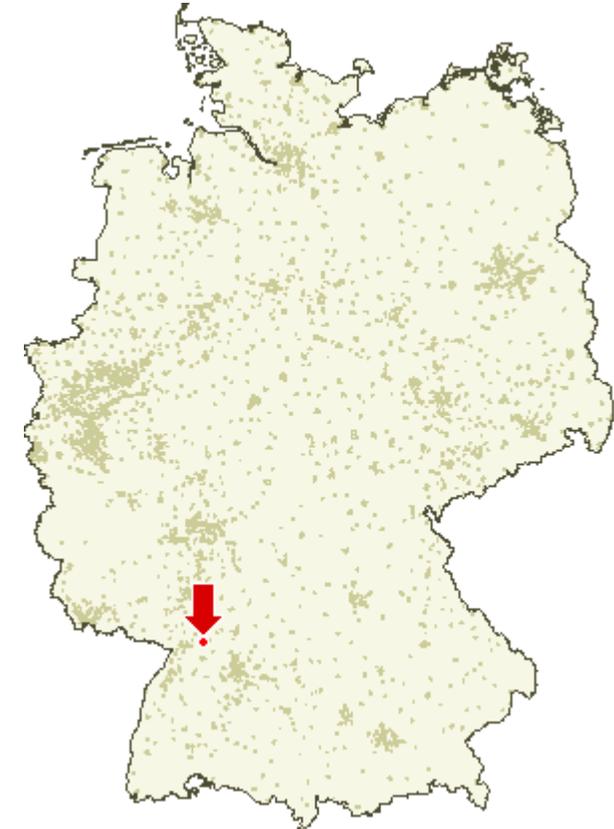


Nutzung der Abwärme aus Kanalwasser zur Niedertemperatur-Nahwärmeversorgung

Kurzvorstellung der Stadtwerke Bretten GmbH

Wichtigste Kennzahlen aus 2016

- Anzahl MA: 82 Personen
- Umsatzerlöse: 45,2 Mio. €
- Jährlicher Stromabsatz: 105 Mio. kWh Vertrieb
- Jährlicher Erdgasabsatz: 213 Mio. kWh Vertrieb
- Jährlicher Wärmeabsatz: 7,2 Mio. kWh
- Anzahl Stromkunden: 16.211 Stk. Vertrieb
- Anzahl Erdgaskunden: 5.454 Stk. Vertrieb
- Anzahl Wasserkunden: 8.969 Stk. Vertrieb
- Anzahl Wärmeobjekt: ca. 150 Stk.
(EFH/MFH/Schulen)



1. „RÜB Saarstraße“ - Von der Idee zur Umsetzung



1. Mitarbeiter des Abwasserzweckverbandes wollen Wärme aus Abwasser gewinnen, sehen darin großes Potential. Diese betreiben im Stadtgebiet mehrere Regenrückhaltebecken
2. Ein Bauträger plant die Komplettsanierung von 6 DHH und 6 MFH. Zusätzlich soll ein MFH neu entstehen. Die Sanierung der Häuser soll hocheffizient werden, wozu auch ein ökologisches Heizsystem gewünscht wird.
3. Die Stadtwerke Bretten GmbH (SWB) betreiben die Wärmezentrale einer nahe gelegenen Schule. Die Geschäftsführung unterstützt bereitwillig alternative Projekte mit Modellcharakter

2. „RÜB Saarstraße“ - Von der Idee zur Umsetzung



4. Der Bauträger und die SWB beschließen die Beauftragung einer Machbarkeitsstudie, die die Möglichkeit zur Nutzung von Wärme aus Abwasser aus dem RÜB-Saarstraße untersuchen soll. Der Abwasserzweckverband unterstützt das Vorhaben.
5. Das räumliche Umfeld am RÜB-Saarstraße wird näher untersucht.
6. Es wurde die Möglichkeit der kalten- und warmen Nahwärmenetze untersucht.
7. Nach Abwägen aller Kriterien fiel die Entscheidung für eine warme Nahwärmeleitung. Die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmenetzes gegenüber Einzelheizungen wurde festgestellt.
8. Untersuchung und Erstellung Machbarkeitsstudie Mitte 2007 – Januar 2008. Entscheidung zum Bau der Wärmeanlage. Sanierungen Häuser erfolgen zeitgleich. Erste Wärmelieferung September 2009

3. „RÜB Saarstraße“ - Von der Idee zur Umsetzung



- Abwassermenge im RÜB im Tagesminimum beträgt 24,3 l/s
- Abwassertemperaturen zwischen 12°C und 18,8°C
- Würde man das Abwasser um 6°C abkühlen, so beträgt die mögliche maximale Wärmeentzugsleistung im Tagesmittel 850 kW (Theorie)
- Der BHKW Betrieb wird auf den Wärmepumpenbetrieb abgestimmt, damit das BHKW den Strombedarf der Wärmepumpe weitgehend deckt. Die Betrieb der Wärmepumpe hat Vorrang (Planung, was später wegen Umweltbilanz geändert wird).

4. „RÜB Saarstraße“ - Von der Idee zur Umsetzung



- Wärmepumpe läuft bis 12°C Außentemperatur mit einer eingestellten Sollwerttemperatur von 50°C. Die WP hat eine elektrische Leistung von 45,9 kWel, und eine Wärmeleistung von ca. 142 kWth.
- Der Gasbrennwertkessel dient zur Spitzenabdeckung, als Ausfallreserve und wird zudem zugeschaltet, wenn die Sollvorlauf-Temperatur nicht erreicht wird.
- Die Schulgebäude am Nordstrang (Objekte 5, 6, 7) können abgekoppelt werden, weil dort noch eigenständige Heizkessel zur Verfügung stehen.

5. „RÜB Saarstraße“ - Von der Idee zur Umsetzung



➤ Wärmeabnehmer :

- 7 MFH und 6 DHH (145 kW / 250.000 kWh)
- Melanchthongymnasium (200 kW / 1.200.000 kWh)
- Sporthalle (110 kW / 145.000 kWh)

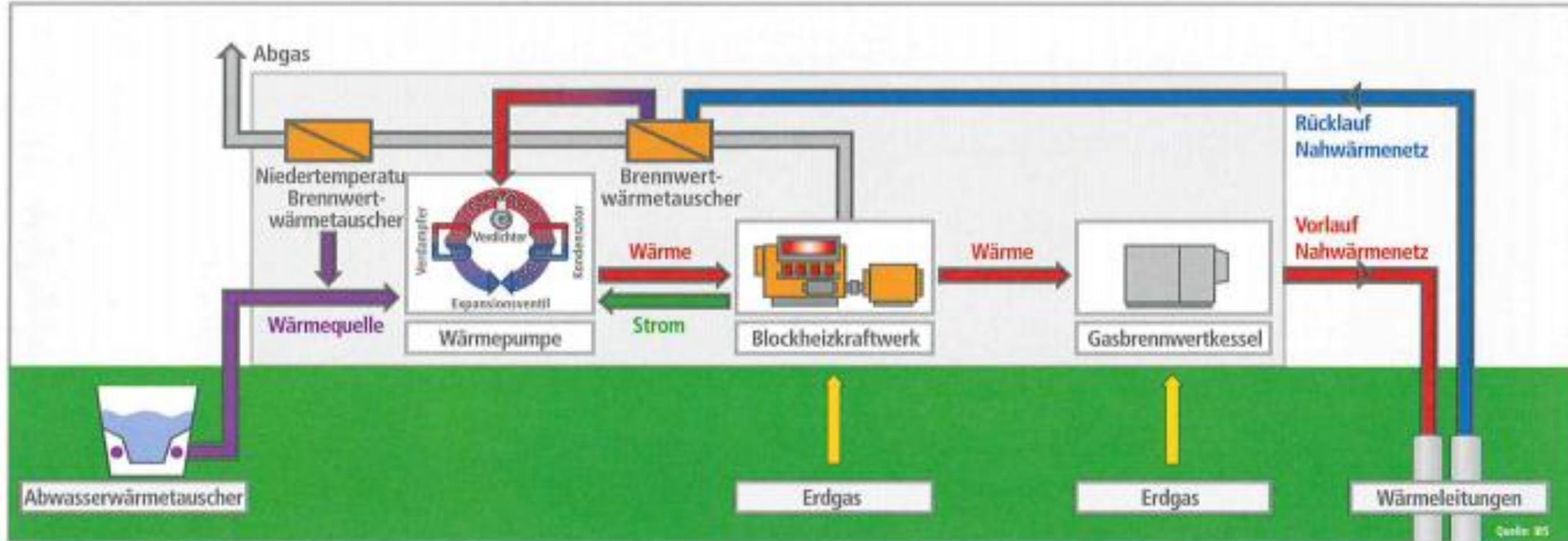
Summe abgegebene Wärme: ca. 1.595.000 MWh

Wärmeverlust Nahwärmenetz: ca. 7%

➤ Beeindruckend:

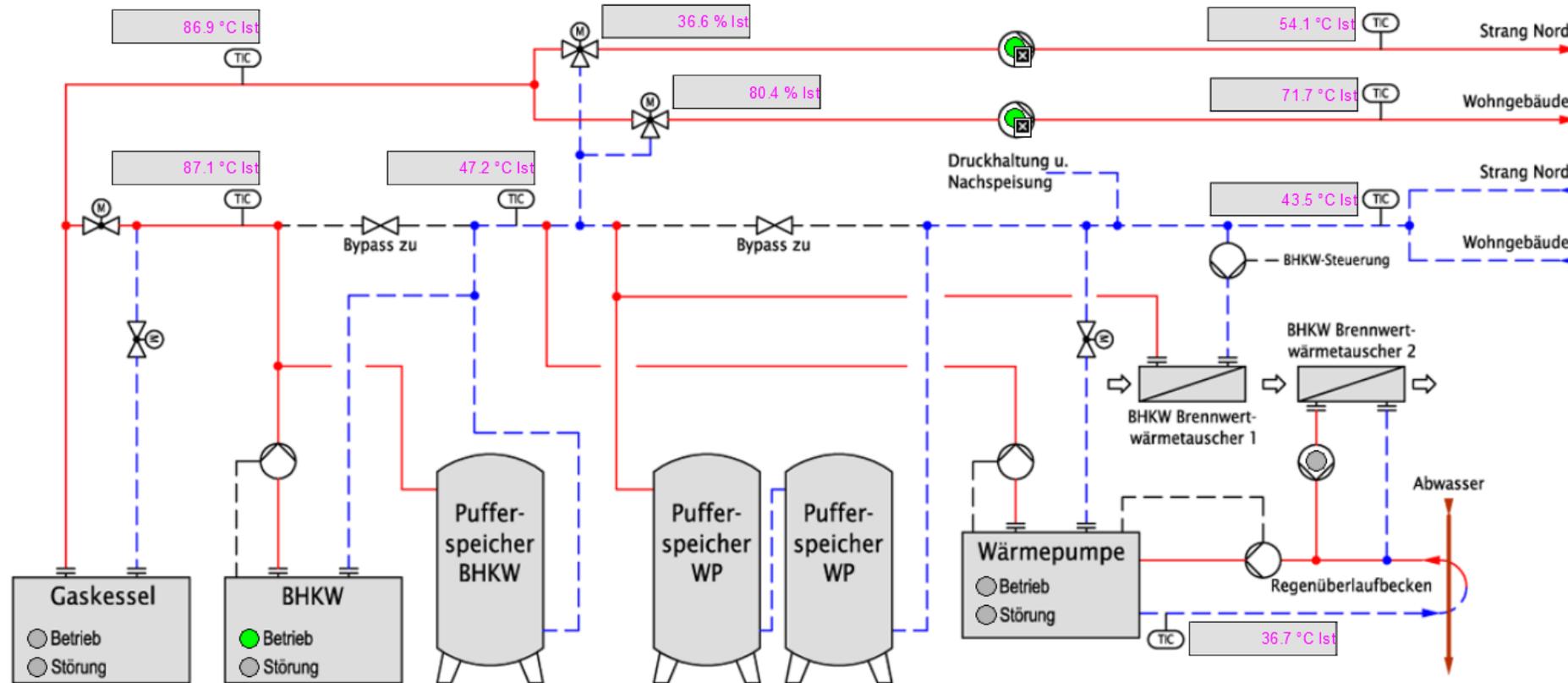
Zwei Abgaswärmetauscher im BHKW-Kreislauf gewinnen pro Jahr ca. 90.000 kWh Abgaswärme (Einbindung nächste Folie)!

„RÜB Saarstraße“ – Schema Energiefluss



„RÜB Saarstraße“ – Schema Heizzentrale

Heizzentrale Übersicht



„RÜB Saarstraße“ – Zahlen im Überblick



- Wärmeabnehmer: 7 MFH und 6 DHH (145 kW / 280.000 kWh)
Melanchthongymnasium (200 kW / 1.200.000 kWh)
Sporthalle (110 kW / 145.000 kWh)
Wärmeverlust Nahwärmenetz 7 – 10 %
 - Wärmebereitstellung: BHKW mit 100 kW = 630.000 kWh
Heizkessel (300 kW) = 860.000 kWh
1 Wärmepumpe (150 kW) = 420.000 kWh
 - Investitionskosten: Wärmeerzeugung = 310.000 €
Wärmeverteilung = 271.000 €
Bauliches / Abwasserwärmetauscher = 350.000 €
 - Förderung: Wärmepumpe (EFRE) = 40.943
BHKW (Klimaschutz Plus) = 40.647 €
- Netto-Kosten insgesamt ca. : 849.410 €**

Bilder zum Einbau des Wärmetauschers in das Regenrückhaltebecken



52 Stk á 2 m Länge = 82 m² Tauscherfläche

Produkt Therm-Liner, Firma Uhrig Kanaltechnik GmbH, 71287 Geisingen / BW

„RÜB Saarstraße“ – Wärmetauscherauslegung

- Auslegungsdaten Wärmetauscher, Betrieb mit Glykollmischung

	Einheit	Daten
Sohlgefälle	‰	6,00
Trockenwetterabfluss - Minimalwert	l/s	30,00
Abwassertemperatur - Minimalwert	°C	9,0
Verfügbare Haltungslänge Kanal	m	120,0
Wärmetauscherfläche überströmt	m ² /2m	1,60
Biofilmeinfluss	%	40
Entzugsleistung Kanal	kW	120
Zwischenmedium - Eintrittstemperatur	°C	2,0
- Austrittstemperatur	°C	5,5

Berechnung - Daten

Einzelne Elementlänge	m	2,0
Wärmedurchg.koeff. k ohne Biofilm	kW/(m ² K)	0,53
Wärmedurchg.koeff. k mit Biofilm	kW/(m ² K)	0,32
Spezifische Entzugsleistung	kW/m ²	1,5
Gesamt-Volumenstrom-Primärkreislauf	m ³ /h	29,5
Volumenstrom-Primärkreislauf pro Modul	m ³ /h	0,6
ca. Gesamtlänge THERM-LINER	m	26
Δt - Primärkreislauf (Rücklauf/Vorlauftemp.)	K	3,5
mittlere Δt zwischen Abwasser und Primärkreislauf	K	4,7
Abkühlung des Abwassers bei Q _{min}	K	0,95

Kennwerte für Kostenschätzung THERM-LINER

überströmte Wärmetauscherfläche THERM-LINER	m ²	82
Anzahl THERM-LINER Elemente	Stck.	52

Leistungsermittlung gemäß IRO Messreihe vom 04.04.2014	
Volumenstrom pro Modul	0,58 m ³ /h
Leistung in kW/ K Spreizung	0,5825 kW
Spreizung Vorlauf/ Abwasser	7 K
Leistung pro Modul/ Labor	4,075 kW
Leistungsreduzierung Sielhaut	40%
Leistung pro Modul abzügl. Sielhaut	2,4464 kW
Gesamtleistung 52 Module	127,212
spez. Wärmekapazität Wasser	4,186 KJ/ KG*K
spez. Wärmekapazität Wasser/ Glykol	3,901 KJ/ KG*K
Leistungsreduzierung Wärmekapazität	6,67%
Finale Entzugsleistung	118,72 kW

Der Wärmetauscher wird mit Glykollmischung 20 % Antifrogen N betrieben

Zusammenfassung Betriebsjahr 2013

Zusammenfassung Energiebilanz RÜB Saarstraße

	Wärmeerzeugung [M]	Anteil [%]
Erzeugung BHKW (ohne WT 2) ¹	648 MWh	42,3%
Erzeugung WP	580 MWh	37,8%
Erzeugung Gaskessel (gerechnet)	304 MWh	19,9%
Erzeugung Gesamt	1.532 MWh	100,0%
Verbrauch MGB	996 MWh	72,1%
Verbrauch TV Bretten	118 MWh	8,6%
Verbrauch Wohngebäude	267 MWh	19,4%
Verbrauch Gesamt	1.382 MWh	100,0%
Verluste (HZ & Netz)	150 MWh	9,8%

diverse ermittelte Werte:

Jahresarbeitszahl (näherungsweise) WP	2,84
Jahresarbeitszahl (W-Abgabe/Strombezug)	2,68
Wirkungsgrad BHKW gesamt ²	102,86% (BHKW mit WT)
davon thermisch	72,80%
davon elektrisch	30,06%

<u>Stromverbrauch WP Zähler-Schaltzchr:</u>	Faktor:	07.01.2013	07.01.2014	
1 Wärmepumpe	20 kWh	11.724,40	22.533,10	216.174,00
3.1 Betriebstunden WP	Stk	11.098,00	15.627,00	4.529,00
3.2 Volumenstrom WP Primär	m³	389.506,00	550.222,00	160.716,00

<u>Stromerzeugung / Daten BHKW (Zähler im BHKW-Schaltzschrank):</u>				
1 BHKW komplett	20 kWh	31.681,00	46.042,40	287.228,00
2 Betriebstunden BHKW	Bh	14225	20026	5.801,00
3 Starts BHKW	Bh	3048	5727	2.679,00

Zusammenfassung Betriebsjahr 2014

Stadtwerke Bretten



Zusammenfassung Energiebilanz RÜB Saarstraße

	Wärmeerzeugung [M]	Anteil [%]
Erzeugung BHKW (ohne WT 2) ¹	647 MWh	42,8%
Erzeugung WP	408 MWh	27,0%
Erzeugung Gaskessel (gerechnet)	457 MWh	30,2%
Erzeugung Gesamt	1.512 MWh	100,0%
Verbrauch "MGB" (RÜB-Einspeisung)	1.064 MWh	76,8%
Verbrauch TV Bretten	83 MWh	6,0%
Verbrauch Wohngebäude	238 MWh	17,2%
Verbrauch Gesamt	1.386 MWh	100,0%
Verluste (HZ & Netz)	126 MWh	8,4%

diverse ermittelte Werte:

Jahresarbeitszahl (näherungsweise) WP	2,78
Jahresarbeitszahl (W-Abgabe/Strombezug)	2,74
Wirkungsgrad BHKW gesamt ²	103,84% (BHKW mit WT)
davon thermisch	73,69%
davon elektrisch	30,15%

<u>Stromverbrauch WP Zähler-Schaltzchr:</u>	Faktor:	07.01.2014	12.01.2015	
1 Wärmepumpe	20 kWh	22.533,10	29.979,50	148.928,00
3.1 Betriebstunden WP	Stk	15.627,00	18.655,00	3.028,00
3.2 Volumenstrom WP Primär	m³	550.222,00	541.984,00	-8.238,00

<u>Stromerzeugung / Daten BHKW (Zähler im BHKW-Schaltzschrank):</u>				
1 BHKW komplett	20 kWh	46.042,40	60.476,20	288.676,00
2 Betriebstunden BHKW	Bh	20026	25814	5.788,00
3 Starts BHKW	Bh	5727	6150	423,00

Zusammenfassung Betriebsjahr 2015

Zusammenfassung Energiebilanz RÜB Saarstraße

	Wärmeerzeugung [MWh]	Anteil [%]
Erzeugung BHKW (ohne WT 2) ¹	627 MWh	38,3%
Erzeugung WP	319 MWh	19,5%
Erzeugung Gaskessel (gerechnet)	690 MWh	42,2%
Erzeugung Gesamt	1.636 MWh	100,0%
Verbrauch MGB	1.161 MWh	78,4%
Verbrauch TV Bretten	120 MWh	8,1%
Verbrauch Wohngebäude	200 MWh	13,5%
Verbrauch Gesamt	1.481 MWh	100,0%
Verluste (HZ & Netz)	156 MWh	9,5%

Stromerzeugung gesamt: 283.092,00 kWh

diverse ermittelte Werte:

Jahresarbeitszahl (näherungsweise) WP	1,75 (wegen Zähler)
Jahresarbeitszahl (W-Abgabe/Strombezug)	2,70
Wirkungsgrad BHKW gesamt ²	99,76% (BHKW mit W)
davon thermisch	69,30%
davon elektrisch	30,46%

<u>Stromverbrauch WP Zähler-Schaltchr:</u>	Faktor:	12.01.2015	07.01.2016	
1 Wärmepumpe	20 kWh	29.979,50	35.892,20	118.254,00
3.1 Betriebsstunden WP	Stk	18.655,00	21.093,00	2.438,00
3.2 Volumenstrom WP Primär	m³	2015 Ausbau	14.670,00	erst in 2017

Stromerzeugung / Daten BHKW (Zähler im BHKW-Schaltsschrank):

1 BHKW komplett	20 kWh	60.476,20	74.630,80	283.092,00
2 Betriebsstunden BHKW	Bh	25.814,00	31.515,00	5.701,00
3 Starts BHKW	Bh	6.150,00	6.451,00	301,00

07.11.2017

Zusammenfassung Betriebsjahr 2016

Stadtwerke Bretten



Zusammenfassung Energiebilanz RÜB Saarstraße

	Wärmeerzeugung [MWh]	Anteil [%]
Erzeugung BHKW (ohne WT 2) ¹	638 MWh	36,0%
Erzeugung WP	417 MWh	23,6%
Erzeugung Gaskessel (gerechnet)	715 MWh	40,4%
Erzeugung Gesamt	1.770 MWh	100,0%
Verbrauch MGB	1.241 MWh	75,7%
Verbrauch TV Bretten	144 MWh	8,8%
Verbrauch Wohngebäude	253 MWh	15,5%
Verbrauch Gesamt	1.639 MWh	100,0%
Verluste (HZ & Netz)	131 MWh	7,4%

Stromerzeugung gesamt: 284.242,00 kWh

diverse ermittelte Werte:

Jahresarbeitszahl (näherungsweise) WP	2,78 (wegen Zähler)
Jahresarbeitszahl (W-Abgabe/Strombezug)	2,72
Wirkungsgrad BHKW gesamt ²	98,54% (BHKW mit W)
davon thermisch	68,41%
davon elektrisch	30,14%

<u>Stromverbrauch WP Zähler-Schaltchr:</u>	Faktor:	07.01.2016	04.01.2017	
1 Wärmepumpe	20 kWh	35.892,20	43.565,70	153.470,00
3.1 Betriebsstunden WP	Stk	21.093,00	23.898,00	2.805,00
3.2 Volumenstrom WP Primär	m³	14.670,00	117.161,00	102.491,00

Stromerzeugung / Daten BHKW (Zähler im BHKW-Schaltsschrank):

1 BHKW komplett	20 kWh	74.630,80	88.842,90	284.242,00
2 Betriebsstunden BHKW	Bh	31.515,00	37.300,00	5.785,00
3 Starts BHKW	Bh	6.451,00	6.782,00	331,00

Günter Eberl / Stadtwerke Bretten GmbH

13



Bescheinigung

über die primärenergetische Bewertung der Fernwärme nach DIN 4701-10 bzw. DIN V 18599-100 und AGFW FW 309-1 der

Nahwärmeversorgung Regenüberlaufbecken
Saarstraße, 75015 Bretten



der
Stadtwerke Bretten GmbH

Basierend auf Energiedaten des Jahres 2012 wurde
ein Primärenergiefaktor von
 $f_{p,FW}=0,86$

Bescheinigung

über die primärenergetische Bewertung der Fernwärme
nach AGFW FW 309-1 (Mai 2014)

**Nahwärmeversorgung Regenüberlaufbecken
Saarstraße, 75015 Bretten**

Stadtwerke Bretten GmbH



Basierend auf Energiedaten der Jahre 2013-2015 wurde ein
Primärenergiefaktor von $f_{p,FW} = 0,91$ ermittelt.

1. „RÜB Saarstraße“ – Erkenntnisse 09´2009 – 10´2017

- Brettener Anlage war eine der ersten Abwasserwärmegewinnanlagen in Deutschland.
- Alle technischen Komponenten sind inzwischen 8 Jahre alt. Die Weiterentwicklung aller technischen Gerätschaften innerhalb dieser 8 Jahre hat sicher dazu geführt, dass heutige Anlagen insgesamt effizienter laufen.
- Heutige Planungen können Erkenntnisse aus den frühen Pilotanlagen nutzen, um eine höhere Effizienz (bessere JAZ) zu erreichen
- Die Wärmeausbeute aus dem Abwasser beschreibt sich in der Jahresarbeitszahl (JAZ). Mit dieser JAZ sind wir nicht zufrieden.
- Die JAZ wird durch viele Faktoren beeinflusst. Neben der Wärmepumpe, der Regelungstechnik und dem Abwasserwärmetauscher (AWT) beeinflusst im Wesentlichen auch das Abwasser selbst, und die Lage des AWT, die Effizienz der Gesamtanlage.

2. „RÜB Saarstraße“ – Erkenntnisse 09´2009 – 10´2017

- Das Abwasser wird vor dem Regenrückhaltebecken durch einen „Sinkkasten“ von Grobschmutz befreit. Diese Reinigungswirkung ist für Abwärmenutzung (wohl) nicht ausreichend.
- In einem Regenrückhaltebecken gibt es viele Tage im Jahr, in denen sich Wasser (bis auf 5 m Wassersäule) über viele Stunden anstaut. Die Schwebstoffe setzen sich ab, und bilden nicht nur einen Biofilm, sondern eine erhebliche Schmutzschicht, die den Wärmeübergang des WT deutlich verschlechtert.
- AWT in stetig durchflossenen Abwasserkanälen verschmutzen nicht in dem Maße, wie AWT in Regenrückhaltebecken. Das fließende Wasser hat eine dauerhafte Reinigungswirkung, die den Wärmeübergang des AWT nicht wesentlich verschlechtert.

3. „RÜB Saarstraße“ – Erkenntnisse 09´2009 – 10´2017

- In der Vergangenheit wurde auf unterjährigere AWT-Reinigungszyklen verzichtet. Ab Spätjahr 2017 werden 2-4 Reinigungen vorgesehen, um die Effizienz der Gesamtanlage neu zu bewerten.
- Die Effizienz von Wärmepumpen hängt insgesamt ab vom Temperaturhub, der zu leisten ist. Hohe Effizienz erreicht man nur durch Auswahl geeigneter Projekte und Anlagenkonzepte.
- Steht kostenlose Abwärme zur Verfügung sollten Wärmepumpensysteme zwingend mit einer JAZ von größer gleich 3,5 arbeiten.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit