

Messung von Wärmepumpen in neu errichteten Wohngebäuden

Land Vorarlberg

Endbericht Oktober 2009

Impressum:

F.d.I.v.: DI Christian Vögel, Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abt. Allgemeine
Wirtschaftsangelegenheiten, Bereich Energie, Römerstraße 15, 6900 Bregenz

Inhalt:

1	Kurzzusammenfassung	3
2	Erläuterungen und Begriffsbestimmungen	5
3	Messmethodik	6
3.1	Systemgrenzen der Messung	6
3.2	Messperiode	7
3.3	Messgeräte	8
4	Technische Daten	9
5	Hydraulikschemas/Jahresganglinien	10
5.1	Anlage 01	10
5.2	Anlage 02	11
5.3	Anlage 03	12
5.4	Anlage 04	13
5.5	Anlage 05	14
5.6	Anlage 06	15
5.7	Anlage 07	16
5.8	Anlage 08	17
5.9	Anlage 09	18
5.10	Anlage 10	19
5.11	Anlage 11	20
5.12	Anlage 12	21
5.13	Anlage 13	22
5.14	Anlage 14	23
5.15	Anlage 15	24
5.16	Anlage 16	25
5.17	Anlage 17	26
5.18	Anlage 18	27
5.19	Anlage 19	28
5.20	Anlage 20	29
6	Zusammenfassung der Ergebnisse	30

1 Kurzzusammenfassung

Wärmepumpen erfreuen sich in Vorarlberg immer größerer Beliebtheit. Im Neubau hat die Wärmepumpe im Jahr 2008 bereits den beachtlichen Marktanteil von ca. 65 % erreicht. Auch bei Heizungssanierungen steigt der Anteil der Wärmepumpen kontinuierlich an.

Seit Dezember 2005 werden 20 vom Land Vorarlberg geförderte Anlagen messtechnisch erfasst. Das Messprogramm beschränkt sich ausschließlich auf Neubauten mit den Wärmequellen Erdsonde oder Grundwasser. Alle Anlagen werden für die Raumheizung und Brauchwasserbereitung eingesetzt. Zum Teil ist zusätzlich eine Solar- bzw. Photovoltaikanlage installiert.

Der ökologische Nutzen einer Wärmepumpe hängt, neben dem Aufbringungsmix des eingesetzten Stroms, von der Effizienz der Wärmepumpe ab. Im Rahmen dieses Messprogramms wird ausschließlich die Effizienz der Anlagen, ausgedrückt durch die Jahresarbeitszahl, erfasst. Der eingesetzte Strom wird nicht bewertet. Grundsätzlich wird darauf hingewiesen, dass Strom als höchstwertiger Energieträger unabhängig von der Erzeugung immer so effizient wie möglich eingesetzt werden soll.

Je nach Systemgrenze werden in diesem Messprogramm zwei unterschiedliche Jahresarbeitszahlen ausgewiesen. Die gemessene Jahresarbeitszahl (JAZ_{gem}) erfasst die gesamte Wärmeerzeugung der Wärmepumpe (Heizung und Brauchwasser) und den gesamten Strombezug der Anlage über den Wärmepumpenstromzähler. In dieser Jahresarbeitszahl sind auch die heizungsseitigen Hilfsantriebe (Heizungsumlaufpumpe, Speicherladepumpe etc.) enthalten.

Die heizungsseitigen Hilfsantriebe sind auch bei anderen Heizsystemen (Öl, Gas, Biomasse, etc.) erforderlich. Korrekterweise muss die Jahresarbeitszahl um den Stromverbrauch dieser Antriebe korrigiert werden. Die messtechnische Erfassung der heizungsseitigen Hilfsantriebe bei allen Anlagen hätte den Rahmen dieses Messprogramms gesprengt¹. Der Strombedarf der heizungsseitigen Hilfsantriebe wurde daher rechnerisch ermittelt. Dieses Ergebnis wird als korrigierte Jahresarbeitszahl (JAZ_{kor}) ausgewiesen. Bei der in diesem Messprogramm ausgewiesenen korrigierten Jahresarbeitszahl (JAZ_{kor}) handelt es sich daher um eine berechnete Größe.

Untersucht wurde, ob die in den Förderungsrichtlinien festgelegten Grenzwerte für die Richtlinien 2005 (JAZ 3,6) bzw. der aktuell gültigen Richtlinien 2009 (JAZ 4,0) eingehalten werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt.

¹ Eine Ausnahme bildet Anlage 2. Bei dieser Anlage wird der Stromverbrauch der Heizungsumlaufpumpe erfasst

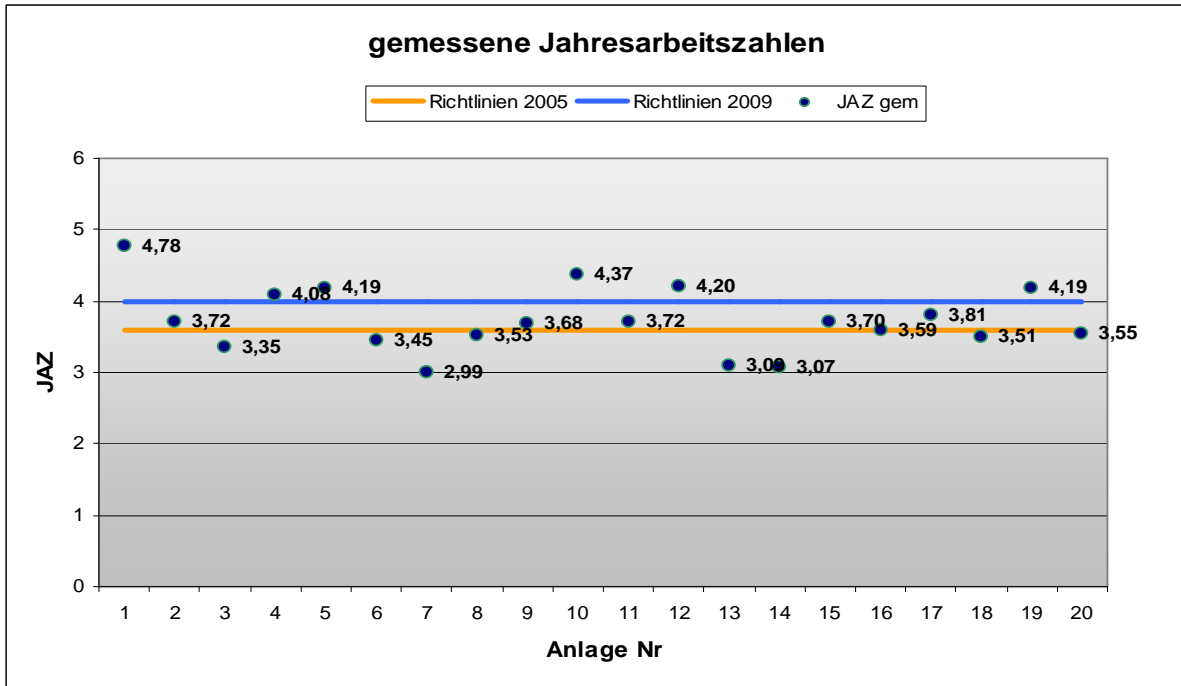


Abbildung 1: gemessene Jahresarbeitszahlen

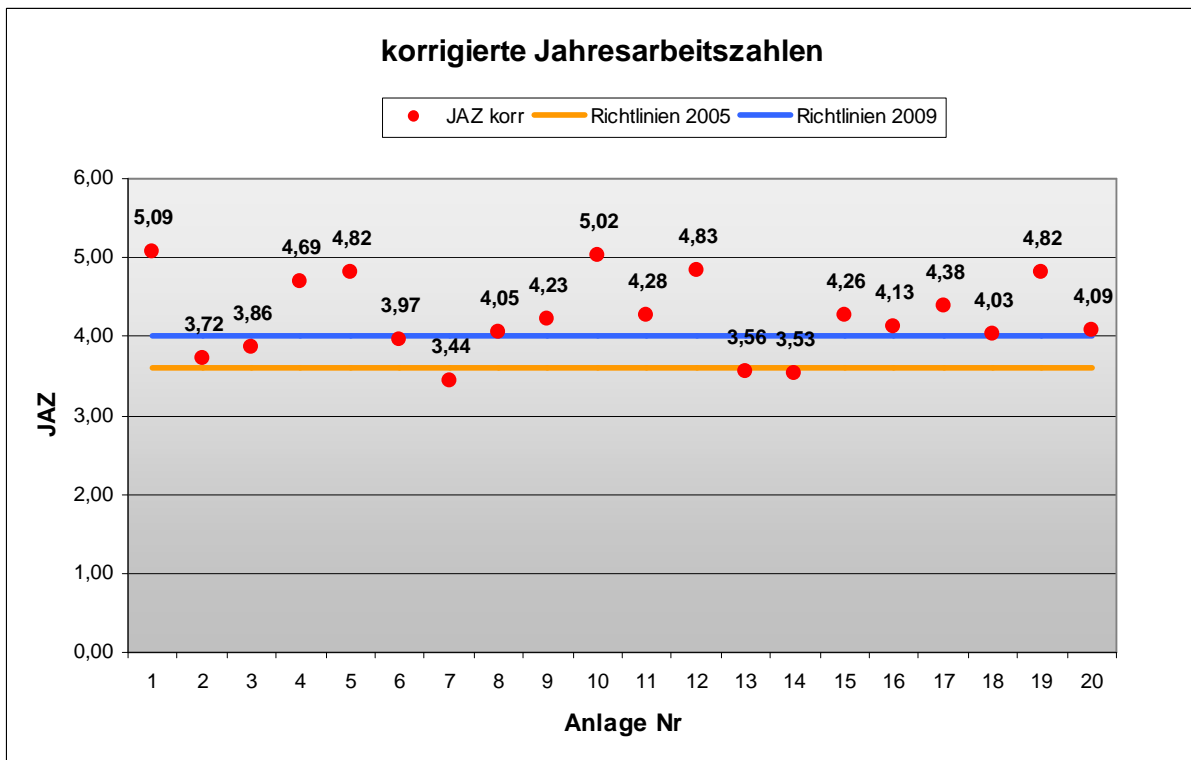


Abbildung 2: korrigierte Jahresarbeitszahlen

Von den 20 erfassten Anlagen haben 17 das Förderkriterium, bezogen auf die korrigierte Jahresarbeitszahl, erreicht. In den aktuell gültigen Förderungsrichtlinien beträgt die erforderliche JAZ 4. Diesen Wert erreichen 14 der erfassten Anlagen.

2 Erläuterungen und Begriffsbestimmungen

Arbeitszahl AZ / Jahresarbeitszahl JAZ

Die Arbeitszahl ist der Quotient der Wärmeabgabe der Wärmepumpe [kWh] zur Stromaufnahme [kWh] über einen bestimmten Betrachtungszeitraum. Ist dieser Betrachtungszeitraum ein Jahr, so spricht man von der Jahresarbeitszahl. Je nachdem welche Hilfsantriebe miteingerechnet sind, ergeben sich unterschiedliche Jahresarbeitszahlen (siehe Kap. 3.1).

Leistungsziffer COP (Coefficient of Performance)

Im Unterschied zur Jahresarbeitszahl ist der COP – Wert, der in den Produktkatalogen angegeben wird, der Quotient momentan abgegebener Wärmeleistung [kW] zur momentanen Stromaufnahme [kW] unter Prüfbedingungen.

Bruttogeschossfläche BGF

Die Bruttogeschossfläche ist die Summe aller einzelnen Geschossflächen, die aus den Außenabmessungen (äußeren Begrenzungen) der einzelnen Geschosse ermittelt wurde. Äußere Begrenzung heißt in diesem Zusammenhang inklusive Verputz oder Oberflächenverkleidung, also nicht nur das Rohbaumaß. Im Unterschied zur Nettogeschossfläche oder zur Wohnnutzfläche sind also alle Wände enthalten.

Heizwärmebedarf HWB [kWh/m²_{BGF} a]

Der Heizwärmebedarf ist diejenige Energiemenge, welche das Heizsystem für die Gesamtheit der beheizten Räume in einem Jahr bereitzustellen hat. In Österreich wird der HWB meist bezogen auf 1 m² Bruttogeschossfläche angegeben.

Heizlast [kW]

Die Heizlast ist die Leistung [kW], die einem Raum bzw. einem Gebäude zugeführt werden muss, dass bei der Norm – Außentemperatur eine Raumtemperatur von 20°C aufrechterhalten werden kann.

Norm Außentemperatur

Niedrigster Zweitagesmittelwert der Lufttemperatur eines Ortes, der 10 mal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wird.

Heizgradtage 20/12

Die Heizgradtage HGT sind die über alle Heiztage eines Jahres gebildete Summe der täglich ermittelten Differenz zwischen Raumlufttemperatur T_i und mittlerer Tagesaußentemperatur T_a . Der Zusatz 20/12 bedeutet, dass bei einer mittleren Tagesaußentemperatur von 12°C eine Raumtemperatur von 20°C gehalten wird.

Entzugsleistung [W/lfm]

Dem Erdreich pro Laufmeter Sonde entzogene Leistung.

3 Messmethodik

3.1 Systemgrenzen der Messung

Bei allen Anlagen wird die gesamte Wärmeproduktion ab Wärmepumpe erfasst. Je nach Wärmepumpentyp muss die Brauchwasserbereitung separat mit einem zusätzlichen Wärmemengenzähler erfasst werden.

Die Messung des Strombezuges der Anlage erfolgt durch den Wärmepumpenstromzähler. Auf diesen Stromzähler sind die Wärmepumpe, die Hilfsantriebe für den Betrieb der Wärmequelle (Grundwasserpumpe, Solepumpe, etc.), die Steuerung der Wärmepumpe sowie die Hilfsantriebe auf der Heizungsseite (Heizungsumlaufpumpe, Brauchwasserladepumpe, etc.) aufgeschaltet. Bei einer Anlage wird der Stromverbrauch der heizungsseitigen Hilfsantriebe durch Strom-Subzähler separat erfasst (Anlage 2).

Korrektur der heizungsseitigen Hilfsantriebe:

Die heizungsseitigen Hilfsantriebe sind bei anderen Heizsystemen (Öl, Gas, Holz, etc.) ebenfalls erforderlich und müssen korrekterweise herausgerechnet werden. Die exakte messtechnische Erfassung aller Hilfsantriebe war im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Es wird daher zwischen der gemessenen Jahresarbeitszahl und der korrigierten Jahresarbeitszahl unterschieden:

- **gemessene Jahresarbeitszahl ($JAZ_{\text{gem.}}$):**

Das ist die Jahresarbeitszahl, die sich aus der Division der gemessenen Wärmeerzeugung der Wärmepumpe durch den vom Wärmepumpenstromzähler erfassten gesamten Stromverbrauch der Anlage ergibt. Die heizungsseitigen Hilfsantriebe sind bei diesem Stromverbrauch miterfasst.

- **korrigierte Jahresarbeitszahl (JAZ_{korr}):**

Der Stromverbrauch der heizungsseitigen Hilfsantriebe wird bei Einsatz von Standardpumpen (Effizienzklasse B oder geringer) mit ca. 15 % des von der Wärmepumpe aufgenommenen Stroms angenommen. Diese Annahme wurde durch die Messung bei Anlage 2 untermauert (14%). Die korrigierte Jahresarbeitszahl errechnet sich daher aus gemessenen Jahresarbeitszahl $\times 1,15^2$.

Bei der korrigierten Jahresarbeitszahl handelt es sich daher um eine errechnete Größe. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der tatsächliche Bedarf der heizungsseitigen Hilfsantriebe von diesem Wert abweichen kann.

² Ausnahmen bei der Berechnung von JAZ_{korr} sind die Anlagen 1,2 und 3

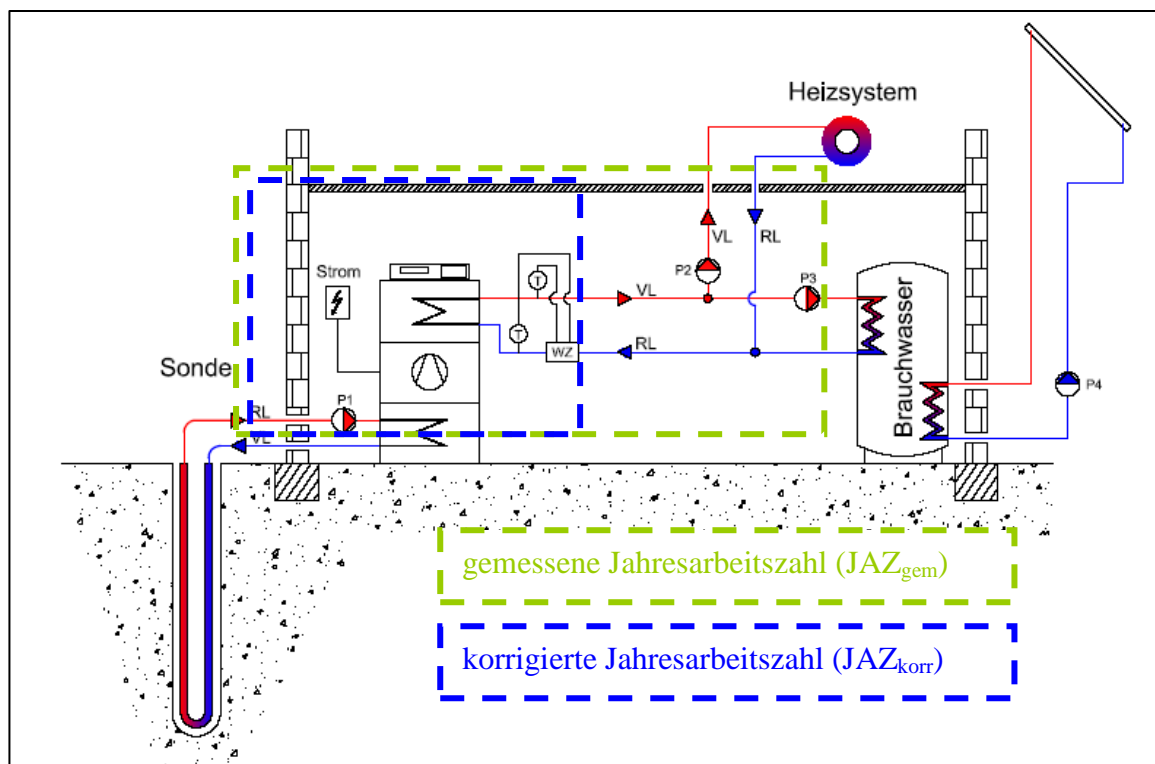


Abbildung 3: Systemgrenzen (bei Anlage 3 wird die Solaranlagenpumpe ebenfalls über den Wärmepumpenstromzähler erfasst)

Eine Ausnahme bei der Berechnung der korrigierten Jahresarbeitszahl bilden die Anlagen Nr. 1, 2 und 3. Bei Anlage 1 wurde während der Messperiode eine hocheffiziente Umwälzpumpe installiert (Effizienzklasse A+). Der Korrekturfaktor wird daher auf 6,5 % reduziert (siehe Pkt. 5.1). Anlage 2 ist jene Anlage bei der der Strombedarf der heizungsseitigen Hilfsantriebe (Standardpumpe) messtechnisch erfasst wird. Es ist daher keine Korrektur der JAZ erforderlich (siehe Pkt. 5.2). Bei Anlage 3 läuft die Solaranlagenpumpe (Standardpumpe) ebenfalls auf den Wärmepumpenstromzähler. Diese Pumpe muss ebenfalls herausgerechnet werden (siehe 5.3).

3.2 Messperiode

Die Wärmemengezähler wurden ab Ende 2005 bis Mitte 2006 installiert. Bei allen Anlagen wurden immer nur vollständige Kalenderjahre berücksichtigt. Eine Messung von Dezember 2005 bis Juli 2009 wird z.B. auf Juli 2006 bis Juli 2009 abgegrenzt. Damit soll die wechselnde Effizienz der Anlagen über das Jahr, z.B. durch Warmwasserbereitung im Sommer, möglichst ausgeglichen werden. Alle Anlagen wurden zumindest über 24 Monate, manche über 36 Monate betrachtet.

Die vorliegende Datendichte der einzelnen Anlagen ist unterschiedlich. Es wurde versucht, für jede Anlage ein Betriebsjahr mit Monatsergebnissen darzustellen (Jahresganglinie). Bei manchen Anlagen ist das exakt möglich. Bei anderen Anlagen musste zum Teil interpoliert werden. Dadurch kann es bei den monatlichen JAZ zu geringfügigen Abweichungen kommen. Bei zu geringer Datendichte wurde keine Jahresganglinie erstellt.

3.3 Messgeräte

3.3.1 Stromzähler

- Wärmepumpenstromzähler: Geeichte Ferraris Induktions-Verrechnungszähler (Typ 7CA6062)
- Strom - Subzähler: Hutschienen - Wechselstromzähler in Automatenform

3.3.2 Wärmemengenzähler:

- Ultraschall Wärmemengen Erfassung (Siemens Typ 2WR5...).

4 Technische Daten

Anlagen Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Gebäude																					
Baujahr		2004/2005	2005	2003/2004	2003	2004	2005/2006	2004	2005	2005	2005/2006	2003/2004	2005	2003	2006	2006	2006	2005	2006	2003	2006
Seehöhe	m	795	495	721	412	657	613	688	690	440	657	448	433	421	412	426	690	653	848	495	412
HGT 20/12	Kd	4.651	3.747	4.380	3.542	4.181	4.316	4.366	4.190	3.654	4.161	3.600	3.585	3.541	3.541	3.552	4.190	4.267	4.058	3.747	3.541
Anzahl Wohneinheiten		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Bruttogeschoßfläche BGF	m²	169	153	196	191	145	196	199	202	180	147	200	169	162	167	174	191	172	197	369	174
Heizwärmebedarf HWB	kWh/m² _{BGF}	51,40	59,40	68,00	63,10	67,00	63,80	58,90	62,30	56,60	64,60	50,70	54,00	75,00	65,89	55,00	64,43	67,02	38,00	49,00	56,13
Heizlast	kW	7	5,8	6,7	8,8	9,7	8	7,2	8	6,4	5,7	8	5,7	9,8	8,46	6,4	7,17	6,8	8,5	10,57	6,73
Verteilssystem		FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH	FBH
Heizmitteltemp. bei Auslegung		30	35	38	40	40	35	36	35	35	40	35	30	35	35	35	35	35	35	40	35
Wärmepumpe																					
Typ		1	2	3	4	4	5	3	6	7	8	4	9	10	11	12	13	1	14	12	15
Wärmequelle		Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Grundwasser	Grundwasser	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Erdsonde	Grundwasser
Sondenlänge	l _{fm}	136	110	110	140	150	140	110	140	120	82	140	148	-	-	150	140	132	170	150	-
Entzugsleistung	W/l _{fm}	42	41	45	50	53	43	50	45	40,17	52,44	44,29	30,41	-	-	28,67	38,34	35,61	35,88	56,49	-
COP B0W35 bzw. W10W35		5,00	4,57	4,30	4,44	4,44	4,90	4,30	4,40	4,30	4,20	4,44	5,00	6,00	5,56	4,48	4,40	4,90	4,50	4,50	6,20
Kompressorleistung	kW	1,5	1,3	1,7	1,8	1,8	2	1,7	1,58	1,58	1,58	1,8	1,2	1,3	2,2	2,1	1,8	2,1	2,4	2,1	1,3
Hilfsantriebe																					
Wärmequellenpumpe 1	W	90	185	270	170	170	240	270	190	90	93	170	90	370	550	245	195	70	185	245	400
Wärmequellenpumpe 2	W													90							
Speicherladepumpe	W						60	90							90				40-100	90	
Brauchwasserladepumpe	W	90		90			60						45					60			
Heizungsumlaufpumpe	W	90 / 20	90	90	50	50	60	90	90	90	93	50	60	100	90	100	93	90	40-100	100	60
Summe Hilfsantriebe	W	270 / 200	275	450	220	220	420	450	280	180	186	220	195	470	730	435	288	220	385	435	460

Tabelle 1: Technische Daten

Bei allen Anlagen wird auch die Brauchwasserbereitung durch die Wärmepumpe durchgeführt. Die Anlagen 1, 2, 3, 6 und 10 sind zusätzlich mit einer Solaranlage ausgestattet.

Erläuterung: FBH = Fußbodenheizung

5 Hydraulikschemata/Jahresganglinien

5.1 Anlage 01

In der Endauswertung beträgt die Arbeitszahl für die Messperiode Juli 07 bis Juni 09 inklusive der heizungsseitigen Hilfsantriebe **4,78**. Im Dezember 2007 wurde die bestehende Umwälzpumpe durch eine Hocheffizienzpumpe ersetzt. In der für die Endauswertung herangezogenen Messperiode war zum Teil noch die alte Umwälzpumpe eingebaut. In der Detailauswertung für die Periode, in der die neue Pumpe eingebaut war, beträgt die JAZ inklusive der heizungsseitigen Hilfsantriebe 4,82. In der Messperiode von 24 Monaten war während 7 Monaten die alte Umwälzpumpe (Korrekturfaktor 15 %) und während der restlichen Monate die neue Umwälzpumpe (Korrekturfaktor 3 %) installiert. Der mittlere Korrekturfaktor beträgt damit 6,5 %, womit sich eine korrigierte JAZ von **5,09** ergibt³.

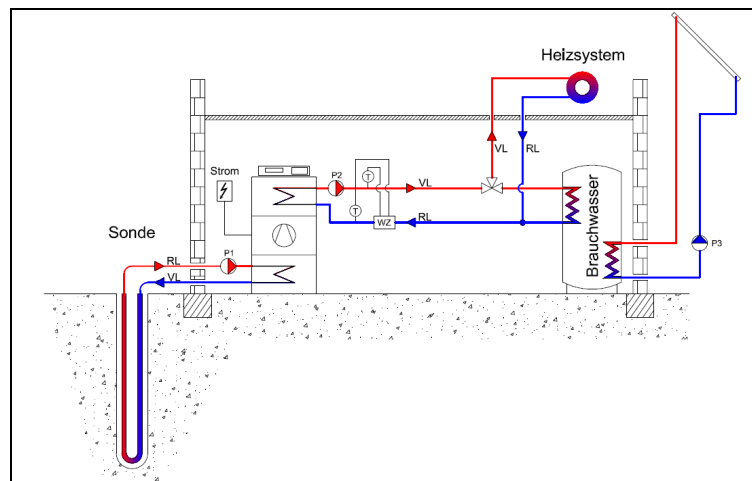


Abbildung 4: Hydraulikschema Anlage 1

Hinweis: Von Aug. 08 bis April 09 war der Solaranlagenzähler defekt.

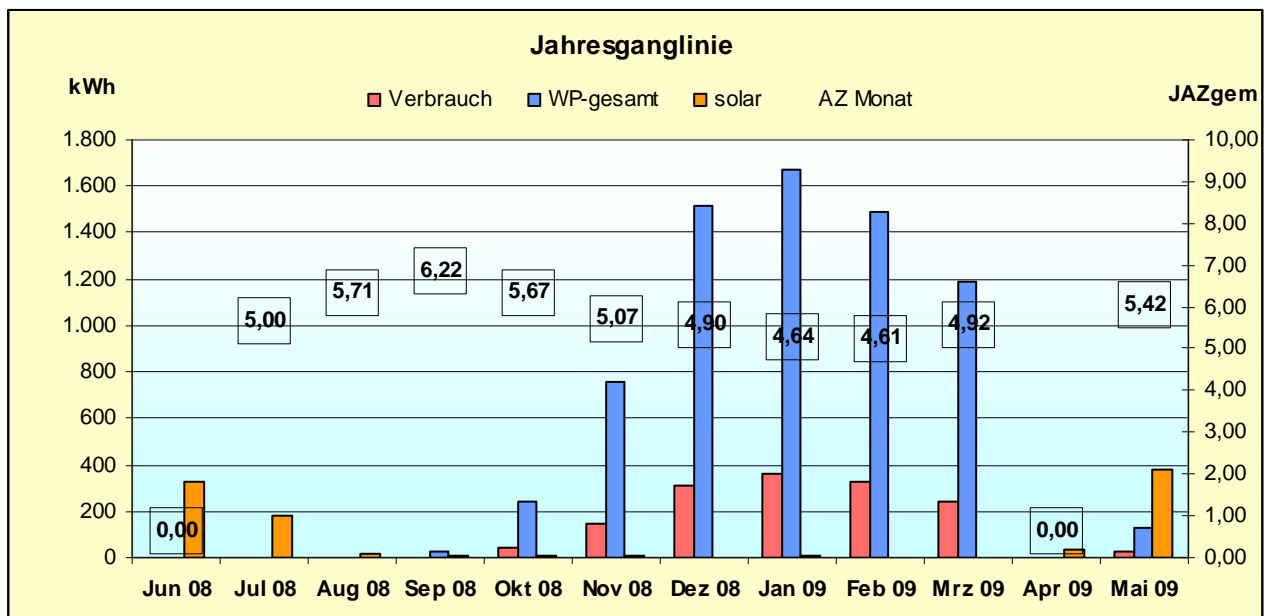


Abbildung 5: Messergebnisse Anlage 01

³ Korrekturfaktor neu: $7/24 * 1,15 + 17/24 * 1,03 = 1,065$.

5.2 Anlage 02

Bei dieser Anlage ist ein Subzähler für die Heizungsumwälzpumpe installiert. Der Strombedarf der Pumpe betrug während der Messperiode (Sept. 06 – Aug. 09) 548 kWh. Das entspricht einem Anteil von 14 % des von der Wärmepumpe aufgenommenen Stroms. Dadurch wird die Annahme von 15 % (außer bei Anlage 1) für die anderen Anlagen untermauert. Abzüglich des Stromverbrauchs für die Heizungsumwälzpumpe beträgt die **JAZ 3,72**. (entspricht JAZ_{kor} bei den anderen Anlagen).

Auffallend ist der in Summe geringe Energieverbrauch bei dieser Anlage. Der Strombedarf für die Wärmepumpe in der Messperiode von 3 Jahren betrug 3.900 kWh (ca. 1.300 kWh pro Jahr). Mit Unterstützung der Solaranlage und einem Holz-Raumofen, der nach Auskunft der Betreiberfamilie relativ selten in Betrieb ist, wird damit eine 5-köpfige Familie mit Raumwärme und Brauchwasser versorgt.

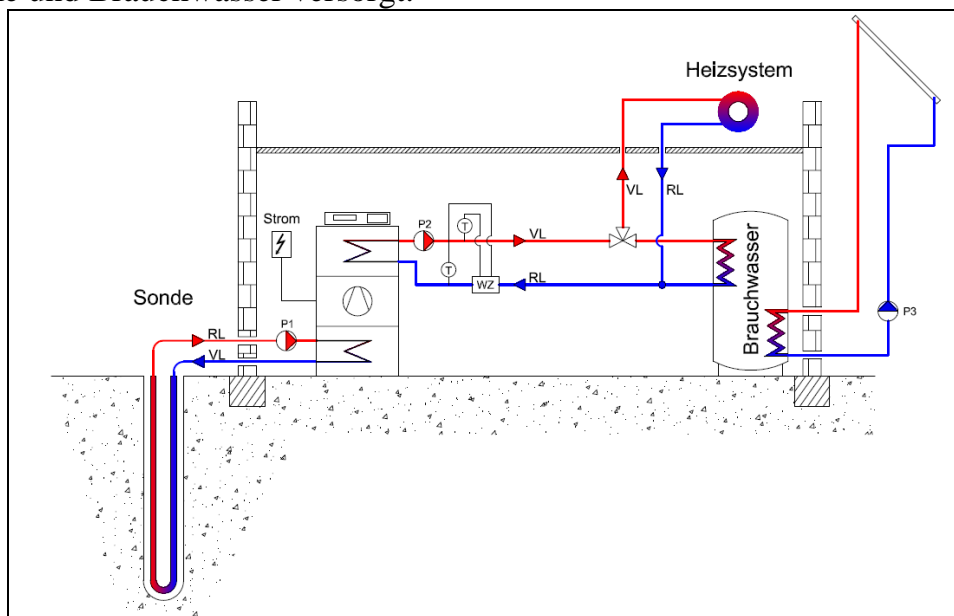


Abbildung 6: Hydraulikschema Anlage 2

Hinweis: Die Wärmeproduktion der Solaranlage ist nicht erfasst.

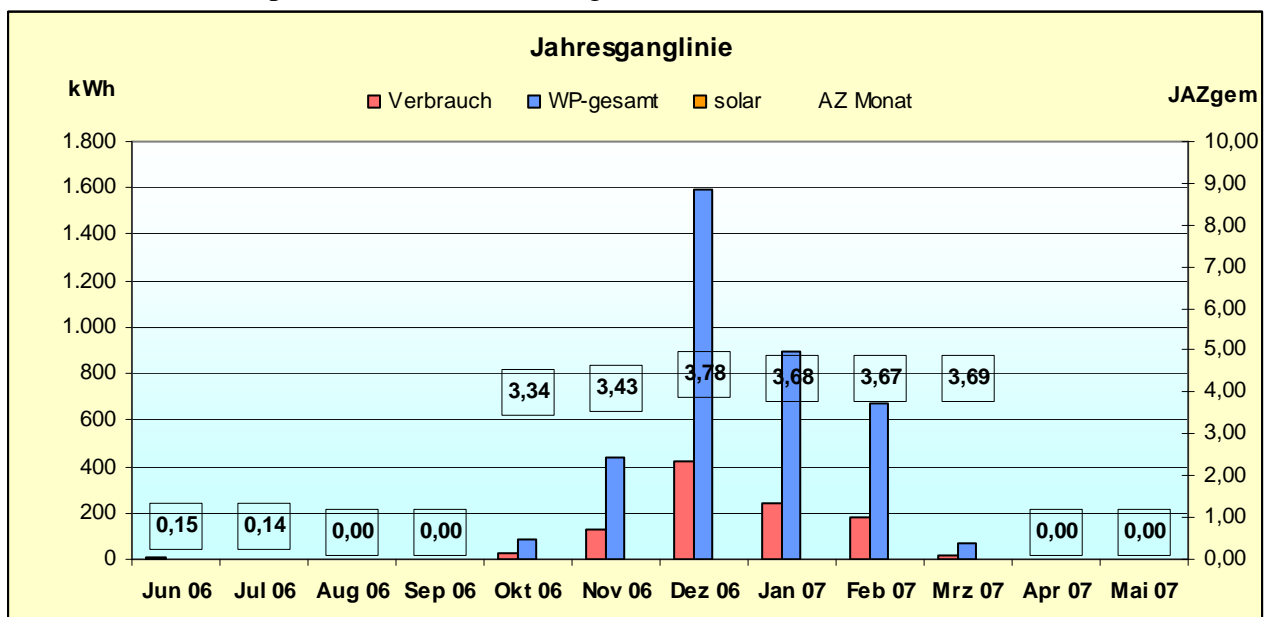


Abbildung 4: Beispielhafte Jahresganglinie Anlage 2

5.3 Anlage 03

Bei dieser Anlage wird der Stromverbrauch für die Solaranlagenpumpe über den Wärmepumpenstromzähler erfasst. Die elektrische Leistungsaufnahme für diese Pumpe muss herausgerechnet werden. Das geschieht in der Weise, dass die installierte Leistung der Solaranlagenpumpe (65 W) mit der Laufzeit von ca. 1.500 Stunden pro Jahr multipliziert wird. Dieser Stromverbrauch wird von der Gesamtstromaufnahme der Wärmepumpe abgezogen. Die sonstigen Hilfsantriebe werden analog wie bei den anderen Anlagen herausgerechnet.

Inklusive der heizungsseitigen Hilfsantriebe und ohne die Solaranlagenpumpe erreichte diese Anlage im Messzeitraum von Oktober 2006 bis September 2009 eine JAZ_{gem} von **3,35**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte JAZ_{kor} beträgt **3,86**.

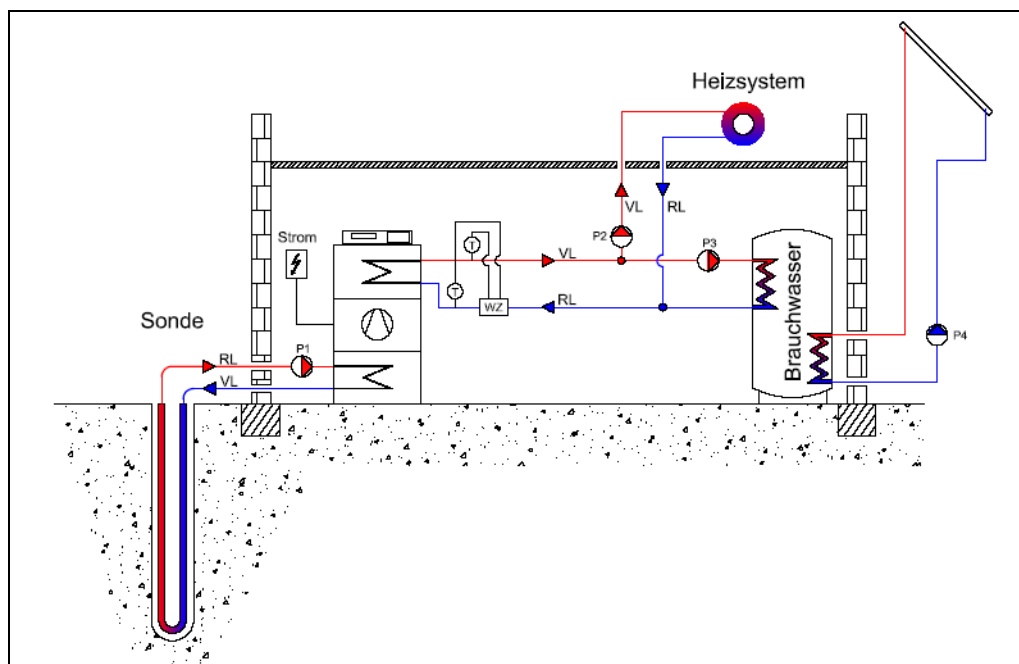


Abbildung 7: Hydraulikschema Anlage 03

Hinweis: Die Wärmeproduktion der Solaranlage ist nicht erfasst.

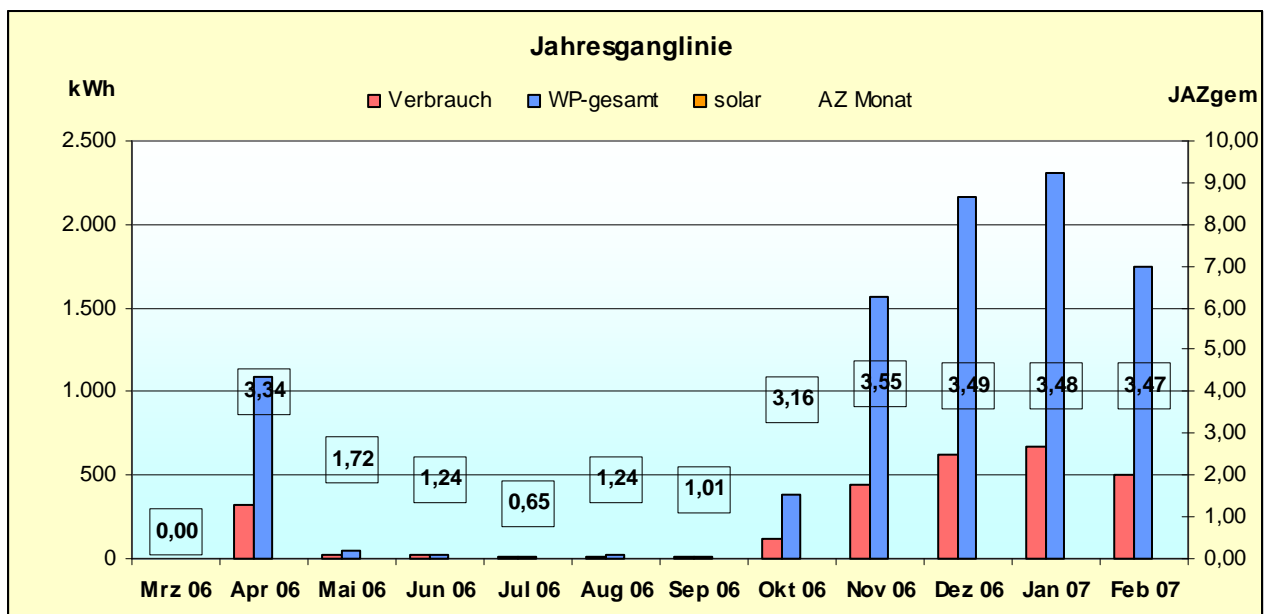


Abbildung 8: Messergebnisse Anlage 03

5.4 Anlage 04

Im Messzeitraum Oktober 2006 bis September 2009 erreichte diese Anlage eine gemessene JAZ_{gem} von **4,08**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte JAZ_{kor} beträgt **4,69**. Die monatsweise Darstellung der Messergebnisse ist bei dieser Anlage aufgrund fehlender Messpunkte nicht möglich.

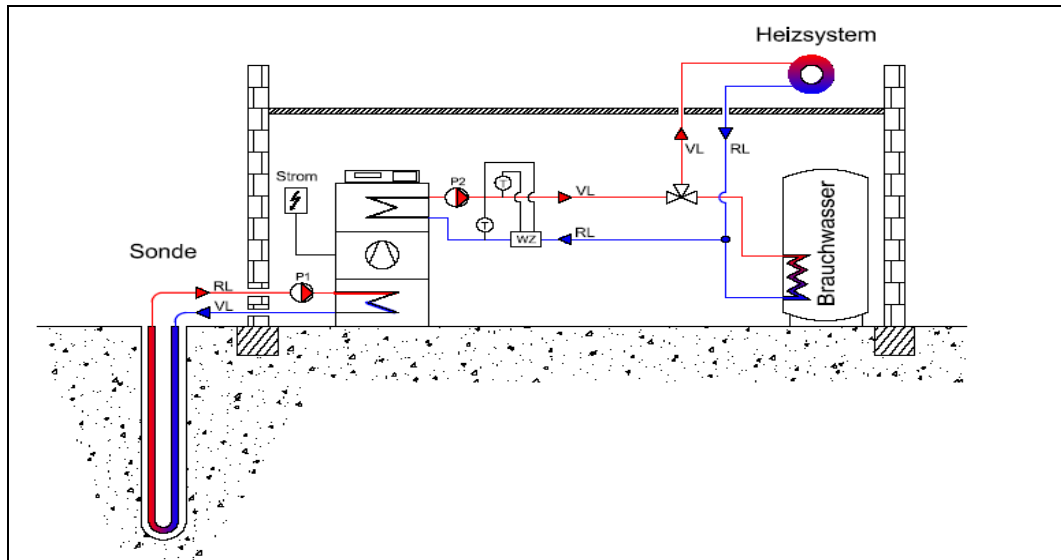


Abbildung 9: Hydraulikschema Anlage 04

5.5 Anlage 05

Im Messzeitraum Juni 2006 bis Mai 2009 erreichte diese Anlage eine gemessene Jahresarbeitszahl JAZ_{gem} von **4,19**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Jahresarbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,82**.

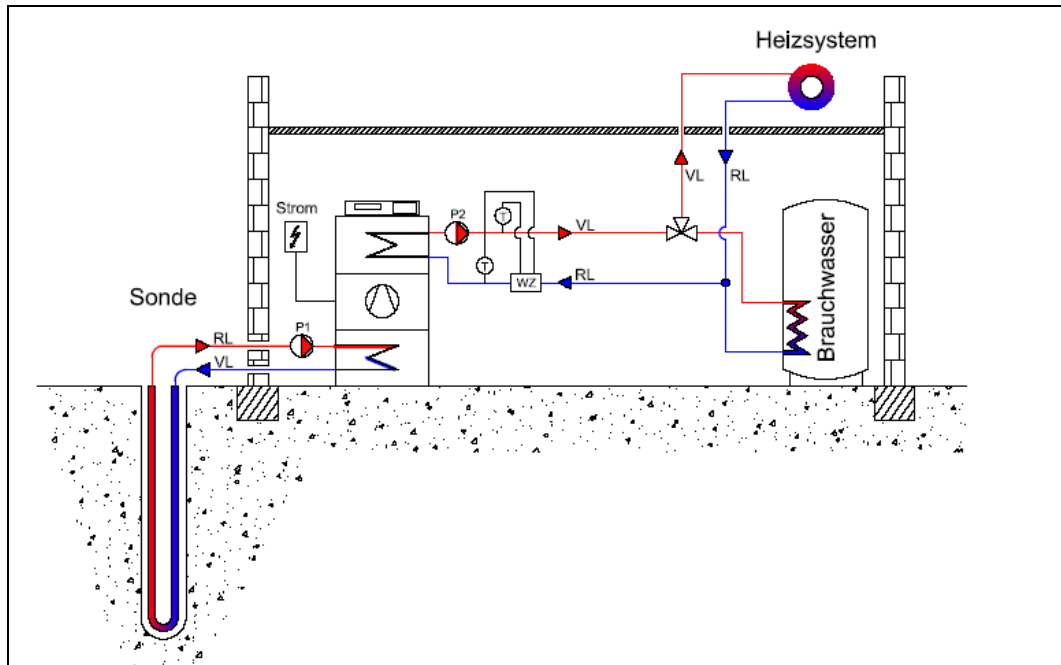


Abbildung 10: Hydraulikschema Anlage 05

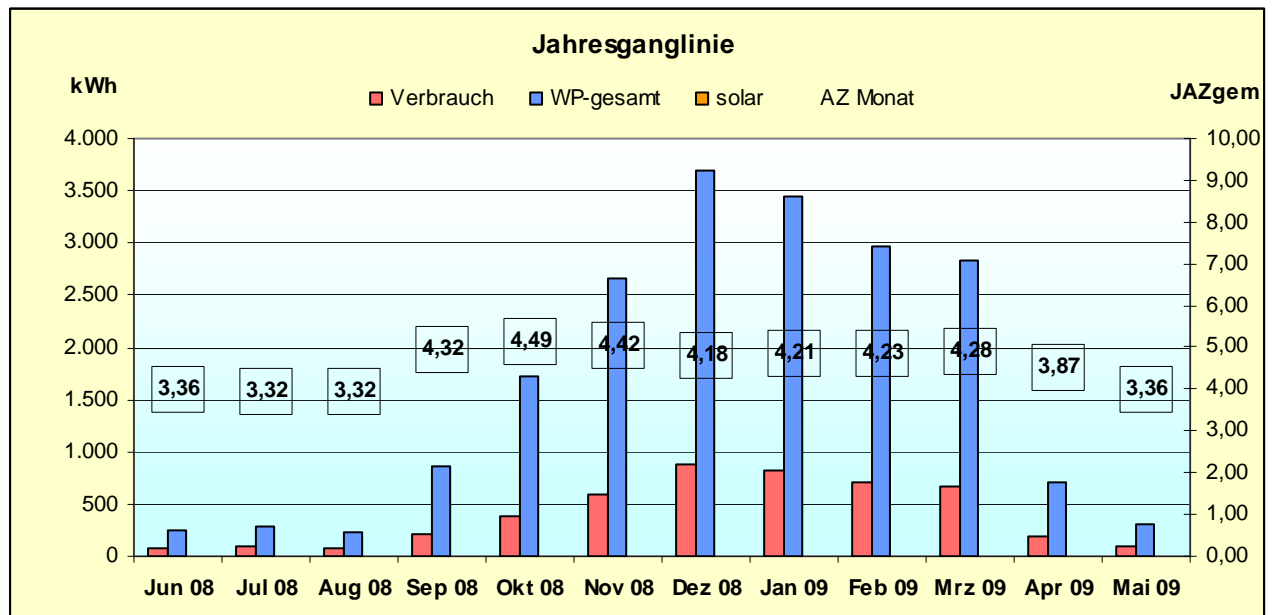


Abbildung 11: Messergebnisse Anlage 05

5.6 Anlage 06

Im Messzeitraum Juni 2006 bis Mai 2009 erreichte diese Anlage eine gemessene Jahresarbeitszahl JAZ_{gem} von **3,45**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Jahresarbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **3,97**.

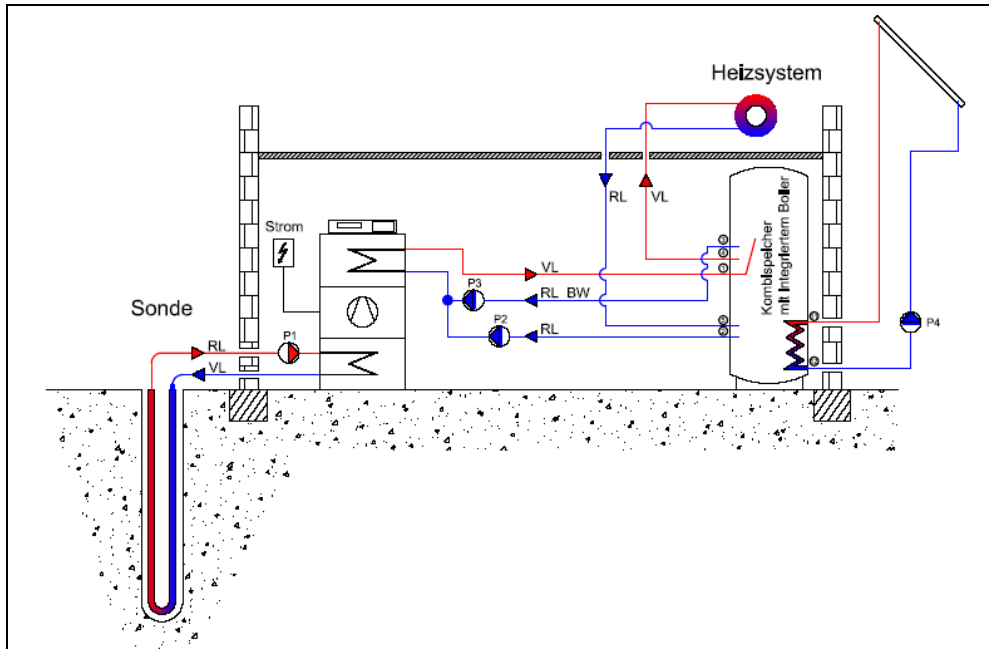


Abbildung 12: Hydraulikschema Anlage 06

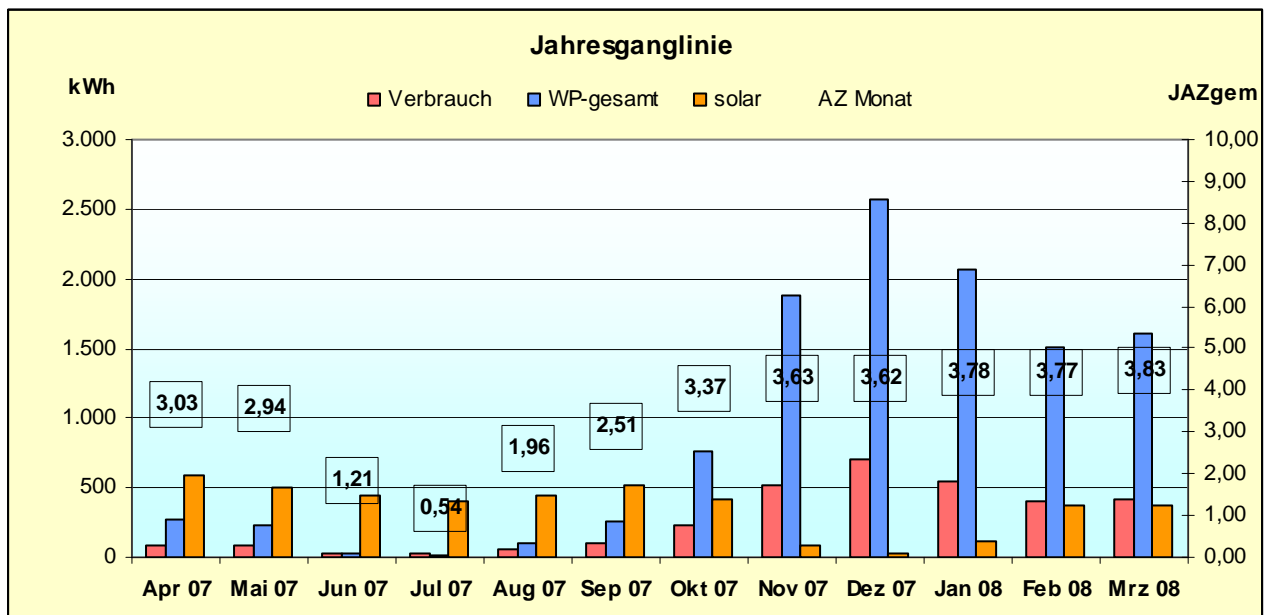


Abbildung 13: Messergebnisse Anlage 06

5.7 Anlage 07

Im Messzeitraum Oktober 2006 bis September 2009 erreichte diese Anlage eine gemessene Jahresarbeitszahl JAZ_{gem} von **2,99**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Jahresarbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **3,44**.

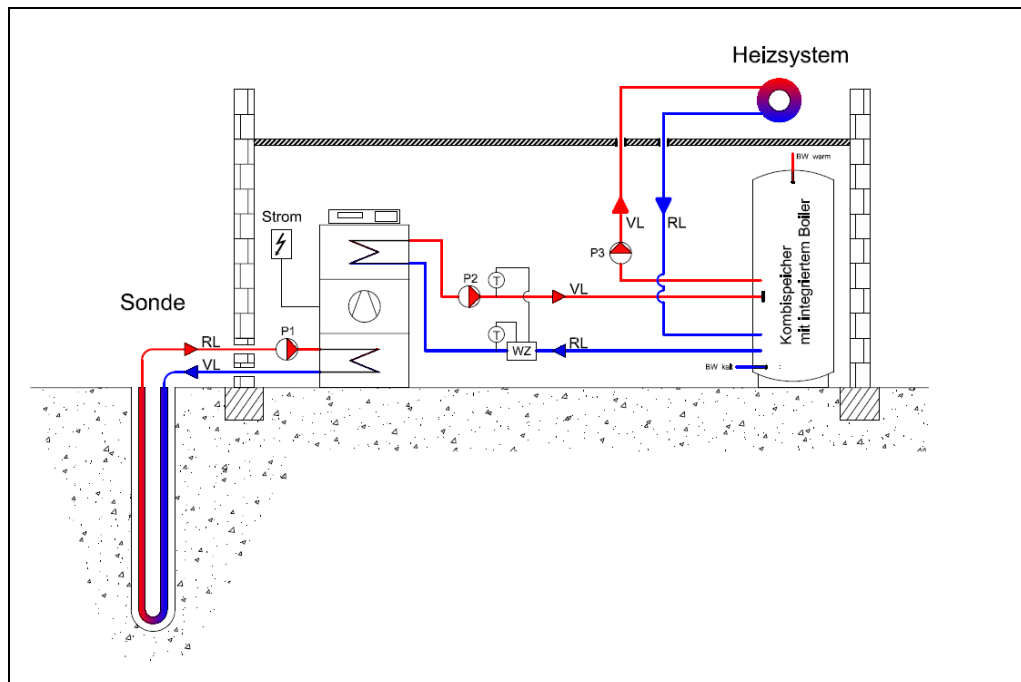


Abbildung 14: Hydraulikschema Anlage 7

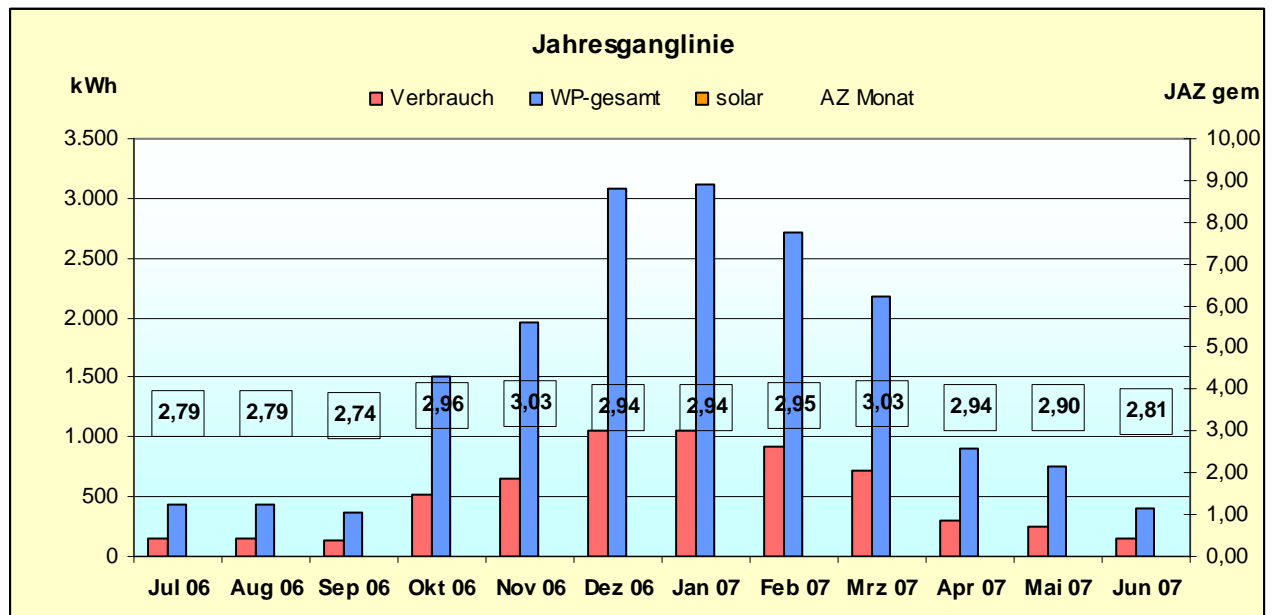


Abbildung 15: Messergebnisse Anlage 07

5.8 Anlage 08

Im Messzeitraum Juni 2006 bis Mai 2009 erreichte diese Anlage eine gemessene Jahresarbeitszahl JAZ_{gem} von **3,53**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Jahresarbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,05**.

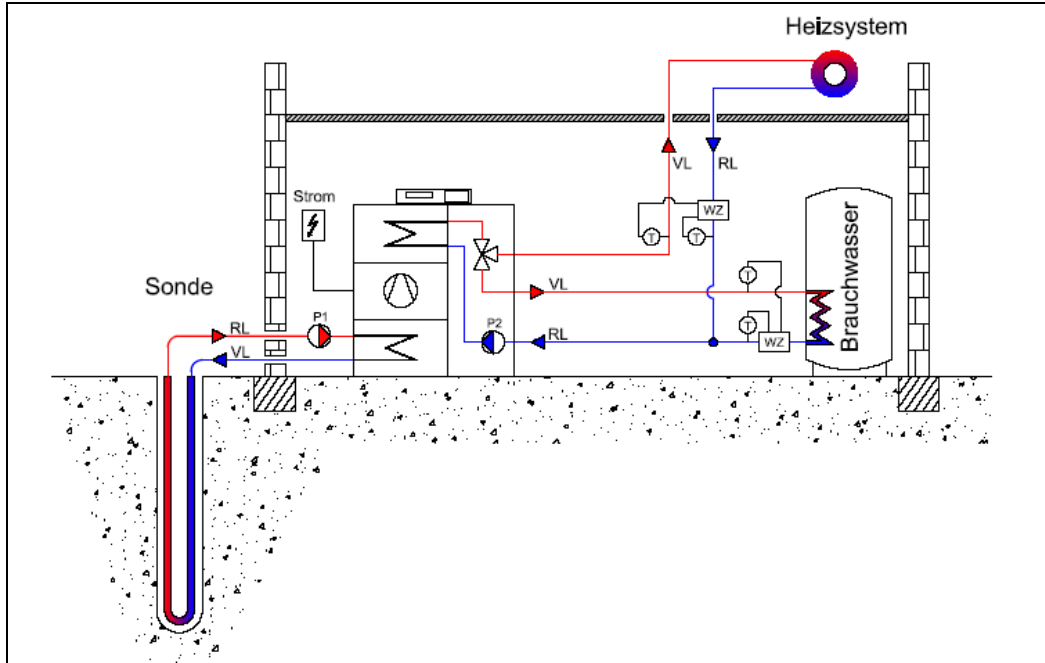


Abbildung 16: Hydraulikschema Anlage 8

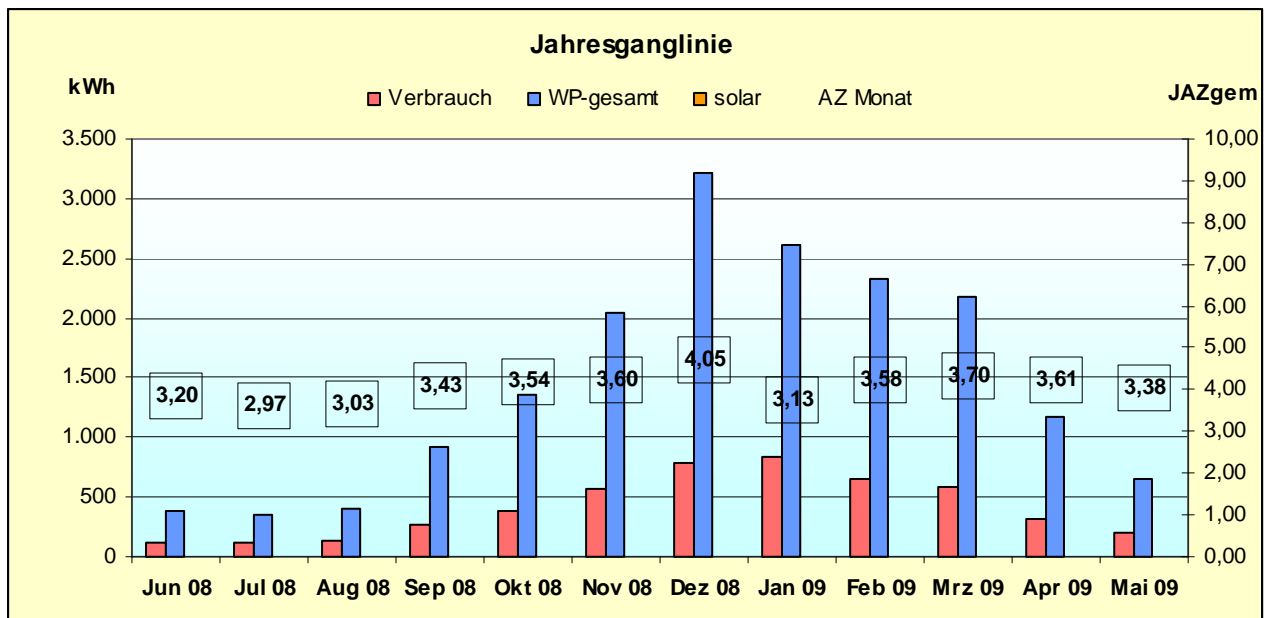


Abbildung 17: Messergebnisse Anlage 08

5.10 Anlage 10

Im Messzeitraum Juli 2007 bis Juni 2009 beträgt die gemessene Jahresarbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage beträgt **4,37**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Jahresarbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **5,02**.

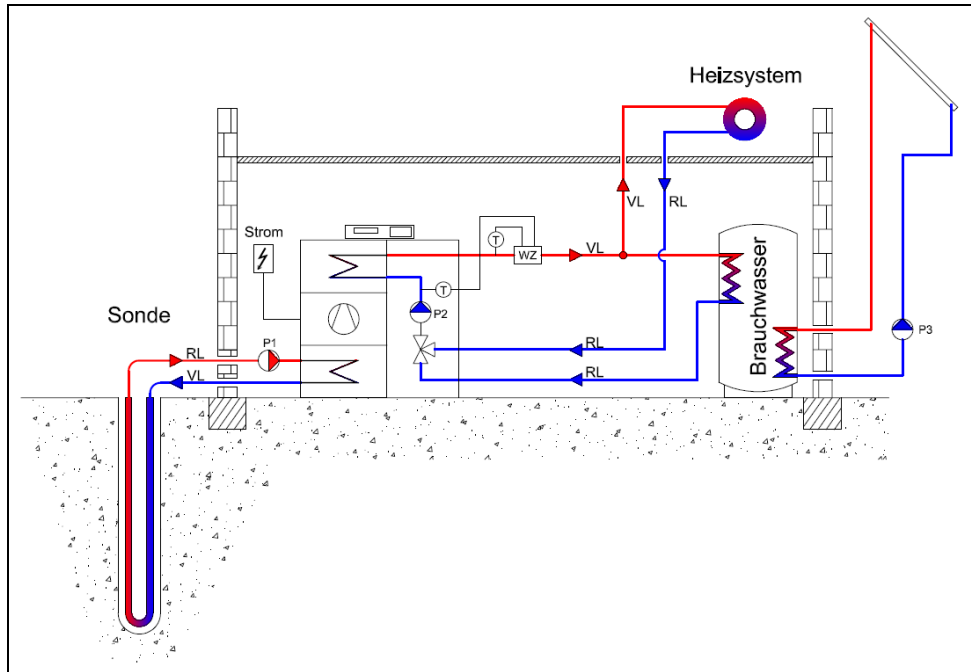


Abbildung 20: Hydraulikschema Anlage 10

Hinweis: Die Wärmeproduktion der Solaranlage ist nicht erfasst.

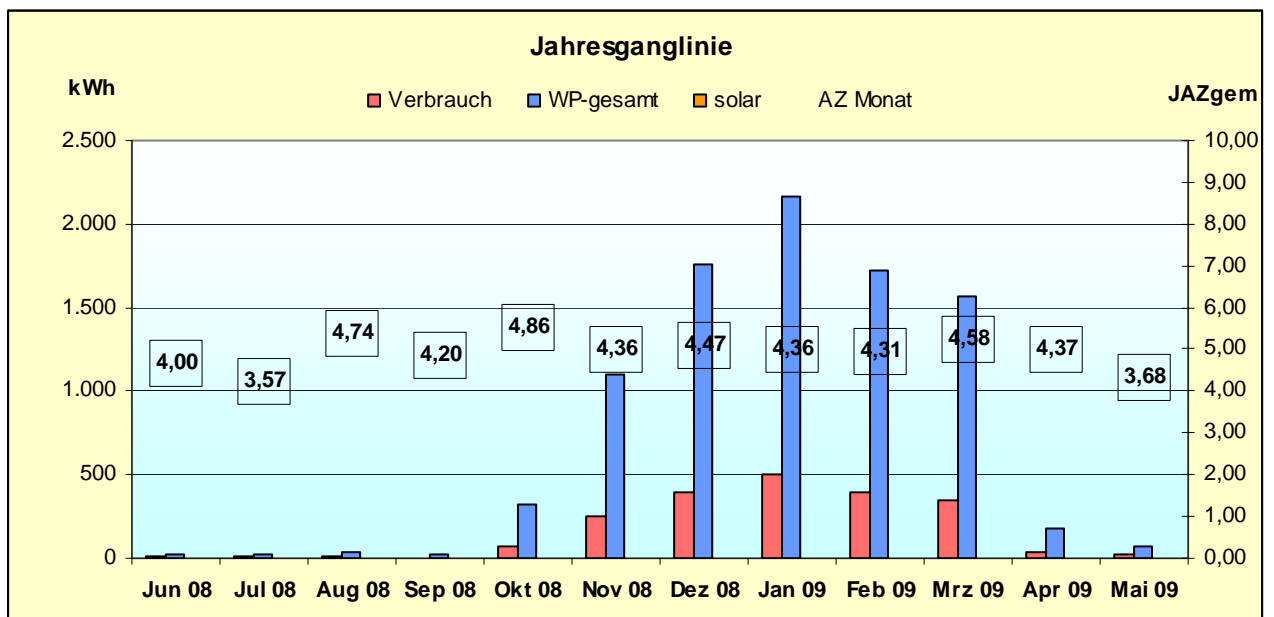


Abbildung 21: Messergebnisse Anlage 10

5.11 Anlage 11

Im Messzeitraum Oktober 2006 bis September 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage beträgt **3,72**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,28**.

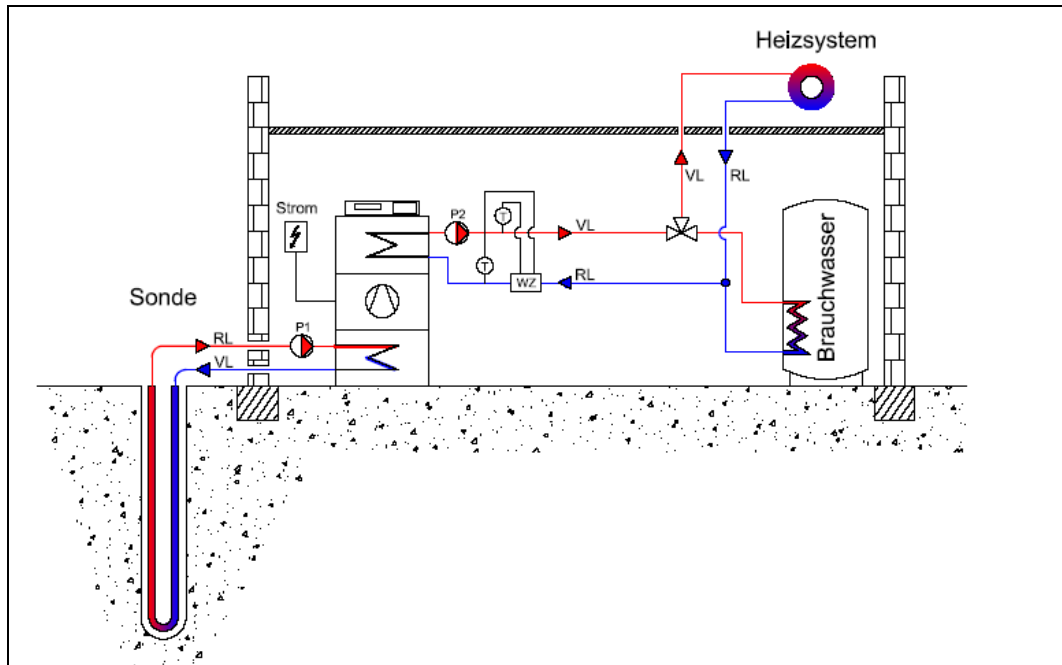


Abbildung 22: Hydraulikschema Anlage 11

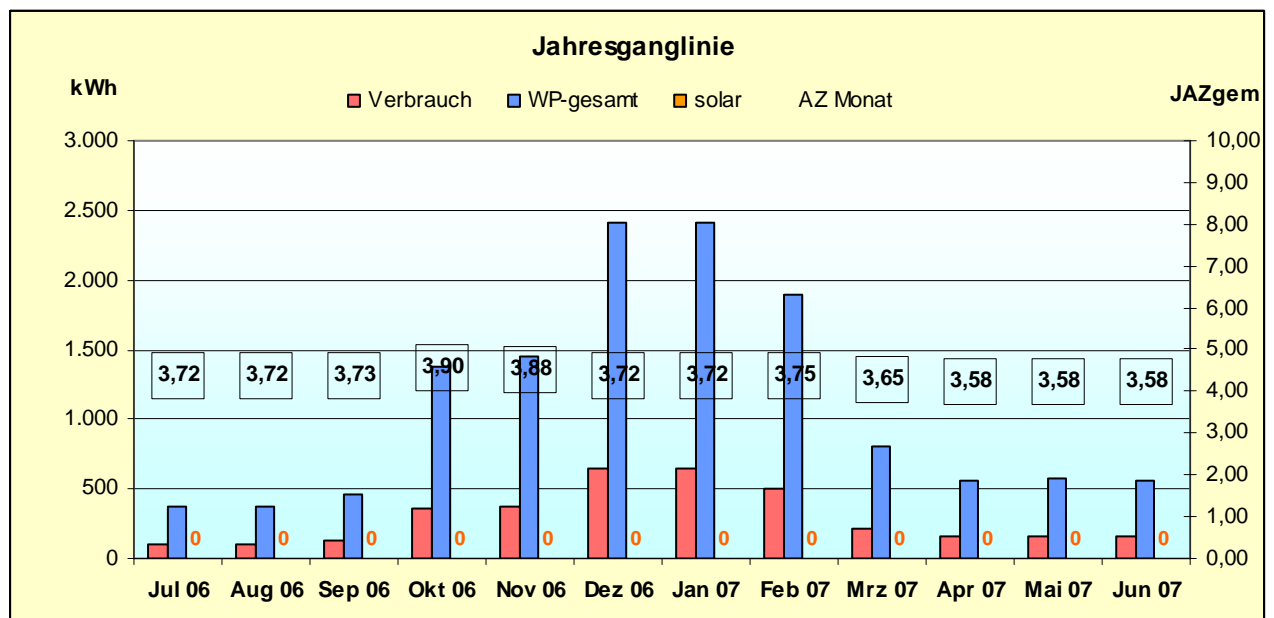


Abbildung 23: Messergebnisse Anlage 11

5.12 Anlage 12

Im Messzeitraum Juni 2006 bis Mai 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **4,20**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,83**.

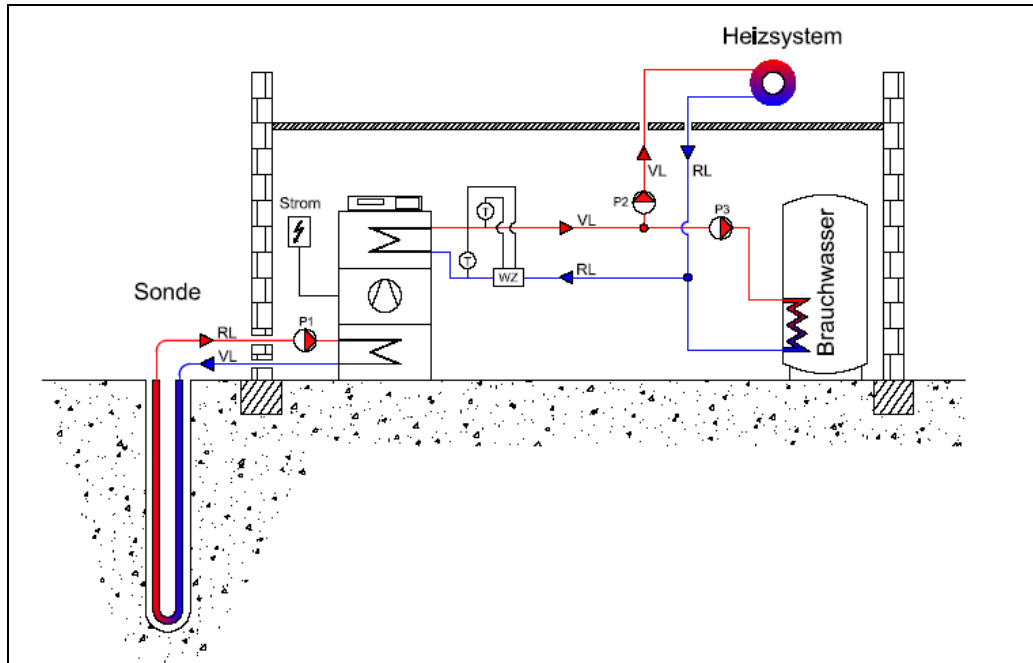


Abbildung 24: Hydraulikschema Anlage 12

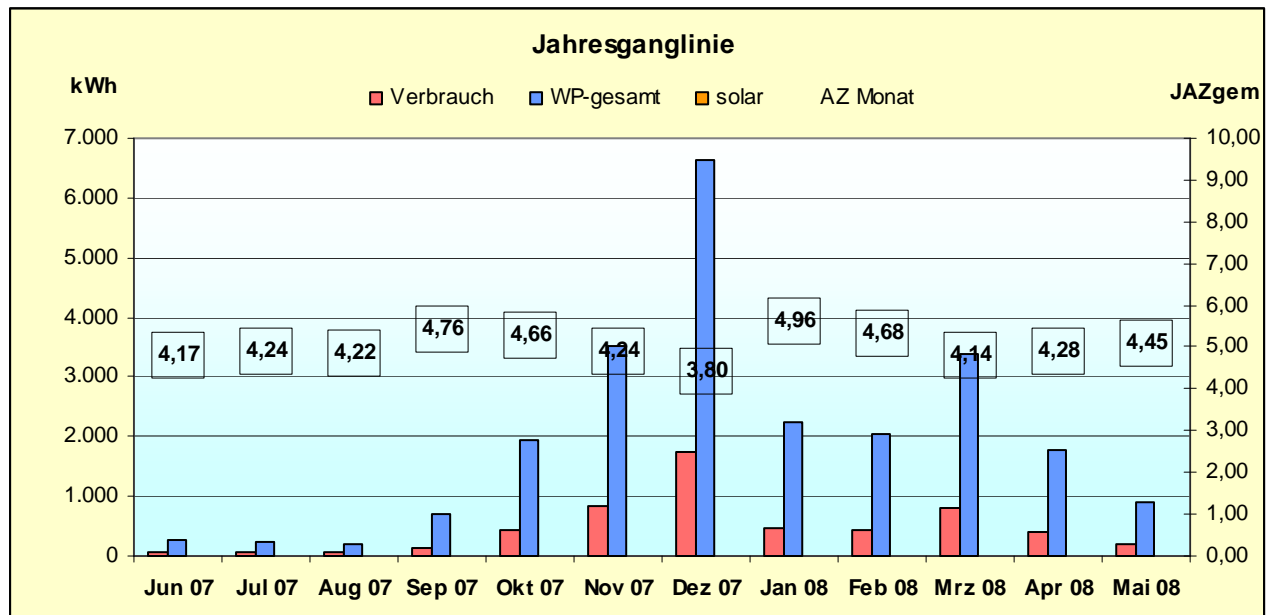


Abbildung 25: Messergebnisse Anlage 12

5.13 Anlage 13

Im Messzeitraum September 2006 bis Oktober 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,09**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **3,56**.

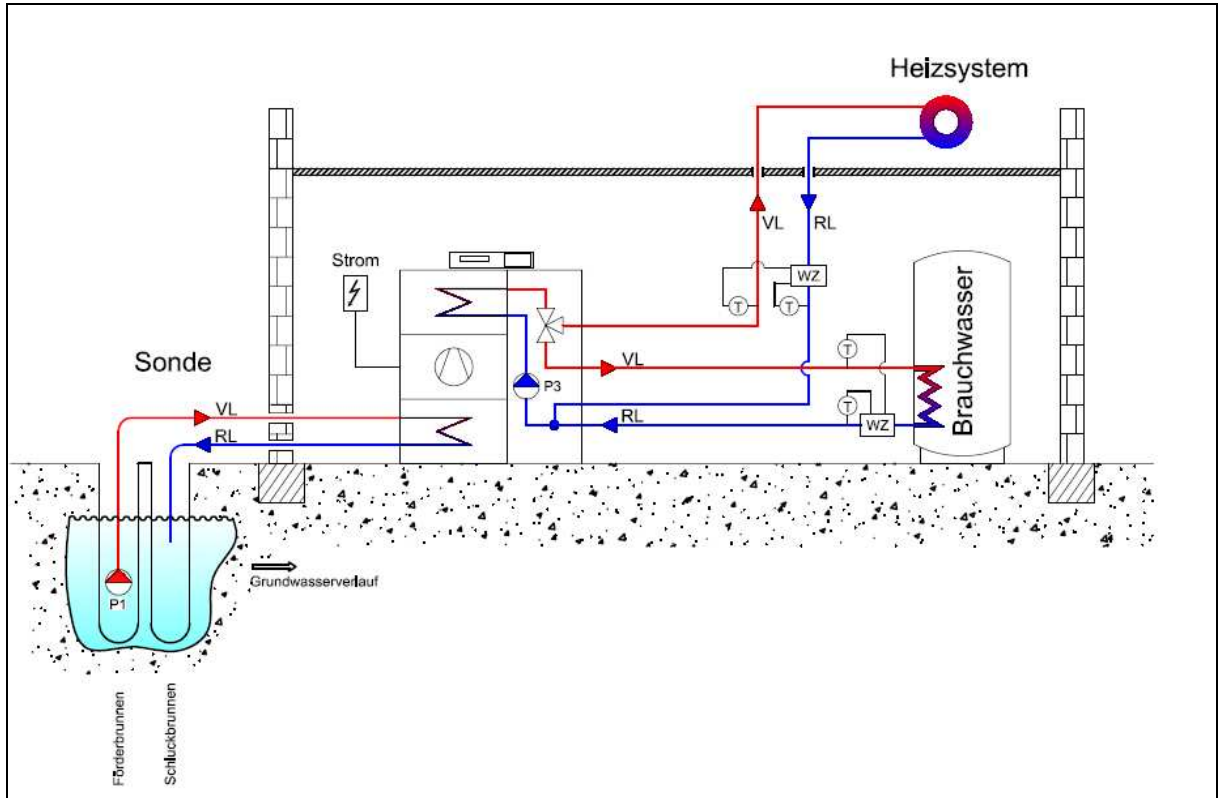


Abbildung 26: Hydraulikschema Anlage 13

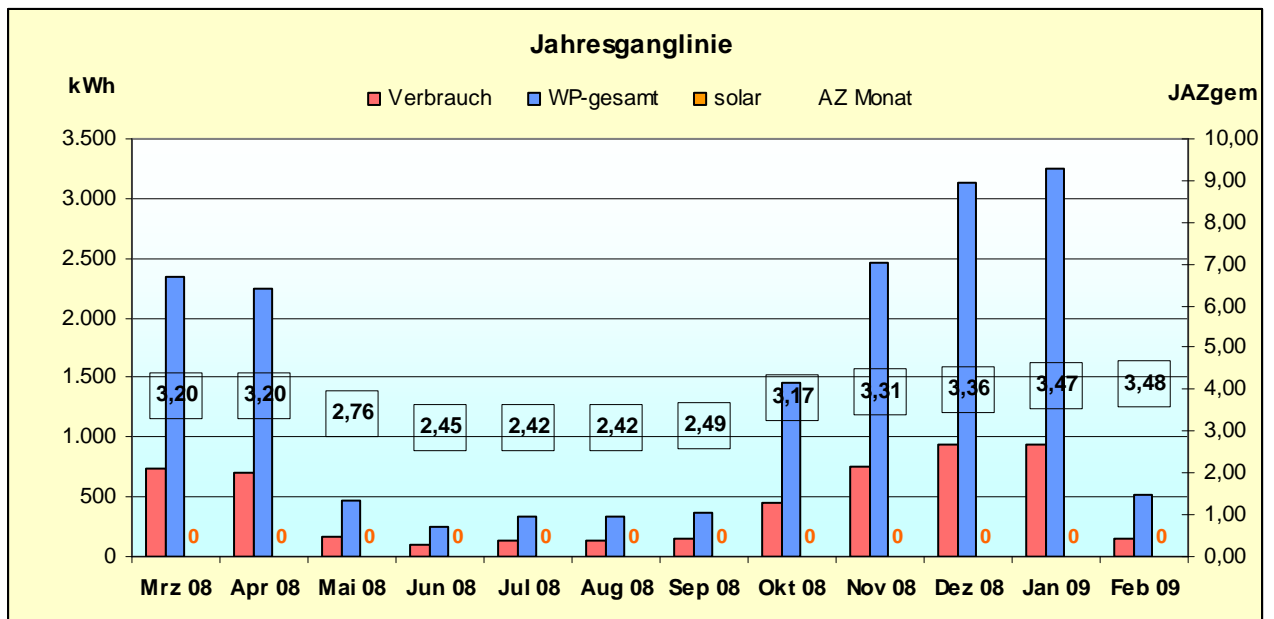


Abbildung 27: Messergebnisse Anlage 13

5.14 Anlage 14

In der Messperiode Oktober 2006 bis zum September 2009 erreichte die Anlage eine Arbeitszahl von **3,07**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl beträgt **3,53**.

Die Anlage befindet sich in einem Wasserschutzgebiet. Deshalb musste grundwasserseitig ein Trenntaucher installiert werden. Damit ist eine weitere Pumpe erforderlich, welche die Effizienz der Anlage schmälert. Die monatliche Auswertung der Anlage ist nicht möglich. Es liegen zu wenige Datenpunkte vor.

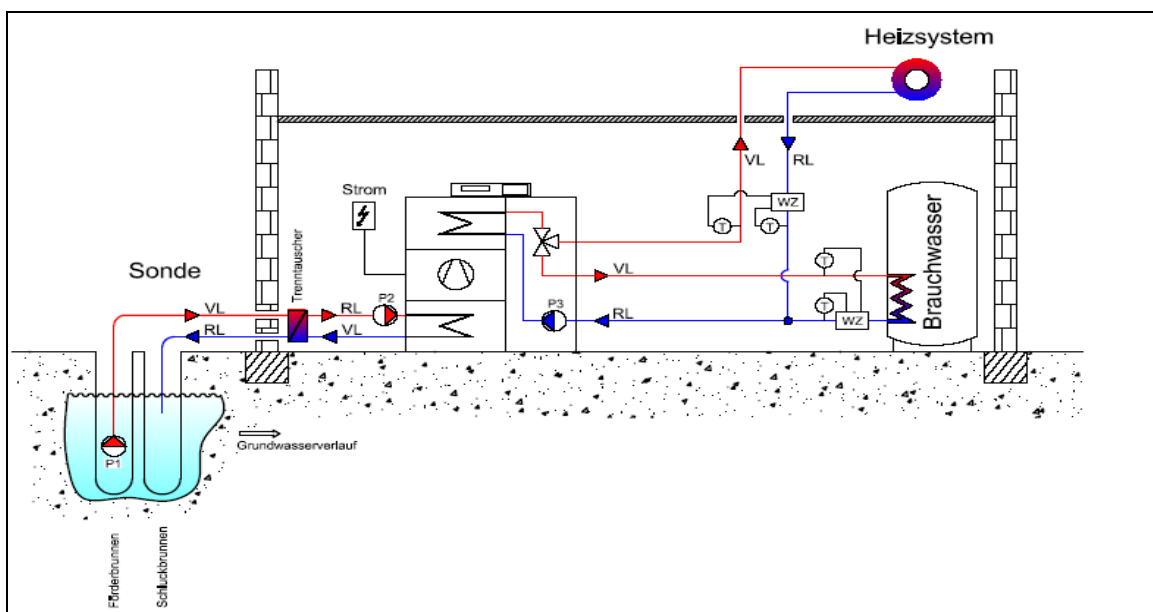


Abbildung 28: Hydraulikschema Anlage 14

5.15 Anlage 15

Im Messzeitraum Juni 2007 bis Mai 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,70**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,26**.

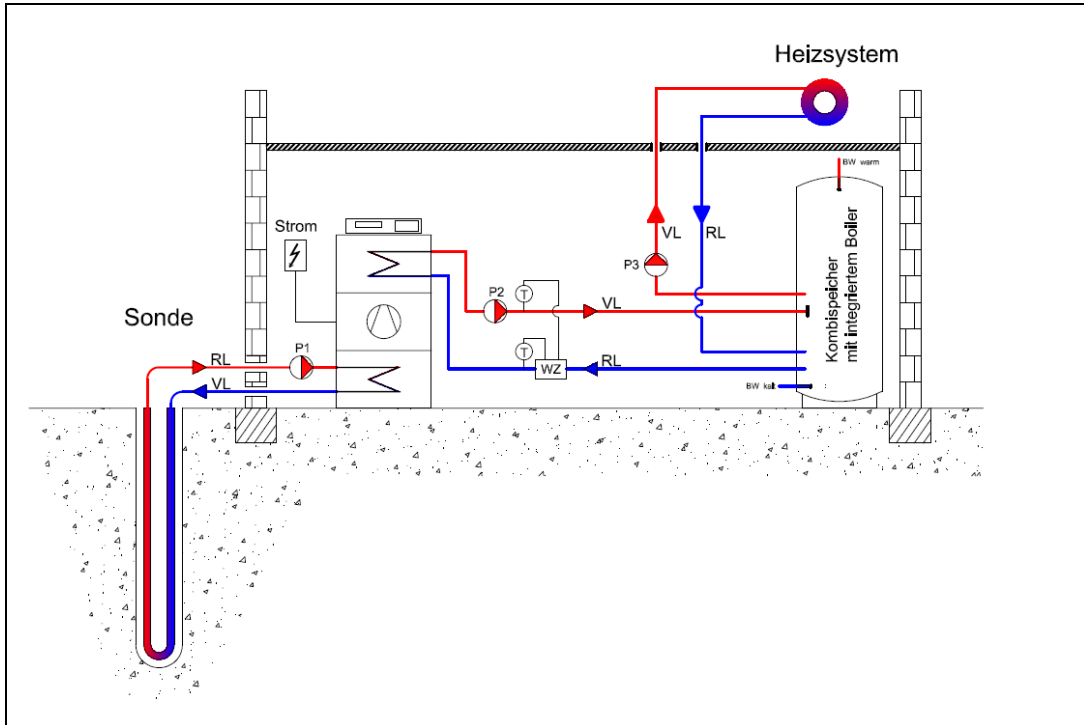


Abbildung 29: Hydraulikschema Anlage 15

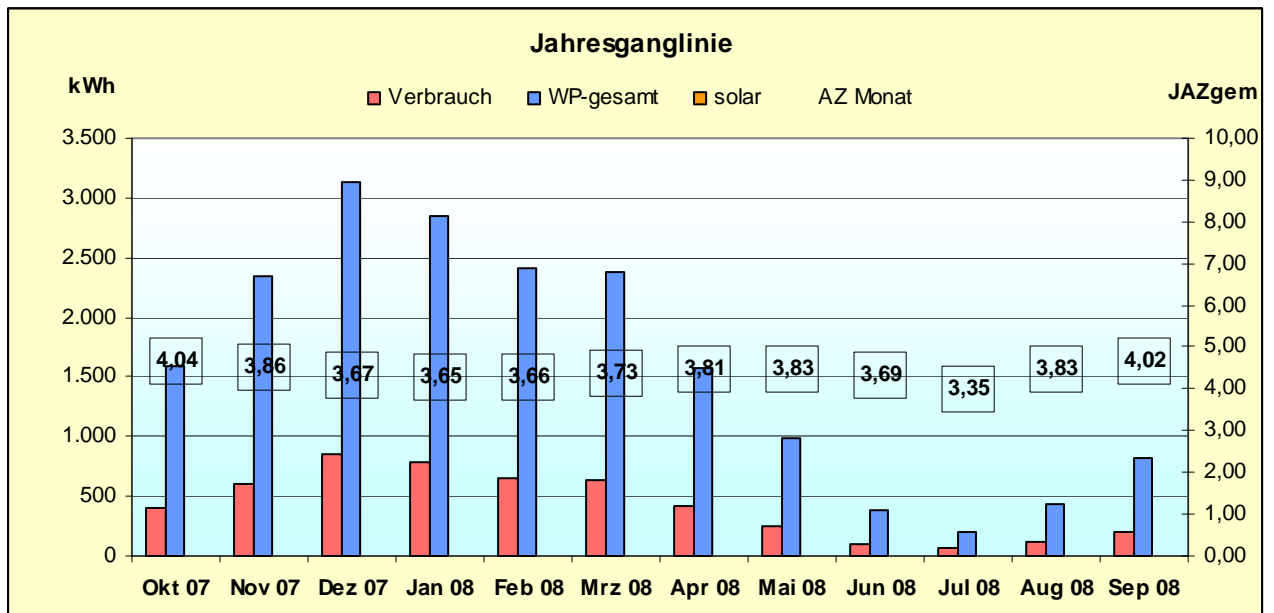


Abbildung 30: Messergebnisse Anlage 15

5.16 Anlage 16

Im Messzeitraum Mai 2007 bis April 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,59**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,13**.

Auf diesem Gebäude wurde inzwischen eine Photovoltaikanlage installiert. Die Photovoltaikanlage ist so ausgelegt, dass sie den gesamten Strombedarf der Wärmepumpenanlage decken soll. Aufgrund der zu kurzen Betriebsdauer der Photovoltaikanlage ist eine Auswertung noch nicht möglich.

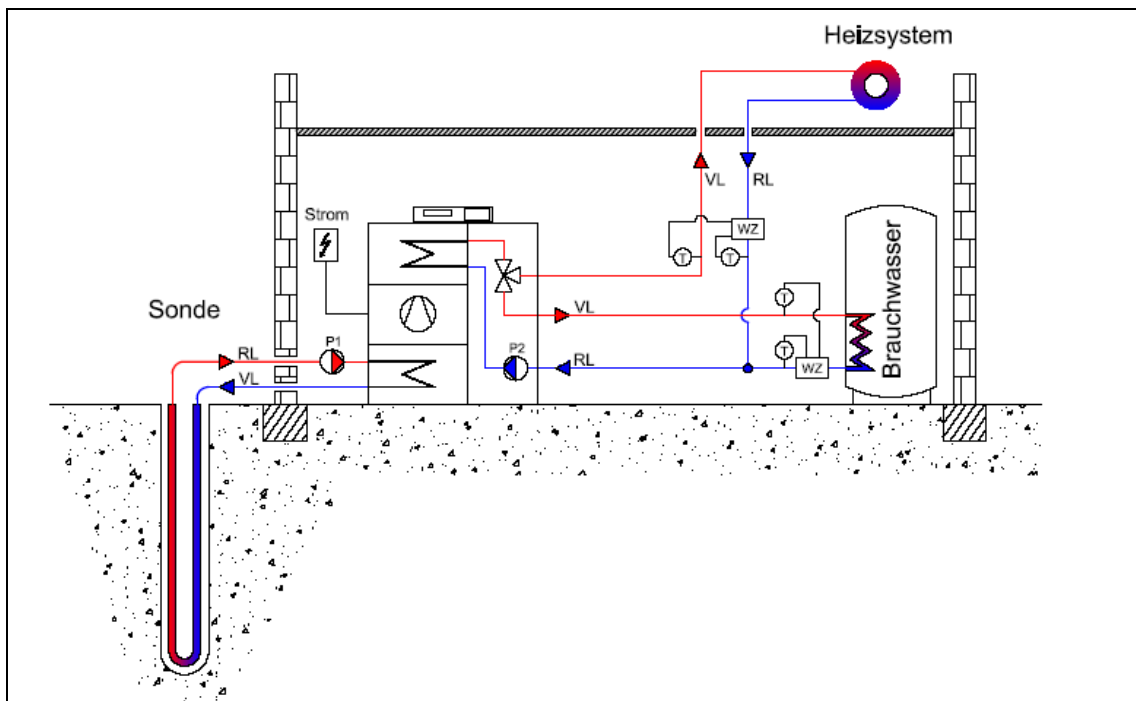


Abbildung 31: Hydraulikschema Anlage 16

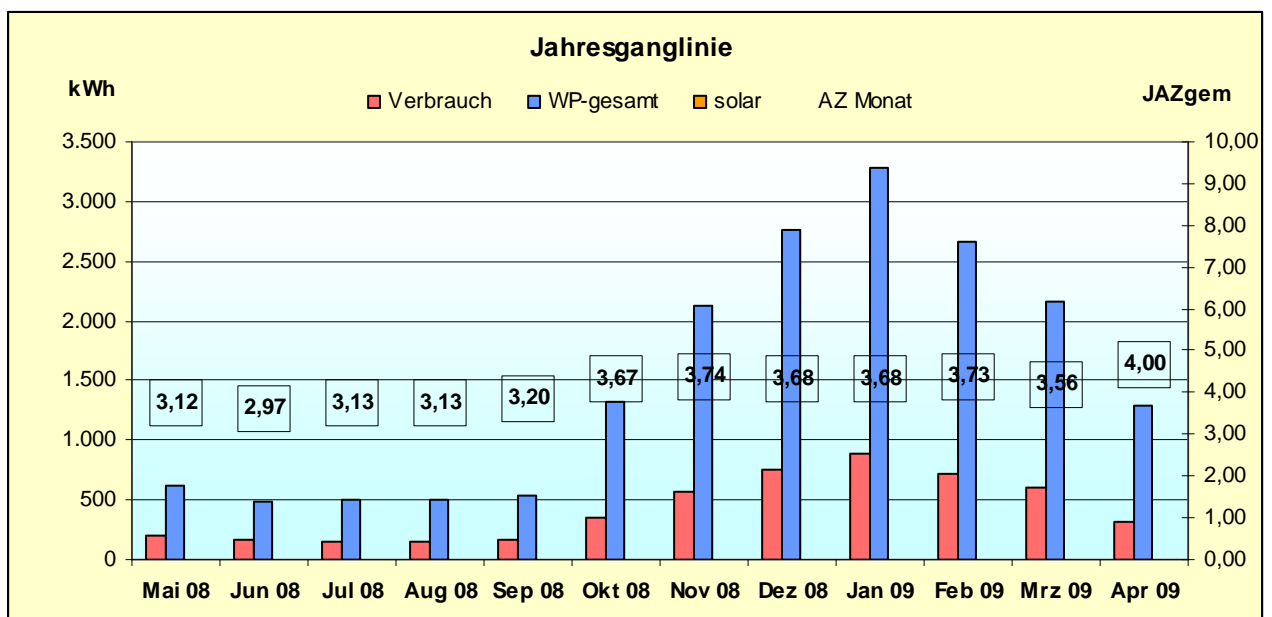


Abbildung 32: Messergebnisse Anlage 16

5.17 Anlage 17

Im Messzeitraum Okt. 2006 bis Sept. 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,81**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{korr} beträgt **4,38**.

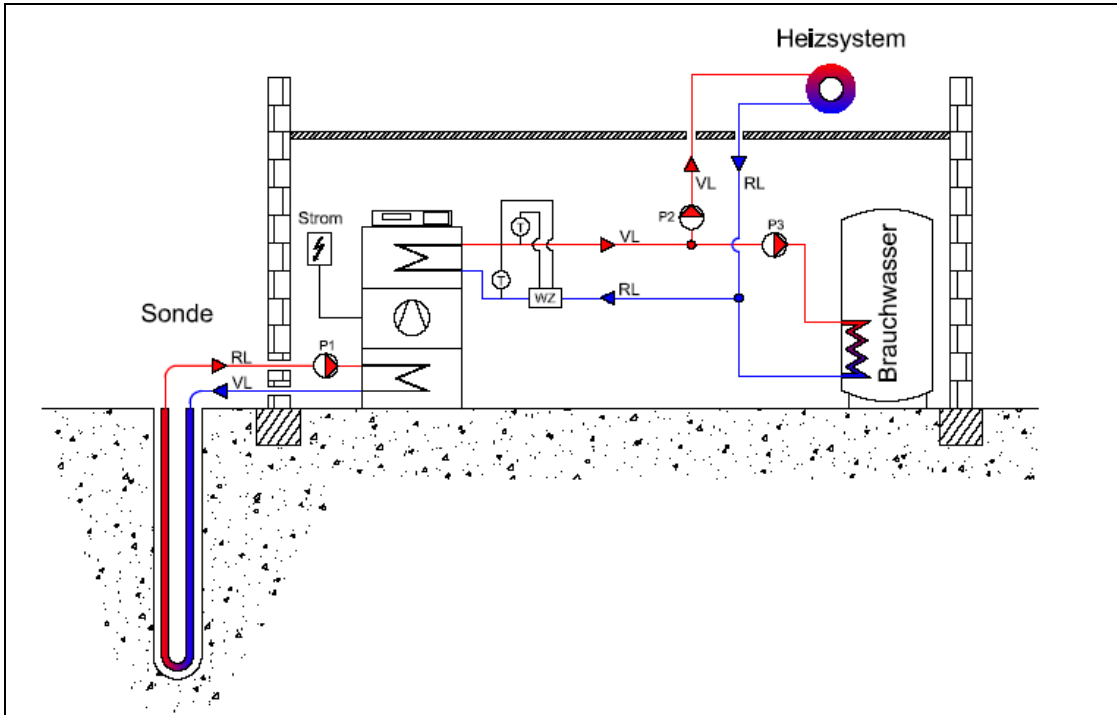


Abbildung 33: Hydraulikschema Anlage 17

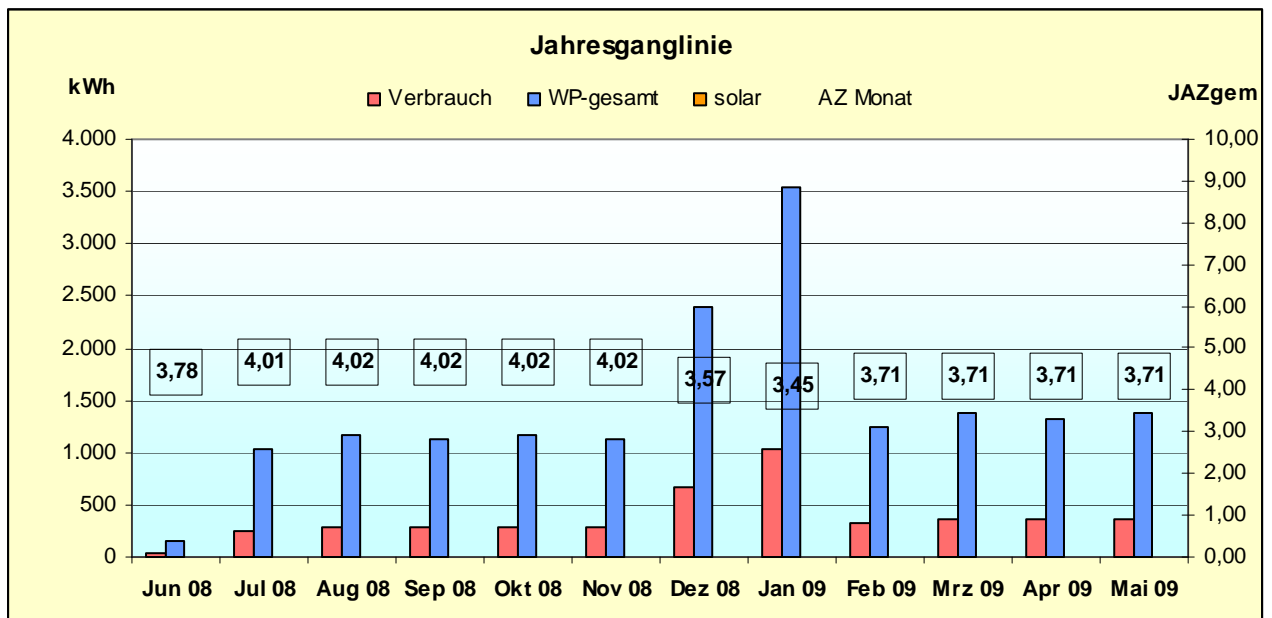


Abbildung 34: Messergebnisse Anlage 17

5.18 Anlage 18

Im Messzeitraum Juni 2007 bis Mai 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,51**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{korr} beträgt **4,03**.

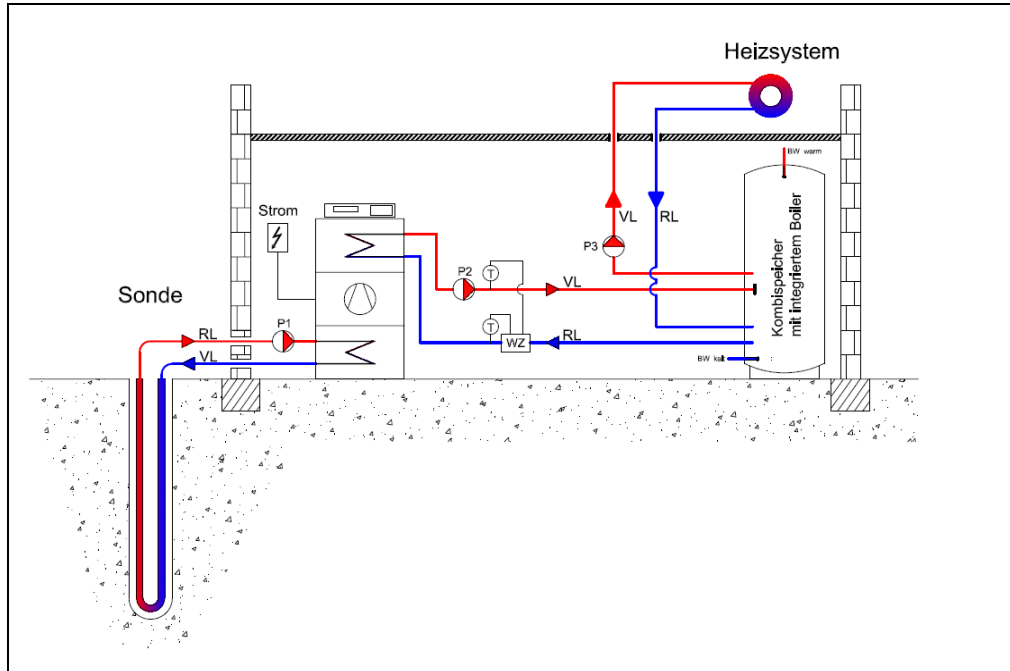


Abbildung 35: Hydraulikschema Anlage 18

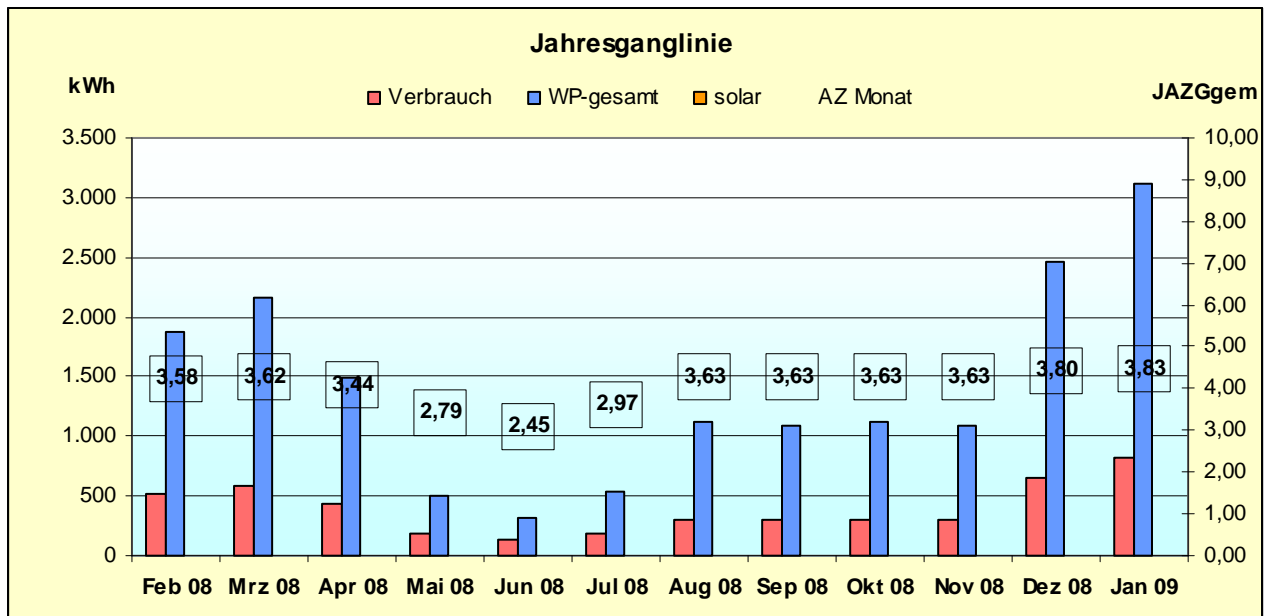


Abbildung 34: Jahresganglinie Anlage 18

5.20 Anlage 20

Im Messzeitraum April 2007 bis März 2009 beträgt die gemessene Arbeitszahl JAZ_{gem} der Anlage **3,55**. Die um die heizungsseitigen Hilfsantriebe korrigierte Arbeitszahl JAZ_{kor} beträgt **4,09**.

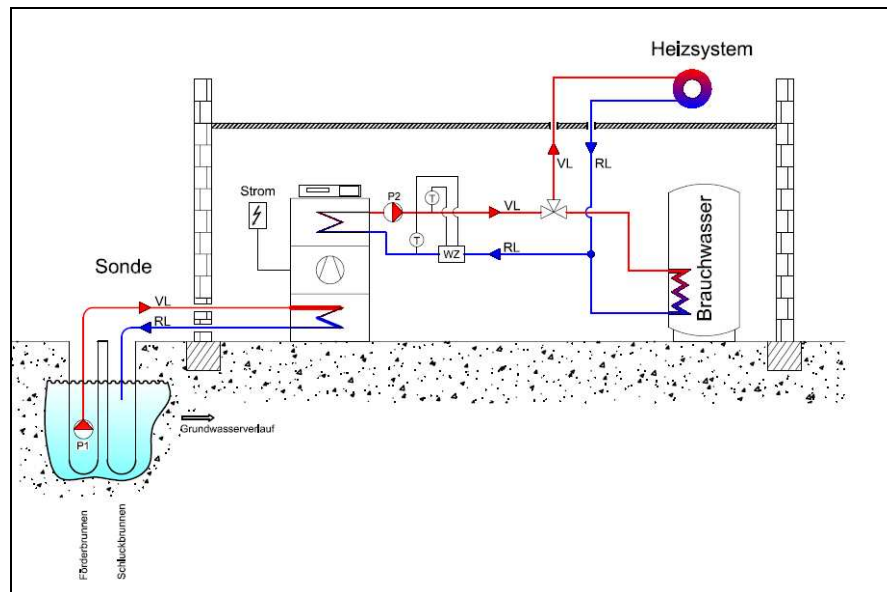


Abbildung 38; Hydraulikschema Anlage 20

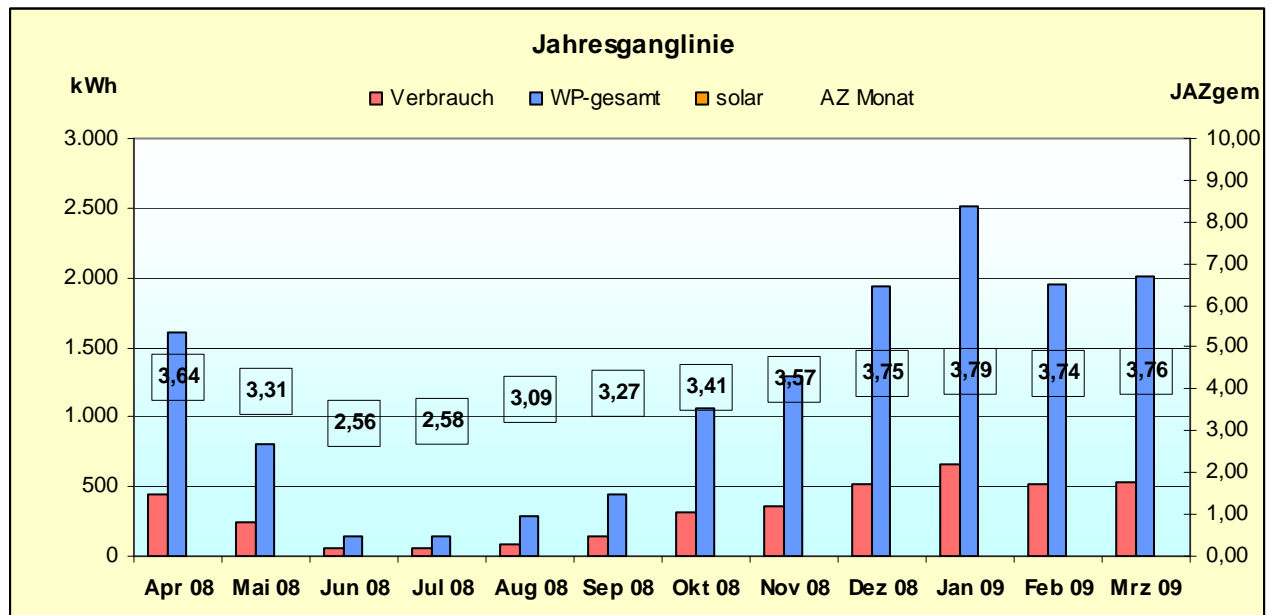


Abbildung 39: Messergebnisse Anlage 20

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anl. Nr.	Messperiode	JAZ _{gem}	JAZ _{horr}	Wärmepumpen - Typ. Nr.
1	Juli 07 - Juni 09	4,78	5,09	1
2	Sept. 06 - Aug. 09	3,72	3,72	2
3	Okt 06 - Sept 09	3,35	3,86	3
4	Okt 06 - Sept 09	4,08	4,69	4
5	Juni 06 - Mai 09	4,19	4,82	4
6	Juni 06 - Mai 09	3,45	3,97	5
7	Okt.06-Sept 09	2,99	3,44	3
8	Juni 06 - Mai 09	3,53	4,05	6
9	Juni 06 - Mai 09	3,68	4,23	7
10	Juli 07 - Juni 09	4,37	5,02	8
11	Okt 06 - Sept 09	3,72	4,28	4
12	Juni 06 - Mai 09	4,20	4,83	9
13	Okt 06 - Sep 09	3,09	3,56	10
14	Okt 06 - Sept 09	3,07	3,53	11
15	Juni 07 - Mai 09	3,70	4,26	12
16	Mai 07 - April 09	3,59	4,13	13
17	Okt 06 - Sept 09	3,81	4,38	1
18	Juni 07 - Mai 09	3,51	4,03	14
19	Juni 06 - Mai 09	4,19	4,82	12
20	April 07 - März 09	3,55	4,09	15

Tabelle 2: Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Schwankungsbreite ist mit Jahresarbeitszahlen von **3,44** bis **5,08** relativ groß. Anhaltspunkte für nicht befriedigende Ergebnisse, abgeleitet aus den Analysen der Messergebnisse, sind insbesondere:

- zu hohe Vorlauftemperaturen,

- zu geringe Wärmequellentemperaturen (schlechte Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes),
- überdimensionierte Wärmepumpen („Takten“),
- überdimensionierte Hilfsantriebe
- suboptimale Regelung der Anlagen (Betrieb der Hilfsantriebe ist nicht optimal, z.B. „sinnloser“ Betrieb von Umwälzpumpen)
- Benutzerverhalten (z.B. hohe Raumtemperaturen)

Bei Grundwasseranlagen in Neubauten, mit relativ geringer Heizlast, hat die Grundwasserhebe- und Solepumpe einen erheblichen Einfluss auf die Gesamteffizienz der Anlage. Bei Einsatz von Trenntauschern wegen schlechter Wasserqualität oder aus wasserrechtlichen Gründen ist eine weitere Solekreispumpe erforderlich, welche die Effizienz weiter schmälert.

Der Einfluss der Hilfsantriebe auf die Gesamteffizienz der Anlage ist erheblich. Sole- und Grundwasserpumpen, aber auch Heizungsumlaufpumpen, bieten ein großes und relativ leicht zu erschließendes Optimierungspotential.

Weiters ist auffallend, dass der Gesamtenergiebedarf der Gebäude trotz ähnlicher Gebäudegröße und Gebäudenutzungen stark unterschiedlich ist. Hauptursache dafür ist der nicht zu unterschätzende Einfluss des Benutzerverhaltens auf den Gesamtenergieverbrauch.

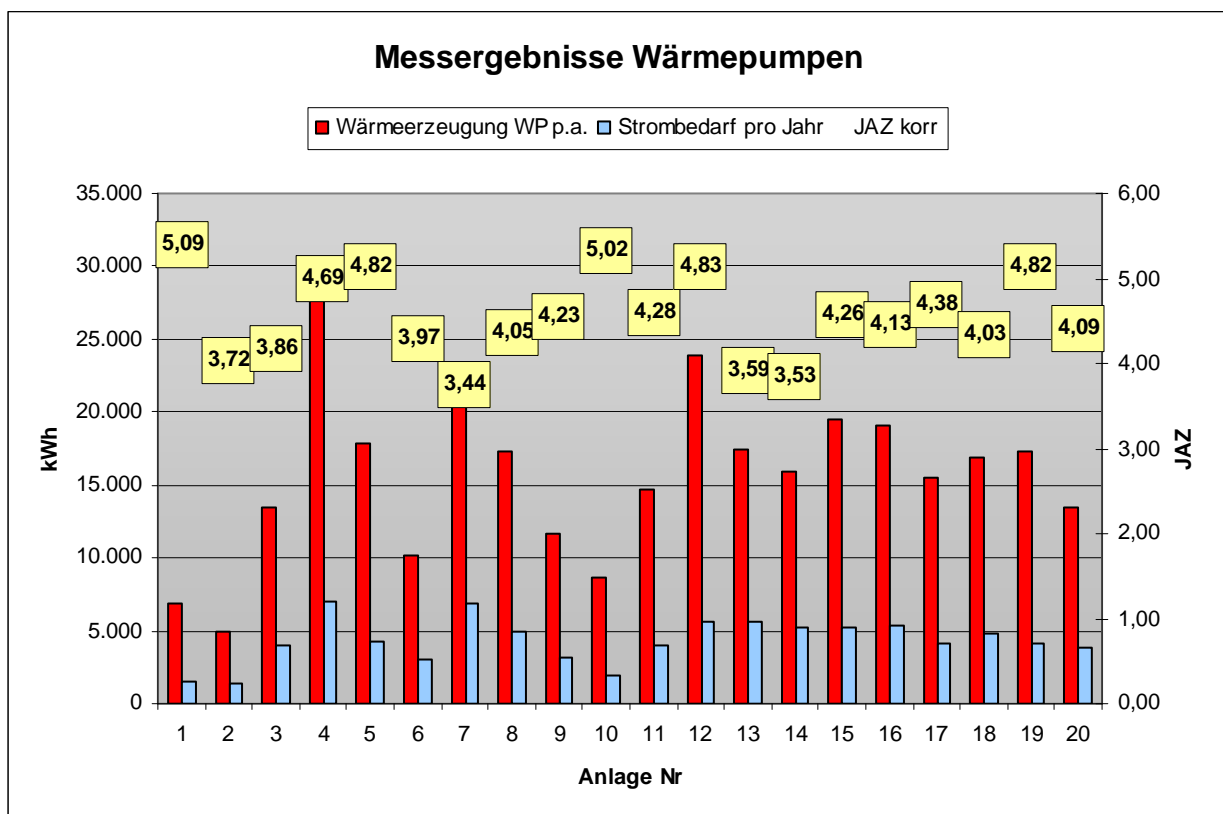


Abbildung 40: Energiebedarf

Abschließend wird nochmals darauf hingewiesen, dass es sich ausschließlich um Neubauten mit gutem energetischem Standard handelt. Das sind Gebäude die für Wärmepumpen geeignet sind. Die Ergebnisse dieses Messprogramms können nicht auf unsanierte Altbauten mit hohen Vorlauftemperaturen oder auf Wärmepumpen mit anderen Energiequellen (z.B. Außenluft) umgelegt werden.