



# **Energieversorgung Neubau SC Stadion Freiburg**

## **Fortschreibung Energiekonzept**

(Abschlussbericht zum Auftrag vom 11.05.16)

Auftraggeber: Umweltschutzamt der Stadt Freiburg  
Herr Außenhofer, Dr. K. von Zahn  
Talstraße 4, 79102 Freiburg im Breisgau

Auftragnehmer: Stahl+Weiß  
Dr. W. Stahl, Dipl. Ing. Volker Weiß  
Basler Straße 55, 79100 Freiburg

Abstimmung: Sport-Club Freiburg e.V.  
Schwarzwaldstr.193  
79117 Freiburg





## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Vollkostenberechnung für Wärmeversorgungsvarianten SC Stadion .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Technische Grundkonzeption und Trassenführung.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Beratung für die Umsetzung der Abwärmenutzung.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Stadionneubau .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Energetischer Gebäudestandard Stadionneubau.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3</b>	<b>Potentielle weitere Abwärmenutzer.....</b>	<b>15</b>
4.3.1	Beispiel Abwärmenutzung Bestandsgebäude Messe .....	16
4.3.2	Beispiel Abwärmenutzung Neubau FWTM .....	17
<b>5</b>	<b>Zwischenstand Abwärmenutzung .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Akteure und Institutionen .....</b>	<b>20</b>





## 1 Zusammenfassung

Im Mai 2016 wurde der Bericht „Energieversorgung Neubau SC Stadion Vorkonzept + Ergänzungen“ vorgelegt. Darin wurden alle Möglichkeiten zur Versorgung mit Wärme, Kälte und Elektrizität untersucht. Die Wärmeversorgung aus Abwärme der Solvay Acetow GmbH mit Primärenergiefaktor = 0 wurde als beste Variante empfohlen und die Firma hat die Eckpunkte der Wärmebereitstellung mit einem Temperaturniveau von 48 °C, einer Leistung von max. 6 MW bei  $\Delta T$  15 K und einer Wärmemenge bis zu 80 GWh/a zu 1/3 des Gaspreises der European Energy Exchange Börse zugesagt.

Zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs wurden die Überdachung der Autohochgarage und der Fahrradabstellplätze zur Realisierung als Betreibermodell in Betracht gezogen. Eine kleine Photovoltaik-Anlage zur Deckung der Grundlast bei hoher Eigenstromnutzung soll durch den SC Freiburg als zukünftigen Pächter des Stadions realisiert werden.

Die Nutzung des gesamten Abwärmepotentials der Solvay als Ersatz für fossil erzeugte Wärme entspricht einer Umweltentlastung von ca. 18.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich und kann durch eine Vielzahl von Abwärmennutzern zu dem größten ökologischen Projekt in Freiburg werden.

Um die Abwärme potentiellen Verbrauchern zur Verfügung zu stellen, müssen Fernwärmeleitungen gebaut werden. Verschiedene Anbieter wurden kontaktiert.

Auf der Basis eines mittleren Wärmebedarfs von 2.600 MWh/a<sup>1</sup> wurde ein Vollkostenvergleich<sup>2</sup> der unterschiedlichen Wärmeversorgungsvarianten<sup>3</sup> für das neue Stadion fertiggestellt. Das Angebot des Anbieters A für eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist im Mittel über 20 Jahre wettbewerbsfähig. Die Versorgungsvarianten mit Erdgas sind vergleichbar, einige jedoch deutlich teurer. Bei den Wärmeversorgungsvarianten mit Kraft-Wärme-Kopplung mussten für die Eigenutzung und die Vergütung der Elektrizitätsproduktion Annahmen getroffen werden.

---

<sup>1</sup> in Abstimmung mit SC von 2.200 auf 2.600 MWh/a erhöht

<sup>2</sup> incl. Gasanschluss, Wärmerzeuger, usw.

<sup>3</sup> Schriftliche Angebote für Erdgas von Anbieter B und C und für Fernwärme von Anbieter D, Vollkostenrechnung auf der Basis von Vorgaben des Umweltschutzamts für Zins 2,5% und in Abstimmung mit SC Freiburg Energiepreissteigerung 2%, Wärmebedarf 2.600 MWh/a, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Angebot Anbieter A Abwärme Festpreis für 10 Jahre, für Fernwärmeleitung 40 Jahre



Wärmeversorgungsvarianten Neubau SC Stadion Wärmebedarf 2.600 MWh/a, Energiepreissteigerung 2%	Wärmepreis netto €/MWh		CO <sub>2</sub> - Emission t/a
	1. Jahr	Mittel über 20 Jahre	
Angebot Anbieter A Fernwärme mit Solvay Abwärme	65	69	0
Angebot Anbieter B Erdgas	61	71	650
Angebot Anbieter B Erdgas + BHKW	61	71	760
Angebot Anbieter B Bioerdgas + BHKW	120	143	60
Angebot Anbieter C Erdgas + BHKW	62	72	760
Angebot Anbieter D	98	115	114

Momentaner Stand für die Fernwärmeversorgung des neuen Stadions mit der Abwärme ist eine Fernwärmetrasse vom Übergabepunkt auf dem Firmengelände der Solvay entlang der Herrmann-Mitsch-Straße nach Süden zur Messe und von dort entlang der Institutsachse zum Stadion.

Die Realisierbarkeit und die tatsächlichen Kosten einer neuen Fernwärmeversorgung hängen von der Wärmeabnahme entlang der Fernwärmetrasse ab. Dazu wurden Gespräche mit weiteren möglichen Wärmeabnehmern geführt.

Potentiell Wärmeabnehmer für Abwärme Solvay	Wärmeleistung kW	Wärmemenge MWh/a	Stand bis Ende September 2016
Stadion	3000	2600	als vorrangige Wärmeversorgung in der funktionale Ausschreibung genannt
Messe	1500	1200	Anschluss an Abwärme zu 98% sicher
FWTM Kopfbau	150	370	Anschluss an Abwärme zu 98% sicher
FWTM Kopfbau Erweiterung	300	700	geplant
Autohaus Martin GmbH	300	450	nach definitivem Angebot Anbieter A Anschluss an Fernwärme beschlossen!
Neubau Komtur pharmaceuticals	110	110	kein Anschluss
Bestand Komtur pharmaceuticals	50	80	Anschluss wahrscheinlich
KLS Martin GmbH & Co. KG			kein Anschluss
CellGenix GmbH			wahrscheinlich kein Anschluss
Oncotest GmbH			noch nicht geklärt



Fraunhofer IPM	580	810	Anschluss allerdings ohne Wärmeabnahme momentan im Gespräch
Universität Freiburg Energie- und Flächenmanagement (D4.4)			Interesse wegen der geplanten vielen Neubauten
IKEA Deutschland GmbH & Co.KG Niederlassung Freiburg			Interesse auch wegen Umweltschutzbericht, Prüfung durch Zentralverwaltung
Braun Möbel Center GmbH & Co. KG			Kontakt zur Zentrale in Reutlingen
XXXL Einrichtungs- haus Freiburg			Kontakt zur österreichischen Zentrale

Die Geschäftsführung eines Autohauses und Anbieter A haben sich auf die Lieferung von Fernwärme aus der Abwärme der Solvay geeinigt. Die Lieferung der Wärme soll ab dem 01.03.17 erfolgen. Zur möglichen Fernwärmeleitung nach Süden zu Messe und Stadion gibt es damit eine beschlossene Fernwärmeleitung nach Norden. Auf dem Gelände der Solvay wird mit der Planung einer Wärmeübergabestation begonnen.

Auf Grund der niedrigen Kosten der Abwärme und der hohen Investitionskosten für den Bau der Fernwärmeleitung hat Anbieter A die Wärmelieferung an das Autohaus zu einem jährlichen Festpreis auf der Basis der maximalen Wärmeleistung angeboten. Bei dem Primärenergiefaktor = 0 ist dies ökologisch vertretbar. Für die Gebäudetechnik ist ein Lastmanagement, wie es beim elektrischen Energieverbrauch schon Jahrzehnte gehandhabt wird, hilfreich.

Mit den Informationen zu den möglichen weiteren Wärmeabnehmern wurde für das Stadion von dem Anbieter A ein neuer Wärmepreis zwischen 65 – 75 €/MWh genannt. Weitere zwischenzeitlich vorliegende Angebote unterliegen der Vertraulichkeit und können hier nicht zitiert bzw. wiedergegeben werden.



## 2 Vollkostenberechnung für Wärmeversorgungsvarianten SC Stadion

Die Vollkostenberechnung für Energieversorgungsvarianten wurde nach DIN 2067 mit investitionsabhängigen Kosten und der Annuitätenmethode, verbrauchsabhängigen Kosten mit Energiepreissteigerung und betriebsabhängigen Kosten für Wartung und Instandhaltung durchgeführt.

Zins und Energiepreissteigerung wurden in Abstimmung zwischen SC Freiburg und Umweltschutzamt mit 2,5% und 2% berücksichtigt. Die Betrachtungszeiträume wurden nach DIN mit 20 Jahre für Haustechnik und 40 Jahre für Fernwärme Komponenten angenommen.

Ein Erdgas-/Bioerdgas-Anschluss des Stadions wurde von bn-Netze geprüft und die Anschlusskosten mit 60.000 € beziffert. Für eine Erdgas-/Bioerdgas-Versorgung wurden vorläufige Angebote bei Anbieter B und Anbieter C eingeholt. Angebote für die Versorgung mit der Abwärme der Solvay wurden bei Anbieter A und E angefragt. Bei Anbieter D wurde ein Angebot für die Wärmeversorgung aus einem Heizkraftwerk angefragt.

Anbieter A hat ein Angebot abgegeben, Anbieter E hat kein Angebot abgegeben nachdem die FWTM sich für die neue Wärmeversorgung der Messe für Anbieter A entschieden hat. Anbieter D hat ein schriftliches Angebot für die Wärmeversorgung des Stadions und die Wärmeversorgung des Neubaus FWTM Kopfbau vorgelegt.

Für die Wärmebereitstellung von 2.600 MWh/a wurden damit die folgenden Varianten untereinander verglichen:

- 3 Erdgas-Brennwertkessel mit je 800 kW
- 3 Erdgas-Brennwertkessel mit je 800 kW + Erdgas-BHKW 100 kWth/80 kWel
- 3 Erdgas-Brennwertkessel mit je 800 kW + Bioerdgas-BHKW 100 kWth/80 kWel
- Angebot Anbieter A Abwärme Solvay
- Angebot Anbieter D Fernwärme aus dem Heizkraftwerk

Für die Investitionskosten in die Haustechnik wurden folgende Annahmen getroffen:





Wärmeversorgungsvarianten Neubau SC Stadion	€ netto	Anbieter A Solvay Abwärme	Anbieter B Erdgas	Anbieter B Erdgas + BHKW	Anbieter B Bioerdgas + BHKW	Anbieter C Erdgas + BHKW	Anbieter D mit PEF=0,2
Zins	%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Preissteigerung	%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Betrachtungszeitraum	a	20	20	20	20	20	20
Gas-Anschluss	€		60.000	60.000	60.000	60.000	
Brennwert Heizkessel W+	kW		800	800	800	800	
Brennwert Heizkessel W+	€/kW		46	46	46	46	
3 Brennwert Heizkessel W+	€		110.400	110.400	110.400	110.400	
BHKW	kW th			100	100	100	
BHKW	kW el			80	80	80	
BHKW Verluste	kW			20	20	20	
BHKW	€/kW th			1.200	1.200	1.200	
BHKW	€			120.000	120.000	120.000	
Pufferspeicher	€	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	
Abgasanlagen W+	€		32.400	37.800	37.800	37.800	
Heizraum/ Wärmeübergabe	m <sup>2</sup>	50	100	150	150	150	
Heizraum/ Wärmeübergabe	m <sup>2</sup>	3	3	3	3	3	
Heizraum/ Wärmeübergabe	€/m <sup>3</sup>	350	350	350	350	350	
Heizraum/ Wärmeübergabe	€	52.500	105.000	157.500	157.500	157.500	
Planung und Bauleitung	€	70.000	24.102	40.113	40.113	40.113	
Mehrkosten Leitungen, Isolierung für Niedertemperatur		140.000					
Mehrkosten Zwischentauscher Reduzierung Zulufttemperatur			75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
Mehrkosten Erfüllung EWärmeG			180.000				
Investition	€	282.500	606.902	620.813	620.813	620.813	835.000
Jahreskosten Investition	€/a	18.100	38.900	39.800	39.800	39.800	53.563

Die Investitionskosten variieren zwischen 282.500 € für die Abwärmevariante und 760.000 € Anschlusskosten + 75.000 € in der Variante Anbieter D.

Mit den Annahmen für Wartungs- und Instandhaltungskosten ergeben sich die Jahreskosten im 1. Jahr, in die die Energiepreissteigerung nicht eingehen. Mit der Energiepreissteigerung von 2% ergeben sich daraus dann die Jahreskosten der Wärmeversorgungsvarianten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Anbieter A bietet die Abwärmelieferung zu einem Festpreis für die Dauer von 10 Jahre an.

Die Wärmebereitstellung im 1. Jahr ist mit Erdgas ohne und mit BHKW kostengünstiger als die Abwärmennutzung der Solvay. Das Angebot des Anbieter D ist deutlich teurer. Über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ist die Abwärmennutzung die wirtschaftlichste und ökologisch beste Variante.



Wärmeversorgungsvarianten Neubau SC Stadion	€ netto	Anbieter A Solvay Abwärme	Anbieter B Erdgas	Anbieter B Erdgas + BHKW	Anbieter B Bioerdgas + BHKW	Anbieter C Erdgas + BHKW	Anbieter D mit PEF=0,2
Wartungs-/Instandhaltungskosten	%	0	2	3	3	3	0
	€/a	12.000	12.100	18.600	18.600	18.600	2.280
Wärmebedarf	MWh/a	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
Volllaststunden BHKW	h/a			1.500	1.500	1.500	
Wärme BHKW	MWh/a			150	150	150	
Gas für Kessel	MWh/a		3.166	3.016	3.016	3.016	
Gas für BHKW	MWh/a			300	300	300	
Erdgas/Bioerdgas Arbeitspreis	Ct./kWh		1,836	1,836	6,000	1,870	
Grundpreis	€/a		0,000	0,000	0,000	0,000	
Netzentgeld	Ct./kWh		0,983	0,983	1,600	0,983	
Bilanzierungsumlage	Ct./kWh		0,040	0,040	0,040	0,040	
Erdgassteuer	Ct./kWh		0,550	0,550	0,550	0,550	
Wärmekosten	€/MWh						
Gas-/ Wärmekosten im 1. Jahr	€/a	140.000	107.900	113.000	271.600	114.200	
Elektrizitätserzeugung BHKW	MWh/a			120	120	120	
Gutschrift	Ct./kWh			-10,000	-15,000	-10,000	
Gutschrift	€/a			-12.000	-18.000	-12.000	
Leistungskosten	€/(kW a)						15
	kW						2.000
	€/a						30.000
Arbeit 1. Jahr	€/MWh						65
Gas-/ Wärmekosten im 1. Jahr mit Wartung/Inst.	€/a	152.000	120.000	119.600	272.200	120.800	201.280
<b>Gas-/ Wärmekosten im 1. Jahr mit Wartung/Inst. + Jahreskosten Investition</b>	€/a	170.100	158.900	159.400	312.000	160.600	254.800
	€/MWh	65	61	61	120	62	98
Mittlere Gas-/ Wärmekosten mit Wartung/Inst. über 10 Jahre fest bei Abwärme, dann 10 Jahre mit Energiepreissteigerung, sonst 20 Jahre mit Energiepreissteigerung	€/a	160.541	146.300	145.800	331.900	147.300	245.400
<b>Jahreskosten</b> (mittlere Gas-/Wärmekosten mit Wartung/Inst. über 20 Jahre plus Jahreskosten Investition)	€/a	178.641	185.200	185.600	371.700	187.100	299.000
	€/MWh	69	71	71	143	72	115
<b>GESAMTKOSTEN 20 JAHRE</b>		3.572.813	3.704.000	3.712.000	7.434.000	3.742.000	5.980.000
<b>CO2-Emissionen</b>	t/a	0	650	760	60	760	114

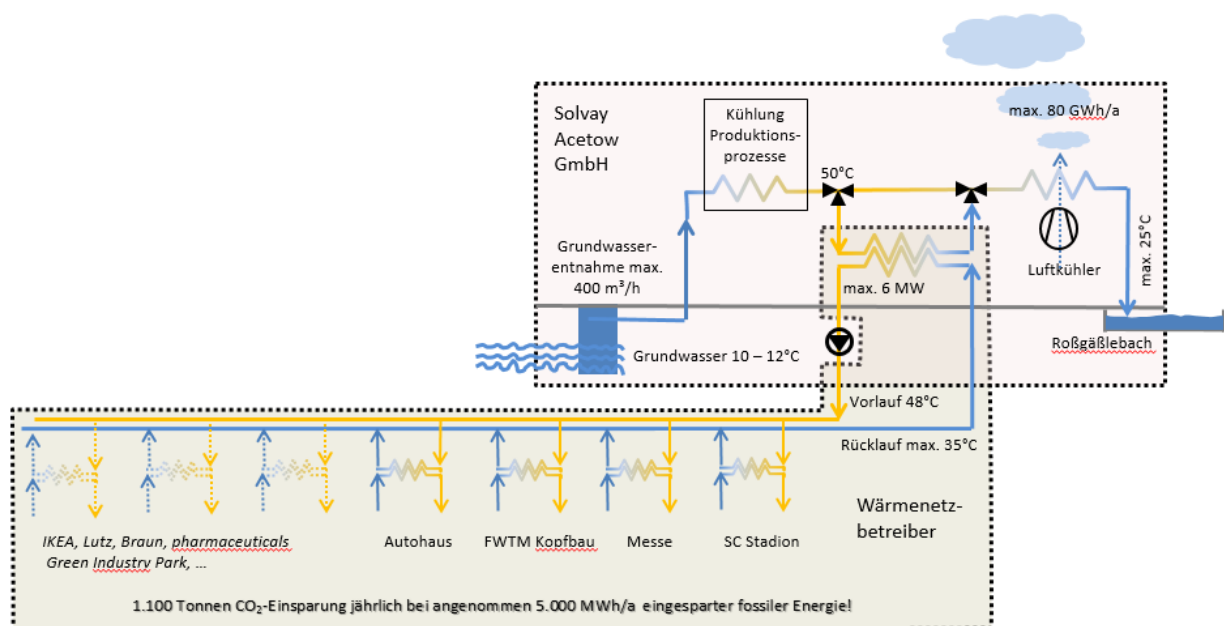


### 3 Technische Grundkonzeption und Trassenführung

Die prinzipielle Nutzung der Abwärme wurde im Bericht "Energieversorgung Neubau SC Stadion Freiburg Vorkonzept + Ergänzungen (Abschlussbericht Auftrag vom 07.12.15)" beschrieben. Die Grundwassermenge von 400 m<sup>3</sup>/h, die zur Kühlung von Produktionsprozessen genutzt wird, wird momentan von 50°C über Kühltürme auf 25 °C abgekühlt, um sie dann in den Roßgäblebach einleiten zu können. Die Wärmeleistung bei der Abkühlung beträgt 12 MW<sup>4</sup> und die jährliche Energiemenge ca. 80 GWh<sup>5</sup>.

Zur Abwärmenutzung wird das Kühlwasser vor den Kühltürmen dem Bedarf entsprechend über einen Wärmetauscher geleitet und dort die Wärme in das Fernwärmenetz übertragen. Die Abwärme hat grundsätzlich den Primärenergiefaktor = 0. Theoretisch müssten die im Luftkühler eingesparte elektrische Energie und die aufgewendete elektrische Pumpenenergie im Wärmenetz zusätzlich bilanziert werden.

Die Abwärme der Solvay wechselwirkt mit der Umwelt über das Grundwasser, den Roßgäblebach und die Luftkühler. Die Abwärmenutzung reduziert diese Wechselwirkung und entlastet die Umwelt durch den Ersatz anderer umweltbelastenden Wärmequellen in den an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude. Die Abwärmenutzung wird im Rahmen des Umweltmanagements der Solvay positiv bewertet.



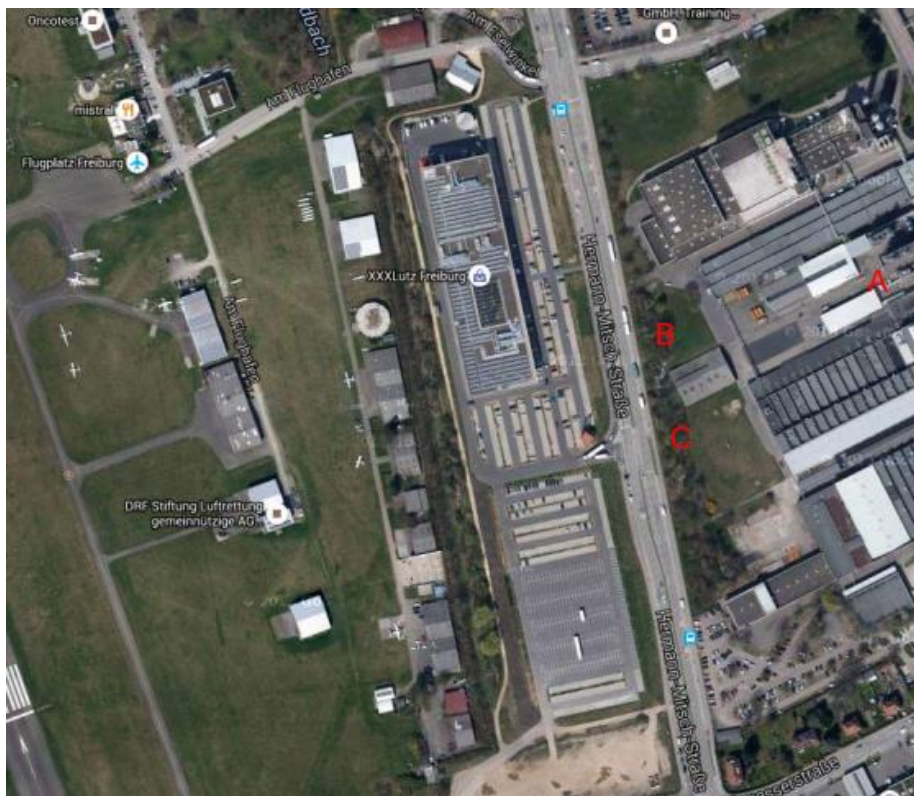
<sup>4</sup> 400 m<sup>3</sup>/h / 3.600 s/h x 4,18 MJ/(m<sup>3</sup> K) x 25 K ≈ 12 MW

<sup>5</sup> 400 m<sup>3</sup>/h x 24 h/d x 300 d/a x 1,16 kWh/(m<sup>3</sup> K) x 25 K / 1.000.000 kWh/GWh ≈ 80 GWh/a



Diese reine Prozessabwärme hat den Primärenergiefaktor = 0. Würde die gesamte Abwärme fossile Energie ersetzen, könnte die Umwelt von jährlich ca. 18.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen entlastet werden.

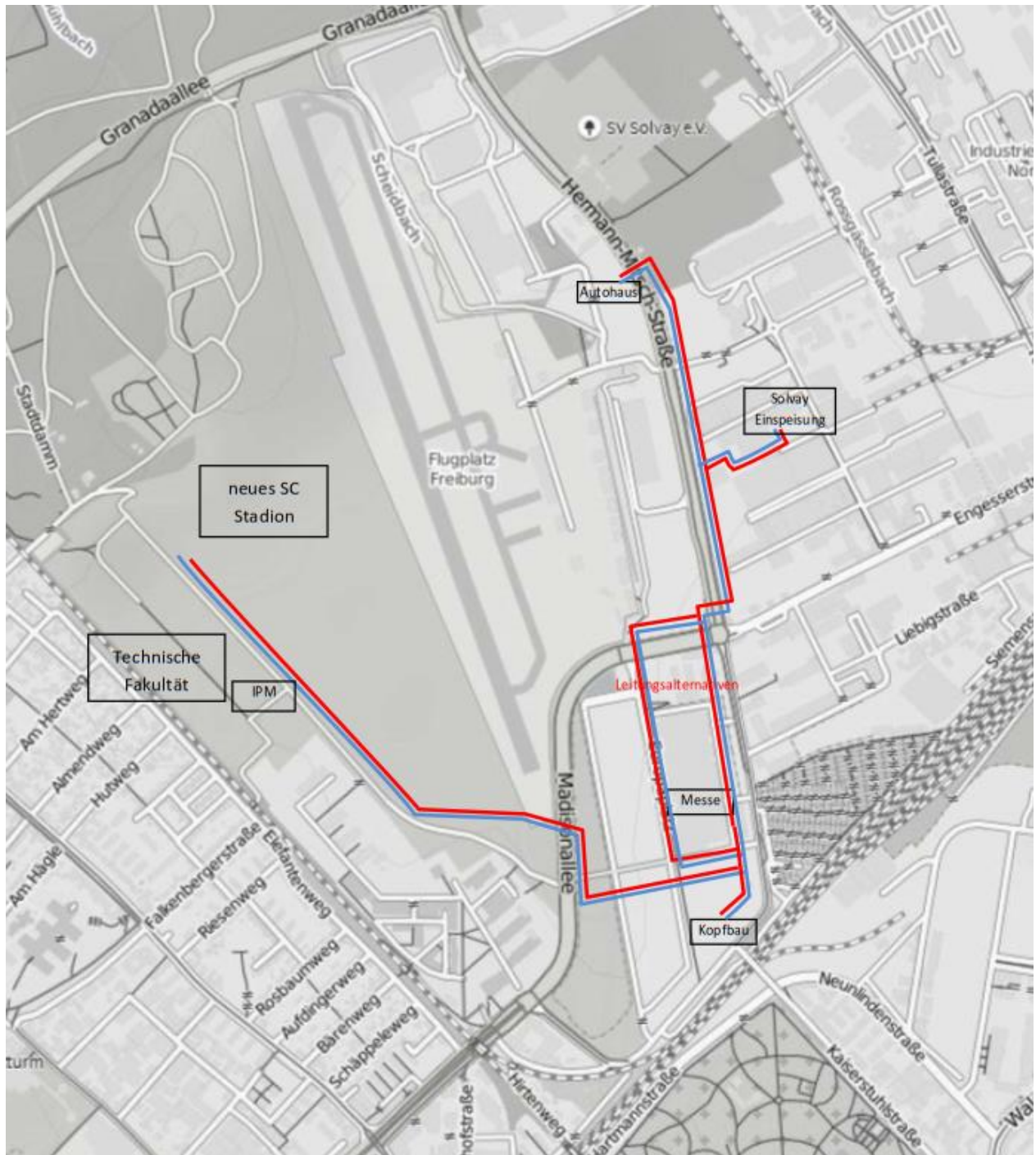
Der momentane Stand der Gespräche zwischen Solvay und Anbieter A ist der, dass die gesamte Investition von Anbieter A getragen wird und Solvay das Gelände für den Aufbau der Übergabestation zur Verfügung stellt. Im Preis der angebotenen Abwärme ist der Elektrizitätsverbrauch für die Wärmenetzpumpen enthalten.



A: Anschlusspunkt an bestehende Leitungen

B,C: mögliche Standorte für neue Übergabestation inkl. Pumpstation und Wärmetauscher

An der Stelle A auf dem Gelände der Solvay kann die Auskopplung der Abwärme mittels neuer Flansche und Armaturen stattfinden. Von dort können Rohrleitungen auf kurzem Weg zur Werksgrenze geführt werden. Die Stellen B oder C bieten sich an, um dort eine Übergabestation bestehend aus den Wärmetauschern, Wärmenetzpumpen und der Wärmemessung zu errichten. Die Trassenführung ist vorüberlegt, aber bei weitem noch nicht geplant. Durch die Zusage für die Abwärmelieferung an ein neu zu errichtendes Autohaus wird es von der Übergabestation eine Wärmeleitung nach Norden und eine Wärmeleitung nach Süden Richtung Messe und FWTM Kopfbau und von da vermutlich Richtung Stadion geben.





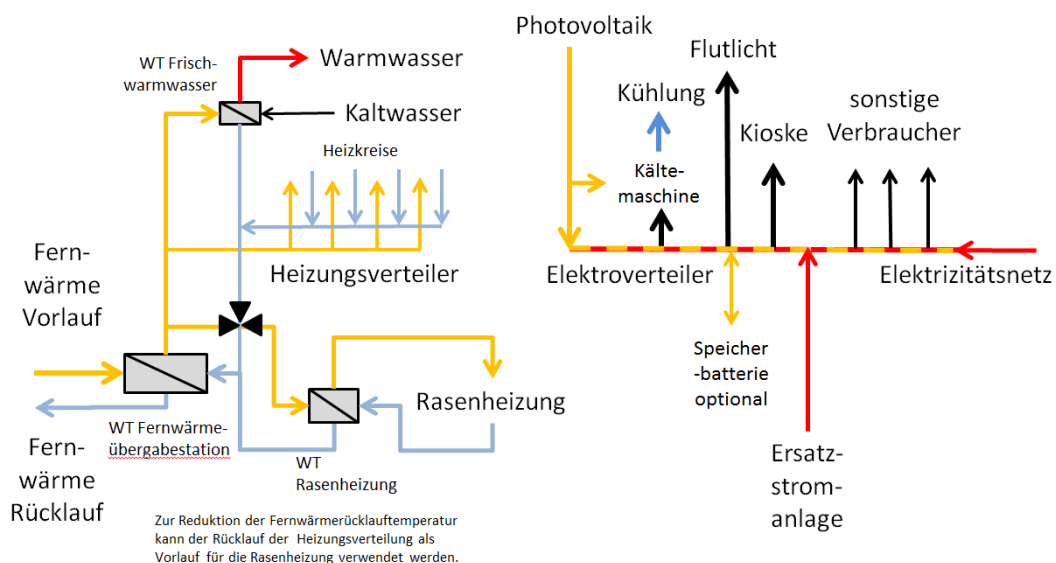
## 4 Beratung für die Umsetzung der Abwärmenutzung

### 4.1 Stadionneubau

Die Wärmeversorgung eines Neubaus mit Niedertemperaturwärme wie die der Solvay mit 48°C entspricht im weitesten Sinn der Planung eines Neubaus nach den heutigen gesetzlichen Anforderungen. Für dauerhaft beheizte Bereiche sollten die Anforderungen an den Wärmedämmstandard der Gebäudehüllflächen, die für Nichtwohngebäude recht niedrig sind, unterschritten werden. Lüftungsanlagen sollten mit sehr guter Wärmerückgewinnung und niedrigem Ventilatorenergieverbrauch geplant und betrieben werden.

Für die Warmwasserbereitung sind sogenannte Frischwasserstationen vorteilhaft. Mit der gebäudeinternen Vorlauftemperatur von ca. 46°C beaufschlagte Wärmetauscher wird Frischwasser direkt erwärmt und fließt über kurze Stichleitungen (sogenannte 3 Liter – Regel) direkt zur Zapfstelle. Die gesamte Legionellen-Problematik ist damit gelöst. Höhere Warmwassertemperaturen z.B. in der Gastronomie benötigen eventuell eine (elektrische) Nacherwärmung.

Der Wärmeverbrauch sollte für definierte Verbrauchsbereiche mit Wärmemengenzähler über die Gebäudeleittechnik erfasst werden.



Eine Besonderheit der Abwärmenutzung besteht darin, dass die Abwärme sehr günstig zur Verfügung steht und die Kosten der Abwärmenutzung wesentlich durch die Investitionskosten für den Wärmeleitungsbaubeeinflusst werden. Die Kosten für den Leitungsbausteigen mehr als proportional mit dem Leitungsdurchmesser. Quadratisch mit dem Leitungsradius steigt die übertragbare Wärmeleistung. Die ersten Überlegungen zur Angebotsgestaltung des Anbieter A gehen in Richtung eines an der maximalen Leistung sich orientierenden Festpreises (Flatrate). Deshalb ist ein Lastmanagement eine wesentliche Möglichkeit zur Kostenreduktion. Zum Lastmanagement sind



die geplanten Rasenheizungen ideal geeignet. Die Speichermasse des Erdreichs erlaubt die Heizungsunterbrechung für relativ lange Zeiträume, was bedeutet, dass die Heizleistung des Gebäudes prinzipiell nicht als zusätzliche Heizleistung berücksichtigt werden müsste.

Eine Flatrate für Energie ist im ersten Moment irritierend, in der Situation der Abwärmenutzung aber ökologisch vertretbar. Ob die Wärme über Wärmetauscher an die Umgebung abgegeben wird oder über ein zu oft geöffnetes Fenster ist in erster Näherung egal.

## **4.2 Energetischer Gebäudestandard Stadionneubau**

Durch eine Wärmeversorgung mit Primärenergiefaktor = 0 können relativ leicht hohe energetische Gebäudestandards erreicht werden. Die Anforderung des ErneuerbareEnergienWärmegesetzes sind ohne gebäudetechnischen Mehraufwand erfüllt. Der von der Stadt Freiburg geforderte KfW Effizienzhausstandard 70 erfordert nur eine Beachtung der Dämmdicken von Gebäudehüllflächen.

Noch bessere Gebäudestandard mit eventueller Förderung bis hin zum Plusenergiestandard können in Betracht gezogen werden.

## **4.3 Potentielle weitere Abwärmenutzer**

Im Industriegebiet Nord ist die Solvay einer der großen Energieverbraucher. Die energetische Situation im Industriegebiet und die Möglichkeiten der Optimierung werden im Projekt Green Industry Park<sup>6</sup> untersucht. Zwischen Solvay und Stadionneubau gibt es aber auch eine Vielzahl von Wärmeverbrauchern, die anstelle der eigenen Wärmeerzeugung die Abwärme der Solvay nutzen könnten. Je größer die Zahl der Abwärmenutzer desto sinnvoller ist die Investition in ein solches Wärmenetz.

---

<sup>6</sup> Green Industry Park Freiburg, Februar 2014 Stadt Freiburg, badenova, Fraunhofer ISE und FWTM, Industriegebiet Nord, 300 ha Fläche, 300 Unternehmen, 20% des Gesamt-Stromverbrauchs in Freiburg, Verursacher von 10% der CO<sub>2</sub>-Emissionen Freiburgs



#### 4.3.1 Beispiel Abwärmennutzung Bestandsgebäude Messe

Die Messe Freiburg hat eine installierte Heizleistung von 3,4 MW, wo von derzeit 2,7 MW tatsächlich zur Verfügung stehen. Die ursprüngliche Heizungsauslegung war Vorlauf/Rücklauf 70°C/50°C, diese wurde nach Betriebserfahrungen auf 60°C/40°C geändert. Die nach DIN geplante Heizung ist ausgelegt auf eine Außenlufttemperatur von -12°C. Wird die Wärmeversorgung der Messe auf die Abwärme der Solvay umgestellt, muss das Heizungssystem mit der Vorlauftemperatur im Wärmenetz von 48°C und nach der Übergabestation im Gebäude mit 46°C und einer Rücklauftemperatur im Wärmenetz von maximal 35°C auskommen. Die Temperaturspreizung von 20K reduziert sich um den Faktor 2,8 auf 7 K. Dies bedeutet, dass der Massenstrom in einer Wärmeleitung um den Faktor 2,8 ansteigen muss, um die gleiche Wärmeleistung zu übertragen. Das erfordert je nach





Wärmeleitungsdimensionierung den Austausch von Leitungen und/oder stärkere Pumpen und neue Regelventile. Außerdem müssen Nachheizregister und statische Heizflächen vergrößert werden. Ein Kostenpunkt ist z.B. die Wärmeleitung von der Heizzentrale zur Rothaus Arena, deren Austausch von DN 100 auf DN 200 einen großen Kostenpunkt darstellt. In einer Voruntersuchung wurden Umbaukosten von 700 T€ zuzgl. Ingenieursleistungen ermittelt.

Würde die Auslegung des Heizungsumbaus nach DIN von  $-12^{\circ}\text{C}$  auf  $-5^{\circ}\text{C}$  geändert, was den niedrigsten Außentemperaturen in den zurückliegenden Jahren entspricht, würden sich die Umbaukosten um schätzungsweise 500 T€ reduzieren.

Das tendenzielle Festpreisangebot für die Abwärmenutzung ist nach der maximal benötigten Wärmeleistung gestaffelt. Eine Auswertung der gemessenen stündlichen Heizleistungen der vergangenen 5 Jahre zeigt, dass Heizleistungen über 1,8 MW nur an etwa 100 Stunden von 43.800 Stunden benötigt wurden. Diese Spitzenlasten traten immer morgens auf, wenn nach kalten Nächten die Heizung von Nachtabsenkung auf Tagbetrieb umschaltet. Mit einer Veränderung der Heizungssteuerung können diese Heizlastspitzen reduziert und eine kostengünstigere niedrigere Heizlast vertraglich vereinbart werden.

Die Vollkosten<sup>7</sup> der derzeitigen Wärmeversorgung können dann mit dem zukünftigen Festpreis für die Versorgung mit Abwärme verglichen und die jährliche Einsparung an Heizkosten mit der Investition für den Heizungsumbau verglichen werden.

Die Umweltentlastung von derzeit 270 Tonnen  $\text{CO}_2$ -Emissionen wird durch die Abwärmenutzung auf 0 Tonnen  $\text{CO}_2$ -Emissionen reduziert. Mit der schon lange diskutierten  $\text{CO}_2$ -Abgabe von 50 €/Tonne entspräche das einem zusätzlichen Kostenvorteil von 13.500 €. Die Förderung des Umbaus im  $\text{CO}_2$ -Minderungsprogramm des Landes Baden-Württemberg würde eine Fördersumme von 200 T€ bedeuten.

#### **4.3.2 Beispiel Abwärmenutzung Neubau FWTM**

Vergleichbar mit dem Stadionneubau verhält sich die Situation der Fernwärmeversorgung mit dem niedrigen Temperaturniveau der Abwärme der Solvay bei einem Bürogebäude wie dem südlich der Messe geplanten Neubau der FWTM. Der Kopfbau ist ein nach den Vorgaben der Stadt Freiburg im KfW Effizienzhausstandard 70 nach EnEV 2016 zu planen. Vom Generalplaner wurde zur Einhaltung der Anforderung ein Erdgas-Blockheizkraftwerk und eine gut gedämmte Gebäudehülle vorgeschlagen. Durch die Wärmeversorgung mit Abwärme mit Primärenergiefaktor=0 werden die Anforderungen an den Primärenergiebedarf und das EWärmeG selbst für höhere Effizienzhausstandards eingehalten. Die Gebäudehülle kann ohne Rücksicht auf die sowieso

---

<sup>7</sup> Vollkosten = Energiekosten + Netzentgeld + Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten + Schornsteinfeger + Reinvestition Heizungsanlage



eingehaltene Primärenergieanforderung allein hinsichtlich der U-Wert-Anforderungen für die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten optimiert werden. Kosten für Wärmeerzeugung, Schornstein und die dafür notwendigen Haustechnikflächen entfallen und/oder reduzieren sich.

Mit niedrigen Investitionskosten, höherer möglicher Förderung, niedrigeren Energiekosten und geringeren Umweltbelastungen ergibt sich in jedweder Hinsicht ein geldwerter Vorteil für alle Projektbeteiligten.



## 5 Zwischenstand Abwärmenutzung

Mit den aufgeführten Firmen und Institutionen wurden Gespräche zu dem Thema Abwärmenutzung geführt. In einem im Gang befindlichen Planungsprozess kann es Wahrscheinlichkeiten für Entscheidungen geben und so gesehen ist hier ein Zwischenstand dargestellt. Ohne firmenspezifische Vertraulichkeiten sind die Ergebnisse zum Stand der Fertigstellung dieses Berichts nachfolgend zusammengefasst. Vorliegende Angebote unterliegen der Vertraulichkeit und können hier nicht wiedergegeben werden.

Firma/Institution	Position Abwärmenutzung (September 2016)
SFG Stadion Freiburg Objektträger GmbH & Co KG	Anschluss wahrscheinlich, Angebot Anbieter A für Stadionneubau liegt vor
Freiburger Wirtschafts- und Touristik GmbH, Freiburg	Anschluss Messe so gut wie sicher, Angebot Anbieter A liegt vor, Umbaukosten wurden ermittelt Anschluss Kopfbau so gut wie sicher, Angebot Anbieter A liegt vor, Prüfung Umplanungskosten
Green Industry Park	Gespräche bezüglich möglicher Einbindung und zusätzlicher Abnehmer BioTec, ASF, Spedition Klotz, HEMA Hydraulik, Hild, ...
Universität Freiburg	Interesse für Neubauten Innovationszentrum, 2 Wohnheime, Laborgebäude, Mensa, ... Solvay Abwärme Leistungsgrenze? Kopplung UKF-HKW?
Fraunhofer-Institut für physikalische Messtechnik, Freiburg	Anschluss wahrscheinlich, interessant für mögliche Forschungsprojekte
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg	Vorlauftemperatur zu niedrig, Platzprobleme
Autohaus	Umbaukosten TGA wurden geprüft, handelseinig mit Anbieter A, Abwärmelieferung ab 01.03.17
CellGenix GmbH	Neubau ist nur eine Aufstockung, wird an die bestehende Heizungsanlage angeschlossen, Umbau Bestand zu aufwendig
Komtur pharmaceuticals	für Neubau Abwärmenutzung nicht mehr umplanbar, Angebot Anbieter A für Bestandsgebäude, Kostenvorteil defekte Wärmepumpe müsste erneuert werden, keine Umbaukosten Haustechnik, weil schon 2003 als Niedertemperaturgebäude geplant
Oncotest GmbH	noch keine Rückmeldung
KLS Martin GmbH & Co. KG	kein Anschluss weil Heiz- und Kühlbedarf etwa gleich groß und Erdsonden zur Kühlung und WP mit Erdsonden zum Heizen gut funktionieren
IKEA Deutschland GmbH & Co.KG	Interesse auch wegen Umweltmanagement, Prüfung der Option in der Geschäftszentrale
XXXL Einrichtungshaus Freiburg	noch keine Rückmeldung aus Österreich
Braun Möbel Center GmbH & Co. KG	noch keine Rückmeldung aus Reutlingen



## 6 Akteure und Institutionen

Folgende Akteure und Institutionen wurden kontaktiert und mit diesen Besprechungen koordiniert und abgehalten und vielfältig Informationen ausgetauscht:

Tätigkeitsbereich	Akteure und Institution	Positionen
<b>Stadion</b>	SFG Stadion Freiburg Objektträger GmbH & Co KG	Bauherr für den Stadionneubau
	Sport-Club Freiburg e.V., Schwarzwaldstr. 193, 79117 Freiburg	Stadionbetreiber
	RoM Management GmbH, Grünwald	Berater des Bauherrn für Energie und Haus-technik
	IFS Euskirchen	Stadion Ausschreibung
	TGA Consulting GmbH, München	TGA Beratung für die SFG
<b>Stadt</b>	Dezernat für Umwelt mit Forst und Abfallwirtschaft, Jugend, Schule und Bildung	
	Umweltschutzamt der Stadt Freiburg	Auftraggeber Energiekonzept
	Garten- und Tiefbauamt der Stadt Freiburg	Landschaftsplanung, Verkehrsinfrastruktur und Fernwärmerahmenvertrag
	Rechtsamt der Stadt Freiburg	Prüfung Ausschreibung Fernwärmenetz
<b>FWTM</b>	Freiburger Wirtschafts- und Touristik GmbH, Freiburg	Auftraggeber Energiekonzept Kopfbau und Cluster Green City / Green Industry Park Auftrag Ansprache potentieller weiterer Abnehmer
<b>Erdgasversorgung</b>	badenova AG & Co. KG, Freiburg	Angebot für Erdgasversorgung
	Elektrizitätswerke Schönau Vertriebs GmbH, Schönau	Angebot für Erdgasversorgung
<b>Photovoltaik</b>	Energossa GmbH, Freiburg	7 – 8 Ct.kWh für PV Elektrizität, wenn auf einer unverschatteten Dachfläche installiert werden kann
<b>Wärmequelle</b>	Solvay Acetow GmbH, Freiburg	Angebot zur Lieferung von Abwärme aus Produktionsprozessen mit PEF = 0, Vorlauf-temperatur 48°C
	UKF-HKW	Angebot zur Lieferung von Wärme mit PEF < 0,2, Vorlauf-temperatur 93°C
<b>Fernwärmenetz</b>	badenova WÄRMEPLUS GmbH & Co.KG, Freiburg	Angebote für Bau des Wärmenetzes und Wärmelieferung Abwärme
	ENGIE GmbH (ehemals Cofely GmbH Geschäftsbereich Energy Services, Bochum)	kein Angebot
	Ratio Energie, Lörrach	kein Angebot
<b>Förderung</b>	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR),	unverbindliche Anfrage Förderung Abwärmenutzung / Energiestandard
	WMWi EnEFF-Stadt Projektträger Jülich	Anträge erst wieder ab August 2017
	Landesförderung BW	CO <sub>2</sub> -Minderungsprogramm