Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Uffizi federal d'energia

DIS-Projekt-Nr. 26185 DIS-Vertrags-Nr. 76143

Programm
Biomasse

Machbarkeitsstudie mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Wärmekraftkopplung mit Holz

ausgearbeitet durch
Hanspeter Abbühl, 3763 Därstetten
Reinhardt Holz AG, 3762 Erlenbach

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Dezember 2000 Schlussbericht

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Bezugsquelle

ENET, Egnacherstrasse 69, CH – 9320 Arbon
Telefon: 0041 (0)71 440 02 55, Fax: 0041 (0)71 440 02 65
Email: enet@temas.ch

Machbarkeitstudie mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Thema: Wärmekraftkoppelung mit Holz

Objekt:
Reinhardt Holz AG
Fernwärmeversorgung FESAG
3762 Erlenbach

Eigentümer:
Reinhardt Holz AG
Beim Bahnhof
3762 Erlenbach 033 / 681 11 45

Projekt:
Hanspeter Abbühl
Ing. Büro Haus- und Energietechnik
Reichenbach
3763 Därstetten 033 / 783 16 26

Datum: Juni 2000 / rev. Okt 2000

Inhalt:

1. Ausgangslage / Auftrag
2. Projektgrundlagen
3. Anlage- und Systembeschriebe
4. Leistungsdaten
5. Kostenvoranschlag
6. Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung
7. Wirtschaftlichkeitsberechnungen
8. Schlussbemerkungen / Einsatzmöglichkeit
9. Beilagen / Dokumente

1. Ausgangslage / Auftrag

Die bestehende, 1995 den verschärften Luftreinhaltevorschriften angepasste und sanierte Treppenrostfeuerung für Rinde und Holzschnitzel ist durch die verschiedenen Erweiterungen im Fernwärmenetz und im Sägereibetrieb an der Leistungsgrenze angelangt. Aufgrund des grossen Energieholzpotentials im Sägewerk ist es nicht sinnvoll den bestehenden, als Notheizung geplanten, Oelkessel über längere Zeit in einem hohen Lastbereich als Zusatzheizung zu betreiben. Weitere geplante Anschlüsse im Fernwärmenetz, wie auch Erweiterungen im Sägewerk verlangen nach einer grösseren Wärmeerzeugerkapazität.

Diese Situation veranlasste die Reinhardt Holz AG sich nach einer neuen Wärmeerzeugeranlage für Holzbetrieb umzusehen. Der ebenfalls sehr hohe Stromverbrauch im Sägewerk führte zur Idee, die Varianten einer Holzverstromung näher zu prüfen. Bereits in den Jahren 1994/95 wurde unter E2000, mit Federführung des Schweiz. Holzindustrieverbandes, die Standortevaluation „Initialisierung von Restholzfeuerungen für die Wärme- und Stromproduktion" durchgeführt. Die Sägerei Reinhardt wurde bereits damals als möglicher Standort untersucht. Die damalige Wärmeerzeugertechnik ging von einer Hochdruckdampfanlage mit Turbine aus. Die enormen Kosten von über Fr. 4.5 Mio, und ein kaum zu bewerkstellender Betriebs- und Beaufsichtigungsaufwand ermöglichten keine Weiterverfolgung der Projekt -idee. Der damals mit Verfügung Nr. 14159 zugesicherte Projektierungsbeitrag des BEW wurde nicht beansprucht.

Mittlerweilen wurde durch verschiedene Fachberichte, unterstützt durch diverse Piloterfahrungen, die Einsatzmöglichkeit der im Betrieb wesentlich einfacheren und auch kostengünstigeren Holzvergasungsanlage mit Blockheizkraftwerk oder Thermooelkessel mit ORC- Turbogenerator (ORC = Organic Rankine Cycle) zum Thema.

Unserem Büro wurde von der Reinhardt Holz AG, unterstützt durch das Bundesamt für Energie (BFE), der Auftrag zur Ausarbeitung einer Machbarkeitsstudie mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen erteilt. Die Berechnungen haben auf dem **Istzustand 2000**, sowie auf dem absehbaren **Ausbaustand 2005** zu erfolgen. Die vorliegende Studie soll den Vergleich zur konventionellen Holzwärmeerzeugung und die Feldtauglichkeit der Wärmekraftanlagen aufzeigen.

2. Projektgrundlagen

Grundlagen der Machbarkeitsstudie sind:

- Anlagedaten über die Betriebsjahre 1995-2000
- Referenzjahr, Heizperiode 1.5.99 – 30.4.00
- Lastvergleiche, gestützt auf die erhobenen Anlagedaten
- Diverse Besprechungen mit Reinhardt Holz AG
- Diverse Anlagebesichtigungen
- Kostenerfassung durch Offerten der Lieferanten
- Fachliteratur Holzverstromung (BFE, ETHZ, Bühler, Nussbaumer)
- Erfahrungsberichte ORC (Bière, Scheidegger, Schmid)
- Erfahrungsberichte Pyroforce (Spiez, Dr. Meyer, Etschmann)
- Biomasse Symposium Südtirol 16./17. März 2000
- Referate Thermooel/ORC, Dipl. Ing. Z. Preveden

3. Anlage- und Systembeschriebe

3.1. Bestehende Anlage

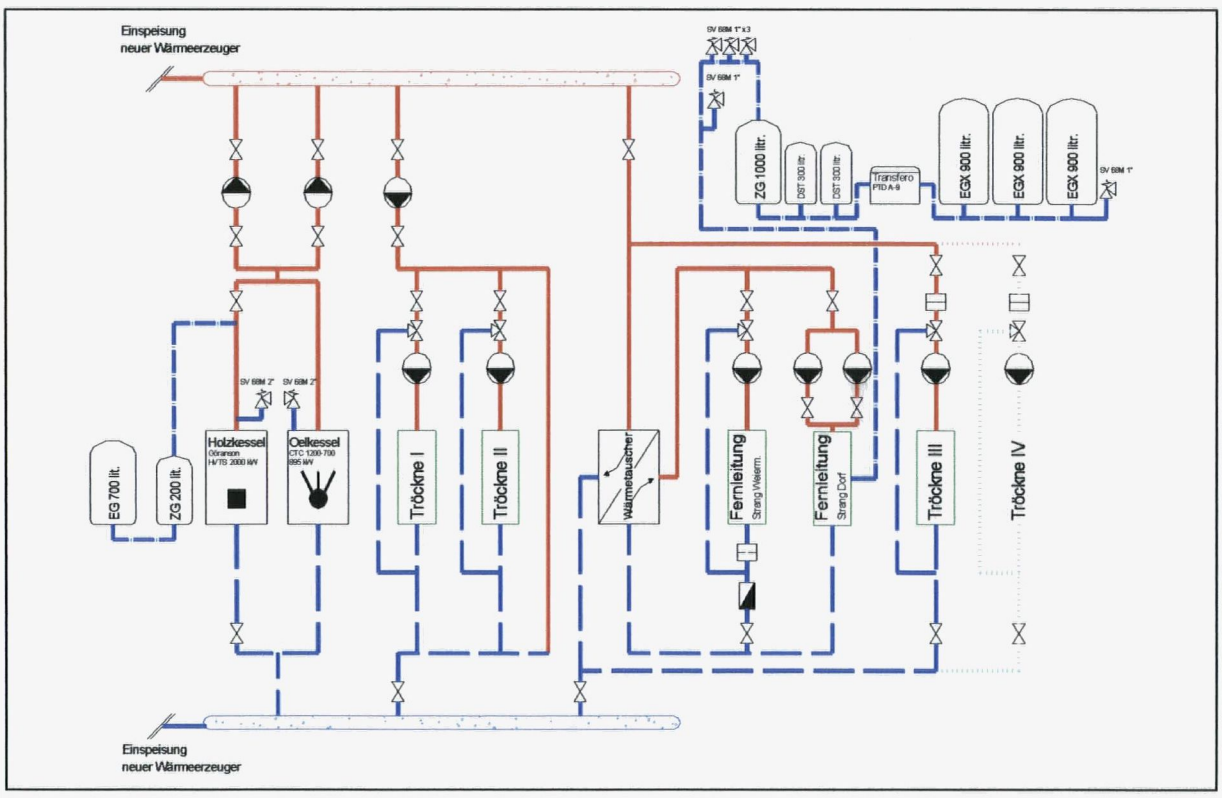
Die installierte Wärmeerzeugeranlage besteht aus einem Treppenrostheizkessel System Järnforssen mit einer Leistung von 2 000 kW und einem Notoelkessel von ca. 800 kW. Der 1995 den verschärften Luftreinhaltevorschriften angepasste Holzkessel kann im Spitzenlastfall zusammen mit dem Oelkessel den Gesamtwärmebedarf knapp abdecken. Geplante Erweiterungen im Fernwärmenetz, wie auch im Sägereibetrieb (zusätzliche Holztröckneanlagen) verlangen nach einer Vergrösserung der Wärmeerzeugerkapazität.

Die Verteilung der erzeugten Energie erfolgt in einem Primärkreis für die Holztröckneanlagen und in einem Sekundarkreis über einen Plattenwärmetauscher für die Fernheizungsstränge Dorf und Weiermatte. Das Fernwärmenetz wird ganzjährig betrieben. In den Sommermonaten ausschliesslich für die Deckung des Warmwasserbedarfes. Die Holztröckneanlagen werden ganzjährig, insgesamt ca. 300 Tage pro Jahr, betrieben. Die Beschickung der Tröckneanlagen erfolgt gestaffelt. Somit ergibt sich ein dauernd gleichbleibender Bandlast-Wärmebedarf. Primär- wie Sekundärnetz (ausser neuer Strang Weiermatte) werden über die volle, am Heizkessel eingestellte, Maximaltemperatur betrieben.

Die Aufnahme der Wasserausdehnung erfolgt über zwei unabhängige Expansionssysteme. Primärkreis (Zentrale und Tröckneanlagen), Sekundärkreis Fernwärme.

Zur Heizwasserzirkulation sind im Bereich Zentrale unregulierte Heizungspumpen und für die Fernwärmenetze Inline- und Blockpumpen eingesetzt.

Als Energieholz wird Sägereirestholz, dh. nasse Hackschnitzel mit sehr hohem Rindenanteil, teilweise reine Rinde, verwendet. Die Beschickung des Rindenbunkers erfolgt mittels Pneulader ab den Produktionsstellen des Sägewerkes.



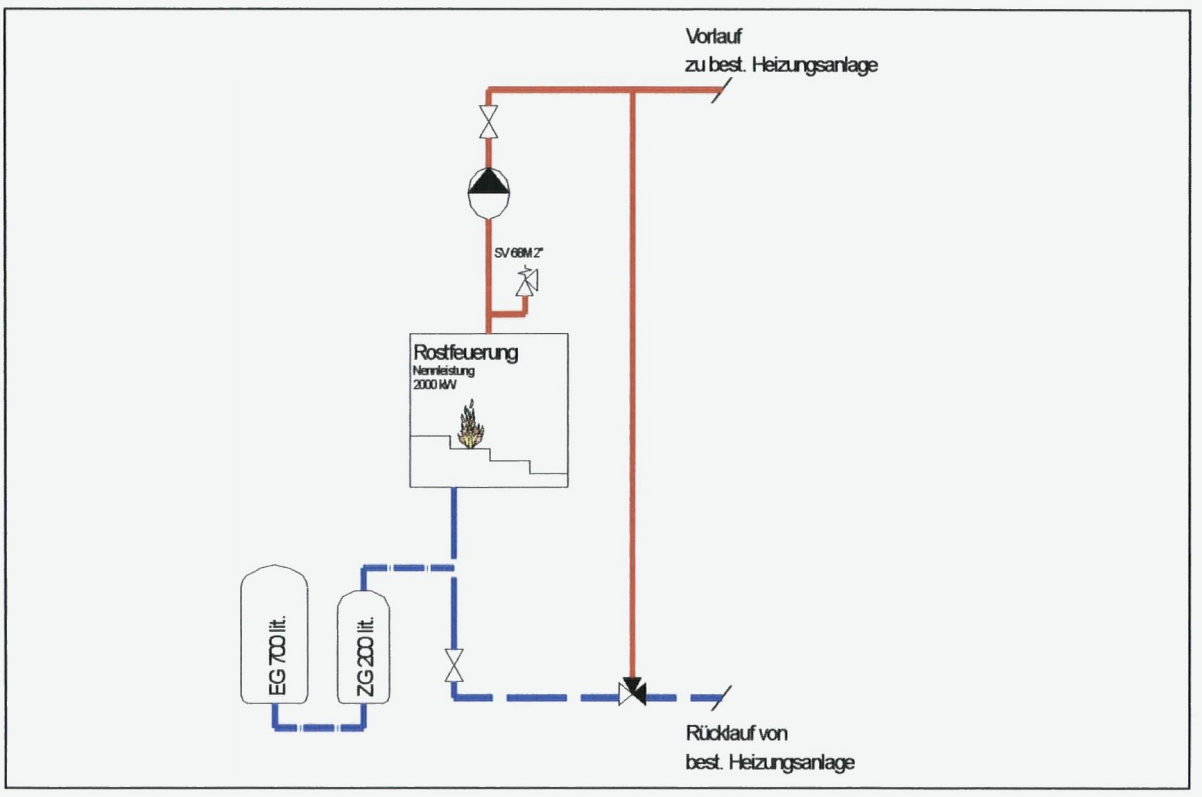
3.2. Neuer Holzheizkessel

Zur Deckung des zusätzlichen Wärmebedarfes wir ein neuer Treppen- oder Vorschubrostheizkessel mit einer Leistung von ca. 2 000 kW eingesetzt. Die Kesselleistung bezieht sich auf einen Feuchtegehalt des Brennmaterials von 100 % atro. Die Treppen- oder Vorschubrostfeuerung eignet sich speziell für grössere Leistungsbereiche mit Feuchtbrennstoffen. Dieses System erreicht höchste Komfortansprüche. Die Kesselanlage besteht aus Rostfeuerungsteil, auf- oder angebautem Wärmetauscher, Verbrennungsluftzufuhr, Rauchgasreinigung, automatische Entaschung, automatische Kesselabreinigung, Siloaustragung und Transportanlage sowie elektronische Steuerung.

Die Regelung der Feuerung erfolgt über eine dem Wärmebedarf angepasste Leistungsregulierung. Auf Grund der im Feuerraum gemessenen Verbrennungstemperatur wird die benötigte Brennstoffmenge zudosiert. Mit dem in den Abgasen gemessenen Luftüberschuss (Lamddaregulierung) werden die Luftmengensollwerte so korrigiert, dass die Verbrennung im idealen Bereich gefahren werden kann. Voraussetzung für einen optimalen Abbrand ist ein gleichbleibender Unterdruck im Feuerraum, welcher durch die Drehzahlregulierung des Abgasventilators konstant gehalten wird. Die Steuerung ist intern fertig verdrahtet und mit allen notwendigen Komponenten (SPS, Netzgeräte,, Messumformer, Frequenzumrichter, Schützen, Relais, etc.) in einem separaten Schaltschrank untergebracht. Ein spezielles Softwareprogramm garantiert die optimale Funktion.

Die Beschickung des Kessels erfolgt ab neuem Rindenbunker, in einem zur bestehenden Anlage vollständig unabhängigen System mit Föderschnecke.

Der neue Kessel übernimmt die Grundlastabdeckung des Wärmebedarfes. Der bestehende Holzkessel wird als Spitzenlastkessel nach Bedarf zugeschaltet. Deralte Oelkessel wird ausser Betrieb gesetzt. Alle Umwälzpumpen werden mit lastabhängigen Drehzahlregulierungen aus- und nachgerüstet. Die Fernwärme wir neu vorreguliert, entsprechend dem Bedarf. Die Expansionsanlage im Primärkreis muss für die neue Leistung vergrössert werden.



3.3. Thermooel / ORC – Anlage

Die Wärmekraftkoppelung ist eine effiziente, praktisch erprobte und bewährte Energieerzeugungstechnik und hat im Zusammenhang mit Ressourcen- und Umweltschonung einen hohen Stellenwert. Der Einsatz der Wärmekraftkoppelung ermöglicht sehr hohe Nutzungsgrade des eingesetzten Brennstoffes. Wir unterscheiden drei Arten von WKK:

- Dampfprozess mit Abwärmenutzung
- ORC – Prozess
- Blockheizkraftwerk (z.B. mit Gas aus Biomasse)

ORC (**O**rganic **R**anking **C**ycle) ist ein Prozess zur Strom- und Wärmeerzeugung unter Ausnutzung einer Niedertemperaturquelle. Er unterscheidet sich von einem herkömmlichen Gegendruck-Turbinenprozess in zwei Punkten:

- Die Verdampfung des Arbeitsmediums erfolgt bei relativ niedrigen Temperaturen
- Als Arbeitsmedium wird, nicht wie üblich Wasser, sondern ein organischer Kohlenwasserstoff verwendet, der die Eigenschaft besitzt, bereits auf einem niedrigen Temperaturniveau zu verdampfen.

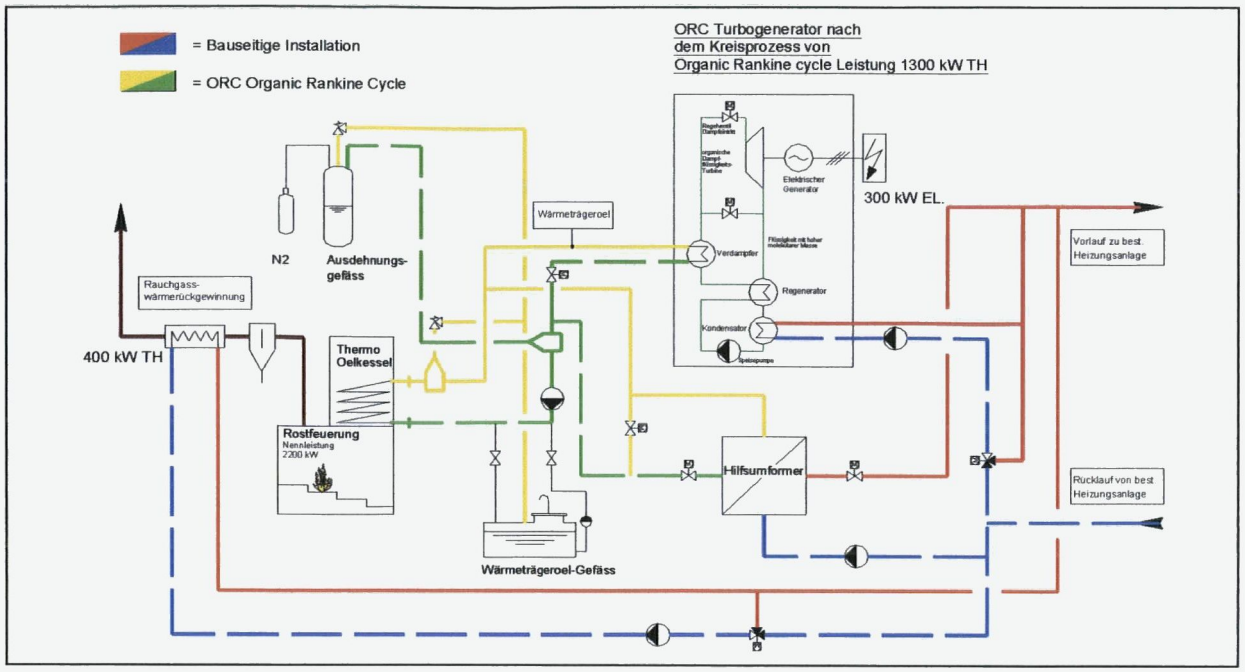
Vorteile gegenüber herkömmlichen Dampfprozessen sind das niedrigere Temperatur- und Druckniveau, der Entfall an speziell geschultem Personal zum Betrieb und Unterhalt der Anlage und der überwachungsarme, vollautomatische Betrieb.

Der Thermooelkessel
Die Konstruktion der Rostfeuerung kann dem Prinzip der konventionellen Kesselanlage mit Brennstoffbeschickung, Kesselsteuerung, Entaschung und Rauchgasanlage gemäss Beschrieb Pt. 3.2. gleichgesetzt werden. An Stelle des auf- oder angebauten Wasserwärmetauschers wir ein stehender Einrohr-Thermooelkessel mit Zwangsdurchströmung auf die Rostfeuerung aufgesetzt. Das Thermooel wird auf 250 – 300 °C erwärmt und bietet den Vorteil, dass es trotzdem flüssig und drucklos bleibt. Es kann somit völlig problemlos ohne Ueberwachungspflicht in herkömmlichen Rohrleitungen mit einfachen Installationen transportiert werden.

Das ORC-Prinzip
Es handelt sich um einen geschlossenen Dampfprozess mit einem organischen Kohlenwassertoff als Arbeitsmittel. Das Arbeitsmittel wird durch die Speisepumpe auf den nötigen Druck gebracht und im Wärmetauscher mit dem 250 – 300 °C heissen Thermooel verdampft. Der Dampf wird in einer Turbine, an die ein Generator zur Stromerzeugung angekoppelt ist, entspannt. Das aus der Turbine austretende Arbeitsmittel kondensiert unter Wärmeabgabe für die Tröckneanlagen und das Fernwärmenetz. Das flüssige, abgekühlte Arbeitsmittel wird der Speisepumpe zugeführt, der Kreislauf ist geschlossen.

Wärmerückgewinnung
Bedingt durch die hohe Kesselaustrittstemperatur ist auch die Rauchgastemperatur entsprechend sehr hoch. Durch die Verwendung eines Rauchgaswärmetauschers (Economiser) wird der Wärmeinhalt der Rauchgase zurückgewonnen und der Gesamtwirkungsgrad wesentlich erhöht.

Einbindung in bestehende Heizungsanlage
Die ORC-Anlage dient ausschliesslich zur Band- oder Grundlastabdeckung. Es wird eine grösstmögliche Jahresvollast-Stundenzahl von 5 500 – 6 000 h angestrebt. Durch den grossen, konstanten Grundlastwärmebedarf kann auf einen Energiespeicher verzichtet werden. Der bestehende Holzkessel dient zur Spitzenlastdeckung und zur Ueberbrückung der ORC Anlage bei den jährlichen Unterhalts- und Revisionsarbeiten. Die bestehende Oelfeuerung wird ausser Betrieb gesetzt.



3.4. Holzvergaser BHKW - Anlage

Kernstück des PYROFORCE®- Verfahrens ist ein Vergasungsreaktor, welcher nach dem Prinzip der absteigenden Vergasung arbeitet. Dem Vergaser vorgeschaltet ist die Brennstofflagerung und –trocknung. Dem Vergaser nachgeschaltet sind die Gasaufbereitung, die Fackel und das Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Turbo-aufgeladenem Kolbenmotor.

Holzbeschickung / Holztrocknung

Die Holzschnitzel werden in einem Bunker mit Schubboden gelagert und durch einen Rollenkettenförderer zum Trockner transportiert, in den sie durch eine Doppelpendelklappe gelangen. Im Gegenstromtrockner werden die Schnitzel mit warmer Luft aus dem Rohgaskühler getrocknet. Anschliessend werden sie auf den zweiten Rollenkettenförderer transportiert, der die Vibrorinne befüllt. Diese dosiert die Schnitzel in die Drehschleuse des Vergasers.

Vergaserprozess

Im ersten Abschnitt des Vergasungsreaktors erfolgt die Trocknung und Pyrolyse des zugeführten Holzes, das heisst die Spaltung der chemischen Verbindungen des Holzes durch Wärmeeinwirkung unter Luftausschluss. In der Oxidationszone weiter unten im Vergaser wird der notwendige Luft-Sauerstoff über zahlreiche Luftdüsen, in den im Unterdruck betriebenen Vergaser gesaugt. Je nach Gasbedarf des Blockheizkraftwerks ergibt sich die angesaugte Luftmenge von selbst. Der Unterdruck im Vergaser und den Apparaten und Leitungen der Gasreinigungsapparate wird durch ein Reingasgebläse vor der Regelstrecke des BHKW's erzeugt. Das Gas gelangt nach der Oxidationszone in die darunterliegenden Reduktionszone, in der Wasserdampf und Kohlenmonoxid mit der glühenden Holzkohle zu brennbarem Produktgas reagieren. Dabei entsteht ein heisses Rohgas, das aus je ca. 15 % Wasserstoff und Kohlenmonoxid, aus ca. 10 % Wasserdampf, aus ca. 1% Methan, aus ca. 10 % Kohlendioxid und aus Stickstoff als Rest besteht und einen geringen Anteil niedermolekularer Kohlenwasserstoffe enthält. Die Asche gelangt in den unteren Teil des Vergasers und wird mit einer Schnecke in den luftdicht angeschlossenen Aschecontainer gefördert. Da der Reaktor, einschliesslich Gasreinigung, im Unterdruckbereich arbeitet, können keine Gase unkontrolliert in die Atmosphäre entweichen. Die reduzierende Atmosphäre und die

schnelle Abkühlung des Rohgases verhindern die Dioxinbildung selbst bei der Vergasung von kontaminiertem Altholz. Die hohen Temperaturen in der Reaktionszone des Vergasers führen zu einer nahezu vollständigen Zersetzung der organischen Bestandteile. Die Konsistenz der bei der Vergasung anfallenden Asche wird durch die Fahrweise des Vergasers in breitem Umfang beeinflusst. Die anfallende Asche weist einen sehr geringen Restkohlenstoffanteil auf.

Gasreinigung und -aufbereitung

Das erzeugte Rohgas tritt mit einer Temperatur zwischen 450 °C und 550 °C aus dem Vergaser aus und wird in einem Zyklon von den gröbsten Partikeln befreit. Das Gas gelangt danach in den Rohrbündelwärmetauscher, in dem einerseits das Gas auf ca. 150 °C abgekühlt und andererseits die Trocknungsluft erwärmt wird. Die verbliebenen Feststoffe werden in einem Gewebefilter vollständig aus dem Gas abgetrennt, bevor das Gas in einer Kühl- und Waschkolonne auf weniger als 40 °C abgekühlt wird. Zur Abreinigung des Gewebefilters wird Stickstoff aus einer Luftspaltanlage eingesetzt. Dieser Stickstoff wird ausserdem zur Inertisierung der Anlage verwendet.

Blockheizkraftwerk

Das Gas wird durch das Reingasgebläse auf ca. 100 mbar verdichtet und dem Blockheizkraftwerk zugeführt. Blockheizkraftwerk mit Turboaufgeladenem Kolbenmotor.

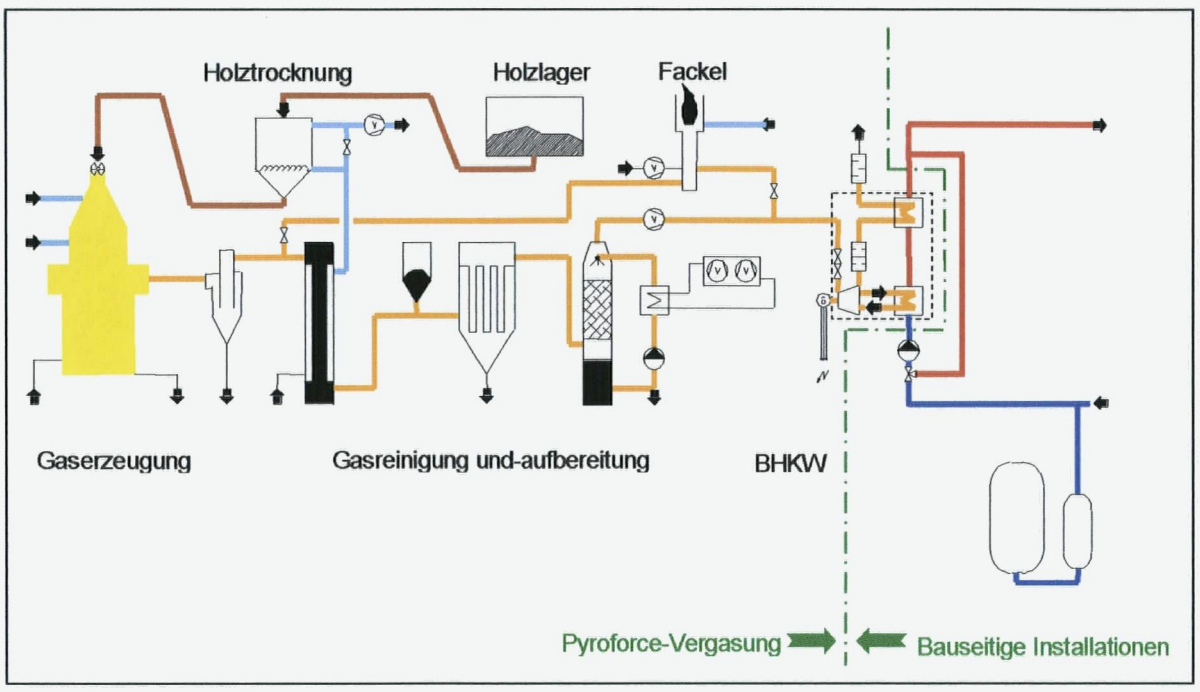
Fackel

Neben dieser Art der motorischen Gasnutzung besteht die Möglichkeit, das Gas bei den An- und Abfahrvorgängen direkt auf der Fackel zu verbrennen. Die benötigte Verbrennungsluft wird mittels eines kleinen Zentrifugalgebläses gefördert. Der erforderliche Zug für das Ansaugen des Rohgases wird durch die Injektorwirkung des Luftstromes in der Fackel erzeugt.

Die Anlage wird nach den geltenden gesetzlichen Richtlinien zur Erreichung der Konformität (Maschinenrichtlinie, Arbeits- und Umweltschutz) geplant und geliefert. Die Anlage garantiert einen automatischen Dauerbetrieb und ist ohne dauernde Beaufsichtigung zu betreiben.

Einbindung in besehende Anlage

Die Vergasungs-Anlage dient ausschliesslich zur Band- oder Grundlastabdeckung. Es wird eine grösstmögliche Jahresvollast-Stundenzahl von ca. 7000 h angestrebt. Durch den grossen, konstanten Grundlastwärmebedarf kann auf einen Energiespeicher verzichtet werden. Die bestehenden Holz- und Oelkessel dieten zur Spitzenlastdeckung und zur Ueberbrückung der Vergasungsanlage bei den jährlichen Unterhalts- und Revisionsarbeiten



4. Leistungsdaten

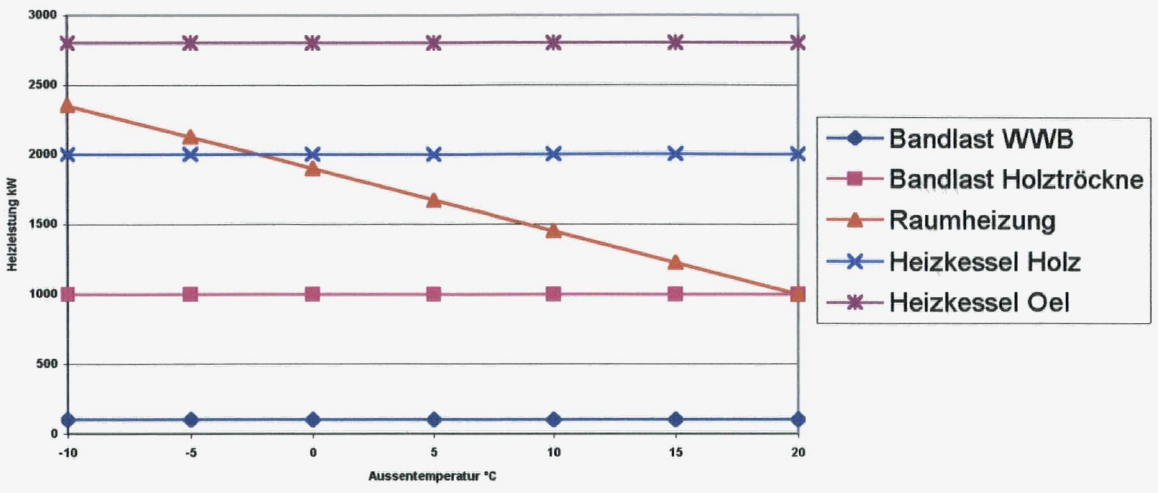
4.1. Allgemeine Grundlagen

Heizgradtage (HGT 20/12) Erlenbach	3 900	Kd/a
Heiztage (HT 12) Erlenbach	240	d/a
Vollbetriebsstunden Raumheizung	16	h/d
Bezugstage Warmwasser (Bandlast)	365	d/a
Betriebstage Holztröckne (Bandlast)	300	d/a
Betriebsstunden Holztröckne (Bandlast)	24	h/d
Tiefste Aussentemperatur Erlenbach	- 10	°C
Heizwert Hu Holzschnitzel/Rinde 100 % atro	550	kWh/Sm3

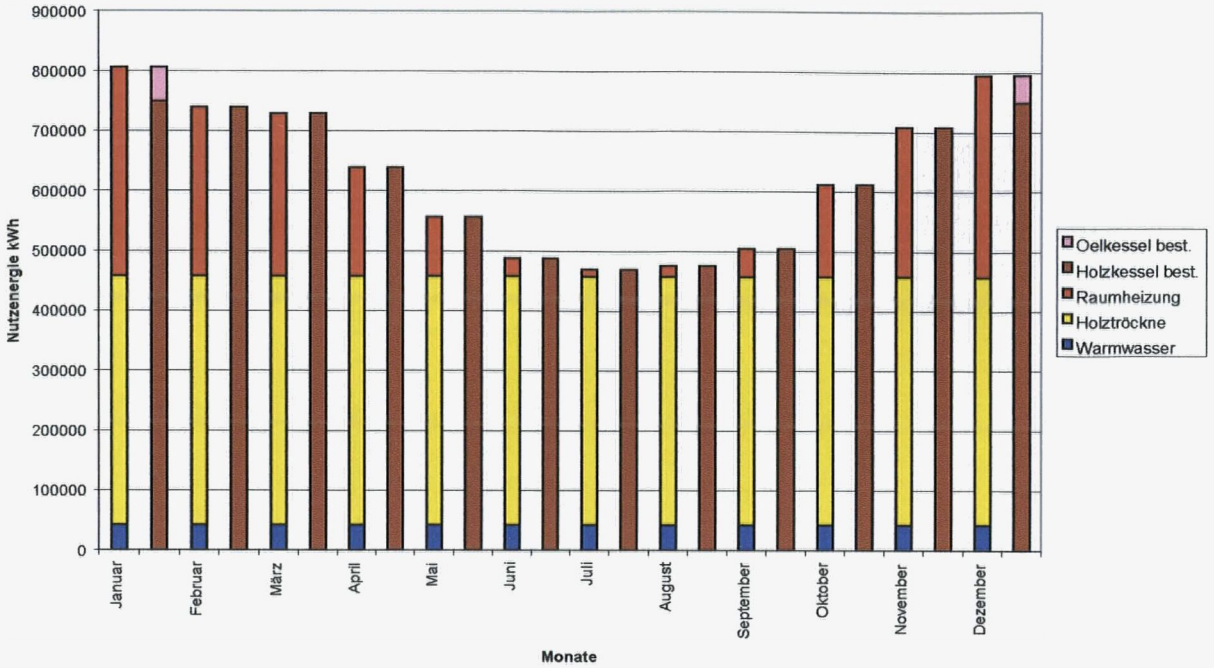
4.2. Istzustand 2000 Wärme

Nutzenergie Fernwärme (Raumheizung)	2 000 000	kWh/a
Anlagewirkungsgrad (Kessel + Fernleitung)	70	%
Endenergiebedarf Fernwärme (Raumheizung)	2 850 000	kWh/a
Kesselleistung bei AT – 10 °C	**1 350**	kW
Nutzenergie Fernwärme (Warmwasser)	500 000	kWh/h
Anlagewirkungsgrad (Kessel + Fernwärme)	70	%
Endenergiebedarf Fernwärme (Warmwasser)	700 000	kWh/a
Kesselleistung (Bandlast)	**100**	kW
Nutzenergie Holztröckne	5 000 000	kWh/a
Anlagewirkungsgrad (Kessel und Tröckne)	80	%
Endenergiebedarf Holztröckne	6 250 000	kWh/a
Kesselleistung (Bandlast)	**900**	kW
Nutzenergie total	7 500 000	kWh/a
Endenergiebedarf total	9 800 000	kWh/a
Totale Kesselleistung bei – 10 °C	**2 350**	kW
Installierte Kesselleistung Holz	2 000	kW
Installierte Kesselleistung Oel	800	kW
Holzenergiebedarf	17 500	Sm3/a
Oelverbrauch	12 500	l/a

Lastdiagramm Wärme



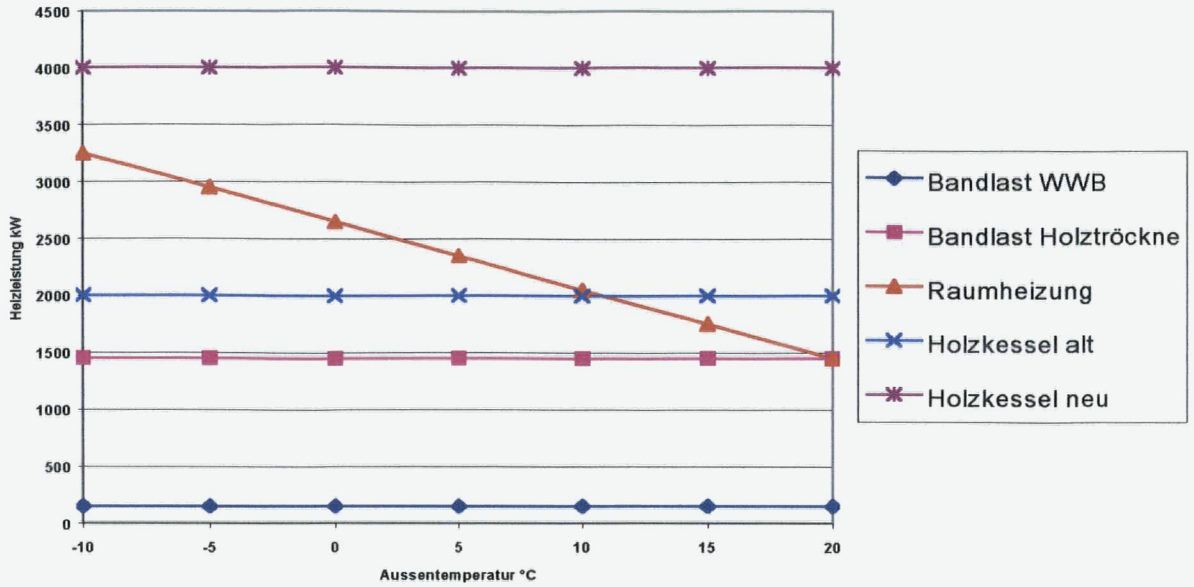
Nutzenergiediagramm Wärme



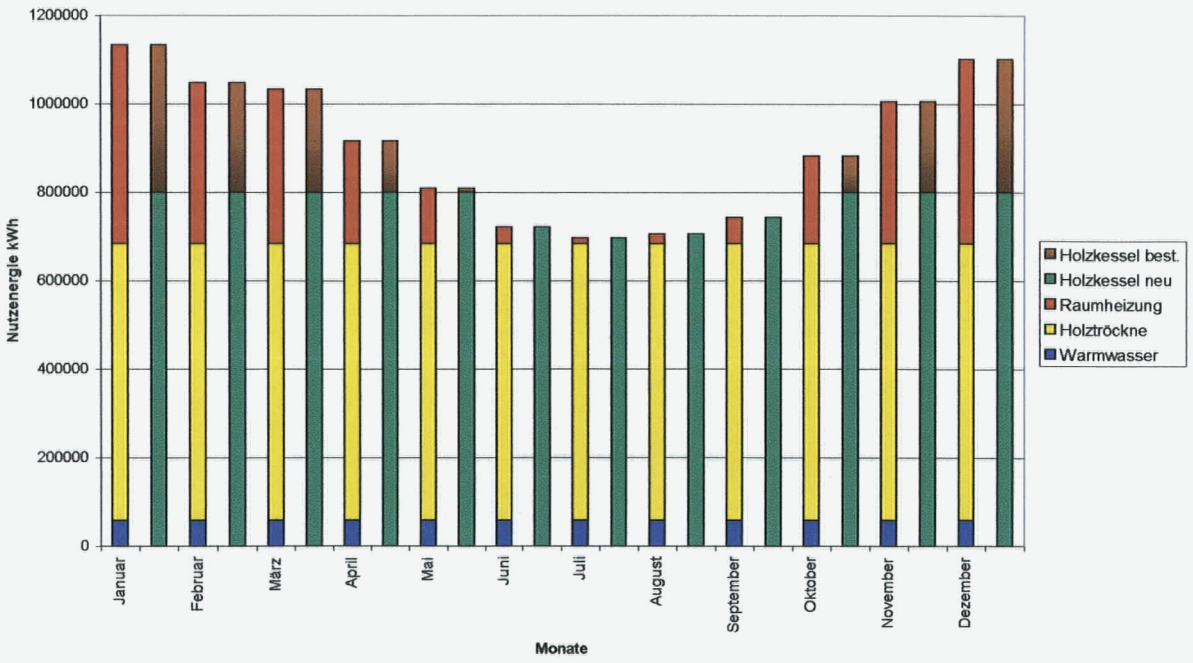
4.3. Ausbaustand 2005 Wärme

Nutzenergie Fernwärme (Raumheizung)	2 600 000	kWh/a
Anlagewirkungsgrad (Kessel + Fernleitung)	70	%
Endenergiebedarf Fernwärme (Raumheizung)	3 700 000	kWh/a
Kesselleistung bei AT – 10 °C	**1 800**	kW
Nutzenergie Fernwärme (Warmwasser)	700 000	kWh/h
Anlagewirkungsgrad (Kessel + Fernwärme)	70	%
Endenergiebedarf Fernwärme (Warmwasser)	1 000 000	kWh/a
Kesselleistung (Bandlast)	**150**	kW
Nutzenergie Holztröckne	7 500 000	kWh/a
Anlagewirkungsgrad (Kessel und Tröckne)	80	%
Endenergiebedarf Holztröckne	9 375 000	kWh/a
Kesselleistung (Bandlast)	**1 300**	kW
Nutzenergie total	10 800 000	kWh/a
Endenergiebedarf total	14 075 000	kWh/a
Totale Kesselleistung bei – 10 °C	**3 250**	kW
Kesselleistung Holz alt	2 000	kW
Kesselleistung Holz neu	2 000	kW
Holzenergiebedarf	25 000	Sm3/a

Lastdiagramm Wärme



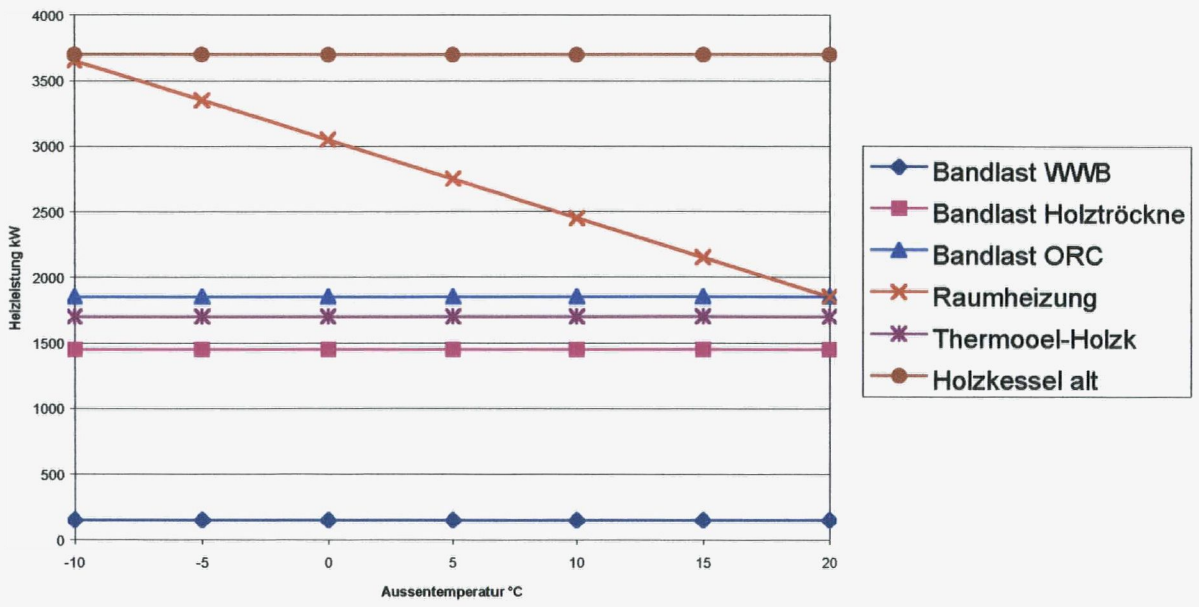
Nutzenergiediagramm Wärme



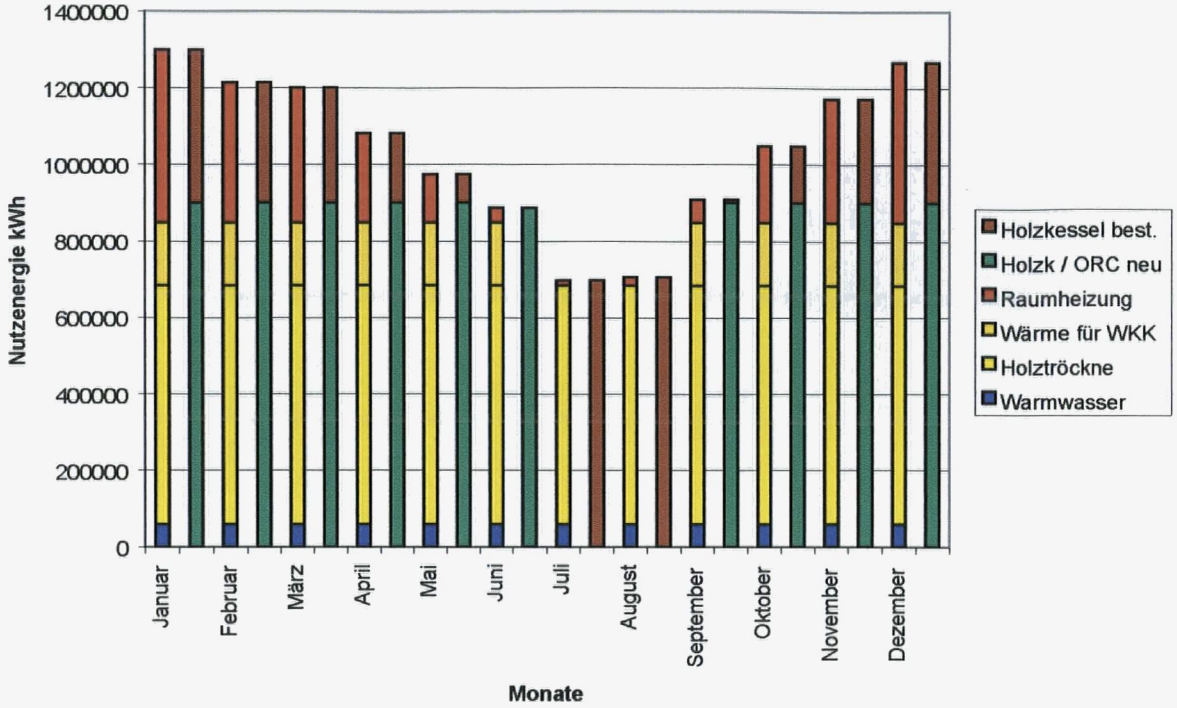
4.4. Ausbaustand 2005 Wärme / Kraft – ORC

Wärmedaten analog Pt. 4.3.			
Nutzenergie Wärme		10 800 000	kWh/a
Endenergiebedarf Wärme		14 075 000	kWh/a
Kesselleistung Wärme bei – 10 °C		**3 250**	kW
Strombedarf Sägerei Hoch- / Niedertarif total		1 500 000	kWh/a
Jahreslaufzeit ORC		7 200	h/a
Mittlerer Lastbereich	ca.	75	%
Jahresvollaststunden	ca.	5 500	h/a
Klemmenleistung		**300**	kW
Feuerungsleistung für Krafterzeugung η 75 %		400	kW
Nutzenergie Stromproduktion		1 650 000	kWh/a
Endenergiebedarf Stromproduktion		2 200 000	kWh/a
Nutzenergie Wärme und Strom		12 450 000	kWh/a
Endenergiebedarf Wärme und Strom		16 275 000	kWh/a
Totale Kesselleistung Wärme / Kraft bei – 10 °C		**3 550**	kW
Nennleistung Thermooelkessel		2 200	kW
Heizungsleistung am Kondensator ORC (η 90%)		1 300	kW
Heizungsleistung am Rauchgas-Rekuperator (η 90 %)		400	kW
Heizungsleistung Gesamt (Nutzenergie)		1 700	kW
Heizleistung best. Holzkessel		2 000	kW
Wärmeproduktion ORC (Nutzenergie)		9 350 000	kWh/a
Stromproduktion ORC (Nutzenergie)		1 650 000	kWh/a
Elektrische Stromkennzahl		0.176	
Holzenergiebedarf		29 800	Sm3/a

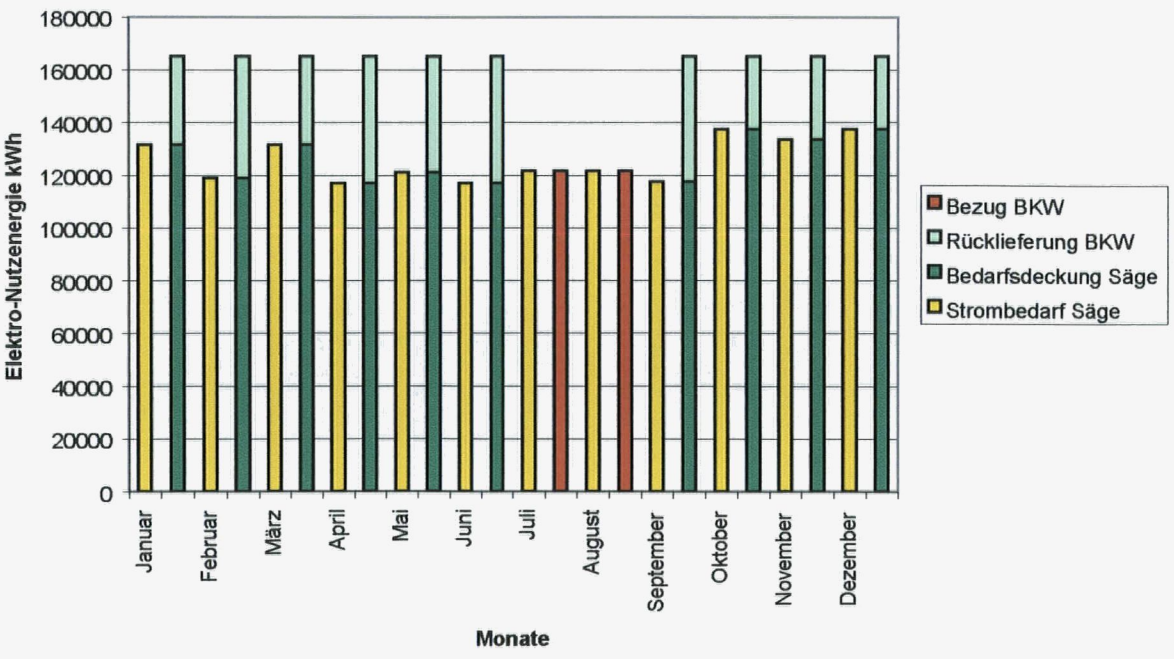
Lastdiagramm Wärme / Kraft – ORC



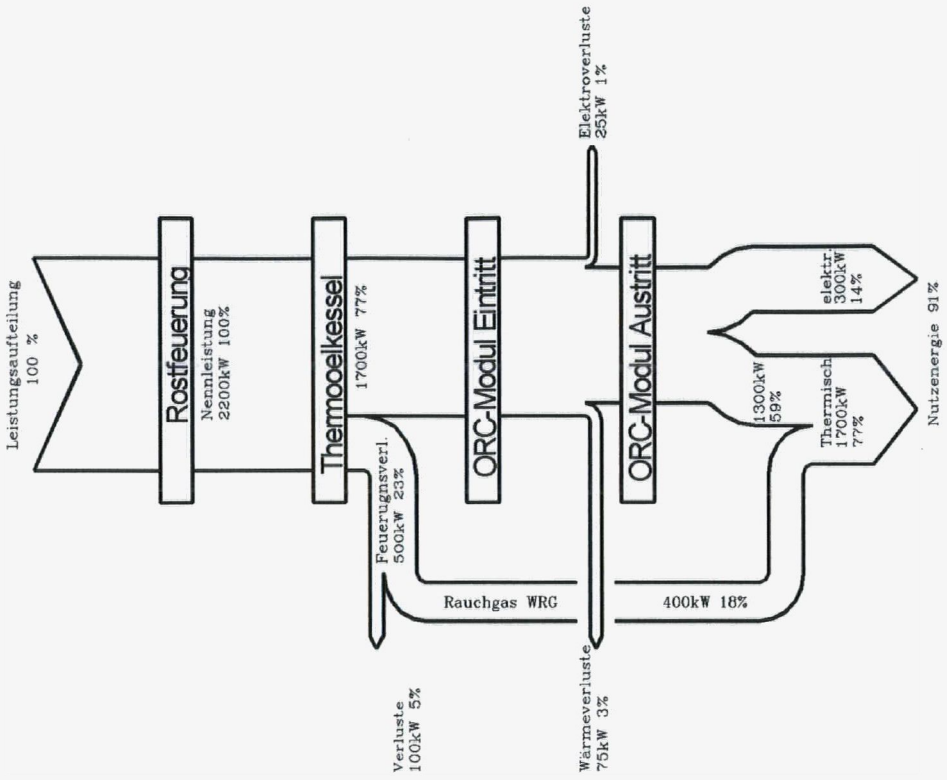
Nutzenergiediagramm Wärme



Nutzenergiediagramm Elektro



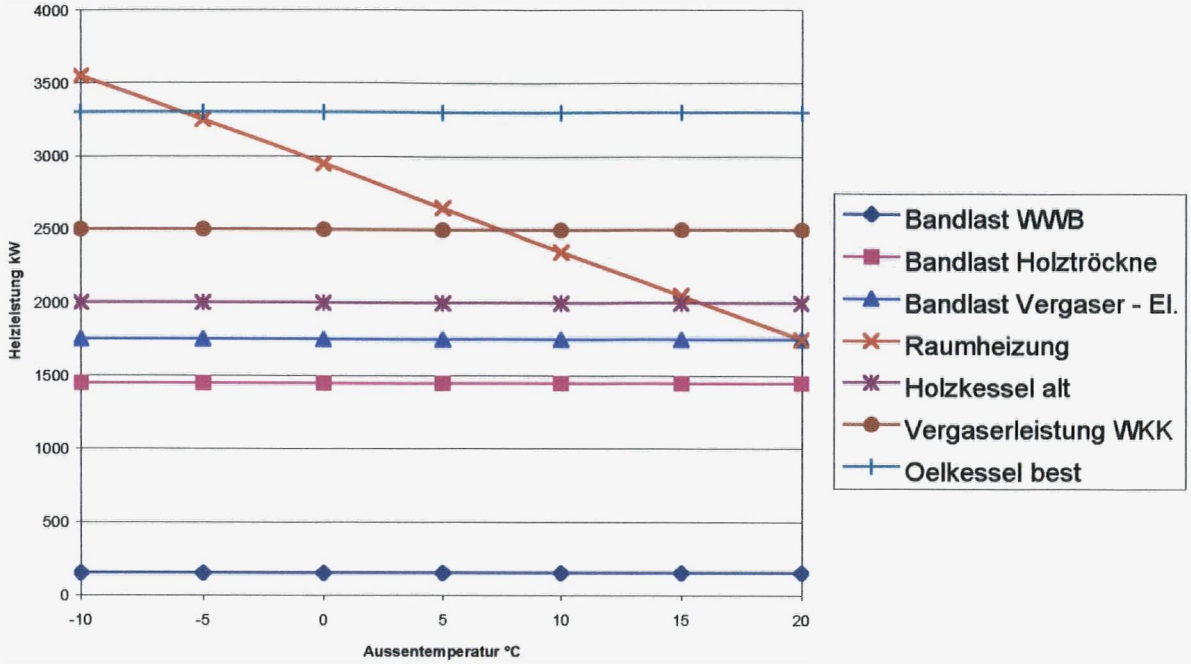
Energieflussdiagramm



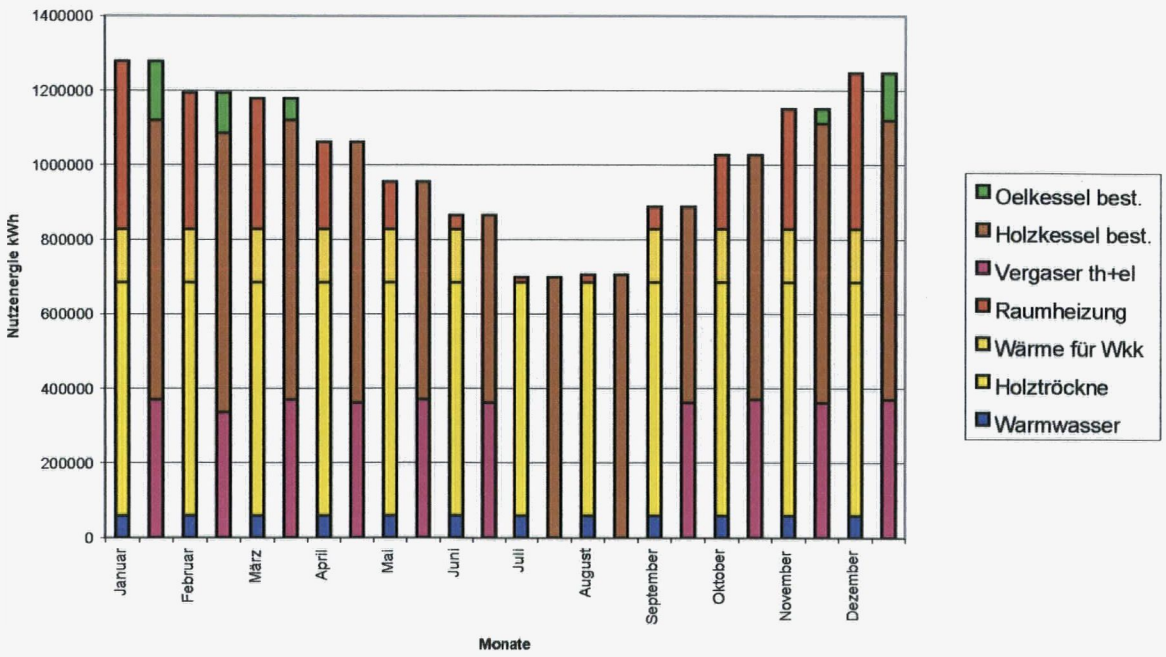
4.5. Ausbaustand 2005 Wärme / Kraft – Vergaser

Wärmedaten analog Pt. 4.3.		
Nutzenergie Wärme	10 800 000	kWh/a
Endenergiebedarf Wärme	14 075 000	kWh/a
Kesselleistung Wärme bei – 10 °C	**3 250**	kW
Strombedarf, Hoch- / Niedertarif total	1 500 000	kWh/a
Jahreslaufzeit Holzvergasung	7 200	h/a
Lastbereich	100	%
Jahresvollaststunden	7 200	h/a
Klemmenleistung	**200**	kW
Feuerungsleistung für Krafterzeugung η 66 %	300	kW
Nutzenergie Stromproduktion	1 440 000	kWh/a
Endenergiebedarf Stromproduktion	2 160 000	kWh/a
Nutzenergie Wärme und Strom	12 240 000	kWh/a
Endenergiebedarf Wärme und Strom	16 235 000	kWh/a
Totale Kesselleistung Wärme /Kraft bei –10 °C	**3 450**	kW
Kesselleistung Holz bestehend	2 000	kW
Vergaserleistung Wärme/Kraft	500	kW
Oelkessel bestehend	800	kW
Wärmeproduktion Vergaser (Nutzenergie)	2 160 000	kWh/a
Stromproduktion Vergaser (Nutzenergie)	1 440 000	kWh/a
Elektrische Stromkennzahl	0.666	
Holzenergiebedarf	28 000	Sm3/a
Oelverbrauch	65 000	l/a

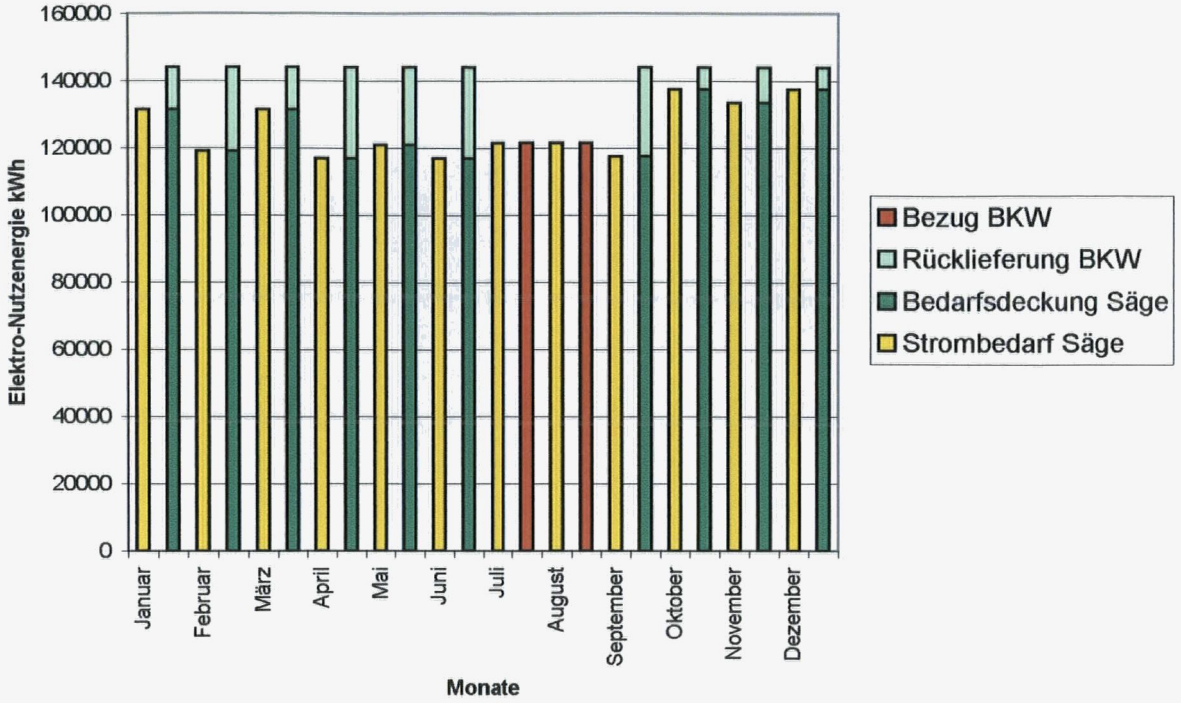
Lastdiagramm Wärme / Kraft



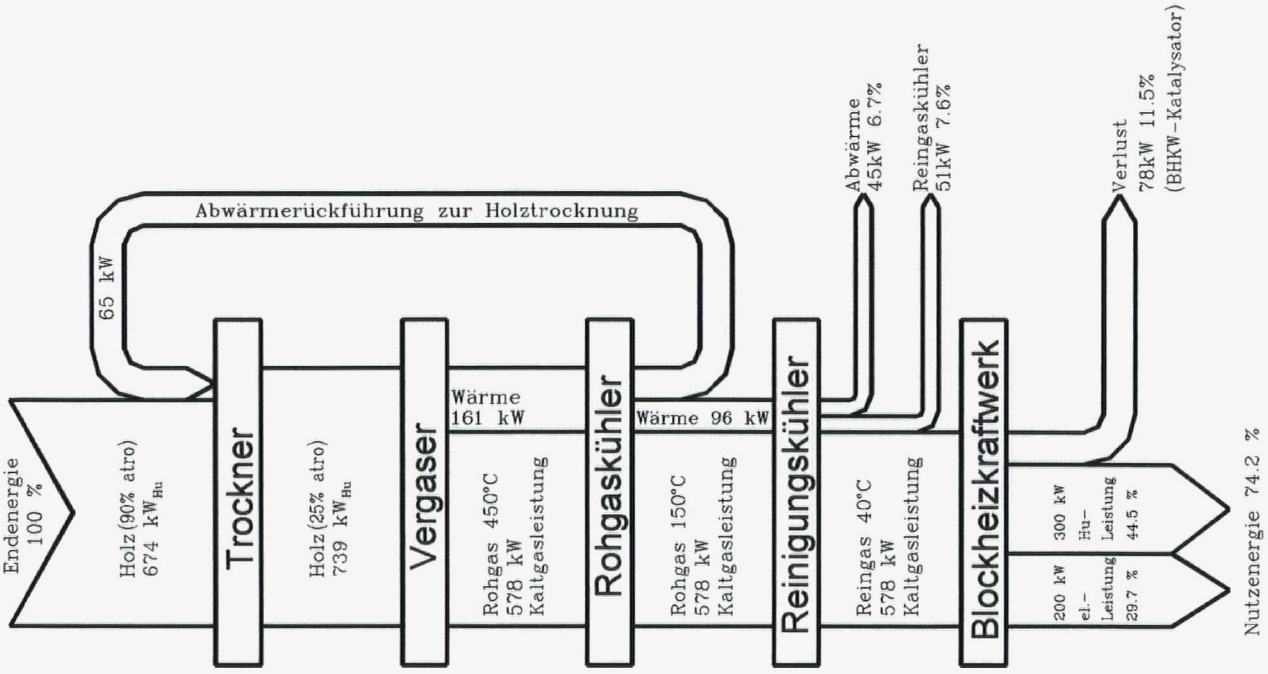
Nutzenergiediagramm Wärme



Nutzenergiediagramm Elektro



Energieflussdiagramm



5. Kostenvoranschlag

Der Kosten basieren auf Offertunterlagen im Bereich Bau, Wärmeerzeugung und Heizungsinstallationen. Die Nebenarbeiten wurden als Kostenschätzung mit Erfahrungswerten eingesetzt. Als Preisbasis wurde gilt der momentane Marktpreis, Sommer 2000. Alle Preise sind inkl. 7.5 % Mwst berechnet worden. Die Detailofferten können nach Bedarf beim Planungsbüro eingesehen werden.

5.1. Bestehende Anlage

	Restwert Bauteile, Wärmeerzeugung und Fernwärmenetz	Fr.	**1 000 000.—**

5.2. Variante Neuer Holzkessel

A	**Bauteile**			
A1	Baumeister	Fr.	120 000.—	
A2	Dachkonstruktion	Fr.	90 000.—	
A3	Zimmermeister	Fr.	15 000.—	
A4	Unvorhergesehenes	Fr.	15 000.—	240 000.—
B	**Installationen**			
B1	Holzheizkessel	Fr.	450 000.—	
B2	Heizungsinstallation	Fr.	100 000.—	
B3	Sanitär Anlagen / Spenglerei	Fr.	20 000.—	
B4	Elektroinstallationen	Fr.	50 000.—	
B5	Unvorhergesehenes	Fr.	30 000.—	650 000.—
C	**Honorare, Nebenkosten**			
C1	Bauingenieur	Fr.	15 000.—	
C2	Energieingenieur / Gesamtleitung	Fr.	65 000.—	
C3	Nebenkosten, Bewilligungen	Fr.	10 000.—	90 000.—
	Total	**Fr.**		**980 000.—**

5.3. Variante Thermooel / ORC - Anlage

A	**Bauteile**			
A1	Baumeister	Fr.	195 000.—	
A2	Dachkonstruktion	Fr.	215 000.—	
A3	Zimmermeister	Fr.	25 000.—	
A4	Unvorhergesehenes	Fr.	15 000.—	450 000.—

B	**Installationen**			
B1	Thermooel – ORC Anlage	Fr.	1 950 000.—	
B2	Heizungsinstallation	Fr.	160 000.—	
B3	Sanitär Anlagen / Spenglerei	Fr.	20 000.—	
B4	Elektroinstallationen	Fr.	90 000.—	
B5	Unvorhergesehenes	Fr.	50 000.—	2 270 000.—
C	**Honorare, Nebenkosten**			
C1	Bauingenieur	Fr.	25 000.—	
C2	Energieingenieur / Gesamtleitung	Fr.	200 000.—	
C3	Nebenkosten, Bewilligungen	Fr.	25 000.—	250 000.—
	Total	**Fr.**		**2 970 000.—**

5.4. Variante Holzvergaser / BHKW - Anlage

A	**Bauteile**			
A1	Baumeister	Fr.	195 000.—	
A2	Dachkonstruktion	Fr.	215 000.—	
A3	Zimmermeister	Fr.	25 000.—	
A4	Unvorhergesehenes	Fr.	15 000.—	450 000.—
B	**Installationen**			
B1	Vergasungsanlage mit BHKW und Holztrocknung	Fr.	2 500 000.--	
B2	Heizungsinstallation	Fr.	100 000.—	
B3	Sanitär Anlagen / Spenglerei	Fr.	20 000.—	
B4	Elektroinstallationen	Fr.	90 000.—	
B5	Unvorhergesehenes	Fr.	50 000.—	2 760 000.—
C	**Honorare, Nebenkosten**			
C1	Bauingenieur	Fr.	25 000.—	
C2	Energieingenieur / Gesamtleitung	Fr.	200 000.—	
C3	Nebenkosten, Bewilligungen	Fr.	25 000.—	250 000.—
	Total	**Fr.**		**3 460 000.—**

6. Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

- Wirtschaftlichkeitsberechnung nach AfB-Programm „WIRTENSY.XLW"

- Kostenvoranschlag Büro Abbühl, Sommer 2000

- Realer Kalkulationszinssatz 4.0 %

- Reale Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kostensteigerung 1.0 %

- Energiepreise
  - Elektro, inkl. Spitze
    Einkauf,gemittelt HT / NT 15.0 Rp./kWh
    Rücklieferung, gemittelt 15.0 Rp./kWh
  - Heizoel (Fr. 45.--/100 ltr) 4.5 Rp./kWh
  - Holzschnitzel, 100 % atro (20.--/ Sm3) 3.5 Rp./kWh

- Anlage-Nutzungszeiten (BAB)
  - Bestehende Anlageteile 15 Jahre
  - Neue Gebäude / Bauteile 40 Jahre
  - Wärmeerzeugung Holz/Oel/WKK 15 Jahre
  - Regel- und Sicherheitsanlage 15 Jahre
  - Uebrige Installationen 20 Jahre
  - Honorare / Unvorhergesehenes 20 Jahre

- Betrachtungsdauer
  - Alle Varianten 15 Jahre

- Wartungs- und Unterhaltskosten (nach SIA 380/1 + VDI 2067)
  - Gebäudeteile 1.0 %
  - Wärmeerzeugung Holz + Oel 2.0 %
  - Wärmeerzeugung WKK 2.5 %
  - Uebrige Installationen 1.5 %

- Bedienungskosten (Annahmen und Erfahrungswerte)
  - Reinigungsarbeiten best. Anlage 15 000.—
  - Reinigungsarbeiten Holz konvent. 25 000.—
  - Reinigungsarbeiten WKK 30 000.—
  - Behördliche Kontrollen bestehend 1 000.—
  - Behördliche Kontrollen Holz neu 2 000.—
  - Behördliche Kontrollen WKK + Holz 3 500.—

- Fremd- / Antriebsenergie
  - Elektro gemittelt best. Anlage 100 000 kWh/a
  - Elektro gemittelt neue Holz 150 000 kWh/a
  - Elektro gemittelt WKK 150 000 kWh/a

- Subventionen / Beiträge
  - Beiträge gemäss Voranfrage bei WEA (Hr. Jakob) und BFE (Hr. Binggeli)
    Beiträge insgesamt BFE + WEA
  - Konventionelle Holzanlage 5 %
  - Wärme Kraft Koppelung 30 %

  - Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist mit ohne Beiträge / Subventionen durchzuführen

7. Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Nach Vorlage AfB „Wirtensy.xlw", Version August 97

Zusammenfassung (mit Restwert best. Anlage)

Subventionsbeiträge Bund und Kanton berücksichtigt (vor Lothar)

Wertigkeit Nutzenergie Strom : Wärme = 3 : 1

Bezeichnung	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Leistungsvergleich					
Leistungsbedarf –10 °C	kW	2 350	3 250	3 550	3 450
Kesselleistung Holz	kW	2 000	4 000	2 000	2 000
Kesselleistung WKK	kW	-	-	1 700	500
Kesselleistung Oel	kW	800	-	-	800
Kesselleistung total	kW	2 800	4 000	3 700	3 300
Elektroleistung	kW	-	-	300	200
Vollbetriebsstunden El.	h/a	-	-	5 500	7 200
Nutzenergie Wärme	kWh/a	7 500 000	10 800 000	10 800 000	10 800 000
Davon WKK erzeugt	kWh/a	-	-	9 350 000	2 160 000
Nutzenergie Elektro	kWh/a	-	-	1 650 000	1 440 000
El.Stromkennzahl	El/Th	-	-	0.176	0.666
Holzenergiebedarf	Sm3/a	17 500	25 000	29 800	28 000
Oelbedarf	ltr/a	12 500	-	-	65 000
Erstellungskosten					
Anlagekosten Restwert	Fr.	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Anlagekosten Neu	Fr.	-	980 000	2 970 000	3 520 000
Subventionen	Fr.	-	50 000	900 000	1 000 000
Investitionen netto	Fr.	0	930 000	2 070 000	2 520 000
Jährliche Kosten					
Wartung / Bedienung	Fr./a	27 980	55 310	109 270	123 100
Brennstoffkosten Holz	Fr./a	340 150	494 340	571 340	549 170
Brennstoffkosten Oel	Fr./a	5 000	-	-	26 000
Antriebsenergie Elektro	Fr./a	15 000	22 500	22 500	22 500
Stromerzeugung	Fr./a	-	-	- 247 500	-216 000
Kapitalkosten	Fr./a	89 940	159 380	249 070	271 140
Total	Fr./a	478 070	731 530	704 680	775 910
Kennwert Nutzenergie					
Wärmegest.-Kosten	Rp./kWh	6.4	6.8	4.5	5.1
Stromgest.-Kosten	Rp./kWh	-	-	13.4	15.4

- Detailberechnungen „Wirtschaftlichkeit" siehe nächste Seiten

Zusammenfassung (mit Restwert best. Anlage)

Subventionsbeiträge Bund und Kanton nicht berücksichtigt

Wertigkeit Nutzenergie Strom : Wärme = 3 : 1

Bezeichnung	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Leistungsvergleich					
Leistungsbedarf –10 °C	kW	2 350	3 250	3 550	3 450
Kesselleistung Holz	kW	2 000	4 000	2 000	2 000
Kesselleistung WKK	kW	-	-	1 700	500
Kesselleistung Oel	kW	800	-	-	800
Kesselleistung total	kW	2 800	4 000	3 700	3 300
Elektroleistung	kW	-	-	300	200
Vollbetriebsstunden El.	h/a	-	-	5 500	7 200
Nutzenergie Wärme	kWh/a	7 500 000	10 800 000	10 800 000	10 800 000
Davon WKK erzeugt	kWh/a	-	-	9 350 000	2 160 000
Nutzenergie Elektro	kWh/a	-	-	1 650 000	1 440 000
El.Stromkennzahl	El/Th	-	-	0.176	0.666
Holzenergiebedarf	Sm3/a	17 500	25 000	29 800	28 000
Oelbedarf	ltr/a	12 500	-	-	65 000
Erstellungskosten					
Anlagekosten Restwert	Fr.	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Anlagekosten Neu	Fr.	-	980 000	2 970 000	3 520 000
Subventionen	Fr.	-	-	-	-
Investitionen netto	Fr.	0	980 000	2 970 000	3 520 000
Jährliche Kosten					
Wartung / Bedienung	Fr./a	27 980	55 310	109 270	123 100
Brennstoffkosten Holz	Fr./a	340 150	494 340	571 340	549 170
Brennstoffkosten Oel	Fr./a	5 000	-	-	26 000
Antriebsenergie Elektro	Fr./a	15 000	22 500	22 500	22 500
Stromerzeugung	Fr./a	-	-	- 247 500	-216 000
Kapitalkosten	Fr./a	89 940	163 880	330 020	356 660
Total	Fr./a	478 070	736030	785 630	861 430
Kennwert Nutzenergie					
Wärmegest.-Kosten	Rp./kWh	6.4	6.8	5.0	5.7
Stromgest.-Kosten	Rp./kWh	-	-	15.0	17.1

- Detailberechnungen „Wirtschaftlichkeit" siehe nächste Seiten

8. Schlussbemerkungen / Einsatzmöglichkeit

Das grosse Energieholzpotential des Sägewerkes Reinhardt und der umliegenden Wälder war 1999 Ausgangspunkt für die Ausarbeitung dieser Studie. Die Verfügbarkeit des erneuerbaren Energierohstoffes Holz hat sich mit dem Sturm „Lothar" noch wesentlich erhöht. Umsomehr sind wir heute gezwungen, neue Wege zur Nutzung der einheimischen, erneuerbaren Energiequelle zu suchen, damit die Ziele von Energie2000 und der nachfolgenden Förderprogramme erreicht werden können.

Die Studie zeigt, dass mit entsprechender finanzieller Unterstützung, eine wirtschaftlich betreibbare Wärme-Kraft-Koppelung mit Biomasse die Lösung der Zukunft sein kann. Der grösste Unsicherheitsfaktor stellt die angekündigte Strommarktliberalisierung dar. Darf es uns angesichts des immensen Energieholzpotentiales in unserer Gegend gleichgültig sein, wo und wie wir unseren Strom beziehen? Entspricht Strom aus deutscher Braunkohle, Gaskombiwerken oder atomarer Erzeugung in „heissen Brütern" unserem oekologischen Verständnis? Antworten darauf zu geben ist nicht nur Sache der Politiker, sondern eines jeden umweltbewussten Menschen. Länger je mehr muss das Bewusstsein gefördert werden, dass nicht erneuerbare Ressourcen zu schonen und deren übermässige Nutzung mit entsprechenden Steuern (Lenkungsabgaben) zu belasten sind. Die eidg. Abstimmung vom 24. September 2000 hat leider für die Alternativenergieförderung ein negatives Ergebnis gebracht. Der Einsatz kleiner, dezentraler mit Wasser oder Biomasse betriebener Kraftwerke kann ein Schritt in eine unabhängige Energieversorgung bedeuten.

Die Prüfung und Vergleichung beider Anlagen bestätigt deren Einsetzbarkeit. Felderfahrungen konnten in der Schweiz bisher nur mit der Thermooel/ORC-Anlage (Waffenplatz Bière) gemacht werden. Eine Vergasungsanlage mit BHKW entsteht momentan im AC Zentrum in Spiez und geht auf Ende 2000 in Betrieb. Beide Anlagen unterscheiden sich neben der im Bericht beschriebenen Technik hauptsächlich durch das Verhältnis von Wärme- zu Stromproduktion. Die Vergasungsanlage hat bei gleicher Elektroleistung eine um ca. 50 % kleinere Wärmeabgabe. Dies bietet den Vorteil, dass diese Anlage bei weitaus kleinerer Wärmebandlast über eine hohe Jahresvollast-Stundenzahl betrieben werden kann. Im speziellen Fall des Sägewerkes Reinhardt ist jedoch eine hohe Wärmebandlast durch die technischen Anlagen (Holztröckneanlagen) gegeben. Nach meinen bisherigen, planerischen Erfahrungen wird die Holzaufbereitung für den Vergasungsreaktor (Körnung, Trocknung) im Gegensatz zur bekannten und mehrfach bewährten Rostfeuerung beim Thermooelkessel ein nicht zu unterschätzender Nachteil sein. Hoher Rindenanteil wird kaum zur guten Vergasung beitragen. Gestützt auf diese Tatsachen scheint der Einsatz der Thermooel/ORC- Anlage mit Rostfeuerung im Falle Reinhardt der sinnvollere Weg zu sein.

9. Beilagen / Dokumente

- Situationsplan
- Dispositionspläne
- Gebäudeschnitte
- Datenerfassung
- Diverse Berechnungsunterlagen
- Berechnungstabellen zu Diagrammen

AMT FÜR BUNDESBAUTEN
OFFICE DES CONSTRUCTIONS FÉDÉRALES
UFFICIO DELLE COSTRUZIONI FEDERALI

Beurteilung von Energiesystemen

1. Projektinformationen

Anlageort / -bezeichnung:	Reinhardt Holz AG, beim Bahnhof
Objektnummer und Objekt-bezeichnung:	3762 Erlenbach **Berechnung mit Subvention** **Mit Restwert bestehende Anlage**
Bearbeitete Aufgabenstellung:	Erweiterung Wärmeerzeugung Variantenvergleiche Holz / WKK
Beauftragter (Ort, Tel.):	Hansp. Abbühl, Ing. Büro Haustechnik
Projektleiter AFB (BK, Tel.):	3763 Därstetten
Fachberater AFB (Abt, Tel.):	Tel 033 783 16 26
Bearbeitungsdatum:	01.06.2000 / 31.10.00 / Wirtensy1.xls

2. Antrag für die Weiterbearbeitung

Variante:

Entscheidbegründung:

3. Grundlagendaten

Allgemeine Inflationsrate (reale Betrachtungsweise)	**0.0 %**
Realer Kalkulationszinssatz	4.0 %
Reale Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kostensteigerung	1.0 %

Energiepreise und Energiekostensteigerung

Energieträger	Effektiver Endenergiepreis [Rp/kWh]	Zuschlag für Umweltkosten [Rp/kWh]	Berechnungspreis [Rp/kWh]	Reale Kosten-steigerung pro Jahr* [%]
Elektro HT/NT gemittelt	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	1.0 %
				1.0 %
				1.0 %
Heizoel el	4.0 Rp/kWh		4.0 Rp/kWh	1.0 %
Energieholz Wärme	3.5 Rp/kWh		3.5 Rp/kWh	0.0 %
Energieholz Strom	3.5 Rp/kWh		3.5 Rp/kWh	0.0 %
Eigenstrombedarf	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	0.0 %
Stromrücklieferung	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	0.0 %

Zusammenfassung Variantenvergleich

Variantenbeschreibung / Energieproduktion und Auswirkungen

Variantenbeschreibung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Variantenbezeichnung	best. Anlage	Holz Konvent.	Thermooel-ORC	Vergaser-BHKW
Variantenbeschrieb	Referenzvariante			
Energieproduktion [MWh/a]				
Wärme (Stufe Nutzenergie)	7500.0 MWh/a	10800.0 MWh/a	10800.0 MWh/a	10800.0 MWh/a
Elektrizität (Stufe Nutzenergie)	0.0 MWh/a	0.0 MWh/a	1650.0 MWh/a	1440.0 MWh/a
Auswirk. auf E.buchhaltung [MWh/a]				
Minderverbrauch fossiler Energie				
Minderverbrauch elektr. Energie				
Mehrprod. erneuerbare Wärme		3'300.0 MWh/a	3'300.0 MWh/a	3'300.0 MWh/a
Mehrprod. erneuerbare Elektr.			1'650.0 MWh/a	1'440.0 MWh/a

Total der heutigen jährlichen Kosten

Kostenart	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	26'000	51'400	101'550	114'400
Energiekosten [Fr.]	358'630	515'130	344'630	377'980
Betriebskosten [Fr.]	**384'630**	**566'530**	**446'180**	**492'380**
Kapitalkosten [Fr.]	**89'940**	**159'380**	**249'070**	**271'140**
Umweltkosten [Fr.]				
Total [Fr.]	**474'570**	**725'910**	**695'250**	**763'520**
	(100%)	(153%)	(147%)	(161%)

Total der mittleren jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer

Es sollen nur Varianten mit gleicher Betrachtungsdauer untereinander verglichen werden.

Betrachtungsdauer [Jahre]:	15	15	15	15

Kostenart	Variante 1 best. Anlage	Variante 2 Holz Konvent.	Variante 3 Thermooel-ORC	Variante 4 Vergaser-BHKW
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	27'980	55'310	109'270	123'100
Energiekosten [Fr.]	360'150	516'840	346'340	381'670
Betriebskosten [Fr.]	**388'130**	**572'150**	**455'610**	**504'770**
Kapitalkosten [Fr.]	**89'940**	**159'380**	**249'070**	**271'140**
Umweltkosten [Fr.]		**0**	**0**	**0**
Total [Fr.]	478'070	731'530	704'680	775'910
	(100%)	(153%)	(147%)	(162%)

Investitionskosten

Total [Fr.]	1'000'000	1'930'000	3'070'000	3'520'000

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Mittl. Wärmegestehungskosten*	**6.4 Rp./kWh**	**6.8 Rp./kWh**	**4.5 Rp./kWh**	**5.1 Rp./kWh**
Mittl. Stromgestehungskosten*			**13.4 Rp./kWh**	**15.4 Rp./kWh**

Variante 1: best. Anlage

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Total	**1'000'000 Fr.**	15 Jahre		**89'940 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Reinigungsarbeiten		15'000 Fr.		15'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		1'000 Fr.		1'000 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.6 %)			**26'000 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektro HT/NT gemitt.		100'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	15'000 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el		125'000 kWh/a	4.0 Rp/kWh	5'000 Fr.
Energieholz Wärme		9'675'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	338'630 Fr.
Energieholz Strom			3.5 Rp/kWh	
Eigenstrombedarf			15.0 Rp/kWh	
Stromrücklieferung			15.0 Rp/kWh	
Total				**358'630 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre** Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	—	—	**89'940 Fr.**	—	**89'940 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**26'000 Fr.**	—	**27'980 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HAT/NT	1.0 %	1.076	15'000 Fr.		16'140 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel	1.0 %	1.076	5'000 Fr.		5'380 Fr.
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	338'630 Fr.		338'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %				
Eigenstrombedarf	0.0 %				
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**358'630 Fr.**		**360'150 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**478'070 Fr.**

Variante 2: Holz Konvent.

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	240'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	12'130 Fr.
Holzkessel	450'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	40'470 Fr.
Uebrige Installationen	200'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	14'720 Fr.
Subvention BFE/WEA	-50'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	-4'500 Fr.
Honorare, Unvorherges. (4.7 %)	90'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	6'620 Fr.
Total	**1'930'000 Fr.**	19 Jahre		**159'380 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	240'000 Fr.		1.0 %	2'400 Fr.
Holzkessel	450'000 Fr.		2.0 %	9'000 Fr.
Uebrige Installationen	200'000 Fr.		1.5 %	3'000 Fr.
Reinigungsarbeiten		25'000 Fr.		25'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		2'000 Fr.		2'000 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.7 %)			**51'400 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektro HAT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel		0 kWh/a	4.0 Rp/kWh	
Energieholz Wärme		14'075'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	492'630 Fr.
Energieholz Strom		0 kWh/a	3.5 Rp/kWh	
Eigenstrombedarf			15.0 Rp/kWh	
Stromrücklieferung			15.0 Rp/kWh	
Total				**515'130 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre** Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	---	---	**159'380 Fr.**	---	**159'380 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**51'400 Fr.**	---	**55'310 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HAT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %				
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	492'630 Fr.		492'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %				
Eigenstrombedarf	0.0 %				
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**515'130 Fr.**		**516'840 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**731'530 Fr.**

Variante 3: Thermooel-ORC

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	22'740 Fr.
Wärmekraftkoppelung (ORC)	1'950'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	175'390 Fr.
Uebrige Installationen	320'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	23'550 Fr.
Subvention BFE / WEA	-900'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	-80'950 Fr.
Honorare, Unvorherges. (8.1 %)	250'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	18'400 Fr.
Total	**3'070'000 Fr.**	20 Jahre		**249'070 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.		1.0 %	4'500 Fr.
Wärmekraftkoppelung	1'950'000 Fr.		2.5 %	48'750 Fr.
Uebrige Installationen	320'000 Fr.		1.5 %	4'800 Fr.
Reinigungsarbeiten		30'000 Fr.		30'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		3'500 Fr.		3'500 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 3.3 %)			**101'550 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektro HT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el			4.0 Rp/kWh	
Energieholz Wärme		14'075'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	492'630 Fr.
Energieholz Strom		2'200'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	77'000 Fr.
Eigenstrombedarf		-1'500'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-225'000 Fr.
Stromrücklieferung		-150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-22'500 Fr.
Total				**344'630 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	---	---	**249'070 Fr.**	---	**249'070 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**101'550 Fr.**	---	**109'270 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %				
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	492'630 Fr.		492'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %	1.000	77'000 Fr.		77'000 Fr.
Eigenstrombedarf	0.0 %	1.000	-225'000 Fr.		-225'000 Fr.
Stromrücklieferung	0.0 %	1.000	-22'500 Fr.		-22'500 Fr.
Total Energiekosten			**344'630 Fr.**		**346'340 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**704'680 Fr.**

Variante 4: Vergaser-BHKW

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert bestehende Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	22'740 Fr.
Wärmekraftkoppelung (Verg.-BHKW)	2'500'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	224'850 Fr.
Uebrige Installationen	320'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	23'550 Fr.
Subvention BFE / WEA	-1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	-89'940 Fr.
Honorare, Unvorherges. (7.1 %)	250'000 Fr.			
Total	**3'520'000 Fr.**	Ø 19 Jahre		**271'140 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.		1.0 %	4'500 Fr.
Wärmekraftkoppelung	2'500'000 Fr.		2.5 %	62'500 Fr.
Uebrige Installationen	260'000 Fr.		1.5 %	3'900 Fr.
Reinigungs-/Wartungsarbeiten		30'000 Fr.		30'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		3'500 Fr.		3'500 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 3.3 %)			**114'400 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektro HT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el		650'000 kWh/a	4.0 Rp/kWh	26'000 Fr.
Energieholz Wärme		13'425'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	469'880 Fr.
Energieholz Strom		2'160'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	75'600 Fr.
Eigenstrombedarf		-1'440'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-216'000 Fr.
Stromrücklieferung		0 kWh/a	15.0 Rp/kWh	
Total				**377'980 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten		Mittl. jährl. Kosten über die BD
			Kap. Energie, W+B	Umwelt	
Kapitalkosten	---	---	**271'140 Fr.**	---	**271'140 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**114'400 Fr.**	---	**123'100 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %	1.076	26'000 Fr.		27'980 Fr.
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	469'880 Fr.		469'880 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %	1.000	75'600 Fr.		75'600 Fr.
Eigenstrombedarf	0.0 %	1.000	-216'000 Fr.		-216'000 Fr.
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**377'980 Fr.**		**381'670 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**775'910 Fr.**

AMT FÜR BUNDESBAUTEN
OFFICE DES CONSTRUCTIONS FÉDÉRALES
UFFICIO DELLE COSTRUZIONI FEDERALI

Beurteilung von Energiesystemen

1. Projektinformationen

Anlageort / -bezeichnung:	Reinhardt Holz AG, beim Bahnhof
Objektnummer und Objekt-bezeichnung:	3762 Erlenbach **Berechnung ohne Subvention,** **Mit Restwert bestehende Anlage**
Bearbeitete Aufgabenstellung:	Erweiterung Wärmeerzeugung Variantenvergleiche Holz / WKK
Beauftragter (Ort, Tel.):	Hansp. Abbühl, Ing. Büro Haustechnik
Projektleiter AFB (BK, Tel.):	3763 Därstetten
Fachberater AFB (Abt, Tel.):	Tel 033 783 16 26
Bearbeitungsdatum:	01.06.2000 / 31.10.00 / Wirtensy.xls

2. Antrag für die Weiterbearbeitung

Variante:

Entscheidbegründung:

3. Grundlagendaten

Allgemeine Inflationsrate (reale Betrachtungsweise)	**0.0 %**
Realer Kalkulationszinssatz	4.0 %
Reale Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kostensteigerung	1.0 %

Energiepreise und Energiekostensteigerung

Energieträger	Effektiver Endenergiepreis [Rp/kWh]	Zuschlag für Umweltkosten [Rp/kWh]	Berechnungspreis [Rp/kWh]	Reale Kosten-steigerung pro Jahr* [%]
Elektro HT/NT gemittelt	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	1.0 %
				1.0 %
				1.0 %
Heizoel el	4.0 Rp/kWh		4.0 Rp/kWh	1.0 %
Energieholz Wärme	3.5 Rp/kWh		3.5 Rp/kWh	0.0 %
Energieholz Strom	3.5 Rp/kWh		3.5 Rp/kWh	0.0 %
Eigenstrombedarf	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	0.0 %
Stromrücklieferung	15.0 Rp/kWh		15.0 Rp/kWh	0.0 %

Zusammenfassung Variantenvergleich

Variantenbeschreibung / Energieproduktion und Auswirkungen

Variantenbeschreibung	**Variante 1**	**Variante 2**	**Variante 3**	**Variante 4**
Variantenbezeichnung	**best. Anlage**	**Holz Konvent.**	**Thermooel-ORC**	**Vergaser-BHKW**
Variantenbeschrieb	Referenzvariante			
Energieproduktion [MWh/a]				
Wärme (Stufe Nutzenergie)	7500.0 MWh/a	10800.0 MWh/a	10800.0 MWh/a	10800.0 MWh/a
Elektrizität (Stufe Nutzenergie)	0.0 MWh/a	0.0 MWh/a	1650.0 MWh/a	1440.0 MWh/a
Auswirk. auf E.buchhaltung [MWh/a]				
Minderverbrauch fossiler Energie				
Minderverbrauch elektr. Energie				
Mehrprod. erneuerbare Wärme		3'300.0 MWh/a	3'300.0 MWh/a	3'300.0 MWh/a
Mehrprod. erneuerbare Elektr.			1'650.0 MWh/a	1'440.0 MWh/a

Total der heutigen jährlichen Kosten

Kostenart	**Variante 1**	**Variante 2**	**Variante 3**	**Variante 4**
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	26'000	51'400	101'550	114'400
Energiekosten [Fr.]	358'630	515'130	344'630	377'980
Betriebskosten [Fr.]	**384'630**	**566'530**	**446'180**	**492'380**
Kapitalkosten [Fr.]	**89'940**	**163'880**	**330'020**	**356'660**
Umweltkosten [Fr.]				
Total [Fr.]	**474'570**	**730'410**	**776'200**	**849'040**
	(100%)	(154%)	(164%)	(179%)

Total der mittleren jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer

Es sollen nur Varianten mit gleicher Betrachtungsdauer untereinander verglichen werden.

Betrachtungsdauer [Jahre]:	15	15	15	15

Kostenart	Variante 1 best. Anlage	Variante 2 Holz Konvent.	Variante 3 Thermooel-ORC	Variante 4 Vergaser-BHKW
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	27'980	55'310	109'270	123'100
Energiekosten [Fr.]	360'150	516'840	346'340	381'670
Betriebskosten [Fr.]	**388'130**	**572'150**	**455'610**	**504'770**
Kapitalkosten [Fr.]	**89'940**	**163'880**	**330'020**	**356'660**
Umweltkosten [Fr.]		**0**	**0**	**0**
Total [Fr.]	478'070	736'030	785'630	861'430
	(100%)	(154%)	(164%)	(180%)

Investitionskosten

Total [Fr.]	**1'000'000**	**1'980'000**	**3'970'000**	**4'460'000**

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie

	Variante 1	**Variante 2**	**Variante 3**	**Variante 4**
Mittl. Wärmegestehungskosten*	**6.4 Rp./kWh**	**6.8 Rp./kWh**	**5.0 Rp./kWh**	**5.7 Rp./kWh**
Mittl. Stromgestehungskosten*			**15.0 Rp./kWh**	**17.1 Rp./kWh**

Variante 1: best. Anlage

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Total	**1'000'000 Fr.**	15 Jahre		**89'940 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Reinigungsarbeiten		15'000 Fr.		15'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		1'000 Fr.		1'000 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.6 %)			**26'000 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektro HT/NT gemitt.		100'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	15'000 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el		125'000 kWh/a	4.0 Rp/kWh	5'000 Fr.
Energieholz Wärme		9'675'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	338'630 Fr.
Energieholz Strom			3.5 Rp/kWh	
Eigenstrombedarf			15.0 Rp/kWh	
Stromrücklieferung			15.0 Rp/kWh	
Total				**358'630 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	---	---	**89'940 Fr.**	---	**89'940 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**26'000 Fr.**	---	**27'980 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HAT/NT	1.0 %	1.076	15'000 Fr.		16'140 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel	1.0 %	1.076	5'000 Fr.		5'380 Fr.
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	338'630 Fr.		338'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %				
Eigenstrombedarf	0.0 %				
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**358'630 Fr.**		**360'150 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**478'070 Fr.**

Variante 2: Holz Konvent.

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	240'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	12'130 Fr.
Holzkessel	450'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	40'470 Fr.
Uebrige Installationen	200'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	14'720 Fr.
Honorare, Unvorherges. (4.5 %)	90'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	6'620 Fr.
Total	**1'980'000 Fr.**	19 Jahre		**163'880 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	240'000 Fr.		1.0 %	2'400 Fr.
Holzkessel	450'000 Fr.		2.0 %	9'000 Fr.
Uebrige Installationen	200'000 Fr.		1.5 %	3'000 Fr.
Reinigungsarbeiten		25'000 Fr.		25'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		2'000 Fr.		2'000 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.6 %)			**51'400 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektro HAT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel		0 kWh/a	4.0 Rp/kWh	
Energieholz Wärme		14'075'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	492'630 Fr.
Energieholz Strom		0 kWh/a	3.5 Rp/kWh	
Eigenstrombedarf			15.0 Rp/kWh	
Stromrücklieferung			15.0 Rp/kWh	
Total				**515'130 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre** Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	—	—	**163'880 Fr.**	—	**163'880 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**51'400 Fr.**	—	**55'310 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HAT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %				
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	492'630 Fr.		492'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %				
Eigenstrombedarf	0.0 %				
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**515'130 Fr.**		**516'840 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**736'030 Fr.**

Variante 3: Thermooel-ORC

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert best. Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	22'740 Fr.
Wärmekraftkoppelung (ORC)	1'950'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	175'390 Fr.
Uebrige Installationen	320'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	23'550 Fr.
Honorare, Unvorherges. (6.3 %)	250'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	18'400 Fr.
Total	**3'970'000 Fr.**	19 Jahre		**330'020 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.		1.0 %	4'500 Fr.
Wärmekraftkoppelung	1'950'000 Fr.		2.5 %	48'750 Fr.
Uebrige Installationen	320'000 Fr.		1.5 %	4'800 Fr.
Reinigungsarbeiten		30'000 Fr.		30'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		3'500 Fr.		3'500 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.6 %)			**101'550 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektro HT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el			4.0 Rp/kWh	
Energieholz Wärme		14'075'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	492'630 Fr.
Energieholz Strom		2'200'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	77'000 Fr.
Eigenstrombedarf		-1'500'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-225'000 Fr.
Stromrücklieferung		-150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-22'500 Fr.
Total				**344'630 Fr.**

Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	—	—	**330'020 Fr.**	—	**330'020 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**101'550 Fr.**	—	**109'270 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %				
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	492'630 Fr.		492'630 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %	1.000	77'000 Fr.		77'000 Fr.
Eigenstrombedarf	0.0 %	1.000	-225'000 Fr.		-225'000 Fr.
Stromrücklieferung	0.0 %	1.000	-22'500 Fr.		-22'500 Fr.
Total Energiekosten			**344'630 Fr.**		**346'340 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**785'630 Fr.**

Variante 4: Vergaser-BHKW

Jährliche Kapitalkosten

(Kapitalzins, real: 4.0 %)

Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Restwert bestehende Anlagen	1'000'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	89'940 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.	40 Jahre	5.05 %	22'740 Fr.
Wärmekraftkoppelung (Verg.-BHKW)	2'500'000 Fr.	15 Jahre	8.99 %	224'850 Fr.
Uebrige Installationen	260'000 Fr.	20 Jahre	7.36 %	19'130 Fr.
Honorare, Unvorherges. (5.6 %)	250'000 Fr.			
Total	**4'460'000 Fr.**	⌀ 18 Jahre		**356'660 Fr.**

Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)

Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Bestehende Anlage	1'000'000 Fr.		1.0 %	10'000 Fr.
Bauteile	450'000 Fr.		1.0 %	4'500 Fr.
Wärmekraftkoppelung	2'500'000 Fr.		2.5 %	62'500 Fr.
Uebrige Installationen	260'000 Fr.		1.5 %	3'900 Fr.
Reinigungs-/Wartungsarbeiten		30'000 Fr.		30'000 Fr.
Behördliche Kontrollen		3'500 Fr.		3'500 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskoster 2.6 %)			**114'400 Fr.**

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühr [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektro HT/NT		150'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	22'500 Fr.
			Rp/kWh	
			Rp/kWh	
Heizoel el		650'000 kWh/a	4.0 Rp/kWh	26'000 Fr.
Energieholz Wärme		13'425'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	469'880 Fr.
Energieholz Strom		2'160'000 kWh/a	3.5 Rp/kWh	75'600 Fr.
Eigenstrombedarf		-1'440'000 kWh/a	15.0 Rp/kWh	-216'000 Fr.
Stromrücklieferung		0 kWh/a	15.0 Rp/kWh	
Total				**377'980 Fr.**

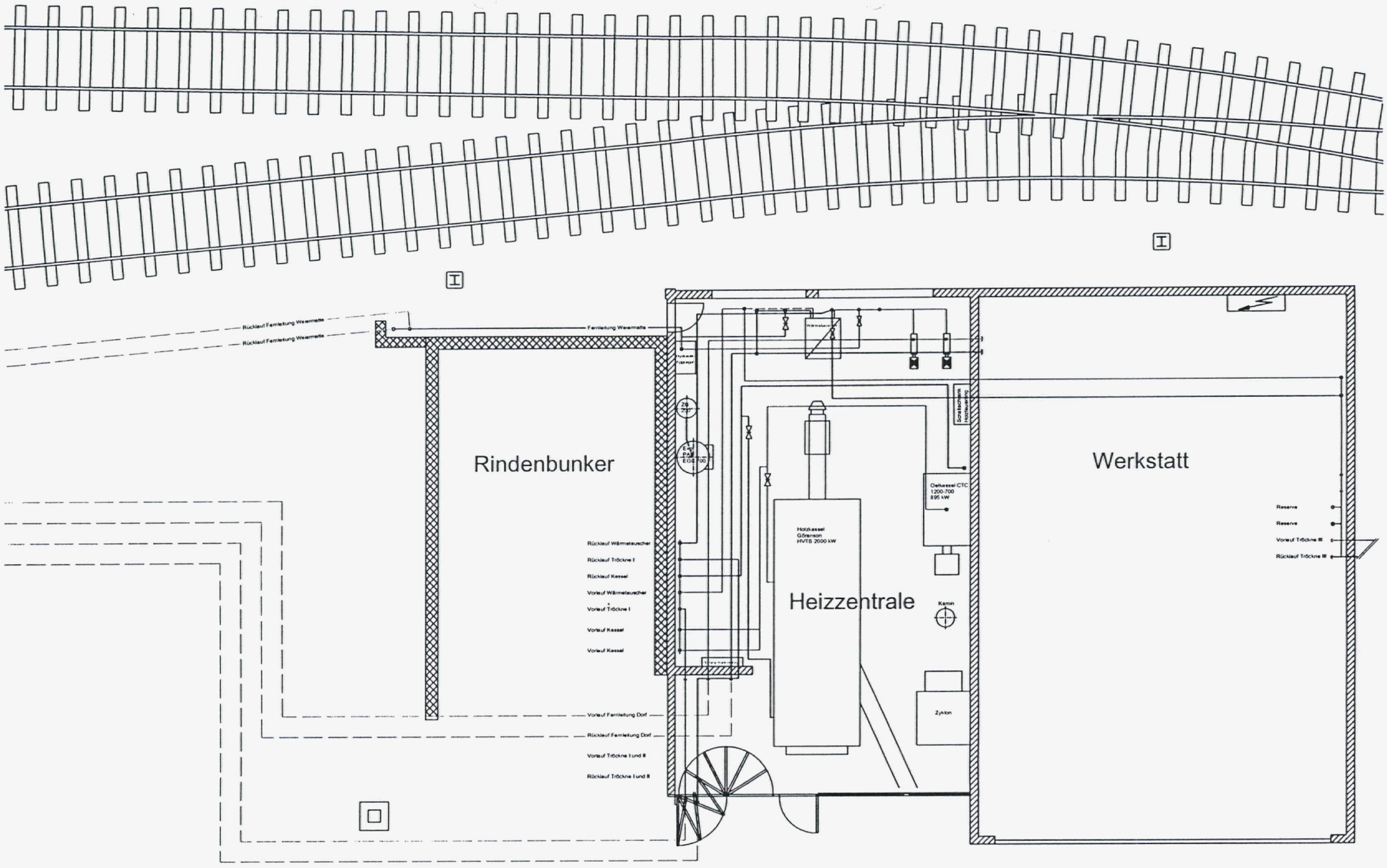
Total der jährlichen Kosten

Progr.vorschlag Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

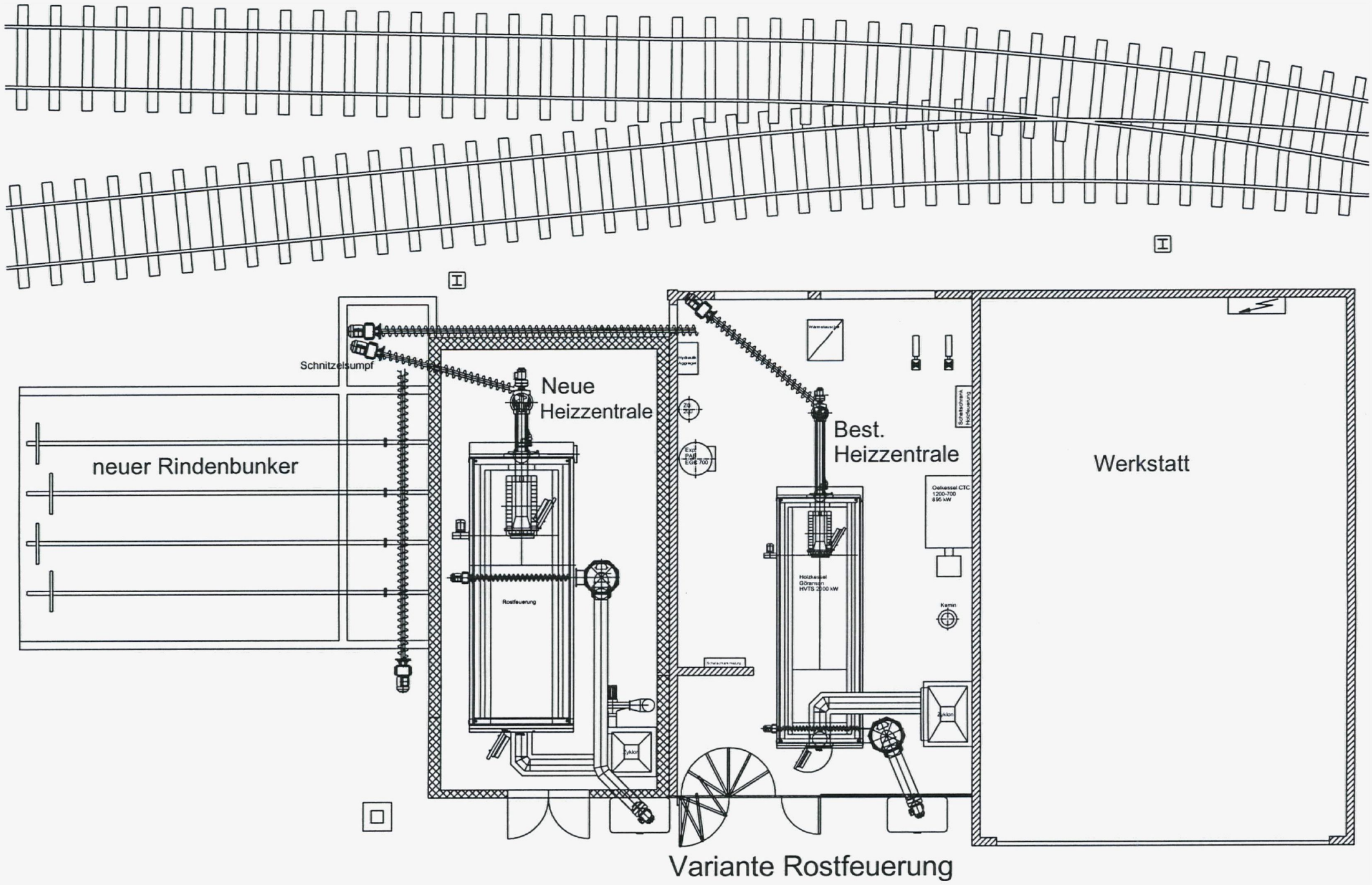
Betrachtungsdauer [BD]* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktor (für Energie, W+B)	Heutige jährliche Kosten Kap. Energie, W+B	Umwelt	Mittl. jährl. Kosten über die BD
Kapitalkosten	—	—	**356'660 Fr.**	—	**356'660 Fr.**
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.076	**114'400 Fr.**	—	**123'100 Fr.**
Energiekosten					
Elektro HT/NT	1.0 %	1.076	22'500 Fr.		24'210 Fr.
	1.0 %				
	1.0 %				
Heizoel el	1.0 %	1.076	26'000 Fr.		27'980 Fr.
Energieholz Wärme	0.0 %	1.000	469'880 Fr.		469'880 Fr.
Energieholz Strom	0.0 %	1.000	75'600 Fr.		75'600 Fr.
Eigenstrombedarf	0.0 %	1.000	-216'000 Fr.		-216'000 Fr.
Stromrücklieferung	0.0 %				
Total Energiekosten			**377'980 Fr.**		**381'670 Fr.**
Total Umweltkosten				**0 Fr.**	**0 Fr.**
TOTAL					**861'430 Fr.**

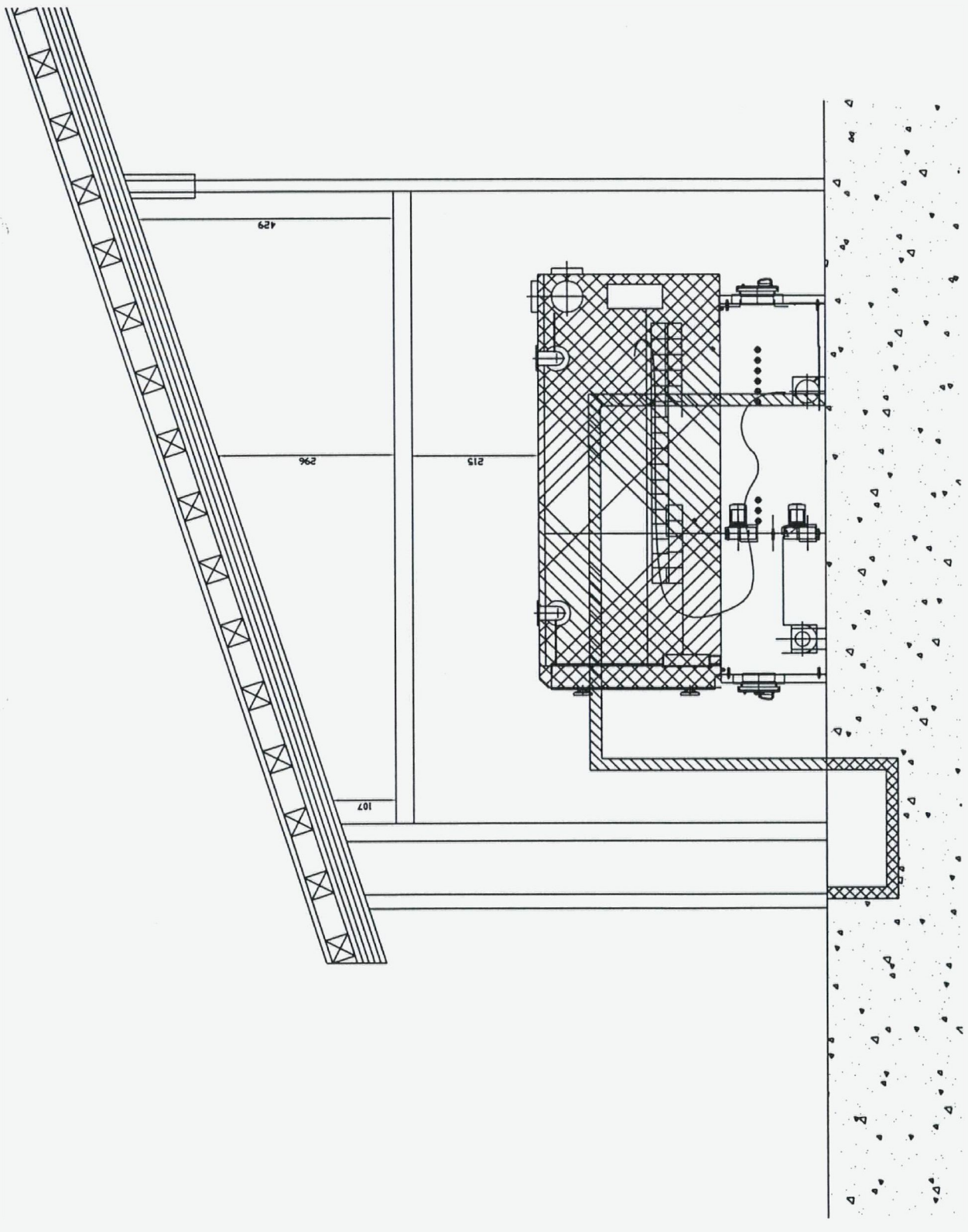


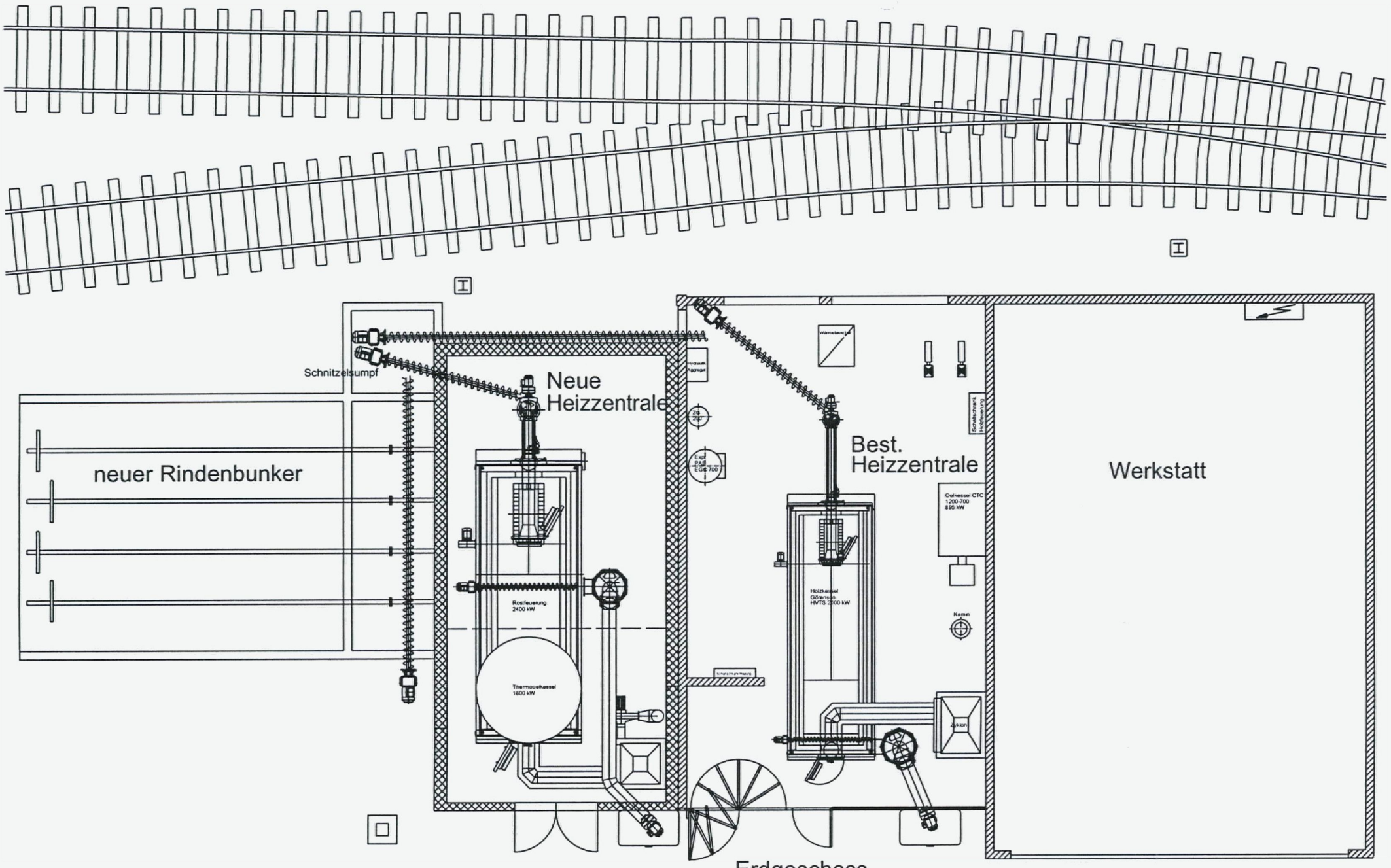
Bestehende Heizungszentrale



Variante Rostfeuerung

	Reinhardt Holz AG	Nr. 1267-4	
	Schnitt Erweiterung Fernwärmezentrale Variante Rostfeuerung	M. 1 : 100	Gez.RI Rev.
		Gr. 21 /30	
H. P. Abbühl, Ing. Büro Haustechnik, 3763 Därstetten, Tel 033 / 783 16 26, Fax 033 / 783 19 28		Dat.08.06.00	

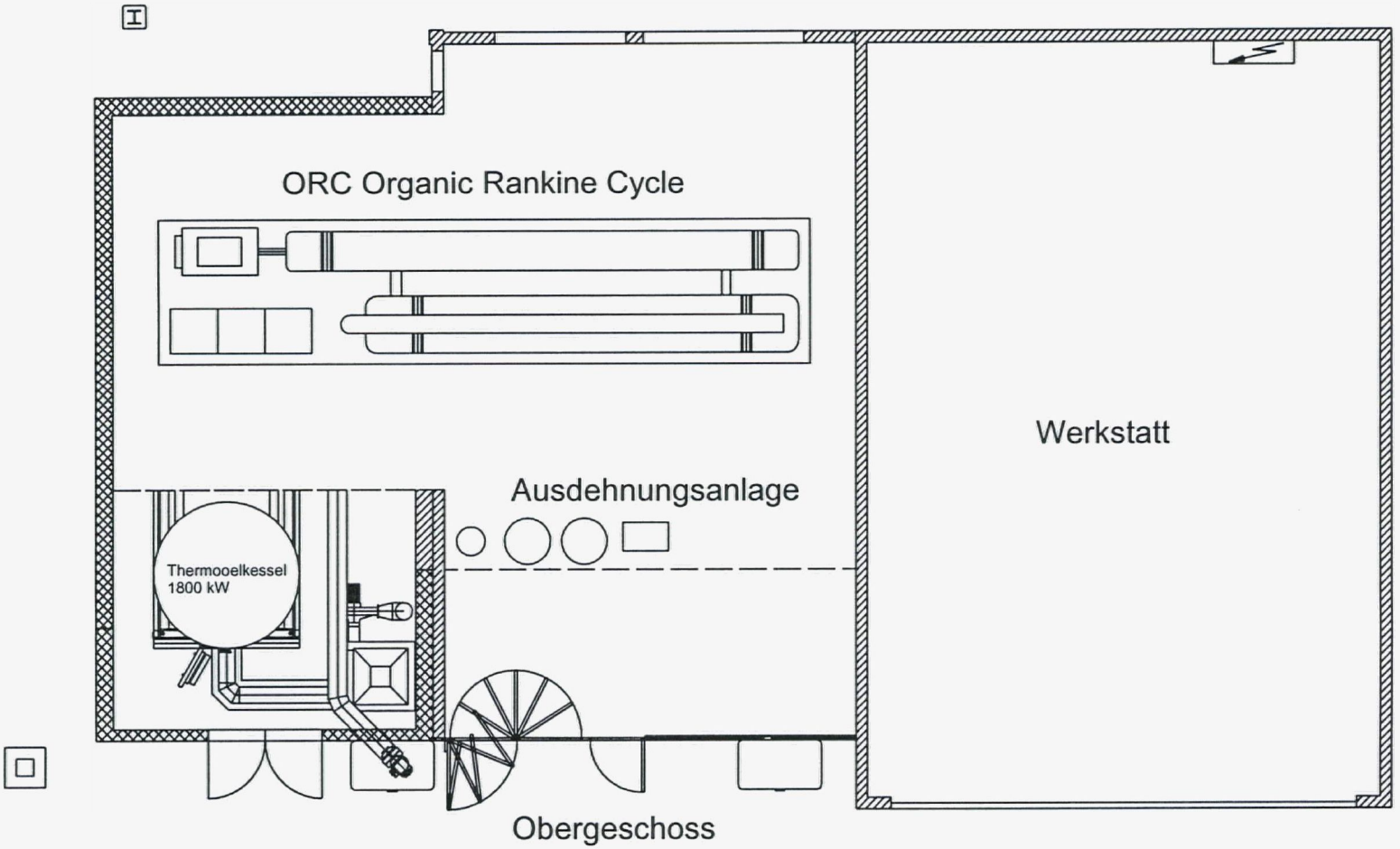




Erdgeschoss

Variante ORC Organic Rankine Cycle

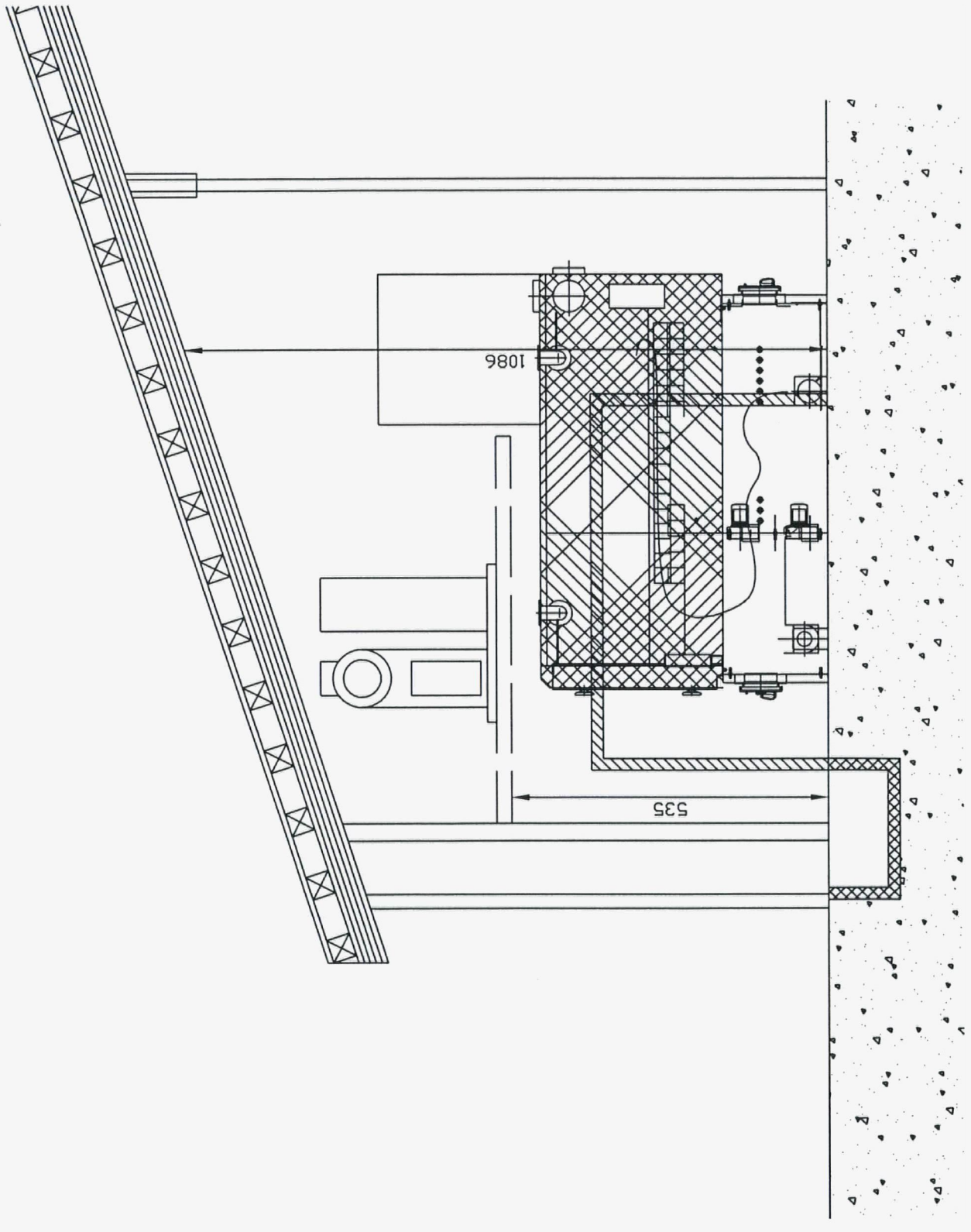
Thermooel

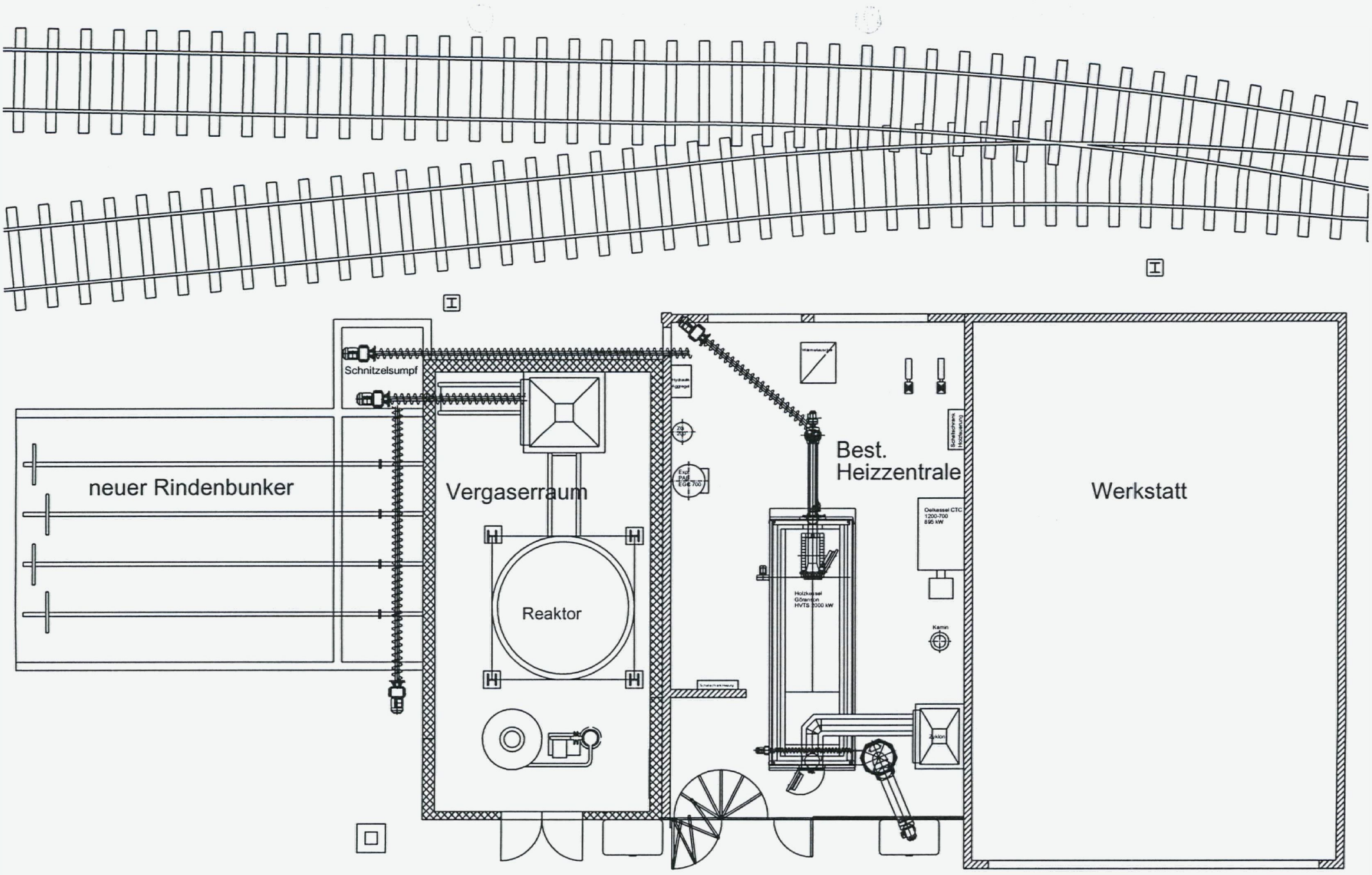


Variante ORC Organic Rankine Cycle

Thermooel

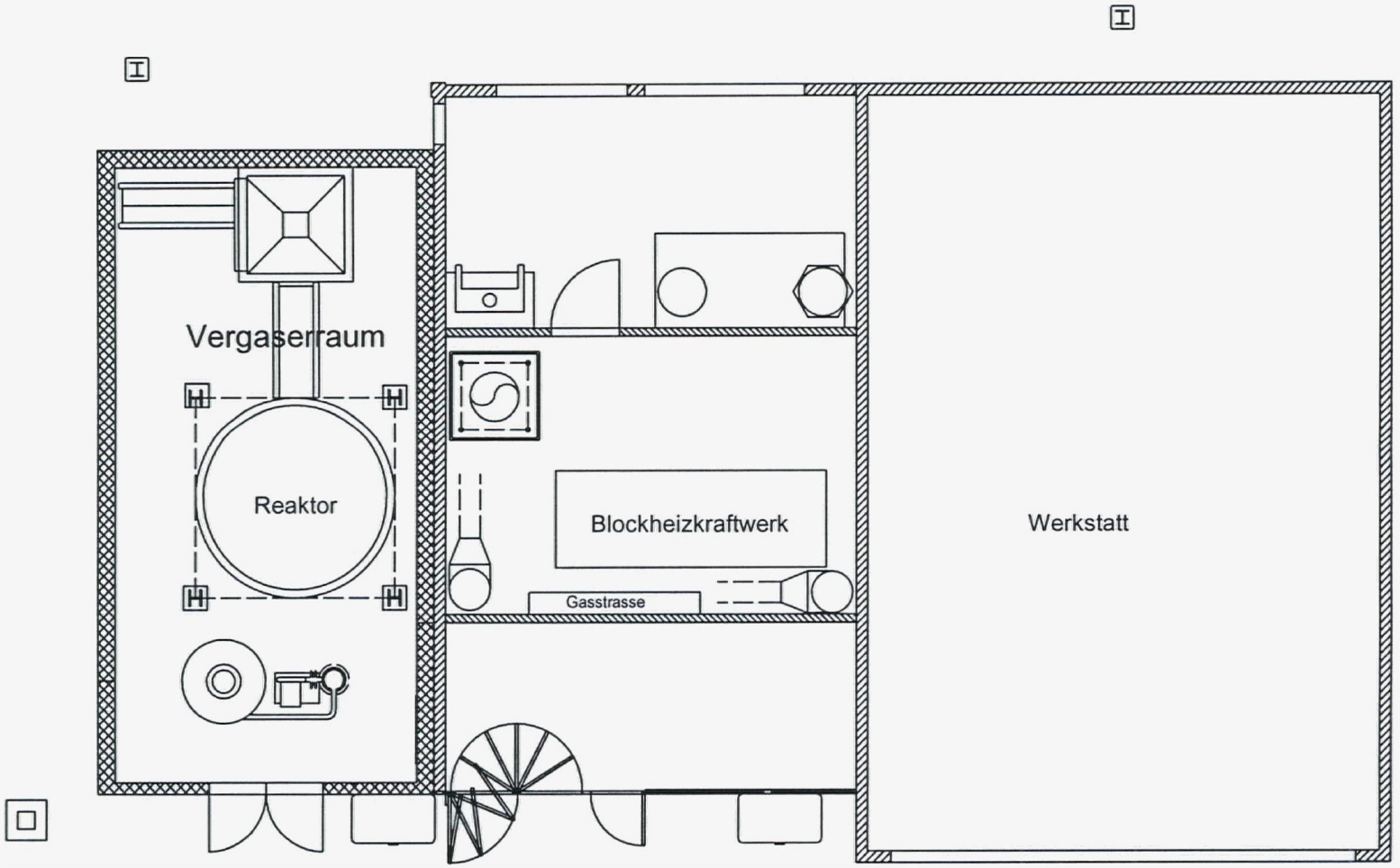
	Reinhardt Holz AG	Nr. 1267-5	
	Schnitt Erweiterung Fernwärmezentrale Variante Thermooel	M. 1 : 100	Gez.RI Rev.
		Gr. 21 /30	
H. P. Abbühl, Ing. Büro Haustechnik, 3763 Därstetten, Tel 033 / 783 16 26, Fax 033 / 783 19 28		Dat.08.06.00	





Erdgeschoss

Variante Holzvergasung



Obergeschoss

Variante Holzvergasung

Reinhardt Holz AG, 3762 Erlenbach i.S.

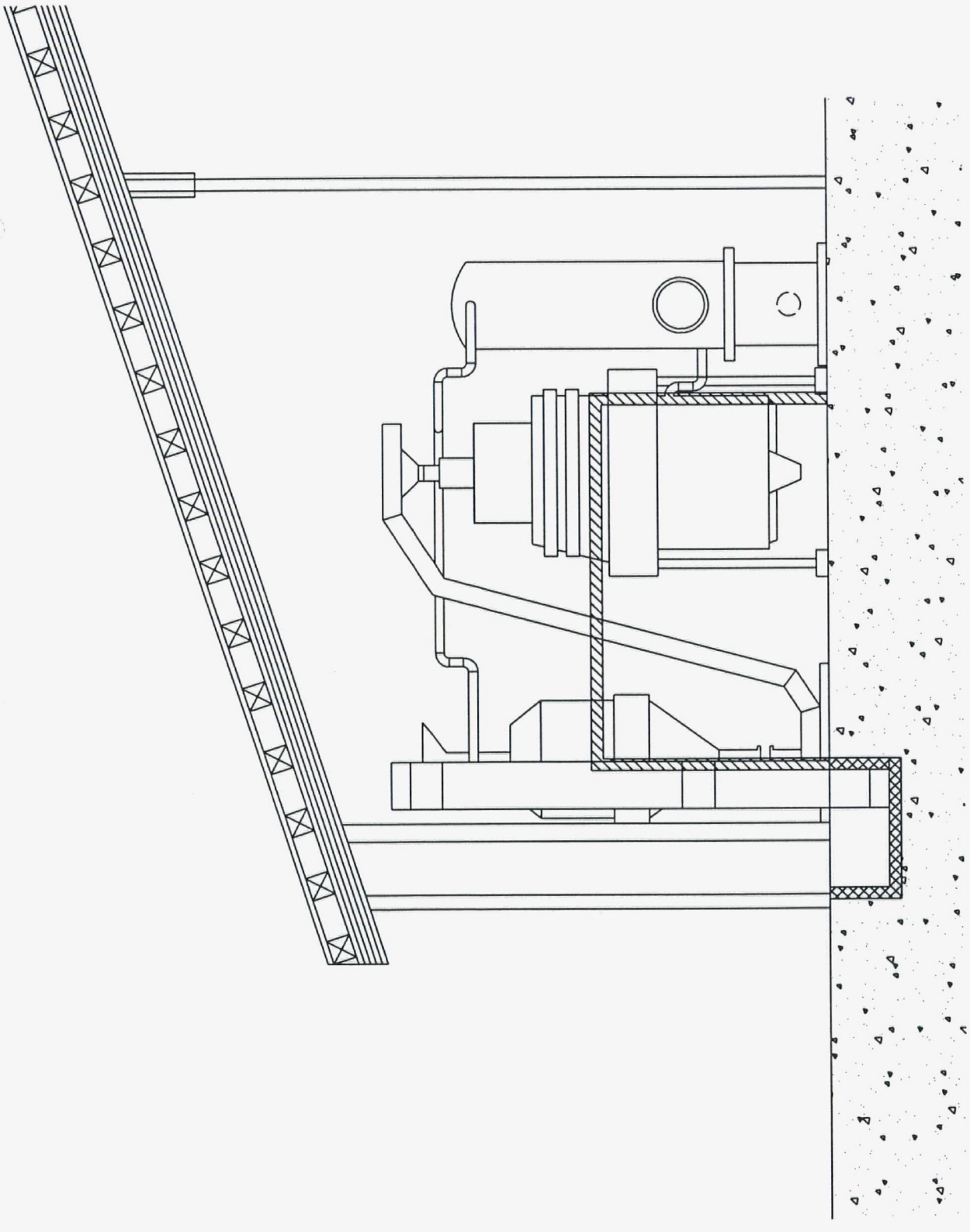
Zusammenstellung der Heizleistungsbedarfe in kW Raumheizungen bei Aussentemperatur - 10 °C			Sommer	Winter
Heute:	Bandlast Warmwasser		200	200
	Raumheizung Fernwärme		-	1'100
	3 Holztröckneanlagen	Durchschnittsbetrieb	1'000	1'000
		Vollastbetrieb	1'200	1'200
	Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb		**1'200**	**2'300**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		1'400	2'500
Ausbauten:	Bandlast Warmwasser		100	100
	Raumheizung Weier / Alpinamatte		-	300
	2 Holztröckneanlagen	Durchschnittsbetrieb	800	800
		Vollastbetrieb	1'000	1'000
	Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb		**900**	**1'200**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		1'100	1'400
Endausbau:	**Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb**		**2'100**	**3'500**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		2'500	3'900

Stromerzeugung:	Annahme 400 kW Klemmenleistung	500	500

Kesselleistungen:	Holzkessel Järnforssen bestehend	2000
	Oelkessel bestehend	400
	Holzkessel neu, bei Wärmebetrieb	2000 ??
	Holzkessel neu bei BHKW-Betrieb	2500 ??

Därstetten, 14.4.00 HPA

	Reinhardt Holz AG	Nr. 1267-6	
	Schnitt Erweiterung Fernwärmezentrale Variante Holzvergasung	M. 1 : 100	Gez.RI Rev.
		Gr. 21 /30	
H. P. Abbühl, Ing. Büro Haustechnik, 3763 Därstetten, Tel 033 / 783 16 26, Fax 033 / 783 19 28		Dat.21.06.00	



	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00
Kunz	-	-	-	-	-	11'640	7345
Hari	-	-	-	-	-	15'300	14871
von Niederhäusern	19'210	21'046	23'717*	21'518	22'807	18'405	20227
Hofer, Regezhaus	35'755	33'300	38'966	38'774	22'641	10'707	0
Reinhardt, Chilchboden	145'358	131'013	121'447	109'883	120'827	136'539	131088
Maurer	36'327	34'059	21'447	27'962	28'632	31'219	29238
Aegler	20'839	20'285	23'321	21'266	22'929	24'836	21927
Matti	36'552	33'357	33'147	37'930	33'084	37'039	33686
Bezirksspital	874'594	922'451	597'618	435'060	627'485	773'072	707937
Altersheim	262'915	274'332	297'868	285'452	280'535	299'275	271700
Drogerie	84'603	83'372	90'357	96'106	93'667	108'053	92398
Dr. Siegrist	36'221	38'776	41'723	39'412	39'256	45'353	48140
Rest. Linde	51'385	52'243	55'212	48'584	43'421	51'239	48936
Hofer, Polizeihaus	48'124	49'147	52'174	46'413	37'043	24'110	43275
Isler	17'919	21'469	21'904	22'462	26'467	23'616	20719
Pfarrhaus	49'765	47'002*	47'002*	48'175	45'001	41'633	40763
Raiffeisenbank	44'937	50'135	54'602	38'335	37'986	45'592	44020
Dr. Künzi	33'741	34'465	36'238	37'760	31'462	38'962	37283
Nyffenegger	34'524	30'695	33'710	35'755	34'360	34'350	32200
Sigrist	47'268	43'057	42'041	33'993	34'002	37'068	35563
Meier	49'838	54'791	58'487	49'983	40'682	47'368	43543
Reinhardt, Neubau	27'409	28'907	14'461	25'468	27'384	32'279	30257
Treuthardt	17'731	12'367	16'519*	15'539	17'337	2'938	16796
Schrepfer	23'606	23'037	24'931	22'049	19'324	23'109	20009
Sekundarschulhaus neu	180'870	181'385	235'017	212'994	204'640	210'397	199399
Sekundarschulhaus alt	123'969	74'316	90'861	84'735	79'029	86'608	71383
Bahnstation	40'325	38'855	41'035	41'694	41'541	44'540	42568
Jutzeler	-	-	20'832	13'231	15'288	17'206	16769
Gemeindehaus	-	-	-	30'975	30'623	41'145	36938
Gemeindeverwaltung Weiermatt							56717
Rest. Erle							70737
Liechti							9726
Total				1'921'508	2'057'453	2'313'598	2296158

*= auf durchschnittlichen Verbrauch gerechnet

Reinhardt Holz AG, 3762 Erlenbach i.S.

Zusammenstellung der Heizleistungsbedarfe in kW Raumheizungen bei Aussentemperatur - 10 °C			Sommer	Winter
Heute:	Bandlast Warmwasser		200	200
	Raumheizung Fernwärme		-	1'100
	3 Holztröckneanlagen	Durchschnittsbetrieb	1'000	1'000
		Vollastbetrieb	1'200	1'200
	Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb		**1'200**	**2'300**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		1'400	2'500
Ausbauten:	Bandlast Warmwasser		100	100
	Raumheizung Weier / Alpinamatte		-	300
	2 Holztröckneanlagen	Durchschnittsbetrieb	800	800
		Vollastbetrieb	1'000	1'000
	Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb		**900**	**1'200**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		1'100	1'400
Endausbau:	**Total bei Holztröckne-Durchschnittsbetrieb**		**2'100**	**3'500**
	Total bei Holztröckne-Vollastbetrieb		2'500	3'900

Stromerzeugung:	Annahme 400 kW Klemmenleistung	500	500
Kesselleistungen:	Holzkessel Järnforssen bestehend	2000	
	Oelkessel bestehend	400	
	Holzkessel neu, bei Wärmebetrieb	2000 ??	
	Holzkessel neu bei BHKW-Betrieb	2500 ??	

Därstetten, 14.4.00 HPA

Reinhardt Holz AG Erlenbach i.S.

Elektroenergiebedarf

Jahr / Quartal	**Hochtarif** kWh	Fr.	**Niedertarif** kWh	Fr.	**Leistung** kW	Fr.	**Total** kWh	Fr.
I/96	303106	50'618.00	43999	4'400.00	677	16'250.00	347105	55'018.00 -
II/96	283376	37'689.00	39809	2'786.00	617	12'030.00	323185	40'475.00 -
III/96	287799	38'277.00	40042	2'803.00	593	11'575.00	327841	41'080.00 -
IV/96	320275	53'486.00	51682	5'168.00	648	15'552.00	371957	58'654.00 -
Total	**1194556**	180'070.00	**175532**	15'157.00	**2535**	55'407.00	**1370088**	195'227.00
Mwst 6.5 %		11'704.55		985.21		3'601.46		12'689.76
Total		**191'774.55**		**16'142.21**		**59'008.46**		**207'916.76**
Bedarf 1999 1996+10%		**210'952.01**	**-**	**17'756.43**	**-**	**64'909.30**	**1'507'097**	**228'708.43**

Durchschnittsenergiepreis Fr/kWh 0.152

	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember			
Warmwasser	41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666		41666			499992
Holztröckne	416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666		416666			4999992
Raumheizung	348000		282000		271000		181000		98000		30000		11000		18000		47000		154000		250000		337000			2027000
Holzkessel best.		750000		740332		729332		639332		556332		488332		469332		476332		505332		612332		708332		750000		7425320
Oelkessel best.		56332																						45332		101664
	806332	806332	740332	740332	729332	729332	639332	639332	556332	556332	488332	488332	469332	469332	476332	476332	505332	505332	612332	612332	708332	708332	795332	795332		

Reinhardt Nutzenergie 2000

	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
Warmwasser	58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		699996
Holztröckne	625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		7500000
Raumheizung	450000		365000		351000		233000		126000		38000		14000		22000		60000		199000		323000		419000		2600000
Holzkessel neu		800000		800000		800000		800000		800000		721333		697333		705333		743333		800000		800000		800000	9267332
Holzkessel best.		333333		248333		234333		116333		9333		0		0		0		0		82333		206333		302333	1532664
	1133333	1133333	1048333	1048333	1034333	1034333	916333	916333	809333	809333	721333	721333	697333	697333	705333	705333	743333	743333	882333	882333	1006333	1006333	1102333	1102333	

Reinhardt Nutzenergie 2005

	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
Warmwasser	58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		699996
Holztröckne	625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		7500000
Wärme für WKK	175000		175000		175000		175000		175000		175000		0		0		175000		175000		175000		175000		1750000
Raumheizung	450000		365000		351000		233000		126000		38000		14000		22000		60000		199000		323000		419000		2600000
Holzk / ORC neu		800000		800000		800000		800000		800000		800000		0		0		800000		800000		800000		800000	8000000
Holzkessel best.		508333		423333		409333		291333		184333		96333		697333		705333		118333		257333		381333		477333	4549996
	1308333	1308333	1223333	1223333	1209333	1209333	1091333	1091333	984333	984333	896333	896333	697333	697333	705333	705333	918333	918333	1057333	1057333	1181333	1181333	1277333	1277333	

Reinhardt Nutzenergie 2005 WKK/ORC

	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
Strombedarf Säge	131500		119000		131500		117000		121000		117000		121500		121500		117500		137500		133500		137500		1506000
Bedarfsdeckung Säge		131500		119000		131500		117000		121000		117000		0		0		117500		137500		133500		137500	1263000
Rücklieferung BKW		43500		56000		43500		58000		54000		58000		0		0		57500		37500		41500		37500	487000
Bezug BKW		0		0		0		0		0		0		121500		121500		0		0		0		0	243000
Total	131500	175000	119000	175000	131500	175000	117000	175000	121000	175000	117000	175000	121500	121500	121500	121500	117500	175000	137500	175000	133500	175000	137500	175000	

Reinhardt Elektrodiagramm WKK-ORC

	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
Warmwasser	58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		58333		699996
Holztröckne	625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		625000		7500000
Wärme für Wkk	144000		144000		144000		144000		144000		144000		0		0		144000		144000		144000		144000		1440000
Raumheizung	450000		365000		351000		233000		126000		38000		14000		22000		60000		199000		323000		419000		2600000
Vergaser th+el		360000		360000		360000		360000		360000		360000		0		0		360000		360000		360000		360000	3600000
Holzkessel best.		750000		750000		750000		700333		593333		505333		697333		705333		527333		666333		750000		750000	8145331
Oelkessel best.		167333		82333		68333		0		0		0		0		0		0		0		40333		136333	494665
	1277333	1277333	1192333	1192333	1178333	1178333	1060333	1060333	953333	953333	865333	865333	697333	697333	705333	705333	887333	887333	1026333	1026333	1150333	1150333	1246333	1246333	

Reinhardt Nutzenergie 2005 WKK/Vergaser

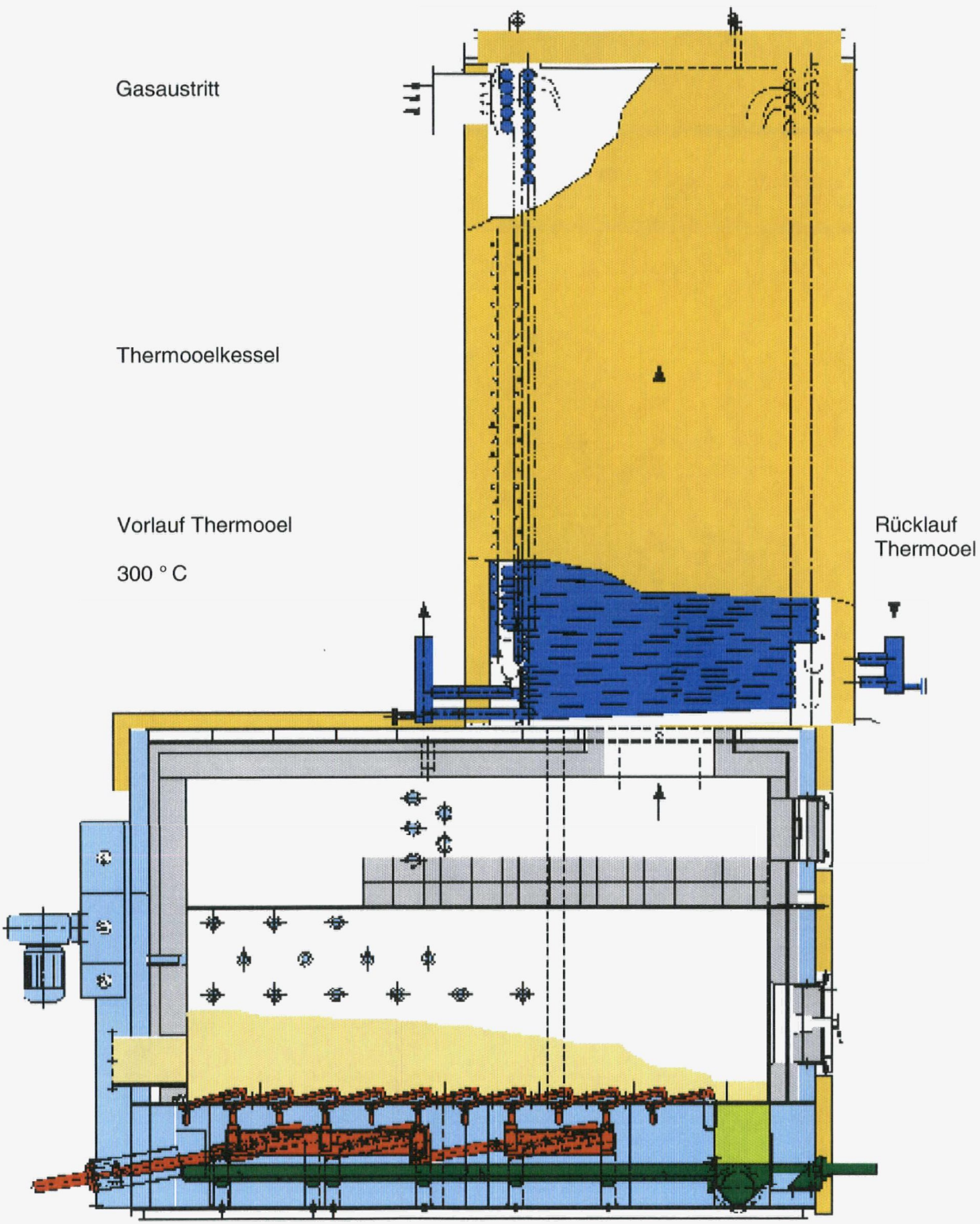
	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
Strombedarf Säge	131500		119000		131500		117000		121000		117000		121500		121500		117500		137500		133500		137500		1506000
Bedarfsdeckung Säge		131500		119000		131500		117000		121000		117000		0		0		117500		137500		133500		137500	1263000
Rücklieferung BKW		12500		25000		12500		27000		23000		27000		0		0		26500		6500		10500		6500	177000
Bezug BKW		0		0		0		0		0		0		121500		121500		0		0		0		0	243000
Total	131500	144000	119000	144000	131500	144000	117000	144000	121000	144000	117000	144000	121500	121500	121500	121500	117500	144000	137500	144000	133500	144000	137500	144000	

Reinhardt Elektrodiagramm WKK-Vergaser

SCHMID
HOLZFEUERUNGEN
voller Energie!

Waffenplatz Bière
(Schweiz)

Abb. Schnitt Thermooelkessel



Vorschubrost mit Low-Nox Verbrennungskammer und automatischer Entaschung

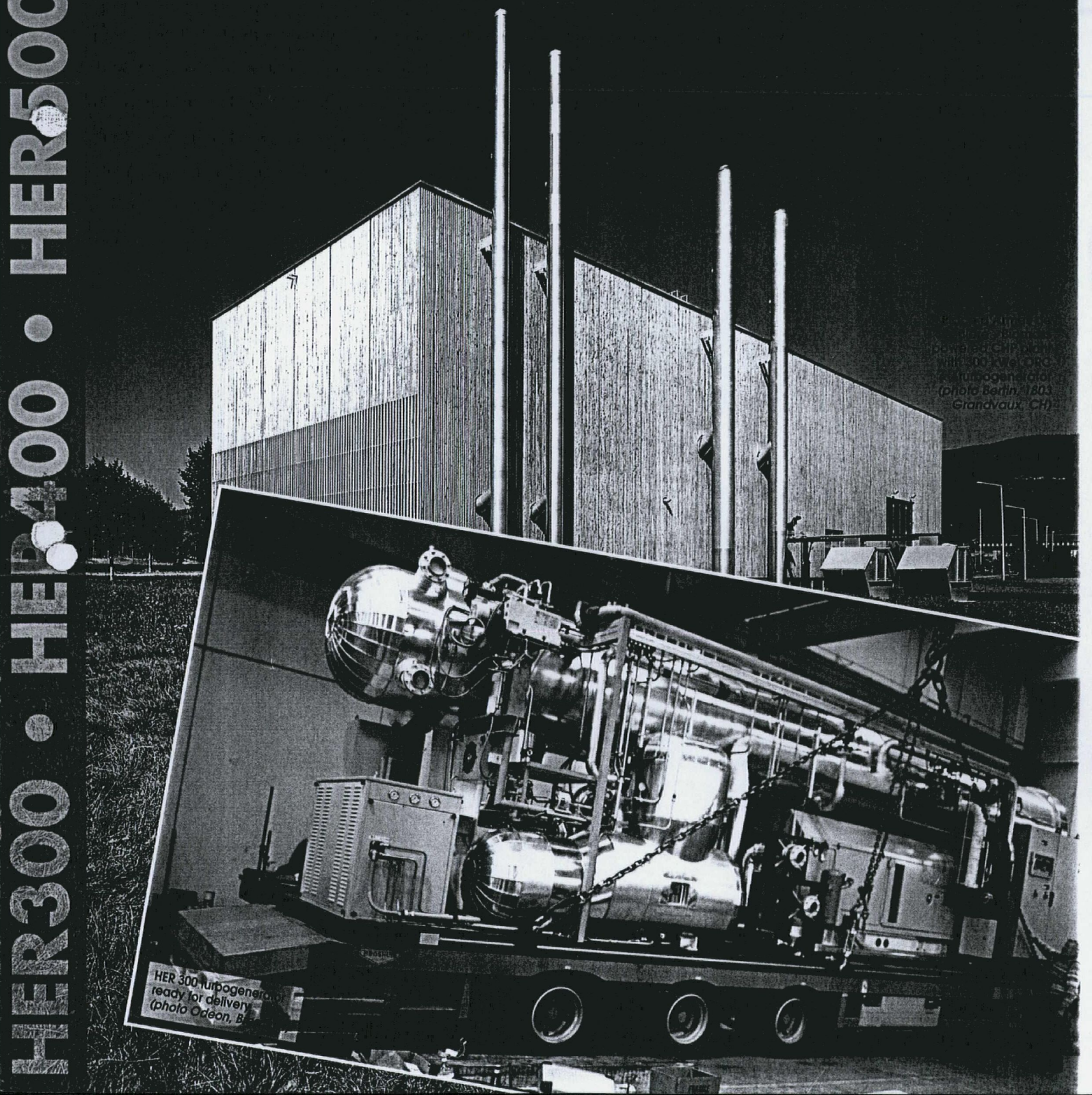
TURBODEN

HIGH EFFICIENCY RANKINE FOR BIOMASS POWERED ELECTRICITY PRODUCTION

300-600 KW ELECTRIC

+ DISTRICT HEATING OR INDUSTRIAL PROCESS HEAT

HER300 • HER400 • HER500 • HER600



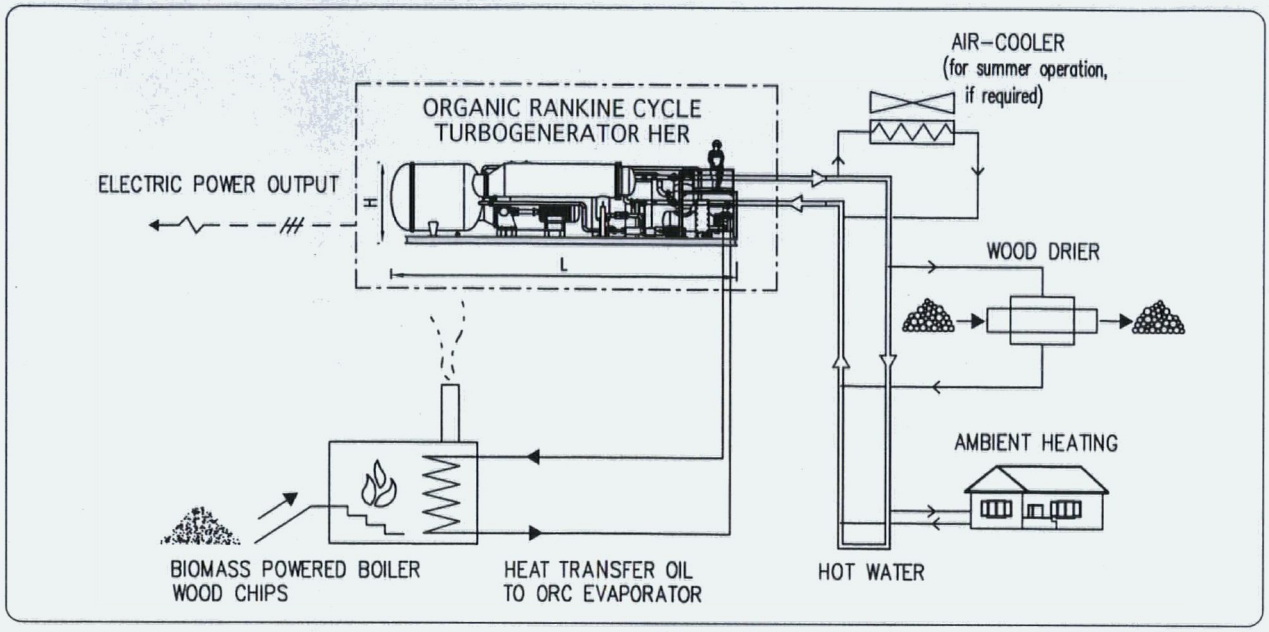
HER 300 turbogenerator ready for delivery (photo Odéon, B

Power plant CHP 300 kWe with 300 kWe ORC turbogenerator (photo Bertin, 1803, Grandvaux, CH)

HIGH EFFICIENCY RANKINE FOR BIOMASS POWERED PLANTS

The Concept:

- Biomass is burned in a boiler to produce a flow of high temperature heat transfer oil (typically 300 °C)
- Turboden HER turbogenerator uses the heat transfer oil flow to produce: **ELECTRICITY and HOT WATER**



TYPICAL SCHEME FOR BIOMAS POWERED ELECTRIC COGENERATOR

Advantages:

- No pressure in boiler
- No skilled / licensed operator required
- High conversion efficiency
- Very little maintenance

ORC unit	HER300	HER400	HER500	HER600
ORC unit	thermal oil in a closed loop	thermal oil in a closed loop	thermal oil in a closed loop	thermal oil in a closed loop
Thermal oil nominal temperature (In/Out)	300 / 250 °C	300 / 250 °C	300 / 250 °C	300 / 250 °C
Thermal oil flow (about)	13 kg/s	18.3 kg/s	23.6 kg/s	27.4 kg/s
Thermal power input from thermal oil	1880 kW	2250 kW	2900 kW	3500 kW
Hot water flow	12.3 kg/s	21.7 kg/s	27.7 kg/s	33.0 kg/s
Hot water temperature (In/Out)	60 / 90 °C	60 / 80 °C	60 / 80 °C	60 / 80 °C
Thermal power to the hot water circuit (about)	1550 kW	1800 kW	2320 kW	2800 kW
Net active electric power output	300 kW	400 kW	500 kW	600 kW
Efficiency (electricity vs. heat)	0.160	0.178	0.172	0.170
Overall dimensions (LxWxH)	11 x 2.2 x 3 m	12.5 x 2.5 x 3 m	13 x 2.5 x 3 m	13 x 2.5 x 3 m
Electric generator	asynch., 3 phase, L.V., 400 kW	asynch., 3 phase, L.V., 500 kW	asynch., 3 phase, L.V., 650 kW	asynch., 3 phase, L.V., 750 kW

TURBODEN S.r.l.
Via Circo, 1 - 20123 MILANO (head office only)
E-Mail: info@turboden.com
Internet: www.turboden.com

TURBODEN

TURBODEN S.r.l.
Viale Stazione, 23 - 25122 BRESCIA
Tel.: 39-030-377.23.41/6
Fax: 39-030-377.23.46



Power on

Energie aus Biomasse - die Technologie der Zukunft

Strom selber produzieren? Jetzt auch für mittelständische Unternehmen möglich!

Mit der Vergasung von Biomasse (zum Beispiel Holz) können jetzt neu auch mittelständische Unternehmen elektrische Energie produzieren.

Auch für Sie eine interessante Lösung

- In Ihrem Unternehmen fallen wertvolle Rohstoffe in Form von Holzresten an, die Sie beseitigen müssen.
- Sie brauchen täglich viel Strom, um Ihren Betrieb aufrecht erhalten zu können.

Die Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren

✓ Sie können die Holzabfälle aus Ihrem Unternehmen optimal verwerten

✓ Der Zukauf von Biomasse (Holzschnitzel, Sturmholz, Altholz, Altmöbel) als Rohstoff ist kostengünstig

✓ Die Vergasung von Biomasse ist sauber, zuverlässig und wirtschaftlich interessant

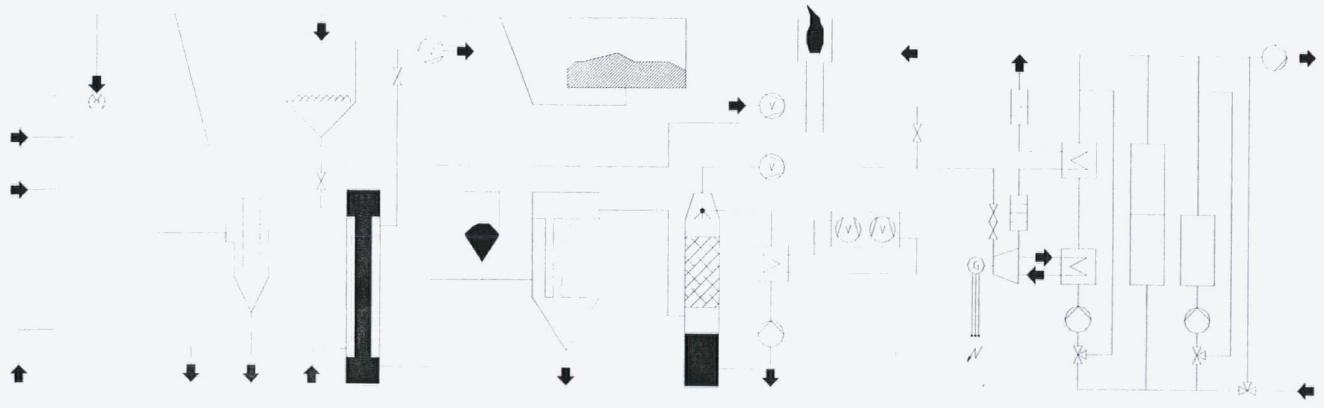
Technologie mit Zukunft

Die Vergasung von Biomasse ist die von Umweltspezialisten favorisierte Technologie zur nachhaltigen Stromerzeugung. Bei diesem Verfahren fallen keine schädlichen Abfallstoffe an und das Recycling von Altholz schont unsere kostbaren Ressourcen. Die Vergasung von Biomasse ist die Technologie der Zukunft, denn mit ihr kann an jedem Standort Strom und Wärme produziert werden.



Swiss Energy Technology
PYROFORCE®

So funktioniert die Vergasung von Biomasse

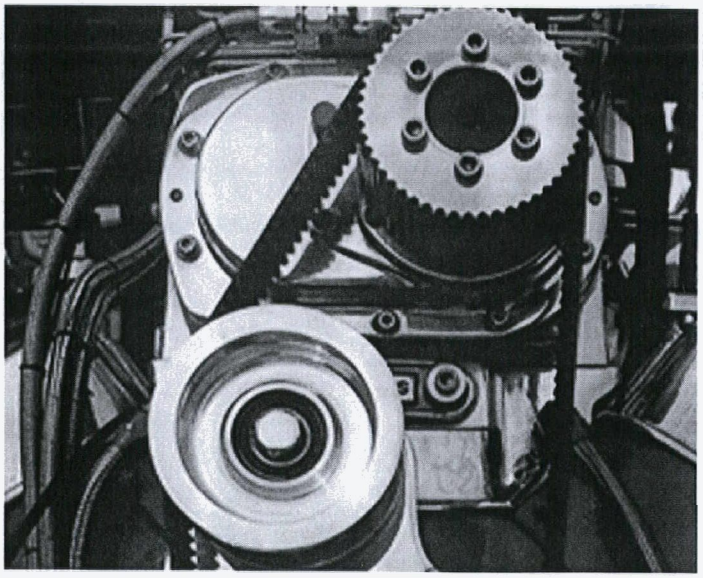


Gaserzeugung | Gasreinigung und -aufbereitung | BHKW-Wärmekraftkopplung

Einfach und sicher

Die Vergasung ist ein thermischer Prozess, der mit der konventionellen Verbrennung verwandt ist. Statt des vollständigen Umsatzes der Biomasse zu Kohlendioxid und Wasser wie bei der Verbrennung wird bei der Vergasung bei Sauerstoffunterschuss gearbeitet.

Zuerst wird das Holz getrocknet. Bei ca. 200° C wird das Wasser, das mit dem Vergasungsgut in den Reaktor gelangt, verdampft. Der Trocknung folgt die thermische Zersetzung, es entstehen bei Temperaturen von 200 bis 600° C Kohlendioxid, Methanol, leichtflüchtige Teere und organische Säuren. Über 700° C entsteht nur noch Kohlenstoff in Form von Holzkohle. Das Generatorgas verlässt den Reaktor mit einer Temperatur von 400 bis 600° C und wird auf ca. 50° C gekühlt und gereinigt. Dieses Reingas wird im Blockheizkraftwerk dem Motor zugeführt.



Technologie der Zukunft

Mit Vergasungsanlagen der PYROFORCE können mittelständische Unternehmen nachhaltig Energie aus Biomasse gewinnen. Diese Technologie ist eine saubere, zuverlässige und sichere Lösung zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung.

Die PYROFORCE - ein Schweizer Hightech-Unternehmen

Nach mehrjähriger Forschungstätigkeit ist es der PYROFORCE als einem der ersten Hightech-Unternehmen gelungen, für mittelständische Unternehmen eine wirtschaftlich attraktive Lösung zur nachhaltigen Produktion von Strom herzustellen. Damit hat die PYROFORCE eine führende Rolle in diesem Bereich eingenommen.

Interessiert? Fordern Sie heute noch die ausführlichen Unterlagen an.

Swiss Energy Technology
PYROFORCE®

PYROFORCE Energietechnologie AG
Reusseggstrasse 17
CH-6020 Emmenbrücke

Telefon +41 41 420 44 33
Fax +41 41 420 44 76
www.pyroforce.ch, welcome@pyroforce.ch