



Effizienzsteigerung und Reduzierung der CO₂-Emissionen im Kloster St. Ottilien (2005–2010)

Probelehrveranstaltung 18. März 2011
Dr. Bernhard Schmalzl

Agenda

1

Ausgangssituation / Problembeschreibung

2

Ziele

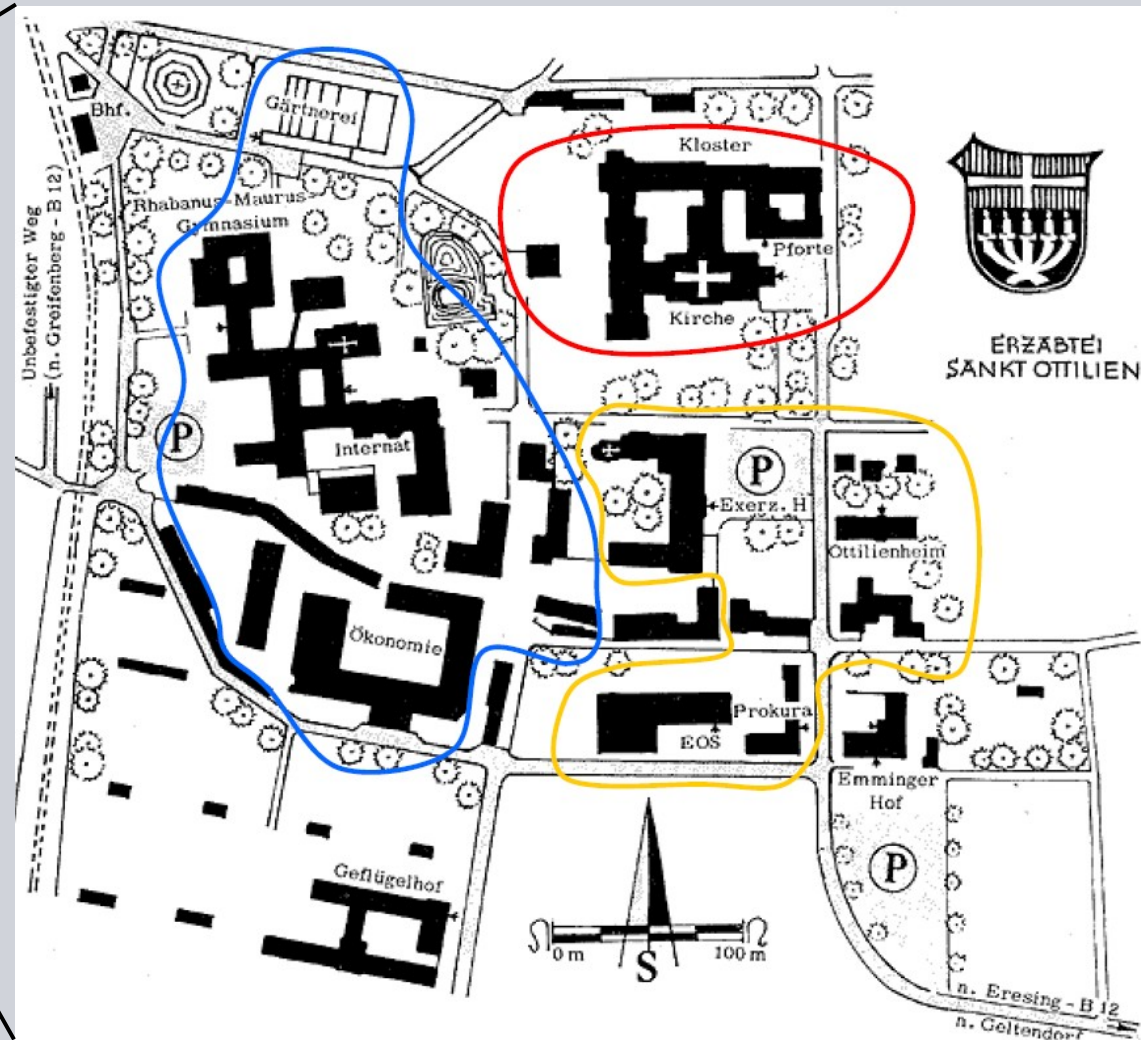
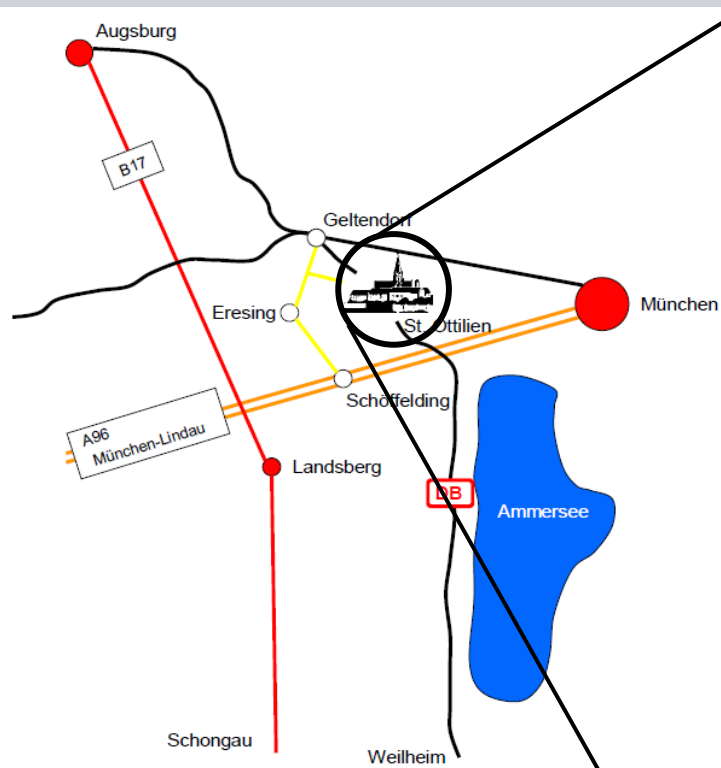
3

Gewählte Lösung

4

Bewertung der Lösung / Zusammenfassung

Ausgangssituation / Klosterdorf



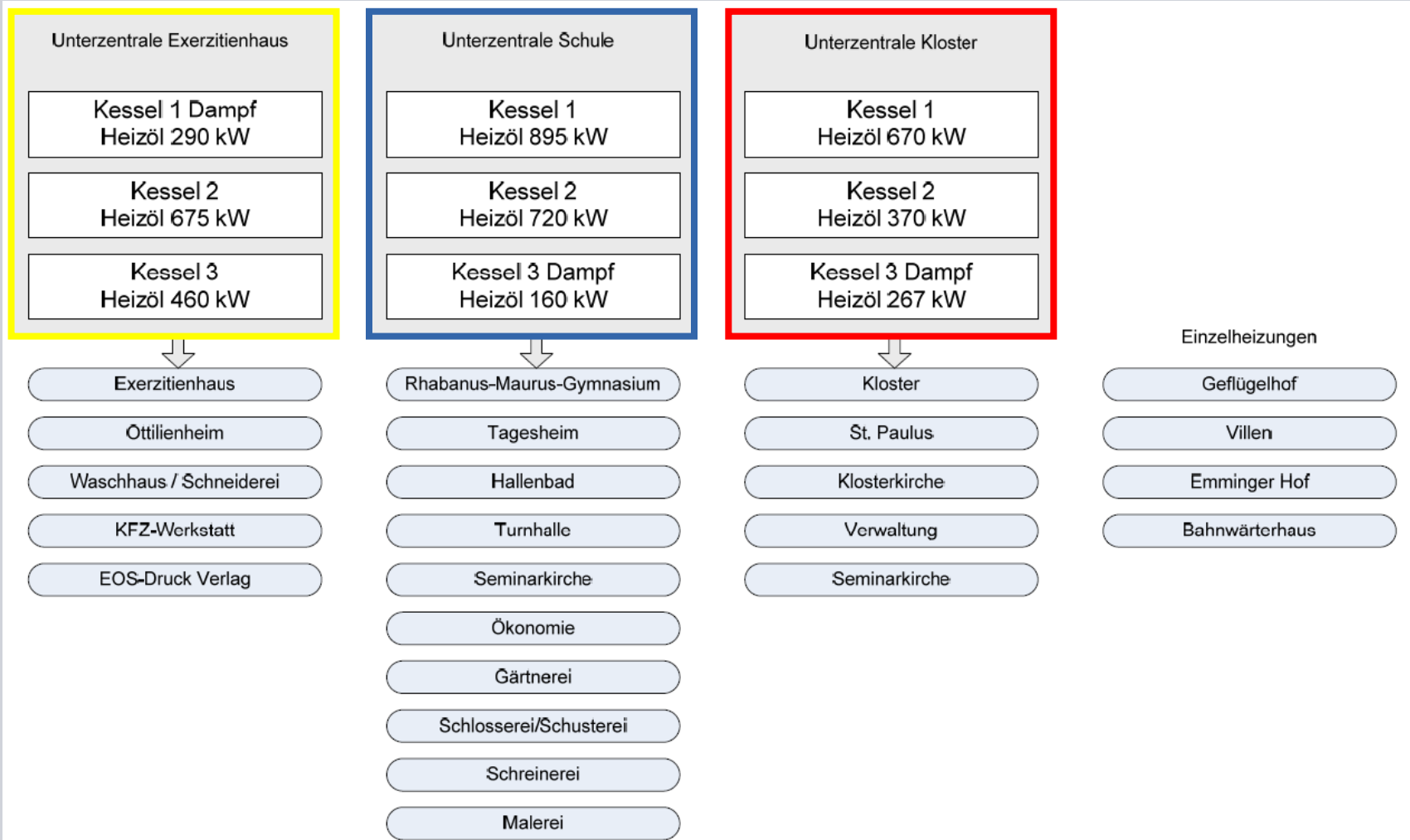
ERZABTEI
SANKT OTTILIEN

Wir befinden uns im Jahre 2005 n. Chr. Ganz Oberbayern ist von Energieverschwendern besetzt ...Ganz Oberbayern? Nein! Ein von unbeugsamen Benediktinern bevölkertes Dorf hört nicht auf, der CO2 Emission Widerstand zu leisten. ...*

Ausgangssituation / Problembeschreibung

- Klosterdorf St. Ottilien besteht aus Gymnasium (770 Schüler), Gästehaus (120 Betten), Kloster (100 Benediktiner), Werkstätten, Gastwirtschaft, Druckerei, Verlag, Landwirtschaft mit 180 Kühen usw.
- Verbesserungsfähiger Umgang mit der Schöpfung
- Jährlicher Verbrauch von ca. 700.000 Liter Heizöl
- Gestiegene und weiter steigende Energiepreise
- 2006 Machbarkeitsstudie zur energetischen Sanierung
- 2007 Analyse des Gebäudebestands und Thermographie
- 2007 Messung der Heizungsanlagen und der Dampferzeugung
 - Gesamt 9 Heizölkessel, zum Teil mit Nutzungsgraden unter 70 %
 - 3 Unterzentralen (gelb, rot, blau) mit je 2 Öl-Heizkesseln
 - 1980 & 1990 installierte Leistung der Heizölkessel: 4.000 kW
 - Tatsächlich beträgt die erforderliche Wärmeleistung bei -16 Grad Celsius ca. 2.000 kW
 - Bei +2 Grad Celsius beträgt der Wärmebedarf ca. 1.000 kW
 - Sogar im Winter ist also ein einziger der beiden jeweiligen Kessel ausreichend
- Strombedarf ca. 1,4 Mio kWh/a
- Zu wenig genutzte eigene Ressourcen (Wald/Restholz, Gülle)

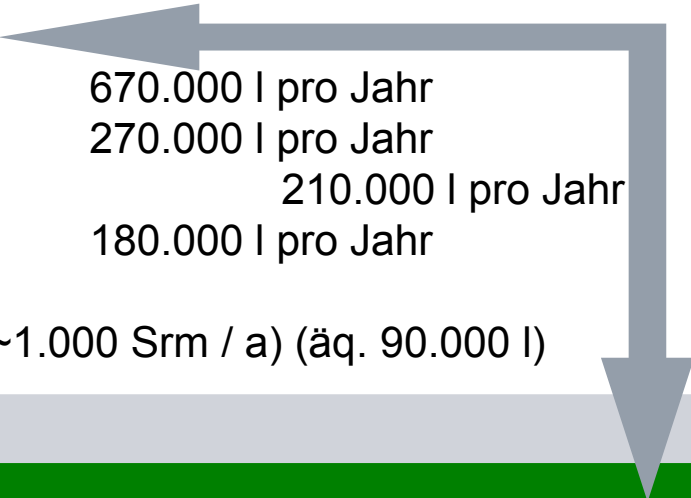
Ausgangssituation



Ausgangssituation

Verbrauchsmessung

Gesamtenergiebedarf 8,8 GWh/a

- Stromverbrauch 1,4 GWh/a
 - Wärmeenergieverbrauch 7,6 GWh/a
 - Öl: 6,7 GWh/a entspricht
 - davon Schule: 270.000 l pro Jahr
 - davon Exerzitienhaus: 210.000 l pro Jahr
 - davon Kloster: 180.000 l pro Jahr
 - Holzackschnitzel: 0,9 GWh/a
 - Rücklaufanhebung Schule (~1.000 Srm / a) (äq. 90.000 l)
- 

Modellrechnung

Heizwärmebedarf 7,7 GWh + Warmwasserbedarf 296 MWh/a = Wärmebedarf 8,0 GWh/a.

Grund für die Differenz ist zum Einen, dass eine Vielzahl von Gebäuden nur teilweise beheizt ist und zum Anderen, dass die Raumtemperaturen niedriger als die Vorgaben sind.

Ziele

- Wärmebedarfsreduzierung um 10% von 2005 bis 2011
- CO₂-Reduzierung um 90 % von 2005 bis 2011
- Reduzierung der laufenden Kosten um 90% (Bezug 2005)
- Amortisationszeit unter 10 Jahre
- Bessere Nutzung der eigenen Ressourcen
- Regionale Wertschöpfung
- Imagepflege Kloster = innovativ, nachhaltig, autark, benediktinisch

Die meisten Maßnahmen dienen der Verbrauchsreduzierung um 10%, manche auch/nur der CO2 Reduzierung um 90%

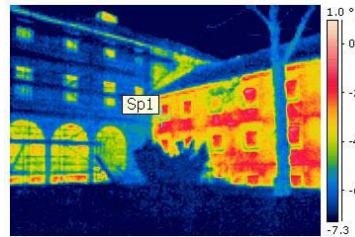
1 Kesseloptimierung

- 2006
- Betriebspunkt und –zeitenoptimierung der bestehenden Kessel in den Unterverkältern



2 Gebäudesanierung Stufe 1

- Juli '05 bis Januar '07
- Isolierungen, Fenster, ...



3 Synergie / Skaleneffekte Heizzentrale

- September 2008
- Skalen- und Synergieeffekte
- Größere, neuere, wirtschaftlichere Kessel / optimierte Betriebsbeding.



4 Entkopplung von Gebäuden

- September 2008
- Abkopplung von Gebäudeteilen ohne Bedarf (z.B. Schule / Ferien, Gästehaus / niedrige Belegung)



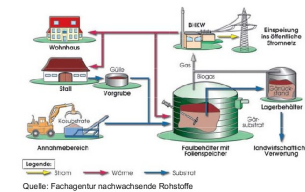
5 Gebäudesanierung Stufe 2

- Januar '10 & Oktober '10
- Gärtnerei: Steuerung, Pflanzenwahl
- Schwimmbad: Isolierung, Luftwärmetauscher



6 Biogasanlage

- Oktober 2010
- Strom und Wärme Produktion
- Regionale natürliche Ressourcen (Gülle, Mais, Gras)

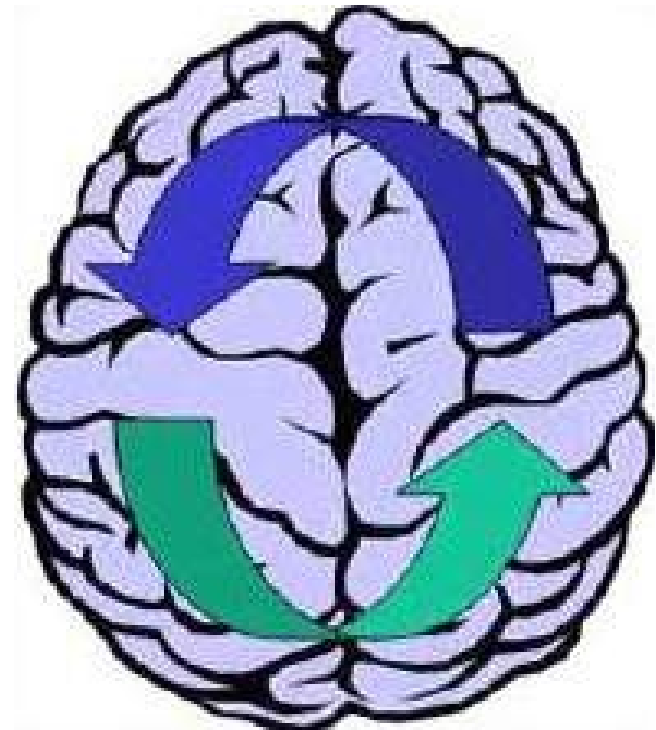


Lösungsbeschreibung

1 Kesseloptimierung



- 2006
- Betriebspunkt und Betriebszeitenoptimierung der bestehenden Kessel in den Unterzentralen
- Steigerung der Wirkungsgrade von 50 % (Sommer) bis 70 % (Winter) auf ca. 80 – 84%



Lösungsbeschreibung

2 Gebäudesanierung Stufe 1

- Juli '05 bis Januar '07
- Thermografische Auswertungen zeigten die Ansatzpunkte für
- Isolationsmaßnahmen im gesamten Klosterdorf an Fenstern und Mauern
 - Decken des Exerzitienhauses und des Gästehauses wurden isoliert,
 - die Außenhaut des Exerzitienhauses wurde gedämmt,
 - alte Fenster wurden ersetzt.
- Es werden kontinuierlich weitere Wärmesaniierungsmaßnahmen geplant und umgesetzt, z.B. Gärtnerei, Dampferzeugung, Schwimmbadsanierung, ...

1 W / m² K vs. 4 W / m² K



Lösungsbeschreibung

3 Synergie / Skaleneffekte Heizzentrale



- 2 Hackschnitzel-Kessel: 350 + 700 kW
- Damit schaltbar: 0, 350, 700, 1050 kW
- Ca. 60 % der jährlichen Wärmeenergie, wird mit Holzhackschnitzeln erzeugt
- 120 Hektar eigene Waldfläche liefern jährlich ca. 1.200 Kubikmeter Holz aus nachwachsendem Holz => Ca. 50 % der nötigen Holzhackschnitzel
- Für Leistungsspitzen: 55 Kubikmeter Wassertank als Wärmespeicher und Puffer mit 65 bis 90 Grad (Energieinhalt bis zu 1,8 MWh)
- In den ca. drei Wochen, in denen die Außentemperatur unter minus 5 Grad Celsius liegt, wird ein mit Heizöl betriebener Spitzenlast-Kessel (895 kW) hinzugeschaltet



Lösungsbeschreibung

4 Entkopplung von Gebäuden



- September 2008
- Wärmemengenzähler in den einzelnen Teilen des Netzes zur Beobachtung des Energieverbrauchs
- Wenig genutzte Gebäudeteile werden elektronisch teilweise von der Heizung abgekoppelt, z.B.
 - die Schule, Tagesheim, Internat, Schwimmbad während der Weihnachtsferien oder
 - Teile des Gästehauses bei niedriger Belegung

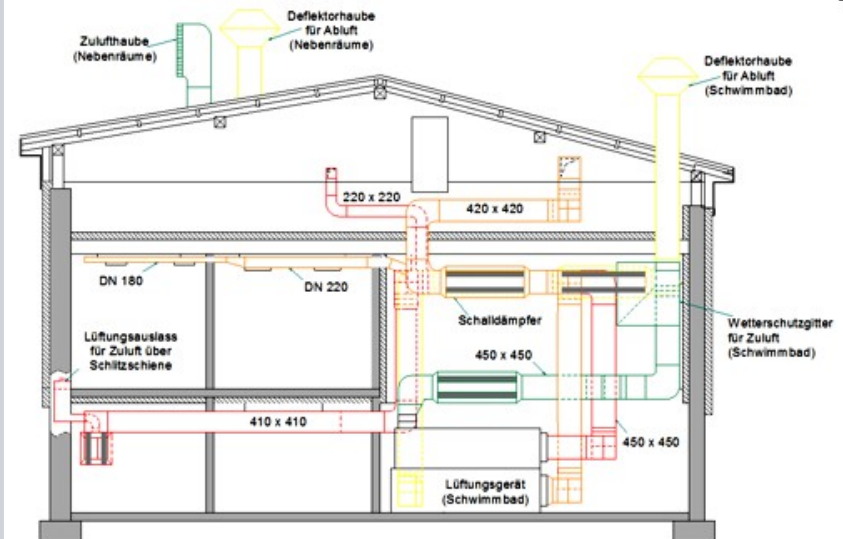


Lösungsbeschreibung

5 Gebäudesanierung Stufe 2



- Gärtnerei
 - Januar '10
 - Messung und Bewusstsein schaffen für Wärmeenergiebedarf
 - Verbesserte Steuer- und Regelmöglichkeiten
 - Umstellung auf Pflanzen mit Temperaturbedarf 10° statt 16°
 - Reduzierung Wärmeenergiebedarf um 50% ~ 10.000 l Heizöl / a
- Schulschwimmbad
 - Oktober '10
 - Isolierung Decke, Wände, Becken
 - Wärmetauscher Luft
 - Reduzierung Wärmeenergiebedarf um 50% ~ 10.000 l Heizöl / a

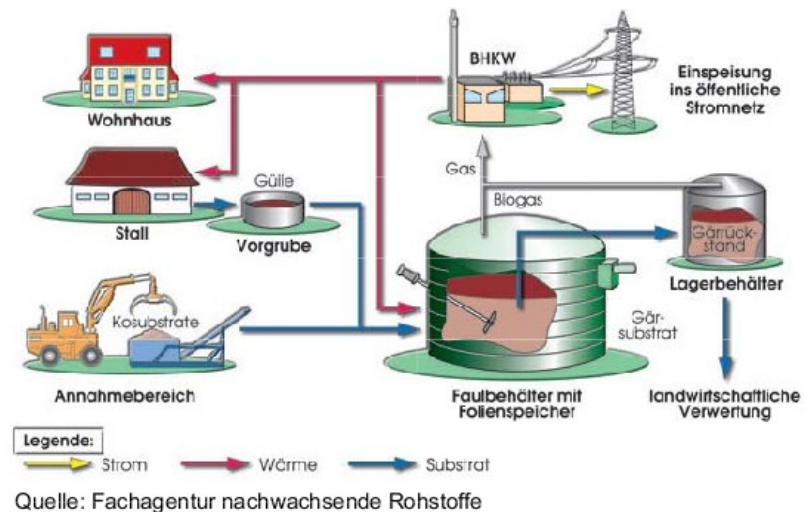


Lösungsbeschreibung

6 Biogasanlage

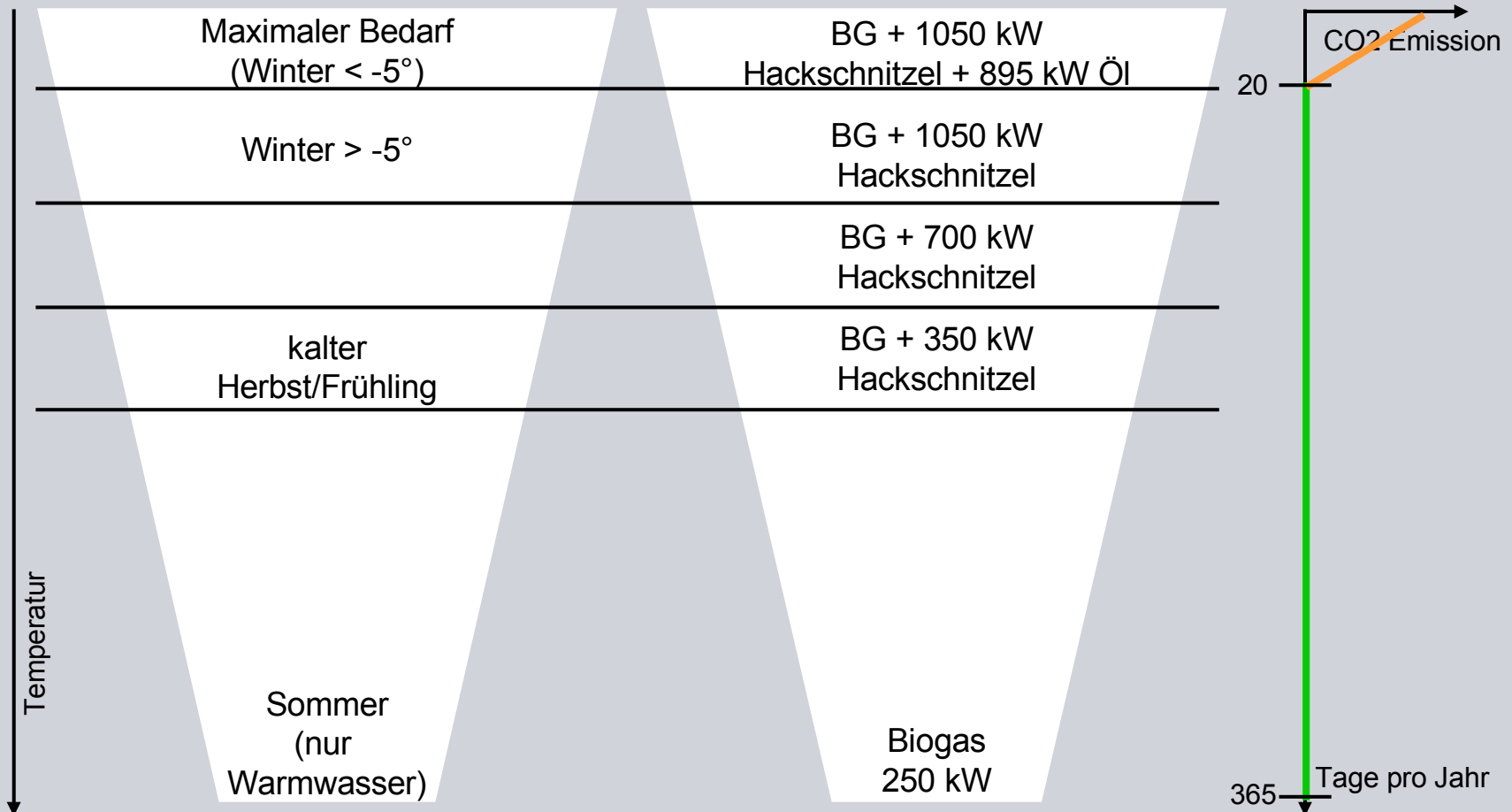


- Oktober 2010
- Stromproduktion:
 - 250 kW Leistung, 2 Mio kWh elektrische Energie
 - ins Netz der Stadtwerke Fürstenfeldbruck eingespeist
 - entspricht ca. 150% der elektrischen Energie, die jährlich verbraucht wird
- Wärmeproduktion:
 - Abwärme 250 kW ergeben ~2 Mio kWh entspricht ca. 200.000 Litern Heizöl
 - Wird in das Wärmenetz der Erzabtei St.Ottilien eingespeist (= Grundlast April bis September)





Wärmeenergiebereitstellung nach Wärmebedarf





Energiebereitstellung nach Quellen und Ressourcen

Gesamtenergiebedarf 8,8 GWh/a

Energiequelle

Ressourcen

Anteil

Wärme 6,8 GWh/a

| |
|------------|
| Ölkessel |
| Holzessel |
| Holzessel |
| Biogas KWK |

| |
|----------------------------------|
| Heizöl |
| Regionales Holz selbst gehäckelt |
| Eigene Holzhackschnitzel |
| Gülle, Mais, Gras |

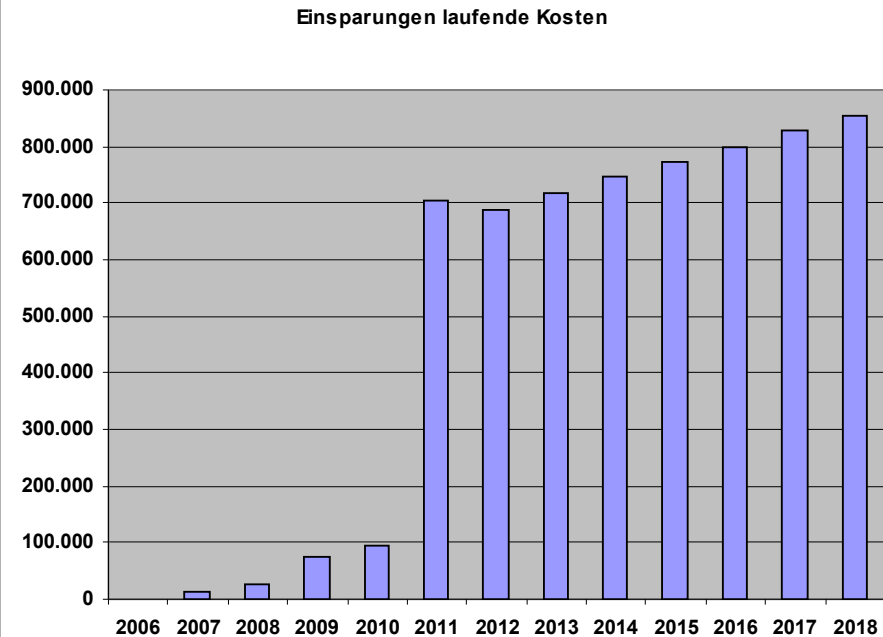
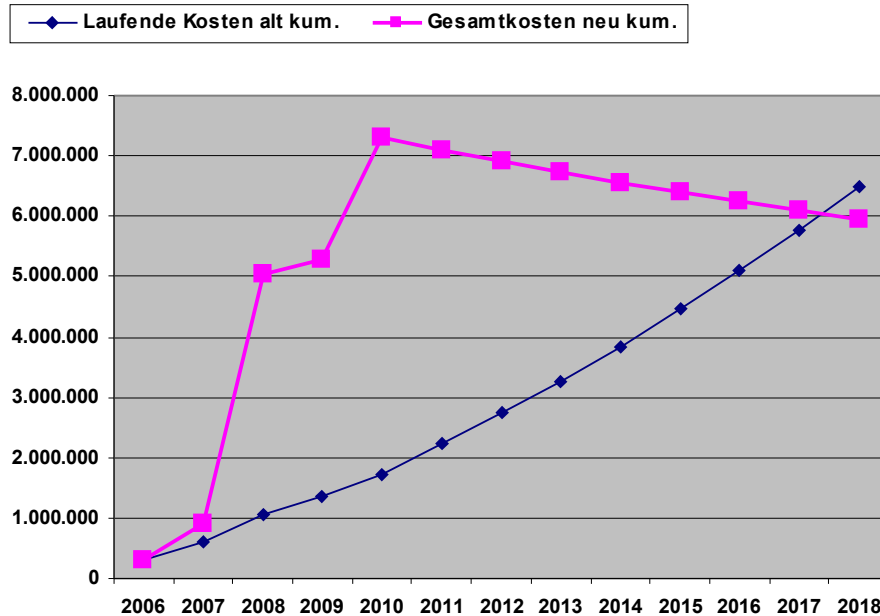
| |
|-----|
| 10% |
| 30% |
| 30% |
| 30% |

Strom 1,4 GWh/a

| |
|-----------------------------|
| Strom 2 GWh/a Biogas KWK |
|-----------------------------|

| |
|-------------------|
| Gülle, Mais, Gras |
|-------------------|

| |
|------|
| 150% |
|------|



- Kumulierte Kostenkurven schneiden sich in 10 Jahren
- Keine Kapitalwertberechnung – nur Ein-/Auszahlungen
- Aus 0,4 bis 0,7 Mio. laufende Kosten werden 0,2 Mio. Einnahmen pro Jahr

Wirtschaftlichkeitsbewertung



| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-------------------------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Hackschnitzelpreis eigen | 8,00 | 8,40 | 8,82 | 9,26 | 9,72 | 10,21 | 10,72 | 11,26 | 11,82 | 12,41 |
| Hackschnitzelmenge | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Hackschnitzel Kosten | 8.000 | 8.400 | 8.820 | 9.261 | 9.724 | 10.210 | 10.721 | 11.257 | 11.820 | 12.411 |
| Heizölpreis | 0,43 | 0,43 | 0,62 | 0,41 | 0,51 | 0,72 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
| Heizölmenge | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 | 700.000 |
| Heizöl Kosten | 301.000 | 301.000 | 434.000 | 287.000 | 357.000 | 504.000 | 490.000 | 525.000 | 560.000 | 595.000 |
| Laufende Kosten alt | 309.000 | 309.400 | 442.820 | 296.261 | 366.724 | 514.210 | 500.721 | 536.257 | 571.820 | 607.411 |
| Laufende Kosten alt kum. | 309.000 | 618.400 | 1.061.220 | 1.357.481 | 1.724.205 | 2.238.415 | 2.739.136 | 3.275.393 | 3.847.213 | 4.454.623 |
| Heizölpreis | 0,43 | 0,43 | 0,62 | 0,41 | 0,51 | 0,72 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
| Heizölmenge | 700.000 | 670.000 | 640.000 | 290.000 | 290.000 | 70.000 | 70.000 | 70.000 | 70.000 | 70.000 |
| Heizöl Kosten | 301.000 | 288.100 | 396.800 | 118.900 | 147.900 | 50.400 | 49.000 | 52.500 | 56.000 | 59.500 |
| Hackschnitzelpreis fremd | 16,00 | 16,80 | 17,64 | 18,52 | 19,45 | 20,42 | 21,44 | 22,51 | 23,64 | 24,82 |
| Hackschnitzelmenge fremd | | | | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 |
| Hackschnitzel Kosten fremd | 0 | 0 | 0 | 46.305 | 48.620 | 51.051 | 53.604 | 56.284 | 59.098 | 62.053 |
| Hackschnitzelpreis eigen | 8,00 | 8,40 | 8,82 | 9,26 | 9,72 | 10,21 | 10,72 | 11,26 | 11,82 | 12,41 |
| Hackschnitzelmenge eigen | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 | 2.500 |
| Hackschnitzel Kosten eigen | 8.000 | 8.400 | 8.820 | 23.153 | 24.310 | 25.526 | 26.802 | 28.142 | 29.549 | 31.027 |
| Substrate | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90.000 | 90.000 | 90.000 | 90.000 | 90.000 |
| Personalaufwand | | | | 22.000 | 22.000 | 22.000 | 22.000 | 22.000 | 22.000 | 22.000 |
| Versicherungen | | | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| Sonstige Kosten | | | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| BG Instandhaltung | | | | | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Anlagenbetrieb | 0 | 0 | 10.000 | 32.000 | 52.000 | 52.000 | 52.000 | 52.000 | 52.000 | 52.000 |
| Einspeisevergütung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -460.000 | -460.000 | -460.000 | -460.000 | -460.000 |
| Laufende Kosten neu | 309.000 | 296.500 | 415.620 | 220.358 | 272.830 | -191.023 | -188.594 | -181.074 | -173.353 | -165.420 |
| Gebäudesanierung I HKW+ | | 300.000 | | | | | | | | |
| | | | 3.727.000 | | | | | | | |
| Gebäudesanierung II BG KWK | | | | | 450.000 | | | | | |
| | | | | | 1.300.000 | | | | | |
| Einmalige Kosten | 0 | 300.000 | 3.727.000 | 0 | 1.750.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gesamtkosten neu | 309.000 | 596.500 | 4.142.620 | 220.358 | 2.022.830 | -191.023 | -188.594 | -181.074 | -173.353 | -165.420 |
| Gesamtkosten neu kum. | 309.000 | 905.500 | 5.048.120 | 5.268.478 | 7.291.308 | 7.100.285 | 6.911.691 | 6.730.617 | 6.557.264 | 6.391.844 |
| Einsparungen laufende Kosten | 0 | 12.900 | 27.200 | 75.904 | 93.894 | 705.233 | 689.315 | 717.331 | 745.172 | 772.831 |



Ziele

- ✓
 - Wärmebedarfsreduzierung um 10% von 2005 bis 2011
- ✓
 - CO₂-Reduzierung um 90 % von 2005 bis 2011
 - Durch die Umstellung der Wärmeversorgung wurde der Ausstoß an nicht-neutralem Kohlenstoffdioxid in St. Ottilien innerhalb eines Jahres auf 20 % des ursprünglichen Wertes reduziert. Im Jahre 2007 stieß St. Ottilien jährlich 2500 Tonnen Kohlendioxid aus, im Jahre 2009 waren es nur noch ca. 500 Tonnen Kohlendioxid, im Jahre 2010 nach der Inbetriebnahme der Biogasanlage sind es nur noch 250 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr.
- ✓
 - Reduzierung der laufenden Kosten um 90% (Bezug 2005)
 - Aus 0,4 bis 0,7 Mio EUR laufende Kosten werden 0,2 Mio EUR Einnahmen pro Jahr
- ✓
 - Amortisationszeit unter 10 Jahre
- ✓
 - Höhere Nutzung der eigenen Ressourcen
 - Ca. 90% der Gesamtenergie kann mit Holzhackschnitzeln und der Abwärme der Biogasanlage erzeugt werden, nur 10 % der Gesamtenergie wird noch mit Heizöl erzeugt.
- ✓
 - Regionale Wertschöpfung
- ✓
 - Imagepflege Kloster = innovativ + nachhaltig + autark + benediktinisch

Empfohlene Quellen

Bücher:

- Klaus W. Usemann: Gebäudetechnik: Lexikon der Begriffe. München: Oldenburg – Industrieverlag; 2001
- Ingo Gabriel und Heinz Ladener: Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus: Energietechnische Gebäudesanierung in der Praxis; 5. Auflage, Staufen bei Freiburg: Ökobuchverlag; 1997, 2002, 2006
- Wolfram Pistohl: Handbuch der Gebäudetechnik: Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Energiesparen; Planungsgrundlagen und Beispiele Band 2; 6. Auflage, Köln: Werner Verlag; 2007
- Achim Linhardt: Energieeinsparverordnung für jedermann: Wie Hauseigentümer die Anforderungen kostengünstig erfüllen. München: Deutsche Verlags-Anstalt; 2005
- Ansgar Schrode: Altbausanierung in Niedrigenergiebauweise: Möglichkeiten zur vollständigen Ausschöpfung der Einsparpotentiale auf den Gebieten der Wärmedämmung, Lüftung und Heizungstechnik Band 543, Renningen-Malmsheim: expert-Verlag; 1997
- Thomas und Erhard Laasch: Haustechnik: Grundlagen-Planung-Ausführung; 11. Auflage, Wiesbaden: Teubner Verlag; 2005
- VWEW Energieverlag: RWE Bau-Handbuch; 13. Ausgabe, Frankfurt a. Main: Energieverlag; 2004
- Peter Schulz: Handbuch für den Innenausbau: Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz; 7. Ausgabe, Stuttgart, München: Deutsche Verlags-Anstalt; 2002
- Othmar Humm: Niedrigenergie Häuser: Innovative Bauweisen und neue Standards; 6. Auflage; Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag; 1997
- Michael Bauer, Peter Möhle, Michael Schwarz: Green Building: Konzepte für nachhaltige Architektur. München: Callwey Verlag; 2007

Zeitschriften und Zeitungen:

- Europäische Kommission: Bekämpfung des Klimawandels, Europa in der Vorreiterrolle, 2008, S.7

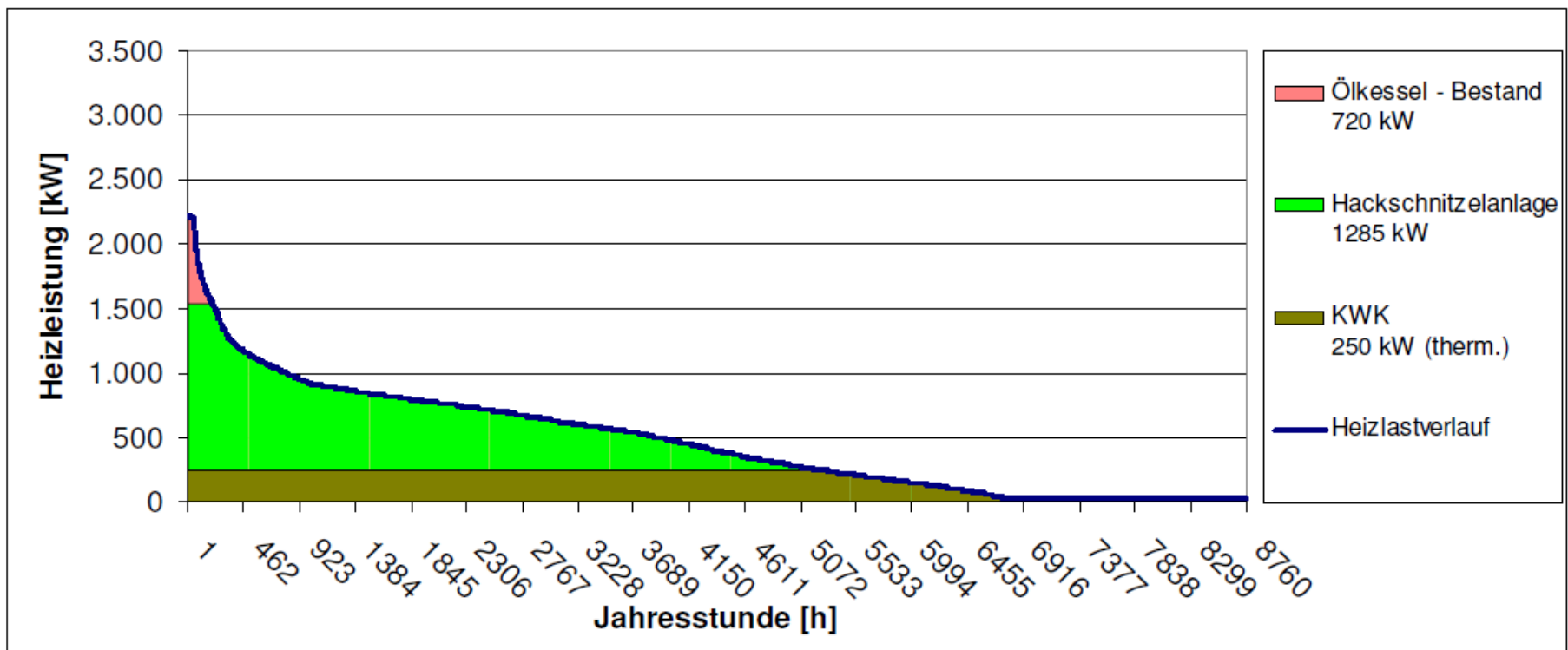
Internet:

- Internetseite: „<http://www.ottilien.de/energie/>“ aufgerufen am 22.02.2011
- Preisentwicklung beim Heizöl, Internetseite: „<http://www.tecson.de/pheizoel.htm>“, aufgerufen am 22.02.2011

Jahresdauerlinie



Jahresdauerlinie – Variante 3.3 (Gebäude komplett saniert incl. KWK)



Illustrativ – Hackschnitzel und Heizölkesseldimensionierung vorletzter Planungsstand + Warmwasserbedarf fehlt

Effizienzsteigerung und Reduzierung der CO₂-Emissionen im Kloster St. Ottilien (2005–2010)

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**