Bauma

Machbarkeitsstudie
Holz-Wärmeverbund Bauma

Zürich, 30. Juni 2018
überarbeitet 3. Dezember 2018
überarbeitet 9. Januar 2019

Holzenergie Schweiz
Andreas Keel
Neugasse 6
8005 Zürich
Telephon 079 306 00 34
keel@holzenergie.ch

Inhalt

		Seite
1.	**Ausgangslage und Aufgabenstellung**	**4**
2.	**Grundlagen**	**4**
2.1	Vorbemerkung	5
2.2	E+H Ingenieurbüro 1996	5
2.3	Sennereigenossenschaft Bauma/Pro Zürcher Berggebiet 2010	5
2.4	EWZ/EKZ ab 2011	5
2.5	Ingenieurbüro Kurt Rothweiler 2015	6
2.5.1	Teil 1: Sanierung Heizzentralen Gemeindeliegenschaften Dorfzentrum	6
2.5.2	Teil 2: Sanierung Holzschnitzelheizzentrale Schulhaus Altlandenberg	6
2.5.3	Teil 3: Sanierung Heizzentralen Gasthaus Tanne und Alterszentrum Bauma	6
3.	**Anschlussdichte und Wärmegestehungskosten**	**6**
3.1	Anschlussdichte	6
3.2	Wärmegestehungskosten	7
4.	**Situationserfassung**	**8**
4.1	Übersicht	8
4.2	Beschreibungen	9
4.2.1	Schulhaus Altlandenberg/Hallenbad	9
4.2.2	Sekundarschulhaus Bauma	9
4.2.3	Alterszentrum Bauma	9
4.2.4	Gemeindehaus	9
4.2.5	Kindergarten	9
4.2.6	Altes Steueramt	9
4.2.7	Gasthaus Tanne	9
4.2.8	Pflegezentrum Bauma	9
4.2.9	Käserei Preisig	10
4.2.10	Überbauung Grosswis	10
4.2.11	Altersheim Böndler	10
4.2.12	Quartier Altlandenberg	10
4.3	Energetische Anschlusswerte: Zusammenzug	10
5.	**Standort Heizzentrale/Silo**	**11**
6.	**Gewählte Varianten**	**12**

7.	**Varianten A und A1: Wärmeverbund klein**	**13**
7.1	Wärmenetz	13
7.2	Wärmeerzeugung	14
7.3	Förderbeiträge	17
7.3.1	Stiftung KliK	17
7.3.2	Schweizer Berghilfe	17
7.3.3	Zürcher Landwirtschaftliche Kreditkasse ZLK	17
7.4	Kosten	18
7.4.1	Fernleitungsnetz	18
7.4.2	Herleitung übrige Kosten	18
7.4.3	Kostenberechnung Kapitalzinssatz 3.0%	19
7.4.4	Kostenberechnung Kapitalzinssatz 2.0%	20
7.5	Variante A1	21
7.5.1	Allgemeine Bemerkungen	21
7.5.2	Herleitung der Kosten	22
7.5.3	Kostenberechnung Kapitalzins 2.0%	23
7.6	Trägerschaft	24
7.7	Chancen-Risiken-Analyse	24
7.8	Meilensteinplanung	26
7.8.1	Eigene Trägerschaft	26
7.8.2	Contractinglösung	26
8.	**Variante B: Stromerzeugung**	**27**
8.1	Übersicht Technologie	27
8.2	Anlagenbeschreibung	29
8.3	Strompreise	30
8.4	Kosten	31
8.5	Trägerschaft	32
8.6	Chancen-Risiken-Analyse	33
9.	**Variante C: Wärmeverbund gross**	**34**
9.1	Beschreibung	34
9.2	Kostenschätzung	34
9.3	Trägerschaft	36
9.4	Chancen-Risiken-Analyse	36
9.5	Meilensteinplanung	37
10.	**Zusammenfassung und Empfehlungen**	**37**
	Anhang: Organisationsformen gemäss OR	**39**
	Quellenverzeichnis	**39**

1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Das Forstrevier Bauma-Wila bewirtschaftet eine Waldfläche von insgesamt 1‘897 ha (1‘465 ha in Bauma, 432 ha in Wila). In Bauma bedeckt der Wald mehr als die Hälfte der gesamten Gemeindefläche und gehört zu 97% privaten Waldbesitzern. Entsprechend gross ist das lokal verfügbare Energieholzpotenzial. Aus diesem Grund wurden in der Gemeinde Bauma in den letzten 25 Jahren immer wieder Initiativen für den Aufbau eines grösseren Holz-Wärmeverbundes ergriffen und zahlreiche Untersuchungen und Abklärungen durchgeführt. Aus verschiedenen Gründen liess sich jedoch bisher kein solcher Holz-Wärmeverbund realisieren.

Nachdem die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger am 24. September 2017 einer Sanierung des Hallenbades Bauma mit grossem Mehr zugestimmt hatten, hat sich die Ausgangslage insofern verändert, als auch das Hallenbad eine neue Heizung benötigen wird. Zudem kommt auch das Alterszentrum Bauma für einen Anschluss in Frage, und mit der Käserei Preisig ist ein weiterer grösserer Verbraucher vorhanden, welcher sich für den Anschluss an einen zukünftigen Wärmeverbund interessiert.

Aus diesem Grund ist die Idee entstanden, aufgrund der umfangreichen bisherigen Abklärungen und Studien sowie der neuen Ausgangslage, die Machbarkeit eines Holz-Wärmeverbundes in Bauma noch einmal zu prüfen.

Mit dem vorliegenden Bericht soll diese Idee konkretisiert werden. Der Bericht klärt die grundsätzliche Machbarkeit eines Holz-Wärmeverbundes in Bauma ab und umfasst folgende Punkte:

- Herleitung der energetischen Anschlusswerte verschiedener Varianten
- Standort Heizzentrale/Silo
- Grobauslegung Fernleitungsnetz (System, Dimensionierung, Linienführung)
- Technisches Grobkonzept Wärmeerzeugung
- Berechnung der Investitions- und Wärmegestehungskosten
- Empfehlungen

Ein erster Bericht wurde per 30. Juni 2018 erstellt und am 18. Juli 2018 gemeinsam mit Vertretern der Gemeinde Bauma und von Pro Zürcher Berggebiet besprochen. Am 22. August 2018 diskutierte der Gemeinderat Bauma den Bericht und kam zu folgenden Ergebnissen:

- Nebst rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind auch Nachhaltigkeitsaspekte zu berücksichtigen.
- Beim aktuellen Wissensstand kommt nur die Variante C in Frage. Um über deren Weiterverfolgung zu befinden, benötigt der Gemeinderat weitere Entscheidungsrundlagen wie z.B.:
  - mögliche Trägerschaftsmodelle
  - Chancen-Risiken-Analyse
  - grobe, mit Kosten unterlegte Meilensteinplanung

Aufgrund dieses Gemeinderatsbeschlusses wurde der Bericht per 3. Dezember 2018 überarbeitet, wobei gleichzeitig auch noch gewisse inhaltliche Korrekturen und Ergänzungen angebracht wurden (insbesondere Berücksichtigung der neuen Wohnüberbauung Grosswis).

Dieser Bericht wurde am 20. Dezember 2018 und am 7. Januar 2019 von Res Sudler, Gemeindepräsident, Roberto Fröhlich, Gemeindeschreiber, Max Bosshard und dem Verfasser besprochen. Anlässlich der Besprechung vom 7. Januar 2019 wurde auch beschlossen, die Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG westlich der Käserei Preisig in die Überlegungen einzubeziehen.

Der vorliegende Bericht stellt den aktuellen Stand der Abklärungen per 8. Januar 2019 dar.

2. Grundlagen

2.1 Vorbemerkung

Ein erster Arbeitsschritt bestand in der Sichtung der umfangreichen Daten. Die wichtigsten Unterlagen sind nachfolgend kurz beschrieben:

2.2 E+H Ingenieurbüro 1996

Der Bericht «Gemeinde Bauma, Holzheizung mit Nahwärmeverbund, Teil C: Umfrage/rev. Kostenmodell, E+H Ingenieurbüro für Energie + Haustechnik, Alfred Gründler» vom 4. September 1996 ist der einzig verfügbare Teil eines grösseren Berichtes. Aus diesem Dokument geht hervor, dass 1996 ein grösserer Wärmeverbund mit einem etappierten Ausbau und einer Anschlussleistung im Endausbau von 3 bis 4 MW untersucht wurde. Als Standort der Heizzentrale war das Grundstück der Landi im Gebiet Gnistwis (Parzelle Nr. 3240) im Gespräch.

2.3 Sennereigenossenschaft Bauma/Pro Zürcher Berggebiet 2010

2010 griff eine Initiativgruppe der Sennereigenossenschaft Bauma zusammen mit Pro Zürcher Berggebiet die Idee eines Holz-Wärmeverbundes in Bauma erneut auf. Als Standort der Heizzentrale war der alte Schweinestall bei der Einmündung des Wissenbachs in die Töss vorgesehen (Parzelle Nr. 3264). Den Anschlussperimeter bildete das Geviert Sennhüttenstrasse, Unterdorfstrasse, Altlandenbergstrasse und Bahnlinie. Zu dieser Idee liegen verschiedene Projektunterlagen sowie eine Machbarkeitsstudie der Firma Kurt Raschle GmbH, Rickenbach ZH, vor, welche jedoch keine Hinweise auf konkrete Anschlussinteressen enthalten.

2.4 EWZ/EKZ

Ab 2011 wurde zunächst zusammen mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich EKZ und später auch mit dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich EWZ versucht, das Wärmeverbundprojekt weiter voranzutreiben. Als Heizzentralenstandorte waren der alte Schweinestall sowie das Grundstück bei der Bocciabahn an der Bäretswilerstrasse (Parzelle Nr. 6531) in Diskussion. Vom EWZ liegen zwar Richtangebote für den Anschluss der Liegenschaften Dorfstrasse 40 (altes Steueramt), Altlandenbergstrasse 4 (Hallenbad/Schulhaus) und Bäretswilerstrasse 2 (Alterszentrum Bauma) vor. Weitere Angaben über die Art und die Kosten der Wärmeerzeugung (Heizzentrale) und der Wärmeverteilung (Fernleitungsnetz) sind nicht verfügbar.

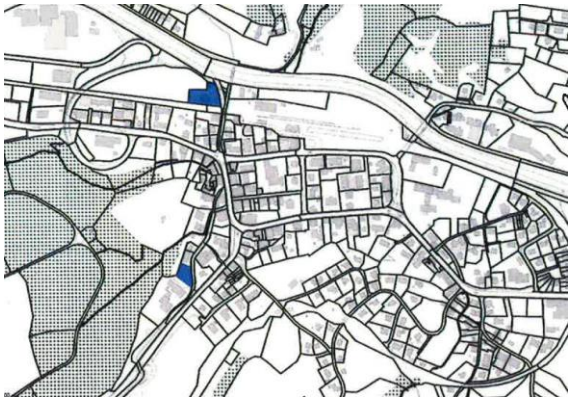

Bild 1: Von EWZ und EKZ ab 2011 diskutierte Anlagenstandorte.

2.5 Ingenieurbüro Kurt Rothweiler 2015

2.5.1 Teil 1: Sanierung Heizzentralen Gemeindeliegenschaften Dorfzentrum

Der Bericht «Machbarkeitsstudie Teil 1: Sanierung Heizzentralen Gemeindeliegenschaften Dorfzentrum, Kurt Rothweiler, Ingenieurbüro, 2015, untersucht verschiedene Varianten für die Sanierung der Heizzentralen im Gemeindehaus (Dorfstrasse 41, im Kindergarten (Heinrich Gujer-Strasse 6) und im Alten Steueramt (Dorfstrasse 40). Nebst zentralen und dezentralen Öl- und Pelletheizungen wurde auch die Variante eines Anschlusses an die Holzschnitzelheizung im Sekundarschulhaus (Heinrich Gujer-Strasse 35) geprüft. Empfohlen wurde der Anschluss an die überdimensionierte Holzschnitzelheizung im Sekundarschulhaus unter der Voraussetzung, dass «unterwegs» zwischen Sekundarschulhaus und Gemeindehaus zusätzliche private Liegenschaften angeschlossen werden können, um die ungünstige Anschlussdichte von 0.44 MWh/Trm*Jahr zu verbessern. Allerdings belaufen sich die Wärmegestehungskosten auf rund 21 Rp./kWh, was deutlich über dem Zielwert der Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Energieträgern liegt (vgl. Kapitel 3).

2.5.2 Teil 2: Sanierung Holzschnitzelheizzentrale Schulhaus Altlandenberg

Der Bericht «Machbarkeitsstudie Teil 2: Sanierung Holzschnitzelheizzentrale Schulhaus Altlandenberg, Kurt Rothweiler, Ingenieurbüro, 2015, untersuchte die Sanierung der bestehenden Holzschnitzelheizung aus dem Jahr 1993 in der Heizzentrale des Schulhauses Altlandenberg, welche das Schulhaus und das Hallenbad beheizt. Dabei wurde keine Erweiterung des Fernleitungsnetzes untersucht.

2.5.3 Teil 3: Sanierung Heizzentralen Gasthaus Tanne und Alterszentrum

Der Bericht «Machbarkeitsstudie Teil 3: Sanierung Heizzentralen Gasthaus Tanne und Alterszentrum, Kurt Rothweiler, Ingenieurbüro, 2015, untersuchte verschiedene Varianten (Öl-/Pelletheizungen) für die Sanierung der beiden Heizzentralen im Gasthaus Tanne (Dorfstrasse 16) und im Alterszentrum Bauma (Bäretswilerstrasse 2). Empfohlen wurden ein Ersatz der Ölheizung im Alterszentrum durch eine Pelletheizung und ein Ersatz der Ölheizung im Gasthaus Tanne durch einen kondensierenden Ölkessel.

3. Anschlussdichte und Wärmegestehungskosten

3.1 Anschlussdichte

Grundsätzlich ist das Ziel, dass die Wärmegestehungkosten (Vollkosten) des Holz-Wärmeverbundes gegenüber den Wärmegestehungskosten anderer Energiesysteme (Ölheizung, Wärmepumpen) konkurrenzfähig sein sollen. Ansonsten wird es schwierig, private Liegenschaftsbesitzer zu einem Anschluss ihrer Liegenschaften zu motivieren.

Das wichtigste Kriterium zur Erreichung einer guten Wirtschaftlichkeit ist die Anschlussdichte. Diese ist definiert als Energiemenge, welche pro Meter Grabenlänge und Jahr abgesetzt wird:

$$\frac{\text{Summe des Jahreswärmebedarfs der Wärmebezüger}^{1)}\ [\text{MWh/Jahr}]}{\text{Trassenlänge}^{2)}\ [\text{m'}]}$$

[1] abzüglich Jahreswärmebedarf direkt ab Hauptverteiler

[2] Stamm-, Zweig- und Hausanschlussleitungen

Tabelle 1: Definition Anschlussdichte gemäss QM Holzheizwerke. Die Anschlussdichte gibt an, wieviel Nutzenergie pro Trassenmeter (Laufmeter Grabenlänge) und Jahr ins Wärmenetz abgegeben wird (MWh/Trm*Jahr).

QM Holzheizwerke verlangt – je nach Ausbaugrad des Fernleitungsnetzes und Geländebeschaffenheit – folgende minimalen Anschlussdichten, welche auch Bedingung dafür sind, dass die Vollkosten der Wärmeerzeugung und Verteilung konkurrenzfähig zu Alternativenergien sind:

Ausbaustatus	Anschlussdichte Wärmenetz	
	Günstige Bedingungen [(MWh/a)/Trm]	Ungünstige Bedingungen [(MWh/a)/Trm]
Erste Ausbaustufe	> 0,7	> 1,4
Endausbau	> 1,2	> 2,0

Tabelle 2: Anschlussdichten: Zielwerte. «Günstige Bedingungen» heisst Leitungsbau in Wiesen und Feldern. «Ungünstige Bedingungen» heisst Leitungsbau in Strassen und Dorfzentren mit vielen bestehenden Werkleitungen. Wichtig ist auch ein zügiger Anschlussfortschritt. Der Endausbau sollte innerhalb von 3 bis maximal 5 Jahren erreicht sein.

Je kleiner die Anschlussdichte ist, desto grösser sind die Fernleitungsverluste:

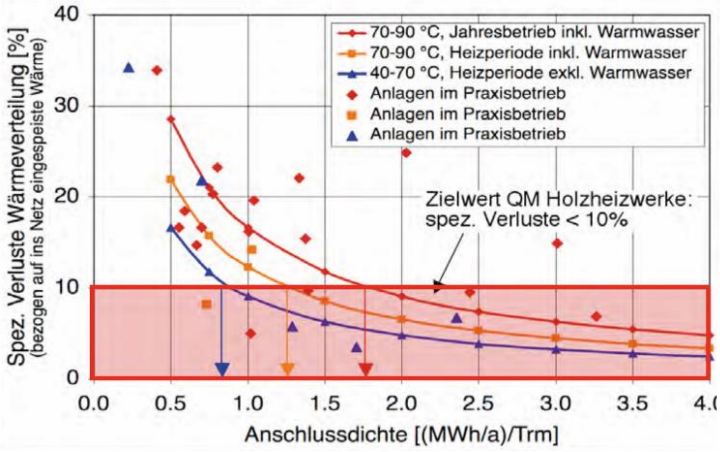

Bild 2: Spezifische Wärmeverteilverluste in Abhängigkeit der Anschlussdichte und der Betriebsart, gemäss QM Holzheizwerke.

Grundsätzlich ist immer die Anschlussdichte als Durchschnittwert über den ganzen Wärmeverbund zu berücksichtigen. Die minimale Anschlussdichte kann jedoch auch als Entscheidungskriterium dafür dienen, ob sich der Anschluss einer einzelnen Liegenschaft bzw. einer Häusergruppe lohnt.

Fast ebenso wichtig wie die Anschlussdichte selbst ist der Zeitraum, bis sie erreicht ist. Je zügiger der Anschlussfortschritt, desto besser. Der grösste Teil der Investitionen fällt zu Beginn an. QM Holzheizwerke fordert deshalb, dass der Endausbau eines Wärmeverbundes innerhalb von 3 bis 5 Jahren erreicht sein soll.

3.2 Wärmegestehungskosten

Um mit den anderen Energieträgern (Heizöl, Wärmepumpe, Erdgas) konkurrenzfähig zu sein, sollten die Wärmegestehungskosten eines Holz-Wärmeverbundes erfahrungsgemäss 16 bis 18 Rp./kWh (exkl. MWSt.) nicht übersteigen.

4. Situationserfassung

4.1 Übersicht

In der Übersicht präsentiert sich die Situation wie folgt:

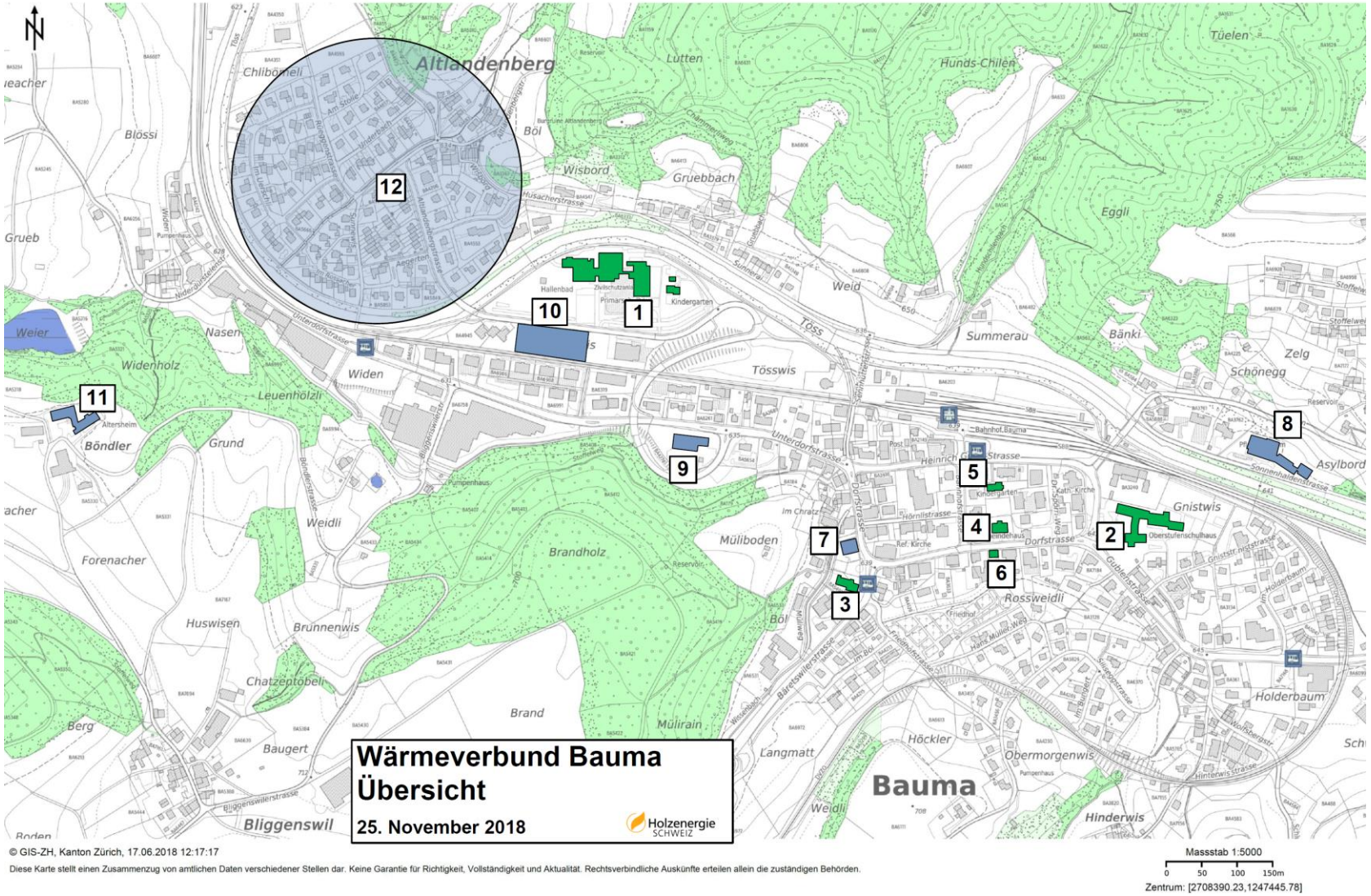

Bild 3: Übersicht über die wichtigsten Anschlussliegenschaften.

4.2 Beschreibungen

4.2.1 Schulhaus Altlandenberg/Hallenbad 1

Die bestehende Holzschnitzelfeuerung (Müller MRU 400) im Schulhaus Altlandenberg versorgt das Schulhaus und das Hallenbad mit Wärme. Der Holzkessel hat eine Nennleistung, je nach Brennstoffqualität) von 370 bis 460 kW und stammt aus dem Jahr 1993. Der Kessel hat das Ende seiner Lebensdauer erreicht und muss ersetzt werden. Zudem ist die Anlage aufgrund der verschärften Emissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung LRV mit einem Partikelabscheider («Feinstaubfilter») und zur Sicherstellung einer ausreichenden Verfügbarkeit des Partikelabscheiders mit einem Wärmespeicher auszurüsten. Der Schnitzelsilo weist ein Bruttovolumen von 237 m^3 bzw. ein Nettovolumen von etwa 150 m^3 auf. Zusätzlich steht ein Ölkessel von 750 kW Nennleistung zur Verfügung, welcher jedoch nur sehr wenige Stunden im Jahr in Betrieb ist. Die Anschlussleistung wird auf 400 kW, der jährliche Nutzenergiebedarf auf 750‘000 kWh veranschlagt.

4.2.2 Sekundarschulhaus Bauma 2

Im Sekundarschulhaus Bauma befindet sich eine Holzschnitzelfeuerung von 240 kW Nennleistung aus dem Jahr 2010. Die Anlage weist freie Kapazitäten auf. Die Anschlussleistung liegt bei 135 kW, der jährliche Nutzenergiebedarf beträgt 200‘000 kWh.

4.2.3 Alterszentrum Bauma 3

Im Alterszentrum Bauma an der Bäretswilerstrasse 2 steht ein sanierungsbedürftiger Ölkessel von 50 kW Nennleistung. Der jährliche Ölverbrauch beträgt 16‘000 l. Die Anschlussleistung wird auf 50 kW veranschlagt, der jährliche Nutzenergiebedarf auf 144‘000 kWh geschätzt.

4.2.4 Gemeindehaus 4

Im Gemeindehaus befindet sich eine Ölheizung von 60 kW Nennleistung. Das Gemeindehaus wird zurzeit einer umfassenden Sanierung unterzogen. Deshalb wird von einem zukünftigen Wärmeleistungsbedarf von 40 kW und einem jährlichen Nutzenergiebedarf von 81‘000 kWh ausgegangen.

4.2.5 Kindergarten 5

Der Kindergarten wird über eine bestehende Fernleitung von der Heizung im Gemeindehaus aus beheizt. Die Anschlussleistung beträgt 8 kW, der jährliche Nutzenergiebedarf liegt bei 14‘000 kWh.

4.2.6 Altes Steueramt 6

Im alten Steueramt an der Dorfstrasse 40 befindet sich ebenfalls eine Ölheizung (Nennleistung 18 kW). Die Anschlussleistung beträgt 9 kW, der jährliche Nutzenergiebedarf liegt bei 18‘000 kWh.

4.2.7 Gasthaus Tanne 7

Das Gasthaus Tanne wird von einem Ölkessel aus dem Jahr 2003 beheizt. Der jährliche Ölverbrauch liegt bei rund 20‘000 l. Die Anschlussleistung wird auf 120 kW, der jährliche Nutzenergiebedarf auf 180‘000 kWh geschätzt.

4.2.8 Pflegezentrum Bauma 8

Im Pflegezentrum Bauma befindet sich eine alte Ölheizung. Die Anschlussleistung wird auf 400 kW veranschlagt, der jährliche Nutzenergiebedarf auf 771‘000 kWh.

4.2.9 Käserei Preisig 9

Die Käserei Preisig plant einen Ausbau ihres Betriebs an der Unterdorfstrasse 25. Zu diesem Zweck benötigt sie im Endausbau Prozesswärme mit einer Leistung von 730 kW und einer jährlichen Nutzenergiemenge von rund 1‘000‘000 kWh. Die Vorlauftemperatur muss ganzjährig 92° - 95°C betragen. Für den Käsereibetrieb ist die Sicherstellung der unterbruchslosen Wärmeversorgung auch bei Wartungsarbeiten oder Defekten unabdingbar.

4.2.10 Überbauung Grosswis 10

Auf der Parzelle 6787 wird eine Wohnüberbauung erstellt. Es handelt sich um eine Parzellenfläche von 4‘158 m^2, welche in der Wohnzone W3 liegt. Die Anschlussleistungwird auf 180 kW geschätzt, der jährliche Nutzenergiebedarf auf 306‘000 kWh.

4.2.11 Altersheim Böndler 11

Im Altersheim Böndler befindet sich eine Holzschnitzelfeuerung Schmid UTSR (Vorschubrostfeuerung) von 360 kW Leistung aus dem Jahr 2002. Das Altersheim befindet sich in einer Luftliniendistanz von etwa 850 m zur vorgesehenen Heizzentrale.

4.2.12 Quartier Altlandenberg 12

Das Quartier Altlandenberg besteht zum grössten Teil aus Einfamilienhäusern. Einige der Liegenschaftsbesitzer haben ihr Interesse an einem Anschluss angemeldet. Das theoretische Anschlusspotenzial wird auf etwa 1‘600 kW bzw. 3‘200‘000 kWh veranschlagt und verteilt sich auf etwa 130 Liegenschaften.

4.3 Energetische Anschlusswerte: Zusammenzug

Die energetischen Anschlusswerte lassen sich folgendermassen herleiten:

Nr.	Bezeichnung	Anschluss-leistung [kW]	Nutz-energie [kWh/Jahr]	Herleitung/Bemerkungen
Gemeinde				
1	Schulhaus Altlandenberg/Hallenbad	400	750‘000	gem. Kurt Rothweiler 420 kW/750‘000 kWh/Jahr (Schulhaus 170 kW/250‘000 kWh/Jahr; Hallenbad 250 kW/ 500‘000 kWh/Jahr), EWZ 300 kW/750‘000 kWh/Jahr
2	Sekundarschulhaus	135	200‘000	Baujahr 2010, installierte Leistung 240 kW, effektiver Wärmeleistungsbedarf gem. Kurt Rothweiler 135 kW, 200‘000 kWh
3	Alterszentrum Bäretswilerstrasse 2	50	140‘000	gem. Kurt Rothweiler 50 kW/144‘000 kWh/Jahr EWZ 50 kW/136‘000 kWh/Jahr
4	Gemeindehaus	40	81‘000	gem. Kurt Rothweiler 60 kW/130‘000 kWh, vor Sanierung
5	Kindergarten	10	14‘000	gem. Kurt Rothweiler
6	Altes Steueramt	17	27‘000	gem. Kurt Rothweiler
Private				
7	Gasthaus Tanne	120	180‘000	gem. Kurt Rothweiler 120 kW/180‘000 kWh
8	Pflegezentrum Bauma	400	771‘000	Früher Spital Bauma, gemäss Studie E + H 1996 400 kW, 771‘000 kWh, Heizung 1995 sanierungspflichtig
9	Käserei Preisig	730	1‘000‘000	gem. Brief Reno+Plan
10	Überbauung Grosswis	180	306‘000	4‘158 m^2 x 3 x 0.5 = 6‘237 m^2 EBF, 30 W x 6‘237 =, 180 kW, 180 x 1‘700 = 306‘000 kWh/Jahr
TOTAL		**2‘082**	**3‘469‘000**	
Optionen				
11	Altersheim Böndler	360	720‘000	
12	Gebiet Altlandenberg	1‘600	3‘200‘000	130 Liegenschaften, 500 m Stammleitung, 600 m Zweigleitung und pro Liegenschaft 15 m Hausanschlussleitung

Tabelle 3: Zusammenzug der energetischen Anschlusswerte.

5. Standort Heizzentrale/Silo

Als Standort für die Heizzentrale und den Silo steht der Platz südöstlich des Kindergartens im Vordergrund. Dieser Standort weist folgende Vorteile auf:

- **Gemeindegrundstück**
  Das Grundstück ist im Besitz der Gemeinde Bauma, weshalb keine Grundstückkosten anfallen.
- **Günstige Lage**
  Das Grundstück befindet sich an idealer Lage zu den «Schlüsselkunden» Hallenbad/Schulhaus Altlandenberg und Käserei Preisig. Es liegt zudem in ausreichender Distanz zu den nächsten Wohngebieten, und die Schnitzelanlieferungen führen nicht durch ruhige Wohngebiete.
- **Schul- und Hallenbadbetrieb**
  Der Betrieb der Heizzentrale wird den Betrieb der Schule, des Kindergartens und des Hallenbads nicht beeinträchtigen.

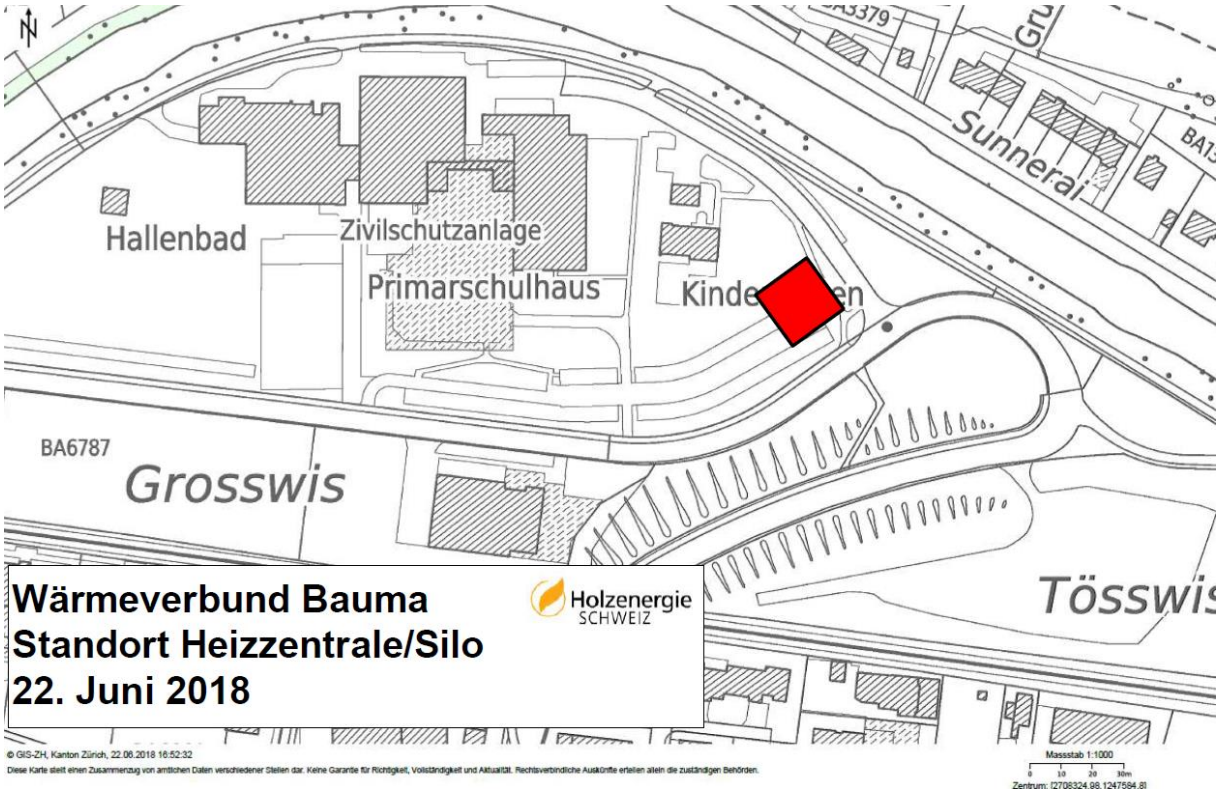

Bild 4: Standort Heizzentrale und Silo.

6. Gewählte Varianten

Folgende Varianten werden untersucht:

- **Optimale Anschlussdichte (Variante A)**
  Wichtigstes Kriterium für die Wirtschaftlichkeit eines Holz-Wärmeverbundes ist die Anschlussdichte (vgl. Kapitel 3). Eine gute Anschlussdichte verspricht ein kompakter Wärmeverbund nur mit dem Hallenbad/Schulhaus Altlandenberg, dem Zentrum Grosswis und der Käserei Preisig. Deshalb wird dieser mit der Variante A («Wärmeverbund klein») abgeklärt.

- **Variante A1**
  Die Variante A1 entspricht der Variante A, berücksichtigt jedoch zusätzlich den Anschluss der Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG.

- **Stromerzeugung (Variante B)**
  Das Notstromaggregat im Schulhaus Altlandenberg muss saniert werden. Deshalb wird in einer Variante B die Stromerzeugung aus Holz geprüft.

- **Maximalvariante (Variante C)**
  Grundsätzlich ist die Gemeinde daran interessiert, möglichst viele ihrer eigenen Liegenschaften an den Wärmeverbund anzuschliessen. Die bisherigen Untersuchungen (v.a. Machbarkeitsstudien Ingenieurbüro Rothweiler) haben aufgezeigt, dass ein Anschluss der Gemeindeliegenschaften wirtschaftlich nur dann Sinn macht, wenn sich «unterwegs» zusätzliche Liegenschaften anschliessen lassen. Deshalb wird mit der Variante C abgeklärt, wieviele zusätzliche Liegenschaften angeschlossen werden müssten, damit eine ausreichende Anschlussdichte und damit konkurrenzfähige Wärmegestehungskosten resultieren.

- **Dezentrale Varianten**
  Als dezentrale Varianten («Minimalvarianten)» bieten sich die in den Machbarkeitsstudie des Ingenieurbüros Rothweiler vorgeschlagenen dezentralen Lösungen für die Gemeindeliegenschaften an. Im vorliegenden Bericht wird deshalb nicht mehr ausführlich darauf eingegangen.

- **Altersheim Böndler**
  Das Altersheim Böndler liegt deutlich zu weit entfernt für einen Anschluss und wird deshalb nicht berücksichtigt.

Bild 5: Im Altersheim Böndler befindet sich eine Schnitzelheizung von 360 kW Leistung aus dem Jahr

- **Quartier Altlandenberg**
  Bei einem theoretischen Anschlusspotenzial von 1‘600 kW bzw. 3‘200 MWh und insgesamt etwa 130 Liegenschaften wären für die Erschliessung mindestens 500 m Stamm-, 600 m Zweig- und 2‘500 m Hausanschlussleitungen erforderlich. Das ergäbe eine maximal mögliche Anschlussdichte von lediglich 3‘200/3‘600 = 0.9 MWh/Trm*Jahr. Deshalb soll auf die Erschliessung dieses Gebietes verzichtet werden.

7. Varianten A und A1: Wärmeverbund klein

7.1 Fernleitungsnetz

Das Fernleitungsnetz versorgt das Schulhaus und das Hallenbad Altlandenberg, die Überbauung Grosswis sowie die Käserei Preisig und präsentiert sich folgendermassen:

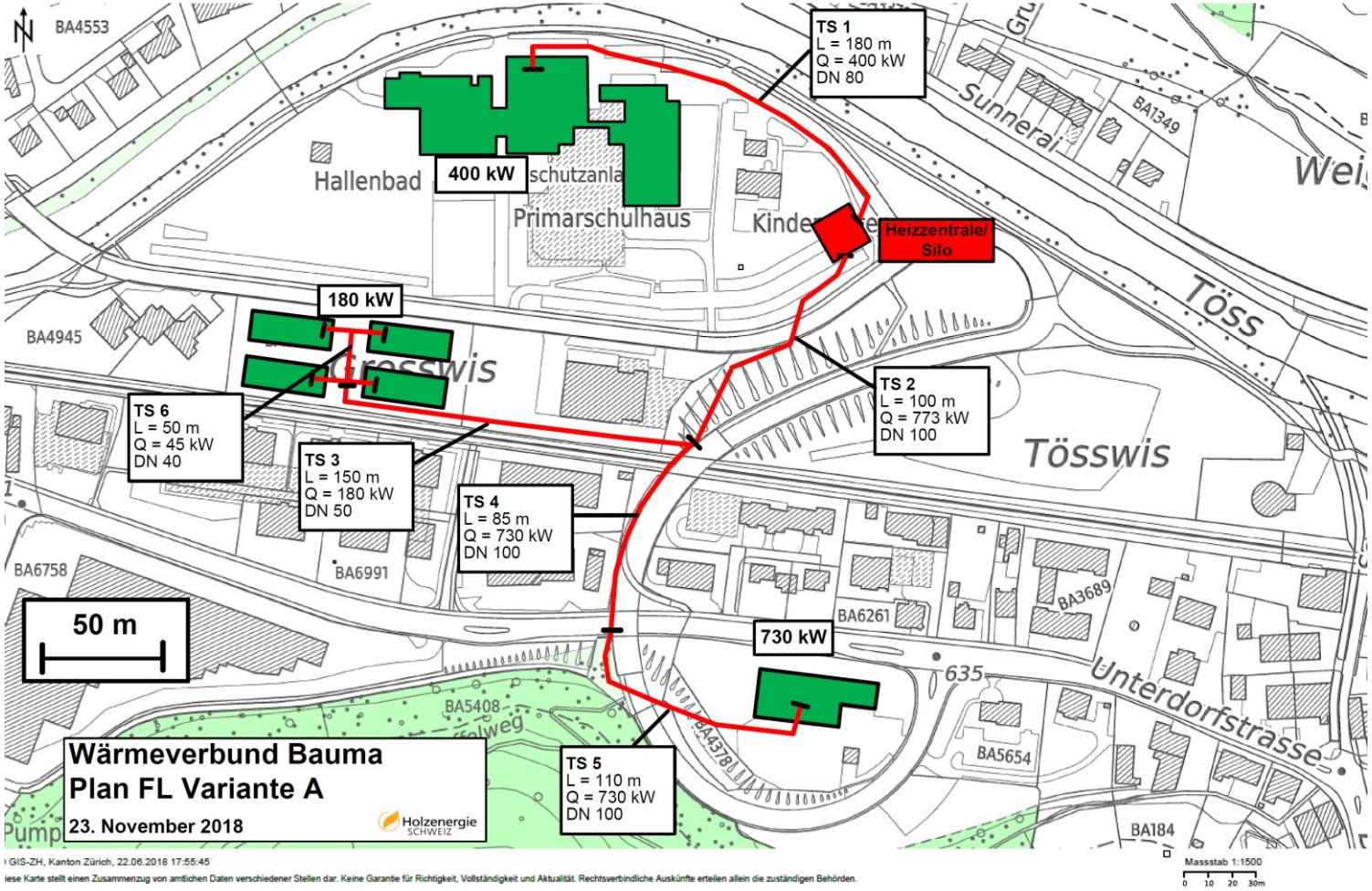

Bild 6: Variante A: Plan und Grobdimensionierung Fernleitung.

7.2 Wärmeerzeugung

Die energetischen Anschlusswerte der Variante A sind:

Nr.	Bezeichnung	Anschluss-leistung [kW]	Nutz-energie [kWh/Jahr]
1	Schulhaus Altlandenberg/Hallenbad	400	750‘000
9	Käserei Preisig	730	1‘000‘000
10	Überbauung Grosswis	180	306‘000
	Total	**1‘310**	**2‘056‘000**

Tabelle 4: Herleitung der energetischen Anschlusswerte.

Es wird eine neue, oberirdische Heizzentrale mit oberirdischem Silo erstellt.

Die Käserei Preisig benötigt eine absolute und ganzjährig unterbruchslose Betriebssicherheit. Deshalb bietet sich als Heizungskonzept eine bivalente Holz-/Oelheizungsanlage mit Speicher an. Diese Lösung entspricht der Standardschaltung WE4 von QM Holzheizwerke.

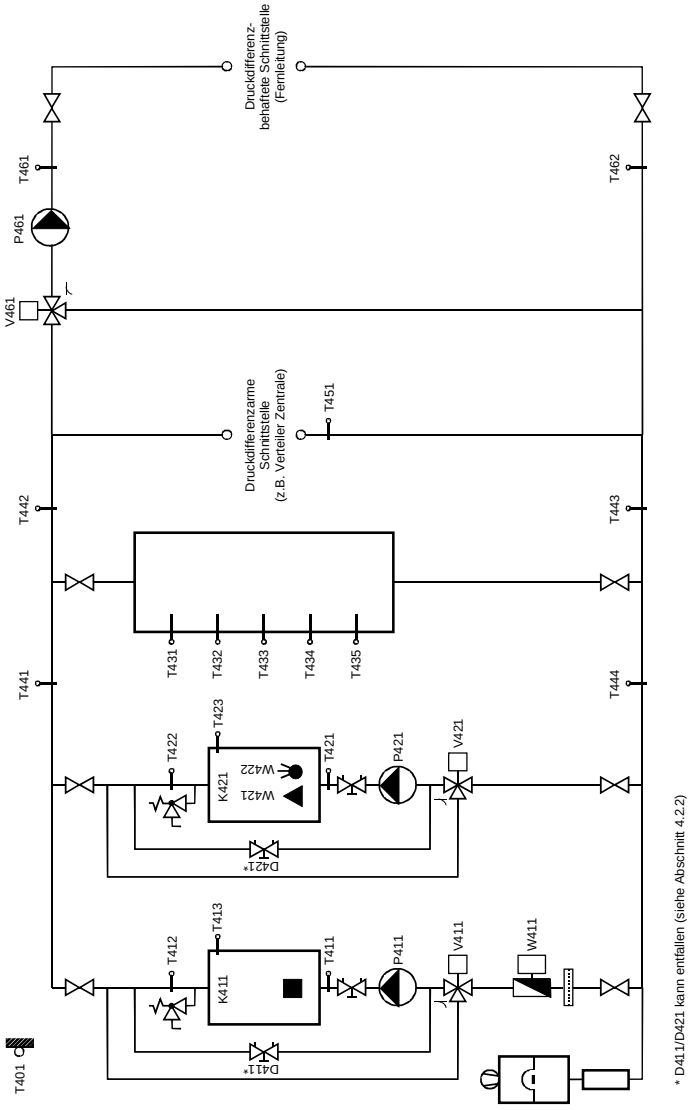

Bild 7: Prinzipschema bivalente Holz-/Ölheizung mit Speicher.

Die Leistung des Holzkessels beträgt 1‘200 kW. Als Bivalentkessel dient ein Oelkessel von 1‘300 kW Leistung, welcher die Spitzen- und Schwachlasten abdeckt und als Redundanz dient.

Die weiteren technischen Eckdaten sind:

- **Maximaler Tagesbadarf Holzschnitzel**
  Bei einer installierten Holzkesselleistung von 1‘200 kW, einem Energieinhalt der Holzschnitzel von 865 kWh/Sm^3 (65% Hartholz, 35% Weichholz, Wassergehalt M50%) sowie einem Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlage (Wärmeerzeugung und –verteilung) von 78% errechnet sich ein maximaler Tagesbedarf von 32 Sm^3 pro Tag (gerundet):

$$16h \times \left(\left(\frac{1200}{0.78} \right) \div 865 \right) = 28Sm^3$$

Bild 8: Mögliche Anordnung Heizzentrale und Silo (Beispiel Anlage Steffisburg).

- **Silodimensionierung**
  Der Silo wird oberirdisch, mit befahrbaren Schubböden und einem Schiebedach erstellt. In Anlehnung an die Empfehlungen von QM Holzheizwerke wird der Silo für eine Dauer von 10 Tagen plus eine Containerladung von 40 m^3 als Reserve ausgelegt. Bei einem geschätzten Füllgrad von 60% ergibt sich ein Bruttovolumen von:

  (10 x 28 m^3) x 1/0.6 = 470 m^3

  Die entsprechenden Ausmasse sind:

  9.0 m [L] x 10.5 m [B] x 5.0 m [H])

- **Heizzentrale**
  Die Heizzentrale wird ebenfalls oberirdisch erstellt. Die notwendige Grundfläche beträgt ca. 240 m^2, die Raumhöhe beträgt 5.5 m.
- **Speicherdimensionierung**
  Der Speicher wird so ausgelegt, dass er die Wärmeproduktion des Holzkessels während ***mindestens*** 2 Stunden bei Nennleistung aufnehmen kann. Bei einer Nennleistung von 1‘200 kW und einem ΔT von 30 K entspricht dies einem Speichervolumen von

  1‘200 x 2h/(1.16 x 30) = 70‘000 l (gerundet)
- **Fernleitungen**
  Die Käserei Preisig benötigt eine Vorlauftemperatur von 92° bis 95°C. Deshalb besteht die Fernleitung Richtung Käserei aus einem Stahlmantelrohr. Da zwischen der Heizzentrale und der Käserei Preisig sowohl die Bahnlinie als auch die Kantonsstrasse zu queren sind wird vorgeschlagen, die Fernleitung unterhalb der Brücke oberirdisch zu führen, wie das kürzlich beim Wärmeverbund Eschlikon bewerkstelligt wurde, wo die SBB-Hauptlinie zu queren war. Die vorliegend hergeleiteten Kosten basieren auf den Zahlen des Wärmeverbundes Eschlikon.

Bild 9: Die Fernleitung verläuft oberirdisch, unterhalb der Brücke.

7.3 Förderbeiträge

7.3.1 Stiftung KliK

Die Stiftung Klimaschutz und CO_2-Kompensation (KliK) unterstützt mit ihrem Programm «Wärmeverbünde» Holz-Wärmeverbünde. Die Laufzeit der Unterstützung dauert bis zum Jahr 2030. Mit dem entsprechenden Beitragsrechner ergibt sich ein Totalbetrrag von etwa Fr. 70‘000.-, welcher in jährlichen Tranchen ausbezahlt wird.

7.3.2 Schweizer Berghilfe

Eine erste Besprechung mit der Schweizer Berghilfe fand am 11. September 2018 in Zürich statt. Die Schweizer Berghilfe unterstützt grundsätzlich Projekte wie das vorliegende, vorausgesetzt sie befinden sich im Bergebiet. Der Standort des geplanten Wärmeverbundes befindet sich in der Hügelzone, erfüllt also diese Voraussetzung nicht. Da das Projekt jedoch in erster Linie zugunsten des Waldes und der Waldpflege realisiert werden soll und sich der Wald fast ausschliesslich in einer der Bergzone I und II befindet, ist eine Unterstützung durch die Schweizer Berghilfe nicht grundsätzlich ausgeschlossen.

7.3.3 Zürcher Landwirtschaftliche Kreditkasse ZLK

Die Zürcher Landwirtschaftliche Kreditkasse ZLK unterstützt unter anderem auch gemeinschaftliche Bauten und Einrichtungen für die Verarbeitung, Lagerung und Vermarktung regionaler Produkte (z.B. Käsereien, Weinbau etc.) und die Energieproduktion aus Biomasse mit zinslosen Investitionskrediten. Wichtigste Eintretenskriterien sind:

- Die Gemeinschaft (Gesuchstellerin) muss mindestens 2 Gesellschafter umfassen.
- Bei juristischen Personen (Genossenschaft, AG, GmbH, Verein) muss die Entscheidungsbefugnis (Mehrheit an Stimmen bzw. Kapital) in den Händen von bäuerlichen Betrieben liegen.
- Das Projekt ist finanzierbar und tragbar. Der Gesuchstellende kann mindestens 15% der Nettokosten (abzüglich öffentliche Beiträge) selber finanzieren.

Tabelle 10 (Seite 25) zeigt, wie sich zusätzliche Investitionsbeiträge (à fonds-perdu) auf die Wärmegestehungskosten der Variante A auswirken.

7.4 Kosten

7.4.1 Fernleitungsnetz

Die Kosten des Fernleitungsnetzes präsentieren sich wie folgt:

TS	Länge [m]	Dimension FL	Kosten FL [Fr./m‘]	Kosten FL total [Fr.]	Kosten Tiefbau [Fr./m‘]	Kosten Tiefbau total [Fr.]	Kosten total [Fr.]
1	180	DN 80	365.00	65‘700.00	560.00	100‘800.00	166‘500.00
2	100	DN 100	600.00	60‘000.00	620.00	62‘000.00	122‘000.00
3	150	DN 50	370.00	55‘500.00	270.00	40‘500.00	96‘000.00
4	85	DN 100	3‘765.00	320‘000.00	0	0	320‘000.00
5	110	DN 100	600.00	66‘000.00	700.00	77‘000.00	143‘000.00
6	50	DN 40	330.00	16‘500.00	250.00	12‘500.00	29‘000.00
Total	**675**			**583‘700.00**		**292‘800.00**	**876'500.00**

Tabelle 5: Variante A: Zusammenstellung der Wärmeverteilungskosten.

7.4.2 Herleitung übrige Kosten

Die Herleitung der übrigen Kosten beruht auf den folgenden Grundlagen:

Anschlussleistung total:	1‘310 kW
Nutzenergie total:	2‘056‘000 kWh/Jahr
Leistung Holzkessel:	1‘200 kW
Leistung Ölkessel:	1‘300 kW
Anteil Holzkessel an der Wärmeerzeugung:	85%
Anteil Öl an der Wärmeerzeugung:	15%
Nutzenergie aus Holz (2‘056‘000 x 0.85):	1‘747‘600 kWh/Jahr
Nutzenergie aus Öl (2‘056‘000 x 0.15):	308‘400 kWh/Jahr
Jahresnutzungsgrad Holzkessel (inkl. Fernleitung):	78%
Jahresnutzungsgrad Ölkessel (inkl. Fernleitung):	80%
Endenergiebedarf Holz (1‘747‘600‘000 x ([1/0.78]):	2‘240‘513 kWh/Jahr
Endenergiebedarf Öl (308‘400 x ([1/0.80]):	385‘500 kWh/Jahr
Energieinhalt Schnitzel (65% Hartholz, 35% Weichholz, M50%):	865 kWh/Sm^3
Jahresbedarf Holzschnitzel (2‘240‘513/865):	2‘590 $Sm^{3/}$Jahr
Schnitzelpreis:	Fr. 40.-/Sm^3
Kosten Schnitzel (Fr. 40.- x 2‘590):	Fr. 103‘600.-/Jahr
Energieinhalt Heizöl:	10 kWh/l
Jahresbedarf Heizöl (385‘500/10):	38‘550 l/Jahr
Ölpreis:	Fr. 0.93/l
Kosten Öl (38‘550 x 0.93):	Fr. 35‘852.-/Jahr
Allgemeine Betriebskosten:	Fr. 55'000.-/Jahr
(Strom, Kaminfeger, Abgasmessungen, Wartung, etc.)	
Förderbeiträge KliK:	Fr. 70‘000.-

7.4.3 Kostenberechnung Kapitalzins 3.0%

Für einen Kapitalzinssatz von 3.0% ergeben sich folgende Kosten:

Komponente	Investitions-kosten [Fr.]	Amortisations-zeit [Jahre]	Annuitäten-faktor	Kapitalkosten [Fr./Jahr]	Kosten/kWh [Rp./kWh]
Vorbereitungsarbeiten					
Demontagen	35'000	20 Jahre	0.067	2'345	0.00114
Total Vorbereitungsarbeiten	**35'000**			**2'345**	**0.00114**
Gebäude					
Erschliessung	120'000	40 Jahre	0.043	5'160	0.00251
Anschlussgebühren	50'000	40 Jahre	0.043	2'150	0.00105
Gebäude HZ und Silo alles inkl.	520'000	40 Jahre	0.043	22'360	0.01088
Umgebungsarbeiten	50'000	40 Jahre	0.043	2'150	0.00105
Total Gebäude	**740'000**			**31'820**	**0.01549**
Wärmeerzeugung					
Holzkessel Vorschubrost alles inkl, 1'200 kW	245'000	20 Jahre	0.067	16'415	0.00798
Elektrofilter und Entaschung 1'200 kW	125'000	20 Jahre	0.067	8'375	0.00407
Transportanlage 1'200 kW	45'000	20 Jahre	0.067	3'015	0.00147
Ölkessel 1'300 kW	120'000	20 Jahre	0.067	8'040	0.00391
Tankanlage 20'000 l	25'000	20 Jahre	0.067	1'675	0.00081
Siloaustragung	90'000	40 Jahre	0.043	3'870	0.00188
Speicher 70'000 l, inkl. Isolierung	85'000	20 Jahre	0.067	5'695	0.00277
Steuerung	45'000	20 Jahre	0.067	3'015	0.00147
Abgasanlagen	60'000	20 Jahre	0.067	4'020	0.00196
Transport, Montage, Inbetriebnahme	60'000	20 Jahre	0.067	4'020	0.00196
Lüftung	15'000	20 Jahre	0.067	1'005	0.00049
Heizungsinstallationen	100'000	20 Jahre	0.067	6'700	0.00326
Dämmungen	65'000	20 Jahre	0.067	4'355	0.00212
Elektroinstallationen	90'000	20 Jahre	0.067	6'030	0.00293
Sanitäranlagen	25'000	20 Jahre	0.067	1'675	0.00081
Total Wärmeerzeugung	**1'195'000**			**77'905**	**0.03789**
Wärmeverteilung					
Fernleitungen	584'000	40 Jahre	0.043	25'112	0.01221
Tiefbau	293'000	40 Jahre	0.043	12'599	0.00613
Leitsystem	25'000	20 Jahre	0.067	1'675	0.00081
Unterstationen	80'000	20 Jahre	0.067	5'360	0.00261
Total Wärmeverteilung	**982'000**			**44'746**	**0.02176**
Honorare und Unvorhergesehenes					
Honorare	530'000	30 Jahre	0.051	27'030	0.01315
Unvorhergesehenes	300'000	20 Jahre	0.067	20'100	0.00978
Total Honorare und Unvorhergesehenes	**825'000**			**47'130**	**0.02292**
TOTAL, brutto	**3'782'000**			**203'946**	**0.09920**
./. Förderbeitrag KliK	- 70'000	20 Jahre	0.067	- 4'690	- 0.00228
TOTAL, netto	**3'712'000**			**199'256**	**0.09692**
Zusammenfassung			**2'056'000**	**kWh/Jahr**	**Rp./kWh**
Kapitalkosten	199'256				9.69
Kosten Schnitzel	103'600				5.04
Kosten Heizöl	35'852				1.74
Allgemeine Betriebskosten	55'000				2.68
Kosten total	**393'708**				**19.15**

Tabelle 6: Kosten Variante A: Kapitalzinssatz 3.0%, alle Angaben exkl. MWSt.

7.4.4 Kostenberechnung Kapitalzins 2.0%

Für einen Kapitalzinssatz von 2.0% ergeben sich folgende Kosten:

Komponente	Investitions-kosten [Fr.]	Amortisations-zeit [Jahre]	Annuitäten-faktor	Kapitalkosten [Fr./Jahr]	Kosten/kWh [Rp./kWh]
Vorbereitungsarbeiten					
Demontagen	35'000	20 Jahre	0.061	2'135	0.00104
Total Vorbereitungsarbeiten	**35'000**			**2'135**	**0.00104**
Gebäude					
Erschliessung	120'000	40 Jahre	0.037	4'440	0.00216
Anschlussgebühren	50'000	40 Jahre	0.037	1'850	0.00090
Gebäude HZ und Silo alles inkl.	520'000	40 Jahre	0.037	19'240	0.00936
Umgebungsarbeiten	50'000	40 Jahre	0.037	1'850	0.00090
Total Gebäude	**740'000**			**27'380**	**0.01332**
Wärmeerzeugung					
Holzkessel Vorschubrost alles inkl, 1'200 kW	245'000	20 Jahre	0.061	14'945	0.00727
Elektrofilter und Entaschung 1'200 kW	125'000	20 Jahre	0.061	7'625	0.00371
Transportanlage 1'200 kW	45'000	20 Jahre	0.061	2'745	0.00134
Ölkessel 1'300 kW	120'000	20 Jahre	0.061	7'320	0.00356
Tankanlage 20'000 l	25'000	20 Jahre	0.061	1'525	0.00074
Siloaustragung	90'000	40 Jahre	0.037	3'330	0.00162
Speicher 70'000 l, inkl. Isolierung	85'000	20 Jahre	0.061	4'880	0.00237
Steuerung	45'000	20 Jahre	0.061	2'745	0.00134
Abgasanlagen	60'000	20 Jahre	0.061	3'965	0.00193
Transport, Montage, Inbetriebnahme	60'000	20 Jahre	0.061	3'660	0.00178
Lüftung	15'000	20 Jahre	0.061	915	0.00045
Heizungsinstallationen	100'000	20 Jahre	0.061	6'100	0.00297
Dämmungen	65'000	20 Jahre	0.061	3'965	0.00193
Elektroinstallationen	90'000	20 Jahre	0.061	5'490	0.00267
Sanitäranlagen	25'000	20 Jahre	0.061	1'525	0.00074
Total Wärmeerzeugung	**1'195'000**			**70'735**	**0.03440**
Wärmeverteilung					
Fernleitungen	584'000	40 Jahre	0.037	21'608	0.01051
Tiefbau	293'000	40 Jahre	0.037	10'841	0.00527
Leitsystem	25'000	20 Jahre	0.061	1'525	0.00074
Unterstationen	80'000	20 Jahre	0.061	4'880	0.00237
Total Wärmeverteilung	**982'000**			**38'854**	**0.01890**
Honorare und Unvorhergesehenes					
Honorare	530'000	30 Jahre	0.045	23'850	0.01160
Unvorhergesehenes	300'000	20 Jahre	0.061	18'300	0.00890
Total Honorare und Unvorhergesehenes	**830'000**			**42'150**	**0.02050**
TOTAL, brutto	**3'782'000**			**181'254**	**0.08816**
./. Förderbeitrag KliK	- 70'000	20 Jahre	0.061	- 4'690	- 0.00208
TOTAL, netto	**3'712'000**			**176'984**	**0.08608**
Zusammenfassung			**2'056'000**	**kWh/Jahr**	**Rp./kWh**
Kapitalkosten	176'984				8.61
Kosten Schnitzel	103'600				5.04
Kosten Heizöl	35'852				1.74
Allgemeine Betriebskosten	55'000				2.68
Kosten total	**371'436**				**18.07**

Tabelle 7: Kosten Variante A: Kapitalzinssatz 2.0%, alle Angaben exkl. MWSt.

7.5 Variante A1

7.5.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Herleitung der übrigen Kosten beruht auf den folgenden Grundlagen:
Variante A1 ist eine berücksichtigt zusätzlich zu den Anschlussliegenschaften der Variante A die Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG. Es handelt sich lediglich um eine grobe Kostenschätzung. Dies aus folgenden Gründen:

- Die Frist zwischen der Besprechung vom 7. Januar 2019 und dem Eingabedatum für die nächste Sitzung des Gemeinderats (10. Januar 2019) ist für eine ausführliche Abklärung nicht ausreichend.
- Es liegen keine Angaben über den bisherigen Energieverbrauch der Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG vor. Deshalb wird mit Hilfe von Schätzungen gearbeitet. Die gesamte Energie-bezugsfläche wird auf 13‘000 m^2 geschätzt. Bei einem spezifischen Wärmeleistungs-bedarf von 40 W/m^2 ergibt sich ein gesamter Wärmeleistumgsbedarf von 13‘000 x 40 = 520 kW bzw. ein jährlicher Nutzenergiebedarf von 520 kW x 1‘800 h = 936‘000 kWh/Jahr. Die für den Anschluss der Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG zusätzlich erforderliche Fernleitung hat eine Grabenlänge von rund 650 m.

Der Fernleitungsplan präsentiert sich grob wie folgt:

Bild 10: Grobplan Fernleitungsnetz Variante A1.

7.5.2 Herleitung der Kosten

Die Herleitung der übrigen Kosten beruht auf den folgenden Grundlagen:

Anschlussleistung total:	1‘830 kW
Nutzenergie total:	2‘992‘000 kWh/Jahr
Leistung Holzkessel:	1‘600 kW
Leistung Ölkessel:	1‘300 kW
Anteil Holzkessel an der Wärmeerzeugung:	85%
Anteil Öl an der Wärmeerzeugung:	15%
Nutzenergie aus Holz (2‘992‘000 x 0.90):	2‘692‘800 kWh/Jahr
Nutzenergie aus Öl (2‘992‘000 x 0.10):	299‘200 kWh/Jahr
Jahresnutzungsgrad Holzkessel (inkl. Fernleitung):	80%
Jahresnutzungsgrad Ölkessel (inkl. Fernleitung):	83%
Endenergiebedarf Holz (2‘692‘800 x ([1/0.80]):	3‘366‘000 kWh/Jahr
Endenergiebedarf Öl (299‘200 x ([1/0.83]):	360‘482 kWh/Jahr
Energieinhalt Schnitzel (65% Hartholz, 35% Weichholz, M50%):	865 kWh/Sm^3
Jahresbedarf Holzschnitzel (3‘366‘000/865):	3‘891 $Sm^{3/}$Jahr
Schnitzelpreis:	Fr. 40.-/Sm^3
Kosten Schnitzel (Fr. 40.- x 3‘891):	Fr. 155‘640.-/Jahr
Energieinhalt Heizöl:	10 kWh/l
Jahresbedarf Heizöl (360‘482/10):	36‘048 l/Jahr
Ölpreis:	Fr. 0.93/l
Kosten Öl (36‘048 x 0.93):	Fr. 33‘525.-/Jahr
Allgemeine Betriebskosten:	Fr. 75'000.-/Jahr
(Strom, Kaminfeger, Abgasmessungen, Wartung, etc.)	
Förderbeiträge KliK:	Fr. 120‘000.-

7.5.3 Kostenberechnung Kapitalzins 2.0%

Für einen Kapitalzinssatz von 2.0% ergeben sich folgende Kosten:

Komponente	Investitions-kosten [Fr.]	Amortisations-zeit [Jahre]	Annuitäten-faktor	Kapitalkosten [Fr./Jahr]	Kosten/kWh [Rp./kWh]
Vorbereitungsarbeiten					
Demontagen	35'000	20 Jahre	0.061	2'135	0.00071
Total Vorbereitungsarbeiten	**35'000**			**2'135**	**0.00071**
Gebäude					
Erschliessung	140'000	40 Jahre	0.037	5'180	0.00173
Anschlussgebühren	70'000	40 Jahre	0.037	2'590	0.0087
Gebäude HZ und Silo alles inkl.	580'000	40 Jahre	0.037	21'460	0.00717
Umgebungsarbeiten	60'000	40 Jahre	0.037	2'220	0.00074
Total Gebäude	**850'000**			**31'450**	**0.01051**
Wärmeerzeugung					
Holzkessel Vorschubrost alles inkl, 1'800 kW	350'000	20 Jahre	0.061	21'350	0.00714
Elektrofilter und Entaschung 1'800 kW	160'000	20 Jahre	0.061	9'760	0.00326
Transportanlage 1'800 kW	60'000	20 Jahre	0.061	3'660	0.00122
Ölkessel 1'300 kW	120'000	20 Jahre	0.061	7'320	0.00245
Tankanlage 20'000 l	25'000	20 Jahre	0.061	1'525	0.00051
Siloaustragung	110'000	40 Jahre	0.037	4'070	0.00136
Speicher 100'000 l, inkl. Isolierung	120'000	20 Jahre	0.061	7'320	0.00245
Steuerung	55'000	20 Jahre	0.061	3'355	0.00112
Abgasanlagen	90'000	20 Jahre	0.061	5'490	0.00183
Transport, Montage, Inbetriebnahme	70'000	20 Jahre	0.061	4'270	0.00143
Lüftung	20'000	20 Jahre	0.061	1'220	0.00041
Heizungsinstallationen	120'000	20 Jahre	0.061	7'930	0.00265
Dämmungen	80'000	20 Jahre	0.061	4'880	0.00163
Elektroinstallationen	120'000	20 Jahre	0.061	7'320	0.00245
Sanitäranlagen	35'000	20 Jahre	0.061	2'135	0.00071
Total Wärmeerzeugung	**1'545'000**			**91'605**	**0.03062**
Wärmeverteilung					
Fernleitungen	850'000	40 Jahre	0.037	31'450	0.01051
Tiefbau	550'000	40 Jahre	0.037	20'350	0.00680
Leitsystem	40'000	20 Jahre	0.061	2'440	0.00082
Unterstationen	120'000	20 Jahre	0.061	7'320	0.00245
Total Wärmeverteilung	**1'560'000**			**61'560**	**0.02057**
Honorare und Unvorhergesehenes					
Honorare	550'000	30 Jahre	0.045	24'750	0.00827
Unvorhergesehenes	350'000	20 Jahre	0.061	21'350	0.00714
Total Honorare und Unvorhergesehenes	**900'000**			**42'150**	**0.01541**
TOTAL, brutto	**4'890'000**			**232'850**	**0.07782**
./. Förderbeitrag KliK	- 120'000	20 Jahre	0.061	- 7'320	- 0.00245
TOTAL, netto	**4'770'000**			**225'530**	**0.07538**
Zusammenfassung			**2'992'000**	**kWh/Jahr**	**Rp./kWh**
Kapitalkosten	225'530				7.54
Kosten Schnitzel	155'640				5.20
Kosten Heizöl	33'525				1.12
Allgemeine Betriebskosten	75'000				2.51
Kosten total	**489'695**				**16.37**

Tabelle 8: Kosten Variante A1: Kapitalzinssatz 2.0%, alle Angaben exkl. MWSt.

7.6 Trägerschaft

Rechnet man mit einem Kapitalzinssatz von 2.0% und einem Förderbeitrag von Fr. 70‘000.- nähern sich die Wärmegestehungskosten der Variante A dem Zielbereich von 16 – 18 Rp./kWh. Für die Variante A1 (zusätzlicher Anschluss Liegenschaften Ernst Schläpfer AG, Förderbeitrag Fr. 120‘000.-) wird der Zielwert sogar gut erreicht. Für die Gemeinde dürfte es zwar einfacher sein als für eine eigene Trägerschaft (z.B. Aktiengesellschaft), günstige Bankdarlehen zu erhalten. Andererseits besteht für eine eigene, auf landwirtschaftlicher Basis beruhende Trägerschaft die interessante Möglichkeit, bei der ZLK zinslose Darlehen zu beziehen (vgl. Kapitel 7.3.3, Seite 17). Deshalb – und auch weil es nicht unbedingt eine Kernaufgabe der Gemeinde ist, für einige wenige ausgewählte Liegenschaften ökologische Wärme bereitzustellen – ist eine eigene Trägerschaft auf landwirtschaftlicher Basis zu favorisieren. Der Gemeinde steht es immer noch frei, sich in irgendeiner Form an dieser Trägerschaft zu beteiligen.

Denkbar wäre auch eine Contractinglösung. Das heisst mittels einer Ausschreibung wird ein Contractor gesucht. Dieser baut und betreibt die Anlage auf eigens Risiko und auf eigene Kosten und verkauft den angeschlossenen Liegenschaften die Wärme. Meistens verteuern sich jedoch die Wärmegestehungskosten beim Contracting, da der Contractor in der Regel mit anderen Renditen rechnet als eine Gemeinde. Zudem waren mit den

Angesichts des geringen Akquisitionsrisikos der Varianten A und A1 sollte die Option Contracting jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Zwar versuchten in den letzten Jahren mit den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich EKZ und später auch mit dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich EWZ zwei wichtige Contractoren erfolglos, in Bauma einen Holz-Wörmeverbund aufzubauen. Allerdings ist die heutige Situation mit der beschlossenen Weiterführung des Hallenbadbetriebs, der Wärmelieferpflicht für die Überbauung Grosswis sowie der Käserei Preisig als grossem Wärmebezüger völlig anders.

Wir empfehlen deshalb als letzte Option, das heisst wenn es weder gelingen sollte, eine eigene Trägerschaft zu etablieren und wenn sich auch die Gemeinde nicht engagieren will, eine Contractingausschreibung durchzuführen.

7.7 Chancen-Risiken-Analyse

Die wichtigsten Chancen (Stärken) und Risiken (Schwächen) der Varianten A und A1 lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Chancen (Stärken)	Risiken (Schwächen)
• Das Projekt ermöglicht eine nachhaltige Waldpflege und stellt einen Teil der Energieversorgung in Bauma auf eine erneuerbare und CO_2-neutrale Grundlage. • Der Standort von Heizzentrale und Silo ist nahzu ideal. • Es beziehen nur 3 (Variante A) bzw. 4 (Variante A1) grosse Verbraucher Wärme. • Der Endausbau ist in absehbarem Zeitrahmen erreicht. • Es besteht kein Akquisitionsrisiko. • Die Möglichkeit, über die ZLK zinslose Darlehen zu beziehen spricht eindeutig für die Lösung einer eigenen Trägerschaft auif landwirtschaftlicher Basis. • Angesichts des geringen Akquisitionsrisikos käme auch ein Contracting in Frage. Dies lässt sich ohne grossen Aufwand mittels einer Contractingausschreibung abklären. • Die Varianten A bzw. A1 sind für sich allein wirtschaftlich und «überlebensfähig». Sie ermöglichen aber auch ohne grosse Vorinvestitionen einen späteren Ausbau in Richtung der Variante C («grosser» Wärmeverbund.	• Käserei Preisig und Ernst Schläpfer AG sind allenfalls ein «Klumpenrisiko». • Die Betriebssicherheit ist rund um die Uhr sicherzustellen. • Vertretbare Wärmegestehungskosten sind nur bei tiefen Kapitalzinssätzen möglich. • Das Ausbaupotenzial ist sehr klein.

Tabelle 9: Variante A: Chancen und Risiken.

Die Anschlussdichte der Variante A beträgt 2‘056/675 = 3.0 MWh/Trm*Jahr und übertrifft damit den empfohlenen Zielwert von QM Holzheizwerke. Für die Variante A1 liegt die Anschlussdichte mit 2‘992/1‘325 = 2.3 MWh/Trm*Jahr ebenfalls noch über dem Zielwert.

Trotzdem liegen die Wärmegestehungskosten der Variante A mit 19.15 Rp./kWh (Kapitalzins 3.0%) bzw. 18.07 Rp./kWh (Kapitalzins 2.0%) über dem Zielwert von 16 bis 18 Rp./kWh. Hauptgründe sind der teure Fernleitungsbau, die fast hundertprotzentige Redundanz der Anlage sowie die Tatsache, dass die Käserei Preisig zwar viel Leistung, aber eher wenig Energie benötigt. Für die Variante A1 liegen die Wärmegestehungskosten bei einem, Kapitalzinssatz von 2.0% bei konkurrenzfähigen 16.4 Rp./kWh.

Zusätzliche Anschlüsse, welche eine bessere Auslastung der Anlage ermöglichen würden, lassen sich nicht realisieren. Es stellt sich deshalb die Frage, wie sich zusätzliche Investitionsbeiträge (Schweizer Berghilfe, Gemeinde, etc.) auf die Wirtschaftlichkeit auswirken:

Zusätzliche Investitionsbeiträge [Fr.]	**Wärmegestehungskosten [Rp./kWh]**			
	Kapitalzinssatz 3.0%		**Kapitalzinssatz 2.0%**	
	exkl. MWSt.	**inkl. MWSt.**	**exkl. MWSt.**	**inkl. MWSt.**
0.-	19.15	20.65	18.07	19.46
40‘000.-	19.02	20.48	17.95	19.33
80‘000.-	18.89	20.34	17.83	19.20
120‘000.-	18.75	20.20	17.71	19.07
160‘000.-	18.63	20.06	17.59	18.95
200‘000.-	18.50	19.92	17.47	18.82
240‘000.-	18.37	19.78	17.35	18.69
280‘000.-	18.24	19.64	17.24	18.56
320‘000.-	18.11	19.50	17.12	18.44
360‘000.-	17.98	19.36	17.00	18.31
400‘000.-	17.85	19.22	16.88	18.20
440‘000.-	17.72	19.08	16.76	18.05
480‘000.-	17.59	18.94	16.64	17.92
520‘000.-	17.46	18.80	16.52	17.80
560‘000.-	17.32	18.66	16.40	17.67
600‘000.-	17.19	18.52	16.29	17.54
640‘000.-	17.06	18.38	16.17	17.41
680‘000.-	16.93	18.24	16.05	17.28
720‘000.-	16.80	18.10	15.93	17.16
760‘000.-	16.67	17.96	15.81	17.03
800‘000.-	16.54	17.82	15.69	16.90

Tabelle 10: Variante A: Auswirkungen zusätzlicher Investitionsbeiträge auf die Wärmegestehungskosten.

7.8 Meilensteinplanung

7.8.1 Eigene Trägerschaft

Die Meilensteinplanung der Variante A für den Fall, dass die Gemeinde als Erstellerin und Betreiberin auftritt, präsentiert sich folgendermassen:

Meilenstein	Termin	Kosten [Fr.]	Bemerkungen
Grundsatzentscheid Gemeinderat	31.1.2019	--	Variantenwahl bzw. Sistierung Projekt
Information Waldbesitzer	28.02.2019	--	Vor- und Bauprojekt, Bew.-Verfahren, 175‘000.-
Gründung Trägerschaft	31.10.2019	--	Vor- und Bauprojekt, Bew.-Verfahren, 175‘000.-
Ausschreibung und Erarbeitung Vorprojekt	31.03.2020	60‘000.-	
Sicherstellung Finanzierung	30.06.2020	--	
Vertragsverhandlungen Wärmebezüger	30.06.2020	--	
Bauprojekt erarbeitet	31.12.2020	110‘000.-	
Bewilligungen eingeholt	31.12.2020	5‘000.-	
Baubeginn	01.03.2021	--	
Inbetriebnahme	01.09.2021	--	

Tabelle 11: Variante A: Meilensteinplanung. Eigene Trägerschaft.

7.8.2 Contractinglösung

Für den Fall, dass die Variante A mit einem Contractor realisiert werden soll, präsentiert sich die Meilensteinplanung wie folgt:

Meilenstein	Termin	Kosten [Fr.]	Bemerkungen
Grundsatzentscheid Gemeinderat	31.1.2019	--	Variantenwahl bzw. Sistierung Projekt
Contractingausschreibung abgeschlossen	31.05.2019	12‘000.-	entweder Zuschlag Contractor oder Gemeinde als Erstellerin und Betreiberin (→ Kapitel 7.7.1)
Projektierungs- und Bewilligungsphase, Vertragsverhandlungen Käserei Preisig, etc.	31.03.2020	Contractor	
Baubeginn	01.03.2020	--	
Inbetriebnahme	01.09.2020	--	

Tabelle 12: Variante A: Meilensteinplanung. Contractinglösung.

8. Variante B: Stromerzeugung

8.1 Übersicht Technologie

95% des in der Schweiz genutzten Energieholzes wird in Wärme umgewandelt. Nur gerade 5% werden in Wärme und Strom (Wärme-Kraft-Kopplung WKK) umgewandelt. Für die Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz gibt es verschiedene Technologien. Allen ist gemeinsam, dass es nicht möglich ist, ***ausschliesslich*** Elektrizität zu erzeugen, sondern dass – je nach Technologie – immer auch ein mehr oder weniger grosser Anteil an Wärme anfällt. WKK-Anlagen sind mit hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden und sollten deshalb möglichst das ganze Jahr hindurch betrieben werden. Das bedeutet, dass immer auch in den Monaten ausserhalb der Heizperiode Wärme anfällt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der verschiedenen Technologien der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz:

System	Technologie	Leistung elektrisch	Leistung thermisch	Elektrischer Wirkungsgrad	Stand der Technik	Bemerkungen
		[kW]	[kW]			
Verbrennung	Dampfturbine	> 500	> 5'000	15 - 20%	bewährt	- ganzjährig grosse Mengen Wärme - geeignet bei grossen, bestehenden Wärmenetzen - geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz
	Dampfmotor	> 400	> 4'000	15 - 20%	bewährt	- ganzjährig grosse Mengen Wärme - geeignet bei grossen, bestehenden Wärmenetzen - geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz
	ORC	> 300	> 2'000	15 - 25%	bewährt	- grosse Mengen Wärme - geeignet für tieferen Leistungsbereich - häufigstes System
	Stirling-Motor	> 15	> 60	15 - 30%	nicht erprobt	- Forschung- und Entwicklung - erste Prototypen
	Gasturbine	> 200	> 3'000	15 - 20%	nicht erprobt	- Forschungsstadium - kaum Erfahrungen
Vergasung	Festbett-Gegenstrom	> 100	> 200	20 - 30%	noch nicht marktreif	Hauptproblem: Gasqualität (Teer) - gut geeignet für kleine Leistungen
	Festbett-Gleichstrom	> 30	> 70	20 – 30%	Marktreife erreicht	- gute Erfahrungen in jüngster Zeit (Urbas, Spanner RE^2, Syncraft) - geeignet für ganz kleine Leistungen - relativ wenig Abwärme - wichtig: Brennstoffqualität
	Wirbelschicht	> 1'000	> 20'000	15 - 25%	an der Schwelle zur Marktreife	- grosse Mengen Wärme während des ganzen Jahres - Beispiel Güssing (A)
Pyrolyse		> 50	> 100	10 - 30%	an der Schwelle zur Marktreife	- Hauptproblem: Gasqualität (Teer) - wäre gut geeignet für kleine Leistungen

Tabelle 13: Übersicht über den aktuellen Stand der Holz-WKK-Technologie.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die heute in der Schweiz installierten Holz-WKK-Anlagen:

Anlage	Typ	Brennstoff	Elektrische Leistung [kW]	Thermische Leistung [kW]	Bemerkungen und Erfahrungen
Aubrugg ZH	Dampfturbine	Waldholz	6'000	28'000	2010, Wärmenetz bestehend, Bilanz 1. Winter sehr gut, KVA
Basel BS	Dampfturbine	Waldholz	4'000	21'000	Inbetriebnahme 2005, Wärmenetz bestehend, KVA
Bern BE	Dampfturbine	Waldholz	8'000	26'000	Inbetriebnahme 2012, voraussichtlich Wärme 145'000 MWh/Jahr, Strom 47'000 MWh/Jahr, Investitionskosten 55 Mio. Franken, Wärmenetz bestehend, KVA
Domat-Ems GR	Dampfturbine	Waldholz, Restholz, Altholz	16'000	81'500	Probleme mit Wärmeabsatz, speziell nach dem Konkurs der Grosssägerei Mayr-Melnhof im Herbst 2010, «Secolin» aus Überschusswärme
Otelfingen ZH	Dampfturbine	Altholz	2'500	10'500	Baujahr 2001, Anlage produziert fast nur Strom, ab 2011 Wärmenetz ausgebaut, («stromgeführt»), BKW FMB Energie AG/Holz- und Stockrecycling AG
Weiningen ZH	Dampfturbine	Altholz	2'500	7'000	Stromproduktion 18'000 MWh/Jahr, Abwärmenutzung im Aufbau (Treibhausanlage Reech)
Balterswil TG	ORC-Turbine	Waldholz, Restholz	610	2'965	2010, Adoratec 610 kW, anfangs zu kleiner Wärmeabsatz
Bière VD	ORC-Turbine	Waldholz	335	2'350	Baujahr 1998, Turboden, gute Betriebserfahrungen, Betrieb nicht wirtschaftlich, weil zu wenig Betriebsstunden (Anlage läuft nur während der Arbeitszeit)
Buttisholz LU	ORC-Turbine	Restholz	1'300	10'500	Baujahr 2016, Tschopp Holzindustrie AG
Crissier VD	ORC-Turbine	Altholz	500	2'740	ORC Turboden 500 kW, zu Beginn (2002/2003) grosse technische und wirtschaftliche Probleme wegen der hohen Auslastung der Anlage (7'500 Stunden pro Jahr) und entsprechendem Materialverschleiss, bestehendes Wärmenetz im Industriegebiet von Crissier
Dättwil AG	ORC-Turbine	85% Flur-, 15% Waldholz	620	3'600	Holzkessel VAS, ORC Turboden 500 kW, 13'500 MWh Wärme, 4'000 MWh Strom, Bauherr Regionalwerke AG Baden
Gossau SG	ORC-Turbine	Restholz	500	4'200	gleich wie Nesslau
Ilanz GR	ORC-Turbine	Altholz (70%)/Waldholz (30%)	350	2'200	EWZ Zürich, Oel 5'000 kW, Strom 1'800 MWh/a, Wärme 7'000 MWh/a
Nesslau SG	ORC-Turbine	Waldholz	500	4'200	Kessel VAS, ORC Turboden, Investitionen 16 Mio. Franken. Länge Wärmenetz 6.5 km, Wärme 10'625 MWh/Jahr, Strom 2'400 MWh/Jahr, 1'231 MWh/Jahr für Holztrocknung
Porrentruy JU	ORC-Turbine	Waldholz (Schlagabraum)	1'300	10'000	Baujahr 2016, Neue, zweite Heizzentrale Roche sur Mars
Ruyères VD	ORC-Turbine	Restholz	6'000	3'800	2009, Abgaskondensation, Bilanz bisher sehr gut
Schwyz SZ	ORC-Turbine	Waldholz/Altholz	1'500	9'900	Agro Energie Schwyz, IB ORC 2015, bestehende Holzkessel 3'200 + 6'500 kW
Speicher AR	ORC-Turbine	Waldholz/Restholz	600	4'500	SAK, 2015, Strom 2'800 MWh/Jahr, Leistung Holz 4'700 kW, Anschluss WV Trogen
Wittenbach SG	ORC-Turbine	Waldholz	600	4'500	SAK, 2015, Holz 2'000 kW, Strom 2'800 MWh/a, Holz 5'500 kW, Wärme 17'000 MWh/a
Escholzmatt LU	Vergaser	Restholz	125	240	Holzenergie Wegscheid, Inbetriebnahme 2015, Wärmenetz bestehend (550 kW, 1'200 kW)
Ettiswil LU	Vergaser	Restholz	30	66	Sägerei Steiner Ettiswil, Inbetriebnahme Herbst 2012
Gasel BE	Vergaser	Waldholz	140	240	Ligentoplant, H.H. Käser GmbH
Stans NW	Vergaser	Waldholz, Altholz	1'380	5'700	2008, Pilotanlage, 2 x 4 Vergaser, anfangs grosse Probleme mit Brennstoffqualität
Düdingen FR	Heissgasturbine	Waldholz	100	1'200	Groupe E/Schmid energy solutions, «Leuchtturmprojekt BFE»
TOTAL			**55'490$_{el}$**	**246'901$_{th}$**	**Zum Vergleich: AKW Leibstadt 1'275'000 kW$_{el}$, (23 x mehr!)**

Tabelle 14: Übersicht über die aktuell in der Schweiz in Betrieb stehenden Holz-WKK-Anlagen (Stand November 2017, ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

8.2 Anlagenbeschreibung

Das Fernleitungsnetz und die angeschlossenen Liegenschaften der Variante B sind identisch mit der Variante A. Zusätzlich aber wird die Heizzentrale mit einem Gleichstrom-Holvergaser Spanner RE^2 ergänzt. Die wichtigsten Gründe dieser Wahl sind:

- niedriger Leistungsbereich
- hoher elektrischer Wirkungsgrad
- Containerlösung möglich
- erprobte Technologie

Die übrigen Komponenten der Wärmeerzeugung der Varianzte B sind gleich wie in Variante A. Damit die geforderte Redundanz gewärleistet werden kann, sind nebst dem Holzvergaser weiterhin ein Holzkessel und ein Ölkessel vorgesehen. Der Holzvergaser alleine verfügt über zuwenig Betriebssicherheit und vor allem auch über zu wenig Wärmeleistung, um den Holzkessel ganz zu ersetzen.

Der vorgesehene Vergaser hat eine thermische Leistung von 79 kW und eine elektrische Leistung von 35 kW und präsentiert sich im Überblick folgendermassen:

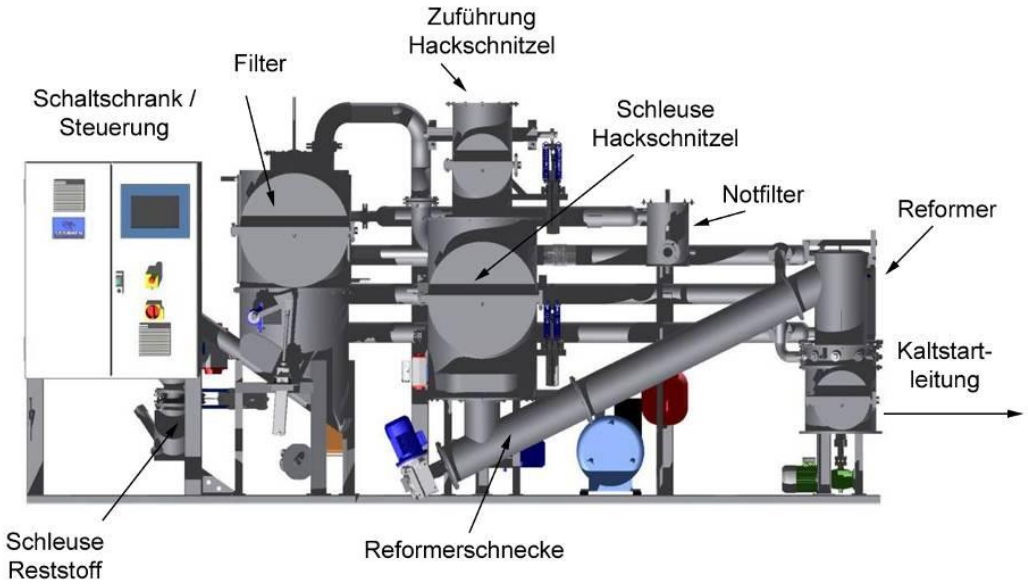

Bild 10: Schema Gleichtrom-Vergaser Spanner RE^2 HKA 35.

Der Holzvergaser benötigt trockene Holzschnitzel mit einem Wassergehalt von maximal 10%. Zudem darf das Holz keine Nadeln und nur wenig Feinanteil besitzen. Deshalb verfügt die Anlage über einen Trocknungscontainer. Der Holzvergaser selbst befindet sich ebenfalls in einem Container.

Bild 11: Links der Container mit dem Holzvergaser, rechts der Trocknungscontainer, in welchem, die Holzschnitzel mit Abwärme des Gasmotors getrocknet werden.

8.3 Strompreise

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird in der Schweiz grundsätzlich mit dem Instrument der «Kostendeckenden Einspeisevergütung KEV» gefördert. Die KEV vergütet den ins Netz eingespiesenen erneuerbaren Strom zu kostendeckenden Tarifen. Für Holzvergaser im kleinen Leistungsbereich bedeutet dass, dass der erzeugte Strom mit über 35 Rp./kWh vergütet wird.

Das Instrument der KEV war derart erfolgreich, dass das Bundesamt für Energie BFE eine Warteliste erstellen musste. Derzeit warten über 36‘700 Projekte auf dieser Warteliste auf eine Finanzierung, und es werden keine neuen Projekte auf die Warteliste genommen. Ob in Zukunft weitere Mittel für die KEV zur Verfügung gestellt werden, hängt vom Parlament ab und ist zurzeit nicht abzuschätzen. Deshalb besteht heute für neue Projekte keinerlei Investitionssicherheit.

Ohne KEV-Tarife ist ein wirtschaftlicher Betrieb nur sehr schwer möglich. Auch bei grösseren Projekten (z.B. Wärmeverbund Dotzigen mit eine Anschlussleistung von 1‘932 kW) wurde untersucht, ob sich die Stromproduktion allenfalls durch den Wärmeverkauf «quersubventionieren» liesse. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass bei einem Kalkulationszinssatz von 3% der Stromerlös mindestens 30 Rp./kWh betragen muss, damit der Wärmepreis sich nicht soweit erhöht, dass die Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Energieträgern entscheidend verschlechtert wird.

Die EKZ verkaufen Naturstrom star zu 21.73 Rp./kWh (Hochtarif) bzw. 15.81 Rp./kWh (Niedertarif) plus einen Grundpreis von 8.62 Fr./Monat. Für den Einkauf von Ökostrom gibt es keine fixen Tarife, sondern dieser erfolgt an der Ökostrombörse. Für die nachfolgenden Berechnungen wurde von einem Stromverkaufspreis von 18 Rp./kWh ausgegangen.

8.4 Kosten

Die relevanten Annahmen für die Kostenberechnung lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Anschlussleistung total:	1‘310 kW
Nutzenergie total:	2‘056‘000 kWh/Jahr
Leistung Holzkessel:	1‘200 kW
Leistung Ölkessel:	1‘300 kW
Thermische Leistung Holzvergaser:	79 kW
Elektrische Leistung Holzvergaser:	35 kW
Laufzeit Holzvergaser:	7‘500 h/Jahr
Elektrizitätsproduktion Holzvergaser (7‘500 x 35 kW):	262‘500 kWh_{el}/Jahr
Schnitzelverbrauch Holzvergaser (0.9 kg/kWh_{el}):	236‘250 kg/Jahr
Gewicht Holzschnitzel (65% HH, 35% WH, M10%):	233 kg/Srm
Schnitzelverbrauch Holzvergaser (236‘250/233):	1‘014 Srm/Jahr
Energieinhalt Input Holzvergaser (1‘014 x 865):	877‘110 kWh/Jahr
Wärmeproduktion Holzvergaser brutto (79 kW x 7‘500 h):	592‘500 kWh/Jahr
Davon Aufwand für Trocknung Holzvergaserschnitzel:	ca. 28%
Wärmeproduktion Holzvergaser netto (57 kW x 7‘500 h):	427‘500 kWh/Jahr
Nutzenergie aus Holz- und Ölkessel:	1‘628‘500 kWh/Jahr
Anteil Holzvergaser und Holzkessel an der Wärmeerzeugung:	95%
Anteil Öl an der Wärmeerzeugung:	5%
Nutzenergie aus Öl (2‘056‘000 x 0.05):	102‘800 kWh/Jahr
Nutzenergie aus Holzkessel (2‘056‘000 – 427‘500 – 102‘800):	1‘525‘700 kWh/Jahr
Jahresnutzungsgrad Holzkessel (inkl. Fernleitung):	78%
Jahresnutzungsgrad Ölkessel (inkl. Fernleitung):	80%
Endenergiebedarf Holzkessel (1‘525‘700 x ([1/0.78]):	1‘956‘026 kWh/Jahr
Endenergiebedarf Holzvergaser:	877‘110 kWh/Jahr
Endenergiebedarf Holz total:	2‘833‘136 kWh/Jahr
Energieinhalt Schnitzel (65% Hartholz, 35% Weichholz, M50%):	865 kWh/Sm^3
Jahresbedarf Holzschnitzel (2‘833‘136/865):	3‘275 Srm^3/Jahr
Schnitzelpreis:	Fr. 40.-/Sm^3
Kosten Schnitzel (Fr. 40.- x 3‘275):	Fr. 131‘000.-/Jahr
Endenergiebedarf Öl (102‘800 x ([1/0.80]):	128‘500 kWh/Jahr
Energieinhalt Heizöl:	10 kWh/l
Jahresbedarf Heizöl (128‘500/10):	12‘850 l/Jahr
Ölpreis:	Fr. 0.93/l
Kosten Öl (12‘850 x 0.93):	Fr. 11‘951.-/Jahr
Allgemeine Betriebskosten Wärmeteil:	Fr. 50'000.-/Jahr
(Strom, Kaminfeger, Abgasmessungen, Wartung, etc.)	
Allgemeine Betriebskosten Vergaserteil (Ø 1 h pro Tag):	30‘000.-/Jahr
Förderbeiträge KliK:	Fr. 70‘000.-

Variante B: Holzkessel 1‘200 kW, Ölkessel 1‘300 kW, Holzvergaser, Anschlussleistung 1‘310 kW, Nutzenergie Wärme 2‘056‘000 kWh/Jahr, Kapitalzins 2.0%, Stromertragspreis 18 Rp./kWh, exkl. MWSt.

Komponente	Investitions-kosten [Fr.]	Amortisations-zeit [Jahre]	Annuitäten-faktor	Kapitalkosten [Fr./Jahr]	Kosten/kWh [Rp./kWh]
Vorbereitungsarbeiten					
Demontagen	35’000	20 Jahre	0.061	2‘135	0.00104
Total Vorbereitungsarbeiten	**35‘000**			**2‘135**	**0.00104**
Gebäude					
Erschliessung	120’000	40 Jahre	0.037	4‘440	0.00216
Anschlussgebühren	50’000	40 Jahre	0.037	1‘850	0.00090
Gebäude HZ und Silo alles inkl.	520’000	40 Jahre	0.037	19‘240	0.01131
Umgebungsarbeiten	70’000	40 Jahre	0.037	2‘590	0.00126
Silo Holzvergaser	50’000	40 Jahre	0.037	1‘850	0.00090
Total Gebäude	**810‘000**			**29‘970**	**0.01458**
Wärmeerzeugung					
Holzkessel Vorschubrost alles inkl, 1‘200 kW	245’000	20 Jahre	0.061	14‘945	0.00727
Elektrofilter und Entaschung 1‘200 kW	125‘000	20 Jahre	0.061	7‘625	0.00371
Transportanlage 1‘200 kW	45‘000	20 Jahre	0.061	2‘745	0.00134
Ölkessel 1‘300 kW	120‘000	20 Jahre	0.061	7‘320	0.00356
Tankanlage 20‘000 l	25’000	20 Jahre	0.061	1‘525	0.00074
Siloaustragung	90‘000	40 Jahre	0.037	3‘330	0.00162
Holzvergaser im Container	210‘000	15 Jahre	0.078	16‘380	0.00797
Speicher 70‘000 l, inkl. Isolierung	85‘000	20 Jahre	0.061	5‘185	0.00252
Schubbodentrockner Holzvergaser	75‘000	15 Jahre	0.078	5‘850	0.00285
SCR Katalysator	14‘000	15 Jahre	0.078	1‘092	0.00053
Steuerung	65‘000	20 Jahre	0.061	3‘965	0.00193
Abgasanlagen	60‘000	20 Jahre	0.061	3‘660	0.00178
Transport, Montage, Inbetriebnahme	90‘000	20 Jahre	0.061	5‘940	0.00267
Lüftung	15‘000	20 Jahre	0.061	915	0.00045
Heizungsinstallationen	120‘000	20 Jahre	0.061	7‘320	0.00356
Dämmungen	70‘000	20 Jahre	0.061	4‘270	0.00208
Elektroinstallationen	125‘000	20 Jahre	0.061	7‘625	0.00371
Sanitäranlagen	25‘000	20 Jahre	0.061	1‘525	0.00074
Total Wärmeerzeugung	**1‘604‘000**			**100‘767**	**0.04901**
Wärmeverteilung					
Fernleitungen	584’000	40 Jahre	0.037	21‘608	0.01051
Tiefbau	293’000	40 Jahre	0.037	10‘841	0.00527
Leitsystem	25’000	40 Jahre	0.037	925	0.00045
Unterstationen	80’000	20 Jahre	0.061	4‘880	0.00237
Total Wärmeverteilung	**982‘000**			**38‘254**	**0.01861**
Honorare und Unvorhergesehenes					
Honorare	615’000	20 Jahre	0.061	37‘515	0.01825
Unvorhergesehenes	350’000	20 Jahre	0.061	21‘350	0.01038
Total Honorare und Unvorhergesehenes	**965‘000**			**58‘865**	**0.02863**
TOTAL	**4‘396‘000**			**229‘991**	**0.11186**
./. Förderbeitrag KliK	- 70‘000	20 Jahre	0.061	- 4‘270	- 0.00208
TOTAL, netto	**4‘326‘000**			**225‘721**	**0.10979**

Zusammenfassung		**2‘056‘000**	**kWh_{th}/Jahr**	**Rp./kWh**
Kapitalkosten	225‘721			10.98
Kosten Schnitzel	131’000			6.37
Kosten Heizöl	11‘951			0.58
Allgemeine Betriebskosten	80’000			3.89
Stromertrag (18.0 Rp./kWh)	- 47’250			- 2.30
Kosten total	**401‘422**			**19.52**

Tabelle 15: Kosten Variante B (alle Angaben exkl. MWSt.).

8.5 Trägerschaft

Analog zu den Erwägungen in Kapitel 7.6 steht auch für diese Variante eine eigene Trägerschaft als Bauherrin im Vordergrund.

8.6 Chancen-Risiken-Analyse

Die wichtigsten Chancen (Stärken) und Risiken (Schwächen) der Variante B lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Chancen (Stärken)	Risiken (Schwächen)
• Das Projekt ermöglicht eine nachhaltige Waldpflege und stellt einen Teil der Energieversorgung in Bauma auf eine erneuerbare und CO_2-neutrale Grundlage. • Der Standort von Heizzentrale und Silo ist nahzu ideal. • Es beziehen nur 3 grosse Verbraucher Wärme. • Der Endausbau ist in überschaubarem Zeitrahmen erreicht. • Es besteht kein Akquisitionsrisiko.	• Die Käserei Preisig ist ein «Klumpenrisiko». • Die Betriebssicherheit ist rund um die Uhr sicherzustellen. • Die Stromproduktion ohne kostendeckende Einspeisevergütung verteuert die Wärmegestehungs-kosten erheblich. • Die Temperatur der Abwärme des Gasmotors beträgt lediglich 85°C und reicht deshalb nicht für die Versorgung der Käserei Preisig.

Tabelle 16: Variante B: Chancen und Risiken.

Durch den Holzvergaser erhöhen sich die Investitionskosten auf Fr. 4‘326‘000.-. Bei einem Stromertrag von 18.0 Rp./kWh liegen die Wärmegestehungskosten bei 19.5 Rp./kWh (Kapitalzinssatz 2.0%). Erst bei einem erzielbaren Strompreis von 30 Rp./kWh erreichen die Wärmegestehungskosten das Niveau der Variante ohne Stromerzeugung. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Sensitivität der Wärmegestehungskosten in Funktion des erzielbaren Strompreises:

Stromertragspreis	Wärmegestehungskosten
10 Rp./kWh	20.5 Rp./kWh
12 Rp./kWh	20.3 Rp./kWh
14 Rp./kWh	20.0 Rp./kWh
16 Rp./kWh	19.8 Rp./kWh
18 Rp./kWh	19.5 Rp./kWh
20 Rp./kWh	19.3 Rp./kWh
22 Rp./kWh	19.0 Rp./kWh
24 Rp./kWh	18.8 Rp./kWh
26 Rp./kWh	18.5 Rp./kWh
28 Rp./kWh	18.2 Rp./kWh
30 Rp./kWh	18.0 Rp./kWh
32 Rp./kWh	17.7 Rp./kWh
34 Rp./kWh	17.5 Rp./kWh
36 Rp./kWh	17.2 Rp./kWh
38 Rp./kWh	17.0 Rp./kWh
40 Rp./kWh	16.7 Rp./kWh
42 Rp./kWh	16.5 Rp./kWh
44 Rp./kWh	16.2 Rp./kWh
46 Rp./kWh	16.0 Rp./kWh
48 Rp./kWh	15.7 Rp./kWh

Tabelle 17: Wärmegestehungskosten in Funktion verschiedener Stromertragspreise (Angaben exkl. MWSt.).

Ab einem Stromertragspreis von etwa 30 Rp./kWh geraten die Wärmegestehungskosten in den Bereich der Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Energieträgern. Derart hohe Strompreise sind jedoch unrealistisch.

Ein weiterer kritischer Punkt der Stromerzeugung liegt darin, dass die Vorlauftemperatur ab dem Holzvergaser (Abwärme Gasmotor) nur 85°C beträgt. Für die Versorgung der Käserei Preisig mit dem erforderlichen Temperaturniveau (92 bis 95°C) müsste die Abwärme deshalb zusätzlich mit dem Holzkessel nachgeheizt werden.

9. Variante C: Wärmeverbund gross

9.1 Beschreibung

Variante C untersucht die Machbarkeit eines grossen Wärmeverbundes, welcher das ganze Gemeindegebiet umfasst und bis zum Pflegezentrum Bauma nördlich der Töss reicht. Sowohl der Standort der Heizzentrale und des Silos als auch das grundsätzliche Konzept sind gleich wie in der Variante A. Da nur von wenigen Liegenschaften Angaben über konkrete Anschluss-interessen vorliegen (vgl. Kapitel 4), wird in einem ersten Schritt das Fernleitungsnetz grob skizziert, und in einem zweiten Schritt wird dann abgeschätzt, wie gross der Wärmebezug innerhalb des Perimeters sein muss, um den Zielwert der Anschlussdichte zu erreichen.

Das Fernleitungsnetz mit den Stamm- und Zweigleitungen präsentiert sich folgendermassen:

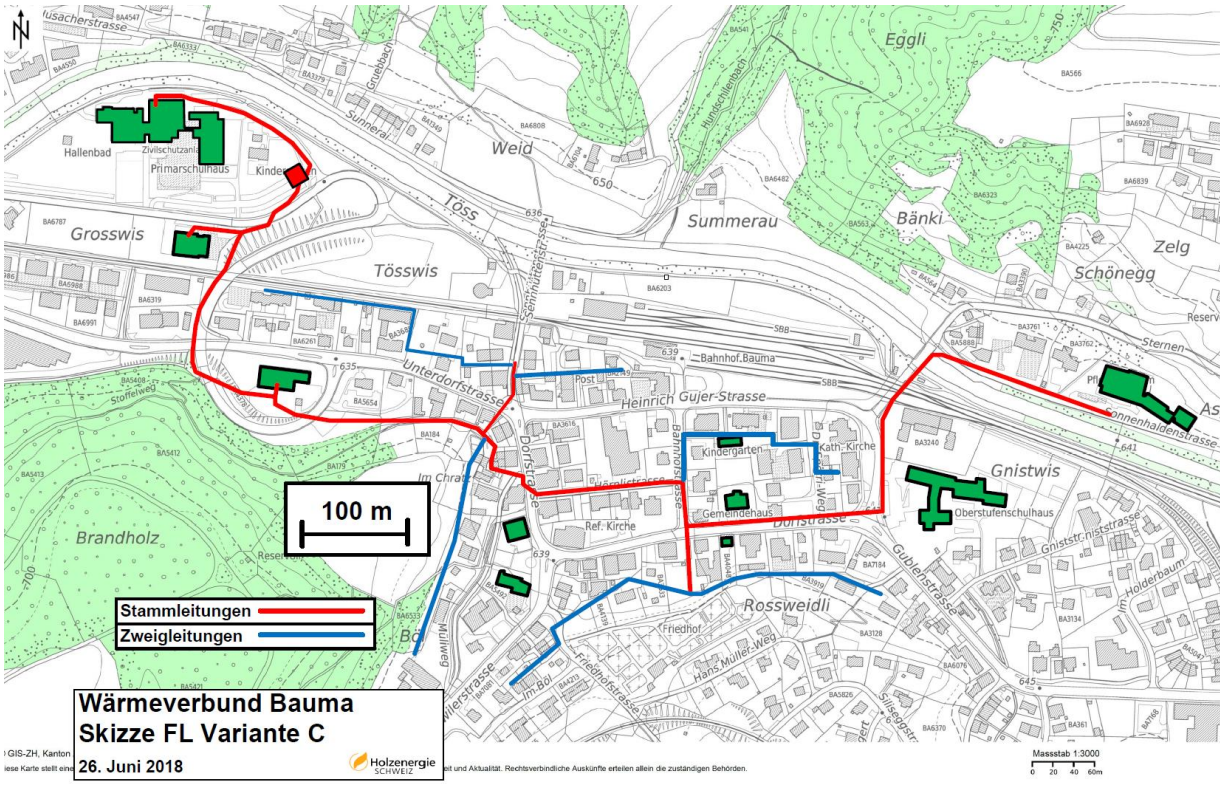

Bild 12: Variante C: Skizze Fernleitung (ohne Hausanschlussleitungen).

9.2 Kostenschätzung

Eine «Vollerschliessung» gemäss Bild 12 erfordert etwa folgende Leitungslängen und verursacht folgende Kosten:

Leitungsart	Leitungslänge [m‘ Graben]	Kosten [Fr.]
Stammleitungen	1‘550 m	1‘950‘000.-
Zweigleitungen	1‘150 m	1‘150‘000.-
Hausanschlüsse	2‘500 m	1‘400‘000.-
TOTAL	**4‘200 m**	**4‘500‘000.-**

Tabelle 18: Leitungslängen und Kosten «Vollerschliessung» gemäss Variante C.

Nimmt man als Kriterium eine Mindest-Anschlussdichte von 2.0 MWh/Trm*Jahr (vgl. Kapitel 4), müssten in der Variante C mindestens 8‘400‘000 kWh Nutzenergie pro Jahr abgesetzt werden können. Bei einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 32 kW und einem durchschnittlichen jährlichen Nutzenergiebedarf von 64‘000 kWh pro Liegenschaft – diese Werte wurden auch von in der Machbarkeitsstudie der Kurt Raschle GmbH verwendet – müssten also für einen wirtschaftlichen Betrieb innerhalb von 3 bis 5 Jahren nach der Inbetriebnahme der Heizzentrale mindestens 130 Liegenschaften angeschlossen werden können.

Die Herleitung der übrigen Kosten beruht auf den folgenden Grundlagen:

Anschlussleistung total:	4‘000 kW
Nutzenergie total:	8‘400‘000 kWh/Jahr
Leistung Holzkessel 1:	3‘000 kW
Leistung Holzkessel 2:	1‘000 kW
Leistung Ölkessel:	1‘300 kW
Anteil Holzkessel an der Wärmeerzeugung:	95%
Anteil Öl an der Wärmeerzeugung:	5%
Nutzenergie aus Holz (8‘400‘000 x 0.95):	7‘980‘000 kWh/Jahr
Nutzenergie aus Öl (2‘056‘000 x 0.15):	420‘000 kWh/Jahr
Jahresnutzungsgrad Holzkessel (inkl. Fernleitung):	80%
Jahresnutzungsgrad Ölkessel (inkl. Fernleitung):	80%
Endenergiebedarf Holz (7‘980‘000 x ([1/0.8]):	9‘975‘000 kWh/Jahr
Endenergiebedarf Öl (420‘000 x ([1/0.80]):	525‘000 kWh/Jahr
Energieinhalt Schnitzel (65% Hartholz, 35% Weichholz, M50%):	865 kWh/Sm^3
Jahresbedarf Holzschnitzel (9‘975/000/865):	11‘532 $Sm^{3/}$Jahr
Schnitzelpreis:	Fr. 40.-/Sm^3
Kosten Schnitzel (Fr. 40.- x 2‘590):	Fr. 461‘280.-/Jahr
Energieinhalt Heizöl:	10 kWh/l
Jahresbedarf Heizöl (525‘000/10):	52‘500 l/Jahr
Ölpreis:	Fr. 0.93/l
Kosten Öl (38‘550 x 0.93):	Fr. 48‘825.-/Jahr
Allgemeine Betriebskosten:	Fr. 220'000.-/Jahr

Für einen Kapitalzinssatz von 3.0% lassen sich folgende Kosten abschätzen:

Komponente	Investitions-kosten [Fr.]	Amortisations-zeit [Jahre]	Annuitäten-faktor	Kapitalkosten [Fr./Jahr]	Kosten/kWh [Rp./kWh]
Vorbereitungsarbeiten	**35‘000**			**2‘345**	**0.00028**
Gebäude	**1‘180‘000**			**50‘740**	**0.00604**
Wärmeerzeugung	**2‘470‘000**			**161‘890**	**0.01927**
Wärmeverteilung	**6‘395‘000**			**318‘185**	**0.03788**
Honorare und Unvorhergesehenes	**2‘500‘000**			**167‘500**	**0.02292**
TOTAL	**12‘580‘000**			**700‘660**	**0.09692**
Zusammenfassung			**8‘400‘000**	**kWh/Jahr**	**Rp./kWh**
Kapitalkosten	700‘660				8.34
Kosten Schnitzel	461’280				5.49
Kosten Heizöl	48‘825				0.58
Allgemeine Betriebskosten	220’000				2.61
Kosten total	**1‘430‘765**				**17.02**

Tabelle 19: Kostenschätzung Variante C: Kapitalzinssatz 3.0%, alle Angaben exkl. MWSt.

9.3 Trägerschaft

Variante C ist ein Wärmeverbund von rund 4 MW Anschlussleistung und einem Investitionsvolumen von schätzungsweise 12.5 Millionen Franken. Der Auf- und Ausbau eines derartigen Projektes erfordert einen längeren Zeitraum und ein professionelles Bau- und Akquisitionsmanagement. Gerade bei der Akquisition der Wärmebezüger sind oft rasche und flexible Entscheidungen erforderlich. Erfahrungen aus anderen Gemeinden (z.B. Marthalen, Rikon) haben gezeigt, dass es für Gemeinden bisweilen schwierig sein kann, diese Flexibilität zu gewährleisten bzw. dass sie für eine privatrechtlich organisierte Trägerschaft einfacher ist.

Deshalb empfehlen wir, auch für die Variante C eine privatrechtliche Organisationsform auf landwirtschaftlicher Basis (vgl. Kapitel 7.6, Seite 24). Wie erwähnt lässt sich die Variante A bzw. A1 ohne grosse Vorinvestitionen zu einem späteren Zeitpunkt in Richtung der Variante C erweitern.

Als eine Möglichkeit bietet sich grundsätzlich auch für die Variante C das Contracting an (vgl. Kapitel 7.5). Abgesehen von den tendenziell eher höheren Wärmegestehungskosten kommt bei der Variante C das erhöhte Akquisitionsrisiko hinzu. Von den Anschlussleistung im Endausbau (ca. 4 MW) sind zurzeit nur etwa ein Drittel einigermassen gesichert (vgl. Variante A). Die Erfahrungen verschiedener Projekte (z.B. Trimbach SO, Courtepin FR, Rekingen AG) haben gezeigt, dass die Contractoren ein erhöhtes Akquistionsrisiko mit höheren Wärmepreisen absichern. Dies wiederum reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass die erforderliche Anschlussdichte erreicht wird.

Falls für die Variante A bzw. A1 eine Contractingausschreibung beschlossen wird, empfehlen wir, gleichzeitig auch die Variante C auszuschreiben.

9.4 Chancen-Risiken-Analyse

Die wichtigsten Chancen (Stärken)(und Risiken der Variante C lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Chancen (Stärken)	Risiken (Schwächen)
• Das Projekt ermöglicht eine nachhaltige Waldpflege und stellt einen grossen Teil der Energieversorgung in Bauma auf eine erneuerbare und CO_2-neutrale Grundlage. • Der Standort von Heizzentrale und Silo ist nahzu ideal. • Mit den 3 bzw. 4 Grossverbrauchern der Varianten A und A1 steht mehr oder weniger von Beginn weg eine gewisse Grundauslastung zur Verfügung, und das Wärmenetz lässt sich anschliessend kontinuierlich erweitern. • Die Chance der Variante C liegt darin, dass es gelingt, die Vorinvestitionen im Hinblick auf den Endausbau möglichst erst dann zu tätigen, wenn im Dorfzentrum ausreichend Wärmeabsatz vorhanden ist. • Die Wärmeerzeugung (Kessel, Filter) kann entsprechend dem Anschlussfortschritt etappenweise ausgebaut werden.	• Käserei Preisig ist ein «Klumpenrisiko», allerdings weniger gross als in den Varianten A und B. • Die Betriebssicherheit ist rund um die Uhr sicherzustellen. • Ob und in welchem Zeitraum sich die erforderliche Anschlussdichte ergibt, ist zurzeit nur sehr schwer abzuschätzen. • Vor allem bei privaten Liegenschaftsbesitzern hängt der Akquisitionserfolg erfahrungsgemäss stark vom Ölpreisniveau ab. Im Moment ist dieses eher hoch. Wie dies in Zukunft sein wird, kann niemand sagen. • Insbesondere für die Fernleitung bis zur Käserei Preisig sind im Hinblick auf eine Erschliessung des übrigen Dorfzentrums grosse Vorinvestitionen erforderlich. Diese sollten erst in Angriff genommen werden, wenn mindestens zwei Drittel der Anschlussleistung des Endausbaus vertraglich zugesichert ist. Bei den baulichen Vorinvestitionen in Heizzentrale und Silo sind etappierte Lösungen zu prüfen.

Tabelle 20: Variante C: Chancen und Risiken.

9.5 Meilensteinplanung

Die Meilensteinplanung der Variante C präsentiert sich folgendermassen:

Meilenstein	Termin	Kosten [Fr.]	Bemerkungen
Grundsatzentscheid Gemeinderat	31.1.2019	--	Variantenwahl bzw. Sistierung Projekt
Information Waldbesitzer	28.02.2019	--	Vor- und Bauprojekt, Bew.-Verfahren, 175'000.-
Gründung Trägerschaft	31.10.2019	--	Vor- und Bauprojekt, Bew.-Verfahren, 175'000.-
Ausschreibung und Erarbeitung Vorprojekt	31.03.2020	160'000.-	
Sicherstellung Finanzierung	30.06.2020	--	
Vertragsverhandlungen Wärmebezüger	30.06.2020	--	
Bauprojekt 1. Etappe erarbeitet	31.12.2020	220'000.-	
Bewilligungen eingeholt	31.12.2020	5'000.-	
Baubeginn	01.03.2021	--	
Inbetriebnahme 1. Etappe	01.09.2021	--	

Tabelle 21: Variante C: Meilensteinplanung.

10. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die wichtigsten Resultate und Schlussfolgerungen der Machbarkeitsstudie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Varianten A und A1**
  Für die Variante A resultieren bei einem Kapitalzinssatz von 2.0% Wärmegestehungskosten von 18.1 Rp./kWh (exkl. MWSt.). Fütr die Variante A1 betragen die Wärmegestehungskosten 16.4 Rp./kWh (exkl. MWSt.). Es ist als erstes zu prüfen, ob ein Anschluss der Käserei Preisig und der Liegenschaften der Ernst Schläpfer AG zu diesen Preisen machbar ist bzw. ob sich die Wärmegestehungskosten dank zusätzlicher Investitionsbeiträge (Schweizer Berghilfe, Gemeinde) noch senken lassen. Als Trägerschaft der Varianten A und A1 kommt am ehesten eine eigene Körperschaft auf landwirtschaftlicher Basis in Frage. Als Option schlagen wir eine Contractingausschreibung vor.
- **Variante B (Stromerzeugung)**
  Die zusätzliche Stromerzeugung mit einem Holzvergaser würde die Wärmegestehungskosten erst ab einem erzielbaren Strompreis von ca. 30 Rp./kWh positiv beeinflussen. Wir empfehlen, diese Variante nicht weiter zu verfolgen.
- **Variante C**
  Für einen grossen Wärmeverbund, dessen Perimeter bis zum Pflegezentrum Wald reicht und welcher das ganze Dorfzentrum umfasst, müssten innert nützlicher Frist (3 bis 5 Jahre) mindestens etwa 130 Liegenschaften mit einer Gesamtanschlussleistung von mindestens 4'000 kW anschliessen. Dies müsste in einem Vorprojekt definitiv geprüft werden. Als Trägerschaft dieser Variante schlagen wir ebenfalls eine eigene Aktiengesellschaft auf landwirtschaftlicher Basis vor. Variante C könnte auch aus einem späteren Ausbau der Varianten A bzw. A1 resultieren.
- **Dezentrale Varianten: Gasthaus Tanne, Alterszentrum Bauma, übrige Gemeindeliegenschaften**
  Was die dezentralen Varianten für das Gasthaus Tanne, das Alterszentrum Bauma sowie die übrigen Gemeindeliegenschaften betrifft, schliessen wir uns den Empfehlungen des Ingenieurbüros Rothweiler an.

- **Dezentrale Variante: Schulhaus/Hallenbad Altlandenberg**
  Als dezentrale Variante bietet sich die Sanierung der bestehenden Holzschnitzelheizung im Schulhaus Altlandenberg gemäss dem Projekt und Kostenvoranschlag des Ingenieurbüros Rothweiler an. Um die Mehrkosten für die Installation von zusätzlichen Silodeckeln von Fr. 175‘000.- zu reduzieren, schlagen wir als günstigere Lösung die Installation eines Siloverteilsystems («Deckenschnecken») vor, wie es beispielsweise in der Heizzentrale des neuen Wärmeverbundes Hallenbad Wald 2017 und in der Anlage der EKZ in Illnau installiert wurde.

Bild 13: Siloverteiler («Deckenschnecken») in der Heizzentrale des Wärmeverbundes Ilnau der EKZ.

Anhang: Organisationsformen gemäss OR

Organisationsform	Einfache Gesellschaft	AG	GmbH	Genossenschaft
Haftung Gesellschafter	mit Privatvermögen und solidarisch	keine	solidarisch bis Summe des Stammkapitals	persönliche Haftung möglich (Statuten)
Vertretung	alle; gewöhnliches: jeder	gemäss Handelsregister-Eintrag	verschiedene Formen möglich	durch Verwaltung
Geschäftsführung	steht allen zu	eigene	eigene/oder durch Gesellschafter	eigene (mind. 3 Personen)
Kapital/eigenes Geschäftsvermögen	keines	Mind. Fr. 50'000.-, eigenes Vermögen	Min. Fr. 20'000.- Max. Fr. 2'000'000.-	Beiträge, Darlehen, Genossenschaftskapital
Mitglieder	natürliche Personen, Personengesamtheit	natürliche und juristische Personen und Gemeinwesen	natürliche Personen und Handelsgesellschaft	nat. und juristische Personen (mind. 7)
Handelsregister-Eintrag	nicht möglich	ja, konstitutiv	ja	ja, konstitutiv
Vorteile	einfache Form	keine persönliche Haftung, gute Geschäftsführung	flexible Geschäfts-führung	Selbsthilfe, einfache Form
Nachteile	Vertretung und Geschäftsführung	Formvorschriften, Kapitalbedarf	Haftung durch Gesellschafter	Kopfstimmrecht
Formvorschriften	keine	öffentliche Urkunde, Publikation	öffentliche Urkunde	keine
Grundlage	formloser Vertrag	Statuten	Statuten	Statuten
eigene Rechtsperson	keine	ja	ja	ja

Quellenverzeichnis

- Gemeinde Bauma: Holzheizung mit Nahwärmeverbund, Teil C: Umfrage/Rev. Kostenmodell, E+H Ingenieurbüro für Energie + Haustechnik, Alfred Gründler, Schaffhausen. 4. September 1996.
- Machbarkeitsstudien Teile 1 bis 3: Sanierung Heizzentralen Gemeindeliegenschaften Dorfzentrum, Sanierung Holzschnitzelheizzentrale Schulhaus Altlandenberg, Sanierung Heizzentralen Gasthaus Tanne und Alterszentrum, Kurt Rothweiler, Ingenieurbüro, Rüti, 2015.
- Wärmeverbund Bauma. Machbarkeitsstudie für einen Wärmeverbund mit Holzschnitzelheizung in Bauma, Kurt Raschle GmbH, Rickenbach ZH, 2010.