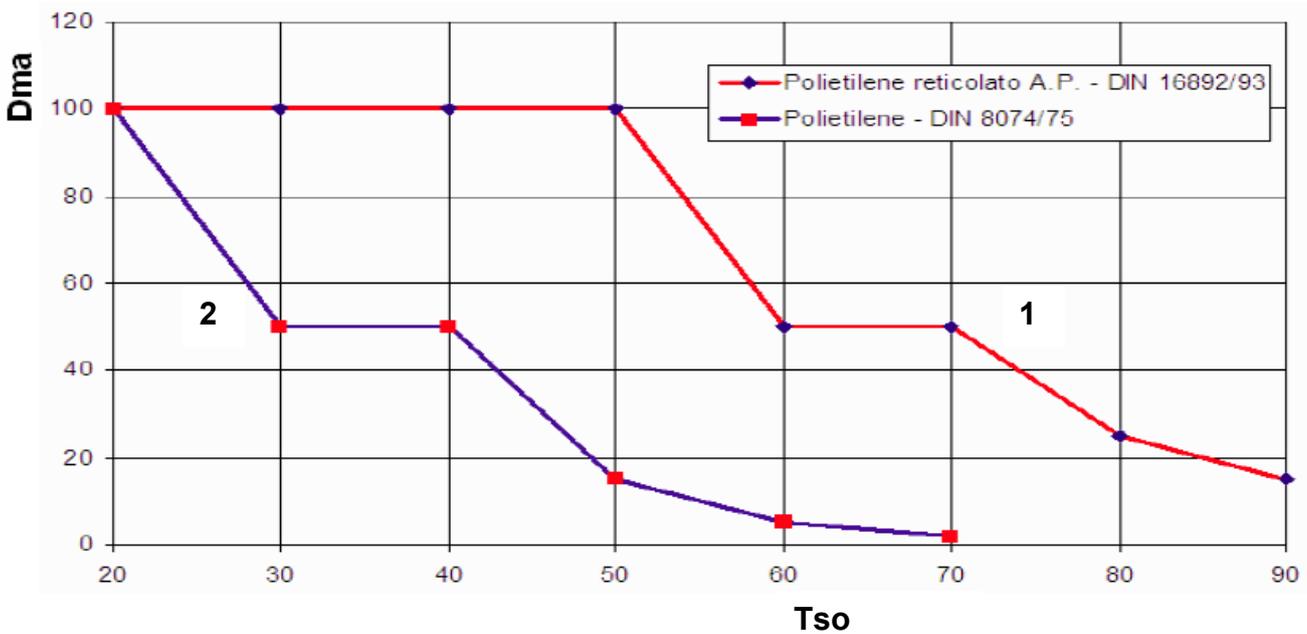
Äußerst wichtig sind bei der Planung weiterhin die Wahl des geeigneten Materials für die Erdwärmetauscher und die Auswahl des Bohrgerätes und des Lieferanten der Erdwärmesonde.

Die Materialauswahl betrifft hauptsächlich den Typ der Rohre und die für die durchbohrte Gesteinsformation geeignete Hinterfüllung.

Die vornehmlich für Erdsonden empfohlenen Rohrtypen bestehen aus: Polyethylen (DIN 8074/8075) mit Temperaturbereich von -20°C bis +35°C und vernetztem Hochdruckpolyethylen (DIN 16892/16893) mit Temperaturbereich von -40°C bis +95°C.

Die Abbildung 3.2 Rohre aus Polyethylen → 25 zeigt die Haltbarkeitskurven der beiden für die Herstellung der Erdwärmetauscher empfohlenen Werkstoffe, mit denen es möglich ist, in Abhängigkeit von der maximalen Vorlauftemperatur zu den Sonden im Sommer zu bestimmen, welches der beiden Materialien am besten für die geplante Anlage geeignet ist.

Abbildung 3.2 – Rohre aus Polyethylen



ZEICHENERKLÄRUNG

- Dma Geschätzte Haltbarkeit des Materials [Jahre]
- Tso Höchsttemperatur am Sondeneingang [°C]
- 1 Vernetztes Polyethylen
- 2 Polyethylen

Haltbarkeit in Jahren der Rohre aus Polyethylen und aus vernetztem Polyethylen.

Die Art der Hinterfüllung, die für die Bodenbeschaffenheit des Bohrbereichs am besten geeignet ist und die aufgrund ihrer Wärmeleitfähigkeit bestimmt wird, ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich (die ASHRAE-Unterlagen entnommen ist); die Felder der geeigneten Hinterfüllung sind mit "X" gekennzeichnet.

Tabelle 3.2 – Thermische Eigenschaften der Gesteins- und Bodenformationen

VERHALTEN DER BODEN- UND GESTEINSARTEN IN BEZUG AUF WASSER		LEITFÄHIGKEIT DER HINTERFÜLLUNG		
		0,6< λ ≤1,4	1,4< λ ≤2,1	λ >2,1
Ton und/oder wasserdurchlässiges Felsgestein	Untergrund ohne wasserführende Bodenschichten (Grundwasser)	-	X	X
	Untergrund mit einer wasserführenden Bodenschicht	-	X	X
	Untergrund mit mehreren wasserführenden Bodenschichten	X	X	X
Wasserdurchlässiges Felsgestein	Untergrund mit tiefliegendem Grundwasser	-	X	X
	Untergrund mit einer wasserführenden Bodenschicht	-	X	X
	Untergrund mit mehreren wasserführenden Bodenschichten	-	X	X
Felsgestein und Untergrund mit sekundärer Bodendurchlässigkeit	Karstböden	-	X	X
	Untergrund mit geklüftetem Gestein	-	X	X

Wie aus der Tabelle 3.2 Thermische Eigenschaften der Gesteins- und Bodenformationen → 25 ersichtlich ist, hängt die Art der Hinterfüllung neben den Material- Merkmalen des Erdreichs von dem möglichen Vorhandensein von Wasser im Untergrund des Bohrbereichs ab.

Tabelle 3.3 – Wärmeleitfähigkeit der Hinterfüllung für Erdwärmesonden

TYP DER HINTERFÜLLUNG	λ_g [W/m K]
Bentonit (20% - 30% kompakt)	0,740
Zement ohne Sand (nicht empfehlenswert)	0,735
20% Bentonit 80% SiO2 Sand	1,555
15% Bentonit 85% SiO2 Sand	1,050
10% Bentonit 90% SiO2 Sand	2,250
30% Beton 70% SiO2 Sand	2,250

A. Berechnung der Erdwärmesonden laut Ashrae Applications Handbook

Die Berechnungsmethode Ashrae kann nur angewendet werden, wenn dem Planer die genaue Bodenbeschaffenheit bis zur angenommenen Bohrtiefe bekannt ist. Diese Kenntnisse erfordern meist eine eigens durchgeführte geologische Analyse.

Die im vorliegenden Handbuch erläuterten Formeln berücksichtigen nicht den von Ashrae angegebenen Umlaufwärmewert F_{sc} , da dieser Wert angesichts der Durchsätze der Einheiten GAHP-GS bei normalen geothermischen Konfigurationen (drei Bohrungen pro Einheit) voll vernachlässigt werden kann.

Die Berechnung der Tiefe der Erdwärmesonden gründet auf zwei allgemeinen Gleichungen, deren Eingabedaten und deren Festlegung sorgfältig bestimmt werden müssen.

$$L_h = \frac{\dot{q}_a \cdot R_{ga} + \dot{Q}_{BHEh} \cdot [R_p + (PLF_m \cdot R_{gm})]}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} \quad [\text{m}]$$

$$L_c = \frac{\dot{q}_a \cdot R_{ga} + \dot{Q}_{BHEc} \cdot [R_p + (PLF_m \cdot R_{gm})]}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} \quad [\text{m}]$$

Die Berechnung der Tiefe der Erdwärmesonde erfolgt zunächst nur für den Winter zur Bestimmung der Gesamtlänge für den Heizbetrieb L_h ; anschließend wird für den Sommer (falls die Verwendung auch für diese Jahreszeit vorgesehen ist) die Gesamtlänge für die Klimatisierung L_c berechnet. Nach der Bewertung wird die größere der beiden berechneten Längen gewählt.

In den vorgenannten Gleichungen haben die Symbole folgende Bedeutung:

- PLF_{mi} und PLF_{me} sind die sommer- und winterlichen Teillastfaktoren der Anlage;
- Q_{BHEh} ist die im Winter am Verdampfer der einzelnen GAHP-GS verfügbare Leistung (bei mehreren Wärmepumpen ist es die Summe der am Verdampfer verfügbaren Leistungen), Q_{BHEc} ist die Sommerleistung am Kondensator der einzelnen GAHP-GS (bei mehreren Wärmepumpen ist es die Summe der am Kondensator verfügbaren Leistungen);
- q_a ist das Nettojahresmittel der mit dem Erdboden ausgetauschten Wärmeleistung;
- R_{ga} ist der effektive Wärmewiderstand des Bodens gegenüber der im Jahr ausgetauschten Wärmeleistung; R_{gm} ist der effektive Wärmewiderstand des Bodens gegenüber der monatlich ausgetauschten Wärmeleistung; R_p ist der effektive Wärmewiderstand des Bohrlochs einschließlich Hinterfüllung, t_g ist die ungestörte Bodentemperatur;
- t_g ist die ungestörte Bodentemperatur; t_p ist die durch angrenzende geothermische Bohrungen beeinflusste Bodentemperatur; t_{wi} ist die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit am Sondereintritt und t_{wo} die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit am Sondereintritt.

Das Jahresmittel der mit dem Erdboden ausgetauschten Wärmeleistung q_a kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\dot{q}_a = \frac{\left(\dot{q}_{ci} \cdot h_i \right) + \left(\dot{q}_{he} \cdot h_e \right)}{8760} \quad [\text{W}]$$

In der vorgenannten Gleichung haben die Symbole folgende Bedeutung:

- q_{ci} und q_{ce} sind die Leistungen am Verdampfer und am Kondensator im Sommer und im Winter der einzelnen Einheit GAHP-GS (bei mehreren Einheiten GAHP-GS ist die Summe der verfügbaren Leistungen einzusetzen);
- h_i sind die Betriebsstunden der Anlage im Winter; h_e sind die Betriebsstunden der Anlage im Sommer.

Die Berechnungen des effektiven Wärmewiderstands in Bezug auf die Zeiten, in denen der Wärmeaustausch erfolgt, sind aus der Tabelle 3.4 Thermische Eigenschaften der Gesteins- und Bodenformationen → 27 ersichtlich.

Tabelle 3.4 – Thermische Eigenschaften der Gesteins- und Bodenformationen

BODENART	FORMATION	λ_g [W/mK]	α [m ² /h]	Rga	Rgm
ERUPTIV-GESTEIN	Granit (10% Quarz)	4,07	0,0101	0,08960	0,08919
	Granit (25% Quarz)	3,40	0,0046	0,10726	0,10677
	Amfibolit	2,90	0,0112	0,12575	0,12517
	Andensit	2,20	0,0112	0,16576	0,16500
	Basalt	1,70	0,0031	0,21451	0,21353
	Gabbro (zentrale Ebenen)	2,53	0,0035	0,14414	0,14348
	Gabbro (Gebirge)	1,90	0,0045	0,19193	0,19105
	Diorit	2,60	0,0033	0,14026	0,13962
	Peridotit	4,00	0,0065	0,09117	0,09075
	Riolit	3,30	0,0054	0,11051	0,11000
	Granodiorit	3,30	0,0099	0,11051	0,11000
SEDIMENT-GESTEIN	Tonerde	2,20	0,0017	0,16576	0,16500
	Dolomit	3,20	0,0066	0,11396	0,11344
	Kalk und Kalkstein	2,20	0,0105	0,16576	0,16500
	Steinsalz	5,40	0,0036	0,06753	0,06722
	Sandstein	2,30	0,0095	0,15855	0,15783
	Mergel	2,10	0,0034	0,17365	0,17286
	Konglomerat und Puddingstein	1,60	0,0026	0,22792	0,22688
	Schluff	2,40	0,0046	0,15195	0,15125
	Schichtgestein, feucht (25% Quarz)	5,02	0,0041	0,07264	0,07231
	Schichtgestein, feucht (ohne Quarz)	1,30	0,0021	0,28052	0,27923
	Schichtgestein, trocken (25% Quarz)	2,68	0,0033	0,13607	0,13545
	Schichtgestein, trocken (ohne Quarz)	1,12	0,0019	0,32560	0,32411
	METAMORPH-GESTEIN	Gneiss	2,90	0,0041	0,12575
Marmor		2,60	0,0039	0,14026	0,13962
Quarzit		6,00	0,0101	0,06078	0,06050
Metaquarzit		5,80	0,0099	0,06287	0,06259
Glimmerschiefer		2,00	0,0033	0,18234	0,18150
Tonschiefer		2,10	0,0032	0,17365	0,17286
Schiefer		3,29	0,0015	0,11084	0,11034
Schiefer		9,34	0,0029	0,03904	0,03887
ERDBODEN	Ton, trocken	0,40	0,0009	0,91169	0,90751
	Ton, feucht	1,60	0,0024	0,22792	0,22688
	Kies, trocken	0,40	0,0007	0,91169	0,90751
	Kies, wasserführend	1,80	0,0029	0,20260	0,20167
	Moränenboden - glaziale Sedimente	2,00	0,0033	0,18234	0,18150
	Torf	0,40	0,0007	0,91169	0,90751
	Schwerer Sandboden (15% Feuchtigkeit)	1,90	0,0040	0,19193	0,19105
	Schwerer Sandboden (5% Feuchtigkeit)	2,34	0,0049	0,15584	0,15513
	Leichter Sandboden (15% Feuchtigkeit)	2,50	0,0029	0,14587	0,14520
	Leichter Sandboden (5% Feuchtigkeit)	2,67	0,0036	0,13658	0,13596
	Durchschnittlicher Boden	2,91	0,0028	0,12545	0,12487
	Schwerer tonhaltiger Boden (15% Feuchtigkeit)	1,65	0,0021	0,22101	0,22000
	Schwerer tonhaltiger Boden (5% Feuchtigkeit)	1,20	0,0023	0,30390	0,30250
	Leichter tonhaltiger Boden (15% Feuchtigkeit)	0,85	0,0021	0,42903	0,42706
	Leichter tonhaltiger Boden (5% Feuchtigkeit)	0,70	0,0023	0,52096	0,51858

Für den Wärmewiderstand R_p muss seine substantielle Beständigkeit im Laufe der Zeit angesichts des geringen Wärmewiderstands des Bohrlochs in Bezug auf den umgebenden Untergrund angenommen werden.

Der Wärmewiderstand im geothermischen Bohrloch R_p wird auf der Grundlage der gewählten Hinterfüllung, des Durchmessers des geothermischen Bohrlochs und

des Rohrs der Erdwärmetauscher anhand der Tabelle 3.5 Wärmewiderstand im geothermischen Bohrloch Rp → 28 bestimmt.

Tabelle 3.5 – Wärmewiderstand im geothermischen Bohrloch Rp

WÄRMEWIDERSTAND GEOTHERMISCHER BOHRLÖCHER [mK/W]						
Rohrdurchmesser	LEITFÄHIGKEIT DER HINTERFÜLLUNG [W/mK]					
	Bohrdurchmesser 100 mm			Bohrdurchmesser 150 mm		
	0,9	1,7	3,5	0,9	1,7	3,5
19 mm	0,45	0,23	0,10	0,57	0,28	0,14
25 mm	0,38	0,19	0,10	0,51	0,24	0,12
32 mm	-	-	-	0,44	0,21	0,10
38 mm	-	-	-	0,40	0,19	0,10

Die Temperatur am Eingang t_{wi} wird auf der Grundlage der geschätzten ungestörten Bodentemperatur t_g bestimmt; wie bereits ausgeführt wurde, sollte die Differenz zwischen den beiden Werten im Winter nicht höher als 12°C sein, während die zulässige winterliche Mindestdifferenztemperatur 6°C beträgt.

Für den eventuellen Sommerbetrieb wird ein Temperaturunterschied des Wassers am Sondereingang t_{wi} und dem Boden t_g von mindestens 11°C und maximal 17÷20°C empfohlen.

Wie am Anfang des Kapitels erwähnt wurde, wird ab einer bestimmten Tiefe die Bodentemperatur nicht mehr durch die jahreszeitlich wechselnden Temperaturen an der Erdoberfläche des Bohrbereichs beeinflusst. In der Tiefe z_g entspricht die Bodentemperatur ungefähr dem Jahresmittel der Lufttemperatur im Bohrlöcherbereich und wird daher üblicherweise als Temperatur t_g für die Modellrechnungen eingesetzt.

Die Tiefe z_g , in der die Temperatur t_g zu erwarten ist, kann ggf. durch Bestimmung der Temperaturabweichungen im Boden γ ermittelt werden.

$$\gamma = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha \cdot \Delta \tau}}$$

Wobei $\Delta \tau$ die Zeitspanne in Sekunden bedeutet, in der die Tiefe des ungestörten Untergrunds geprüft werden soll, α ist die Temperaturleitfähigkeit des Untergrunds.

$$z_g = \frac{-\ln(0,1)}{\gamma}$$

Im Allgemeinen wird empfohlen, die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit am Sondereintritt t_{wi} auf ca. 10°C weniger als die Temperatur t_g festzulegen.

Die durch angrenzende geothermische Bohrungen beeinflusste Bodentemperatur t_p wird nur für Geothermieanlagen mit einer beträchtlichen Anzahl von Erdwärmesonden (ab zehn Sonden) berücksichtigt.

Für diese Anlagen ist es angebracht, den Wert t_p anhand der Tabellen Ashrae HVAC Applications Handbook zu bestimmen.

Nach dem Einsetzen der geschätzten Planungsdaten erhält man eine Gesamtlänge der Erdwärmesonden von maximal ca. 300 für jede einzelne Einheit GAHP-GS, meist auf drei Bohrlöcher verteilt.

Zur Vereinfachung der Berechnungen bei einer annähernden Voreinschätzung schlägt Ashrae auch einen auf zwei Formeln fußenden Rechenansatz vor. Mit dieser Methode können die Voreinschätzungen vorgenommen werden; die Bewertungen für die Projektausführung werden dann mit einer "Pilotbohrung" überprüft.

$$L_h = 0,05506 \cdot \frac{Q_{ci}}{t_g - t_{wi}} \quad [\text{m}]$$

$$L_c = 0,05105 \cdot \frac{Q_{he}}{t_{wi} - t_g} \quad [\text{m}]$$

Bei den beiden vorangehenden Formeln wird die Gesamtlänge der Erdwärmesonden in den beiden Jahreszeiten in Abhängigkeit von den zwei (bereits vorher festgelegten) Temperaturen des Bodens und des Wassers am Sondereintritt ausgedrückt.

Der wichtigste Schätzwert bei dieser vereinfachten Berechnungsmethode ist die mit dem Boden auszutauschen Energie, sowohl im Winter Q_{ci} wie auch im Sommer Q_{he} (ausgedrückt in MJ).

Für eine korrekte Bestimmung wird empfohlen, den Anlagebetrieb mit Teillasten Monat für Monat zu bewerten und dabei die geschätzten durchschnittlichen Höchstleistungen in den Betriebsmonaten zu berücksichtigen.

B. Berechnung der Erdwärmesonden nach VDI 4640

Die Berechnung der Erdwärmesondentiefe laut VDI-Normen erfordert die Tabellen der Entzugsleistung pro Linearmeter Sonde für zwei unterschiedliche Betriebszeiten der Anlage.

Tabelle 3.6 –

SPEZIFISCHE ENTZUGSLEISTUNG PRO LINEARMETER BOHRUNG		
UNTERGRUND	BETRIEBSSTUNDEN DER HEIZANLAGE	
	1800 Betriebsstunden	2400 Betriebsstunden
Allgemeine Bezugswerte		
Armer Boden (trockne Sedimente) ($\lambda < 1,5 \text{ W/m K}$)	25 W/m	20 W/m
Böden aus Hartgestein und wassergesättigte Sedimenböden ($\lambda = 1,5 \div 3,0 \text{ W/mK}$)	60 W/m	50 W/m
Hartgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 3,0 \text{ W/m K}$)	84 W/m	70 W/m
Einzelne Gesteins- und Bodenarten		
Kies, Sand, trocken	< 25 W/m	< 20 W/m
Kies, Sand, wasserführend	65 ÷ 80 W/m	55 ÷ 65 W/m
Kies, Sand wassergesättigt, für Installation von Einzelgeräten	80 ÷ 100 W/m	80 ÷ 100 W/m
Ton, Erde und feuchte Krume	35 ÷ 50 W/m	30 ÷ 40 W/m
Kompakter Kalkstein	55 ÷ 70 W/m	45 ÷ 60 W/m
Sandstein	65 ÷ 80 W/m	55 ÷ 65 W/m
Saures Eruptivgestein (z. B. Granit)	65 ÷ 85 W/m	55 ÷ 70 W/m
Alkalisches Eruptivgestein (z. B. Basalt)	40 ÷ 65 W/m	35 ÷ 55 W/m
Gneiss	70 ÷ 85 W/m	60 ÷ 70 W/m

Spezifische Entzugsleistung pro Linearmeter Erdsonde laut VDI 4640 Blatt 2

Die Tabelle bezieht sich auf Sonden mit einer Tiefe zwischen 40 und 100 m, Verlegetabstand von mindesten 5 m und mit Doppel-"U"-Rohren.

Die Entzugsleistungen gelten ausschließlich für den winterlichen Heizbetrieb und Anlagen mit einer maximalen Leistung von ca. 35 ÷ 40 kW. Für höhere Leistungen empfiehlt die VDI Richtlinie komplexere Rechenmodelle, die eine eingehende Kenntnis des Untergrundaufbaus erfordern.

Für den Sommerbetrieb bei gleichbleibenden Betriebsstunden und gleichem Leistungsaustausch müssen die Erdwärmesonden 1,4 Mal länger als für den Heizbetrieb sein. Gleiche Anzahl der Betriebsstunden bedeutet, dass die Tabelle der Entzugsleistungen mit einem gewissen Näherungsgrad gekürzt werden kann, indem die aufgeführten Werte durch 1,4 geteilt werden. Diese Korrektur muss dann

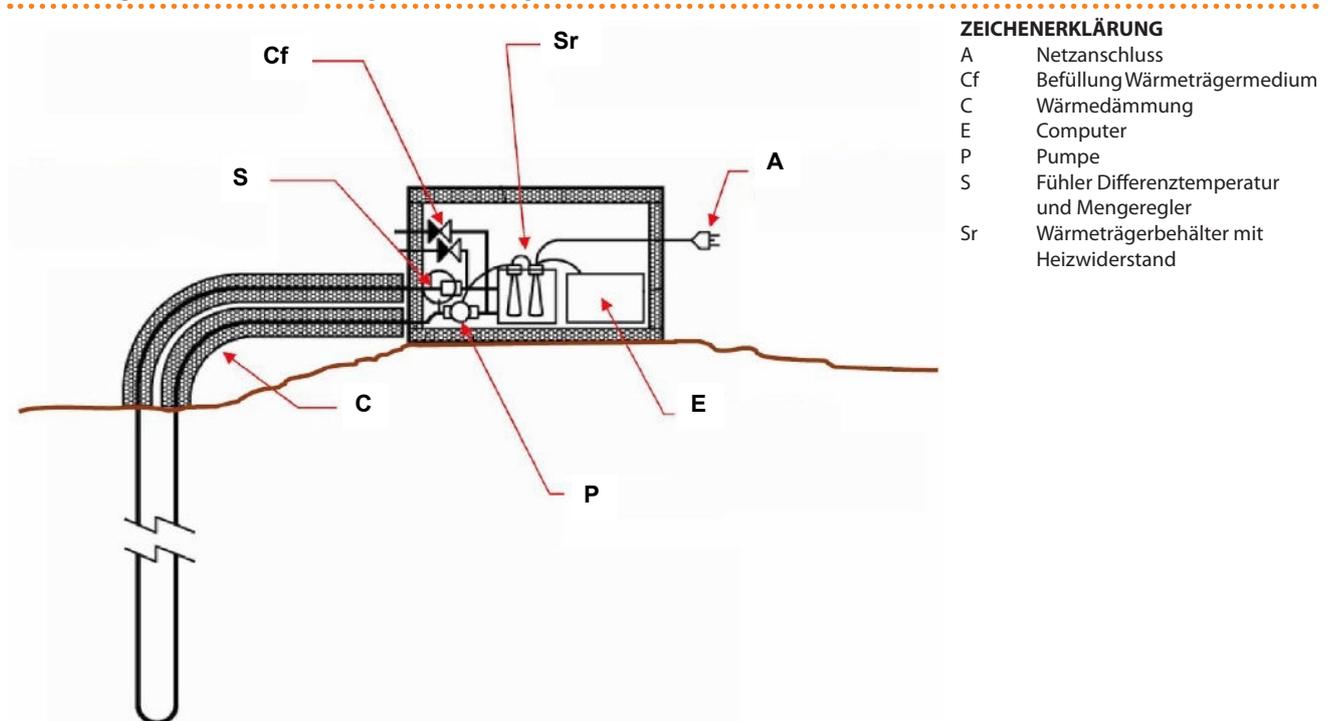
in Funktion der unterschiedlichen Betriebszeit der Geothermieanlage überprüft werden.

Höchst selten weisen Klimaanlage dieselben Betriebsstunden wie Heizanlagen auf (1800 oder 2400 Betriebsstunden), meist betragen die Spitzenwerte 800 Betriebsstunden. Ganz allgemein entspricht jeder Reduzierung von ca. 100 Betriebsstunden der Anlage eine Erhöhung der spezifischen Leistung der Erdwärmesonden um ca. 3,8 %. Mit diesen Parametern ist es möglich, Tabellen mit Annäherungswerten der sommerlichen Entzugsleistungen der Erdwärmesonden zu erstellen.

C. Prüfung vor Ort der thermischen Bodeneigenschaften

In jedem Fall ist es angebracht, während der Planungsphase vor dem Bau der Geothermieanlage eine Untersuchung der thermischen Eigenschaften des für die Einbringung der Erdsonden vorgesehenen Bodens auszuführen. Die Prüfung erfolgt mit einer Testbohrung mit denselben Maßen und derselben Tiefe wie die für die Anlage geplanten geothermischen Bohrungen, in die eine Spezialausrüstung eingebracht wird.

Abbildung 3.3 – Test zur Prüfung der Bodeneigenschaften



Testgerät zur Prüfung der thermischen Bodeneigenschaften (Auszug aus ASHRAE – Applications Handbook Ausgabe 2007).

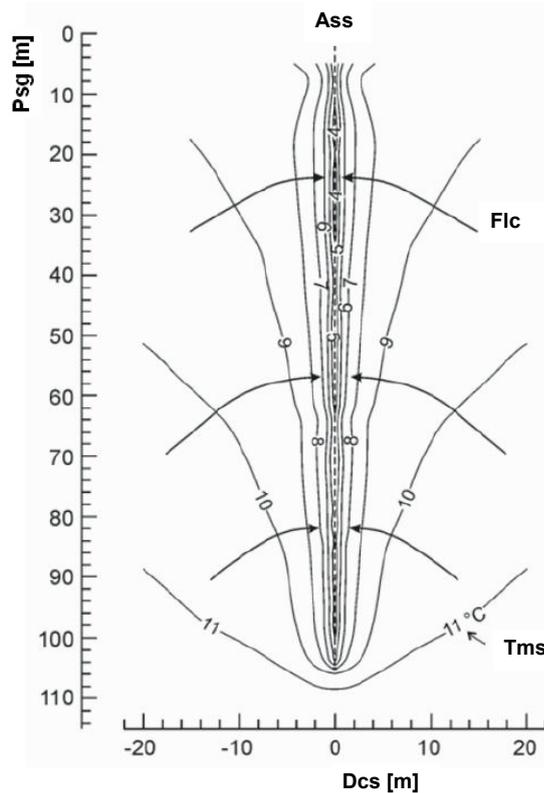
Die empirische Prüfung der thermischen Bodeneigenschaften ist vor allem dann angebracht, wenn die Modellrechnungen auf Näherungswerten des Bodenaufbaus beruhen und wenn die vereinfachte und folglich ungenauere Berechnungsmethode angewendet wird (Vereinfachte Methode Ashrae und allgemeine Tabellen VDI 4640).

D. Simulation des thermischen Verhaltens des Bodens

Die Modellierung der Temperaturänderungen im Laufe der Zeit ist erforderlich für geothermische Anlagen, deren maximale Energieaustauschleistungen mit dem Untergrund 35 kW überschreiten.

Die Voreinschätzung des thermischen Bodenverhaltens ist in jedem Fall nützlich, um die Zuverlässigkeit der geplanten Erdwärmeanlage zu überprüfen und sicher zu stellen, dass die Bedingungen des Wärmeaustausches mit dem Boden auf Dauer aufrecht erhalten bleiben. Nicht zuletzt stellt es eine Bewertung der Umweltauswirkung der geplanten Anlage dar.

Abbildung 3.4 – Bodentemperaturen



ZEICHENERKLÄRUNG

Dcs	Abstand vom Zentrum der Erdwärmesonde
Psg	Tiefe der Erdwärmesonde
Tms	Bodentemperatur
Flc	Wärmefluss
Ass	Sondenachse

Simulation der Bodentemperaturen während des Betriebs der Erdwärmesonden.

Eine analytische Modellierung der Temperaturänderungen nach einer bestimmten Anzahl von Stunden t nach dem Anlauf der Anlage und in dem in Metern ausgedrücktem Abstand kann mit dem im Folgenden erläuterten Algorithmus von Ingersoll & Plass ausgeführt werden.

$$\Delta T_t = \frac{0,1833 \cdot \dot{q}_{BHE}}{\lambda_g} \cdot \left[\log_{10} \cdot \frac{\alpha \cdot t}{r^2} + 0,106 \cdot \frac{r^2}{\alpha \cdot t} + 0,351 \right] \quad [K]$$

In dem Algorithmus haben die Symbole folgende Bedeutung: ΔT_t (ausgedrückt in Grad Kelvin, K) ist der in der Zeit t im Abstand r vom Bohrlochzentrum gemessene Temperaturunterschied; \dot{q}_{BHE} ist die spezifische Entzugsleistung in W/m der Erdsonde, λ_g ist die Leitfähigkeit des Untergrunds, α ist die thermische Diffusivität des Bodens.

Durch periodische Wiederholung der Berechnungen kann im Abstand von einigen Jahren die Reaktion des Erdreichs auf die Temperaturänderungen in verschiedenen Entfernungen vom Zentrum der Erdwärmesonde kontrolliert werden. Das Bodenverhalten sollte mindestens auf zwanzig oder fünfundzwanzig Jahre nach dem Anlauf der Anlage untersucht werden, um die langfristigen Umweltauswirkungen bestimmen zu können. Das Verhalten einer korrekt entworfenen geothermischen Anlage weist in den ersten zwei oder drei Betriebsjahren eine starke Veränderung der Bodentemperatur auf und anschließend eine grundlegende Beständigkeit der mittleren jährlichen Temperaturen während der restlichen untersuchten Periode. Werden solche Bedingungen festgestellt, kann gesagt werden, dass der Untergrund ein neues thermodynamisches Gleichgewicht nach der Inbetriebnahme der Erdwärmesonden erreicht hat.

3.4 MODELLRECHNUNGEN DER FLÄCHENKOLLEKTOREN

Die Verlegung von Flächenkollektoren erfordert beträchtliche nicht überbaute Flächen um das Gebäude, das von der Anlage beliefert werden soll, und schließt damit alle Parkplätze, alle Zonen der Gebäudefundamente und auch alle bepflanzten Grünflächen aus. Da diese Art von Erdwärmetauschern in einer geringen Tiefe von ca. zwei Metern unter der Oberfläche verlegt wird, können die Wärmetauscher nicht die thermische Beständigkeit des Bodens nutzen und verwerten den Erdwärmefluss und den von ihr ausgelösten thermischen Gradienten in beträchtlich geringerem Maße. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass sich das für die Energiegewinnung benutzte Erdreich im Laufe der Saison des Anlagebetriebs durch Einsickern von Regenwasser in die Erdporosität wieder „aufladen“ kann. Der Erdboden muss absolut wasserdurchlässig sein und daher dürfen für diesen Zweck nur unversiegelte Flächen benutzt werden.

Eine wichtige Änderung bei der Planung geothermischer Anlagen mit Flächenkollektoren betrifft die Vor- und Rücklauftemperatur des Wärmeträgers zu und von den Sonden. Die Temperaturen des Wärmeträgermediums müssen in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in der Verlegetiefe der Wärmetauscher festgelegt werden; dabei dürfen die Temperaturunterschiede zwischen dem Boden und dem Wärmeträger am Eintritt der Wärmetauscher maximal 12°C betragen.

Aus dem Diagramm der Abbildung 3.1 Erdreichtemperatur → 21 ist ebenfalls ersichtlich, dass die Flächenkollektoranlagen mit einer Tiefe arbeiten, die beträchtlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Die Verlegetiefe der Kollektoren muss sorgfältig gewählt werden, die dort installiert werden sollten, wo die maximalen jahreszeitlichen Temperaturänderungen auftreten.

Von grundlegender Wichtigkeit ist außerdem die Auswahl des geeigneten Materials für die Herstellung der Flächenkollektoren und die Wahl des Herstellers der geothermischen Sonde.

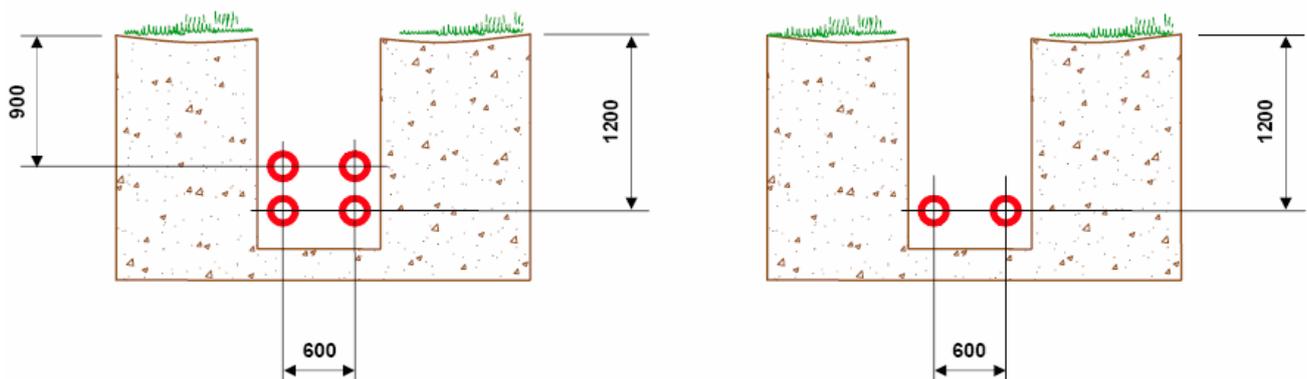
Die Materialauswahl betrifft hauptsächlich den Typ der erforderlichen Rohre.

Die vornehmlich für Erdsonden empfohlenen Rohrtypen bestehen aus: Polyethylen (DIN 8074/8075) mit Temperaturbereich von -20°C bis +35°C und vernetztem Hochdruckpolyethylen (DIN 16892/16893) mit Temperaturbereich von -40°C bis +95°C.

Die Abbildung 3.2 Rohre aus Polyethylen → 25 zeigt die Haltbarkeitskurven der beiden für die Herstellung der Erdwärmetauscher empfohlenen Werkstoffe, mit denen es möglich ist, in Abhängigkeit von der maximalen Vorlauftemperatur zu den Sonden im Sommer zu bestimmen, welches der beiden Materialien am besten für die geplante Anlage geeignet ist.

Für die analytische Schätzung der Länge oder der bedeckten Fläche der Flächenkollektoren wird die Berechnungsmethode nach VDI 4640 empfohlen.

Abbildung 3.5 – Rohrverlegung



Typische Rohrverlegung geothermischer Anlagen mit Flächenkollektoren.

A. Auslegung der Erdsonden nach dem Berechnungsmodell der ASHRAE – O.S.U. 1988 für Flächenkollektoren.

Die Formel zur Berechnung der benötigten Flächenkollektoren legt ein Polyethylenrohr DN 32, verlegt in einem Graben mit durchschnittlichen Erdreichigenschaften, zugrunde. Diese Formel liefert die Länge Rohrleitungen des Kollektors für den Sommer- und Winterfall.

$$L_h = \frac{\dot{Q}_{ci} \cdot (R_p + R_s \cdot PLF_h)}{(t_g - t_{wi})} \quad [\text{m}]$$

$$L_c = \frac{\dot{Q}_{he} \cdot (R_p + R_s \cdot PLF_c)}{(t_{wi} - t_g)} \quad [\text{m}]$$

In den Gleichungen entspricht der Faktor PLF der anteiligen Last für die beiden jahreszeitlichen Nutzungen.

Der allgemeine Wärmeleitwiderstand des Erdreichs R_s ist abhängig von der Ausführung des Grabens. Wird in einem Graben ein einzelnes Rohr verlegt, dann $R_s = 742 \text{ m}^2/\text{K kW}$; Werden in einem Graben zwei Rohre verlegt, dann $R_s = 970 \text{ m}^2/\text{K kW}$; Werden in einem Graben vier Rohre verlegt, dann $R_s = 1369 \text{ m}^2/\text{K kW}$. Der Wärmeleitwiderstand der Rohrleitung des Flächenkollektors ist abhängig vom verwendeten Rohrmaterial und muss in derselben Maßeinheit wie R_s ausgedrückt sein. Als praxisnaher Anhaltswert kann $R_p = 51 \text{ m}^2/\text{K kW}$ verwendet werden. Die thermische Leistung Q_{he} bzw. die Kühlleistung Q_{ci} beziehen sich auf die projektierten Bedingungen und werden in kW angegeben.

Der größere der beiden Werte ist maßgeblich für die Dimensionierung.

Werden zwei oder vier Rohrleitungen in einem Graben verlegt, so muss die berechnete Länge der Rohrleitungen L durch zwei oder vier geteilt werden, um die Länge des benötigten Grabens zu erhalten.

B. Berechnung der Flächenkollektoren laut VDI 4640

Die Berechnung der Tiefe der Flächenkollektoren laut VDI-Richtlinie erfordert die Tabellen der Entzugsleistung pro Linearmeter Sonde für zwei unterschiedliche Betriebszeiten der Anlage.

Tabelle 3.7 – Spezifische Entzugsleistung pro Linearmeter Bohrung nach VDI 4640

SPEZIFISCHE ENTZUGSLEISTUNG PRO LINEARMETER BOHRUNG		
UNTERGRUND	BETRIEBSSTUNDEN DER HEIZANLAGE	
	1800 Betriebsstunden	2400 Betriebsstunden
Ton und/oder wasserdurchlässiges Felsgestein	10 W/m ²	8 W/m ²
Wasserdurchlässiges Felsgestein	20 ÷ 30 W/m ²	16 ÷ 24 W/m ²
Felsgestein und Untergrund mit sekundärer Bodendurchlässigkeit	40 W/m ²	32 W/m ²

Die aufgeführten Entzugsleistungen gelten ausschließlich für den winterlichen Heizbetrieb.

Für den Sommerbetrieb bei gleichbleibenden Betriebsstunden und gleichem Leistungsaustausch müssen die Erdwärmesonde 1,4 Mal länger als für den Heizbetrieb sein.

Gleiche Anzahl der Betriebsstunden bedeutet, dass die Tabelle der Entzugsleistungen mit einem gewissen Näherungsgrad gekürzt werden kann, indem die aufgeführten Werte durch 1,4 geteilt werden. Diese Korrektur muss dann in Funktion der unterschiedlichen Betriebszeit der Geothermieanlage überprüft werden.

Höchst selten weisen Klimaanlagen dieselben Betriebsstunden wie Heizanlagen auf (1800 oder 2400 Betriebsstunden), die Spitzenwerte überschreiten selten 800 Betriebsstunden.

Ganz allgemein entspricht jeder Reduzierung von ca. 100 Betriebsstunden der Anlage eine Erhöhung der spezifischen Leistung der Erdwärmesonden um ca. 3,8 %. Mit diesen Parametern ist es möglich, Tabellen mit Annäherungswerten der sommerlichen Entzugsleistungen der Erdwärmesonden zu erstellen.

3.5 GERINGERE AUSDEHNUNG DER GEOTHERMIEANLAGE

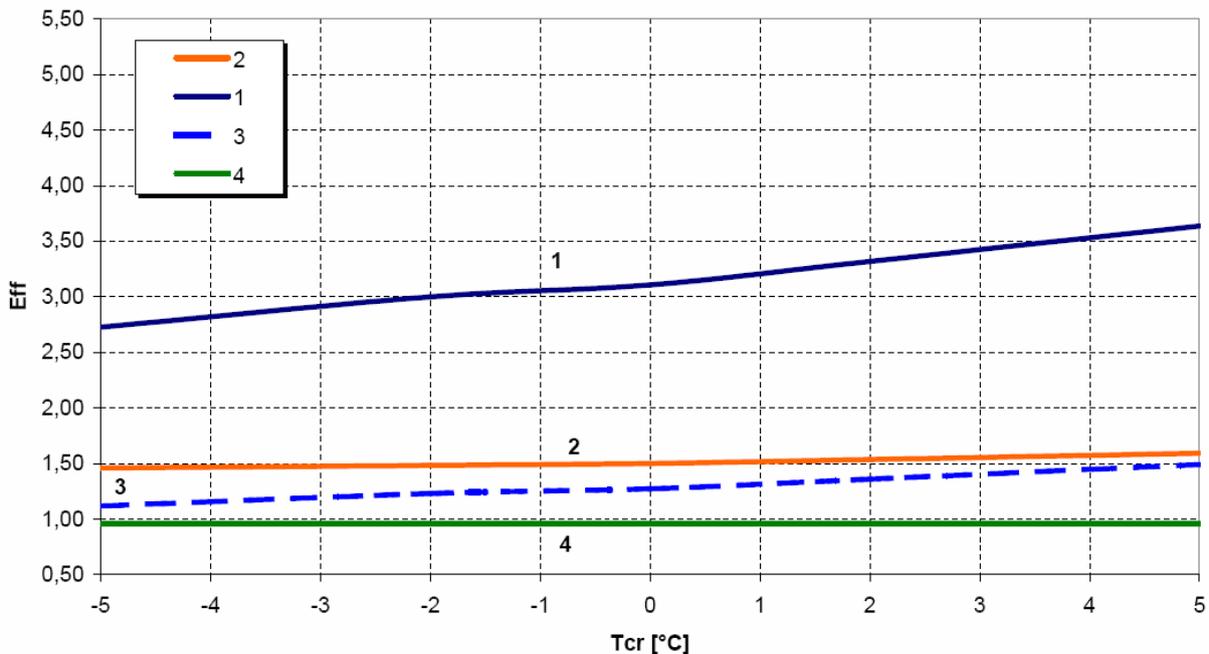
Die mit den im vorliegenden Kapitel erläuterten Methoden ausgeführten Berechnungen der Auslegung der Geothermieanlage mit Geräten GAHP-GS, die dann auch für eine elektrische Wärmepumpe für geothermische Anlagen wiederholt wurde, hat in den meisten Fällen einen Vorteil zugunsten der Einheiten GAHP-GS aufgezeigt.

Aus den Ergebnissen der Modellrechnungen geht eine durchschnittliche um 40% geringere Ausdehnung der Erdwärmetauscher der Anlage GAHP-GS in Bezug auf den Einsatz elektrischer geothermischer Wärmepumpen bei besserer oder gleicher Energieversorgung hervor.

Dieser Vorteil der GAHP-GS beruht auf den Eigenschaften der Absorptionstechnologie, die ermöglicht, dem Erdboden 35% des Energiebedarfs des Gebäudes zu entziehen. Diese Energieübertragung aus dem Erdreich zum Heizsystem erfolgt dank der Verbrennung eines Gases. Der primärenergetische Gesamtwirkungsgrad der Anlage entspricht dem der besten Anlagen mit elektrischen Wärmepumpen.

Wie aus dem Diagramm der Abbildung 3.6 COP - GUE → 34 hervorgeht, ist die Primärenergieeffizienz der elektrischen Wärmepumpen mit der Nennleistungszahl 4 (COP) immer etwas niedriger als der energetische Wirkungsgrad G.U.E. der Wärmepumpen GAHP-GS. Das energetische Verhalten der beiden Typen von Wärmepumpen ist demnach hinsichtlich der Energieeffizienz und der Reduzierung der Schadstoffemissionen als gleichwertig anzusehen, dabei ist jedoch zu bemerken, dass die Anlagen GAHP-GS die Umweltauswirkungen der Geothermieanlagen und die Investitionskosten für die Anlage verringern.

Abbildung 3.6 – COP - GUE



ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 COP Strom WP
- 2 Wirkungsgrad GUE GAHP-GS
- 3 COP Primärenergie WP
- 4 Effizienz Brennwert-Heizkessel

Vergleich der Leistungszahl COP einer elektrischen Wärmepumpe, der COP mit Primärenergie und des G.U.E. der Modelle GAHP-GS.

3.6 ERWEITERUNG DER ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Aufgrund der Eigenschaften der Absorptionstechnologie ändert sich die Effizienz bei einer Erhöhung der Temperatur des Wärmeträgermediums in geringerem Maße als bei einer elektrischen geothermischen Wärmepumpe.

Da es möglich ist, Warmwasser bis 60°C mit geringem Effizienzverlust zu liefern, können (nach vorausgehender Wärmedämmung des Gebäudes) Erdwärmesysteme auch mit (entsprechend dimensionierten) Verbrauchergeräten wie Thermolüfter, Gebläsekonvektoren und Radiatoren installiert werden.

4 ANLAGEPLANUNG

4.1 ALLGEMEINE PLANUNGSKRITERIEN

Anpassungsfähige Anlagearten

Die Absorptionswärmepumpe GAHP-GS kann wirkungsvoll in allen Anlagen mit Wasser geführten Heizsystemen eingesetzt werden. Hierzu ist anzumerken, dass es bei diesen hoch effizienten Anlagen angebracht ist, die Möglichkeit der Verwendung mittlerer bis niedriger Vorlauftemperaturen des Wärmeträgermittels T_{hm} zu prüfen, unter denen Temperaturen im Bereich zwischen 30°C und 50°C zu verstehen sind. Die Verwendung des mittel-hohen Temperaturbereichs zwischen 50°C und 60°C oder Spitzenwerte von 65°C sollten auf Anlagen beschränkt werden, die mit wenig effizienten Wärmeüberträgern (zum Beispiel Heizkörpern) ausgestattet sind, bei denen die Vorlauftemperatur nicht unter 50°C abfallen darf. Hierzu wird auf die Möglichkeit hingewiesen, die Vorlauftemperatur für eventuelle Heizkörper in drei Fällen zu senken: a) Bei Erhöhung der Betriebsstunden der Heizanlage; b) bei Reduzierung des Energiebedarfs des Gebäudes (Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes); c) durch Änderung der Heizkörper (Vergrößerung der Austauschfläche).

Pufferspeicher

Der Trägheitsspeicher, der nicht ausdrücklich erforderlich ist, kann, wenn die Vorlauftemperatur des Wassers niedriger oder gleich 50°C ist, wirkungsvoll in den Kreislauf als Wärmespeicher integriert werden und verringert dadurch die Ein- und Abschaltphasen der Einheiten, aus denen sich die Anlage zusammensetzt.

Der Inhalt in Litern des Trägheitsspeichers kann mit der folgenden Formel ermittelt werden, in der „t“ die Zeit der Speicherung in Sekunden, Q_s die Wärmeleistung in kW, die an den Speichertank in der Zeit „t“ übertragen wird, ρ die Dichte der eingesetzten Wärmeträgerflüssigkeit, C_p die spezifische Wärme des Wassers (4,187 kJ/kg K) und ΔT den Wärmeunterschied des Wärmeträgermittels in Grad Kelvin (K) darstellen.

$$V = \frac{\dot{Q}_s}{\rho \cdot C_p \cdot \Delta T} \cdot t \quad (I)$$

Die Leistung Q_s kann auf einfache Weise ermittelt werden, indem man den jahreszeitlichen Mindestlastfaktor F_c auswählt und in der folgenden Formel verwendet:

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_h - \left(\dot{Q}_h \cdot F_c \right) \quad (\text{kW})$$

Wobei Q_h ist die von dem installierten Aggregat gelieferte Wärmeleistung. F_c auswählt und in der folgenden Formel verwendet:

$$F_c = \frac{\dot{Q}_{hm}}{\dot{Q}_h} = \frac{T_i - T_{am}}{T_i - T_a}$$

wobei:

T_i ist die Lufttemperatur im Inneren der beheizten Räume

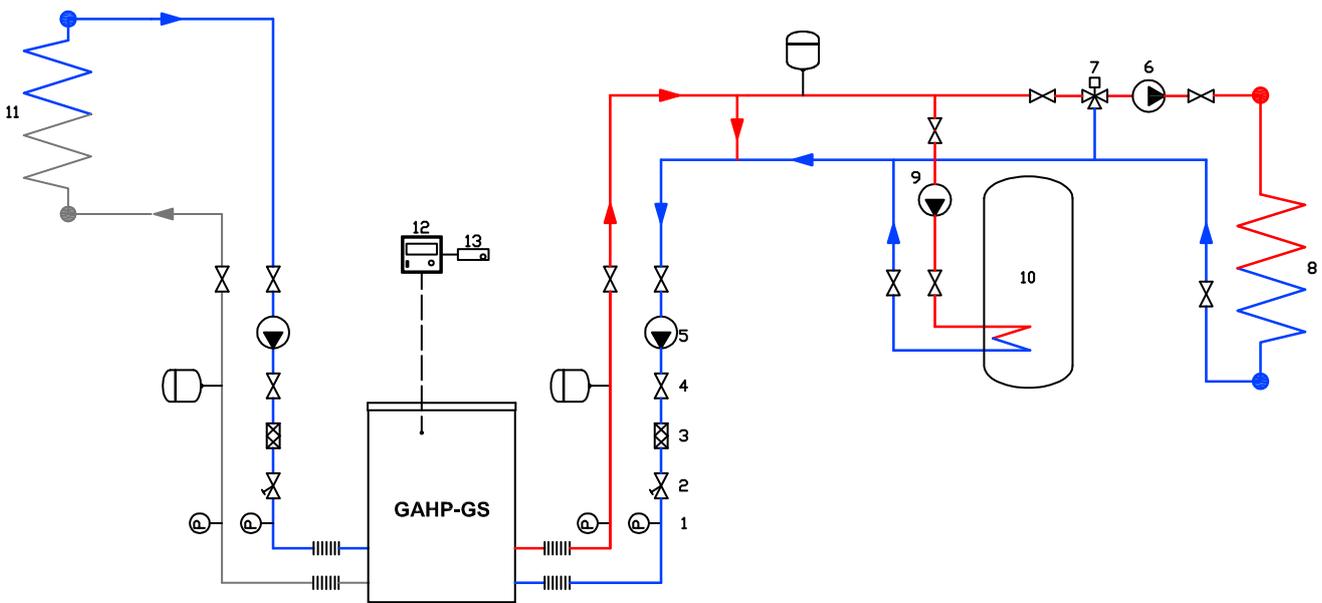
T_a ist die Außenlufttemperatur nach Projektvorgabe

Brauchwarmwasserproduktion

In Anlagen mit Wärmepumpen GAHP-GS ist auch die Produktion von Brauchwarmwasser möglich, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass die maximale Rücklauftemperatur zum Kondensator 55°C für die Version HT und 45° für die Version LT beträgt. Es ist in diesem Fall angebracht, ein Speichersystem mit Temperaturen zu installieren, die in der Nähe der Nutzungstemperatur liegen (z. B. 45°C), oder ein System mit direktem Wärmetauscher mit derselben Betriebstemperatur. Für die Funktion „Anti-Legionella“ sind geeignete Systeme zu installieren, die den Anti-Legionella-Zyklus in Entsprechung der lokalen Bestimmungen ausführen.

Die Abbildung 4.1 Hydraulikschaltplan → 38 zeigt das Beispiel eines Einzelgerätes GAHP-GS, das mit einer Heizanlage mit Plattenheizkörpern und mit Speicher-Brauchwarmwasser (BWW) kombiniert ist. Solange kein Brauchwarmwasser angefordert wird, liefert die Wärmepumpe der Anlage das Wärmeträgermedium zu den von den Plattenheizkörpern geforderten Nutzungsbedingungen (Niedertemperatur). Sobald der Boiler Leistung für die Warmwassererzeugung anfordert, ändert die Schnittstelle der Anlage RB100 (siehe Abschn. 6 REGEL- UND STEUERSYSTEM → 47) die Sollwerttemperatur der Einheit. Ein Drei-Wege-Mischventil regelt die Vorlauftemperatur zu den Heizschlangen.

Abbildung 4.1 – Hydraulikschaltplan



Hydraulikschaltplan für den Einsatz eines Einzelgerätes GAHP-GS mit Brauchwarmwassererzeugung mit Höchsttemperatur von 45°C.

In dem Schaltplan der Abbildung 4.1 Hydraulikschaltplan → 38 haben die dargestellten Komponenten folgende Funktionen: "1" Manometer; "2" Durchflussregler; "3" Wasserfilter; "4" Absperrventile; "5" Konstantpumpe des Hauptkreislaufs; "6" Konstantpumpe des sekundären Verbraucherkreislaufs; "7" Drei-Wege-Regelventil; "8" Verbraucher der Heizungsanlage; "9" Konstantpumpe des sekundären Warmwasserkreislaufs; "10" Boiler zur Brauchwarmwassererzeugung; "11" Geothermischer Wärmeaustauschkreis; "12" Digitale Steuertafel DDC; "13" Schnittstelle zur Anlagesteuerung RB-100.

Merkmale des Speisewassers der Anlage

Die Robur-Geräte benötigen aufgrund ihrer Bauweise für den Betrieb keine Kühltürme. Demnach erfordern die Einheiten kein Nachfüllen von Wasser. Ebenso wenig bestehen besondere oder einschränkende Vorschriften hinsichtlich der Wasserqualität der Anlage; es genügt, die gewöhnlich in traditionellen Heizungsanlagen verwendeten chemischen und physikalischen Parameterwerte für Wärmeträgerflüssigkeiten einzuhalten.

Es ist nur die Einhaltung der einschlägigen Bestimmung hinsichtlich der Wasserbehandlung von Heizanlagen erforderlich.

Die optimalen chemischen und physikalischen Parameter des Wassers sind aus der Tabelle 4.1 Chemische und physikalische Wasserparameter → 39 ersichtlich.

Tabelle 4.1 – Chemische und physikalische Wasserparameter

CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE WASSERPARAMETER WÄRMETECHNISCHER ANLAGEN		
PARAMETER	OPTIMALER WERT	MESSEINHEIT
pH	6,5 - 8,0	\
Chloride	< 125	mg/L
Chlor insgesamt	< 5	mg/L
Gesamthärte (CaCO ₃)	10 - 15	°F
Eisen	< 50	mg/L
Kupfer	< 3	mg/L
Aluminium	< 3	mg/L
Index Langelier	0	\
CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE WASSERPARAMETER WÄRMETECHNISCHER ANLAGEN		
Freies Chlor	NICHT VORHANDEN	
Fluoride	NICHT VORHANDEN	
Sulfide	NICHT VORHANDEN	

Für die Geräte erforderliche chemische und physikalische Wasserparameter der Anlagen.

4.2 INSTALLATIONSANWEISUNGEN

- Die Einheit GAHP-GS kann sowohl im Inneren wie auch außerhalb der Gebäude aufgestellt werden.
- Der Rauchgasabzug der Einheiten GAHP-GS darf sich nicht in unmittelbarer Nähe von Lufteinlässen eines Gebäudes befinden. Für den Rauchgasabzug müssen die geltenden Gesetzesvorschriften beachtet werden.
- Wenn das Gerät GAHP-GS in der Nähe von Gebäuden aufgestellt wird, ist darauf zu achten, dass es sich außerhalb der Tropflinie von Dachrinnen oder ähnlichem befindet.
- Das Modell GAHP-GS ist für den Anschluss der Abgasleitung der Verbrennungsprodukte an einen Rauchkanal zur direkten Ableitung ins Freie des Typs C₁₃, C₃₃, C₄₃, C₅₃, C₆₃ und C₈₃ zugelassen. Das Gerät verfügt dazu auf der linken Seite über einen Anschluss mit Durchmesser Ø 80 mm (mit passender Abdichtung) (siehe Abbildung 1.1 Abmessungen → 10). Sofern die Installationsart bzw. die geltenden Gesetzesvorschriften die Kanalisierung der Verbrennungsprodukte vorsehen, müssen hinsichtlich der Maße des kanalisierten Abzugsrohrs für Verbrennungsprodukte die Angaben der Tabelle 4.2 Tabelle der Verbrennungsprodukte → 39 berücksichtigt werden.

Tabelle 4.2 – Tabelle der Verbrennungsprodukte

TABELLE DER VERBRENNUNGSPRODUKTE FÜR EINZELGERÄTE				
-	MESSEINHEIT	ERDGAS G20	FLÜSSIGGAS G30	FLÜSSIGGAS G31
RAUCHGAS-DURCHSATZ	kg/h	42	43	48
RAUCHGAS-TEMPERATUR	°C	65	65	65
KOHLENDIOXID CO ₂	%	9,1	10,4	9,1

Rauchgas Durchsatz und Temperatur.

- Der Schornstein und der eventuelle Rauchkanal können aus Polypropylen hergestellt werden; die verfügbare hohe Abgaspression (80 Pa) erlaubt eine große Installationsflexibilität.

- Jede einzelne Einheit verfügt über einen Kondensatablauf, der vom Installateur an die Ablaufanlage anzuschließen ist. Soweit es die Bestimmungen zulassen, kann das Kondensat direkt in die Kanalisation abgeführt werden; anderenfalls muss das Kondensat vor der Einleitung in die Kanalisation entsäuert werden. Je nach Art der Installation kann auch eine Kondensatpumpe erforderlich sein, die als Zubehör lieferbar ist.

Hydraulik- und Gasanlage

- Die Auslegung der Rohrleitungen und der Pumpe müssen den zum störungsfreien Betrieb der Einheit GAHP-GS erforderlichen Nenn-Wasserdurchsatz garantieren (für die Berechnung der internen Druckverluste des Gerätes GAHP-GS siehe die Tabelle 1.1 TECHNISCHE DATEN → 7).
- Die Hydraulikanlage kann aus Edelstahl-, Schwarzeisen-, Kupferrohren oder aus für Heiz-/Kälteanlagen geeigneten Rohren aus vernetztem Polyethylen hergestellt werden. Alle Wasserrohre und Anschlüsse müssen zur Vermeidung von Wärmeverlust und Kondenswasserbildung entsprechend den geltenden Vorschriften auf Weise isoliert werden.
- Falls starre Rohrleitungen verwendet werden, sollten zur Vermeidung von Vibrationsübertragungen der Wasserein- und der Wasserauslass der Einheit GAHP-GS mit Schwingungsentkopplungen ausgestattet werden.
- Bei der Befüllung darauf achten, dass der Mindestwasserstand der Anlage gewährleistet ist; dem (von Verunreinigungen freien) Wasser der Anlage ggf. proportional zu der im Installationsbereich vorherrschenden winterlichen Tiefsttemperatur gehemmtes Monoethylenglykol hinzugeben (siehe Tabelle 4.3 % Monoethylenglykol → 41).
- Glykol kann in jedem Fall notwendig sein, wenn die Vorlauftemperatur des Kaltwassers der zulässigen Mindesttemperatur der Einheit (3°C) entspricht.
- Eine Frostschutz-Vorrichtung des Moduls der Einheit GAHP-GS verhindert, dass das Wasser des Kreislaufs gefriert. Die Frostschutzfunktion schaltet die externe Wasser-Umwälzpumpe (sofern diese vom Gerät GAHP-GS gesteuert wird) und ggf. auch den betreffenden Brenner (soweit erforderlich) ein. Aus diesem Grund muss während des gesamten Winters die Strom- und Gasversorgung des Gerätes GAHP-GS aufrecht erhalten werden. Kann die Strom- und Gasversorgung des Gerätes nicht kontinuierlich sichergestellt werden, muss ein Glykol-Frostschutzmittel mit gehemmtem Monoethylenglykol verwendet werden.
- Bei Verwendung von Glykol-Frostschutzmitteln KEINE verzinkten Rohre und Anschlüsse EINSETZEN, da diese der Korrosion durch Glykol ausgesetzt sind. Tabelle 4.3 % Monoethylenglykol → 41 werden indikativ die Gefriertemperatur des Wassers und die daraus folgenden erhöhten Druckverluste der Einheit GAHP-GS und des Kreislaufs der Anlage in Abhängigkeit vom Monoethylenglykol-Anteil aufgeführt. Die Tabelle muss für die Dimensionierung der Leitungen und der Umlaufpumpe in Betracht gezogen werden (für die Berechnung der inneren Druckverluste des Gerätes siehe Abschnitt 1.1 TECHNISCHE DATEN → 7).
- Dennoch sollten die technischen Angaben zu dem verwendeten Monoethylenglykol beachtet werden.

Tabelle 4.3 – % Monoethylenglykol

% MONOETHYLENGLYKOL	10	15	20	25	30	35	40
GEFRIERTEMPERATUR WASSER	-3 °C	-5 °C	-8 °C	-12 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C
DRUCKVERLUSTANSTIEG IN PROZENT	--	6%	8%	10%	12%	14%	16%
WIRKUNGSGRADVERLUST DES GERÄTES	--	0,5%	1%	2%	2,5%	3%	4%

Technische Angaben zum Füllen des Wasserkreislaufs

- Der Druck des Gasversorgungsnetzes muss für Erdgas (G20) zwischen 17 und 25 mbar und für Flüssiggas (sowohl G30 wie auch G31) zwischen 25 und 35 mbar liegen.
- Die Gasversorgungsanlage muss für den für die Einheit GAHP-GS erforderlichen Durchsatz bemessen sein und über alle von den gültigen Bestimmungen vorgeschriebenen Sicherheits- und Kontrolleinrichtungen verfügen.
- Vor der Inbetriebnahme der Einheiten die Anlage von Schlacke und Bearbeitungsrückständen zur Vorbeugung gegen Filterverstopfungen und eventuelle Behinderungen des Wasserumlaufs reinigen.

4.3 GERÄTEAUFSTELLUNG

Anheben des Gerätes und Aufstellung

Die Einheit GAHP-GS kann (je nach "Abmessungen" und "Gewicht" siehe technische Daten in die Tabellen im Abschnitt 1.1 TECHNISCHE DATEN → 7) auf dem Boden, einer Terrasse oder dem Dach aufgestellt werden.

Der Kran, das Hubzeug und alle zusätzlich verwendeten Vorrichtungen (Abspannseile, Seile, Balken) müssen für die anzuhebende Last bemessen sein.

Aufstellsockel

Das Gerät muss immer auf einer ebenen, nivellierten Fläche aus feuerbeständigem Material aufgestellt werden, das in der Lage sein, muss das Gerätegewicht zu tragen.

Aufstellung auf dem Boden

Sollte keine horizontale Aufstellfläche zur Verfügung stehen (siehe auch nachstehend "AUFLAGEN UND NIVELLIERUNG"), muss ein planebener Betonsockel angefertigt werden, der etwas größer als die Aufstellfläche des Gerätes ist: mindestens 100-150 mm pro Seite.

Die Maße der Einheit finden sich im Abschnitt 1.2 ABMESSUNGEN → 9.

Installation auf Terrassen oder Dächern

Das Gerät auf einer ebenen und nivellierten Fläche aus feuerbeständigem Material aufstellen (siehe auch nachstehend "AUFLAGEN UND NIVELLIERUNG").

Das Gerätegewicht plus Gewicht des Aufstellsockels müssen von der Gebäudestruktur gehalten werden können.

Das Gewicht der Einheit GAHP-A findet sich im Abschnitt 1.1 TECHNISCHE DATEN → 7. Auch wenn das Gerät nur sehr geringe Schwingungen verursacht, sollten bei Installationen auf Terrassen und Dächern Schwingungsdämpfer (die als Zubehör erhältlich sind) eingesetzt werden, die die Verstärkung der Schwingungen durch bauliche Strukturen verhindern.

Außerdem sollten ebenfalls Schwingungsentkopplungen (elastische Verbindungsstücke) zwischen dem Gerät und den Hydraulik- und Gas-Anschlüssen vorgesehen werden.

Lagerung und Nivellierung

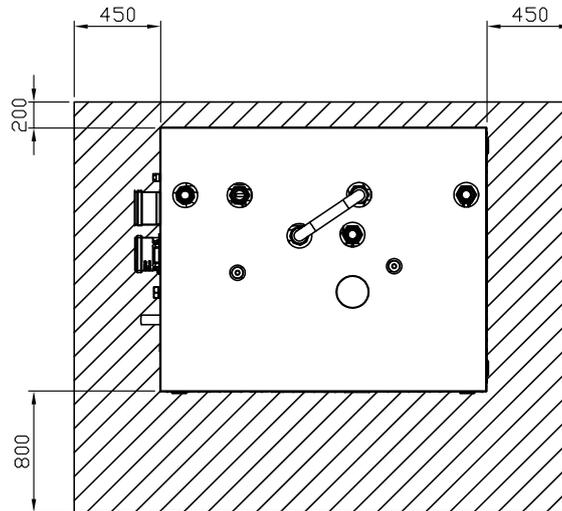
Die Einheit muss genau ausgerichtet werden. Dazu Metall-Unterlegscheiben unter die Auflagen schieben. Keine Holzstücke verwenden, da diese rasch verwittern.

Mindestabstände

Bei der Aufstellung der Geräte GAHP-A immer die Mindestabstände zu brennbaren Oberflächen, Mauern oder anderen Geräten einhalten; siehe hierzu Abbildung 4.2 Mindestabstände → 42.

Die Mindestabstände sind auch für die Ausführung der normalen Wartungsarbeiten erforderlich.

Abbildung 4.2 – Mindestabstände



Bestimmungen hinsichtlich technischer Räume

Beim Bau der Technikräume für die Aufstellung der Einheiten GAHP-GS und von zentralen (elektrischen und hydronischen) Heizanlagen sind die lokalen Vorschriften und die Bestimmungen der Norm EN 378-3 strikt einzuhalten.

4.4 KOMPONENTEN DER HYDRAULIKANLAGE

Die nachstehend beschriebenen Bauteile, die in Gerätenähe zu installieren sind, werden in den Muster-Hydraulikplänen im Abschnitt "7 ANLAGESCHALTPLÄNE → 53" aufgeführt:

- SCHWINGUNGSENTKOPPLUNGEN (elastische Verbindungsstücke) an den Wasser- und Gasanschlüssen des Geräts.
- MANOMETER an den Wasserrohren am Eingang und Ausgang.
- DURCHFLUSSREGLER (Absperr- oder Ausgleichschieber) in der Wasserzufuhrleitung.
- WASSERFILTER im Wasserrohr am Eingang zum Gerät mit Maschen von MIN. 0,7 mm und MAX. 1 mm.
- KUGELABSPERRVENTIL der Wasser- und Gas-Rohrleitungen der Anlage.
- SICHERHEITSVENTIL 3 bar am Wasserrohr am Ausgang vom Gerät.
- AUSDEHNUNGSGEFÄSS im Wasserrohr am Ausgang.
- WASSERUMWÄLZPUMPE der Anlage in der Wasserleitung am Eintritt, die entsprechend den Merkmalen der Anlageauszuwählen ist
- Systeme zur ENTLÜFTUNG der Rohrleitungen.
- ABLASSHAHN der Wasserleitungen.
- ANLAGEFÜLLSYSTEM: Bei Verwendung von automatischen Füllsystemen sollte einmal pro Saison der in der Anlage enthaltene Monoethylglykolgehalt geprüft werden.
- KONDENSATAUFFANG- UND ABLAUFSYSTEM, das an den Kondensatablauf der Einheit angeschlossen wird, komplett mit eventueller Entsäuerungseinrichtung entsprechend den bestehenden gesetzlichen Auflagen und Kondensatpumpe.

Falls mehrere Einheiten GAHP-GS an denselben Wasserkreislauf angeschlossen werden, sind zusätzlich folgende Bauteile vorzusehen:

- WASSERUMWÄLZPUMPE der einzelnen Einheiten in der Wasserleitung am Eintritt, die das Wasser zur Einheit GAHP-GS pumpen und die entsprechend den Merkmalen der Anlage auszuwählen ist.
- HYDRAULISCHE WEICHE komplett mit Entlüftungsventil und Ablasshahn.
- WASSERUMWÄLZPUMPE DER ANLAGE in der Vorlaufleitung, die das Wasser zur Anlage pumpt.

5 PLANUNG DER ELEKTRISCHEN ANLAGE

Bei der Ausführung der elektrischen Versorgungsanlage sind folgende Anweisungen einzuhalten:

- Die Anschlussspannung muss 230 V 1N - 50 Hz betragen.
- Die für den elektrischen Anschluss erforderlichen Komponenten (Lasttrennschalter, Relais, Sicherungen usw.) sind in einer externen Schalttafel anzuordnen, die vom Installateur in der Nähe der Einheit GAHP-GS zu installieren ist.

Die elektrischen Schaltpläne finden sich im Abschnitt "7 ANLAGESCHALTPLÄNE → 53".

5.1 ELEKTRISCHER ANSCHLUSS

Für den elektrischen Anschluss einer oder mehrerer Geräte GAHP-GS sind erforderlich:

- Ein Anschlusskabel des Typs FG7(O)R 3Gx1,5.
- Ein zweipoliger externer Lasttrennschalter mit 2 Sicherungen 5 A des Typs T und Mindestkontaktöffnung von 3 mm oder ein 10-A-Schutzschalter.

5.2 ANSCHLUSS AN DAS STEUERSYSTEM DES GERÄTEBETRIEBS

Zur Steuerung und Regelung des Gerätes GAHP-GS ist eine digitale Steuertafel (DDC) als Zubehör lieferbar.

Für einen abzudeckenden Gesamtabstand von ≤ 200 m mit maximal 5 angeschlossenen Einheiten kann ein einfaches abgeschirmtes Kabel 3x0,75 mm² verwendet werden; in allen anderen Fällen ist ein CAN-BUS-Kabel nach Standard Honeywell SDS erforderlich, wie im Folgenden gezeigt wird:

- Robur Netbus (Robur, für Höchstlängen bis 450 m).
- Belden 3086A (Honeywell SDS 1620, für Höchstlängen bis 450 m).
- Turck Typ 530 (Honeywell SDS 1620, für Höchstlängen bis 450 m).
- Turck Typ 5711 (DeviceNet Mid Cable, für Höchstlängen bis 450 m).
- Turck Typ 531 (Honeywell SDS 2022, für Höchstlängen bis 200 m).

6 REGEL- UND STEUERSYSTEM

6.1 DIGITALE STEUERTAFEL (DDC)

Die Hauptkomponente des Steuer- und Regelsystems der Anlagen GAHP ist die Digitale Steuertafel.

Die digitale Steuertafel mit der Bezeichnung DDC (Direct Digital Controller) ist eine Vorrichtung, die auf einem grafischen hinterleuchteten LCD-Display (128x64 Pixel) alle Zustandsbedingungen, Betriebsdaten und Fehler jeder angeschlossenen Einheit anzeigt. Das DDC regelt die Wassertemperatur durch Ein- und Ausschaltender angeschlossenen Einheiten.

Jede digitale Steuertafel kann bis zu sechzehn Module GAHP-GS überwachen; bei einer höheren Gerätezahl ist eine zusätzliche Steuertafel DDC notwendig, die gemeinsam mit der ersten Tafel den Gesamtkomplex der Geräte verwaltet.

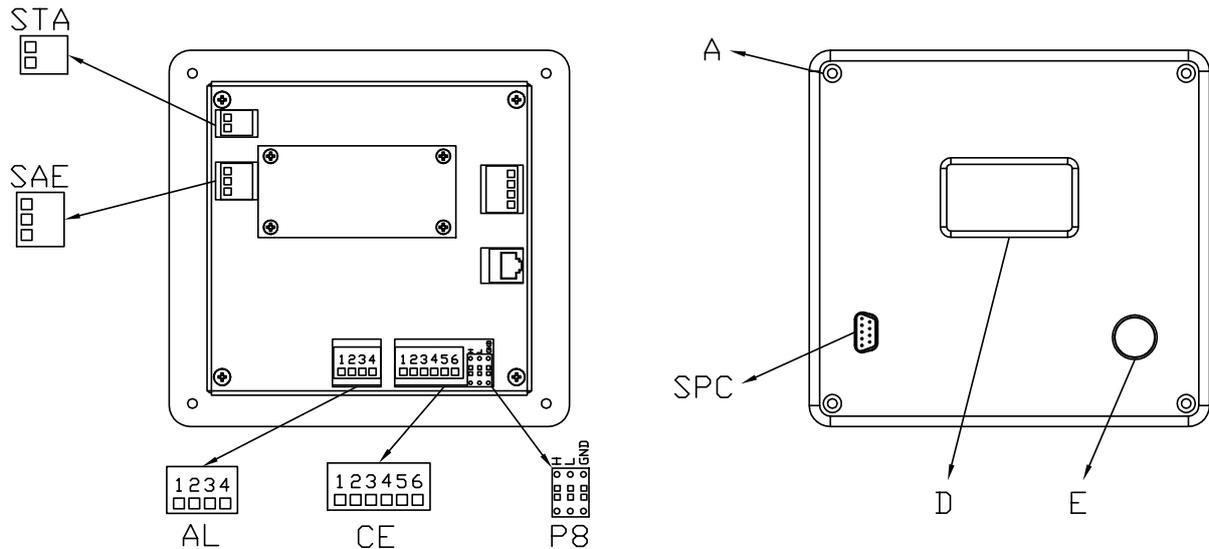
Für die vormontierten Geräte gehört die digitale Steuertafel zum serienmäßigen Lieferumfang. Für die nicht von Robur vormontierte Einheit GAHP-GS ist die Steuertafel DDC als Zubehör lieferbar.

Die Digitale Steuertafel wird im Inneren (Raumlufthtemperatur im Bereich zwischen 0°C und 50°C) auf einer Schalttafel installiert, auf der eine rechteckige Öffnung mit den Maßen 155 x 151 mm anzubringen ist.

Auf der Vorderseite des DDC sind ein grafisches Display angeordnet, auf dem alle für die Maschinensteuerung erforderlichen Parameter angezeigt werden (Teil D, Abbildung 6.1 Digitale Steuertafel (DDC) → 48); ein Drehknopf (Encoder), mit dem alle verfügbaren Optionen ausgewählt, die Parameter eingestellt werden können usw. (Teil E, Abbildung 6.1 Digitale Steuertafel (DDC) → 48); eine serielle Schnittstelle RS 232 für den Anschluss des DDC an einen PC (Teil SPC, Abbildung 6.1 Digitale Steuertafel (DDC) → 48), der für Eingriffe des Kundendienstes verwendet wird.

Auf der Rückseite des DDC befinden sich alle elektrischen Anschlüsse und die CAN-BUS-Buchse, die für den Betrieb notwendig sind. Außerdem sind dort verschiedene Kontakte angeordnet, die bei Bedarf für Einund Ausschaltoptionen des DDC durch Freigaben über externe Regelsysteme, für eventuelle Fernleuchtanzeigen oder akustische Fernfehlermeldungen oder für den Anschluss eines Raumfühlers (Optional) genutzt werden können.

Abbildung 6.1 – Digitale Steuertafel (DDC)



ZEICHENERKLÄRUNG

- STA 2-polige Klemmen für den eventuellen Anschluss eines Raumluftfühlers
- SAE 3-polige Klemmen für einen eventuellen Anschluss externer Fehlermeldesysteme
- AL 4-polige Klemmen für 24 vac Versorgung
- CE 6-polige Steckverbindung für eventuelle externe Freigaben
- P8 Anschluss CAN- BUS-Kabel (Orange)
- SPC 9-polige Klemmen serielle Schnittstelle 232
- A Befestigungsschrauben DDC
- E Wahldrehknopf
- D Display

Front-/Rückansicht mit Angabe der elektrischen Anschlüsse.

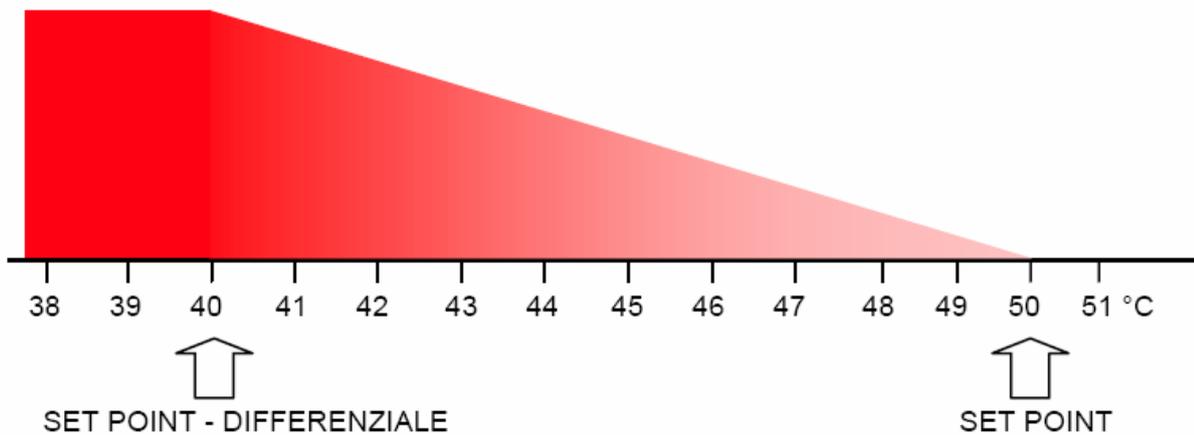
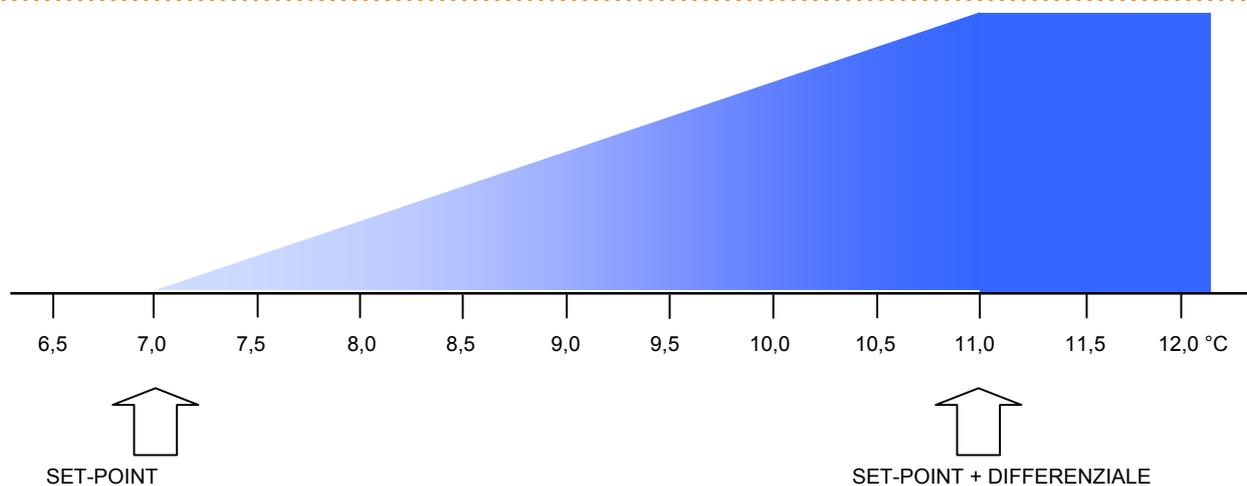
6.2 STEUERUNG UND REGELUNG DER ANLAGE

Für die Steuerung und Regelung des Systems GAHP-A ist es angebracht, eine oder mehrere digitale Steuertafeln (DDC) einzusetzen, mit denen neben der Steuerung und Regelung eine vollständige Systemdiagnose möglich ist.

Insbesondere ist es möglich, die Temperaturdifferenz und den gewünschten Sollwert des Winterbetriebs für die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit einzustellen und im Voraus festzulegen, ob die Vor- oder die Rücklauftemperatur geregelt werden sollen. Die vorgenannte Einstellung kann für vier Zeitbereiche vorgenommen werden, ggf. auch mit unterschiedlichen Sollwerten.

Das von Robur angebotene Anlagenkonzept, das auch mehrere Einheiten einschließt, hat den großen Vorteil, dass die einzelnen Module der Anlage von einander vollständig unabhängig sind und somit nur die von der Ist-Lastbedingung geforderte Wärmeleistung abgeben und häufige Betriebsschwankungen mit den daraus folgenden Kraftstoffverschwendungen vermeiden.

Das DDC steuert mit Kaskadenregelung die Einschaltung der Einheiten mit maximal fünf Teillaststufen.

Abbildung 6.2 – Beispiel des Teillastbetriebs der Einheiten**Abbildung 6.3** – Beispiel des Teillastbetriebs der Einheiten im Sommer

Das Regelsystem schaltet beim ersten Anfahren des Tages alle Module ein, die nacheinander ausgehend von dem um die auf dem DDC eingestellte Temperaturdifferenz verringerten Temperatursollwert abgeschaltet werden.

Das System erfordert keinen Einsatz von Sonden in den Vor- und Rücklaufleitungen der Anlage, da die Einheiten GAHP-GS mit besonderen Sensoren ausgerüstet sind, die die Temperaturen der Wärmeträgerflüssigkeit direkt auf den Geräten messen.

6.3 REGELUNG DER FUNKTION GLEITTEMPERATUR

Es ist möglich, die Vor- oder Rücklauftemperatur der Anlage GAHP-GS stufenlos in Funktion eines externen Parameters zu regeln, der von einem zweiten elektronischen System gesteuert wird. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, die Vorlauftemperatur der Wärmeträgerflüssigkeit zu den Verbrauchern in Abhängigkeit von der Temperatur der Außenluft oder eines anderen wichtigen Anlageparameters zu variieren.

Diese Möglichkeit besteht bei Verwendung der optionalen Schnittstelle "Robur Box RB100", die über ein CAN-BUS-Kabel mit der digitalen Steuertafel verbunden wird. Die Schnittstelle RB100 kann von einem elektronischen Regler ein digitales Signal 0 ÷ 10 V empfangen und stufenlos die gewünschte Vor- oder Rücklauftemperatur modulieren.

Die Schnittstelle RB100 hat die Aufgabe, die von einem oder mehreren externen Steuerungssystemen kommenden Anforderungen über die digitale Steuertafel (DDC) abzuwickeln.

Die Schnittstelle hat folgende Funktionen: Steuerung der Robur-Einheiten mit einem stufenlos veränderlichen Sollwert der Wassertemperatur (Gleittemperatur) und Regelung der Funktion Brauchwarmwasser, die auch die Steuerung des Dreiwege-Umleitventils einschließt (siehe auch 6.4 STEUERUNG UND REGELUNG DER BRAUCHWARMWASSERPRODUKTION → 50).

Abmessungen der Schnittstelle RB100: Breite 158 mm, Tiefe 74,6 mm und Höhe 106,5 mm. Das Gewicht der Box beträgt 0,320 kg, die auf der elektrischen Schalttafel mit Schienen DIN 35 mm (EN 60715) montiert wird.

6.4 STEUERUNG UND REGELUNG DER BRAUCHWARMWASSERPRODUKTION

Die Brauchwarmwassererzeugung nur mit GAHP-GS-Geräten ist möglich, wenn die Anlage mit Speicherboilern mit mittlerer bis niedriger Temperatur (45°C ÷ 48°C) ausgestattet ist oder wenn die Produktion auf direkte Weise über entsprechend dimensionierte Wärmetauscher erfolgt (Vorlauftemperatur des Sekundärkreislaufs um 45°C ÷ 48°C).

Um zusätzlich Brauchwarmwasser mit Absorptionswärmepumpen produzieren zu können, muss das Regelsystem der Anlage mit einer digitalen Steuertafel und einer Schnittstelle "RB100" ausgerüstet sein.

Werden die Wärmepumpen GAHP-GS für die Erzeugung von Brauchwarmwasser zu den vorgenannten Bedingungen eingesetzt (Speichertemperatur in Nähe der Verbrauchstemperatur des Wassers, max. 48°C), ist die Schnittstelle RB100 erforderlich, um die Vorlauftemperatur der Einheit zu erhöhen, falls diese nicht bereits auf die maximale Betriebstemperatur eingestellt ist.

Für bestehende Anlagen, die mit diesem Regelsystem aufgerüstet werden sollen, ist es angebracht, die Kompatibilität der Firmware der einzelnen Anlagekomponenten mit dem technischen Beratungsdienst Robur zu besprechen.

6.5 FERNSTEUERSYSTEM WISE (WEB INVISIBLE SERVICE EMPLOYEE)

WISE erlaubt die Fernbedienung der Hauptfunktionen der Digitalen Steuertafel (DDC) und somit die Fernsteuerung und/oder Fernbetreuung der Anlagen und Geräte Robur über ein gewöhnliches Mobiltelefon mit Browser oder mit einem PC über eine Punkt-zu-Punkt Verbindung mit PSTN-Modem oder GSM. Die Systemsteuerung erfolgt über einen WEB-Browser, während die Fehlermeldungen mit SMS übermittelt werden.

Das Zubehör WISE besteht aus: 1 Vorrichtung WISE; 1 Antenne; 1 seriellem Kabel Null-Modem RS232 zur Konfiguration der Vorrichtung; 1 Verbindungskabel WISE - DDC mit Telefonstecker, der auf der Rückseite des DDC eingesteckt wird; 1 CD-ROM.

Für bestehende Anlagen, die mit diesem Regelsystem aufgerüstet werden sollen, ist es angebracht, die Kompatibilität der Firmware der einzelnen Anlagekomponenten mit dem technischen Beratungsdienst Robur zu besprechen.

6.6 MOD BUS

Die Digitale Steuertafel (DDC) unterstützt die Zusammenschaltung mit externen Geräten (BMS, PLC, SCADA usw.) mit dem Protokoll Modbus RTU.

Das Protokoll Modbus erlaubt den Erwerb der Betriebsdaten der Einheiten und Anlagen, die vom DDC gesteuert werden (Temperaturen, Zustände, Zähler usw.).

Außerdem können die Daten der auftretenden Störungen, sowohl der aktuell anstehenden Fehler wie auch des Fehlerarchivs, erfasst werden.

Weiterhin können die verschiedenen Betriebsparameter der Anlage eingestellt werden, wie zum Beispiel: Ein/Aus der Einheiten, Umschaltung Heizen/Kühlen, Sollwert, Differenztemperatur, Teillasten und Zeitbereiche des Betriebs.

Die Digitale Steuertafel (DDC) führt das Protokoll Modbus RTU als untergeordnetes Slave-Gerät in den folgenden Modi aus: 19.200 8N1; 19200 8E1; 19200 8N2; 9600 8N1; 9600 8E1; 9600 8N2.

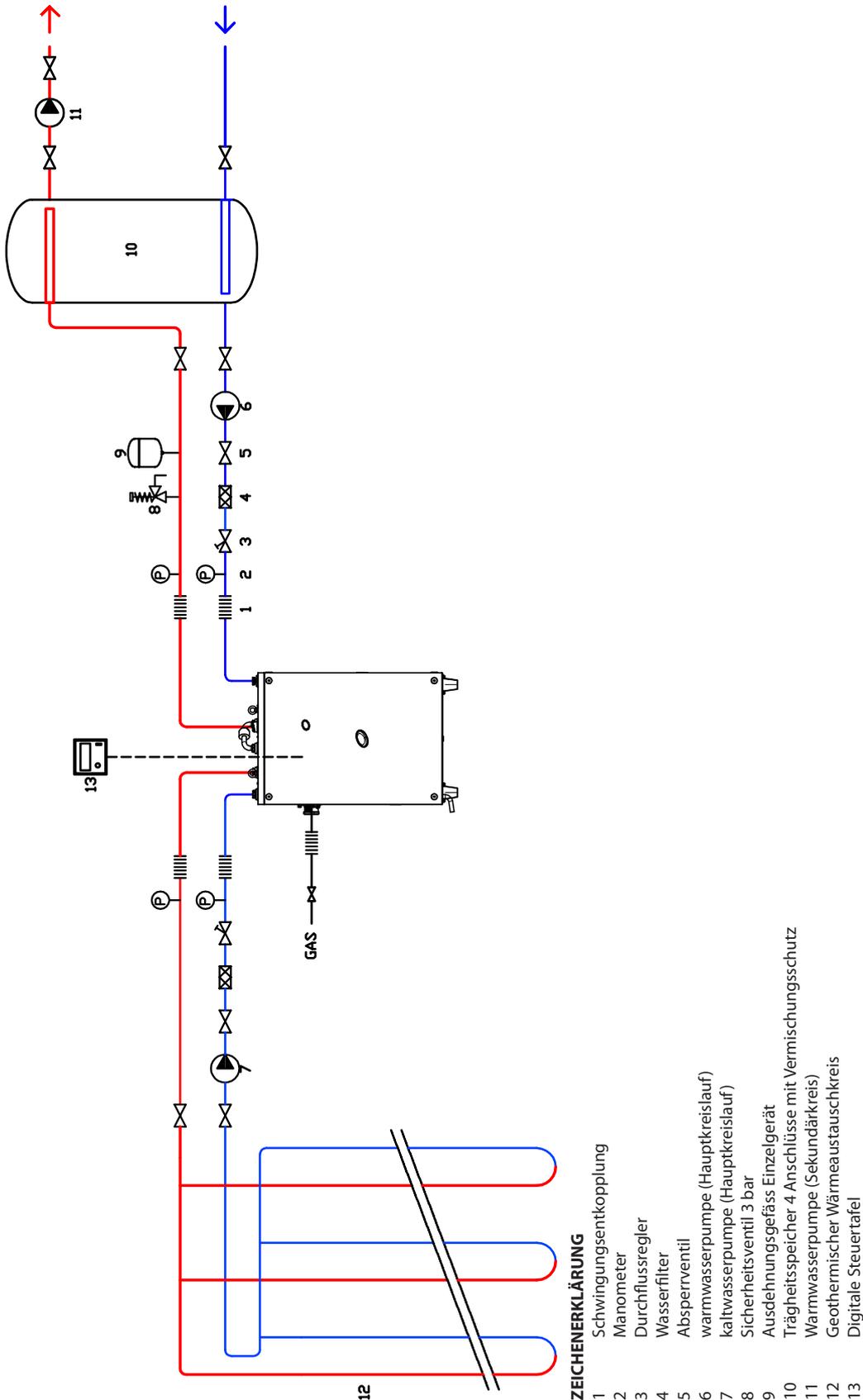
Die vorgegebene Modbus-Anschrift ist 1 und kann über das DDC-Display konfiguriert werden, das die folgenden Codes der Modbus-Funktionen unterstützt: (01) Read Coil Status; (02) Read Discrete Input; (03) Read Holding Register; (04) Read Input Register; (05) Write Single Coil; (06) Write Single Register; (15) Write Multiple Coil; (16) Write Multiple Register; (23) Read/Write Multiple Register.

Die digitale Steuertafel ist außerdem für den Empfang von Funkmeldungen vorgerüstet.

7 ANLAGESCHALTPLÄNE

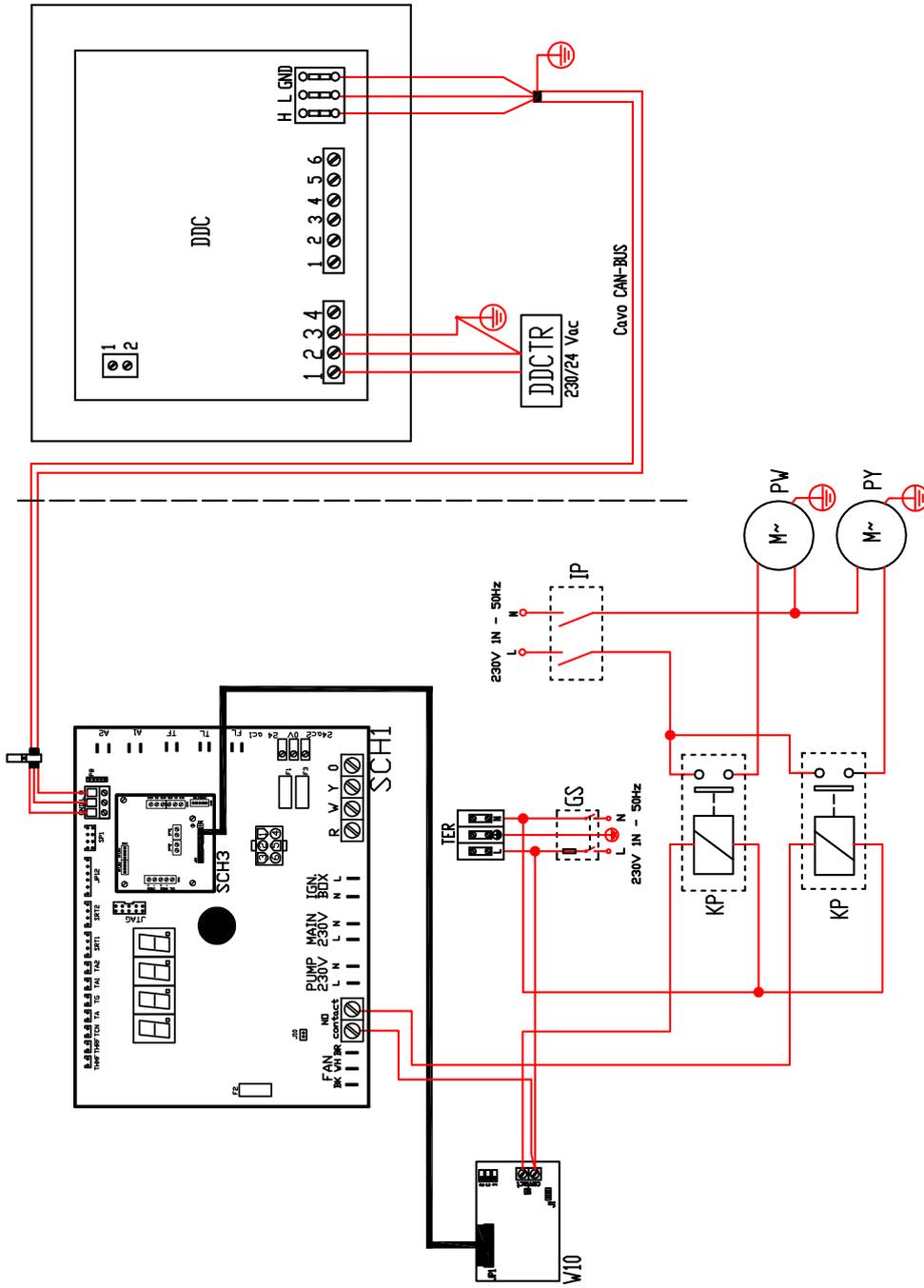
7.1 GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS

Abbildung 7.1 – Hydraulikanlage



Beispiel des Wasseranschlusses eines einzelnen Gerätes.

Abbildung 7.2 – Elektrische Anlage



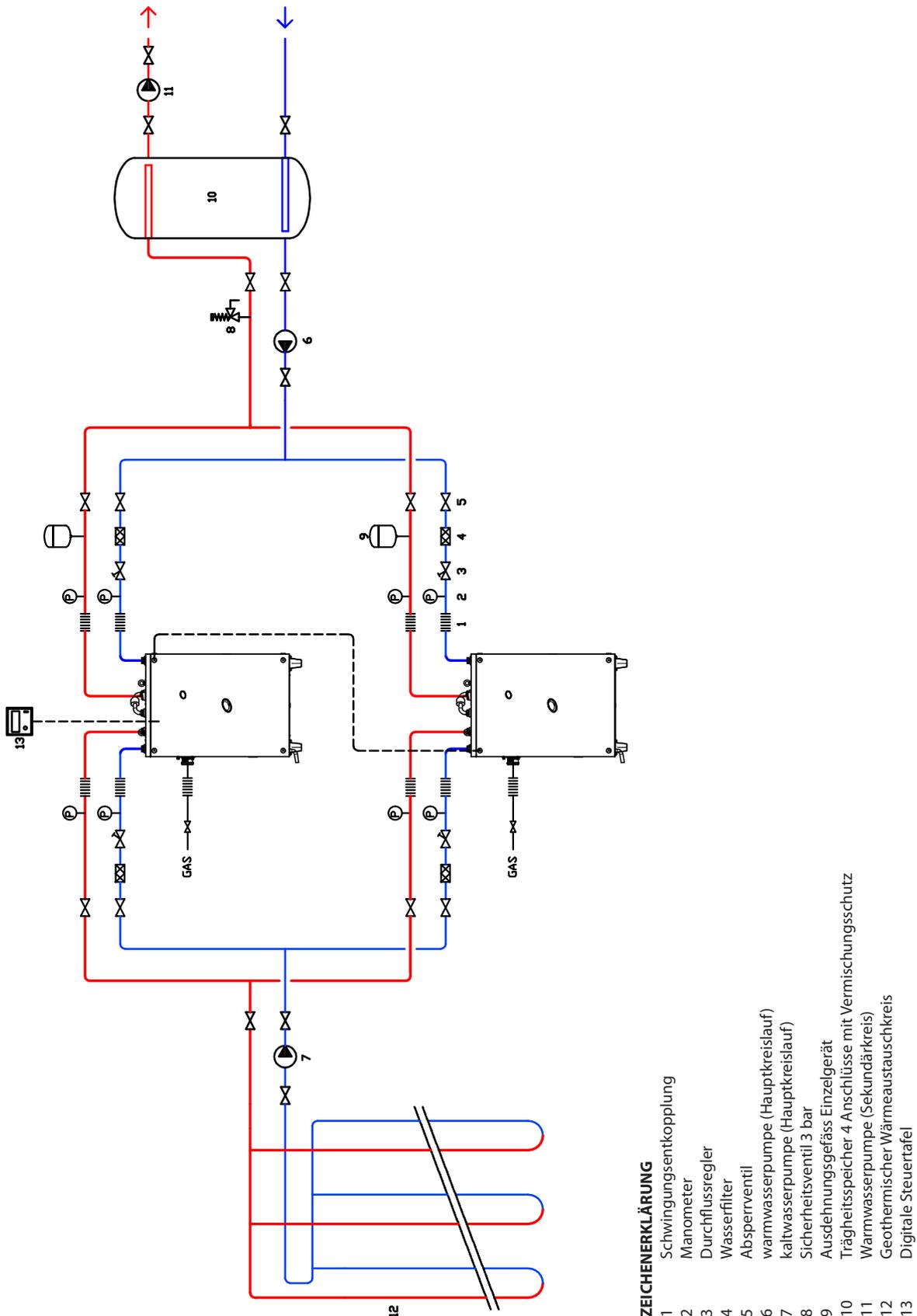
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24 VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Kaltwasserpumpe [230Vac; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Warmwasserpumpe [230Vac; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatine an Bord der Einheit
- W10 Hilfsplatine auf der Einheit
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses eines einzelnen Gerätes.

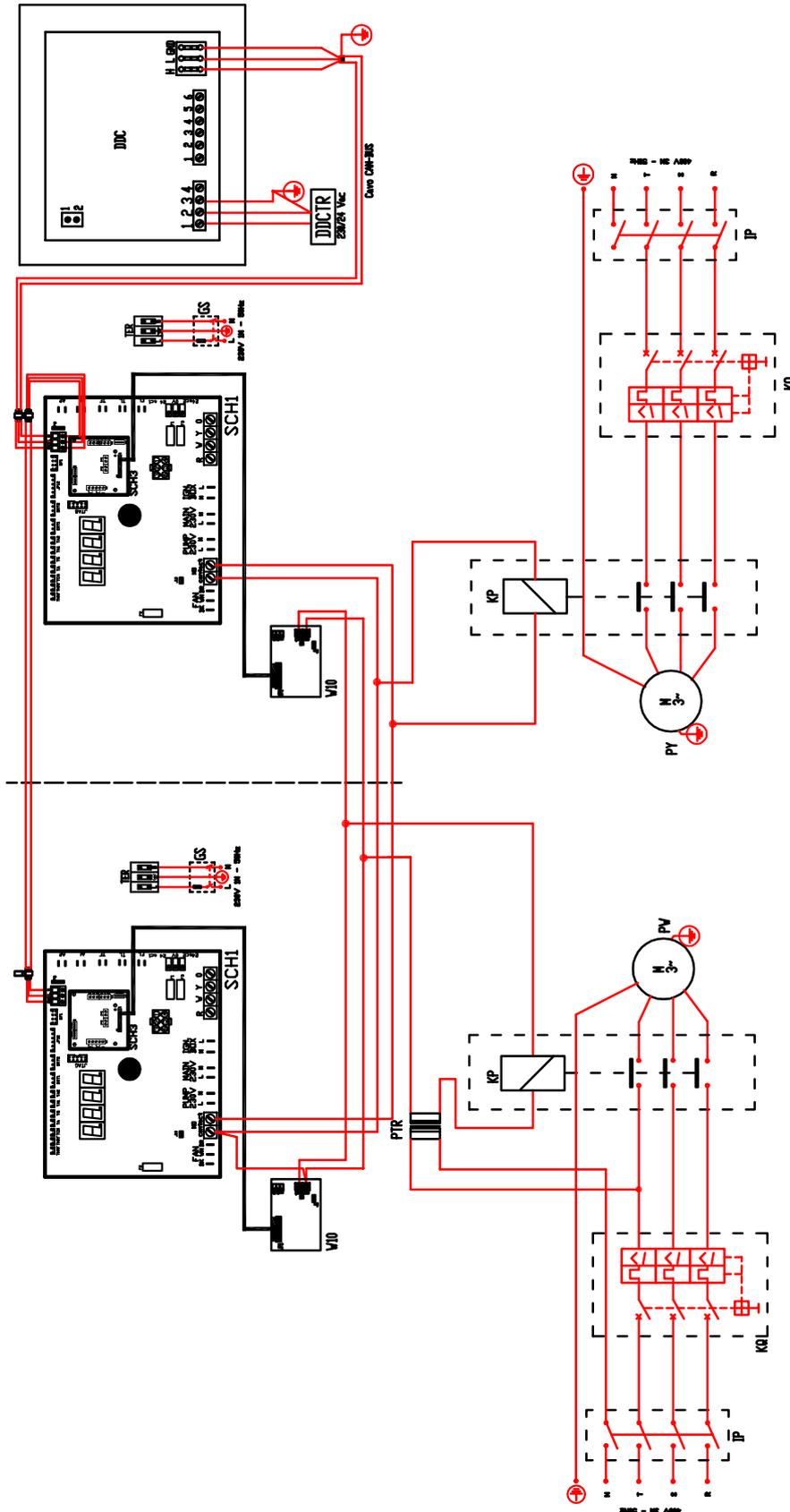
7.2 GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (GEMEINSAME UMWÄLZPUMPE)

Abbildung 7.3 – Hydraulikanlage



Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit gemeinsamer Umwälzpumpe.

Abbildung 7.4 – Elektrische Anlage



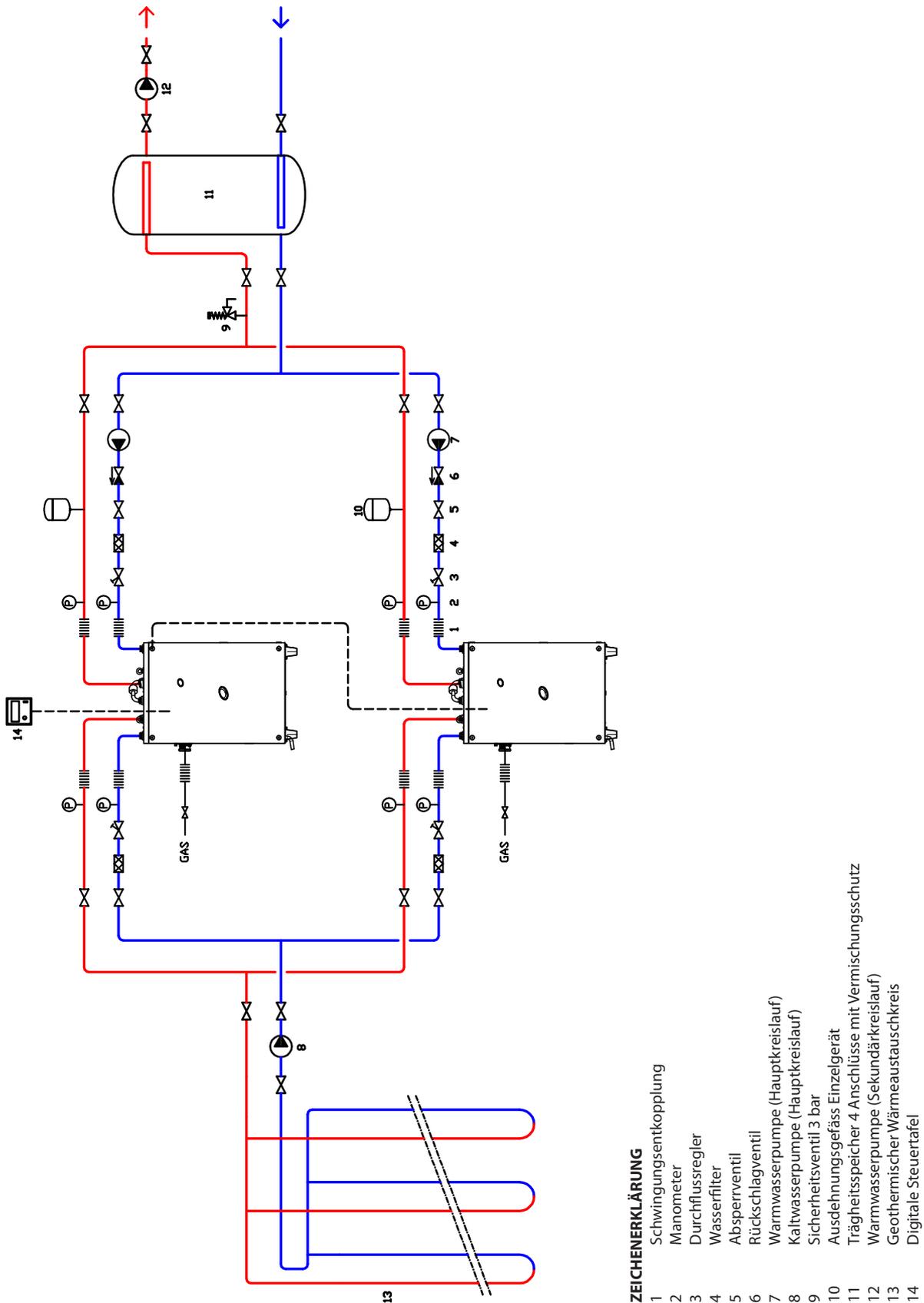
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24Vac, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Vierpoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [400VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [400 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- KQ Pumpenmotorschutz 400 VAC (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 S60 = Schaltplatine an Bord der Einheit
- W10 Hilfsplatine auf der Einheit
- R,S,T Leitungsklemmen (Drehstrom)
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten mit gemeinsamer Umwälzpumpe.

7.3 GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN (UNABHÄNGIGE UMWÄLZPUMPEN)

Abbildung 7.5 – Hydraulikanlage

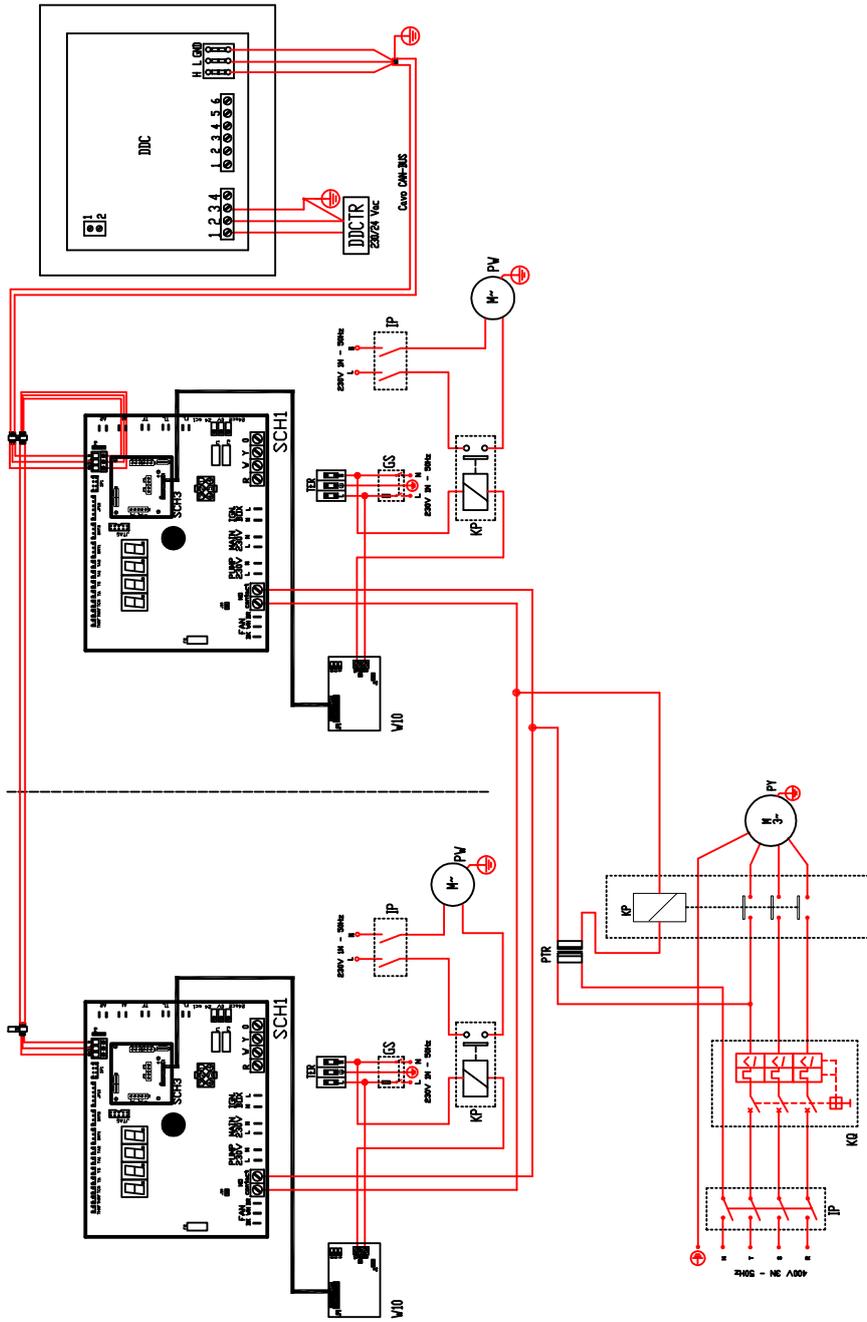


ZEICHNERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Durchflussregler
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Rückschlagventil
- 7 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 9 Sicherheitsventil 3 bar
- 10 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 11 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 12 Warmwasserpumpe (Sekundärkreislauf)
- 13 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 14 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten mit unabhängigen Umwälzpumpen.

Abbildung 7.6 – Elektrische Anlage



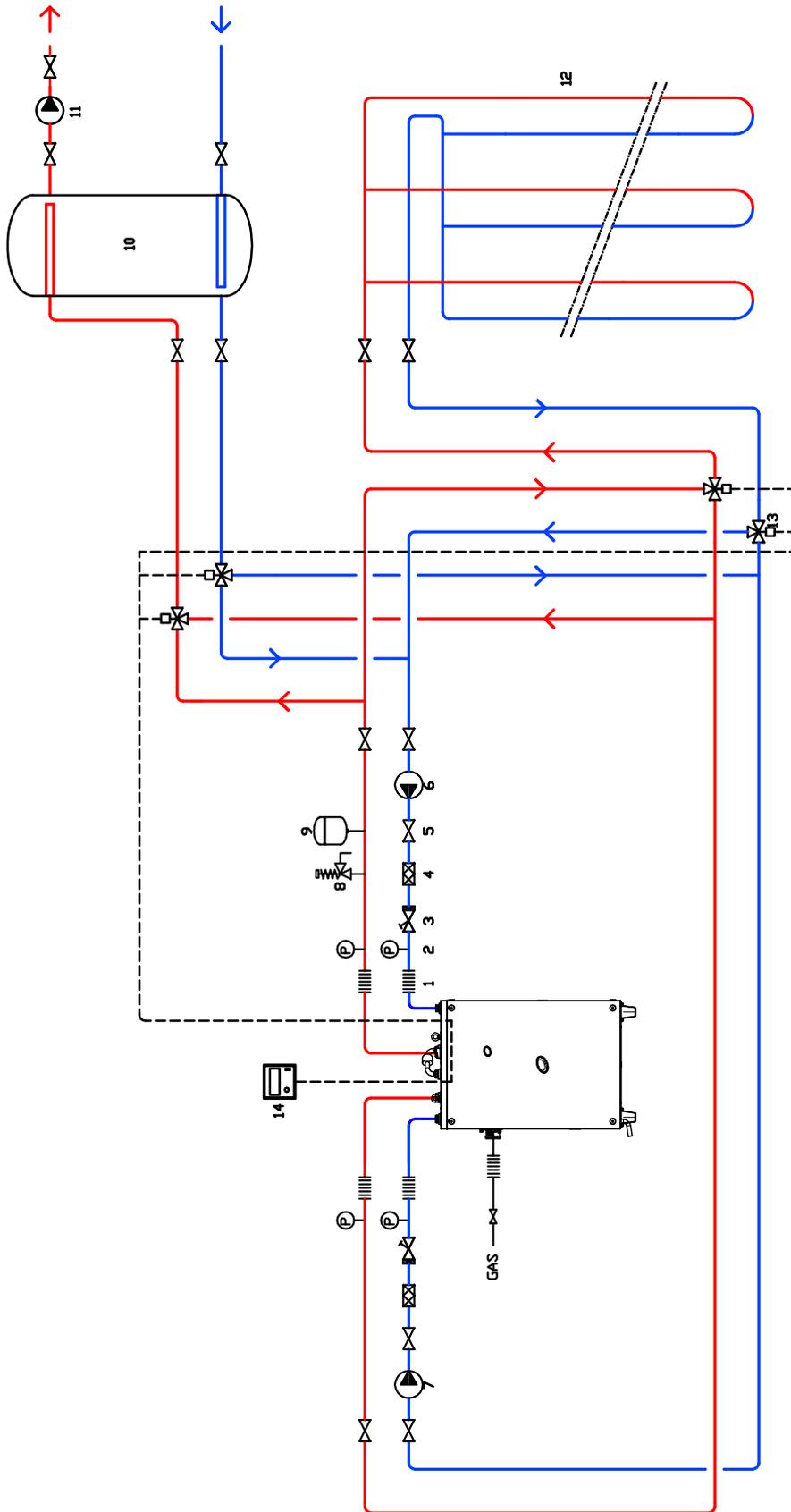
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24 Vac, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Vierpoliger Lasttrennschalter Pumpe [400 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PTR Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe [230 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Sekundärer Sicherheitstransformator SELV (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [400 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [230 VAC; <700W] (nicht inbegriffen)
- KE Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuerleiste (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltungsplatte an Bord der Einheit
- W10 Hilfsplatte auf der Einheit
- KQ Pumpenmotorschutz 400 VAC (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- R,S,T Leitungsklemmen (Drehstrom)
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit unabhängigen Umwälzpumpen.

7.4 GEOTHERMISCHE KLIMAANLAGE MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS

Abbildung 7.7 – Hydraulikanlage

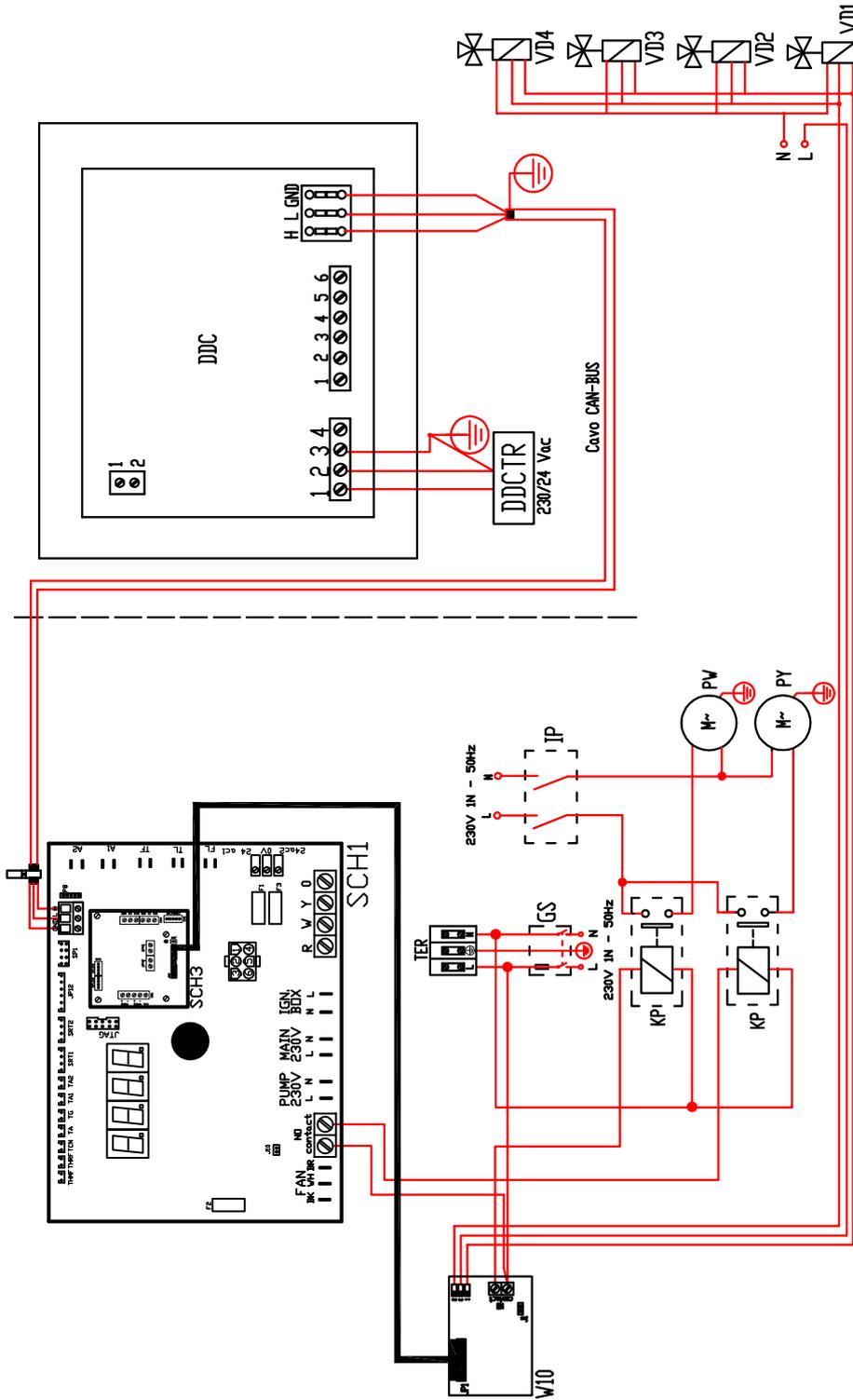


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 7 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Sicherheitsventil 3 bar
- 9 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 10 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 11 Warmwasserpumpe (Sekundärkreis)
- 12 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 13 3-Wege-Umleitventil
- 14 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses eines einzelnen Gerätes.

Abbildung 7.8 – Elektrische Anlage



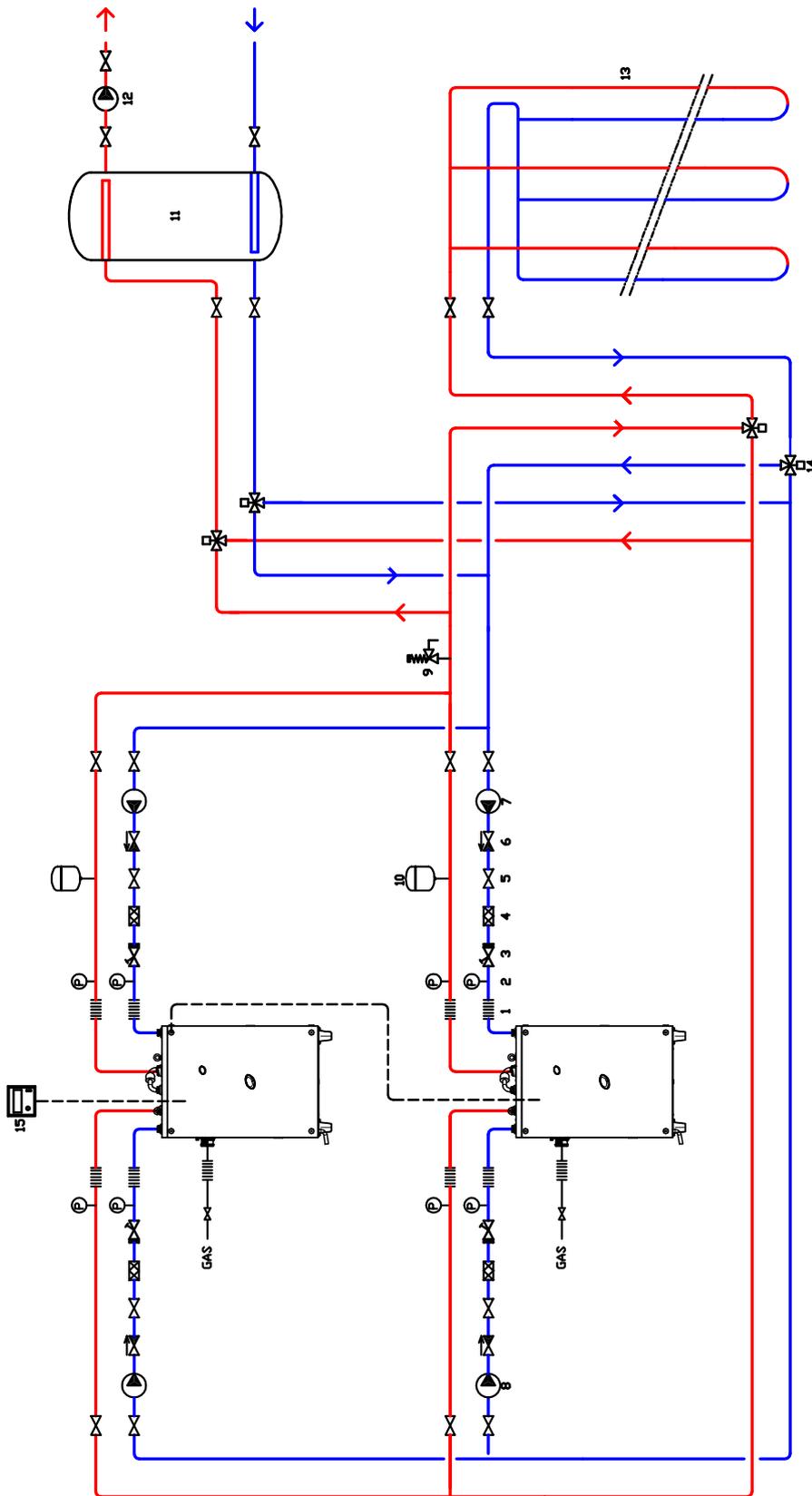
Beispiel des elektrischen Anschlusses eines einzelnen Gerätes.

ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24Vac, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [230 VAC; <700W] (nicht inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [230 VAC; <700W] (nicht inbegriffen)
- TER Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatine an Bord der Einheit
- W10 Hilfsplatine auf der Einheit
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme
- VD1,2 3-Wege-Umleitventil
- VD3,4 3-Wege-Umleitventil

7.5 GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (UNABHÄNGIGE UMWÄLZPUMPEN)

Abbildung 7.9 – Hydraulikanlage

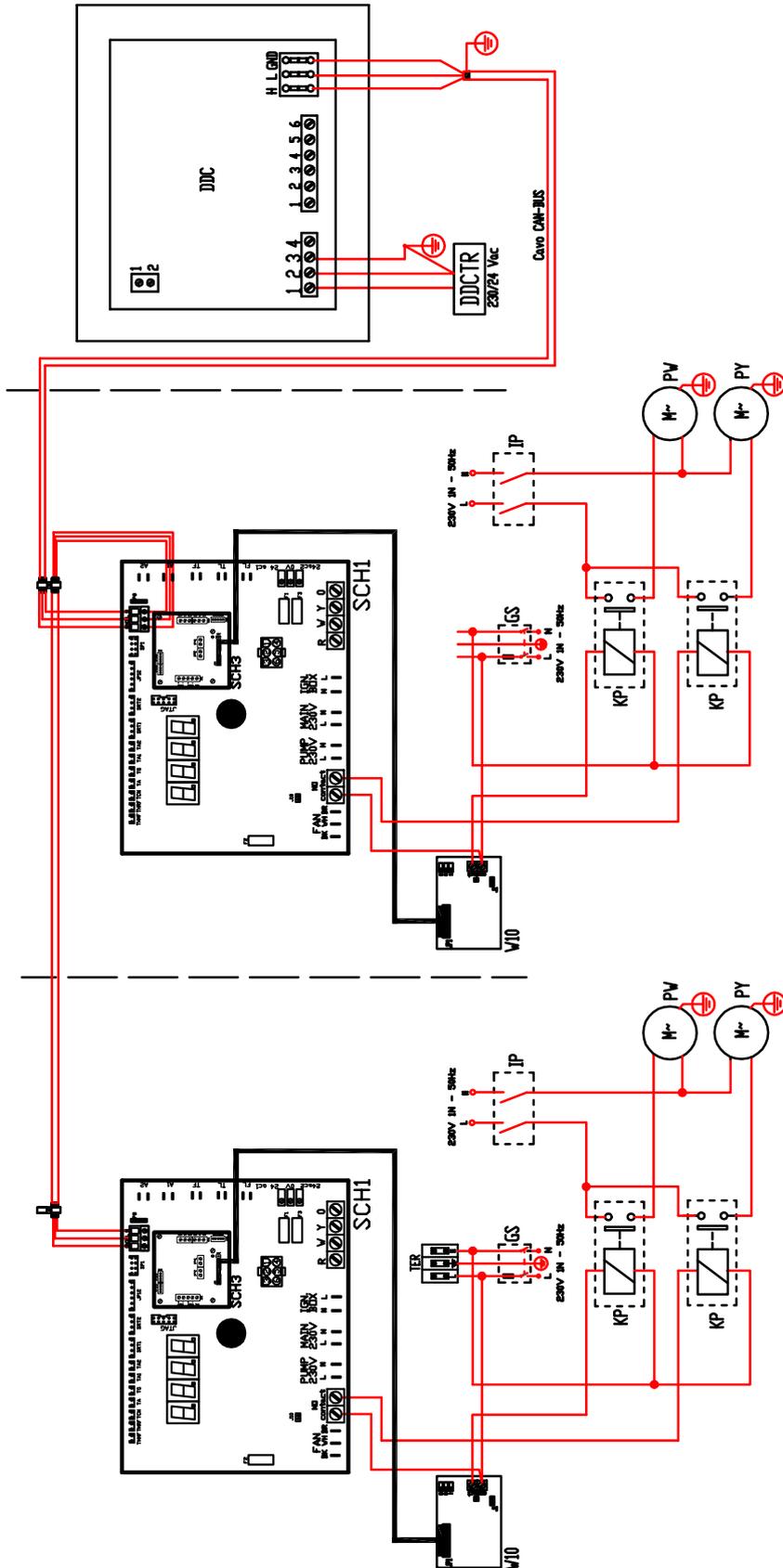


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Rückschlagventil
- 7 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 9 Sicherheitsventil 3 bar
- 10 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 11 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 12 Wasserpumpe Sekundärkreis
- 13 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 14 3-Wege-Umleitventil
- 15 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten mit unabhängigen Umwälzpumpen.

Abbildung 7.10 – Elektrische Anlage



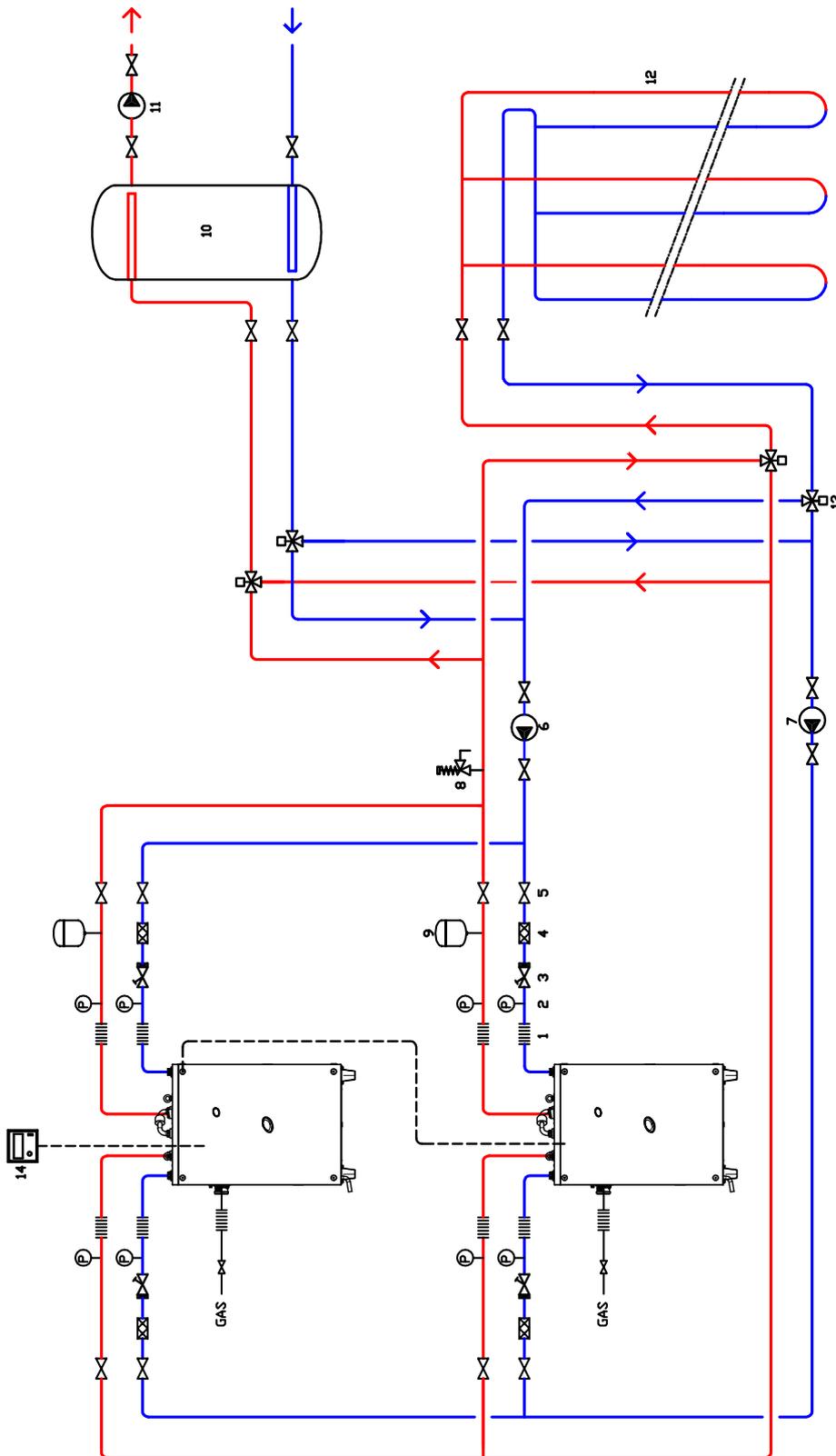
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PV Kaltwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Warmwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatine an Bord der Einheit
- V10 Hilfsplatine auf der Einheit
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit unabhängigen Umwälzpumpen.

7.6 GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (GEMEINSAME UMWÄLZPUMPE)

Abbildung 7.11 – Hydraulikanlage

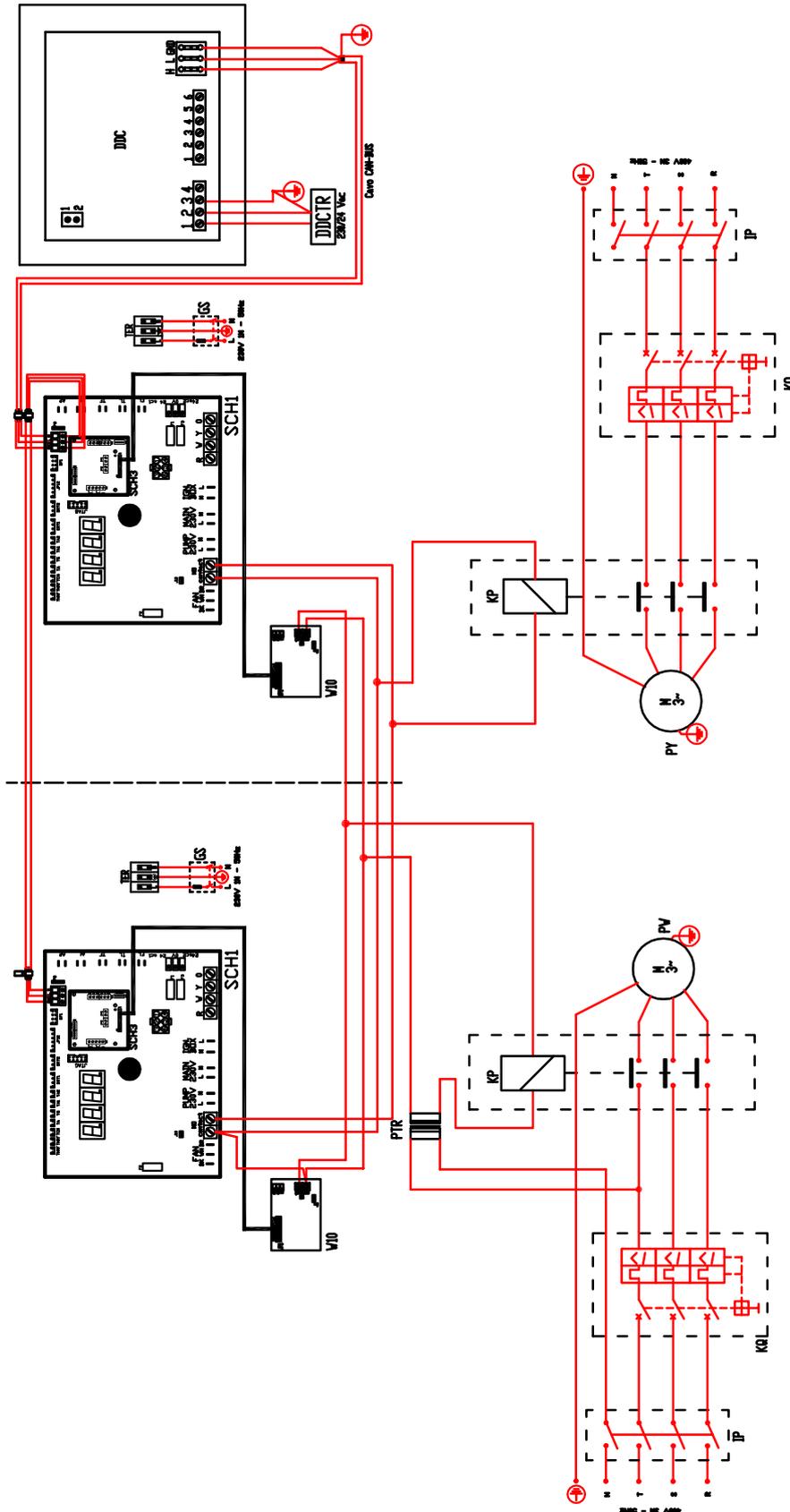


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 7 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Sicherheitsventil 3 bar
- 9 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 10 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 11 Warmwasserpumpe (Sekundärkreis)
- 12 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 13 3-Wege-Umleitventil
- 14 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit gemeinsamer Umwälzpumpe.

Abbildung 7.12 – Elektrische Anlage



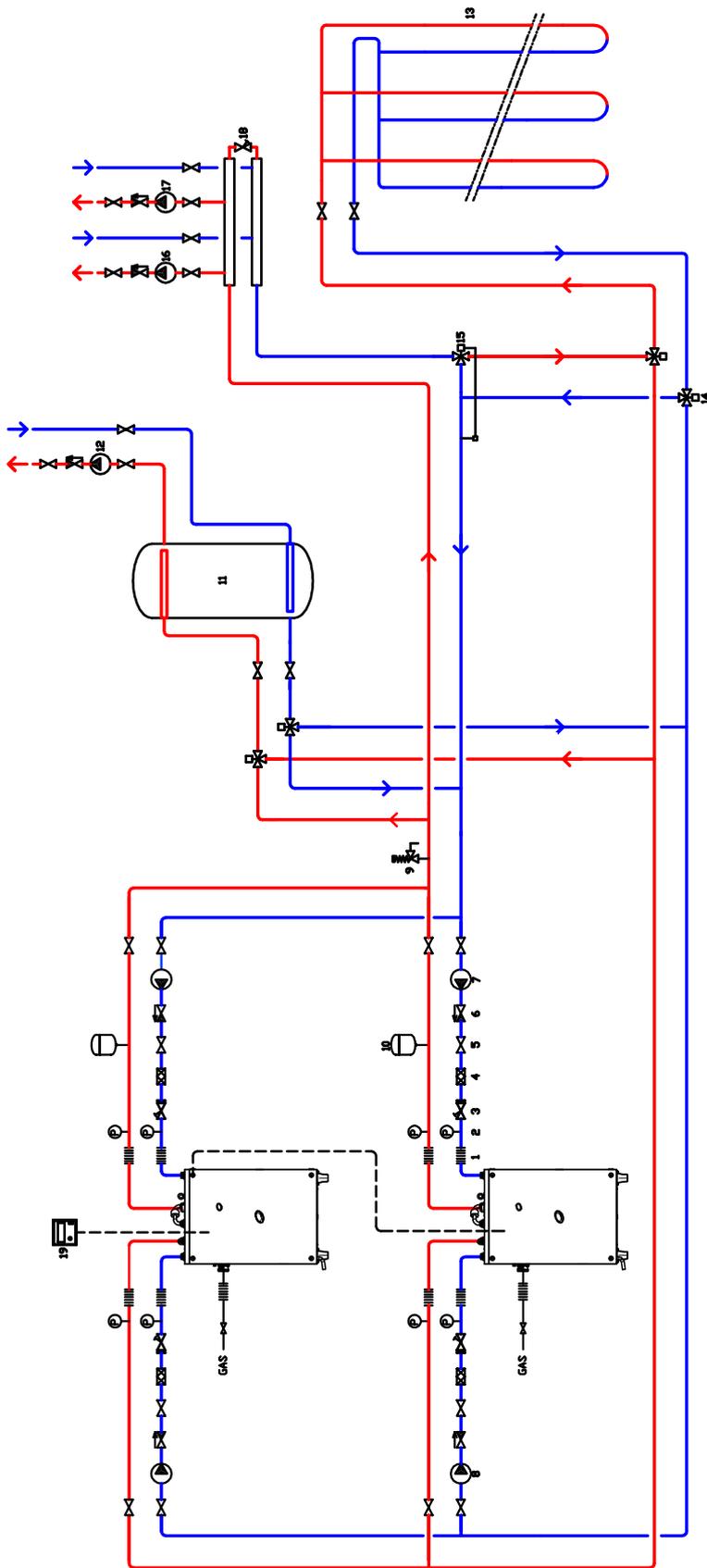
Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten mit gemeinsamer Umwälzpumpe.

ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24Vac, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Vierpoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [400VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [400 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- KQ Pumpenmotorschutz 400 VAC (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Hilfsplatine an Bord der Einheit
- W10 Leitungsklemmen (Drehstrom)
- R,S,T Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- L N Nullleiterklemme

7.7 GEOTHERMISCHE KLIMA-/HEIZANLAGE MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (UNABHÄNGIGE UMWÄLZPUMPEN)

Abbildung 7.13 – Hydraulikanlage

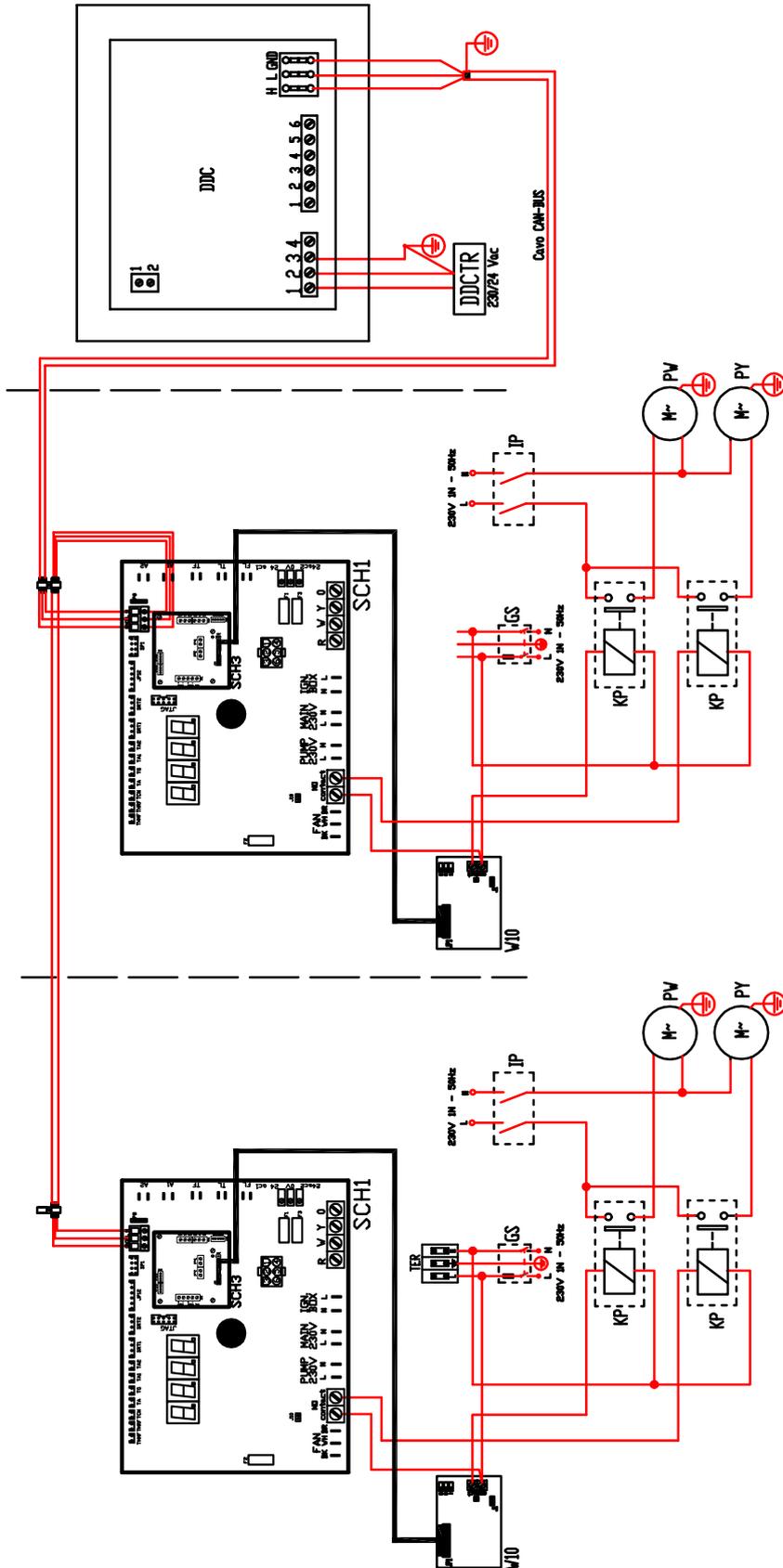


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Rückschlagventil
- 7 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 9 Sicherheitsventil 3 bar
- 10 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 11 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 12 Wasserpumpe Sekundärkreis
- 13 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 14 3-Wege-Umleitventil
- 15 Mischventil mit Temperaturfühler
- 16 Hilfspumpe Nr.1 (z.B.: BWW)
- 17 Hilfspumpe Nr.2 (z.B.: Heizung Schwimmbad) oder Nachheizung LBE)
- 18 By-Pass mit Ausgleichventil
- 19 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten mit Zusatzheizung und unabhängigen Umwälzpumpen.

Abbildung 7.14 – Elektrische Anlage



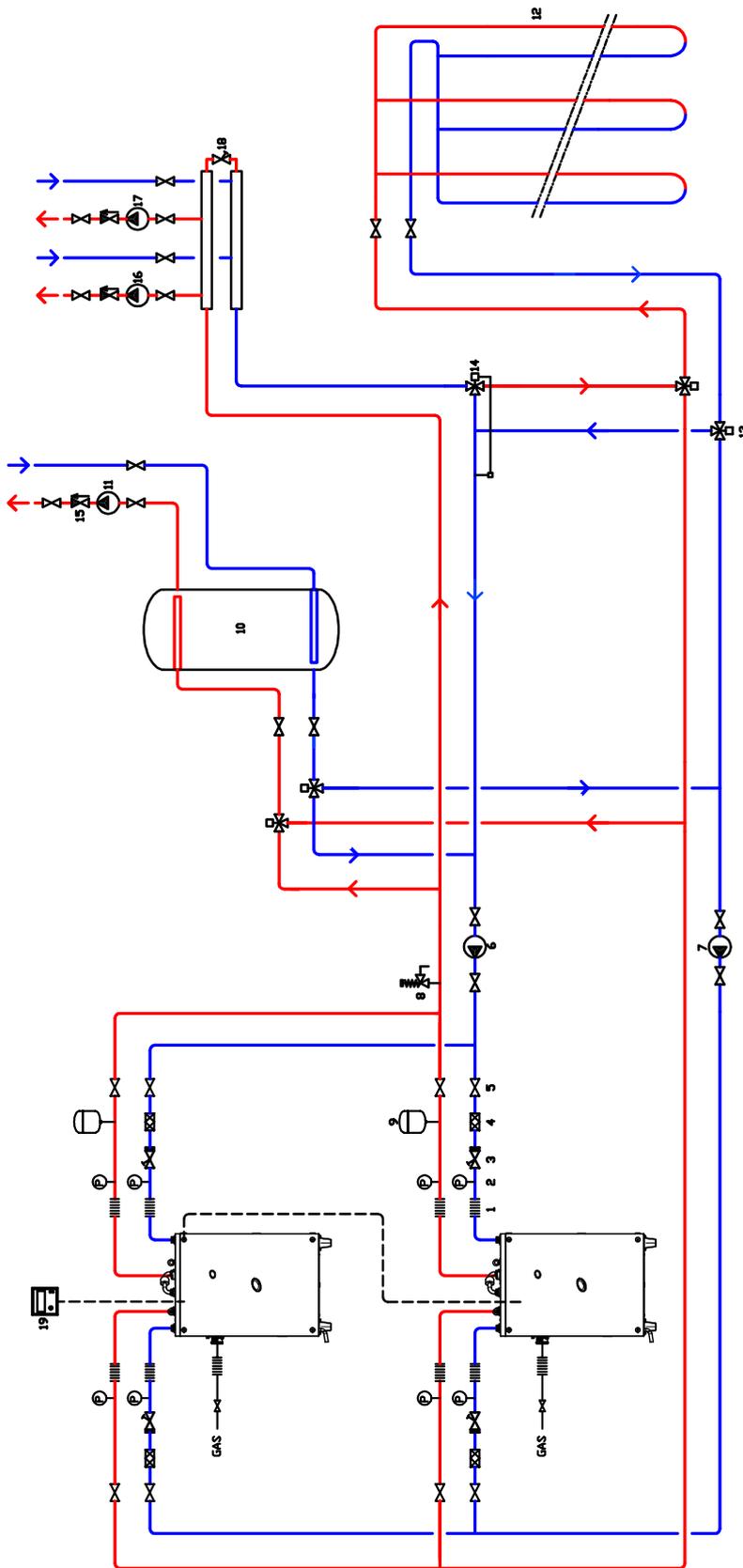
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24 VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PV Kaltwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Warmwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatine an Bord der Einheit
- V10 Hilfsplatine auf der Einheit
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit unabhängigen Umwälzpumpen.

7.8 GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE/ZUSATZHEIZUNG MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (GEMEINSAME UMWÄLZPUMPEN)

Abbildung 7.15 – Hydraulikanlage

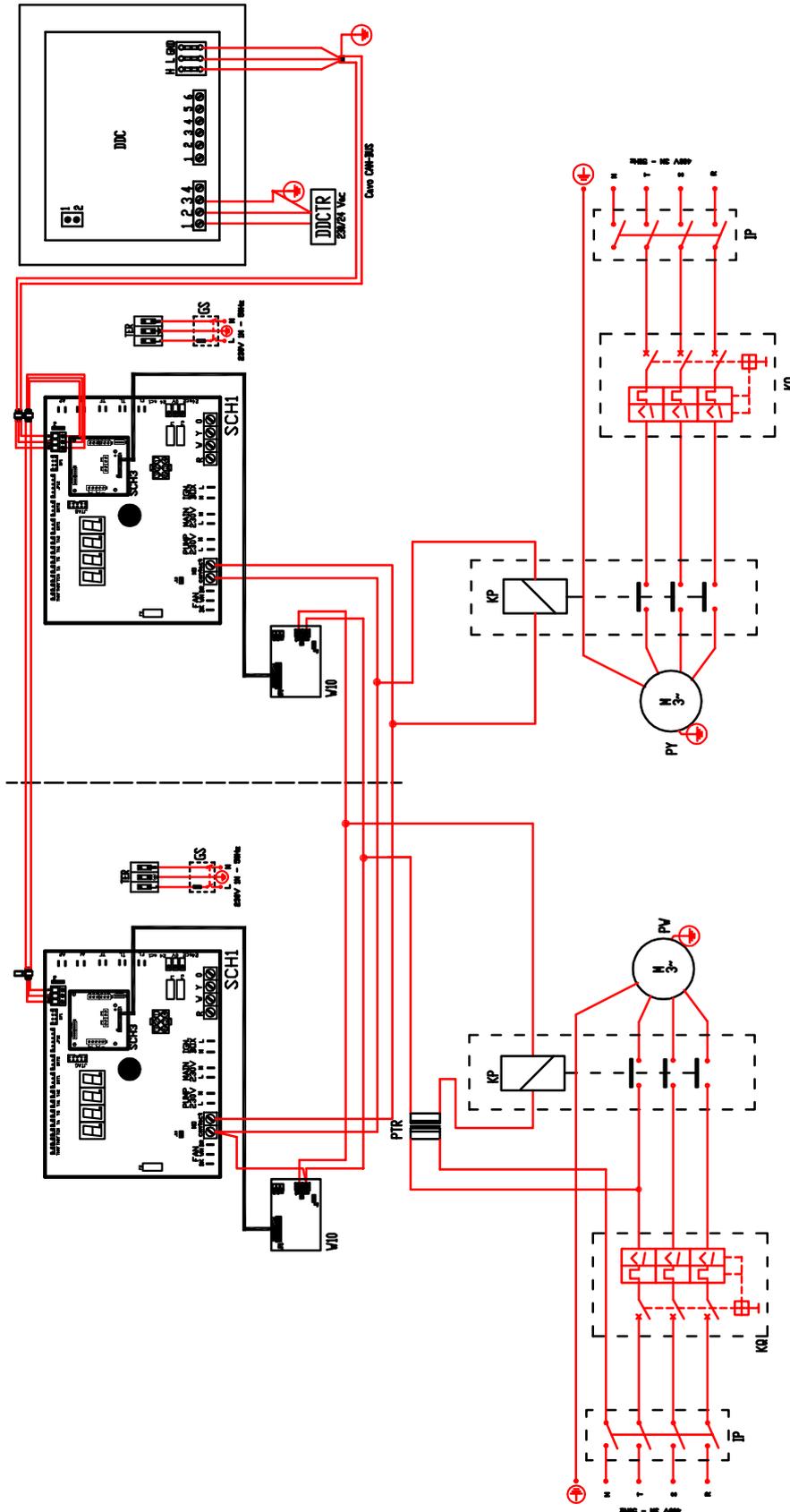


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 7 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Sicherheitsventil 3 bar
- 9 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 10 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 11 Warmwasserpumpe (Sekundärkreis)
- 12 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 13 3-Wege-Umleitventil
- 14 Mischventil mit Temperaturfühler
- 15 Rückschlagventil
- 16 Hilfspumpe Nr.1 (z.B.: BWW)
- 17 Hilfspumpe Nr.2 (z.B.: Heizung Schwimmbad oder Nachheizung LBE)
- 18 By-Pass mit Ausgleichventil
- 19 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten mit Zusatzheizung und gemeinsamer Umwälzpumpe.

Abbildung 7.16 – Elektrische Anlage



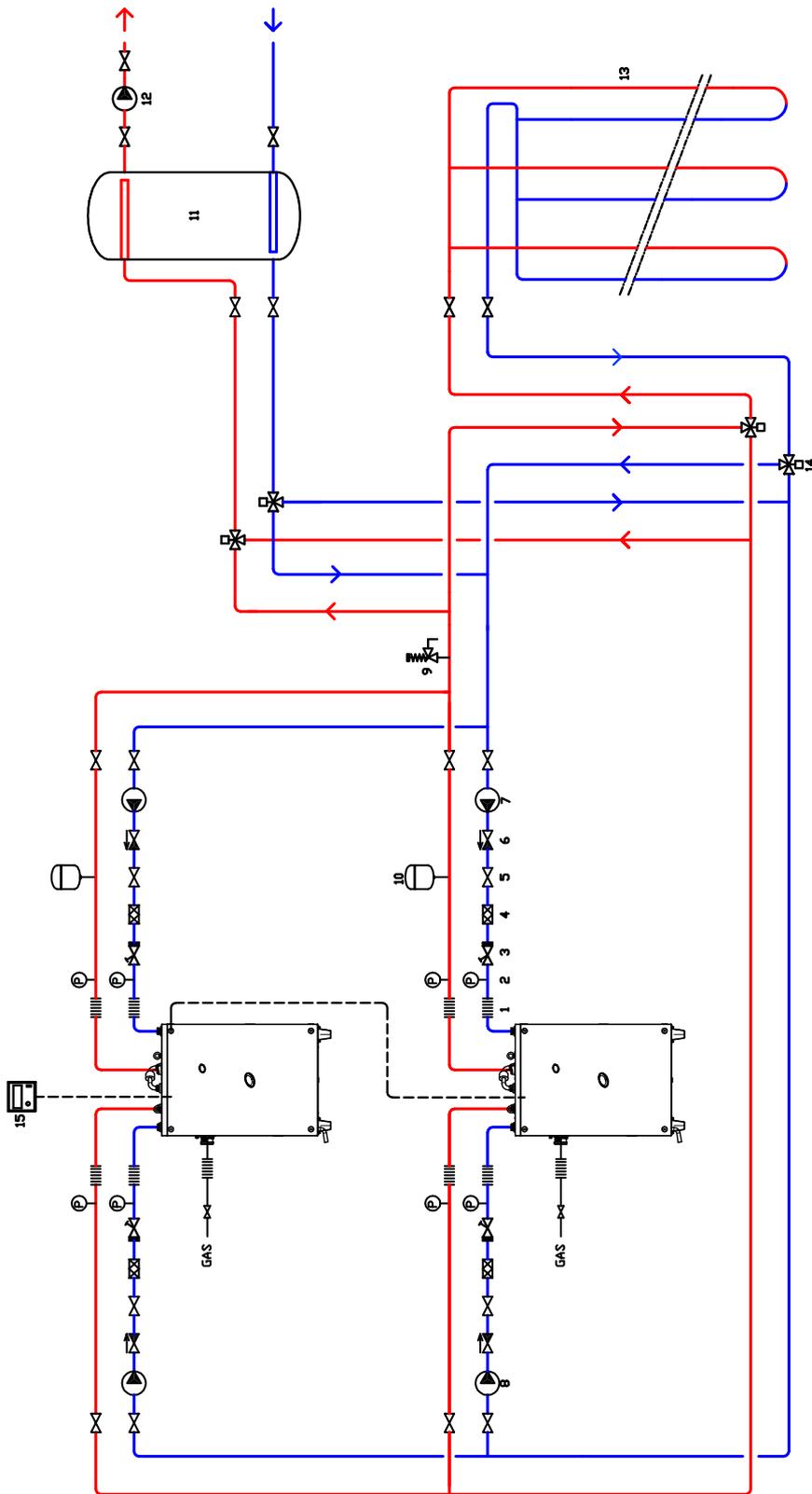
Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten mit gemeinsamer Umwälzpumpe.

ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24Vac, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Vierpoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [400VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [400 VAC] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- KQ Pumpenmotorschutz 400 VAC (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 S60 = Schaltplatine an Bord der Einheit
- W10 Hilfsplatine auf der Einheit
- R,S,T Leitungsklemmen (Drehstrom)
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

7.9 GEOTHERMISCHE KLIMAAANLAGE UND FREE-COOLING MIT MEHREREN GERÄTEN GAHP-GS (UNABHÄNGIGE UMWÄLZPUMPEN)

Abbildung 7.17 – Hydraulikanlage

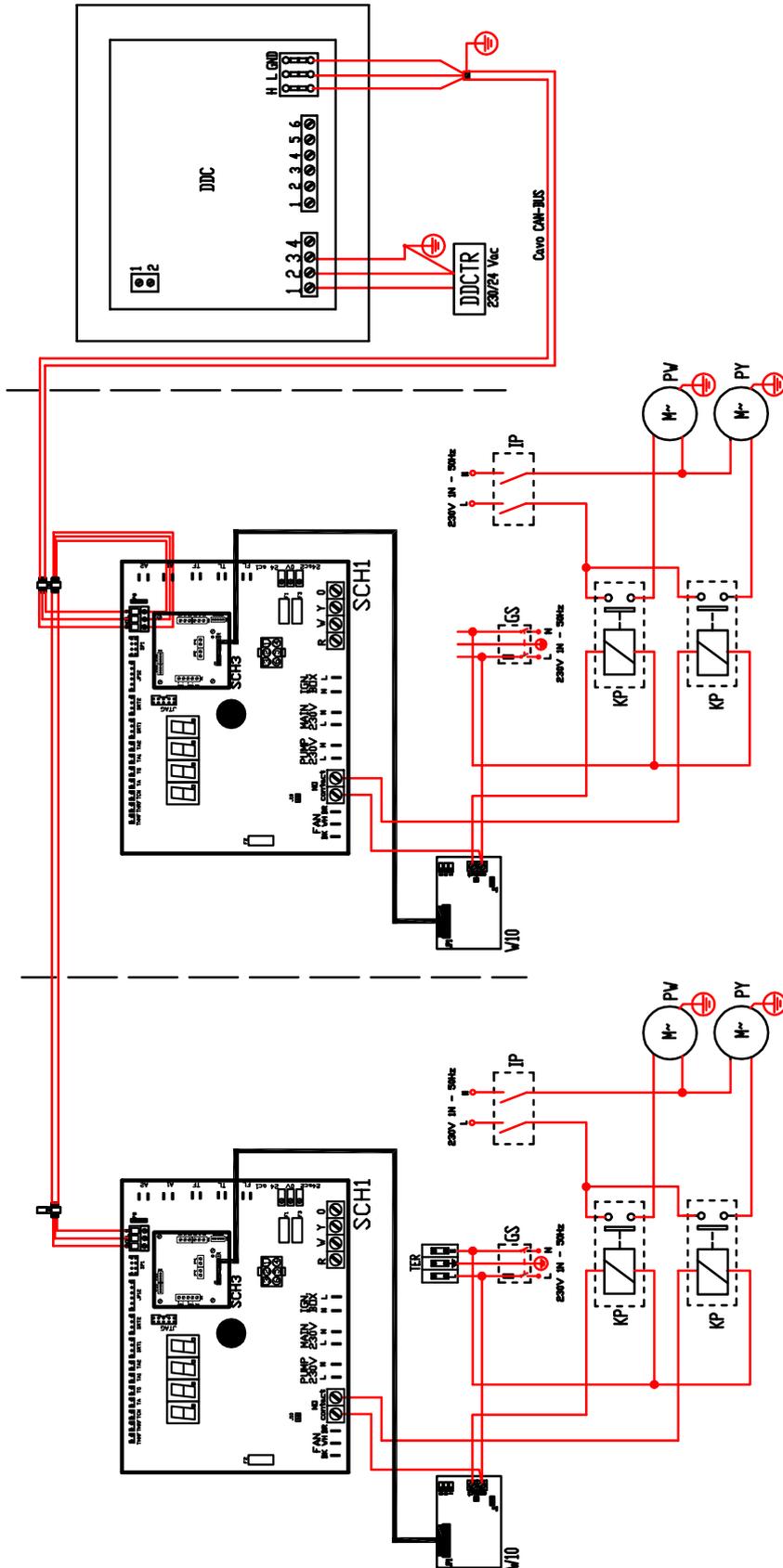


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Rückschlagventil
- 7 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 9 Sicherheitsventil 3 bar
- 10 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 11 Trägheitsspeicher 4 Anschlüsse mit Vermischungsschutz
- 12 Wasserpumpe (Sekundärkreis)
- 13 Geothermischer Wärmeaustauschkreis
- 14 3-Wege-Umleitventil
- 15 Umleitventil Free-Cooling-Kreislauf
- 16 Digitale Steuertafel

Beispiel des Wasseranschlusses mehrerer Einheiten mit unabhängigen Umwälzpumpen.

Abbildung 7.18 – Elektrische Anlage



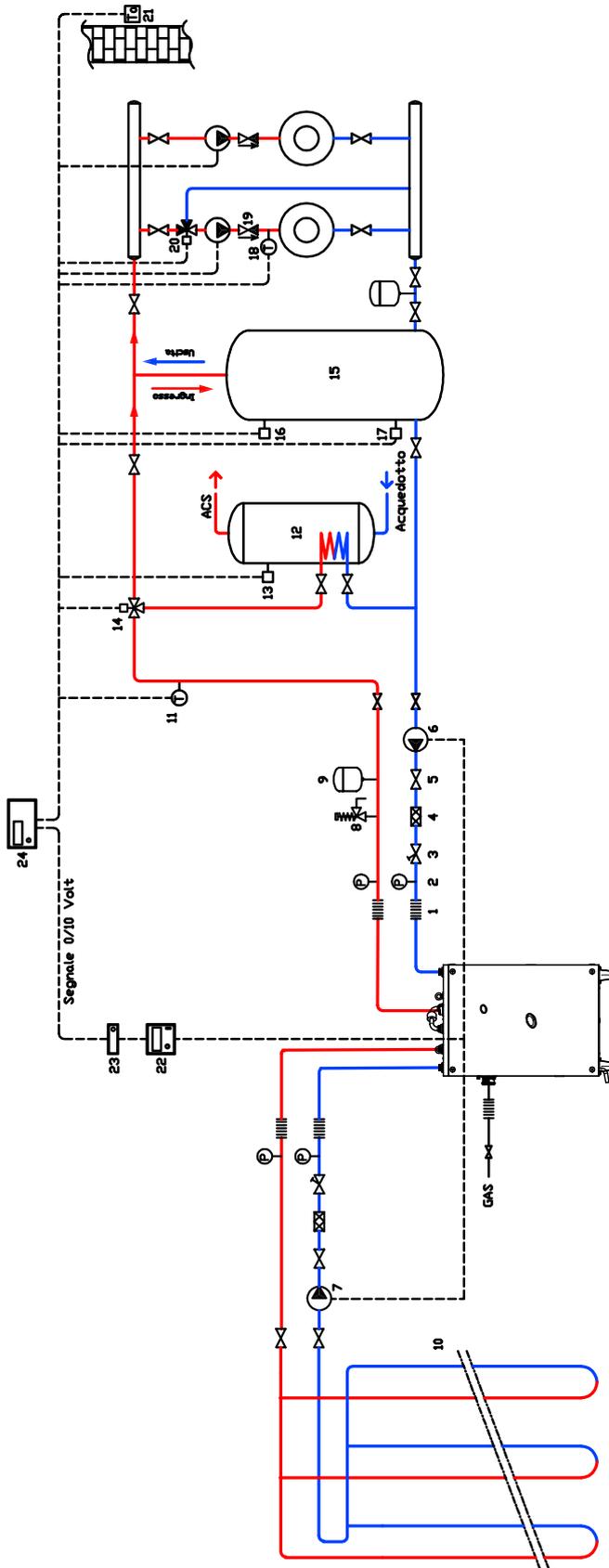
ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24 VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PW Kaltwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Warmwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuertafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatte an Bord der Einheit
- V10 Hilfsplatte auf der Einheit
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses mehrerer Einheiten GAHP-GS mit unabhängigen Umwälzpumpen.

7.10 GEOTHERMISCHE HEIZANLAGE UND BWW-PRODUKTION MIT EINEM EINZELGERÄT GAHP-GS MIT ELEKTRONISCHEM REGELSYSTEM DER ANLAGE

Abbildung 7.19 – Hydraulikanlage

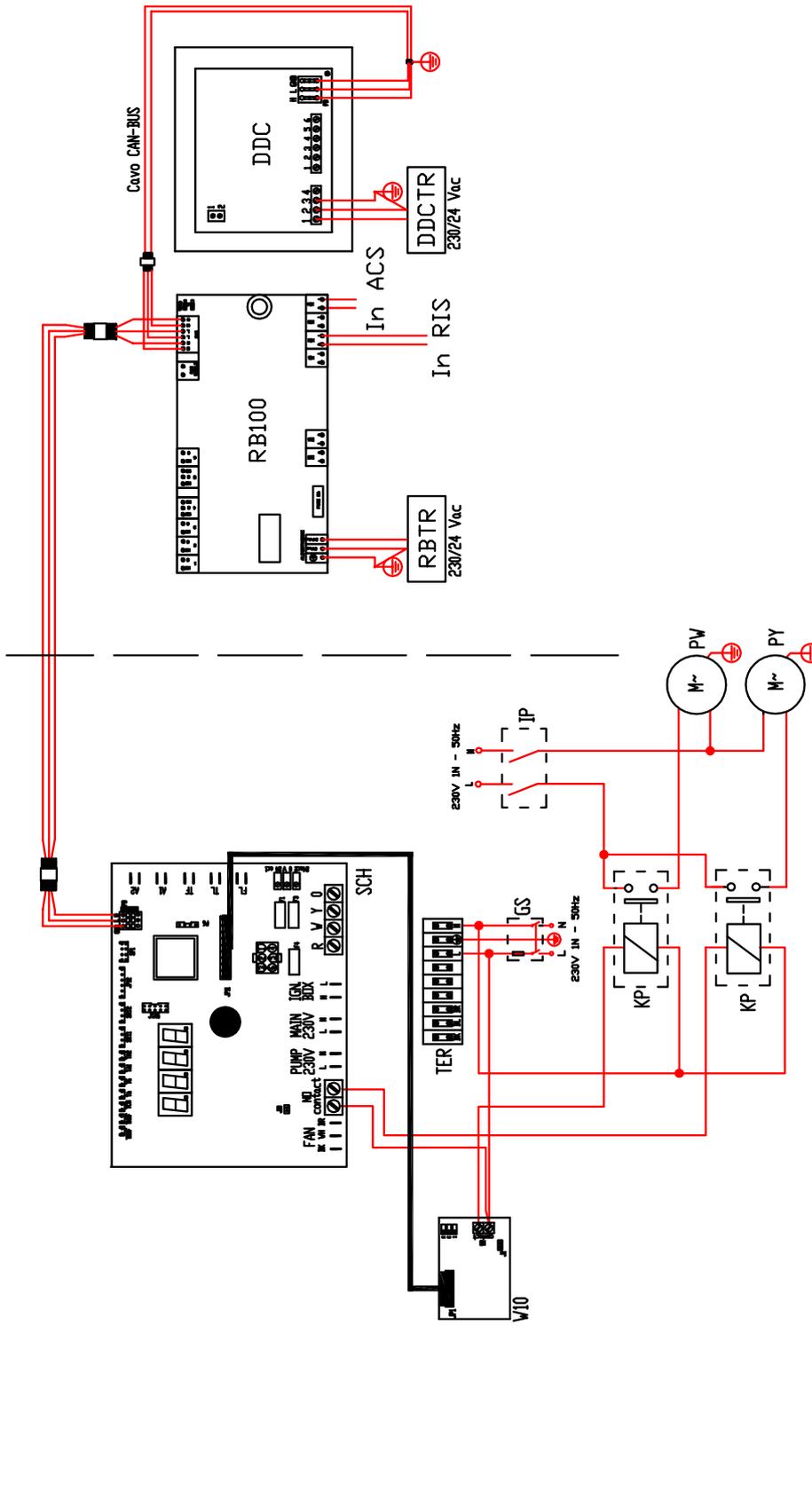


ZEICHENERKLÄRUNG

- 1 Schwingungskontaktkopplung
- 2 Manometer
- 3 Autoflow-Ventil
- 4 Wasserfilter
- 5 Absperrventil
- 6 Warmwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 7 Kaltwasserpumpe (Hauptkreislauf)
- 8 Sicherheitsventil 3 bar
- 9 Ausdehnungsgefäß Einzelgerät
- 10 Erdwärmebereich
- 11 Vorlauftemperaturfühler (Hauptkreislauf)
- 12 Trägheitsspeicher BWW mit Thermostat
- 13 Temperaturfühler Trägheitsspeicher BWW
- 14 3-Wege-Umlenitventil
- 15 Trägheitsspeicher 3 Anschlüsse
- 16,17 Temperaturfühler Trägheitsspeicher
- 18 Temperaturfühler Vorlaufwasser der Anlage
- 19 Rückschlagventil
- 20 3-Wege-Mischventil zum Entlüften der Anlage
- 21 Ausenluft-Temperaturfühler
- 22 Digitale Steuertafel (DDC)
- 23 Schaltplatine RB100
- 24 Elektronisches Regelsystem der Anlage

Beispiel des Wasseranschlusses eines Einzelgerätes mit Brauchwarmwassererzeugung und elektronischem Regelsystem der Anlage.

Abbildung 7.20 – Elektrische Anlage



ZEICHENERKLÄRUNG

- DDCTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- RBTR Sekundärer Sicherheitstransformator SELV 230/24VAC, 50/60 Hz (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- IP Zweipoliger Lasttrennschalter Pumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- GS Zweipoliger externer Lasttrennschalter mit Sicherung (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- PY Kaltwasserpumpe [230VAC; <700W] (nicht inbegriffen)
- PW Warmwasserpumpe [230 VAC; <700W] (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- KP Schließrelais der Wasserpumpe (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- TER 9-polige Klemmenleiste auf der Einheit
- DDC Digitale Steuer tafel (nicht im Lieferumfang inbegriffen)
- SCH1 Schaltplatine an Bord der Einheit
- W10 Schaltplatine an Bord der Einheit
- RB100 Anlagen-Schnittstelle Robur Box (Optional)
- L Anschlussklemme (Einphasenleitung)
- N Nullleiterklemme

Beispiel des elektrischen Anschlusses eines Einzelgerätes mit Brauchwarmwassererzeugung und elektronischem Regelsystem der Anlage.

Robur widmet sich der Forschung,
Entwicklung und Verbreitung zuverlässiger,
umweltfreundlicher und energiesparender Produkte
durch verantwortungsbewusstes Handeln
aller Mitarbeiter und Partner.

La Mission Robur



konsequent umweltbewusst

Robur Spa
tecnologie avanzate
per la climatizzazione
Via Parigi 4/6
24040 Verdellino/Zingonia (Bg) Italy
T +39 035 888111 F +39 035 884165
www.robur.it robur@robur.it

