



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

STANDORTEVALUATION HOLZ-WKK

ÜBERPRÜFUNG BESTEHENDER HOLZENERGIEANLAGEN AUF DIE ZUKÜNFTIGE MÖGLICHKEIT DER STROMERZEUGUNG

Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

Andreas Keel, Energie & Holz GmbH

Neugasse 6, 8005 Zürich, www.energieundholz.ch

Impressum

Datum: 08.02.2013

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

Daniel Binggeli, daniel.binggeli@bfe.admin.ch

BFE-Projektnummer: SI/400554

Bezugsort der Publikation: www.bfe.admin.ch/dokumentation

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Zusammenfassung | 4 |
| Resumé | 4 |
| Abstract..... | 4 |
| 1. Ausgangslage | 5 |
| 2. Ziel der Arbeit | 7 |
| 3. Stand der Technik Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz | 8 |
| 3.1 Energietechnische Grundlagen | 8 |
| 3.2 Verbrennung..... | 9 |
| 3.2.1 Systeme | 9 |
| 3.2.2 Dampfmotor und Dampfturbine | 9 |
| 3.2.3 ORC („Organic Rankine Cycle“) | 10 |
| 3.2.4 Stirlingmotor | 12 |
| 3.2.5 Heissgasturbine | 12 |
| 3.3 Holzvergasung | 13 |
| 3.3.1 Allgemeine Beschreibung | 13 |
| 3.3.2 Wirbelschichtvergaser | 13 |
| 3.3.3 Gegenstromvergaser (Festbett) | 14 |
| 3.3.4 Gleichstromvergaser (Festbett) | 14 |
| 3.4 Pyrolyse | 15 |
| 3.5 Praxiserfahrungen | 16 |
| 3.5.1 Übersicht Technologie | 16 |
| 3.5.2 Übersicht Anlagen | 17 |
| 3.5.3 Beispiel Holzverstromung Nidwalden | 19 |
| 3.5.4 Beispiel ORC-Anlage Nesslau | 21 |
| 4. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen | 22 |
| 5. „Idealtypische“ Anlagen | 24 |
| 5.1 Vorbemerkung..... | 24 |
| 5.2 ORC (300 – 600 kWel)..... | 24 |
| 5.3 Holzvergasung gross (150 – 300 kWel)..... | 26 |
| 5.3.1 „Idealtypische“ Anlage | 26 |
| 5.3.2 Beispiel Holzvergaser Urbas GmbH | 28 |
| 5.4 Holzvergaser klein (30 – 50 kWel) | 32 |
| 5.4.1 „Idealtypische“ Anlage | 32 |
| 5.4.2 Holzvergaser Spanner RE ² GmbH | 37 |

| | |
|---|----|
| 6. Fazit..... | 42 |
| 7. Vorgeschlagene Standorte..... | 43 |
| 8. Bereits geprüfte Standorte | 45 |
| 9. Referenzen/Quellen..... | 47 |
| Anhang: Vorschläge Standorte | 48 |
| 1. Unholz Greifensee ZH..... | 48 |
| 2. Sägerei Aecherli Regensdorf ZH | 49 |
| 3. Sägerei Kehrlı & Co., Rifferswil ZH..... | 50 |
| 4. Pius Schuler AG Rothenthurm SZ | 51 |
| 5. Ortsgemeinde Walenstadt SG | 54 |
| 6. Unterstammheim ZH | 60 |
| 7. Wärmeverbund Villmergen AG | 61 |
| 8. Reinhardt Holz AG, Erlenbach BE | 62 |
| 9. Flück Werke AG, Brienz | 63 |
| 10. Kistenfabrik AG Merenschwand AG | 64 |
| 11. Ernst Meyer, Säge- und Hobelwerk, Gadmen BE | 65 |
| 12. Planzer Holz AG, Langnau bei Reiden LU..... | 66 |
| 13. Sägerei Trachsel AG, Rüti bei Riggisberg BE | 67 |
| 14. Dahinden Sägewerk AG, Hellbühl LU..... | 68 |
| 15. Stadtsäge St. Gallen SG..... | 69 |
| 16. Werkhof Zernez GR | 70 |
| 17. Wärmeverbund Linthal GL | 71 |
| 18. Holzbau A. Freund, Samedan GR..... | 73 |
| 19. Ebnat-Kappel SG | 74 |
| 20. Benken ZH..... | 76 |
| 21. Sägerei Birrer Holz AG, Hergiswil LU | 77 |
| 22. Schreinerei Schmidiger, Baar ZG | 78 |
| 23. Holzbau Urs Buschor, Muolen SG..... | 79 |
| 24. Heider Holzenergie AG, Tagelswangen ZH | 80 |
| 25. Wärmeverbund Sunnebüel, Wallisellen ZH..... | 81 |
| 26. A + C Corbat SA, Vendlincourt JU | 82 |
| 27. Trigonorm AG, Linden BE | 83 |
| 28. Josef Bucher AG Sägewerk, Escholzmatt LU..... | 84 |
| 29. Wärmeverbund Gais, Gais AR | 85 |
| 30. Holzheizwerk Uri, Schattdorf UR | 86 |
| 31. Forstwerkhof Lenzen, Fischenthal ZH | 87 |

| | | |
|-----|---|----|
| 32. | Sägerei Schürch & Co. AG, Huttwil BE | 88 |
| 33. | FEWA Reutigen BE | 89 |
| 34. | Holzbau Nägeli AG, Gais AR | 90 |
| 35. | Chauffage à distance, Moiry VD | 91 |
| 36. | Wärmeverbund Schanz, Pfäffikon ZH | 92 |
| 37. | Bulle FR | 93 |
| 38. | Wärmeverbund Hedingen ZH | 94 |
| 39. | Wohlfender Areal, Sulgen TG | 95 |
| 40. | Wärmeverbund Brickermatte, Altdorf UR | 96 |
| 41. | Gärtnerei Verdonnet-Bouchet, Troinex GE | 97 |
| 42. | Holzenergie OBL AG, Plaffeien FR | 98 |

Zusammenfassung

In Zukunft wird die Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz an Bedeutung gewinnen. Die bestehenden Holzenergieanlagen der Schweiz stellen diesbezüglich ein Potenzial dar, da die Frage der Umrüstung von reiner Wärmeherzeugung auf Wärme-Kraft-Kopplung meistens dann aktuell wird, wenn bestehende Anlagen saniert werden müssen. Im Rahmen des Berichtes erfolgt zunächst ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik und die bestehenden Anlagen der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz. Anschliessend wird für die wichtigsten verfügbaren und umsetzbaren Technologien je ein Idealtypus skizziert. Auf der Basis dieser idealtypischen Anlagen erfolgt ein Scanning der bestehenden Wärmeherzeugungsanlagen im Hinblick auf ihre Eignung für die zukünftige Erzeugung von Wärme **und** Elektrizität. Als Resultat liegt eine Liste mit 42 in Frage kommenden Standorten vor. Von allen Anlagenbesitzern liegen schriftliche Erklärungen vor, dass sie mit der Publikation ihrer Anlagendaten einverstanden sind.

Resumé

Dans l'avenir, le couplage chaleur-force à partir du bois-énergie gagnera en importance. A cet égard, les installations existantes de chauffage au bois représentent un certain potentiel, puisque le moment de leur renouvellement est une occasion pour examiner les possibilités du couplage chaleur-force. Le rapport fait, d'abord, un tour d'horizon de la technologie du couplage chaleur-force actuellement à disposition ainsi que des installations existantes en Suisse. Ensuite est proposée une liste avec 42 endroits et installations existants où un examen approfondi vaudrait la peine. Tous les propriétaires ont consenti de manière écrite à une publication des données de leur installation dans le cadre du rapport present.

Abstract

In the future wood burning combined heat and power plants (CHP) will gain importance. Therefore the existing wood-energy plants in Switzerland represent a potential. The question of upgrading pure heat production to heat and power generation is mostly topical if the existing facilities need to be reconditioned. The report first provides an overview of existing wood burning CHP-systems and technologies. Then for each available technology an ideal type of CHP is outlined. Out of the existing inventory of heat generation plants a total of 42 sites are proposed to further investigate the topic of the future upgrading from a heat generation plant to a combined heat **and** power plant. From every plant-owner there is a written agreement for the publication of the plant data.

1. Ausgangslage

Die Schweizerische Holzenergiestatistik weist für Ende 2010 gesamtschweizerisch 645'495 installierte Holzheizungen aus (ohne Kehrichtverbrennungsanlagen), welche alle zusammen knapp 4 Millionen Kubikmeter (Festmeter) Holz pro Jahr nutzten. Gemäss Schweizerischer Holzenergiestatistik verteilte sich die Nutzung auf die verschiedenen Feuerungskategorien gemäss nachfolgender Tabelle:

| | Anzahl Anlagen | | Holzverbrauch [m ³ /Jahr] | |
|--|----------------|----------------|---|------------------|
| | 1990 | 2010 | 1990 | 2010 |
| Einzelraumheizungen (Holz-Zusatzheizungen) | 537'525 | 562'730 | 1'178'028 | 808'888 |
| Gebäudeheizungen (Stückholz, Schnitzel, Pellets) | 152'673 | 75'774 | 1'263'214 | 948'450 |
| Automatische Heizungen (Schnitzel, Pellets) | 2'277 | 6'982 | 576'662 | 1'905'744 |
| Holz-WKK-Anlagen (Strom und Wärme) | 0 | 9 | 0 | 310'751 |
| Total | 692'475 | 645'495 | 3'017'904 | 3'973'833 |

Tabelle 1: Entwicklung der Holzenergienutzung in der Schweiz 1990 bis 2009. Nicht in diesen Zahlen enthalten ist die Holzmenge, welche in Kehrichtverbrennungsanlagen genutzt wurde (2010: 386'765 m³) [1].

Der gleichen Quelle zufolge waren 2010 neun Holz-WKK-Anlagen in Betrieb, welche insgesamt 7.8% des gesamten genutzten Energieholzes in Wärme **und** Elektrizität umwandeln und 84'419 MWh Elektrizität erzeugten.

Wiewohl sich dieser Anteil zurzeit noch bescheiden ausnimmt, wird die Stromerzeugung in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Dies vor allem aus folgenden Gründen:

- Die durchschnittliche Wärmedämmung der Gebäudehülle verbessert sich ständig. Im gleichen Ausmass reduziert sich der Wärmebedarf.
- Der Stromverbrauch hingegen steigt jedes Jahr an.
- Die tragischen Ereignisse in Japan vom März 2011 (Fukushima) haben die Diskussionen um die Kernenergie neu entfacht und vorderhand zum "Ausstiegsentscheid" des Bundesrates vom 25. Mai 2011 geführt. Mit diesem Entscheid werden die erneuerbaren Energien in Zukunft auch bei der Stromproduktion eine viel wichtigere Rolle spielen als bisher.
- Nach langen Jahren des Entwicklungs- sowie bestenfalls des Pilot- und Demonstrationsstadiums scheinen verschiedene Technologien zur Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz heute kurz vor der Marktreife und der Umsetzbarkeit im grösseren Stil zu stehen. Verschiedene jüngere Beispiele aus dem In- und Ausland stimmen jedenfalls zuversichtlich und erinnern stark an die Situation der Wärmeerzeugung aus Holz zwischen 1985 und 1990. Was damals bestenfalls Sache einiger Pioniere war, ist heute eine Selbstverständlichkeit im Portefeuille jedes Energiecontractors.

Die vorliegende Untersuchung greift diese veränderten Rahmenbedingungen auf der Nachfrageseite auf und verknüpft sie mit einer ebenfalls neuen Ausgangslage auf der Angebotsseite, welche durch folgende Punkte charakterisiert ist:

- Immer mehr bestehende, konventionelle Anlagen erreichen – mindestens was die Wärmeerzeuger (Kessel) betrifft – das Ende ihrer ersten Lebensdauer und sind zu erneuern.
- Im Jahr 2007 wurden verschärfte Emissionsvorschriften der Luftreinhalte-Verordnung LRV in Kraft gesetzt, welche vielfach eine Nachrüstung mit sekundären Partikel-Abscheidesystemen erforderlich machen. In der Regel erfolgt diese Nachrüstung gleichzeitig mit der übrigen Erneuerung der Anlage.
- Bei bestehenden Wärmenetzen erfolgt bei dieser Gelegenheit häufig auch eine Erweiterung der Wärmeerzeugungs- und der Wärmeverteilungskapazitäten.
- Der Übergang in die zweite Kesselgeneration ist meistens auch der Moment, um die bisherige Trägerschaft zu überdenken und allenfalls anzupassen. Nicht selten erfolgt dabei eine Übergabe der Anlage an einen professionellen Contractor.
- Im kleinen Leistungsbereich lassen verschiedene in jüngster Zeit realisierte Anlagen im nahen Ausland vermuten, dass die Technologie der Holzvergasung schon bald die definitive Markreife erreicht haben wird.

2. Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, welche Standorte **bestehender Holzenergieanlagen** in der Schweiz für eine vertiefte Abklärung der Realisierbarkeit von Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Frage kommen.

Die Arbeit umfasst folgende Punkte:

1. Übersicht über den aktuellen Stand der Technik
2. Definition eines „Parameter-Rasters“ (idealtypische Anlagen)
3. Überprüfung des bestehenden Anlagenparks mittels des „Parameter-Rasters“
4. Fazit
5. Erstellung einer entsprechenden Liste, nach Prioritäten geordnet

Der Fokus der Arbeit liegt auf bestehenden Holzenergieanlagen, welche aufgrund ihres Alters in nächster Zeit saniert werden müssen.

Die Arbeit erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Auswahl der Anlagen erfolgte aufgrund der Kenntnisse des Anlagenbestandes sowie aufgrund verschiedenster Angaben aus dem Netzwerk Holzenergie.

Im Kapitel 7 sind insgesamt 42 bestehende Holzenergie-Anlagen aufgelistet, bei welchen eine nähere Abklärung der zukünftigen Möglichkeiten der Holzverstromung lohnenswert erscheint.

Kapitel 8 gibt einen kurzen Überblick über diejenigen Standorte, wo bereits derartige Abklärungen gemacht wurden bzw. sowieso vorgesehen sind.

Der Anhang schliesslich enthält Kurzbeschreibungen der vorgeschlagenen Standorte.

Die Publikation aller Daten zu den im vorliegenden Bericht genannten Anlagen erfolgt im Einverständnis der jeweiligen Besitzer. Entsprechende schriftliche Erklärungen liegen vor.

3. Stand der Technik Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz

3.1 ENERGIETECHNISCHE GRUNDLAGEN

Angesichts endlicher Ressourcen steht heute bei jeder Umwandlung von Energie die konsequente Erhöhung der Effizienz im Vordergrund (zum Beispiel Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität, Wärmetransport in Fernleitungen, Gebäudeheizungen mittels Wärmepumpen und Umweltwärme etc.). Als zweiter Grundsatz besteht heute ein breiter Konsens darüber, wenn immer möglich erneuerbare, CO₂-neutrale Energieträger zu verwenden. In diesem Kontext vermag der bisherige eindimensionale Ansatz "erneuerbar – nicht erneuerbar" nicht mehr zu genügen. Vielmehr bedarf es einer differenzierten Betrachtungsweise und einer Unterscheidung zwischen hochwertiger Energie (= Exergie) und niederwertiger Energie (= Anergie). Die Exergie eines Systems ist die maximale mechanische Arbeit, welche sich aus diesem System beziehen lässt. Unter Anergie hingegen versteht man die frei verfügbare Energiemenge (Umweltwärme, Abwärme), welche jedoch nicht mehr in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Elektrizität ist reine Exergie, weil sie zu 100% zum Antrieb eines Motors verwendet werden kann. 130°C heisser Dampf besteht zu 30% aus Exergie und zu 70% aus Anergie. Er kann mittels einer Dampfturbine von 130°C auf die Umgebungstemperatur von 20°C abgekühlt werden, und nur dieser Teil lässt sich in Elektrizität umwandeln. Der abgekühlte Dampf bzw. sein Kondensat von 20°C ist Anergie und ermöglicht keine Umwandlung mehr. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Exergieanteile und die CO₂-Emissionen verschiedener Energiequellen [2].

| Energiequelle | Spezifikation | Emissionen CO ₂ [g/kWh] | Anteil Exergie |
|--------------------|--|------------------------------------|----------------|
| Elektrizität (EWZ) | 3 x 11 kV/50 Hz | 170 | 100% |
| Heizöl extraleicht | H _u = 10 kWh/l | 338 | 85% |
| Erdgas | H _u = 10 kWh/m ³ | 256 | 85% |
| Holzschnitzel | H _u = 725 kWh/Sm ³ | 11 | 80% |
| Pellets | H _u = 4'500 kWh/t | 11 | 80% |
| Umwelt | Erdreich, Grundwasser | 0 | 0% |
| Abwasser | ca. 20°C | 0 | 0% |
| Aussenluft | durchschnittlich 5°C | 0 | 0% |
| Sonne | maximal 1'000 W/m ² | 0 | 0% |

Tabelle 2: Exergie, Anergie, Spezifikation und CO₂-Emissionen verschiedener Energien (H_u = unterer Heizwert) [2].

Unter „Wärme-Kraft-Kopplung WKK“ versteht man die kombinierte, gleichzeitige Produktion von Wärme **und** Strom. Der Strom wird ins Netz eingespiessen, die Wärme wird über einen Wärmetauscher betriebsintern genutzt und/oder über ein Nahwärmenetz an Wärmekunden abgegeben.

Für die Produktion von Strom aus Holz stehen grundsätzlich die drei folgenden Technologien zur Verfügung:

- Verbrennung
- Vergasung
- Pyrolyse

Diese unterscheiden sich voneinander im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Luftmengen, welche dem thermischen Umwandlungsprozess des Holzes zugeführt werden. Sie sind nachfolgend kurz beschrieben [3], [4].

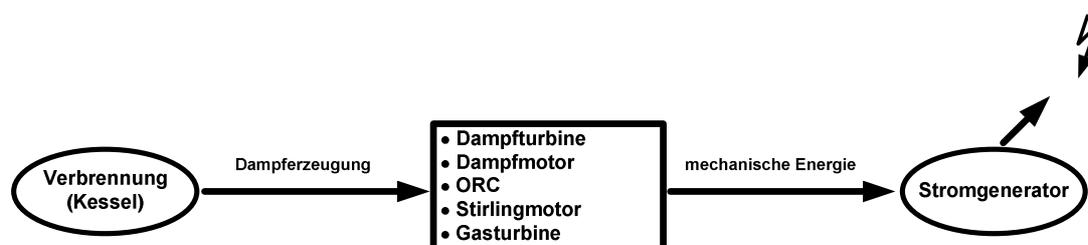
3.2 VERBRENNUNG

3.2.1 Systeme

Das Holz wird in einem Kessel bei Temperaturen zwischen 800°C und 1'300°C verbrannt. Anschliessend erfolgt die Abgabe der Wärme an das Arbeitsmedium der "Wärme-Kraft-Maschine" (Wasser, organische Substanz, Luft, Helium), welche ihrerseits wahlweise folgende Aggregate antreibt:

- Dampfmotor
- Dampfturbine
- ORC-Turbine ("Organic Rankine Cycle")
- Stirling-Motor
- Geschlossene Gasturbine

Bei der Verbrennung des Holzes in einem gewöhnlichen Kessel wird ausreichend Luft zugeführt, sodass das Holz oxidieren und sich vollständig in Wärme und CO₂ umwandeln kann. Figur 1 zeigt die Verbrennungstechnologien zur Erzeugung von Wärme und Strom in der Übersicht:



Figur 1: Prinzip der Verbrennungstechnologie.

3.2.2 Dampfmotor und Dampfturbine

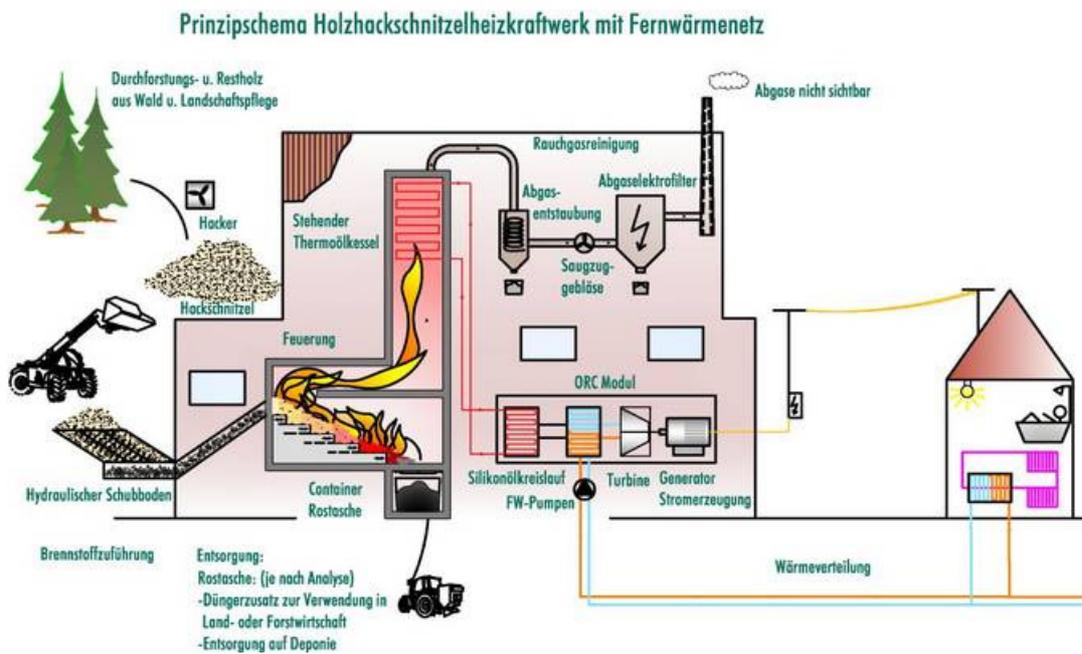
In Dampf-Kraft-Anlagen erzeugt eine Speisepumpe den Betriebsdruck des Wassers, welches anschliessend im Dampfkessel auf die Verdampfungstemperatur erhitzt und verdampft wird. Anschliessend entspannt sich der Dampf über einen Motor oder über eine Turbine. Die Entspannung des Dampfs ist der Moment der Umwandlung von thermischer Energie in Bewegungsenergie, welche ihrerseits den Generator zur Stromerzeugung antreibt. Der elektrische Wirkungsgrad (η_{el}) liegt bei der Dampftechnologie zwischen 15 und 20% und hängt insbesondere auch von der Dampftemperatur beim Eintritt in die Turbine ab. Eine stromgeführte Anlage hat einen höheren elektrischen Wirkungsgrad als eine wärmegeführte Anlage, welche nur dann in Betrieb ist, wenn auch Wärme benötigt wird. Dafür ist bei wärmegeführten Anlagen der gesamte Wirkungsgrad (= Jahresnutzungsgrad) deutlich höher, da keine Wärme "vernichtet" werden muss.

Die Dampftechnologie zur Stromerzeugung aus Holz ist erprobt und Stand der Technik. Die grössten Holz-WKK-Anlagen der Schweiz basieren auf der Dampftechnologie (vgl. Kapitel 3).

3.2.3 ORC („Organic Rankine Cycle“)

Bei der ORC-Technologie wird nicht Wasserdampf als Arbeitsmedium verwendet, sondern eine organische Flüssigkeit („Thermoöl“) mit niedriger Verdampfungstemperatur. Das ORC-Verfahren ist Stand der Technik und besonders dort geeignet, wo das zur Verfügung stehende Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und Wärmesenke zu niedrig ist für den Betrieb einer von Wasserdampf angetriebenen Turbine. Ein grosser Vorteil dieser Technologie und des Thermoöls liegt darin, dass die Betriebstemperatur besser ans Temperaturprofil der Wärmequelle angepasst werden kann. Dadurch ist eine Leistungsmodulierung möglich. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Wärmeproduktion mittels des Thermoöl-Kreislaufs vollständig von der Stromproduktion abgetrennt werden kann. Dadurch ist bei grösseren Anlagen auch ein modularer Ausbau möglich.

Das Funktionsprinzip einer ORC-Anlage ist in der nachfolgenden Figur 2 dargestellt:



Figur 2: Funktionsprinzip ORC.

Bezüglich Leistung ist die ORC-Technik in der Praxis gegen unten begrenzt. Der einschlägige Markt bietet heute etwa folgende Standard-ORC-Module (Beispiel Firma Turboden, Brescia I):

| Modul | | TURBODEN 4 CHP | TURBODEN 6 CHP | TURBODEN 7 CHP | TURBODEN 10 CHP | TURBODEN 14 CHP | TURBODEN 18 CHP | TURBODEN 22 CHP |
|---|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| INPUT – Thermoöl | | | | | | | | |
| Nominale Temperatur Kreislauf "Hochtemperatur" (ein/aus) | °C | 310/250 | 310/250 | 310/250 | 310/250 | 310/250 | 312/252 | 312/252 |
| Thermische Leistung Kreislauf "Hochtemperatur" | kW | 2'100 | 2'965 | 3'485 | 4'690 | 6'130 | 8'935 | 10'975 |
| Nominale Temperatur Kreislauf "Niedertemperatur" (ein/aus) | °C | 250/130 | 250/130 | 250/130 | 250/130 | 250/130 | 252/132 | 252/132 |
| Thermische Leistung Kreislauf "Niedertemperatur" | kW | 200 | 275 | 330 | 450 | 585 | 855 | 1'045 |
| Gesamte thermische Leistung | kW | 2'300 | 3'240 | 3'815 | 5'140 | 6'715 | 9'790 | 12'020 |
| OUTPUT – Heisswasser | | | | | | | | |
| Heisswassertemperaturen (ein/aus) | °C | 60/80 | 60/80 | 60/80 | 60/80 | 60/80 | 60/90 | 60/90 |
| Thermische Leistung an das Heisswasser | kW | 1'844 | 2'600 | 3'060 | 4'100 | 5'350 | 7'850 | 9'630 |
| LEISTUNGEN | | | | | | | | |
| Elektrische Bruttoleistung | kW | 424 | 617 | 727 | 1'001 | 1'317 | 1'862 | 2'282 |
| Elektrischer Brutto-Wirkungsgrad | % | 18.4 | 19.0 | 19.1 | 19.4 | 19.6 | 19.0 | 18.9 |
| Eigenstromverbrauch | kW | 24 | 30 | 38 | 51 | 62 | 87 | 107 |
| Elektrische Nettoleistung | kW | 400 | 587 | 689 | 950 | 1'255 | 1'775 | 2'175 |
| Elektrischer Netto-Wirkungsgrad | | 17.4 | 18.1 | 18.1 | 18.4 | 18.6 | 18.1 | 18.1 |
| Elektrischer Generator | | asynchron 3 Phasen, NS 400 V | asynchron 3 Phasen, NS 600 V | asynchron 3 Phasen, NS 600 V |
| Holzverbrauch | kg/h | 1'005 | 1'416 | 1'667 | 2'247 | 2'935 | 4'279 | 5'254 |

Tabelle 3: Standard-Module ORC (Beispiel Turboden GmbH, Brescia I).

ORC-Anlagen sind mit hohen Investitionen verbunden, welche sich nur durch einen hohen Stromertrag amortisieren lassen. Grundsätzlich sind ORC-Anlagen modulierbar und lassen sich „entlang der Jahresdauerlinie“ betreiben. Für die Wirtschaftlichkeit einer ORC-Anlage ist jedoch eine möglichst grosse Verfügbarkeit erwünscht (5'000 bis 6'000 Vollbetriebsstunden pro Jahr). Nur so lässt sich der erwünschte elektrische Wirkungsgrad von 15% erreichen.

Ideal sind deshalb Anlagenstandorte mit einer möglichst gleichmässigen Verteilung des Wärmeverbrauchs übers Jahr und einem grossen Bedarf an „Sommerwärme“.

Urs Zwingli vom Ingenieurbüro Calorex Widmer & Partner AG, welche die beiden ORC-Anlagen in Nesslau und Gossau SG geplant und realisiert hat und zurzeit mit der Planung einer ORC-Anlage in Mels beschäftigt ist, rechnet mit einer „ORC-Tauglichkeit“ eines Standortes ab einem Mindest-Nutzwärmebedarf von 8 bis 10 GWh pro Jahr [5].

3.2.4 Stirlingmotor

Der Stirlingmotor (= Heissgasmotor) arbeitet in einem geschlossenen Kreislauf und benutzt ein gasförmiges Arbeitsmedium (z.B. Luft, Helium, Wasserstoff). Sobald eine ausreichende Temperaturdifferenz zwischen der warmen und der kalten Zone erreicht ist, startet der Kolbenmotor und bleibt solange in Bewegung wie die Temperaturdifferenz aufrechterhalten wird. Eine Besonderheit des Stirlingmotors liegt darin, dass er keine Ventile benötigt. Die einzigen bewegten Teile sind der Arbeitskolben und der Verdrängerkolben. Beide Kolben arbeiten mit um 90 Grad versetzten Kurbeltrieben auf einem Schwungrad. Der Arbeitsablauf des Stirlingmotors umfasst vier Takte. Der Stirlingmotor ist wohl einer der interessantesten Motoren mit externer Verbrennung. Er ist wartungsarm, relativ ruhig und erreicht Wirkungsgrade, welche in die Nähe des thermodynamischen Idealprozesses kommen. Zudem ist die Verbrennung nicht an bestimmte Energieträger gebunden. Bei der Nutzung von Holz als Brennstoff zeigen sich allerdings folgende Probleme:

- Die Abgase können korrosiv wirken;
- der Wärmetauscher verschmutzt leicht und muss häufig gereinigt werden;
- eine hohe Verbrennungstemperatur ist mit Holz schwieriger zu erreichen als mit Gas oder Öl.

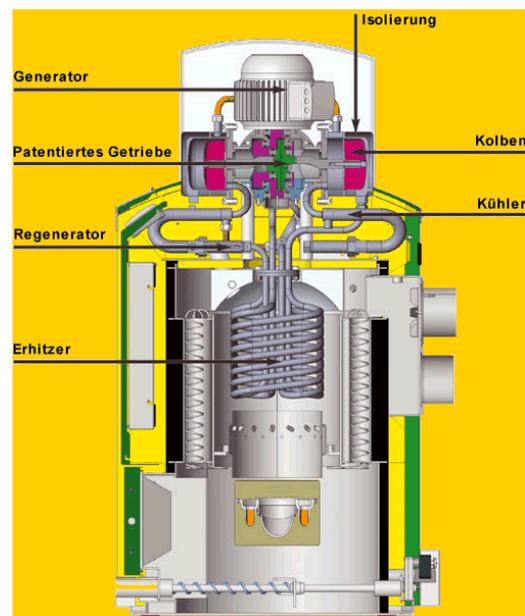
Die effektiv erreichbaren elektrischen Wirkungsgrade liegen zwischen 15% und 30%.

Die Technologie des Stirlingmotors befindet sich immer noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Die Firma Jenni Energietechnik AG in Oberburg bot im Jahr 2011 einen mit Pellets betriebenen Prototypen von 15 kW_{el} Leistung der Firma KWB – Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH, A-8321 St. Margarethen/Raab, an. In der Zwischenzeit wurde das entsprechende Forschungsprogramm in Österreich eingestellt, sodass auch die Firma Jenni AG ihr Angebot sistieren musste.

3.2.5 Heissgasturbine

Das komprimierte Gas wird über einen Hochtemperatur-Wärmetauscher erhitzt. Wegen der hohen Temperaturen ist der Verschleiss der Wärmetauscher sehr hoch. Die Technologie der geschlossenen Dampfturbine befindet sich immer noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase.

Die Firma Schmid AG hat eine Heissgasturbine mit einer Leistung von 150 kW_{el} bzw. 300 kW_{th} entwickelt und Anfang 2012 vorgestellt. Es bestehen Pläne, diesen Anlagentyp zum ersten Mal beim geplanten Wärmeverbund Dussnang (Gemeinde Fischingen) im Praxisbetrieb zu testen [6].



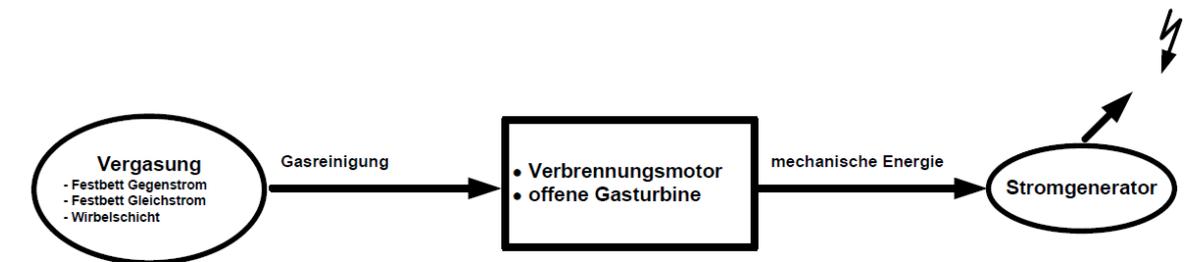
Figur 3: Funktionsschema Stirlingmotor.

3.3 HOLZVERGASUNG

3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Die Holzvergasung entspricht physikalisch einer unvollständigen Verbrennung. Chemisch handelt es sich um Oxidation mit Sauerstoff als Oxidationsmittel. Die im Holz enthaltenen Gase werden separiert, abgekühlt und gereinigt. Anschliessend werden sie in einem Verbrennungsmotor in Elektrizität umgewandelt. Als Zusatzprodukt fällt Wärme an.

Für die Holzvergasung existieren grundsätzlich drei verschiedene Verfahren.



Figur 4: Prinzip der Holzvergasung

Diese sind in den nachfolgenden Kapiteln kurz erläutert:

3.3.2 Wirbelschichtvergaser

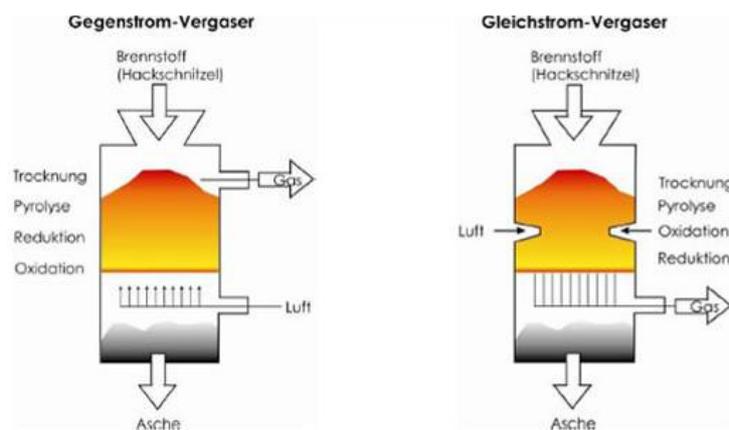
Beim Wirbelschichtvergaser handelt es sich im Prinzip um eine Wirbelschichtfeuerung, die mit Luftmangel betrieben wird und so durch die unvollständige Verbrennung des Holzes als Abgas das gewünschte Produktgas liefert. Die Brennstoffe werden mit einer Partikelgröße von weniger als 40 mm und einem Wassergehalt von mindestens 25% in die Brennkammer eingebracht und mit heißem Sand vermischt. Das Produktgas wird bei einer Temperatur von etwa 900 °C produziert. Diese Technik wird vor allem bei Energieanlagen im Leistungsbereich von 1'500 bis 3'000 kW angewendet, der elektrische Wirkungsgrad liegt bei etwa 30 % und damit deutlich höher als bei konventionellen, biomassebefeuerten Dampfkraftanlagen. Eine der bekanntesten Anlagen ist diejenige in Güssing A (2'000 kW_{el}, 4'500 kW_{th}).

3.3.3 Gegenstromvergaser (Festbett)

In einem Festbettvergaser, der nach dem Gegenstromprinzip arbeitet, bewegt sich der Luft-/Gasstrom in die dem Brennstoff entgegengesetzte Richtung. In der Regel bedeutet dies, dass der Brennstoff von oben in den Vergaser gegeben wird, während die Luft von unten zugeführt und das Produktgas oben abgezogen wird. Dies führt dazu, dass das Holzgas die Pyrolyse-Zone passieren muss und dort erhebliche Mengen an langkettigen Kohlenwasserstoffen („Teere“) mit sich zieht. Die Entfernung der Teere, die für die Nutzung des Produktgases in einem Motor notwendig ist, stellt nicht nur eine große technische Herausforderung dar, sondern bedeutet angesichts der Teermengen im Gas eines Gegenstromvergasers auch eine erwähnenswerte Reduktion des Wirkungsgrades der Anlage, soweit diese Reststoffe nicht wieder in die Anlage zurückgeführt werden können. Obwohl im Gegenstromvergaser auch feuchte Holzbrennstoffe schlechter Qualität verbrannt werden könnten, werden sie wegen der Verteerungsproblematik und des daraus resultierenden hohen Wartungsaufwands nur selten angeboten. Der Einsatzbereich dieses Systems liegt zwischen $200 \text{ kW}_{\text{th}}$ und $10'000 \text{ kW}_{\text{th}}$. Der elektrische Wirkungsgrad erreicht 20% bis 30%, also deutlich mehr als der ORC-Prozess.

3.3.4 Gleichstromvergaser (Festbett)

Im Gleichstromvergaser bewegen sich Luft-/Gasstrom und Brennstoff grundsätzlich in die gleiche Richtung.



Figur 5: Prinzip Gegenstromvergaser und Gleichstromvergaser.

Meist erfolgt die Luftzufuhr in einer verengten Oxidationszone. Die Verengung hat das Ziel, trotz einer seitlichen Zuführung, möglichst den gesamten Vergaserquerschnitt gleichmäßig mit Luft zu versorgen und für eine homogene Brennstoffverteilung in dieser Zone zu sorgen. Ein Gleichstromvergaser kann deutlich teerärmeres Holzgas erzeugen als ein Gegenstromvergaser. Wichtig ist die Qualität der Hackschnitzel. Sie sollten trocken ($w < 15\%$) und sehr homogen sein. Zu kleine Schnitzel können die gleichmäßige Verteilung von Luft behindern, zu große Schnitzel können sich verklemmen und mit sogenannter

„Brückenbildung“ die Bewegung des Materials durch die Anlage stoppen oder zumindest Bereiche schaffen, in denen die Gase bevorzugt strömen, und damit eine gleichmäßige Umsetzung behindern. Ist das Material lokal zu feucht, können an diesen Stellen durch vergleichsweise niedrige Temperaturen größere Mengen an Teeren verbleiben. In der Praxis führt dies dazu, dass selbst bei optimaler Reaktorkonstruktion und Prozessführung Produktgas auch aus einem Gleichstromvergaser nur dann in einem Motor genutzt werden kann, wenn es nach Austritt aus dem Vergaser von Teeren gereinigt wurde. Der Einsatzbereich von Gleichstromvergasern geht hinunter bis ca. $30 \text{ kW}_{\text{el}}$ bzw. $80 \text{ kW}_{\text{th}}$.

3.4 PYROLYSE

Die Pyrolyse oder pyrolytische Zersetzung ist ein thermo-chemischer Prozess, bei welchem grössere Holz-Moleküle durch hohe Temperaturen (500° bis 900°C) in kleinere Moleküle aufgespalten werden. Die Pyrolyse wandelt das feste Holz in flüssige Substanzen (Teer, Pyrolyseöl) und/oder in gasförmige Substanzen um. Im Gegensatz zur Verbrennung und zur Vergasung geschieht das ausschliesslich unter Einwirkung von Wärme und ohne zusätzlich zugeführten Sauerstoff (Verbrennungsluftverhältnis $\lambda = 0$). Oftmals nutzt der Pyrolysator einen heissen Strom eines trägen Gases (z.B. Stickstoff). Bezüglich Sauerstoffzufuhr stellt die Pyrolyse das eine, die Verbrennung das andere Extrem dar, während die Vergasung gleichsam als "mittlerer Weg" bezeichnet werden kann.

Ein Hauptproblem im Zusammenhang mit der Energieerzeugung auf der Basis der Pyrolyse ist die Qualität der Pyrolyseprodukte, welche bisher das für eine kommerzielle Nutzung in einer Gasturbine oder einem Dieselmotor erforderliche Niveau noch nicht erreicht hat.



Figur 6: Funktionsprinzip Pyrolyse

3.5 PRAXISERFAHRUNGEN

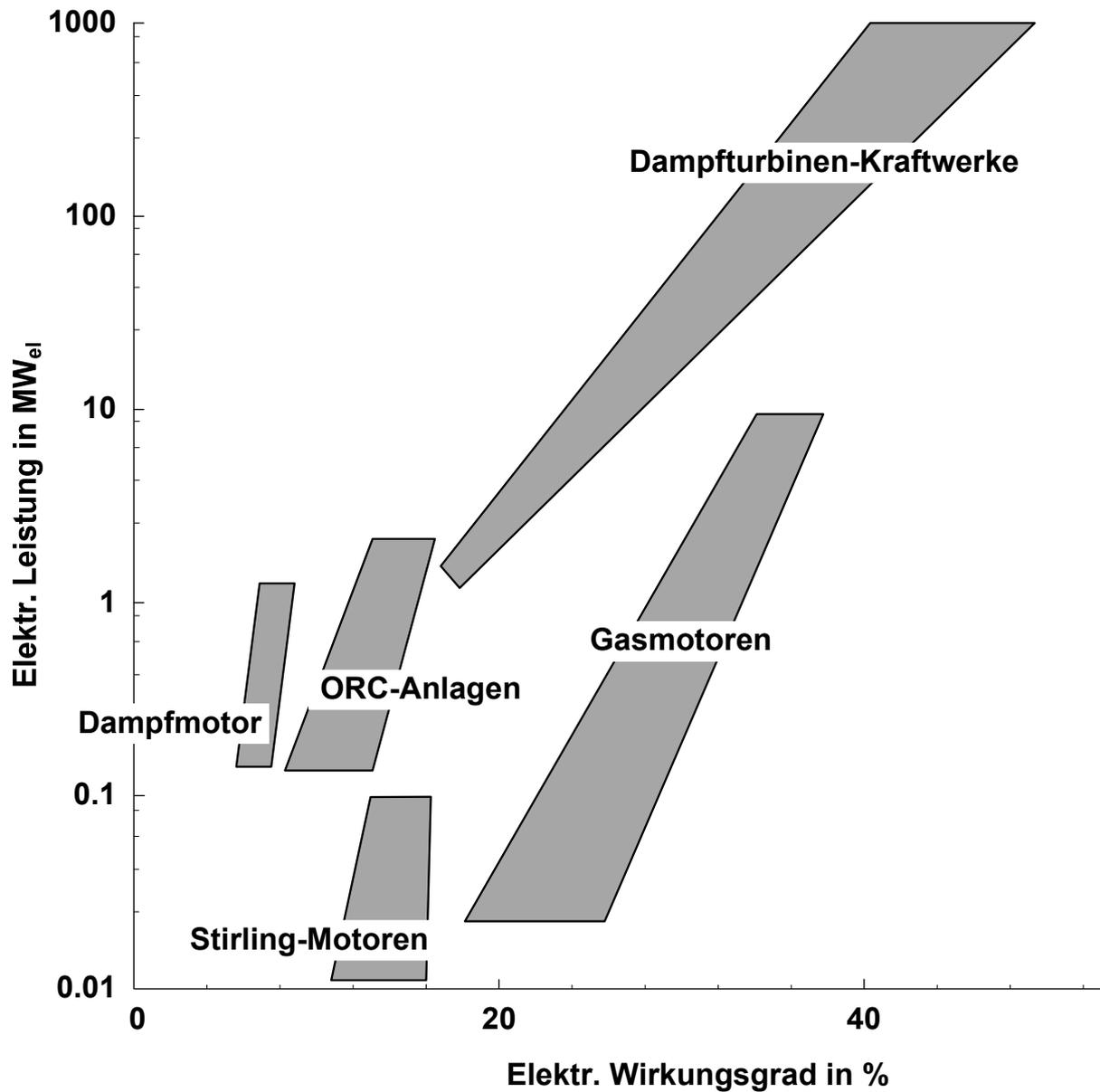
3.5.1 Übersicht Technologie

Der aktuelle Stand der Technologie der Stromerzeugung aus Holz lässt sich wie folgt zusammenfassen:

| System | Technologie | Leistung elektrisch | Leistung thermisch | Elektrischer Wirkungsgrad | Stand der Technik | Bemerkungen |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|---|
| | | [kW] | [kW] | | | |
| Verbrennung | Dampfturbine | > 500 | > 5'000 | 15 - 20% | bewährt | <ul style="list-style-type: none"> ☒ grosse Mengen Wärme während des ganzen Jahres ☒ geeignet bei grossen, bestehenden Wärmenetzen ☒ geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz (Aubrugg, Horgen, Luzern) |
| | Dampfmotor | > 400 | > 4'000 | 15 - 20% | bewährt | <ul style="list-style-type: none"> ☒ grosse Mengen Wärme während des ganzen Jahres ☒ geeignet bei grossen, bestehenden Wärmenetzen ☒ geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz (Aubrugg, Horgen, Luzern) |
| | ORC | > 300 | > 2'000 | 15 - 25% | bewährt | <ul style="list-style-type: none"> ☒ grosse Mengen Wärme ☒ geeignet für tieferen Leistungsbereich ☒ häufigstes System |
| | Stirling-Motor | > 15 | > 60 | 15 - 30% | nicht erprobt | <ul style="list-style-type: none"> ☒ Forschungs- und Entwicklung ☒ Erste Prototypen |
| | Gasturbine | > 200 | > 3'000 | 15 - 20% | nicht erprobt | <ul style="list-style-type: none"> ☒ Forschungsstadium ☒ neu Schmid AG |
| Vergasung | Festbett-Gegenstrom | > 100 | > 200 | 20 - 30% | noch nicht marktreif | <ul style="list-style-type: none"> ☒ Hauptproblem: Gasqualität (Teer) ☒ wäre gut geeignet für kleine Leistungen |
| | Festbett-Gleichstrom | > 30 | > 70 | 20 - 30% | an der Schwelle zur Marktreife | <ul style="list-style-type: none"> ☒ gute Erfahrungen in allerjüngster Zeit (Urbas, Spanner RE²) ☒ geeignet für ganz kleine Leistungen ☒ wenig Abwärme ☒ wichtig: Brennstoffqualität |
| | Wirbelschicht | > 1'000 | > 20'000 | 15 - 25% | an der Schwelle zur Marktreife | <ul style="list-style-type: none"> ☒ grosse Mengen Wärme während des ganzen Jahres ☒ Beispiel Güssing (A) |
| Pyrolyse | | > 50 | > 100 | 10 - 30% | an der Schwelle zur Marktreife | <ul style="list-style-type: none"> ☒ Hauptproblem: Gasqualität (Teer) ☒ wäre gut geeignet für kleine Leistungen |

Tabelle 4: Übersicht über den aktuellen Stand der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz.

In der Übersicht präsentiert sich das Bild wie folgt:



Figur 7: Übersicht über die elektrischen Leistungsbereiche und Wirkungsgrade der Holz-Wärme-Kraft-Kopplung.

3.5.2 Übersicht Anlagen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über alle zurzeit in der Schweiz in Betrieb stehenden bzw. kürzlich wieder stillgelegten Holz-WKK-Anlagen.

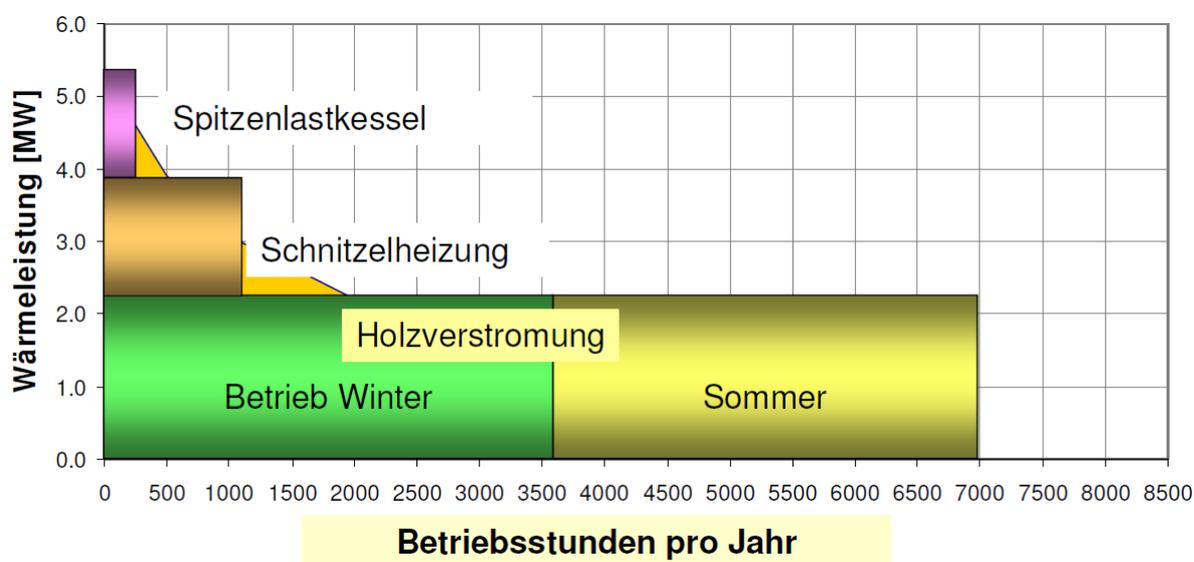
| Anlage | Typ | Brennstoff | Elektrische Leistung [kW] | Thermische Leistung [kW] | Bemerkungen und Erfahrungen |
|-------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| Crisstier VD | ORC-Turbine | Altholz | 500 | 2'740 | ORC Turboden 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 Crisstier (Migros etc.), Betrieb problemlos (Teil Herr Modeau, CGC Dalkia AG, 20.2.2012). |
| Bière VD | ORC-Turbine | Waldholz | 335 | 2'350 | Baujahr 1998, Turboden, gute Betriebsverfahren, Betrieb nicht wirtschaftlich, weil zu wenig Betriebsstunden (Anlage läuft nur während der Arbeitszeit) |
| Meiringen BE | Dampfturbine | Waldholz, Restholz | 700 | 5'500 | Baujahr 1996, "Pilotprojekt", Investitionen 16 Mio. Franken, anfangs grosse Probleme mit Hochdruck (Dampf) und weil die einzelnen Anlagenkomponenten nicht zusammenpassten |
| Oteifingen ZH | Dampfturbine | Altholz | 2'500 | 10'500 | Baujahr 2001, Anlage produziert fast nur Strom, Wärme zum grössten Teil vernichtet, ("stromgeführt"), Axpo AG |
| Axpo Domat-Ems | Dampfturbine | Waldholz, Restholz, Altholz | 16'000 | 81'500 | Probleme mit Wärmeabsatz, speziell nach dem Konkurs der Grosssägerei Mayr-Meinhof im Herbst 2010, Reduktion der Leistung wegen KEV-Mindesnutzungsgrad, Anlage zu gross! |
| Kleindöttingen AG | Dampfturbine | Altholz | 1'600 | 5'280 | Baujahr 1972, 2003 von der Axpo AG übernommen, Jahresproduktion Wärme 6'000'000 kWh, Elektrizität 5'000'000 kWh (2005) |
| Basel BS | Dampfturbine | Waldholz | 4'000 | 21'000 | Inbetriebnahme 2005, Wärmenetz bestehend, KVA |
| Spiez BE | Vergaser | Waldholz | 200 | 400 | in Betrieb zwischen 2002 und 2008, dann stillgelegt; 2006 10'000 Betriebsstunden, aber 2'200 An- und Abschaltungen |
| Wila ZH | Vergaser | Altholz | 150 | 350 | EKZ, 2007, Pilotanlage, anfangs grosse Probleme |
| Stans NW | Vergaser | Waldholz, Altholz | 1'380 | 5'700 | 2008, Pilotanlage, 2 x 4 Vergaser, anfangs grosse Probleme mit Brennstoffqualität, 2011 erstmals befriedigende Betriebsergebnisse |
| Balterswil TG | ORC-Turbine | Waldholz, Restholz | 610 | 2'965 | 2010, Adoratec 610 kW, anfangs zu kleiner Wärmeabsatz |
| Aubugg ZH | Dampfturbine | Waldholz | 6'000 | 28'000 | 2010, Wärmenetz bestehend, Bilanz 1. Winter sehr gut, KVA |
| Ruyères VD | ORC-Turbine | Restholz | 6'000 | 3'800 | 2009, Abgaskondensation, Bilanz bisher sehr gut |
| Nesslau SG | ORC-Turbine | Waldholz | 500 | 4'200 | 2010, Kessel VAS GmbH 4'200 kW, ORC Turboden 500 kW, Investitionen 16 Mio. Franken, Länge Wärmenetz 6.5 km, Wärme 10'625 MWh/Jahr, Strom 2'400 MWh/Jahr, 1'231 MWh/Jahr für Holz Trocknung |
| Gossau SG | ORC-Turbine | Restholz | 500 | 4'200 | gleich wie Nesslau |
| 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 |
| Empa Dübendorf | Vergaser | Altholz | 2 x 700 | 1'500 | EKZ, 2012 |

Tabelle 5: Übersicht Anlagen mit Stromproduktion aus Holzenergie in der Schweiz

3.5.3 Beispiel Holzverstromung Nidwalden

[7] [8] Die Holzverstromung Nidwalden der Genossenschaft Stans basiert auf einem Zwei-Zonen-Festbettvergaser PYROFORCE®, der im Gleichstrom betrieben wird. Die thermische Leistung beträgt insgesamt 5'700 kW_{th}, die elektrische Leistung 1'380 kW_{el}. Die Anlage ist aus 2 x 4 Vergasern aufgebaut, welche das Synthesegas auf zwei Gasmotoren von je 690 kW_{el} Leistung leiten. Die thermische Leistung der Vergasungsanlage beträgt 2 x 1'100 kW_{th}. Zusätzlich stehen ein Holzschnitzelkessel von 2'000 kW_{th} sowie ein Ölkessel von 1'500 kW_{th} zur Verfügung. Im Holzschnitzelkessel werden Waldholzschnitzel verbrannt, in den Vergasern gelangt Altholz zum Einsatz. Die Wärmeabgabe erfolgt über ein Wärmenetz von insgesamt 3'200 m Trassenlänge.

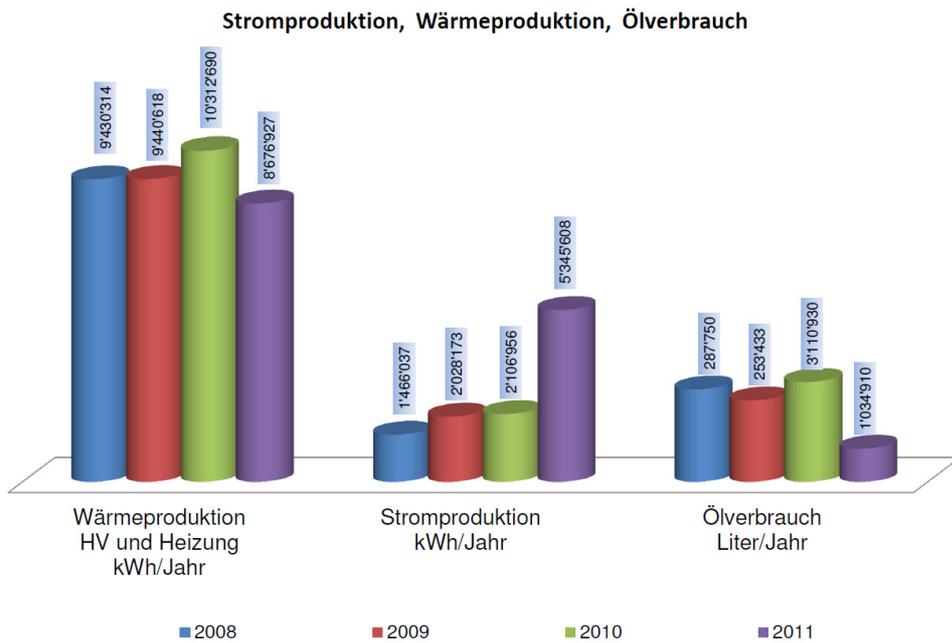
Die angestrebte Verteilung des Wärmeleistungsbedarfs auf die einzelnen Wärmeerzeuger und übers Jahr verteilt präsentiert sich folgendermassen:



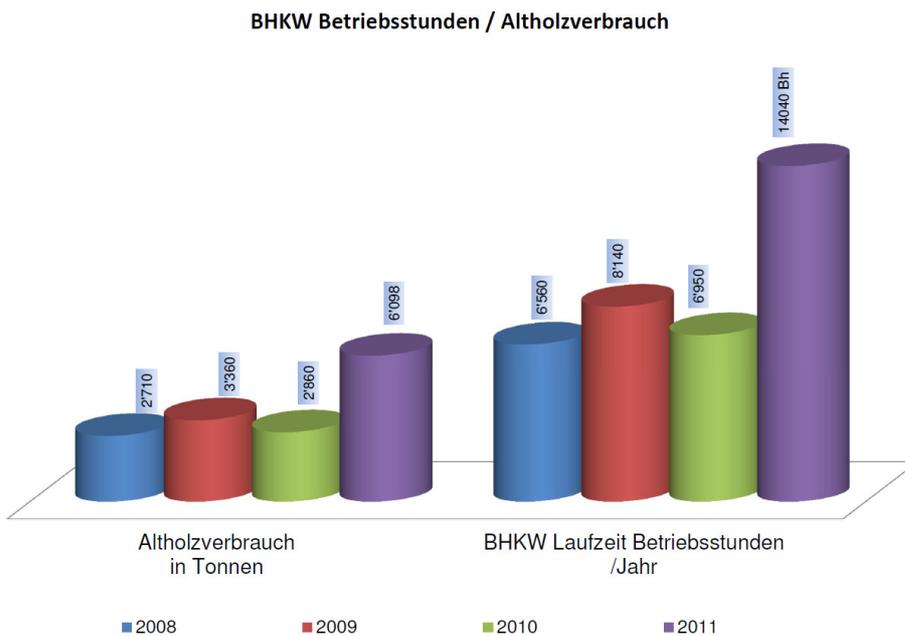
Figur 8: Holzverstromung Nidwalden: Verteilung Wärmeleistung.

Die Anlage wurde 2007/2008 in Betrieb genommen. Dieser gestaltete sich in den ersten Jahren noch nicht störungsfrei, sodass die angestrebten 3'000 Leistungsstunden pro Vergaserlinie anfänglich deutlich unterschritten wurden. Die wichtigste Ursache für die Störungen war fehlendes Altholz. Die zweitwichtigste Ursache waren Qualitätsprobleme in Bezug auf das Altholz, welche zu Störungen und Verklemmungen (Metallteile!) beim Transport und bei der Zuführung des Vergaser-Brennstoffes führten. Deshalb war der Ölanteil anfangs noch sehr hoch.

Erst im Jahr 2011 wurden erstmals befriedigende Betriebsergebnisse erzielt, wie die nachfolgenden Darstellungen zeigen:



Figur 9: Wärme- und Stromerzeugung bzw. Ölverbrauch der Anlage Stans für die Jahre 2008 – 2011.



Figur 10: Altholzverbrauch und jährliche Betriebsstunden BHKW der Anlage Stans für die Jahre 2008 – 2011 (die Betriebsstunden beziehen sich auf beide Vergaserlinien zusammen).

Das Beispiel der Holzverstromung Nidwalden zeigt exemplarisch den „langen Atem“, den es bisher noch brauchte, bis ein einigermaßen zufriedenstellender Betrieb einer Holzvergasungsanlage erreicht ist.

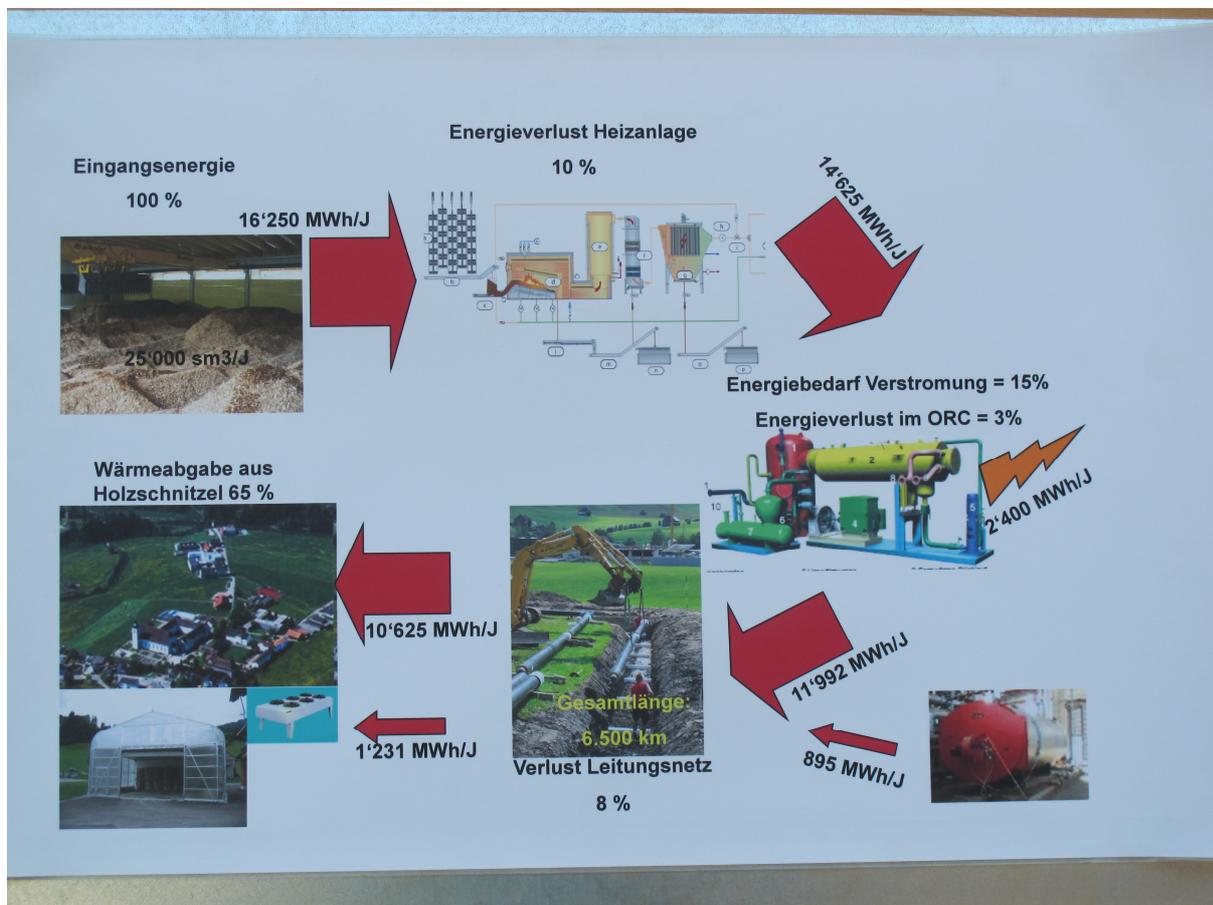
3.5.4 Beispiel ORC-Anlage Nesslau

[9] Im Juni 2010 wurde das Energieholzzentrum Toggenburg in Nesslau SG in Betrieb genommen. Herzstück der Anlage ist ein Holzkessel (Fabrikat VAS) mit einer thermischen Leistung von $4'200 \text{ kW}_{\text{th}}$ sowie einem ORC-Modul mit einer elektrischen Leistung von $600 \text{ kW}_{\text{el}}$.

Die Investitionskosten der gesamten Anlage beliefen sich auf rund 16 Mio. Franken. Davon entfielen allein 5 Mio. Franken auf das 6.5 km lange Fernleitungsnetz und 2.2 Mio. Franken auf das ORC-Modul. Das Schnitzellager hat ein Volumen von $2'000 \text{ m}^3$.

Im Endausbau wird die Anlage jährlich $10'000 \text{ MWh}$ Heizenergie und $2'400 \text{ MWh}$ elektrische Energie erzeugen. Ein Teil der anfallenden Wärme wird im Sommer für die Trocknung von Stückholz eingesetzt.

Die Energiebilanz präsentiert sich folgendermassen:



Figur 11: Energiebilanz der ORC-Anlage von Nesslau SG.

4. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Am 23. März 2007 stimmte das Parlament in Bern nebst dem Stromversorgungsgesetz (StromVG) auch dem revidierten Energiegesetz (EnG) zu, welches vorschreibt, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 um 5'400 GWh zunehmen muss. Zu diesem Zweck wurde im Energiebereich ein ganzes Massnahmenpaket geschnürt. Hauptpfeiler dieses Pakets ist die kostendeckende Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien KEV.

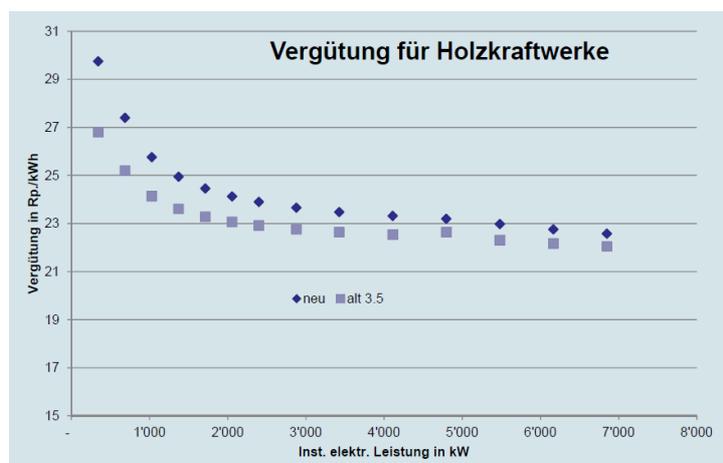
Die Höhe der Tarife wurde anhand von Referenzanlagen pro Technologie und Leistungsklasse festgelegt. Die Vergütungsdauer beträgt je nach Technologie 20 bis 25 Jahre.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Grundvergütung und den Holzbonus je Leistungsklasse (Stand 1. März 2012). Massgebend für die Festlegung der Vergütung ist die Netto-Stromproduktion, d.h. der Eigenstromverbrauch ist in Abzug zu bringen. Massgebend ist zudem die äquivalente Leistung (eingespeiste Strommenge/8'760 h = äquivalente Leistung), und nicht die effektiv installierte elektrische Leistung. Bei einer eingespeisten Strommenge von 1'200'000 kWh pro Jahr beträgt die massgebende äquivalente Leistung $1'200'000/8'760 = 137.0$ kW.

| äquivalente Leistung | Grundvergütung (Rp./kWh) | Holzbonus (Rp./kWh) | Total (Rp./kWh) |
|----------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|
| ≤50 kW | 28.0 | 8.0 | 36.0 |
| ≤100 kW | 25.0 | 7.0 | 32.0 |
| ≤500 kW | 22.0 | 6.0 | 28.0 |
| ≤5 MW | 18.5 | 4.0 | 22.5 |
| >5 MW | 17.5 | 3.5 | 21.0 |

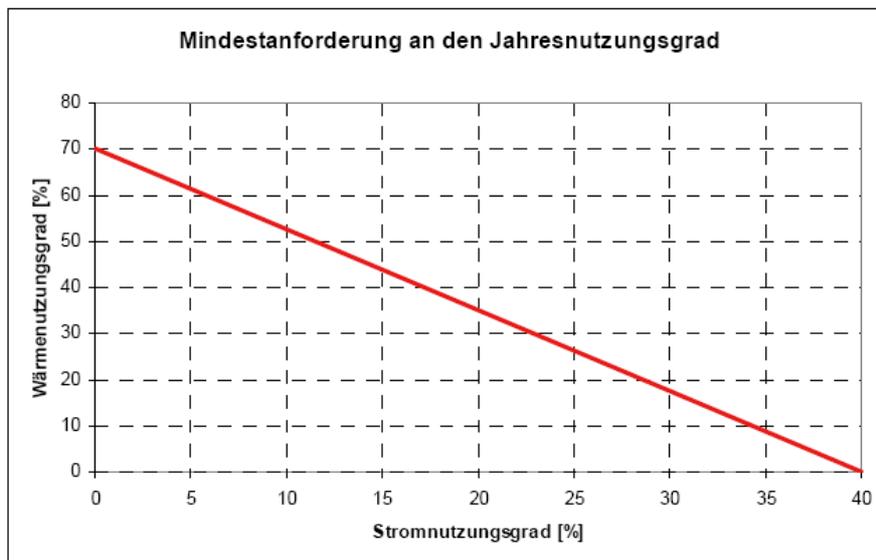
Tabelle 6: KEV-Vergütungssätze (Stand: 1. März 2012).

Die seit 1. März 2012 gültigen Tarife stellen eine verbesserte Vergütung im Vergleich zu den zuvor gültigen dar. Kleinere Anlagen profitieren von dieser Erhöhung besonders, wie in folgender Abbildung deutlich wird.



Figur 12: Vergleich der alten und neuen Tarife der KEV für Holzkraftwerke

Diese Tarife werden nur dann vergütet, wenn der Gesamtwirkungsgrad (Strom **und** Wärme) folgende Minimalwerte erreicht:



Figur 13: Mindestanforderungen KEV.

Im Moment besteht eine lange Warteliste für KEV-Vergütungen. Im Rahmen der Atomausstiegsdebatte im Nationalrat vom Juni 2011 wurden mehrere Vorstöße eingebracht, welche verlangten, den „Deckel auf den KEV-Töpfen“ aufzuheben. Am 28. September 2011 hat der Ständerat Ja zur Entdeckung der KEV gesagt und stattdessen jährliche Kontingente beschlossen.

5. „Idealtypische“ Anlagen

5.1 VORBEMERKUNG

Für die drei folgenden Anlagentypen werden „idealtypische“ Rahmenbedingungen definiert, welche für einen erfolgreichen Betrieb erforderlich sind:

- **ORC (300 – 600 kW_{el}, 2'000 - 4'500 kW_{th})**
- **Holzvergasung „gross“ (150 – 300 kW_{el}, 300 – 700 kW_{th})**
Als Beispiel wird der Holzvergaser der Firma Urbas GmbH gewählt und beschrieben.
- **Holzvergasung „klein“ (30 -50 kW_{el}, 50 – 100 kW_{th})**
Als Beispiel wird der Holzvergaser der Firma Spanner RE² GmbH gewählt und beschrieben.

5.2 ORC (300 – 600 KWEL)

Die „idealtypische“ ORC-Anlage weist folgende Charakteristiken auf [10], [11]:

- **Vollkosten Wärmegehung**
max. 18 Rp./kWh, davon 3.0 bis 6.0 Rp./kWh Wärmeverteilung inkl. Unterstationen [11]
- **Anschlussdichte Wärmenetz im Endausbau**
1.2 MWh/m' a in einfachem Gelände, 2.0 MWh/m' a in schwierigem Gelände, jeweils erreicht innerhalb 3 Jahren; gem. QM Holzheizwerke
- **Betriebsstunden**
Mindestens 6'000 h (Vollbetriebsstunden), ansonsten wärmegeführt
- **Verfügbarkeit Schnitzel**
> 14'000 bis 18'000 Sm³/Jahr
- **Mindestwärmebedarf**
8 bis 10 GWh [5], davon Mindestabsatz ganzjährig 10 bis 15%
- **Platzbedarf**
der approximative Platzbedarf beläuft sich auf mindestens 750 m²

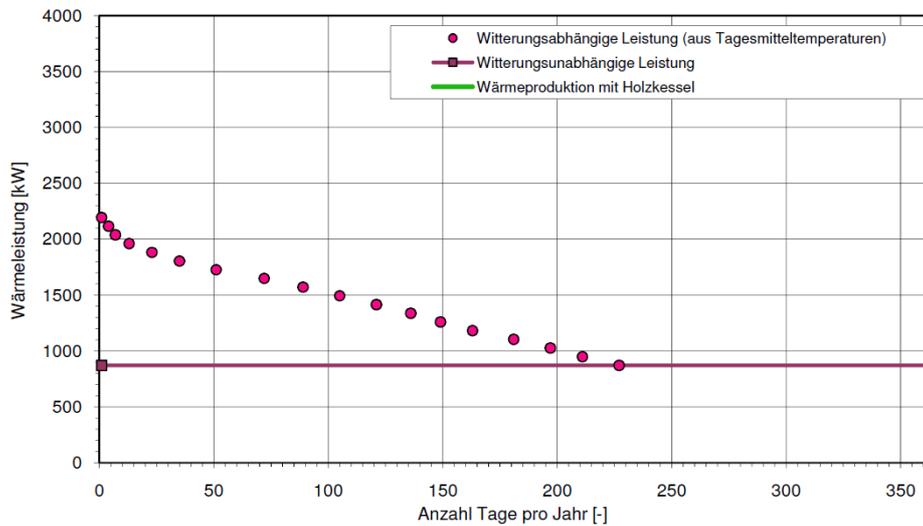
| Teil | Fläche | Volumen |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Schnitzellager (5 Tage) | 200 m ² | 1'600 m ³ |
| Zentrale | 400 m ² | 4'500 m ³ |
| ORC-Raum | 150 m ² | 900 m ³ |
| Total | 750 m² | 7'000 m³ |

Tabelle 7: Platzbedarf einer idealtypischen Anlage.

- **Mindestleistung**
Im Endausbau 2 bis 4.5 MW
- **Sanierungsbedarf/Alter der bestehenden Anlage**
Erfahrungsgemäss ist der Moment des Kesslersatzes und der Nachrüstung der Zeitpunkt, um über die Nutzung neuer Technologien nachzudenken. Die „idealtypische“ Anlage ist deshalb in der Regel eine ältere Anlage.

- **Jahresdauerlinie**

Die idealtypische Jahresdauerlinie zeichnet sich durch einen grossen witterungsunabhängigen Leistungsanteil und damit durch einen grossen Anteil an „Sommerwärmebedarf“ aus und entspricht der folgenden Darstellung:



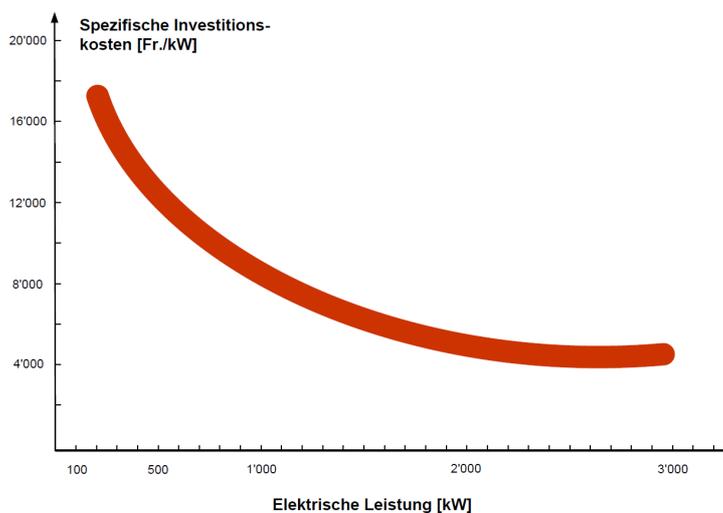
Figur 14: Idealtypische Jahresdauerlinie ORC.

- **Ausbaupotenzial Wärmenetz**

Bei bestehenden Holzenergieanlagen hängt die zukünftige Einsatzmöglichkeit der ORC-Technik entscheidend davon ab, ob sich das (bestehende) Wärmenetz innert nützlicher Frist auf einen Wärmebedarf von 8 bis 10 GWh pro Jahr ausbauen lässt.

- **Interesse und Investitionsbereitschaft Bauherr**

Eine wichtige Voraussetzung ist das Interesse der Bauherrschaft an der Stromerzeugung und die entsprechende Investitionsbereitschaft. Die spezifischen Investitionskosten lassen sich anhand folgender Darstellung abschätzen:



Figur 15: Spezifische Investitionskosten ORC (Energieerzeugung inkl. bauliche Aufwendungen, ohne Wärmeverteilung) [11].

5.3 HOLZVERGASUNG GROSS (150 – 300 KWEL)

5.3.1 „Idealtypische“ Anlage

Die „idealtypische“ grosse Holzvergasungsanlage weist folgende Charakteristiken auf [12], [13]:

- **Vollkosten WärmeGESTEHUNG (für externe Bezüger)**
max. 18 Rp./kWh, davon 3.0 bis 6.0 Rp./kWh Wärmeverteilung inkl. Unterstationen [11]
- **Anschlussdichte Wärmenetz im Endausbau**
1.2 MWh/m' a in einfachem Gelände, 2.0 MWh/m' a in schwierigem Gelände, jeweils erreicht innerhalb 3 Jahren; gem. QM Holzheizwerke
- **Betriebsstunden**
Mindestens 6'000 h (Vollbetriebsstunden), ansonsten wärmegeführt
- **Verfügbarkeit Schnitzel**
> 4'000 Sm³/Jahr
- **Qualität Schnitzel**
w < 15%, Feinanteil ausgesiebt, p > 100 (mit Schneckenhacker hergestellt, vgl. Kapitel 5.5.2)
- **Mindestwärmebedarf**
1.8 bis 2.5 GWh
- **Interesse und Investitionsbereitschaft Bauherr**
Eine wichtige Voraussetzungen ist das Interesse der Bauherrschaft an der Stromerzeugung und die entsprechende Investitionsbereitschaft. Da die Holzvergasungsanlage in der Regel in einen bestehenden bzw. erweiterten Holz-Wärmeverbund integriert wird, lassen sich nur schwerlich spezifische Investitionskosten herleiten, sondern die Kosten sind im Einzelfall abzuschätzen. Nichtsdestotrotz gibt die nachfolgende Zusammenstellung einen Anhaltspunkt bezüglich der zu erwartenden Kosten:

| Kostenschätzung | | | Kapitalzins 5.5% | |
|--------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Teil | Investition[Fr.] | Lebensdauer [Jahre] | Annuitätsfaktor | Kapitalkosten [Fr.] |
| Vergaser alles inkl. | 750'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Zusatzheizung, alles inkl. | 165'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Siloustragung, Siloöffnungen | 120'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Kamin | 25'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Elektro, Sanitär, Steuerung | 200'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Transport, Montage, Inbetriebnahme | 140'000 | 15 Jahre | 0.0996 | |
| Total Erzeugung | 1'400'000 | | 0.0996 | 139'440 |
| Anschlüsse Wasser, Elektrizität | 50'000 | 40 Jahre | 0.0623 | |
| Bau | 350'000 | 40 Jahre | 0.0623 | |
| Total Bau | 400'000 | | 0.0623 | 24'920 |
| Wärmenetz (Dichte 2.0, Fr. 700.-/m') | 500'000 | 40 Jahre | 0.0623 | |
| Total Verteilung | 500'000 | | 0.0623 | 31'150 |
| Honorare, Unvorgesehenes | 300'000 | 20 Jahre | 0.0837 | |
| Total Unvorgesehenes | 300'000 | | 0.0837 | 25'110 |
| TOTAL | 2'600'000 | | | 220'620 |

Tabelle 8: Idealtypische Investitionskosten Holzvergasung gross (alle Werte exkl. MWSt.).

Die Jahreskosten betragen Fr. 492'169.- und setzen sich wie folgt zusammen:

| Kostenart | |
|--|------------------|
| Kapitalkosten | 220'620.- |
| Brennstoffkosten ($[(310 \text{ kW} \times 6'000 \text{ h} \times 1/0.71)]/930 \times \text{Fr. } 68.-$) | 191'549.- |
| Wartung, Unterhalt (3% der Investitionskosten) | 80'000.- |
| Total | 492'169.- |

Tabelle 9: Jahreskosten Holzvergasung gross.

Bei einem Stromertrag von 32 Rp./kWh (Äquivalenzleistung $750'000 \text{ kWh}/8'760 \text{ h} = 86 \text{ kW}$) resultieren Wärmegestehungskosten von 18.0 Rp./kWh:

| | Kosten [Fr./Jahr] | Einnahmen [Fr./Jahr] |
|--|----------------------|-------------------------|
| | 492'169.- | |
| Elektrizität ($750'000 \text{ kWh} \times \text{Fr. } 0.32$) | | 240'000.- |
| Wärme ($1'400'000 \text{ kWh} \times \text{Fr. } 0.1801$) | | 252'169.- |
| Total | 492'169.- | 492'169.- |

Tabelle 10: Kosten/Ertrag Holzvergasung gross.

- **Platzbedarf**

Der Platzbedarf des eigentlichen Vergasermotors beträgt nur etwa 6.0 x 2.5 m bei einer Raumhöhe von 5.0 m (siehe Figur 19). Hinzu kommt aber noch der Platz für den Gasmotor und die Lagerung und – allenfalls – die Trocknung der „Vergaserschnitzel“. Aus diesem Grund kommt dieses System am ehesten für bestehende Anlagen in Sägereien oder grossen oberirdischen Heizzentralen in Frage, jedoch kaum für bestehende Anlagen in Untergeschossen.

- **Sanierungsbedarf/Alter der bestehenden Anlage**

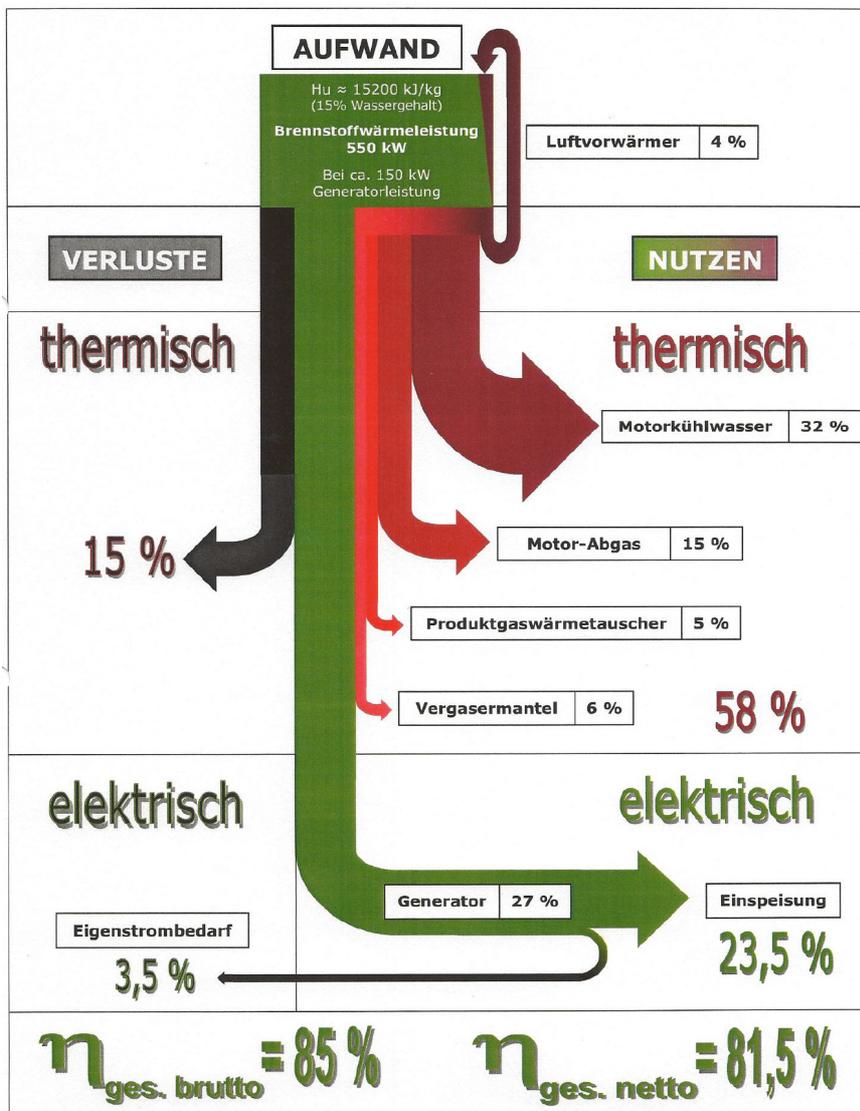
Erfahrungsgemäss ist der Moment des Kesslersatzes und der Nachrüstung der Zeitpunkt, um über die Nutzung neuer Technologien nachzudenken. Die „idealtypische“ Anlage ist deshalb in der Regel eine ältere Anlage.

5.3.2 Beispiel Holzvergaser Urbas GmbH

Die Firma Urbas Energietechnik GmbH in Völkermarkt (A) ist eine führende Herstellerin von grossen Holzheizkesseln. Vor über 10 Jahren begann sie mit der Entwicklung von kleinen Gleichstromvergasern (150 kW_{el}/310 kW_{th} bis 300 kW_{el}/650 kW_{th}). Heute befinden sich mehrere Anlagen in Betrieb, und erste Betriebserfahrungen sind möglich.

In der Heizzentrale der Fernwärmeversorgung (1'800 kW) der Gemeinde Neumarkt in der Steiermark (A) steht seit 2009 eine Anlage von 280 kW_{el} und 580 kW_{th} in Betrieb. Die Anlage erreichte zwischen den Frühling 2009 und dem Herbst 2010 rund 11'000 Betriebsstunden. Eine andere Anlage im deutschen Sägewerk Wahl erreichte im ersten Betriebsjahr 6'000 Betriebsstunden.

Die Energiebilanz des Urbas-Holzvergasers präsentiert sich folgendermassen:



Figur 16: Energiebilanz des Holzvergasers der Firma Urbas GmbH.

Die Besonderheit dieses Vergasers ist, dass er für einen problemlosen Betrieb qualitativ sehr hochstehende Schnitzel benötigt. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein:

- **Stückigkeit**

Wichtig sind sehr homogene Schnitzel. Ideal ist eine Schnitzelgröße von 100 x 100 x 100 mm. Für die Herstellung solcher Schnitzel ist ein Schneckenhacker erforderlich.

- **Feinanteil**

Wenn sich im Reaktor in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Schnitzeln Staub und Feinanteil ansammeln kann, ist die richtige Durchströmung des Brennstoffbetts nicht mehr gewährleistet. Dadurch reduziert sich die Oxidationszone, und die Temperaturen im Innern des Reaktors sinken. Bei tieferen Temperaturen lassen sich aber die langen Kohlenwasserstoffmoleküle nicht mehr spalten, und der Vergasungsprozess gerät ins Stocken. Deshalb ist es bei diesem Vergaser unbedingt nötig, die Schnitzel vor der Vergasung auszusieben.

- **Wassergehalt**

Der Wassergehalt der Schnitzel darf maximal 15% betragen.



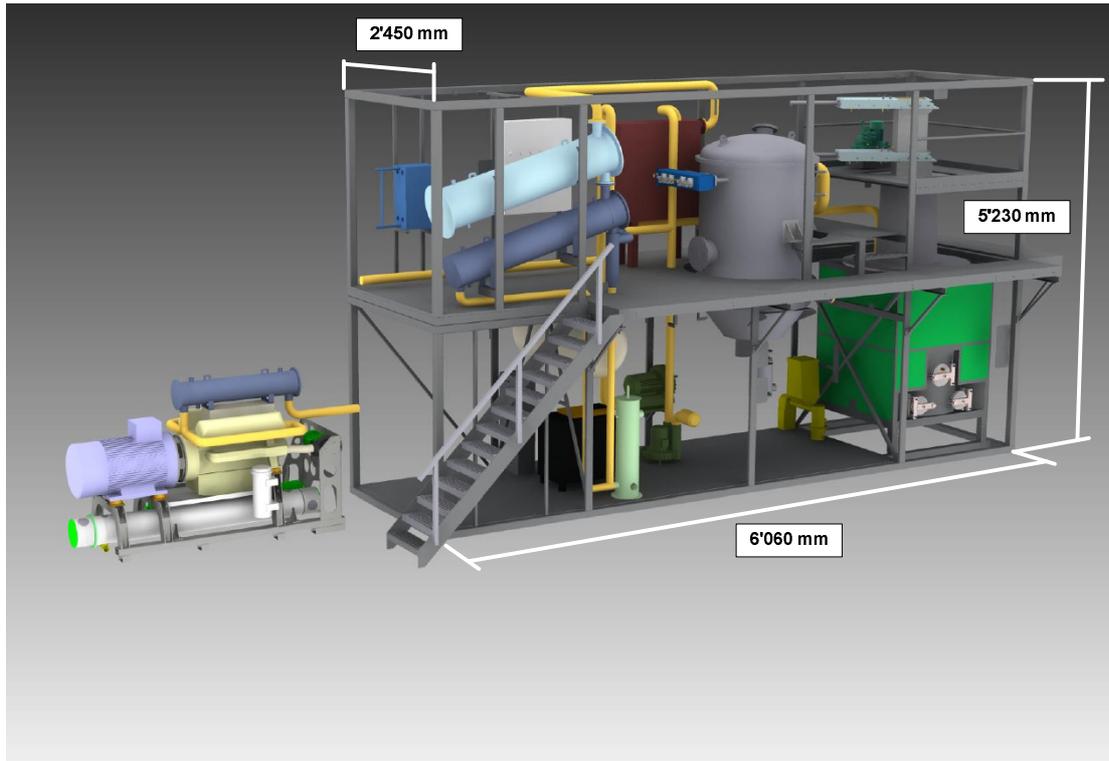
Figur 17: Erforderliche Schnitzelqualität für den Holzvergaser Urbas GmbH. Ideal wäre eine Schnitzelgröße von 100 x 100 x 100 mm.



Figur 18: Staub und Feinanteile werden ausgesiebt und abgeschieden.



Figur 19: Schnitzeltrocknung (Einblasen von warmer Luft von unten).



Figur 20: Vergasermodule Urbas GmbH.

5.4 HOLZVERGASER KLEIN (30 – 50 KWEL)

5.4.1 „Idealtypische“ Anlage

Die „idealtypische“ kleine Holzvergasungsanlage weist folgende Charakteristiken auf [14], [15]:

- **Vollkosten WärmeGESTEHUNG (für externe Bezüger)**
max. 18 Rp./kWh, davon 3.5 bis 6.0 Rp./kWh Wärmeverteilung inkl. Unterstationen [11]
- **Anschlussdichte Wärmenetz im Endausbau**
1.2 MWh/m' a in einfachem Gelände, 2.0 MWh/m' a in schwierigem Gelände, jeweils erreicht innerhalb 3 Jahren; gem. QM Holzheizwerke
- **Betriebsstunden**
Mindestens 5'500 h (Vollbetriebsstunden), ansonsten wärmegeführt
- **Verfügbarkeit Schnitzel**
> 700 Sm³/Jahr
- **Qualität Schnitzel**
w < 15%, Stückigkeit G 45
- **Mindestwärmebedarf**
ab 0.3 GWh
- **Sanierungsbedarf/Alter der bestehenden Anlage**
Erfahrungsgemäss ist der Moment des Kesseleratzes und der Nachrüstung der Zeitpunkt, um über die Nutzung neuer Technologien nachzudenken. Die „idealtypische“ Anlage ist deshalb in der Regel eine ältere Anlage.
- **Interesse und Investitionsbereitschaft Bauherr**
Eine wichtige Voraussetzungen ist das Interesse der Bauherrschaft an der Stromerzeugung und die entsprechende Investitionsbereitschaft. Auch die kleine Holzvergasungsanlage wird in der Regel in eine bestehende Anlage integriert. Analog dem vorhergehenden Beispiel lassen sich grössenordnungsmässig folgende Zusatz-Investitionskosten abschätzen:

| Kostenschätzung | | | Kapitalzins 5.5% | |
|------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Teil | Investition[Fr.] | Lebensdauer [Jahre] | Annuitätsfaktor | Kapitalkosten [Fr.] |
| Vergaser alles inkl. | 450'000 | 15 Jahre | 0.0996 | 44'820 |
| Zusatzheizung, alles inkl. | 200'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 16'740 |
| Anpassungen Austragung | 35'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 2'930 |
| Bauliche Anpassungen | 130'000 | 40 Jahre | 0.0623 | 8'099 |
| übrige Installationen | 25'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 2'093 |
| Transport, Montage, Inbetriebnahme | 20'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 1'674 |
| Honorare, Unvorhergesehenes | 40'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 3'348 |
| TOTAL | 900'000 | | | 79'704 |

Tabelle 11: Grössenordnung Investitionskosten Holzvergasung klein (exkl. MWSt.).

Die Jahreskosten betragen Fr. 132'814.- und setzen sich wie folgt zusammen:

| Kostenart | |
|---|------------------|
| Kapitalkosten | 79'704.- |
| Brennstoffkosten $([66 \text{ kW} \times 6'000 \text{ h} \times 1/0.70]/910 \times \text{Fr. } 42.-)$ | 26'110.- |
| Wartung, Unterhalt (3% der Investitionskosten) | 27'000.- |
| Total | 132'814.- |

Tabelle 12: Jahreskosten Holzvergasung klein.

Bei einem Stromertrag von 36 Rp./kWh (Äquivalenzleistung 150'000 kWh/8'760 h = 17 kW) resultieren Wärmegestehungskosten von 19.7 Rp./kWh:

| | Kosten [Fr./Jahr] | Einnahmen [Fr./Jahr] |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------|
| | 132'814.- | |
| Elektrizität (150'000 kWh x Fr. 0.36) | | 54'000.- |
| Wärme (400'000 kWh x Fr. 0.1970) | | 78'814.- |
| Total | 132'814.- | 132'814.- |

Tabelle 13: Kosten/Ertrag Holzvergasung klein.

Gemäss [16] beeinflussen folgende Faktoren die Wirtschaftlichkeit der kleinen Holzvergaseranlagen:

- Laufzeit der Anlage
- Anteil der ganzjährig nutzbaren bzw. vermarktbar Wärme
- Einzusetzender Preis der Hackschnitzel
- KEV-Vergütung – Ja/Nein, resp. die Vermarktung des ökologischen Mehrwerts des Stroms

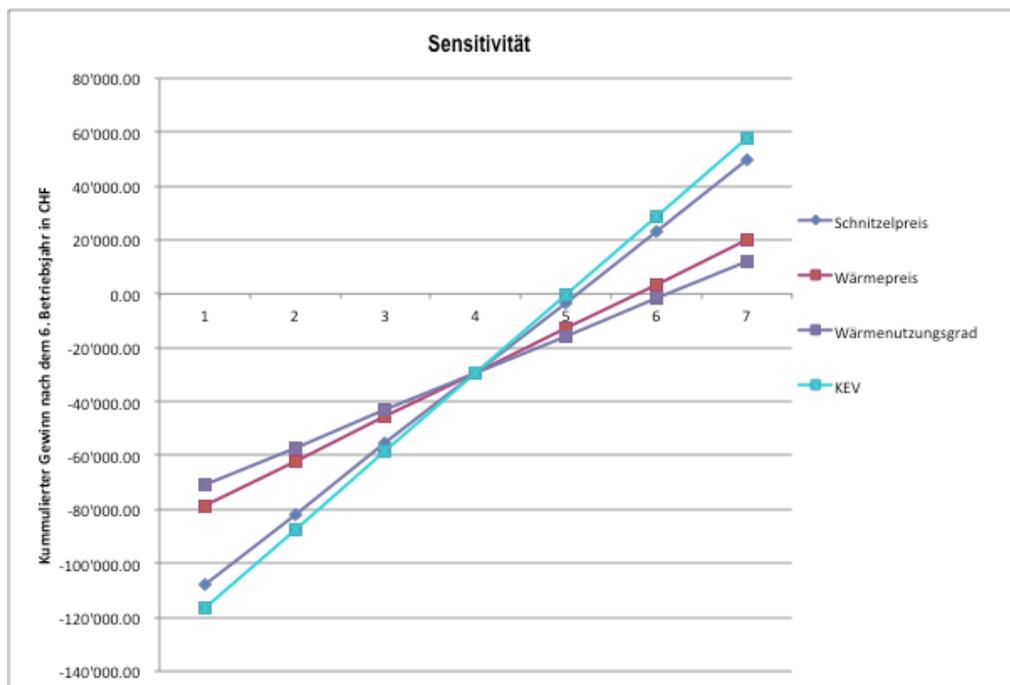
Eine Planerfolgsrechnung zeigt, dass ab dem 4. Betriebsjahr ein Gewinn erzielt wird. Auf die Planzahlen hatten dabei folgende vier Einflussgrößen eine Auswirkung [5]:

- Schnitzelpreis
- Wärmepreis
- Wärmenutzungsgrad (verwertbarer Wärmeanteil zu Marktpreisen)
- Zeitpunkt des Bezugs KEV (Warteliste)

Diese Einflussgrößen wirken sich unterschiedlich stark auf die Planzahlen aus. Die weiter unten folgende Figur 20 zeigt die Sensitivität des kumulierten Gewinns nach sechs Betriebsjahren in Abhängigkeit der vier Einflussgrößen. Die Variation der Einflussgrößen erfolgte dabei in sieben Schritten. Als Basis der nicht variierten Größen wurden folgende Werte eingesetzt:

- Strom Eigenbedarf 40%; Tarif 20 Rp./kWh
- Stromrückspeisung im Niedertarif 60%; Tarif 12 Rp./kWh
- Schnitzelpreis Fr. 15.-/Sm³ (es wurden ausschliesslich holzverarbeitende Betriebe mit günstigem eigenem Brennstoff betrachtet)
- Anteil nutzbarer Wärme 65 %; Wärmepreis 11 Rp./kWh
- Einspeisevergütung ab dem 4. Betriebsjahr; Tarif 32 Rp./kWh (Tarife 2011)

Bei der Variation der vier Einflussgrößen „Schnitzelpreis“, „Wärmepreis“, „Wärmenutzungsgrad“ und „KEV“ ergeben sich folgende Sensitivitäten bezüglich des kumulierten Gewinns nach sechs Jahren:



Figur 21: Sensitivität des kumulierten Gewinns nach dem 6. Betriebsjahr in Abhängigkeit der vier wichtigsten Einflussgrößen [16].

Dabei sind den einzelnen Schritten und Einflussgrößen folgende Werte zugeordnet:

| Schnitzelpreis | Kumulierter Gewinn nach 6 Jahren |
|------------------------|---|
| [Fr./Sm ³] | [Fr.] |
| 30.00 | - 108'160 |
| 25.00 | - 81'910 |
| 20.00 | - 55'660 |
| 15.00 | - 29'410 |
| 10.00 | - 3'610 |
| 5.00 | 23'090 |
| 0.00 | 49'340 |

Tabelle 14: Einfluss des Schnitzelpreises.

| Wärmepreis | Kumulierter Gewinn nach 6 Jahren |
|-------------------|---|
| [Rp./kWh] | [Fr.] |
| 8.0 | - 78'550 |
| 9.0 | - 62'170 |
| 10.0 | - 45'790 |
| 11.0 | - 29'410 |
| 12.0 | - 13'030 |
| 13.0 | 3'350 |
| 14.0 | 19'730 |

Tabelle 15: Einfluss des Wärmepreises.

| Wärmenutzungsgrad | Kumulierter Gewinn nach 6 Jahren |
|--------------------------|---|
| [%] | [Fr.] |
| 50 | - 70'990 |
| 55 | - 57'130 |
| 60 | - 43'270 |
| 65 | - 29'410 |
| 70 | - 15'550 |
| 75 | - 3'690 |
| 80 | 12'170 |

Tabelle 16: Einfluss des Wärmenutzungsgrades.

| KEV | Kumulierter Gewinn nach 6 Jahren |
|------------|---|
| [ab wann] | [Fr.] |
| nie | - 116'710 |
| im 6. Jahr | - 87'610 |
| im 5. Jahr | - 58'510 |
| im 4. Jahr | - 29'410 |
| im 3. Jahr | - 310 |
| im 2. Jahr | 28'790 |
| im 1. Jahr | 57'890 |

Tabelle 17: Einfluss des Zeitpunktes des Eintritts in die KEV (Warteliste).

Aus der Analyse geht hervor, dass die Vergütung des eingespeisten Stroms via KEV sowie der Schnitzelpreis einen sehr grossen Einfluss auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen haben. Ebenfalls von Bedeutung, aber weniger gravierend in der Auswirkung, ist die Höhe des Anteils der Wärmenutzungsgrad sowie der Wärmepreis.

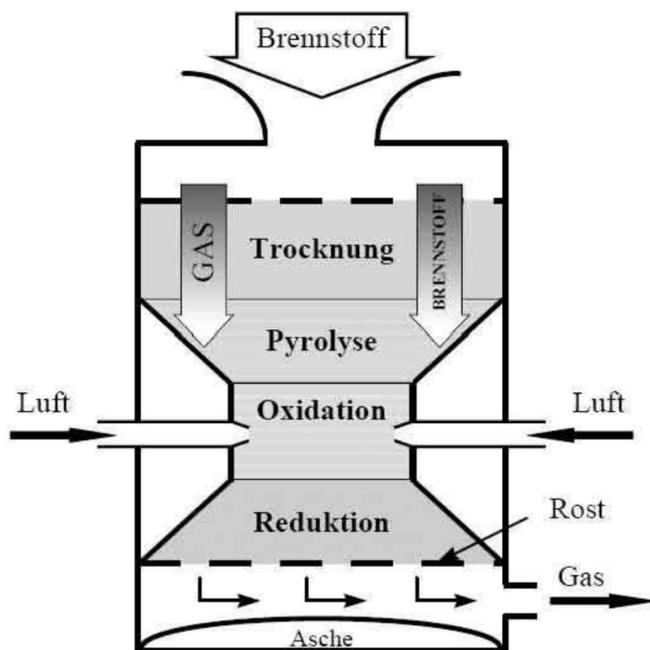
Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde eine Umfrage bei insgesamt 227 Sägereibetrieben der Schweiz durchgeführt. 61 Betriebe (27%) haben die Umfrage beantwortet. Von diesen 61 Betrieben haben 38 genügend eigenes Restholz für den Betrieb einer Holzvergasungsanlage, und 33 Betriebe könnten aufgrund ihrer Trocknungskammern ganzjährig 70 bis 100 kW Leistung nutzen. 34 Betriebe hätten ausreichend Platz für eine kleine Holzvergasungsanlage, und 33 Firmen sind interessiert. 27 Betriebe erfüllen alle vier Bedingungen zusammen.

Hochgerechnet auf die ganze Schweiz kann man davon ausgehen, dass rund 140 Sägereibetriebe günstige Voraussetzungen für den Betrieb einer kleinen Holzvergasungsanlage der Grössenordnung des Typs Spanner RE² GmbH haben. Dazu kommen zusätzlich noch rund 200 Landwirtschaftsbetriebe.

Generell ist das grosse Interesse vieler Sägereibetriebe an der Technologie der Holzvergasung nicht zu unterschätzen. Dabei stehen nicht nur die wirtschaftlichen Vorteile im Vordergrund sondern auch der Wunsch nach möglichst autarker Energieversorgung und planbaren Kosten bzw. Erträge bei der Verwertung des Restholzes.

5.4.2 Holzvergaser Spanner RE² GmbH

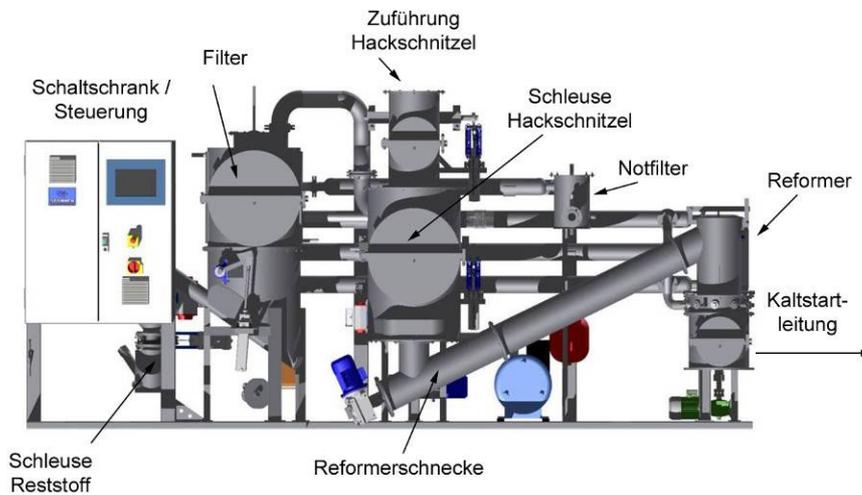
Der Holzvergaser der Firma Spanner RE² GmbH in Neufahrn D ist ebenfalls ein Gleichstrom-Festbettvergaser, der jedoch im tieferen Leistungsbereich arbeitet [14], [15]. Die Produkte werden als Containeranlagen verkauft. Der Leistungsbereich liegt zwischen 30 und 50 kW_{el} und 70 bis 100 kW_{th}. Der Brennstoff wird mittels Schneckenförderung aus dem Schnitzzellager durch eine Schleuse aus zwei luftdicht schliessenden Klappen in den Beschicker eingebracht. Die Austragung aus dem Beschicker erfolgt kontinuierlich über eine Schnecke direkt in den Reformer (Vergaser). Hier wird das Holz zu Holzgas umgewandelt. Je mehr der Brennstoff nach unten in Richtung der Oxidationszone wandert, desto höher werden die Temperaturen. Bei 200°C beginnt die Pyrolysezone. Hier zersetzt sich das Holz, und es bilden sich Schwelgase. Anschliessend wandert der zu Kohlenstoff umgewandelte Brennstoff in die Oxidationszone, wo ein Teil des Kohlenstoffes bei Temperaturen von ca. 1'200°C mit der zugeführten Luft verbrannt wird. Das Glutbett der Oxidationszone befindet sich im eingeschnürten Bereich des Reformerraums. Bei der Verbrennung entsteht Kohlendioxid (CO₂), welches in der daran anschliessenden Reduktionszone mit dem aus der Holzfeuchte stammendem Wasserdampf zu Kohlenmonoxid und Wasser umgesetzt wird. Da die Brenngase durch das heisse Glutbett der (Oxidationszone) strömen müssen, lassen sich die für eine Gasverwertung problematischen Teere und Kohlenwasserstoffe zu einem grossen Teil in CO, CO₂ und H₂ spalten.



Figur 22: Schematischer Querschnitt durch den Reformer (Reaktor) des Spanner-Vergasers.

Das Holzgas verlässt den Reaktor (Reformer) an der Unterseite mit einer Temperatur von 680°C. Asche und unverbranntes Holzkohlekoks werden mit dem Holzgas ausgetragen. Das Holzgas wird zum Holzgaswärmetauscher geführt und gekühlt. Anschliessend durchläuft es den Filter, wo es von Asche und Holzkohlekoks gereinigt wird. Diese werden über ein Schleusensystem ausgetragen und in einem Behälter (Bigbag) gelagert. Das Holzgas wird schliesslich in einem gewöhnlichen Motor (BHKW) in Strom umgewandelt. Die bei den verschiedenen Verfahrensschritten anfallende Abwärme wird von zwei wassergefüllten Heizkreisen aufgenommen. Im Holzgaskreislauf wird das Wasser zuerst durch den Gas-/Wasser-Wärmetauscher geschickt und anschliessend zum Filter, den es aufheizt. Über einen Plattenwärmetauscher ist das System zum Wasserkreislauf des BHKW gekoppelt. Dieser dient als Kühlwasserkreislauf für die Motorenkühlung, wobei die Wärme auch aus dem Abgaswärmetauscher bezogen wird. Das 95°C warme Heizkreiswasser gibt die Wärme an ein extern angeschlossenes System (Heizung, Warmwasser, Schnitzeltrocknung) ab.

Die nachfolgende Figur zeigt ein schematisches Bild der Anlage:



Figur 23: Anlagenansicht Modul Spanner RE².

Die übrigen Eckdaten des Spanner-Vergasers sind:

| Leistungsbereiche | Wärmeleistung | | |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Vergasereinheit | BHKW-Einheit | Gesamt |
| 30 kW _{el} , 66 kW _{th} | ca. 10 kW _{th} | ca. 56 kW _{th} | ca. 66 kW _{th} |
| 40 kW _{el} , 88 kW _{th} | ca. 12 kW _{th} | ca. 76 kW _{th} | ca. 88 kW _{th} |
| 45 kW _{el} , 100 kW _{th} | ca. 15 kW _{th} | ca. 85 kW _{th} | ca. 100 kW _{th} |

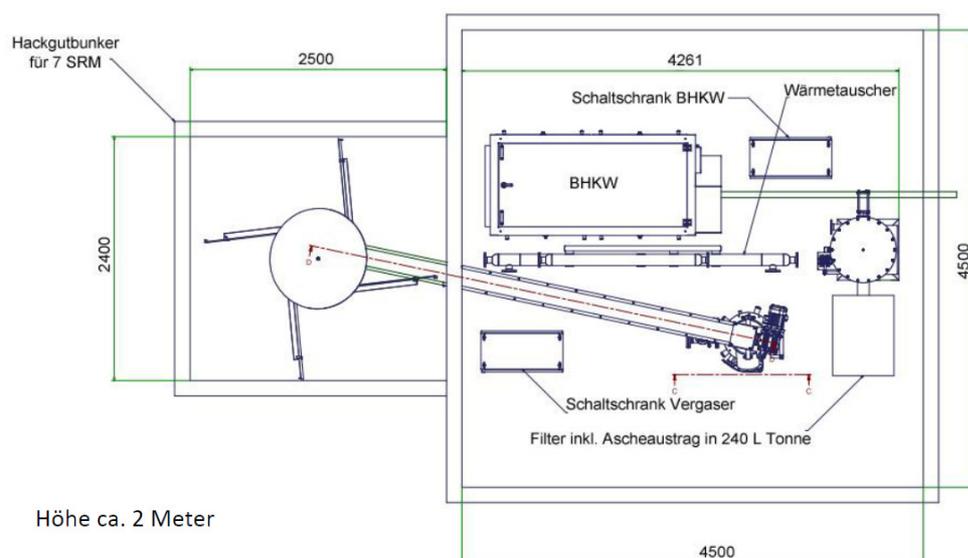
Tabelle 18: Verfügbare Leistungen des Spanner-Vergasers. 80 bis 90% der Abwärme kommen aus dem BHKW (Verbrennungsmotor) und nur etwa 10 bis 20% aus dem Vergaser selbst.

Die Abmessungen sind folgende:

| Abmessungen | Länge | Breite | Höhe |
|------------------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Holzvergaser + Schaltschrank | 5'000 mm + 350 mm | 1'350 mm + 700 mm | 2'300 mm |
| BHKW + Schaltschrank | 2'250 mm | 990 mm | 1'470 mm |

Tabelle 19: Abmessungen des Spanner-Vergasers.

Der Platzbedarf lässt sich anhand des Aufstellungsplanes folgendermassen beziffern:



Figur 24: Aufstellungsplan Gesamtanlage Spanner.

Die Hofgemeinschaft Heggelbach in Herdwangen D (ca. 10 km nördlich von Überlingen) hat Anfang 2009 einen Spanner-Vergaser installiert. 2009 lief die Anlage 3'500 Stunden, 2010 4'500 Stunden, und dieses Jahr waren es bisher 2'500 Stunden. Gemäss Auskunft des Betriebsleiters (Thomas Schmid) anlässlich der Besichtigung vom 28. Juli 2011 wären hinsichtlich der Zuverlässigkeit auch höhere Stundenzahlen möglich. Die Anlage wird jedoch wärmegeführt betrieben, ist also nur dann in Betrieb, wenn auch Wärme benötigt wird. Das Einschalten und Herauffahren der Anlage ist jederzeit problemlos möglich. Die meisten Störungen betrafen zu Beginn die Austragung der Asche/Kohle, waren also mechanischer Natur (Schnecke). Die Besonderheit dieses Vergasers ist das kleine, kontrollierte Glutbett. Dadurch lassen sich auch "gewöhnliche", mit einem herkömmlichen Trommelhacker hergestellte Waldschnitzel nutzen. Der maximale Feinanteilgehalt beträgt 30%, ein Aussieben ist nicht erforderlich. Allerdings müssen die Schnitzel trocken sein. Der maximale Wassergehalt beträgt 15%, besser sind 10%. Die Anlage hat keinen Kamin, lediglich der Gasmotor produziert Abgase. Die Vergasungsrückstände sind eine schwarze Mischung aus Asche und feiner Holzkohle. Sie werden zur Bodenverbesserung dem Kompost beigemischt und auf die Felder ausgebracht ("Terra preta"). Etwa 25 kW Wärmeleistung werden für die Trocknung der Schnitzel benötigt.

Die Anlage in Heggelbach präsentiert sich wie folgt:



Figur 25: Anlage der Hofgemeinschaft Heggelbach.

Die Schnitzel dürfen einen Wassergehalt von maximal 15% aufweisen, eine Aussiebung des Feinanteils ist jedoch nicht nötig.



Figur 26: Brennstoff Heggelbach.

In der Schweiz wird in diesem Jahr in der Sägerei Steiner + Cie. AG in Ettiswil ein solches System eingebaut.

Pilotprojekt: In Sägerei soll Strom produziert werden



Projekt-Mitinitiant Urs Brücker, Projektleiter Roland Limacher und Geschäftsführer Urs Steinger. NOP

ETTISWIL. Statt Restholz auswärts entsorgen zu lassen, soll daraus Strom und Abwärme entstehen. Ein Pilotprojekt startet im Mai in einem Luzerner Sägewerk.

In Ettiswil wird der Säger Urs Steinger schon bald zum Stromproduzenten. Durch einen Vergasungsprozess wird aus seinem Restholz mittels eines Ge-

nerators Strom und Abwärme gewonnen. Rund 3000 Kubikmeter Hackschnitzel fallen bei ihm jährlich an. Die neuartige Kleinanlage wird jährlich rund 80 Haushaltungen mit Strom und etwa 60 Einfamilienhäuser mit Abwärme versorgen können. «Dadurch spare ich Transportkosten bei der Entsorgung und kann mein Restholz selber verwerten», so Sägewerk-Riedbrugg-Geschäftsführer Steinger.

Geplant ist, die Pilotanlage im Mai zu installieren. Etwa ab August können dann Energieversorger beliefert werden. «Denkbar ist auch, dass sich Sägereien so Strom für den Eigenbedarf produzieren», sagt Projekt-Mitinitiant Urs Brücker, der solche Anlagen in Sägereien in der ganzen Zentralschweiz etablieren will. Der Strom würde mindestens zwanzig Rappen pro Kilowattstunde einbringen – die Abwärme zwischen zehn und zwölf Rappen. Die Nachfrage nach solchen innovativen Anlagen ist laut Projektleiter Roland Limacher massiv: «Das ist die Stromversorgung der Zukunft – damit könnten wir den Bedarf nach dem Wegfall der Atomkraftwerke mit lokaler Produktion decken.» STEFANIE NOPPER

Figur 27: Zeitungsbericht 20 Minuten Luzern. 1.2.2012.

6. Fazit

Im oberen Leistungsbereich (ab ca. 2'500 kW_{th}) ist die verfügbare Technologie (ORC, Dampfturbine) zur Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz erprobt, und es bestehend ausreichend Langzeiterfahrungen von bestehenden Anlagen im In- und Ausland, von denen man bei der Planung und beim Betrieb neuer Anlagen profitieren kann. Allerdings dürfte der Bestand der bestehenden, in nächster Zeit sanierungsbedürftigen Holz-Wärmeerzeugungsanlagen aufgrund der Anlagengrössen für diese Technologien nur in beschränktem Mass in Frage kommen.

Im mittleren und unteren Leistungsbereich (unter 2'500 kW_{th}) steht als Technologie im Moment die Holzvergasung im Vordergrund. Verschiedene Beispiele im In- und Ausland deuten darauf hin, dass diese Technologie sich zurzeit an der Schwelle zur Marktreife befindet. Neuste Entwicklungen decken sogar den ganz kleinen Leistungsbereich ab.

Modellrechnungen idealtypischer Anlagen zeigen, dass die resultierenden Wärmegestehungskosten eine wirtschaftlich konkurrenzfähige Höhe erreichen können. Voraussetzungen dafür sind der Erhalt der kostendeckenden Einspeisevergütung KEV, ein möglichst hoher Jahresnutzungsgrad mit einer maximalen ganzjährigen Wärmenutzung sowie tiefe Brennstoffkosten. Es ist deshalb anzunehmen, dass sich auch viele Sägereien für die Möglichkeiten der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz im tiefen Leistungsbereich interessieren werden, zumal diese dank dem Betrieb von Trocknungskammern oftmals auch über einen grösseren Bedarf an Sommerwärme verfügen.

Offen ist die Frage, wie weit sich Betriebe der 2. Holzverarbeitungsstufe (Schreinereien) mit trockenem, aber nicht naturbelassenem Brennstoff für die Holzvergasung eignen.

Weitere wichtige Eignungskriterien für die zukünftige Stromerzeugung aus Holz – das zeigen alle bestehenden Anlagen im In- und Ausland deutlich! – sind die Platzverhältnisse, das nachbarschaftliche Beeinträchtigungspotenzial (Standort der Energiezentrale) und insbesondere auch die Bereitschaft der Bauherrschaft, in neue Technologien zu investieren. In dieser Hinsicht bietet der bestehende Park der Holz-Wärmeanlagen eine grosse Auswahl an.

7. Vorgeschlagene Standorte

Folgende bestehende Holzenergieanlagen werden **in erster Priorität** für eine vertiefte Abklärung hinsichtlich des zukünftigen Einsatzes von Technologien der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz vorgeschlagen:

| Priorität | Standort/Objekt | Technologie(n) | Kurzbeschreibung |
|-----------|--|----------------------|------------------|
| 1 | Unholz Greifensee ZH | ORC, Holzvergasung | Anhang 2 |
| 1 | Sägerei Aecherli Regensdorf ZH | ORC, Holzvergasung | Anhang 3 |
| 1 | Ortsgemeinde Walenstadt SG | ORC, Holzvergasung | Anhang 7 |
| 1 | Ernst Meyer, Säge- und Hobelwerk Gadmen BE | Holzvergasung | Anhang 13 |
| 1 | Dahinden Sägewerk AG, Hellbühl LU | ORC, Holzvergasung | Anhang 18 |
| 1 | Holzbau A. Freund, Samedan GR | Holzvergasung | Anhang 25 |
| 1 | Ebnat-Kappel SG | (ORC), Holzvergasung | Anhang 26 |
| 1 | A + C Corbat SA, Vendlincourt JU | Holzvergasung | Anhang 38 |
| 1 | Sägerei Schürch & CO. AG, Huttwil BE | Holzvergasung | Anhang 45 |
| 1 | FEWA Reutigen BE | Holzvergasung | Anhang 47 |
| 1 | Wohlfender Areal, Sulgen TG | Holzvergasung | Anhang 55 |

Tabella 20: Vorgeschlagene Standorte 1. Priorität.

Folgende bestehende Holzenergieanlagen werden **in zweiter Priorität** für eine vertiefte Abklärung hinsichtlich des zukünftigen Einsatzes von Technologien der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz vorgeschlagen:

| Priorität | Standort/Objekt | Technologie(n) | Kurzbeschreibung |
|-----------|---|--------------------|------------------|
| 2 | Sägerei Kehrlı & Co., Rifferswil ZH | Holzvergasung | Anhang 5 |
| 2 | Pius Schuler AG, Rothenthurm SZ | Holzvergasung | Anhang 6 |
| 2 | Unterstammheim ZH | ORC, Holzvergasung | Anhang 8 |
| 2 | Reinhardt Holz AG, Erlenbach BE | ORC, Holzvergasung | Anhang 10 |
| 2 | Flück Werke AG, Brienz BE | Holzvergasung | Anhang 11 |
| 2 | Planzer Holz AG, Langnau bei Reiden LU | Holzvergasung | Anhang 14 |
| 2 | Sägerei Trachsel AG, Rütı bei Riggisberg BE | Holzvergasung | Anhang 15 |
| 2 | Werkhof Zernez GR | Holzvergasung | Anhang 22 |
| 2 | Wärmeverbund Linthal GL | Holzvergasung | Anhang 24 |
| 2 | Benken ZH | Holzvergasung | Anhang 27 |
| 2 | Sägerei Birrer Holz AG, Hergiswil LU | Holzvergasung | Anhang 30 |
| 2 | Schreinerei Schmidiger, Baar ZG | Holzvergasung | Anhang 34 |
| 2 | Trigonorm AG, Linden BE | Holzvergasung | Anhang 39 |
| 2 | Forstwerkhof Lenzen, Fischenthal ZH | Holzvergasung | Anhang 43 |
| 2 | Gärtnerei Verdonnet-Bouchet, Troinex GE | Holzvergasung | Anhang 57 |

Tabella 21: Vorgeschlagene Standorte 2. Priorität.

Folgende bestehende Holzenergieanlagen werden **in dritter Priorität** für eine vertiefte Abklärung hinsichtlich des zukünftigen Einsatzes von Technologien der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz vorgeschlagen:

| Priorität | Standort/Objekt | Technologie(n) | Kurzbeschreibung |
|------------------|--|-----------------------|-------------------------|
| 3 | Wärmeverbund Villmergen AG | Holzvergasung | Anhang 9 |
| 3 | Kistenfabrik AG Merenschwand AG | Holzvergasung | Anhang 12 |
| 3 | Stadtsäge St. Gallen SG | Holzvergasung | Anhang 21 |
| 3 | Holzbau Urs Buschor, Muolen SG | Holzvergasung | Anhang 35 |
| 3 | Heider Holzenergie AG, Tagelswangen ZH | Holzvergasung | Anhang 36 |
| 3 | Wärmeverbund Sunnebüel, Wallisellen ZH | Holzvergasung | Anhang 37 |
| 3 | Josef Bucher AG Sägewerk, Escholzmatt LU | Holzvergasung | Anhang 40 |
| 3 | Wärmeverbund Gais, Gais AR | Holzvergasung | Anhang 41 |
| 3 | Holzheizwerk Uri, Schattdorf UR | Holzvergasung | Anhang 42 |
| 3 | Holzbau Nägeli AG, Gais AR | Holzvergasung | Anhang 48 |
| 3 | Chauffage à distance, Moiry VD | Holzvergasung | Anhang 49 |
| 3 | Wärmeverbund Schanz, Pfäffikon ZH | ORC, Holzvergasung | Anhang 50 |
| 3 | Bulle FR | ORC, Holzvergasung | Anhang 51 |
| 3 | Wärmeverbund Hedingen ZH | Holzvergasung | Anhang 54 |
| 3 | Wärmeverbund Brickermatte, Altdorf UR | Holzvergasung | Anhang 56 |
| 3 | Holzenergie OBL AG, Plaffeien FR | Holzvergasung | Anhang 58 |

Tabelle 22: Vorgeschlagene Standorte 3. Priorität.

8. Bereits geprüfte Standorte

An folgenden Standorten bestehender Holzenergieanlage wurden bereits Abklärungen hinsichtlich der zukünftigen Stromerzeugung gemacht bzw. sind solche Abklärungen im Gange (Auswahl):

- **Stadt Glarus GL**
Im Rahmen eines Vorprojektes für einen grossen Wärmeverbund wurde 2011 die Möglichkeit der Stromerzeugung abgeklärt [17].
- **AVARI Wilderswil BE**
Die Stromerzeugung wird zurzeit abgeklärt [18].
- **Chauffage à bois SA Baulmes VD**
Die Stromerzeugung wurde im Rahmen einer Studie vom 9. September 2012 geprüft [32].
- **Thermobois SA Porrentruy JU**
Die Stromerzeugung wird zurzeit abgeklärt [19].
- **Unteriberg SZ**
2009 wurde eine Machbarkeitsstudie für ein Holzkraftwerk in Unteriberg erarbeitet. Dabei wurde festgestellt, dass für eine derartige Anlage lokal nicht genügend Energieholz zur Verfügung steht. In der Folge wurde das Projekt zu einem reinen Wärmeverbund ohne Stromerzeugung redimensioniert [20].
- **KVA Luzern LU**
Die KVA Ibach in der Stadt Luzern soll in den nächsten Jahren stillgelegt und in die Gemeinde Buchrain verlegt werden. Dann benötigen die an der heutigen KVA angeschlossenen Wärmebezügler (u.a. Kantonsspital Luzern, Center Emmen) eine neue Wärmequelle. Aus diesem Grund soll am heutigen Standort der KVA ein Holzkraftwerk errichtet werden [21].
- **Herisau AR**
In Herisau planen die St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG SAK ein Holzkraftwerk [22].
- **Niederweningen ZH**
In Niederweningen befinden sich drei bestehende Holz-Wärmeverbände von je etwa 1'000 kW Leistung innerhalb eines Radius von wenigen hundert Metern (Gemeinde Niederweningen, Gemeinde Schneisingen, Bucher-Guyer AG). 2010 wurde die Idee, die drei sanierungsbedürftigen Anlagen zu einem grossen Verbund mit Stromerzeugung zusammenzulegen, im Rahmen einer Studie abgeklärt [23].
- **Nordwestschweiz (Holzkraftwerk „Ergolzta“)**
Die Genossenschaft Elektra Baselland EBL beschäftigt sich mit einem Projekt, ihre 15 bestehenden Holz-Wärmeverbände zwischen Pratteln und Gelterkinden zu einem Gross-Verbund mit einem Holzkraftwerk zusammenzulegen und die Nutzenergieproduktion von jährlich 60 GWh auf 210 GWh zu erhöhen [24].
- **Trisa AG Triengen LU**
In Triengen LU wurde die Machbarkeit eines grösseren Wärmeverbundes mit Einbezug der bestehenden Holzheizzentrale in der Firma Trisa AG geprüft. In diesem Zusammenhang wurden auch die Möglichkeiten der Stromerzeugung untersucht [25].

- **Affoltern am Albis ZH**
Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich EKZ haben die Möglichkeit der Stromerzeugung in der bestehenden Anlage von Affoltern am Albis geprüft [26].
- **Mels SG**
Im Industriegebiet Pizol plant die Ortsgemeinde Mels eine ORC-Anlage [27].
- **Sisseln AG**
Der französische Konzern Gaz de France GDF plant für die holländische Firma DSM Nutritional Products AG in deren Werk in Sisseln ein grosses Holz-Kraftwerk. Zurzeit wird die langfristige Verfügbarkeit des Energieholzes (600'000 Sm³ pro Jahr) abgeklärt [28].
- **Kaiseraugst AG**
Das Projekt der Axpo in Kaiseraugst stösst zwar auf Widerstand in der Bevölkerung, ist aber immer noch aktuell [28].
- **Schweizerhalle BL**
Die Industriellen Werke Basel IWB planen in Schweizerhalle ein weiteres grosses Holz-Kraftwerk [28].
- **Sarnen OW**
In Sarnen prüft die Korporation Freiteil zurzeit eine Holz-WKK-Anlage [29].
- **Schüpfheim LU**
In Schüpfheim wurde die Machbarkeit einer ORC-Anlage geprüft [30].

9. Referenzen/Quellen

- [1] Basler & Hofmann AG, im Auftrag des Bundesamts für Energie: Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2010. 2011.
- [2] Sulzer, M. (Lauber IWISA AG)/Gautschi, Th. (Amstein & Walthert AG): ETH Zürich, Höggerberg Masterplan Energie. 15. Schweizerisches Status-Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“. Zürich. 11./12.9.2008.
- [3] Nussbaumer, Th. et al. (QS Holzheizung): Automatische Holzheizungen. Grundlagen und Technik. Bern/Zürich. 2001.
- [4] Schmid, M., Gaegauf, Ch.: Dezentrale Stromerzeugung mit Feststoffbiomasse. Ökozentrum Langenbruck. 2007.
- [5] Zwingli, U. (Calorex Widmer & Partner AG): mündliche Mitteilung. Wil. 8.11.2011.
- [6] Schmid, H.: mündliche Mitteilung. Regensdorf. 15.2.2012.
- [7] Schaub, M./Gemperle, H.: 1.2 MWe Holzheizkraftwerk Stans mit Festbettvergasung, in: Th. Nussbaumer (Hrsg.): 10. Holzenergie-Symposium „Ökonomie, Technik und Luftreinhaltung“, 12. September 2008, ETH Zürich. Seiten 53 – 64. Zürich. 2008.
- [8] Bieri, H. (Genossenkorporation Stans): mündliche Mitteilung mit Unterlagen. Grafenort. 9.1.2012.
- [9] Besichtigung Energieholzzentrum Toggenburg. Nesslau. 6.5.2011.
- [10] Mordsasini, M. (Diplomarbeit Gewerblich-industrielle Berufsschule Bern): ORC Kraft-Wärme-Kopplung. Betrachtung der Wirtschaftlichkeit im technischen Kontext. Bern. 2009.
- [11] Energie & Holz GmbH (Canton Ticino, Dipartimento delle finanze e dell'economia): Produzione di calore, di freddo e d'elettricità a partire dall'energia dal legno nel Canton Ticino (cogenerazione, trigenerazione). Zürich. 2011.
- [12] Besichtigung Holzvergasung Urbas GmbH in der Gemeinde Neumarkt in der Steiermark (A). 18./19.10.2010.
- [13] Energie & Holz GmbH: Klinik Barmelweid. Konzept für die zukünftige Wärmeversorgung. Zürich. 2011.
- [14] Besichtigung Hofgemeinschaft Heggelbach D. 28.7.2011.
- [15] Besprechung Matthias von Senfft, Spanner RE² GmbH. 8.11.2011. Uznach.
- [16] bapGROUP AG: Wirtschaftlichkeit und Potenzial von kleinen Vergaser-HHKW (Auszug). Luzern. 2012.
- [17] Energie & Holz GmbH: Wärmeverbund Stadt Glarus mit Holzheizung und Stromerzeugung. Vorprojekt. Zürich. 2011.
- [18] Amacher, A., AVARI AG: mündliche Mitteilung. Grindelwald. 21.10.2011.
- [19] Godinat, M.: mündliche Mitteilung. Châtel-St-Denis. 24.3.2011.
- [20] Gemeinde Unteriberg. Medienmitteilung. 6.7.2009.
- [21] Workshop REAL. Emmenbrücke. 25.5.2010.
- [22] Neher, L., Holzenergie Appenzell: mündliche Mitteilung. 14.2.2012.
- [23] Schüpbach Engineering AG/Energie & Holz GmbH: Gross-Wärmeverbund Niederweningen/Schneisingen. Machbarkeitsstudie für Zusammenlegung der drei bestehenden Wärmeverbünde in Niederweningen und Schneisingen. Glattbrugg/Zürich. 2010.
- [24] Basellandschaftliche Zeitung. 9.4.2011.
- [25] Energie & Holz GmbH. Trisa AG: Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz. Grundlagen und konkrete Anwendungsmöglichkeiten. Zürich. 2011.
- [26] Schneebeli, W.: mündliche Mitteilung. 13.11.2009.
- [27] Eggenberger, H. Ingenieurbüro, Buchs: mündliche Mitteilung. 2.3.2012.
- [28] Energie & Holz GmbH: Machbarkeitsstudie Holzversorgung Holzheizkraftwerk Sisseln. 2012.
- [29] Raschle, K., Raschle Heizungen, Rickenbach Sulz: mündliche Mitteilung. 28.2.2012.
- [30] bapGROUP AG/Energie & Holz GmbH: Gemeinde Schüpfheim. Machbarkeitsstudie Holzkraftwerk Schüpfheim. Luzern. 2008.
- [31] Abbühl, Hp.: Reinhardt Holz AG, Erlenbach. Machbarkeitsstudie mit Wirtschaftlichkeitsberechnung. Wärmekraftkopplung mit Holz. Bern. 2000.
- [32] Energie & Holz GmbH, CABB Chauffage à Bois SA Baulmes, Concept d'assainissement. 9.9.2012

Anhang: Vorschläge Standorte

1. Unholz Greifensee ZH

Bauherr/Betreiber

Unholz Wärme AG

Installierte Leistung

2'400 kW und 2'400 kW

(Gesamtleistung 4'800 kW)

Baujahr

1994

Beschreibung

Als 1984 ein Teil des Sägereiareals mit Büro- und Wohnhäusern überbaut wurde, installierte die Sägerei Jakob Unholz eine erste Schnitzelheizung von 500 kW Leistung. 1994 konnten die benachbarte Firma Mettler Toledo AG sowie vier Mehrfamilienhäuser mit insgesamt 80 Wohnungen angeschlossen werden. Zu diesem Zweck wurde die Heizzentrale erneuert und mit zwei Holzkesseln von total 4'800 kW Leistung ausgerüstet. Seither erfolgte eine ständige Erweiterung des Wärmenetzes.

Eignung

Die Gemeinde Greifensee will Energiestadt werden, und es bestehen deshalb konkrete Pläne den Werkhof (100 kW), das Schulhaus Breiti mit Turnhalle und Schwimmbad (400 kW), den bestehenden, fossilen Wärmeverbund Städtli (250 kW) sowie „unterwegs“ weitere private Liegenschaften anzuschliessen und die Wärmeerzeugung dementsprechend auszubauen. Die Anlagenbetreiberin bereitet zurzeit ein entsprechendes Angebot vor.



Figur 28: Wärmeverbund Greifensee ZH: Orange = bestehendes Wärmenetz, rot = möglicher Ausbau

Technologien

ORC, Holzvergasung

2. Sägerei Aecherli Regensdorf ZH

Bauherr/Betreiber

Paul Aecherli AG, Sägerei Regensdorf ZH

Installierte Leistung

3'600 kW

Baujahr

1994

Beschreibung

Mit der 1994 installierten Anlage werden einerseits die Trocknungskammern der Sägerei beheizt, andererseits die benachbarte kantonale Justizvollzugsanstalt Pöschwies mit Wärme versorgt. Die Anschlussleistung der Justizvollzugsanstalt beträgt 3'000 kW. Die Anlage muss in den nächsten Jahren saniert und mit einem Partikelabscheider nachgerüstet werden.

Eignung

Der Bauherr/Betreiber beschäftigt sich schon seit längerem mit möglichen Erweiterungen seines Wärmenetzes. Im Zentrum steht dabei das nordwestlich der Sägerei gelegene Gebiet Eichwatt mit einer zusätzlichen Anschlussleistung von rund 1'000 kW, weitere Optionen für eine noch grössere Erweiterung bestehen. Der Bauherr ist sehr interessiert an der Stromerzeugung, möchte aber zuerst ausreichende Wärmeabsatzmöglichkeiten schaffen.

Technologien

ORC, Holzvergasung

3. Sägerei Kehrli & Co., Rifferswil ZH

Bauherr/Betreiber

Sägerei Kehrli & Co

Installierte Leistung

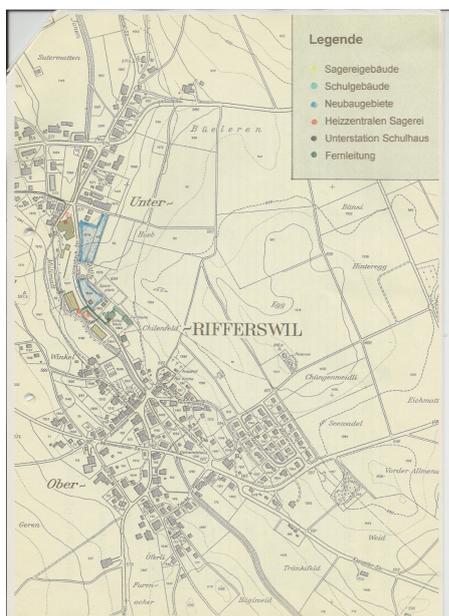
Gesamtleistung 550 kW

Baujahr

1982 bzw. 1997

Beschreibung

Die Sägerei Kehrli besitzt eine Holz-Heizzentralen (550 kW, 1997). An das Fernwärmenetz sind 52 Wohnungen und das Schulhaus angeschlossen.



Figur 29: Sägerei Kehrli Rifferswil: Übersichtsplan.

Eignung

Der Sägereibetrieb wurde stillgelegt und es wird deswegen ein zukünftiger Betreiber gesucht.

Technologie

Holzvergasung

4. Pius Schuler AG Rothenthurm SZ

Bauherr/Betreiber

Pius Schuler AG

Installierte Leistung

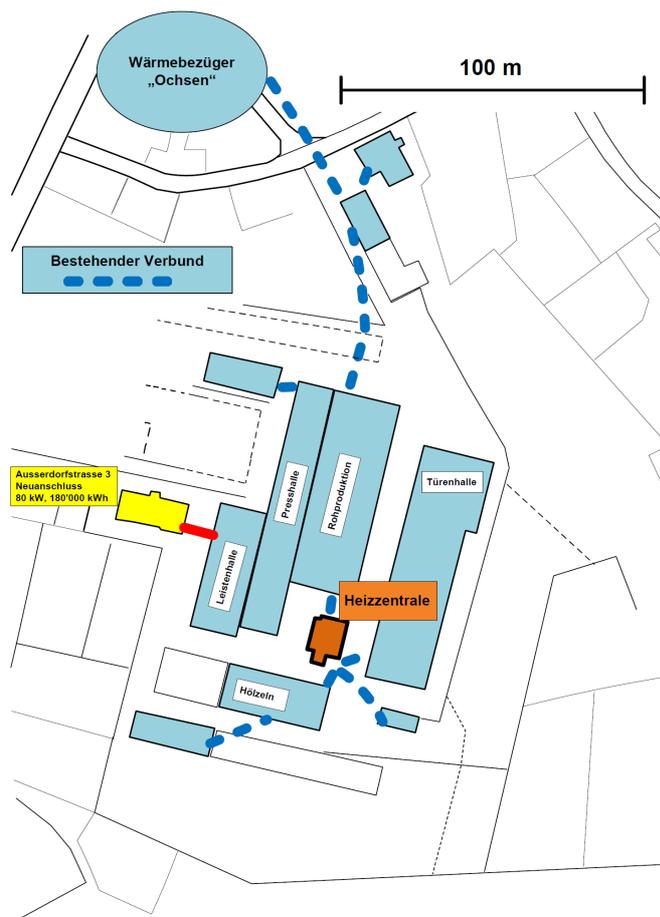
1'200 kW

Baujahr

1989

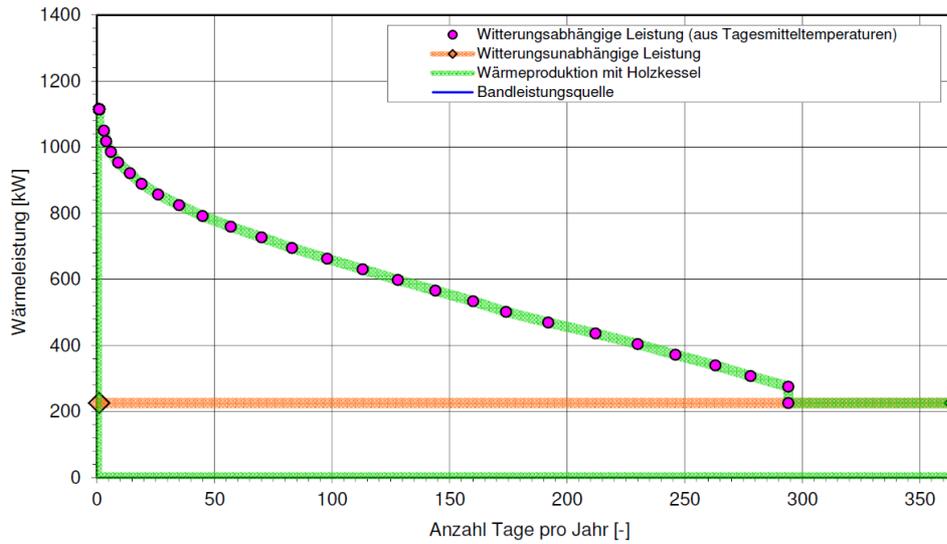
Beschreibung

Die Pius Schuler AG in Rothenthurm ist ein grosser Holzverarbeitender Betrieb und produziert grossformatige Blockholzplatten, Rahmenverbreiterungen sowie Türen. Das traditionsreiche Unternehmen beschäftigt rund 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Im Rahmen des Produktionsprozesse fallen jährlich rund 1'500 Tonnen Restholz an. Ein Teil davon wird bereits heute zur Erzeugung von Heiz- und Prozesswärme genutzt und in ein lokales Fernwärmenetz eingespiesen. Dieser bestehende Wärmeverbund hat eine Anschlussleistung von 1'216 kW und setzt pro Jahr 4'015'000 kWh Nutz-energie ab. Er präsentiert sich folgendermassen:



Figur 30: Pius Schuler AG Rothenthurm: Übersichtsplan bestehender Wärmeverbund.

Wegen der Trocknungskammern ist der Bedarf an „Sommerwärme“ relativ gross, wie die nachfolgende Jahresdauerlinie zeigt:

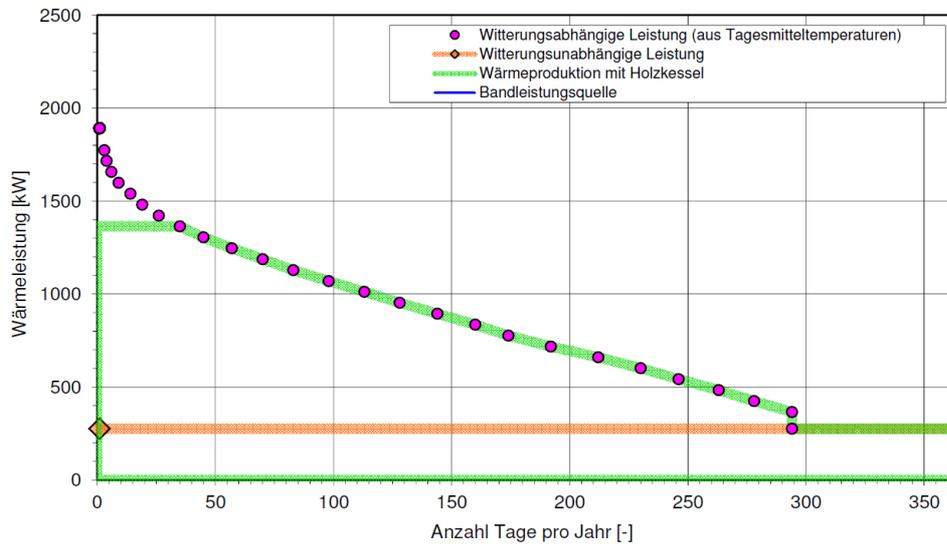


Figur 31: Pius Schuler AG Rothenthurm: aktuelle Jahresdauerlinie.

Eignung

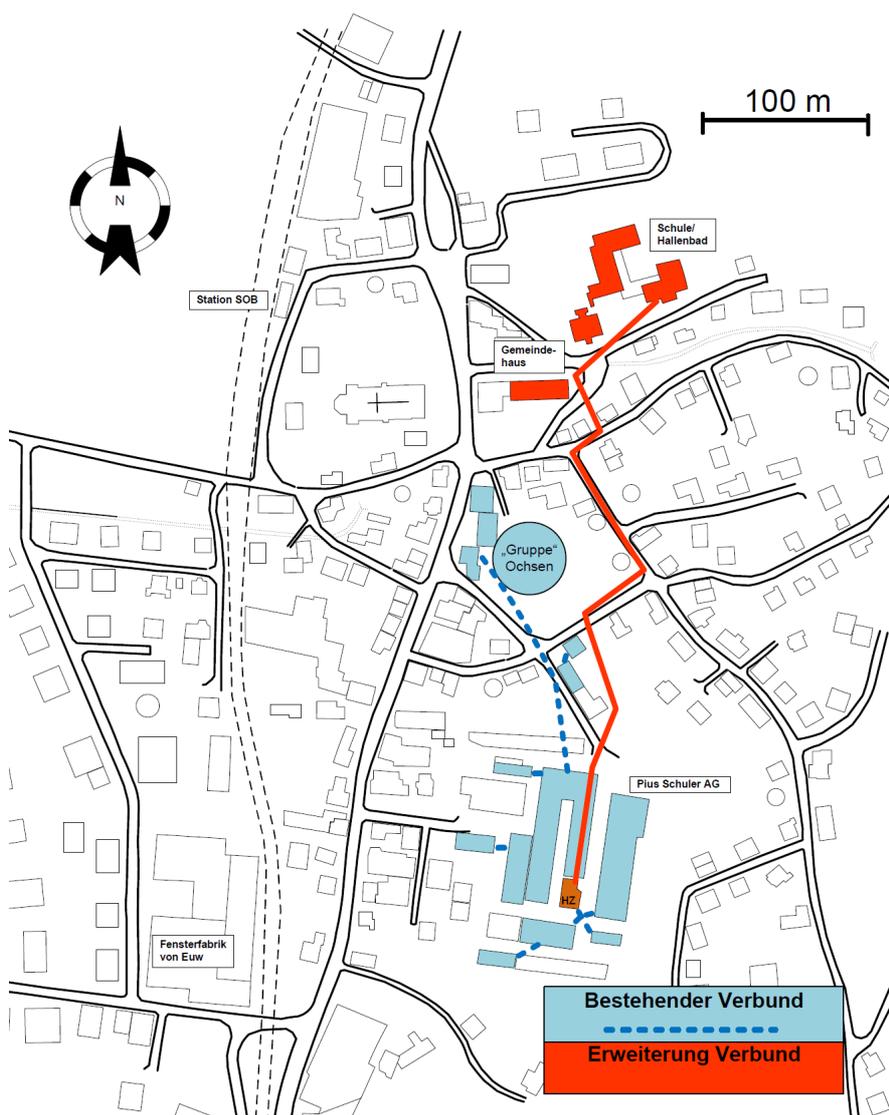
In einer Distanz zur Heizzentrale von etwa 500 m befinden sich die öffentlichen Liegenschaften Schulhaus/Hallenbad und Gemeindehaus mit einem geschätzten Nutzenergiebedarf von 1'200'000 kWh pro Jahr. Allein mit den öffentlichen Bauten ergibt sich somit eine Anschlussdichte von 2.4 MWh/m'. Hinzu kommen zusätzliche private Liegenschaften „unterwegs“.

Bei einem solchen Ausbau ergäbe sich folgende Jahresdauerlinie:



Figur 32: Pius Schuler AG Rothenthurm: Mögliche Jahresdauerlinie im Endausbau.

Im Endausbau wäre folgendes Wärmenetz möglich:



Figur 33: Pius Schuler AG Rothenthurm: Mögliches Wärmenetz im Endausbau.

Die gesamte Anschlussleistung beträgt rund 2'000 kW, die jährliche Nutzenergiemenge 5'565'000 kWh. Eine grobe Kostenschätzung hat gezeigt, dass für die Sanierung der bestehenden Anlage (inkl. Partikelabscheider), die Erweiterung des Wärmenetzes sowie die Installation einer Holzvergaseranlage (System Urbas GmbH) Investitionen von rund 3.9 Mio. Franken notwendig sind. Unter Berücksichtigung einer Rückvergütung des eingespiessenen Stroms von 28 Rp./kWh resultiert ein Wärmepreis von 9 Rp./kWh. Dies ist deshalb möglich, weil das Unternehmen über sehr günstigen eigenen Brennstoff verfügt.

Der Bauherr ist grundsätzlich an der Stromerzeugung interessiert und hat deswegen auch schon Contractoren angefragt. Die Platzverhältnisse sind gut, das nachbarschaftliche Störungspotenzial auf dem Gelände der Firma Pius Schuler AG gering.

Technologie

Holzvergasung

5. Ortsgemeinde Walenstadt SG

Bauherr/Betreiber

Ortsgemeinde Walenstadt

Installierte Leistung

350 kW (2001) und 850 kW (2008)

(Gesamtleistung 1'200 kW)

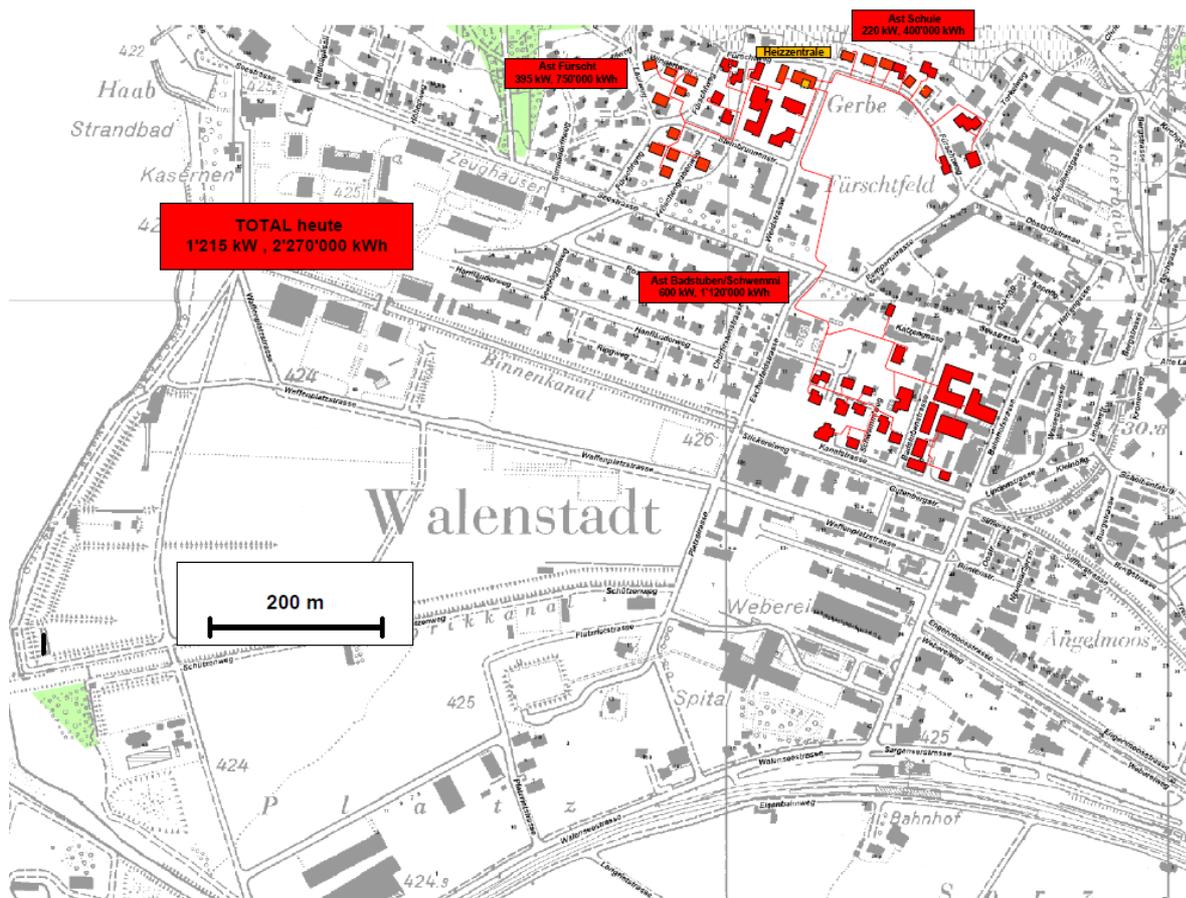
Baujahr

2001/2008

Beschreibung

Im Jahr 2001 erstellte die Ortsgemeinde Walenstadt am Standort Weidstrasse 11 eine neue Heizzentrale mit einem Holzschnittkessel von 350 kW Leistung und einem Nahwärmenetz, welches anschliessend ständig ausgebaut wurde. 2008 wurde in der Heizzentrale ein zweiter Holzessel von 850 kW Leistung installiert, um den stetig angewachsenen Wärmebedarf des sich laufend erweiternden Wärmenetzes weiterhin befriedigen zu können.

Der aktuelle Wärmeverbund präsentiert sich folgendermassen:



Figur 34: Wärmeverbund Walenstadt: Aktueller Wärmeverbund.

Sowohl seitens privater als auch öffentlicher Liegenschaftenbesitzer besteht nach wie vor ein grosses Interesse, zusätzliche Liegenschaften an den Wärmeverbund anzuschliessen. Die bestehende Heizzentrale befindet sich im Erdgeschoss eines Mehrfamilienhauses und verfügt über keinerlei Ausbaupotenziale mehr, welche indes notwendig wären, um das bestehende Anschlussinteresse berücksichtigen zu können.

Eignung

Damit eine ORC-Anlage ins Auge gefasst werden könnte, müsste der heutige Wärmeverbund folgendermassen erweitert werden:

| | Anschlussleistung [kW] | Nutzenergie [kWh/Jahr] |
|---|------------------------|------------------------|
| Aktuelles Wärmenetz | 1'215 | 2'270'000 |
| Aktuelles zusätzliches Anschlusspotenzial | 2'157 | 4'110'000 |
| Endausbau minimal | 3'372 | 6'380'000 |
| Zusätzliche Anschlüsse für ORC | 1'650 | 3'120'000 |
| Endausbau minimal ORC | 5'022 | 9'500'000 |

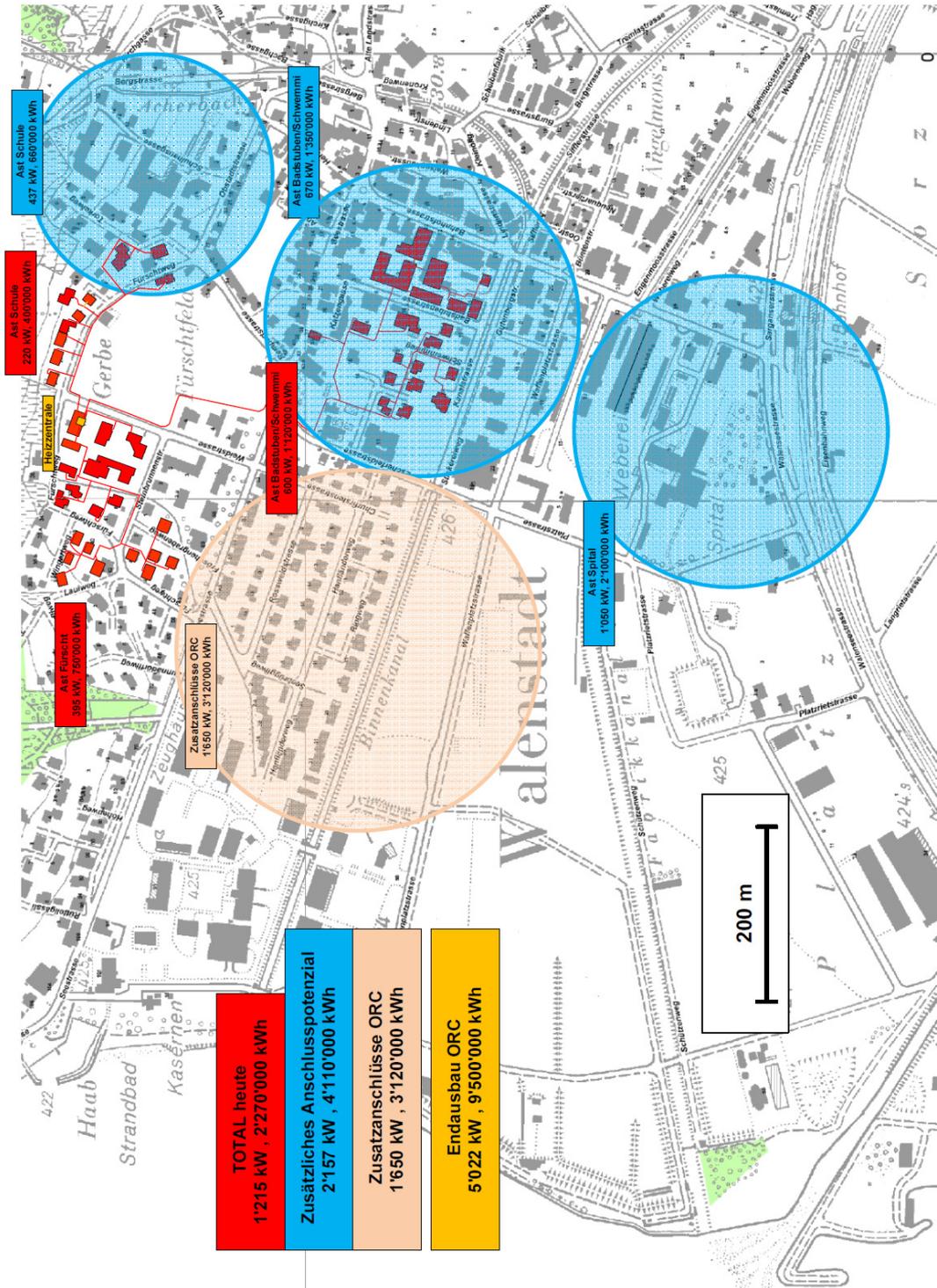
Tabelle 23: Wärmeverbund und Walenstadt: Zusammenfassung der heutigen und der in Zukunft für eine ORC-Anlage erforderlichen Anschlussleistungen und Energieverbräuche.

Bereits heute ist ein zusätzliches Anschlusspotenzial von 2'157 kW gesichert:



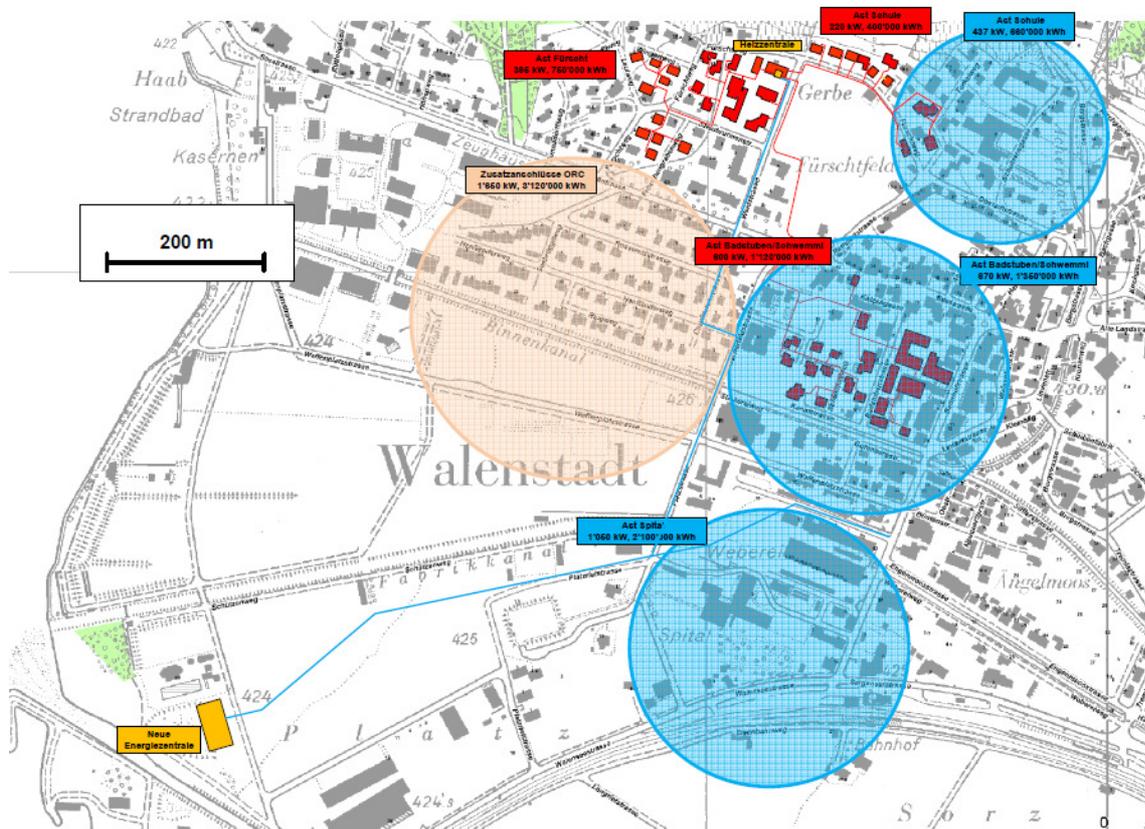
Figur 35: Zusätzliches, aktuell gesichertes Anschlusspotenzial

Der aktuelle Wärmeverbund mit dem zusätzlichen, für eine ORC-Anlage erforderlichen Wärmeabsatz präsentiert sich folgendermassen:



Figur 36: Zusätzlich für ORC erforderliches Anschlusspotenzial.

Aufgrund der Platzverhältnisse in der bestehenden Heizzentrale sowie wegen ihrer Lage mitten im Wohngebiet ist für eine WKK-Anlage ein neuer Standort erforderlich. Im Vordergrund steht das Areal beim See, südlich des Fabrikkanals. Der erweiterte Wärmeverbund präsentiert sich folgendermassen:



Figur 37: Wärmeverbund Walenstadt: Erweiterter Wärmeverbund mit neuer Energiezentrale (schematisch).

Die Kosten für die Erstellung einer neuen Energiezentrale mit neuen Holzkesseln und einer **Holzvergasanlage** werden auf rund 7.1 Mio. Franken geschätzt. Die Wärmegegestehungskosten liegen bei rund 16.1 Rp./kWh, wie die nachfolgenden Tabellen zeigen (Wärmeabsatz 6'380 MWh/Jahr):

| Kosten (exkl. MWSt.) | | | Kapitalzins 5.5% | |
|--|--------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|
| | Investitionskosten [Fr.] | Nutzungsdauer [Jahre] | Annuitätenfaktor | Kapitalkosten [Fr./Jahr] |
| Position | | | | |
| Restwert bestehende Anlage | 1'100'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 92'070 |
| Anschlussleitung Wärmeverbund (900 x 900) | 810'000 | 40 Jahre | 0.0623 | 50'463 |
| Erschliessungsleitungen Neuanschlüsse | 550'000 | 40 Jahre | 0.0623 | 34'265 |
| Unterstationen | 300'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 25'110 |
| Holzvergaser, alles inkl. | 850'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 71'145 |
| Holzessel Wärme 900 kW inkl. Entaschung | 180'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 15'066 |
| Holzessel Wärme 2'400 kW inkl. Entaschung | 410'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 34'317 |
| Elektrofilter | 340'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 28'458 |
| Schnitzelaustragung und –transport, Krananlage | 375'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 31'388 |
| Bau Zentrale, Schnitzellager | 750'000 | 40 Jahre | 0.0623 | 46'725 |
| Sanitär, Elektroanlagen, Speicher | 280'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 23'436 |
| Kamine | 70'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 5'859 |
| Steuerung | 85'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 7'115 |
| Sanitär, Elektroanlagen | 180'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 15'066 |
| Transport, Montage, Inbetriebnahme | 120'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 10'044 |
| Honorare, Unvorhergesehenes | 700'000 | 20 Jahre | 0.0837 | 58'590 |
| TOTAL | 7'100'000 | | | 549'117 |

Tabelle 24: Wärmeverbund Walenstadt: Investitions- und Kapitalkosten Neuanlage mit Holzvergasung(3 x 45 kW_{el}).

Daraus abgeleitet lassen sich die Jahreskosten folgendermassen zusammenfassen:

| Betriebskosten | |
|---------------------------|--------------------|
| Kapitalkosten | 549'117.- |
| Brennstoffkosten Holz | 404'320.- |
| Allgemeine Betriebskosten | 225'000.- |
| Totalkosten | 1'178'437.- |

Tabelle 25: Wärmeverbund Walenstadt: Jahreskosten Neuanlage mit Holzvergasung (3 x 45 kW_{el}).

Bei einer Netto-Stromrückvergütung von 28 Rp./kWh ergibt sich ein Stromertrag von 540'000 x Fr. 0.28 = Fr. 151'200.-. Es verbleiben also Jahreskosten von 1'178'437 – 151'200 = Fr. 1'027'237.- Dies entspricht einem Wärmepreis von Fr. 1'027'237.-/6'380'000 kWh = 16.1

| | Aufwand [Fr./Jahr] | Ertrag [Fr./Jahr] |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1'178'437.- | |
| Strom (540'000 kWh x Fr. 0.28) | | 151'200.- |
| Wärme (6'380'000 kWh x Fr. 0.161) | | 1'027'237.- |
| Total | 1'178'437.- | 1'178'437.- |

Tabelle 26: Wärmeverbund Walenstadt: Jährlicher Aufwand und Ertrag Neuanlage mit Holzvergasung (3 x 45 kW_{el}).

Für eine ORC-Anlage und einen jährlichen Wärmebedarf von 9'500 MWh präsentiert sich die gleiche Rechnung wie folgt:

| Kosten (exkl. MWSt.) | | | Kapitalzins 5.5% | |
|---|--------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|
| Position | Investitionskosten [Fr.] | Nutzungsdauer [Jahre] | Annuitätenfaktor | Kapitalkosten [Fr./Jahr] |
| Restwert bestehende Anlage | 1'100'000 | 20 | 0.0837 | 92'070 |
| Schnitzkessel 1'400 kW, inkl. aut. Entaschung | 210'000 | 20 | 0.0837 | 17'577 |
| Schnitzkessel ORC 3'240 kW, inkl. aut. Entaschung | 1'040'000 | 20 | 0.0837 | 87'048 |
| Montage/Verrohrung Thermoölsystem, Erstbefüllung | 400'000 | 20 | 0.0837 | 33'480 |
| ORC-Modul | 1'500'000 | 20 | 0.0837 | 125'550 |
| Ölkessel 2'000 kW | 120'000 | 20 | 0.0837 | 10'044 |
| Kamine | 75'000 | 20 | 0.0837 | 6'278 |
| Elektroinstallationen | 240'000 | 20 | 0.0837 | 20'088 |
| Schubboden | 42'000 | 20 | 0.0837 | 3'515 |
| automatische Krananlage | 265'000 | 20 | 0.0837 | 22'181 |
| Brennstofftransport | 65'000 | 20 | 0.0837 | 5'441 |
| Heizungsinstallationen, Speicher | 350'000 | 20 | 0.0837 | 29'295 |
| Bau Heizzentrale, Silo | 950'000 | 40 | 0.0623 | 59'185 |
| Wärmenetz | 2'100'000 | 40 | 0.0623 | 130'830 |
| Elektrofilter | 360'000 | 20 | 0.0837 | 30'132 |
| Steuerung | 150'000 | 20 | 0.0837 | 12'555 |
| Unterstationen | 750'000 | 20 | 0.0837 | 62'775 |
| Montage, Inbetriebnahme, Unvorhergesehenes | 800'000 | 20 | 0.0837 | 55'960 |
| Planungshonorare | 1'200'000 | 20 | 0.0837 | 100'440 |
| Total Investitionskosten | 11'717'000 | | Ø 0.0676 | 904'404 |

Tabelle 27: Wärmeverbund Walenstadt: Investitions- und Kapitalkosten Neuanlage ORC (587 kW_e).

Die Jahreskosten betragen:

| Betriebskosten | |
|---------------------------|--------------------|
| Kapitalkosten | 904'404.- |
| Brennstoffkosten Holz | 720'000.- |
| Brennstoffkosten Öl | 65'000.- |
| Allgemeine Betriebskosten | 220'000.- |
| Totalkosten | 1'909'404.- |

Tabelle 28: Wärmeverbund Walenstadt: Jahreskosten Neuanlage ORC (587 kW_e).

Bei einer Netto-Stromrückvergütung von 22.5 Rp./kWh ergeben sich ein Einnahmen von 2'000'000 x Fr. 0.225 = Fr. 450'000.-. Es verbleiben Jahreskosten von 1'909'404 – 450'000 = Fr. 1'459'404.- und ein Wärmepreis von Fr. 1'459'404.-/9'500'000 kWh = 15.4 Rp./kWh.

| | Aufwand [Fr./Jahr] | Ertrag [Fr./Jahr] |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 1'909'404.- | |
| Strom (2'000'000 kWh x Fr. 0.225) | | 450'000.- |
| Wärme (9'500'000 kWh x Fr. 0.154) | | 1'459'404.- |
| Total | 1'909'404.- | 1'909'404.- |

Tabelle 29: Wärmeverbund Walenstadt: Jährlicher Aufwand und Ertrag Neuanlage mit Holzvergasung (3 x 45 kW_e).

Technologien

Holzvergasung, ORC

6. Unterstammheim ZH

Bauherr/Betreiber

Gemeinde Unterstammheim/Sägerei Keller AG

Installierte Leistung

2'100 kW/2'150 kW

(Gesamtleistung 4'250 kW)

Baujahr

1972/1990

Beschreibung

Der Wärmeverbund der Gemeinde Unterstammheim ist fast 30 Jahre alt. Zusammen mit dem Wärmeverbund der Sägerei Keller AG versorgt er fast drei Viertel der Liegenschaften von Unterstammheim. Ein weiterer Ausbau ist nur punktuell möglich. Ein Zusammenschluss der beiden Verbände wurde geprüft, aber aus Kostengründen verworfen. Die Zusammenarbeit hätte nur die Versorgungssicherheit erhöht, jedoch die Gesamtwärmemenge herabgesetzt. Da im Bereich des Zusammenschlusses die heutigen Leitungsdurchmesser klein sind, hätte die bestehende Leitung durch eine grössere ersetzt werden müssen.

Das Fernwärmenetz der Gemeinde weist eine Länge von 4'600 m, einen jährlichen Energieabsatz von 3'000'000 kWh und eine Anschlussdichte von 0.7 MWh/m' auf und versorgt ca. 100 Liegenschaften. Das Fernwärmenetz der Sägerei Keller AG ist 3'000 Meter lang und weist einen Energieabsatz von 8'950'000 kWh pro Jahr und eine Anschlussdichte von 3.0 MWh/m' auf (inkl. Eigenbedarf Sägerei).

Eignung

Durch die günstige Versorgung durch die Sägerei mit geeignetem Rohstoff und dem vorhandenen Lagerplatz besteht ein hohes Potential für Stromerzeugung .

Technologien

Holzvergasung, ORC

7. Wärmeverbund Villmergen AG

Bauherr/Betreiber

Gottfried Stähli , Sägerei & Holzhandlung, Villmergen AG

Installierte Leistung

450 kW

Baujahr

1995

Beschreibung

Der Holzkessel (Fabrikat Tiba-Järnforsen) stammt aus dem Jahr 1995 und versorgt nebst der Trocknungskammer der Sägerei über ein Wärmenetz das umliegende Quartier ganzjährig mit Wärme.

Eignung

Der Sägereibetrieb soll demnächst aufgegeben werden. Platz für eine Holzvergasungsanlage ist ebenso vorhanden wie ein ganzjähriger Wärmeabsatz.

Technologie

Holzvergasung

8. Reinhardt Holz AG, Erlenbach BE

Bauherr/Betreiber

Reinhardt Holz AG, Erlenbach i.S.

Installierte Leistung

3'200 kW (Holz), 2'000 kW (Öl)
(Gesamtleistung 5'200 kW)

Baujahr

1995/2001

Beschreibung

Angeschlossen ist nebst der Reinhardt Holz AG das Fernwärmenetz Erlenbach mit privaten und öffentlichen Liegenschaften im Dorf (Stränge Dorf und Weiermatte). Die Wärmelieferungen erfolgen ganzjährig. Der Anschluss zusätzlicher Wärmebezüger ist mit der bestehende Wärmezeugung weiter möglich. Als Energieholz wird Sägereirestholz verwendet.

Eignung

Eine Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 2000 kommt zum Schluss, dass mit entsprechender finanzieller Unterstützung, eine wirtschaftlich betreibbare Wärme-Kraft-Kopplung mit Biomasse die Lösung der Zukunft sein kann [31]. Zum damaligen Zeitpunkt gab es das Instrument der kostendeckenden Einspeisevergütung noch nicht. Deshalb ist eine Neubeurteilung der Wirtschaftlichkeit abgesagt. Günstig für die Stromerzeugung ist auch der gleichmässige Bandlastbedarf der Trocknungskammern

Technologien

ORC (Vorprojekt 2008), Holzvergasung

9. Flück Werke AG, Brienz

Bauherr/Betreiber

Flück Werke AG

Installierte Leistung

488 kW

Baujahr

1978

Beschreibung

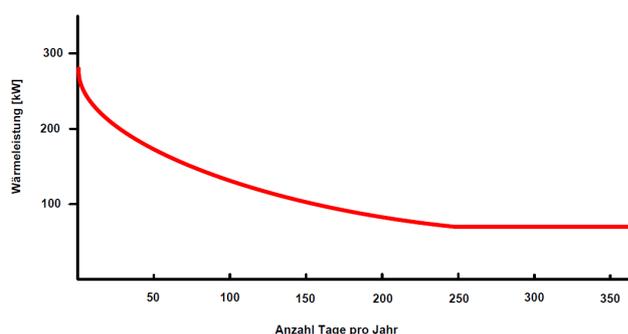
Die Möbelfabrik Flück AG in Brienz betreibt einen Holzkessel Cyclotherm von 488 kW Leistung. Dieser Kessel stammt aus dem Jahr 1978 und muss saniert werden. Der Kessel wird mit eigenem Restholz betrieben. Angesichts der jährlichen Stromkosten von Fr. 60'000.- ist der Bauherr an den Möglichkeiten der Holz-WKK interessiert.

Die aktuellen Anschlusswerte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

| Bezüger | Herleitung | Leistung [kW] | Energie [kWh/Jahr] |
|------------------|--|---------------|--------------------|
| Furnierpresse | 27 kW, 3 Tage pro Woche = 27 kW x 1'200 h = 32'000 kWh | 27 | 32'000 |
| Wohnhaus | Schätzung | 20 | 45'000 |
| Trockenkammer | 225 m ³ Holz à 200 kWh = 45'000 kWh, 800 h | 55 | 45'000 |
| Ausstellungsraum | 20 x 12 x 3 m = 720 m ³ , 20 W/m ³ | 14 | 32'000 |
| Spritzanlage | Schätzung | 100 | 180'000 |
| Fabrikgebäude | Schätzung | 70 | 140'000 |
| TOTAL | | 286 | 474'000 |

Tabelle 30: Flück Werke AG Brienz: Anschlusswerte.

Dadurch ergibt sich folgende Jahresdauerlinie



Figur 38: Flück Werke AG Brienz: Jahresdauerlinie.

Eignung

Die Stromerzeugung könnte deshalb interessant sein, weil eigener trockener Brennstoff zur Verfügung steht.

Technologie

Holzvergasung

10. Kistenfabrik AG Merenschwand AG

Bauherr/Betreiber

Kistenfabrik AG Merenschwand

Installierte Leistung

700 kW und 850 kW

(Gesamtleistung: 1'550 kW)

Baujahr

2002 bzw. 2005

Beschreibung

Die Kistenfabrik AG in Merenschwand produziert Transportverpackungen aus Holz (Kisten, Paletten). Im Jahre 2002 installierte der Betrieb eine automatische Holzschnitzelheizung von 700 kW Leistung mit einem Nahwärmenetz zur Beheizung verschiedener öffentlicher (Schule, Kirche) und privater Liegenschaften in der Umgebung. Dieses Netz wurde und wird ständig erweitert, sodass 2005 die Heizzentrale mit einem zweiten Holzkessel von 850 kW Leistung erweitert werden konnte. Dadurch entstanden neue Kapazitäten für den Anschluss weiterer Liegenschaften, welche sonst mit Öl beheizt würden. Heute deckt der Betrieb etwa einen Viertel seines Brennstoffbedarfs mit eigenem Restholz, drei Viertel sind zugekaufte Waldholzschnitzel.

Eignung

Der Bauherr ist sehr stark an neuen Technologien und an der Stromerzeugung interessiert. In Frage käme allenfalls ein kleiner Holzvergaser. Platz und trockener Brennstoff stehen zur Verfügung.

Technologie

Holzvergasung

11. Ernst Meyer, Säge- und Hobelwerk, Gadmen BE

Bauherr/Betreiber

Ernst Meyer, Säge- und Hobelwerk, Gadmen BE

Installierte Leistung

500 kW

Baujahr

2002

Beschreibung

1987 installierte der Bauherr einen Holzkessel (Kohlbach SU 500) von 500 kW Leistung. Dieser Kessel wurde im Jahr 2002 durch einen neuen Kessel (Schmid) von 550 kW Leistung ersetzt, und der Bauherr begann mit dem Aufbau eines Nahwärmenetzes. Bis 2011 waren, inklusive der Sägerei, 10 öffentliche und private Liegenschaften angeschlossen. Der gesamte Wärmeleistungsbedarf belief sich auf rund 300 kW. Am 3. November 2011 brannte die Sägerei aufgrund eines Funkenwurfs beim Sägen von Buchs vollständig nieder.

Eignung

Zurzeit wird die Wärmeerzeugung von einer mobilen Ölheizung aus sichergestellt. Der Bauherr ist im Moment damit beschäftigt, ein Konzept für den Wiederaufbau der Anlage zu erarbeiten. In diesem Zusammenhang besteht ein grosses Interesse, auch die Möglichkeit der Wärme-Kraft-Kopplung zu prüfen. Am Standort der abgebrannten Sägerei steht mit einer unterkellerten Bodenplatte von 30 m x 100 m ausreichend Platz zur Verfügung.

Technologie

Holzvergasung

12. Planzer Holz AG, Langnau bei Reiden LU

Bauherr/Betreiber

Planzer Holz AG, Sägerei

Installierte Leistung

900 kW (Schnitzel, 1993), 430 kW (Schnitzel 1993), 900 kW (Rinde, 2003)
(Gesamtleistung 2'230 kW)

Baujahr

1993/2003

Beschreibung

1993 installierte die Planzer Holz AG 2 Holzkessel von 430 und 900 kW Leistung und begann mit dem Ausbau eines Wärmeverbundes, welcher, zusätzlich zu der im eigenen Sägereibetrieb (Trocknungskammer) benötigten Energie, ebenfalls Wärme abnehmen. Für die zwei älteren Kessel besteht eine lufthygienische Sanierungsfrist (Nachrüstung mit Partikelabscheider) bis Ende 2017.

In der 2. Hälfte des Jahres 2011 wurden die Ende 2013 auslaufenden Wärmelieferverträge nach langwierigen Verhandlungen erneuert und auf eine finanzielle Basis gestellt, welche die in Zukunft erforderlichen Investitionen (Ersatz Kessel, Einbau Partikelabscheider) zu decken vermag. Gleichzeitig wurden auch drei neue Mehrfamilienhäuser neu angeschlossen.

Die gesamte Nutzenergieerzeugung liegt im Moment bei rund 1'900'000 kWh pro Jahr. Davon entfallen etwa 1'500'000 kWh auf betriebsexterne Verbraucher (Wohnbaugenossenschaften, Stockwerkeigentümergeinschaften und private Liegenschaften). Der Wärmeverbund ist ganzjährig in Betrieb (inkl. Warmwasser im Sommer).

Eignung

Der Bauherr ist sehr interessiert an den Möglichkeiten der Stromerzeugung. Platz ist auf dem Sägereiareal ebenso ausreichend vorhanden wie trockene Holzschnitzel. Aufgrund des Ganzjahresbetriebs und der Höhe der Anschlussleistung besteht ausserhalb der Heizperiode ein täglicher Nutzenergiebedarf von rund 1'000 kWh.

Technologie

Holzvergasung

13. Sägerei Trachsel AG, Rüti bei Riggisberg BE

Bauherr/Betreiber

Sägerei Trachsel AG, Rüti bei Riggisberg BE

Installierte Leistung

700 kW + 300 kW (Total 1'000 kW)

Baujahr

1991

Beschreibung

1991 errichtete die Sägerei Trachsel AG auf ihrem Betriebsgelände eine neue Heizzentrale mit zwei Holzkesseln von 700 kW und 300 kW Leistung. Rund 80% der gesamthaft erzeugten Nutzenergiemenge wird für den Betrieb der insgesamt 8 Trocknungskammern verwendet (witterungsunabhängig). Die übrigen 20% werden in ein kleines Wärmenetz eingespiesen.

Eignung

Eine Sanierung der bestehenden Anlage steht an. Das Interesse an der Holzverstromung sowie der dafür notwendige Platz sind vorhanden. Das nachbarschaftliche Störungspotenzial ist klein, und aus dem Sägereibetrieb stehen genügend trockene Holzschnitzel zur Verfügung.

Technologie

Holzvergasung

14. Dahinden Sägewerk AG, Hellbühl LU

Bauherr/Betreiber

Dahinden Sägewerk AG, Hellbühl

Installierte Leistung

2'500 kW

Baujahr

2001

Beschreibung

Im Jahr 1987 installierte die Dahinden Sägewerk AG einen Holschnitzelkessel von 900 kW für die energetische Verwertung des im Betrieb anfallenden Restholzes und die Produktion von Wärme für die Trocknungskammern und die Trocknung von Sägemehl. Ab 1994 begann das Sägewerk ganzjährig Nutzenergie in den von der Gemeinde Neuenkirch erstellten und betriebenen Wärmeverbund einzuspeisen. 2001 wurde der alte Holzessel durch einen neuen Wärmeerzeuger von 2'500 kW Leistung ersetzt (Mawera). Heute sind rund 30 Liegenschaften am 2 km langen Nahwärmenetz der Gemeinde angeschlossen. Zurzeit beträgt die Anschlussleistung 1'400 kW, die jährlich ins Netz eingespeisene Nutzenergiemenge 1'650'000 kWh.

In Zukunft kann der Wärmeabsatz noch vergrössert werden. Das Ziel der Bauherren ist es, im Sommer rund 1 MW Bandlast-Leistung für die Trocknungskammern, für die Trocknung von Sägemehl sowie für die Versorgung einer nahen Käserei mit Prozesswärme zu verbrauchen. Im Winter soll die Dauerleistung 2 MW betragen.



Figur 39: Blick auf das Areal des Sägewerks Dahinden AG in Hellbühl.

Eignung

Die Bauherren kaufen heute jährlich Strom für insgesamt Fr. 170'000.- ein und möchten diesen in Zukunft selber produzieren. Aus dem Sägereibetrieb fallen jährlich 7'500 Sm³ Rinde an. Es stehen 2'500 m² Landreserven in der Sonderbauzone (gleichgestellt mit Industriezone) zur Verfügung.

Technologien

Holzvergasung, ORC

15. Stadtsäge St. Gallen SG

Bauherr/Betreiber

Ortsbürgergemeinde St. Gallen

Installierte Leistung

1'400 kW

Baujahr

1999

Beschreibung

1999 erstellte die Ortsbürgergemeinde St. Gallen in ihrer Stadtgärtnerei an der Steingrueblistrasse 26 mitten in St. Gallen eine Heizzentrale mit einem Holzschnitzelkessel (Fabrikat Mawera) von 1'400 kW Leistung. Nebst der Sägerei selbst mit den Trocknungskammern werden über ein Nahwärmenetz insgesamt 11 weitere Wärmebezüger (darunter das Bürgerspital St. Gallen) der Umgebung ganzjährig mit Wärme versorgt. Als Brennstoff gelangt Restholz aus dem Sägereibetrieb sowie Waldholz aus dem Wald der Ortsbürgergemeinde zum Einsatz. Die jährliche Nutzenergieproduktion beläuft sich auf 4'600'000 kWh. Dafür werden rund 6'500 Sm³ Energieholz verfeuert.

Eignung

Die Bauherrschaft ist seit längerem daran interessiert, in Zukunft nicht nur Wärme, sondern auch Strom zu erzeugen. Das bestehende Wärmenetz, die Verfügbarkeit von Trockenschnitzeln sowie das Platzangebot lassen die Stadtsäge St. Gallen für eine vertiefte Abklärung der Wärme-Kraft-Kopplung geeignet erscheinen.

Technologie

Holzvergasung

16. Werkhof Zernez GR

Bauherr/Betreiber

Gemeinde Zernez

Installierte Leistung

700 kW und 1'100 kW

(Gesamtleistung: 1'800 kW)

Baujahr

1992

Beschreibung

Im Werkhof Zernez stehen seit 1992 zwei Holzkessel (Fabrikat Müller) in Betrieb, welche die Wärme über ein Fernwärmenetz an die umliegenden Liegenschaften abgeben.

Eignung

Die Kessel sind sanierungsbedürftig und es stehen Platz und Trockenschnitzel aus der Gemeindesägerei zur Verfügung.

Technologie

Holzvergasung

17. Wärmeverbund Linthal GL

Bauherr/Betreiber

Technische Betriebe Glarus Süd TBGS, Schwanden

Installierte Leistung

1'000 kW + 460 kW

Gesamtleistung 1'460 kW

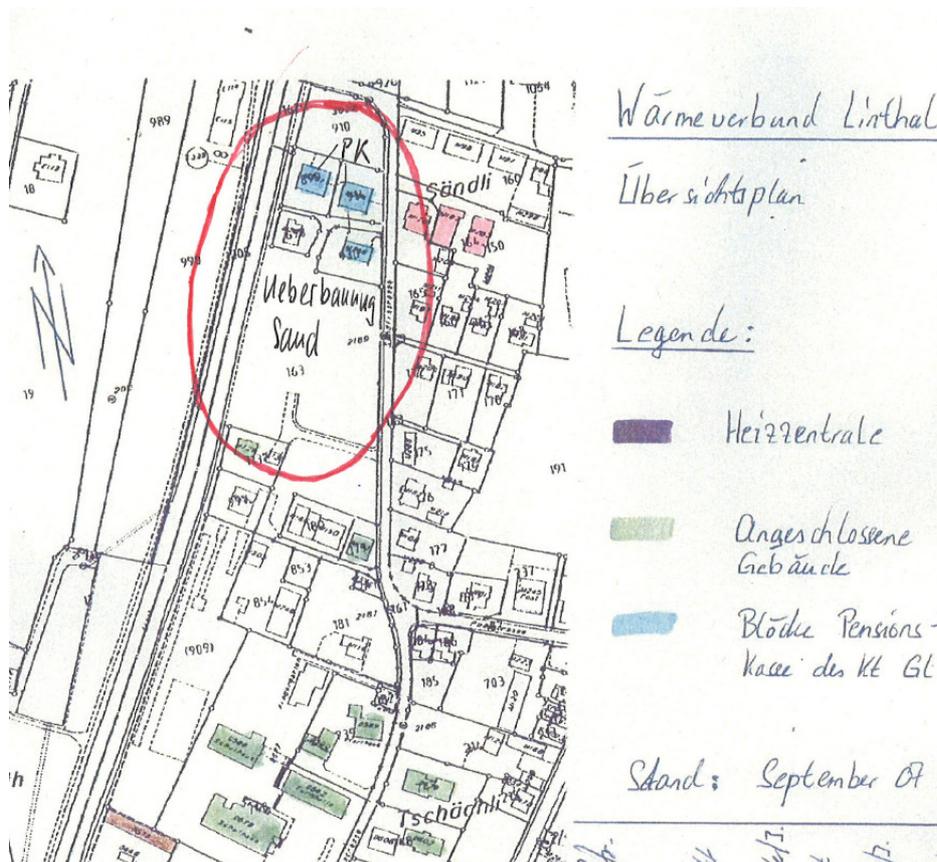
Baujahr

1994

Beschreibung

Der Wärmeverbund Linthal wurde 1994 in Betrieb genommen und versorgt heute rund ein Dutzend Liegenschaften in Linthal mit Wärme für Heizung und Warmwasser. Die Heizzentrale beherbergt 2 Holzkessel (Rostfeuerungen Müller) von 1'000 kW und 460 kW Leistung. Zudem steht ein Speicher von 13'700 l zur Verfügung. Die Anlage ist während des ganzen Jahres in Betrieb. Im Winter ist immer nur der grosse Kessel allein in Betrieb. Die ursprüngliche Trägerschaft des Wärmeverbundes bestand aus den drei ehemaligen Linthaler Tagwen Dorf, Ennetlinth und Matt. Seit dem 1. Januar 2011 besteht der Kanton als Folge der Gemeindefusion nur noch aus drei Einheitsgemeinden. Seit diesem Datum sind die Technischen Betriebe Glarus Süd TBGS zuständig für den Betrieb der Anlage.

Angeschlossen sind zurzeit folgende Liegenschaften:



Figur 40: Wärmeverbund Linthal: Übersicht Wärmenetz.

Die Anschlusswerte sind:

| | Nutzenergiebezug (bei Bezüger gemessen) | | | | Anschlussleistung effektiv benötigt |
|---------------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|--|
| | 2005 | 2006 | 2007 | Ø | |
| Liegenschaft | | | | | |
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kW] |
| Bébié Nord (Walker) | 120'568 | 114'463 | 105'848 | 113'533 | 47 |
| Bébié Süd (LKS) | 336'526 | 367'095 | 441'560 | 368'898 | 153 |
| Evang. Kirchgemeinde | 98'232 | 92'211 | 92'865 | 93'601 | 39 |
| Alters- und Pflegeheim | 479'632 | 407'221 | 381'992 | 414'903 | 173 |
| Primarschulhaus | 186'716 | 192'516 | 190'227 | 190'262 | 79 |
| Turnhalle | 54'074 | 52'400 | 53'491 | 53'247 | 22 |
| Sekundarschulhaus | 67'947 | 70'589 | 68'076 | 68'119 | 28 |
| Fridolin Imm.(Blöcke Sändli) | 229'305 | 253'432 | 217'072 | 210'076 | 88 |
| R. Bircher | 4'926 | 5'179 | 8'129 | 5'556 | 3 |
| D. Keller (MFH Hauser) | 28'021 | 28'032 | 40'584 | 30'444 | 13 |
| Geschwister Hefti | 17'442 | 22'400 | 34'145 | 23'455 | 10 |
| TOTAL | 1'623'389 | 1'605'537 | 1'633'989 | 1'572'093 | 655 |
| Schnitzelverbrauch [Sm ³] | 2'947 | 2'780 | 2'661 | 2'748 | |

Tabelle 31: Wärmeverbund Linthal: Anschlusswerte.

Die Heizzentrale befindet sich im Untergeschoss unter der Schnitzellagerhalle. Der Bau ist freistehend und präsentiert sich folgendermassen:



Figur 41: Wärmeverbund Linthal: Schnitzellager mit der Heizzentrale im Untergeschoss.

Eignung

Der vorhandene Platz, der baldige Sanierungsbedarf, das geringe nachbarschaftliche Störungspotenzial, das bestehende Wärmenetz (Bandlast) sowie das generelle Interesse der Betreiberin machen die Anlage in Linthal zu einem interessanten Standort für eine nähere Abklärung der Holzverstromung.

Technologie

Holzvergasung

18. Holzbau A. Freund, Samedan GR

Bauherr/Betreiber

Holzbau A. Freund Samedan

Installierte Leistung

960 kW

Baujahr

1988

Beschreibung

Der Holzessel (Fabrikat Heizomat) stammt aus dem Jahr 1988 und wird im Jahre 2013 ersetzt.

Eignung

Aus dem Holzbaubetrieb fällt trockenes Restholz an. Der Platz ist vorhanden.

Technologie

Holzvergasung

19. Ebnat-Kappel SG

Bauherr/Betreiber

diverse

Installierte Leistung

diverse

Baujahr

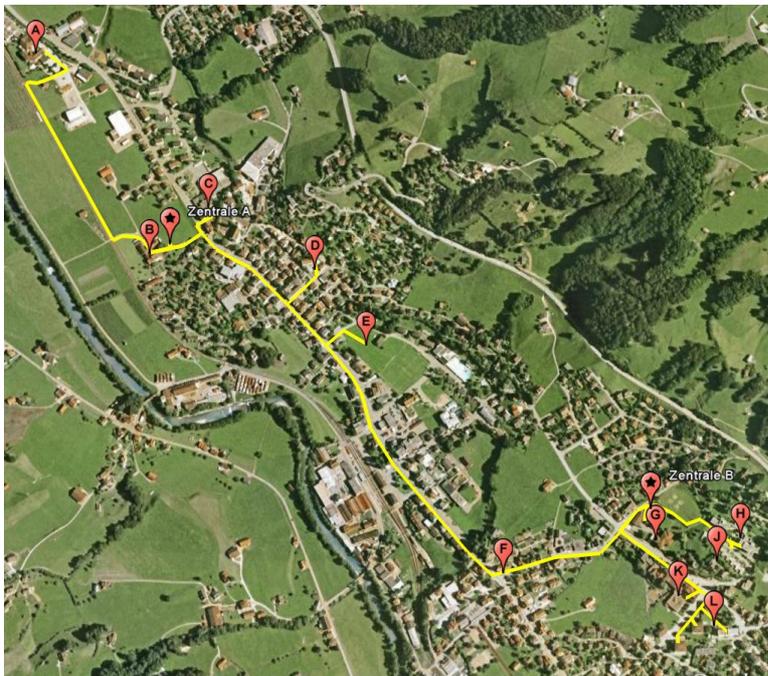
diverse

Beschreibung

In Ebnat-Kappel stehen seit längerer Zeit verschiedene Holzsznittelheizungen in privaten und vor allem auch in öffentlichen Gebäuden in Betrieb. Das Schulhaus Schafbüchel, die Schulanlage Gill, die Schreinerei Isler, die Zimmerei Ammann, die Schreinerei Scheiwiller, die Firma Alder & Eisenhut sowie die Firma Candida haben Schnitzelheizungen installiert. Diese individuellen Heizungen versorgen jeweils höchstens direkt anliegende Gebäude mit Energie. Auch das Bürgerheim Speer heizt mit Holz. Die Stückholzheizung ist schon überaltert und sollte dringend ersetzt werden. Die diesbezüglichen Diskussionen laufen bereits.

Es bestehen zahlreiche Ideenansätze, wie die zahlreichen einzelnen Heizungen sinnvoll und koordiniert durch eine oder mehrere grössere Heizzentralen mit einem Wärmeverbund versorgt werden könnten. 2008 wurden verschiedene Varianten eines grösseren Wärmeverbundes geprüft, jedoch seither nicht weiterverfolgt. Die Möglichkeiten der Wärme-Kraft-Kopplung wurden nicht geprüft.

Der untersuchte Anschlussperimeter mit den bestehenden Heizungsanlagen und ausgewählten Grossverbrauchern präsentiert sich folgendermassen:



Figur 42: Ebnat-Kappel: Übersicht über die verschiedenen bestehenden Holzenergieanlagen.

Eignung

Der politische Wille, die Energieversorgung in Ebnat-Kappel im Sinne eines koordinierten Gesamtkonzepts

mittelfristig auf eine nachhaltige Basis erneuerbarer Energien zu stellen, ist nach wie vor vorhanden. Der Sanierungsbedarf der bestehenden Heizungsanlagen wird immer akuter.

Durch den Einbezug der allerneusten technischen Möglichkeiten der Wärme-Kraft-Kopplung aus Holz könnten die 2008 erstmals an die Hand genommenen konzeptuellen Arbeiten neuen Schub erhalten.

Technologien

Holzvergasung, (ORC)

20. Benken ZH

Bauherr/Betreiber

Gemeinde Benken

Installierte Leistung

700 kW

Baujahr

1989

Beschreibung

1989 installierte die Gemeinde Benken ZH in ihrem Werkhof einen Holzkessel (Fabrikat Müller) von 300 kW Leistung und begann mit dem sukzessiven Ausbau des Fernwärmenetzes. Dieser ist mittlerweile abgeschlossen. Die Länge des Fernleitungsnetzes beträgt 900 m, die jährliche Nutzenergiemenge liegt bei 1'200 MWh. Insgesamt sind rund 30 Liegenschaften angeschlossen.

Eignung

Mit der grossen Schnitzellagerhalle unmittelbar neben der Heizzentrale steht genügend Platz zur Verfügung. Das Interesse der Bauherrschaft ist vorhanden.

Technologie

Holzvergasung

21. Sägerei Birrer Holz AG, Hergiswil LU

Bauherr/Betreiber

Sägerei Birrer Holz AG, Hergiswil

Installierte Leistung

400 kW, 600 kW

(Gesamtleistung 1'000 kW)

Baujahr

1986/1996

Beschreibung

Die Sägerei Birrer Holz AG in Hergiswil LU betreibt 2 Holzkessel von 400 kW (Baujahr 1986, Fabrikat Ygnis) und 600 kW (Baujahr 1996, Fabrikat Enviro Technik) Leistung. Die Wärme wird ganzjährig für den Betrieb der Trocknungskammern für die Versorgung von umliegenden Gebäuden über ein Fernwärmenetz verwendet.

Eignung

Platz und Interesse sind vorhanden. Zudem befindet sich im Mehrzweckgebäude der Gemeinde Hergiswil ebenfalls ein alter, sanierungsbedürftiger Holzkessel (350 kW, 1989, Ygnis).

Technologie

Holzvergasung

22. Schreinerei Schmidiger, Baar ZG

Bauherr/Betreiber

Schreinerei Franz Schmidiger, Baar ZG

Installierte Leistung

350 kW

Baujahr

1987

Beschreibung

In der Schreinerei Franz Schmidiger im Industriegebiet von Baar steht ein Holzkessel Fabrikat Mawera von 350 kW Leistung aus dem Jahr 1987. Dieser wird ab einem Hochsilo mit naturbelassenen, trocknen Holzschnitzel versorgt. Über ein Wärmenetz werden, nebst der Trocknungskammer, der Anbau sowie ein benachbartes Bürogebäude und die Lego mit Wärme versorgt. Zusätzlich steht ein Ölkessel zur Verfügung.

Eignung

Der Bauherr ist sehr interessiert an der Stromerzeugung. In der bestehenden Heizzentrale bestünde Platz für ein Holzvergasermodul.



Figur 43: Schreinerei Franz Schmidiger Baar: Betrieb mit Hochsilo.

Technologie

Holzvergasung

23. Holzbau Urs Buschor, Muolen SG

Bauherr/Betreiber

Holzbau Urs Buschor ,Muolen

Installierte Leistung

1'200 kW (1995), 1'100 kW (1999)

(Gesamtleistung 2'300 kW)

Baujahr

1995/1999

Beschreibung

Die Firma Urs Buschor Holzbau betreibt in Muolen eine Heizzentrale mit 2 Holzkesseln von 1'200 kW (Baujahr 1995, Fabrikat Mawera) und 1'100 kW (Baujahr 1999, Fabrikat Mawera) Leistung. Die Wärme wird ganzjährig für den Betrieb der Trocknungskammern sowie für die Versorgung eines grösseren Wärmenetzes verwendet

Eignung

Es besteht bereits ein grosses Wärmeabsatzpotenzial. Die Firma Urs Buschor Holzbau betreibt selber noch einen grossen Handel mit Holzschnitzeln. Die Brennstoffversorgung ist somit sichergestellt.

Technologie

Holzvergasung

24. Heider Holzenergie AG, Tagelswangen ZH

Bauherr/Betreiber

HHE Heider Holzenergie AG

Installierte Leistung

500 kW (1996), 1'000 kW (2006), 1'000 kW (2011)

Baujahr

1996 - 2011

Beschreibung

Die HHE Heider Holzenergie AG wurde 1996 mit dem Ziel gegründet, die umliegenden Gebäude mit umweltfreundlicher Wärme zu versorgen. Heute umfasst die Heizzentrale 3 Holzkessel mit einer Gesamtleistung von 2'500 kW. Das Fernleitungsnetz wurde seit 1996 stetig erweitert, sodass heute über 450 Wohnungen, 6 Gewerbe- und Industriegebäude, das Schulhaus Buck, der Kindergarten im Türmlihaus und 8 Einfamilienhäuser ganzjährig mit Wärme versorgt werden.

Im Moment ist der Anschluss der Überbauungen Riethof und Hinterrietstrasse mit insgesamt 80 Wohnungen, der beiden MFH Wangenerstrasse 4 und 6 sowie zweier Industriegebäude geplant.



Figur 44: HHE Heider Holzenergie AG Tagelswangen: Blick in das oberhalb der Heizzentrale gelegene Schnitzzellager.

Eignung

Mittlerweile besteht ein ausreichender Wärmeabsatz während des ganzen Jahres. Das Interesse des Bauherrn ist gegeben, und der erforderliche Platz liesse sich bereitstellen.

Technologie

Holzvergasung

25. Wärmeverbund Sunnebüel, Wallisellen ZH

Bauherr/Betreiber

Ulrich Maurer/Felix Kunz

Installierte Leistung

500 kW (1995) und 470 kW (2008)
(Gesamtleistung 970 kW)

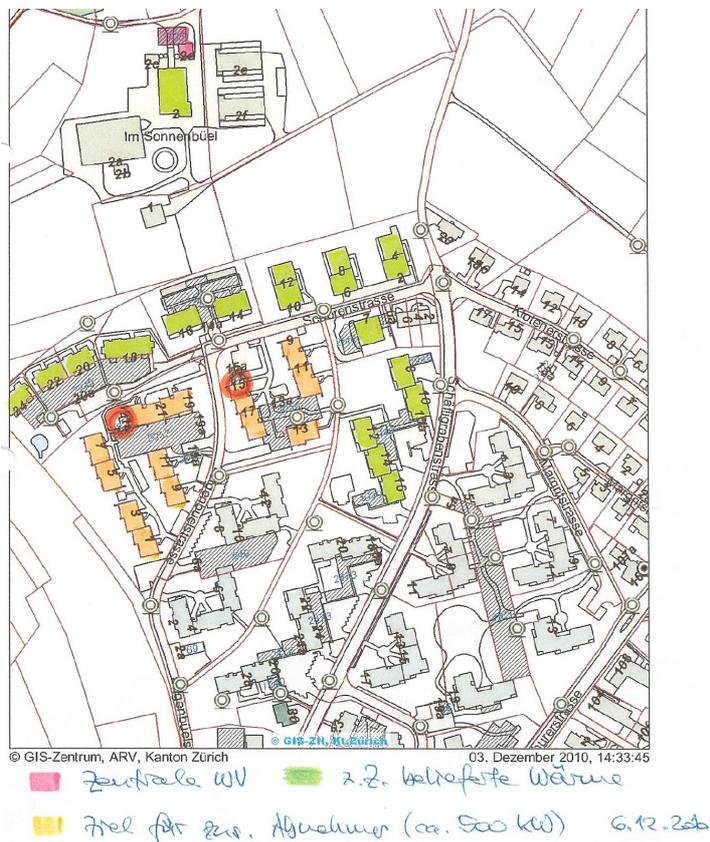
Baujahr

1995/2008

Beschreibung

Die Heizzentrale befindet sich auf dem Landwirtschaftsbetrieb von Felix Kunz. Über ein Fernleitungsnetz von rund 700 m Länge werden insgesamt 15 Mehrfamilienhäuser im angrenzenden Wohngebiet ganzjährig mit Wärme versorgt. Der jährliche Nutzenergiebedarf beträgt rund 1'791'000 kWh (2010).

Das Wärmenetz präsentiert sich folgendermassen:



Figur 45: Wärmeverbund Sunnebüel Wallisellen: Übersicht Wärmeverbund.

Eignung

Die Bauherrschaft ist an der Stromerzeugung sehr interessiert. Der Silo oberhalb der Heizzentrale ist in zwei Kompartimente unterteilt, sodass eine Trennung von Trocken- und Nassschnitzeln einfach möglich wäre.

Technologie

Holzvergasung

26. A + C Corbat SA, Vendlincourt JU

Bauherr/Betreiber

Corbat Holding SA, Vendlincourt

Installierte Leistung

1'000 kW (1990) und 800 kW (1990)

(Gesamtleistung 1'800 kW)

Baujahr

1990

Beschreibung

Die 1928 gegründete A + C Corbat SA ist das grösste Laubholz-Sägewerk der Schweiz. Seit 1990 betreibt die Firma ein Fernwärmenetz mit einer Anschlussleistung von rund 1'500 kW. Hauptabnehmer sind die betriebsinternen Dämpf- und Trocknungsanlagen, welche ganzjährig mit Wärme versorgt werden.

Eignung

Der Wärmebedarf ist auch im Sommer gross. Mit der Firma Pellets du Jura SA befindet sich seit einiger Zeit ein weiterer grösserer Wärmebezüger auf dem Gelände.

Technologie

Holzvergasung

27. Trigonorm AG, Linden BE

Bauherr/Betreiber

Genossenschaft Methernita/Trigonorm AG

Installierte Leistung

700 kW

Baujahr

1991

Beschreibung

Im Jahre 1991 wurde auf dem Areal der Firma Trigonorm AG eine automatische Schnitzelheizung (Fabrikat Mawera) von 700 kW Leistung installiert. Besitzerin der Heizung ist die Genossenschaft Methernitha, betreut wird sie von der Trigonorm AG.

Diese Heizung ist während des ganzen Jahres in Betrieb und verbrennt Restholz aus dem Betrieb der Firma Trigonorm AG sowie Waldholz aus der Umgebung. Im Sommer erzeugt die Anlage Wärme für die Trocknungskammer und die Durchlaufpresse der Firma Trigonorm AG sowie das Brauchwarmwasser aller angeschlossenen Gebäude. Die Heizzentrale wurde so ausgelegt, dass zu einem späteren Zeitpunkt ein zweiter Holzkessel von maximal 1'100 kW Leistung eingebaut werden könnte.

Die von der ehemaligen Gärtnerei stammende Ölheizung von ca. 1'100 kW Leistung sowie die Tankanlage (100'000 l) wurden beibehalten und dienen heute als Überbrückung, wenn der Holzkessel wegen Reinigungsarbeiten oder bei Störungen abgeschaltet werden muss.



Figur 46: Trigonorm AG Linden: Blick auf die Heizzentrale.

Eignung

Platz, trockener Brennstoff, genügend Wärmeabsatz sowie Interesse der Bauherrschaft sind vorhanden.

Technologie

Holzvergasung

28. Josef Bucher AG Sägewerk, Escholzmatt LU

Bauherr/Betreiber

Josef Bucher AG, Escholzmatt

Installierte Leistung

300 kW (1987), 1'200 kW (1995) und 600 kW (1995) (Notkessel Öl mit 850 kW)
(Gesamtleistung 2'100 kW)

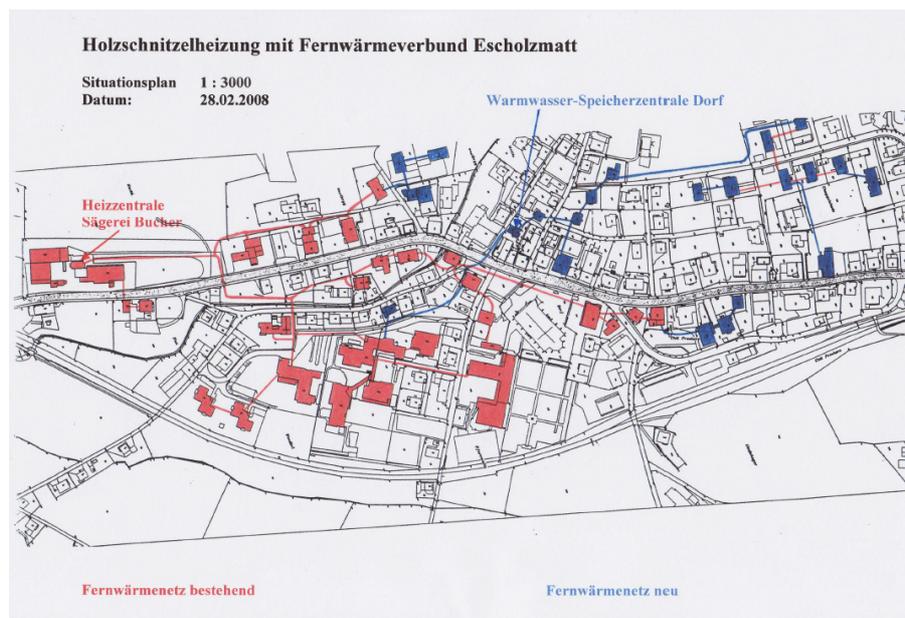
Baujahr

1995

Beschreibung

Ein erster Holzkessel (Rindenfeuerung Kohlbach) für die betriebsinterne Wärmeversorgung wurde 1987 installiert. 1995 wird eine neue Holzschnitzelfeuerung mit einem Fernwärmeverbund für die Schulhäuser Windbühl- und Pfarrmatte sowie für das Altersheim und zwei Alterswohnblöcke und die reformierte Kirche erstellt. Als Wärmeerzeuger gelangen 2 Holzkessel Fabrikat Schmid zum Einsatz.

Das Fernwärmenetz wird anschliessend laufend erweitert und setzt mittlerweile über 4'600'000 kWh Nutzenergie pro Jahr um:



Figur 47: Josef Bucher AG Escholzmatt: Übersicht über den Wärmeverbund.

Eignung

Der Wärmebedarf ist auch im Sommer gross.

Technologie

Holzvergasung

29. Wärmeverbund Gais, Gais AR

Bauherr/Betreiber

Wärmeverbund Gais AG

Installierte Leistung

700 kW (1995) und 1'000 kW (2009)
(Gesamtleistung 1'700 kW)

Baujahr

1995/2009

Beschreibung

Die Heizzentrale im Forstwerkhof Rotenwies am östlichen Ende der Gemeinde Gais wurde 1995 in Betrieb genommen. Die Wärmeerzeugung übernahm zunächst ein Holschnitzelkessel Fabrikat Mawera von 700 kW Leistung. Am Wärmeverbund angeschlossen sind das Altersheim und die Alterssiedlung Rotenwies, das Pflegeheim Gais-Bühler inklusive Personalhaus sowie zahlreiche Ein- und Mehrfamilienhäuser der Umgebung. 2009 wurde ein zweiter Holzessel (Mawera) von 1'000 kW Leistung sowie – in einem Raum oberhalb der Heizzentrale – ein Partikelabscheider installiert. Mit der aktuellen Gesamtleistung von 1'700 kW kann dem ständig wachsenden Anschlussinteresse der Besitzer der benachbarten Liegenschaften Rechnung getragen werden. Das Fernwärmenetz wird auch heute noch laufend erweitert und ausgebaut.



Figur 48: Blick in die Heizzentrale des Wärmeverbundes Gais AR.

Eignung

Standort Heizzentrale im Werkhof, bestehendes Wärmenetz mit Bedarf an Sommerwärme

Technologie

Holzvergasung

30. Holzheizwerk Uri, Schattdorf UR

Bauherr/Betreiber

Oeko-Energie AG Gotthard, Attinghausen

Installierte Leistung

3'000 kW (Holz, 2008), 2 x 6'500 kW (Öl, 1973)
(Gesamtleistung 16'000 kW)

Baujahr

2008

Beschreibung

Im September 2008 nahm die Oeko-Energie AG Gotthard im Industriegebiet von Schattdorf die neue Heizzentrale mit einem Holzkessel (Fabrikat Kohlbach) von 3'000 kW Leistung in Betrieb, um die beiden Grossverbraucher Dätwyler Rubber und RUAG über einen bestehenden Leitungskanal mit Wärme zu versorgen. Ausschlaggebend für das Projekt waren die verheerenden Unwetter Ende August 2005, als grosse Teile der Reusebene tagelang unter Wasser standen und die Infrastrukturen der beiden Industriebetriebe zerstört wurden.

2 Ölkessel von je 6'500 kW Leistung aus dem Jahr 1973 wurden eingebunden. Die Anlage erzeugt Dampf von 8 bar. 40% wird für Raumwärme, 60% als Prozessenergie genutzt. Die Investitionskosten beliefen sich auf total 3.5 Mio. Franken.

In nächster Zeit ist der Anschluss der Firma Merck & Cie. KG in Altdorf geplant.



Figur 49: Heizzentrale des Holzheizwerks Uri im Industriegebiet von Schattdorf.

Eignung

Standort im Industriegebiet, Platz vorhanden, ganzjähriger Wärmeabsatz

Technologie

Holzvergasung

31. Forstwerkhof Lenzen, Fischenthal ZH

Bauherr/Betreiber

Kanton Zürich, Staatsförsterei Tössstock

Installierte Leistung

150 kW

Baujahr

1995

Beschreibung

Im Werkhof Lenzen der Staatsförsterei Tössstock steht ein Holzschnitzelkessel von 150 kW Leistung aus dem Jahr 1995, welcher in den nächsten 10 Jahren saniert werden muss.

In der Nachbarschaft befindet sich das Altersheim Blumenau, welches Gebäude ausbauen möchte und ebenso an der Stromerzeugung interessiert ist wie der zuständige Staatsförster Viktor Erzinger. Erste Besprechungen haben bereits stattgefunden.



Figur 50: Altersheim Blumenau in Bauma.

Eignung

Standort Forstwerkhof, Interesse Bauherrschaft

Technologie

Holzvergasung

32. Sägerei Schürch & Co. AG, Huttwil BE

Bauherr/Betreiber

Schürch & Co. AG, Säge- und Hobelwerk

Installierte Leistung

800 kW

Baujahr

1974

Beschreibung

Der alte, ursprünglich aus dem Jahr 1974 stammende Holzkessel (Fabrikat Köhler-Bosshardt), muss dringend ersetzt werden.

Eignung

Eigener Brennstoff vorhanden.

Technologie

Holzvergasung

33. FEWA Reutigen BE

Bauherr/Betreiber

FEWA Reutigen AG

Installierte Leistung

600 kW (1990) und 800 kW (1992)
(Gesamtleistung 1'400 kW)

Baujahr

1990/1992

Beschreibung

1990 erstellte die FEWA Reutigen AG auf dem Gelände des damaligen Sägewerks Kernen AG, welches inzwischen stillgelegt wurde, eine Heizzentrale mit einem Holzkessel (Fabrikat Müller) von 600 kW Leistung. 1992 folgte der Einbau eines zweiten Holzkessels von 800 kW. Seither wurde der Wärmeverbund kontinuierlich ausgebaut. Heute sind rund 50 Liegenschaften an den Wärmeverbund angeschlossen, welche ganzjährig Wärme für Heizung und Warmwasser beziehen.

Eignung

Die Anlage ist sanierungsbedürftig und ganzjährig in Betrieb. Zudem laufen zurzeit Diskussionen über die Zukunft des Wärmeverbundes (Integration des Wärmeverbundes ins neue, nahe gelegene Biomassezentrum Spiez der Oberland Energie AG, Spiez).

Technologie

Holzvergasung

34. Holzbau Nägeli AG, Gais AR

Bauherr/Betreiber

Holzbau Nägeli AG

Installierte Leistung

500 kW

Baujahr

2005

Beschreibung

Der Holzkessel (Fabrikat Mawera) hat eine Leistung von 500 kW und stammt aus dem Jahr 2005.

Eignung

Eigener, trockener Brennstoff und Interesse sind vorhanden.

Technologie

Holzvergasung

35. Chauffage à distance, Moiry VD

Bauherr/Betreiber

Commune de Moiry

Installierte Leistung

450 kW

Baujahr

1996

Beschreibung

1996 installierte die Gemeinde Moiry zusammen mit der Sägerei Pierre Chappuis auf deren Gelände eine Heizzentrale mit einem Holzschnitzelkessel von 450 kW Leistung (Fabrikat Tiba-Müller) und erschloss – nebst dem Eigenbedarf der Sägerei (Trocknungskammer) - mittels eines Wärmenetzes verschiedene öffentliche und private Liegenschaften im Dorf. Eine Besonderheit dieses Wärmeverbundes besteht darin, dass das Fernleitungsnetz über keinen Rücklauf verfügt. Stattdessen wird das Vorlaufwasser kaskadenartig sehr tief hinuntergekühlt, sodass es unterhalb des Dorfes in einen Bach eingeleitet werden kann.



Figur 51: Heizzentrale des Wärmeverbundes Moiry auf dem Gelände der Sägerei Chappuis.

Eignung

Günstiger Standort mit bestehendem, ganzjährigem Wärmeabsatz

Technologie

Holzvergasung

36. Wärmeverbund Schanz, Pfäffikon ZH

Bauherr/Betreiber

Gemeindewerke Pfäffikon

Installierte Leistung

2'400 kW und 900 kW

(Gesamtleistung 3'300 kW)

Baujahr

1995

Beschreibung

1995 nahmen die Gemeindewerke Pfäffikon den Wärmeverbund Schanz in Betrieb. Die Heizzentrale befindet sich ausserhalb des Dorfzentrums und beherbergt 2 Holzkessel Fabrikat Schmid. Der Wärmeverbund wurde seither kontinuierlich erweitert. Heute sind 66 Liegenschaften angeschlossen, welche über 6'800 MWh Wärme beziehen (2010).

Eignung

Günstiger Standort mit bestehendem, ganzjährigem Wärmeabsatz

Technologien

Holzvergasung, ORC

37. Bulle FR

Bauherr/Betreiber

Gruyère Energie SA

Installierte Leistung

14'500 kW (Heizzentrale Palud) und 7'500 kW (Heizzentrale Pâla)
(Gesamtleistung 21'000 kW)

Baujahr

2007

Beschreibung

2007 nahm die Gruyère Energie SA zwei neue Holzheizzentralen in Betrieb. Die Zentrale Pâla befindet sich auf dem Gelände der Sägerei Desponds SA und beherbergt einen Holzkessel von 7'500 kW Leistung, und es ist Platz für die Installation eines weiteren Wärmeerzeugers vorgesehen.

Die zweite Heizzentrale steht im Osten von Bulle, im Gebiet Palud, und hat eine installierte Leistung von 20'500 kW (Holzkessel 1 3'500 kW, Holzkessel 2 6'000 kW, Ölkessel 5'000 kW und Öl-/Gaskessel 6'000 kW).

Von beiden Heizzentralen aus wurde und wird die Stadt Bulle mit einem Fernwärmenetz erschlossen.

Eignung

Günstiger Standort mit bestehendem, grossen Wärmeabsatz

Technologien

Holzvergasung, ORC

39. Wohlfender Areal, Sulgen TG

Bauherr/Betreiber

Wohlfender AG, Sulgen

Installierte Leistung

600 kW

Baujahr

1981

Beschreibung

1981 installierte die damalige Fensterfabrik Wohlfender AG in Sulgen eine Einblasfeuerung Fabrikat Mawera von 600 kW Leistung. 1999 wurde der Betrieb der Fensterfabrik eingestellt. Seither wird das Areal als Gewerbepark genutzt. Die alte Feuerung ist immer noch in Betrieb, muss aber demnächst ersetzt werden.

Eignung

Es existiert ein bestehendes Fernwärmenetz.

Technologie

Holzvergasung

40. Wärmeverbund Brickermatte, Altdorf UR

Bauherr/Betreiber

Baudirektion des Kantons Uri

Installierte Leistung

2 x 900 kW

Gesamtleistung 1'800 kW

Baujahr

1996

Beschreibung

Der Wärmeverbund Brickermatte mit 2 Holzkesseln Fabrikat Schmid von je 900 kW Leistung ist seit 1996 in Betrieb. Daran angeschlossen sind diverse kantonseigene Objekte (Bürogebäude Brickermatte und Professorenhaus, Kantonale Mittelschule, ehemaliges Lehrerseminar, Motorfahrzeugkontrolle ASSV), das Einkaufscenter Urnertor (seit 2006) sowie zahlreiche private Liegenschaften. Der Wärmeverbund wird laufend erweitert.



Figur 53: Heizzentrale Brickermatte Altdorf.

Eignung

Es existiert ein grosses bestehendes Fernwärmenetz.

Technologie

Holzvergasung

41. Gärtnerei Verdonnet-Bouchet, Troinex GE

Bauherr/Betreiber

Horticulture Verdonnet-Bouchet

Installierte Leistung

4'000 kW

Baujahr

1995

Beschreibung

Die Gärtnerei Verdonnet-Bouchet in Troinex GE produziert auf einer Gesamtfläche von 65'000 m² Topfpflanzen. Rund 50'000 m² sind Gewächshäuser. Seit 1995 werden diese mit einer Holzsnitzelheizung von 4'000 kW Leistung beheizt. 2012 wurde dieser Kessel erneuert.



Figur 54: Grossgärtnerei Verdonnet-Bouchet in Troinex GE.

Eignung

Bestehender Wärmeabsatz

Technologie

Holzvergasung

42. Holzenergie OBL AG, Plaffeien FR

Bauherr/Betreiber

Holzenergie OBL AG, Plaffeien

Installierte Leistung

1'400 kW und 600 kW

Gesamtleistung 2'000 kW

Baujahr

1995

Beschreibung

Die Wärmeerzeugung des Wärmeverbundes Plaffeien der Holzenergie OBL AG besteht aus 2 Holzkesseln Fabrikat Järforsen von insgesamt 2'000 kW Leistung.



Figur 55: Heizzentrale im Werkstattgebäude der Firma Rappo.

Eignung

Bestehender Wärmeabsatz

Technologie

Holzvergasung