

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>2</b>
1.1	Energienutzung und ihre Wirkungen .....	2
1.2	Neuausrichtung der Energienutzung im Kloster St. Ottilien.....	5
<b>2</b>	<b>Energiebilanz der Heizzentrale Exerzitienhaus.....</b>	<b>6</b>
2.1	Berechnung des Energieverbrauches .....	6
2.1.1	Errechnete Wärmemenge des Exerzitienhauses.....	7
2.1.2	Errechnete Wärmemenge des Gästehauses .....	9
2.1.3	Errechnete Wärmemenge der Ottilienkapelle .....	9
2.2	Vergleich der errechneten mit der tatsächlichen Wärmemenge .....	10
2.2.1	Errechnete und tatsächliche Wärmemenge des Exerzitienhauses.....	11
2.2.2	Errechnete und tatsächliche Wärmemenge des Gästehauses .....	12
2.2.3	Errechnete und tatsächliche Wärmemenge der Ottilienkapelle.....	13
2.3	Interpretation zum Unterschied zwischen errechnetem und tatsächlichem Wärmeverbrauch .....	14
2.3.1	Interpretationen zum Exerzitienhaus.....	15
2.3.2	Interpretationen zum Gästehaus .....	19
2.3.3	Interpretationen zur Ottilienkapelle .....	21
2.3.4	Zusammenfassung zu den Mess-Ergebnissen .....	23
<b>3</b>	<b>Auswirkungen energiesparender Sanierungsmaßnahmen.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>28</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>31</b>

# 1 Einführung

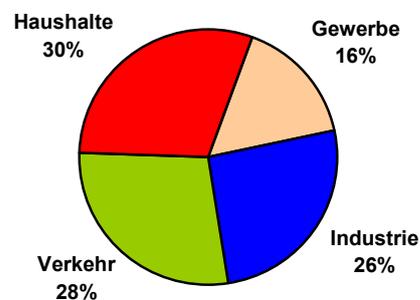
## 1.1 Energienutzung und ihre Wirkungen

Mit dem elektrischen Wecker fängt der Tag an. Wir stehen auf, duschen uns mit erwärmtem Wasser, genießen unseren frisch gebrühten Kaffee und die aufgebakenen Semmeln. Dabei lesen wir die nachts produzierte Tageszeitung. Wir fahren wie an jedem Werktag mit dem Auto zur Schule oder zur Arbeit und setzen uns in ein vollklimatisiertes Büro bzw. Klassenzimmer. Dort nutzen wir Computer, Kopierer und vielfältige weitere technische Geräte. Von der Schule oder Arbeit zurückgekehrt betreten wir unsere klimatisierte Wohnung. Und wenn wir nachts schlafen, arbeitet die Heizung weiter, um uns am nächsten Morgen ein behagliches Aufstehen zu gewährleisten.

Es ist unverkennbar, 24 Stunden am Tag verbrauchen wir auf vielfältigste Weisen Energie. Die weitgehend gedankenlose Nutzung von Energie in allen Lebensbereichen ist für uns als sogenannte „hoch entwickelte“ Menschen in den Industrienationen zur Selbstverständlichkeit geworden. Wir verbrauchen heute 100mal mehr Energie als wir physiologisch in Form von Nahrung zum Betrieb unseres eigenen Körpers benötigen.

In der Bundesrepublik Deutschland entfällt fast ein Drittel des Energieverbrauchs auf die privaten Haushalte, davon werden wiederum rund 70% als Heizenergie genutzt.

**Energieverbrauch in Deutschland:**



Das Beheizen von Gebäuden und Erwärmen von Wasser, der Gebrauch von Elektrogeräten und die Nutzung von künstlichem Licht verursachen rund ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emission in Deutschland.

Aber nicht nur in Deutschland, sondern auf der ganzen Erde steigt der Energiebedarf permanent an. Ursache dafür sind der zunehmende Einsatz von Klimaanlagen zur Beheizung im Winter und Kühlung im Sommer, die steigende Techniknutzung und Mobilität in den Industrienationen, die zunehmende Industrialisierung von Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien und die rasant ansteigende Weltbevölkerung. Weltweit hat der Energieverbrauch im Zeitraum von 1970 bis 2004 um 145% zugenommen, die Emission von Treibhausgasen ist dabei um 70% angestiegen<sup>1</sup>.

Die immense Zunahme an Treibhausgasen, wie z.B. Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf, wirkt sich bereits seit mehreren Jahrzehnten auf das Weltklima aus. Die Erderwärmung ist statistisch nachgewiesen: In den letzten 150 Jahren ist die Durchschnittstemperatur in Europa um 1°C angestiegen<sup>2</sup>. Die steigenden Temperaturen führen zur Eisschmelze in der Arktis und zum Rückgang der Gletscher in den Hochgebirgen. Regen- und Schneefälle nehmen in ihrer Intensität zu. Immer häufiger wird in den Wetterprognosen vor Starkregen gewarnt. Dürre- und Hitzeperioden dehnen sich aus.

Gleichzeitig trägt der Anstieg des Energieverbrauches zum Ausstoß von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> und somit zur Luftverschmutzung bei.

Ein weiteres Problem, dem wir uns stellen müssen, ist die Knappheit der fossilen Energieträger. „Die weltweiten Reserven sind (...) begrenzt. Sie betragen nach derzeitigen Schätzungen etwa 40 Jahre für Erdöl, 65 Jahre für Erdgas und für Kohle etwa 200 Jahre.“<sup>3</sup> Der Mensch hat alleine in 150 Jahren mehr als die Hälfte aller Weltvorräte der fossilen Brennstoffe verbraucht, die bereits vor 300 Millionen Jahren entstanden sind.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Europäische Kommission: Bekämpfung des Klimawandels, Europa in der Vorreiterrolle, 2008, S.7

<sup>2</sup> s.o. S.7

<sup>3</sup> [http://www.greenpeace.de/themen/energie/fossile\\_energien/artikel/fossile\\_energietraeger\\_und\\_klimawandel/](http://www.greenpeace.de/themen/energie/fossile_energien/artikel/fossile_energietraeger_und_klimawandel/)

<sup>4</sup> Reinmuth, Friedrich: Energieeinsparung in der Gebäudetechnik: Baukörper und technische Systeme der Energieverwendung; 1. Auflage Würzburg, 1994, S. 9

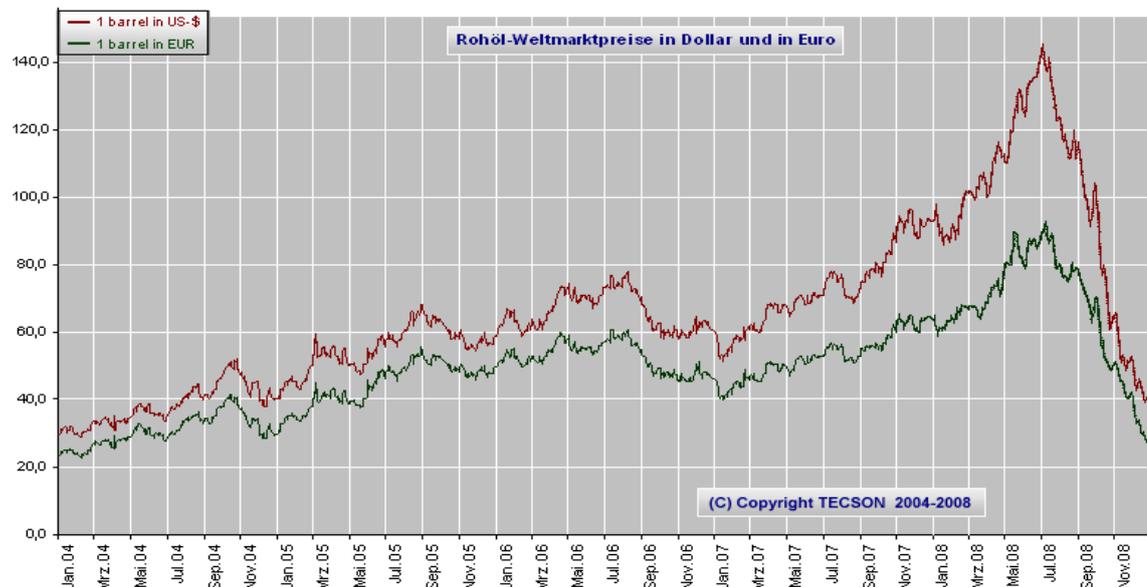
Um auch den künftigen Generationen ein Leben in einer sauberen Umwelt und in Wohlstand zu gewährleisten, muss dem Klimawandel und der Verknappung der Ressourcen entgegengetreten werden.

Staatlicherseits wurden bereits verschiedenste Maßnahmen getroffen, um dem Klimawandel und der Ressourcenknappheit wirksam zu begegnen. Bis 2020 sollen in Europa 20% des Energiebedarfes aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden.

Darüber hinaus hat der Staat Anreize geschaffen, energiesparend zu bauen. Er unterstützt „Energiesparer“ mit öffentlichen Fördermitteln in Höhe von bis zu 10.000 Euro je nach Effektivität der Energiesparmaßnahme.<sup>1</sup>

Es lohnt sich aber nicht nur auf Grund der staatlichen Anreize, energiesparend zu bauen, sondern auch aufgrund der Preisentwicklung der fossilen Energieträger. Deren Preise sind in der Vergangenheit enorm angestiegen und werden sich als knappes Gut auch in Zukunft weiter verteuern, auch wenn in der aktuellen wirtschaftlichen Rezession ein Preisverfall vor allem des Rohölpreises nach unten eingetreten ist.

**Effektiver Ölpreis in Dollar und in Euro:**<sup>2</sup>



<sup>1</sup> NN: Bis zu 10.000 Euro für Energiesparer, in Münchner Merkur, 31.07.2008, S. 10

<sup>2</sup> <http://www.tecson.de/poelhist.htm>

## 1.2 Neuausrichtung der Energienutzung im Kloster St. Ottilien

Die Verantwortung für die Umwelt und die gestiegenen Energiepreise haben auch die Verantwortlichen im Kloster St. Ottilien dazu bewegt, die Energienutzung in St. Ottilien neu zu organisieren.

In St. Ottilien wurden die drei ursprünglichen Heizungszentralen für Schule, Kloster und Exerzitienhaus mit jeweils zwei Heizkesseln über Jahrzehnte hinweg ausschließlich mit Heizöl betrieben. Im Oktober 2007 wurde ein Pilotprojekt zur Nutzung alternativer Energieträger gestartet.

Anhand von sorgfältigen Analysen in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro wurde das komplette Heizverfahren umweltfreundlich und unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien verbessert. Die drei Heizungszentralen wurden durch Wärmeleitungen vernetzt und mit der neuen Energiezentrale in St. Ottilien verbunden. Von der Zentrale aus sollen ca. 85% der Gesamtenergie eines Jahres durch zwei Heizkessel erzeugt werden, die nun mit Holzhackschnitzeln, also nachwachsenden Energieträgern betrieben werden. Dabei werden bis zu 40% des Hackschnitzeinsatzes aus dem klostereigenen Wald gewonnen.

Durch die Umstellung der Wärmeversorgung konnte der Verbrauch von Heizöl auf 15% des ursprünglichen Verbrauches reduziert und der Ausstoß von CO<sub>2</sub> von 2.500 Tonnen auf 375 Tonnen pro Jahr gesenkt werden.<sup>1</sup>

Wärmedämmmaßnahmen an den Gebäuden von St. Ottilien sollen zusätzlich helfen, den Energieverbrauch zu reduzieren.

---

<sup>1</sup> <http://www.ottilien.de/energie/>

## 2 Energiebilanz der Heizzentrale Exerzitenhaus

Eines der Gebäude, das von der Neuausrichtung der Heizungsnutzung profitiert, ist das Exerzitenhaus, an das das Gästehaus und die Ottilienkapelle angrenzen (siehe Anhang). Während das Exerzitenhaus bereits weitestgehend wärmege-dämmt wurde, um den Energieverlust zu verringern, befinden sich das Gästehaus und die Ottilienkapelle noch in einem komplett unsanierten Zustand.

Im Folgenden wird eine Energiebilanz für das Exerzitenhaus aufgestellt. Sie ermit-telt für den Wärmeübertragungsvorgang den einem Gebäude zugeführten und ab-geführten Wärmestrom<sup>1</sup>. Hierbei wird der tatsächliche Energiebedarf des Exerzi-tienhauses, des Gästehauses und der Ottilienkapelle mit dem errechneten Ver-brauch an bestimmten Tagen verglichen.

### 2.1 Berechnung des Energieverbrauches

Um den Energie- bzw. Wärmeverlust  $\Phi$  der drei Gebäudeteile zu berechnen, wer-den folgende Daten benötigt:

Unterschiedlichen Bauteile, z.B. Fenster oder Außenwände, haben eine unter-schiedliche Wärmedämmwirkung. Die Wärmedämmwirkung hängt zusätzlich von den verwendeten Materialien und von der Dicke der Dämmschichten ab. Als Kenngröße für die Wärmedämmung wird der U-Wert (früher als k-Wert bezeichnet) verwendet. Er gibt an, wie viel Wärme gemessen in Watt (W) durch eine 1 m<sup>2</sup> gro-ße Bauteilfläche abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen entweicht. Der U-Wert hat den Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  und die Einheit Watt pro Quadratmeter und Kelvin:  $W/(m^2 \cdot K)$ .

---

<sup>1</sup> Usemann K. W.: Gebäudetechnik, Lexikon der Begriffe München, Oldenburg-Industrieverlag; 2001, S. 508

Wie bereits aus dem U-Wert hervorgeht, werden zur Messung des Energieverlustes zusätzlich die Flächen  $A$  in  $m^2$  des Daches, des Bodens, der Fenster und der Außenwände des Exerzitieshauses, des Gästehauses und der Ottilienkapelle benötigt.

Darüber hinaus benötigt man zusätzlich die Temperaturdifferenz  $\Delta T$  (wird in Kelvin angegeben)<sup>1</sup> zwischen Raumlufftemperatur  $\Theta_i$  und Außenlufftemperatur  $\Theta_e$ .

Daraus ergibt sich folgende Formel<sup>2</sup>:

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{wobei } \Delta T = \Theta_i - \Theta_e$$

$$\Phi = U \cdot A \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$$

Um letztendlich die entgangene Wärmemenge  $Q$ , also den Wärmeverlust in einem bestimmten Zeitraum  $t$ , zu erhalten, muss der Wärmeverlust mit dem Faktor Zeit multipliziert werden:

$$Q = \Phi \cdot t$$

Zur Ermittlung der Wärmemenge, die zur Beheizung der drei Gebäudeteile an verschiedenen Tagen nötig ist, werden im Folgenden die ermittelten Daten in die obigen Gleichungen eingesetzt.

### 2.1.1 Errechnete Wärmemenge des Exerzitieshauses

Als durchschnittliche Raumtemperatur im Exerzitieshaus werden  $20^\circ\text{C}$  angenommen<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Die Temperaturdifferenz in Kelvin entspricht der Temperaturdifferenz in  $^\circ\text{C}$

<sup>2</sup> Einheiten übernommen aus Pistohl W.: Handbuch der Gebäudetechnik, Band 2, 6. Auflage  
Köln: Werner Verlag; 2007, H 12

<sup>3</sup> <http://www.ottilien.de/energie/enderbericht-ottilien.pdf>, S.8

Die durchschnittliche Außenlufttemperatur<sup>12</sup>, gemessen innerhalb von 24 Stunden - jeweils von 13.30 Uhr bis 13.30 Uhr des Folgetages-, ergab folgende Werte beginnend am Montag, dem 29.12.2008:

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
Außenlufttemperatur in °C	-5,6	-6,5	-1,2	-1,0	-6,3	-6,2	-5,3	-4,7	-6,3	-7,5	-8,1

Die unterschiedlichen Gebäudeflächen<sup>3</sup> des Exerzitenhauses und die entsprechenden U-Werte<sup>4</sup> sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Gebäudeteil	Außenwand (saniert)	Außenwand (unsaniert)	Fenster (saniert)	Decke (saniert)	Boden (saniert)
U-Werte in W/(m <sup>2</sup> K)	0,3 <sup>5</sup>	1,14	1,6	0,3	0,42
Fläche A in m <sup>2</sup>	871	1500	611	1523	1523

Basierend auf den obigen Formeln ergeben sich folgende gerundete Werte für die einzelnen Tage:

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
Wärmeverlust in kW	104	107	85,8	85,0	106	106	102	99,9	106	111	114
Verbrauch in MWh/d	2,49	2,57	2,06	2,04	2,55	2,54	2,46	2,40	2,55	2,67	2,73

<sup>1</sup> [http://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick/?id=DE0002655006&prev=3days](http://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/?id=DE0002655006&prev=3days)

<sup>2</sup> auch für Gästehaus und Ottilienkapelle gültig

<sup>3</sup> errechnet anhand der Pläne aus dem Archiv in St. Ottilien

<sup>4</sup> übernommen aus <http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>, S.26

<sup>5</sup> Angabe von Jürgen Hohnester

### 2.1.2 Errechnete Wärmemenge des Gästehauses

Die Raumtemperatur des Gästehauses wird wie beim Exerzitenhaus mit 20°C angesetzt<sup>1</sup>.

Die durchschnittlichen Außenlufttemperaturen sind identisch mit denen des Exerzitenhauses

In der Tabelle befinden sich die unterschiedlichen Gebäudeflächen<sup>2</sup> des komplett unsanierten Gästehauses und die entsprechenden U-Werte<sup>3</sup>:

Gebäudeteil	Außenwand	Fenster	Decke	Boden
U-Werte in W/(m <sup>2</sup> K)	1,14	2,71	0,7	1,45
Fläche A in m <sup>2</sup>	680	125	361	361

Basierend auf den obigen Formeln ergeben sich folgende Werte für die einzelnen Tage:

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
Wärmeverlust in kW	48,4	50,1	40,1	39,7	49,7	49,5	47,8	46,7	49,7	52,0	53,1
Verbrauch in MWh/d	1,16	1,20	0,96	0,95	1,19	1,19	1,15	1,12	1,19	1,25	1,27

### 2.1.3 Errechnete Wärmemenge der Ottilienkapelle

Die Raumtemperatur der Ottilienkapelle beträgt in etwa 12°C.

<sup>1</sup> <http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>, S.8

<sup>2</sup> errechnet anhand der Pläne aus dem Archiv in St. Ottilien

<sup>3</sup> übernommen aus <http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>, S.25

Die durchschnittlichen Außenlufttemperaturen sind identisch mit denen des Exerzitien- und Gästehauses.

In der Tabelle befinden sich die unterschiedlichen Gebäudeflächen<sup>1</sup> der ebenfalls komplett unsanierten Ottilienkapelle und die entsprechenden U-Werte<sup>2</sup>:

Gebäudeteil	Außenwand	Fenster	Decke	Boden
U-Werte in W/(m <sup>2</sup> K)	1,14	2,71	0,7	1,45
Fläche A in m <sup>2</sup>	277	15	167	167

Basierend auf den obigen Formeln ergeben sich folgende gerundete Werte für die einzelnen Tage:

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
Wärmeverlust in kW	12,6	13,2	9,44	9,30	13,1	13,0	12,4	11,9	13,1	14,0	14,4
Verbrauch in MWh/d	0,30	0,32	0,23	0,22	0,31	0,31	0,30	0,29	0,31	0,33	0,35

## 2.2 Vergleich der errechneten mit der tatsächlichen Wärmemenge

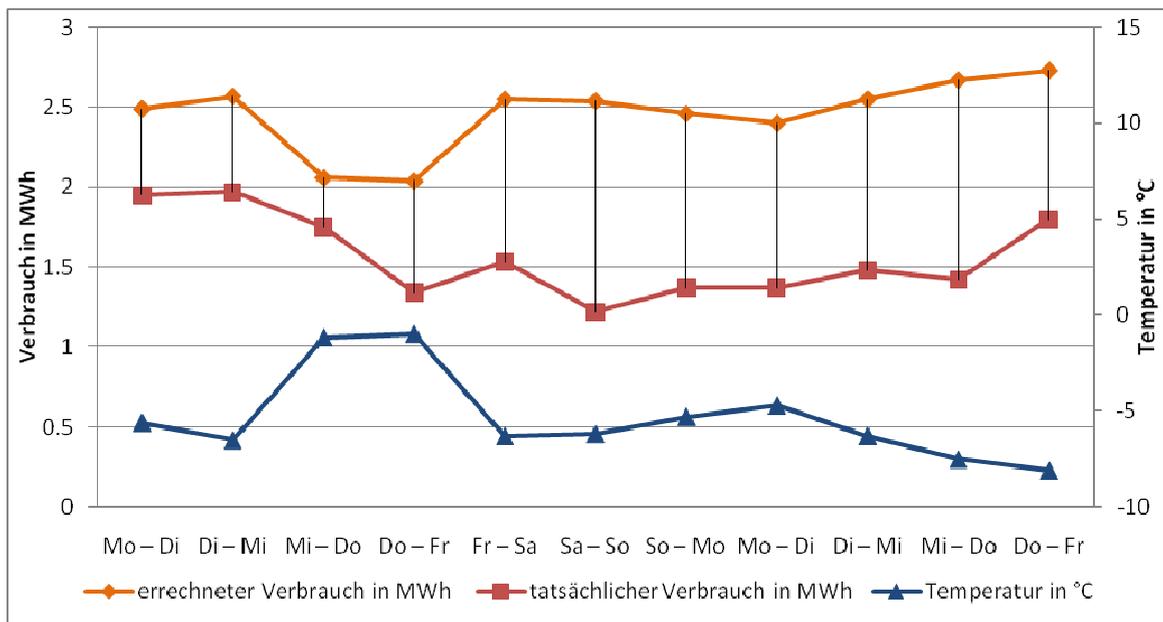
Um die anhand der obigen Darstellungen theoretisch ermittelten Transmissionswerte mit den realen Gegebenheiten abzugleichen, werden die Rechenwerte mit der tatsächlichen Heizlast verglichen. Letztere wurde über die Messgeräte der Unterzentrale des Exerzitienhauses ermittelt.

<sup>1</sup> errechnet anhand der Pläne aus dem Archiv in St. Ottilien

<sup>2</sup> übernommen aus <http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>, S.25

## 2.2.1 Errechnete und tatsächliche Wärmemenge des Exerzitenhauses

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
errechneter Verbrauch in MWh/d	2,49	2,57	2,06	2,04	2,55	2,54	2,46	2,40	2,55	2,67	2,73
tatsächlicher Verbrauch in MWh/d	1,95	1,97	1,75	1,34	1,53	1,22	1,37	1,37	1,48	1,42	1,80



Anhand der Wertetabelle und des Diagramms wird ersichtlich, dass die errechneten Werte von den tatsächlichen Werten des Verbrauches abweichen. Laut Berechnung würde zur Beheizung des Exerzitenhaus mehr Energie verbraucht werden, als es tatsächlich der Fall ist.

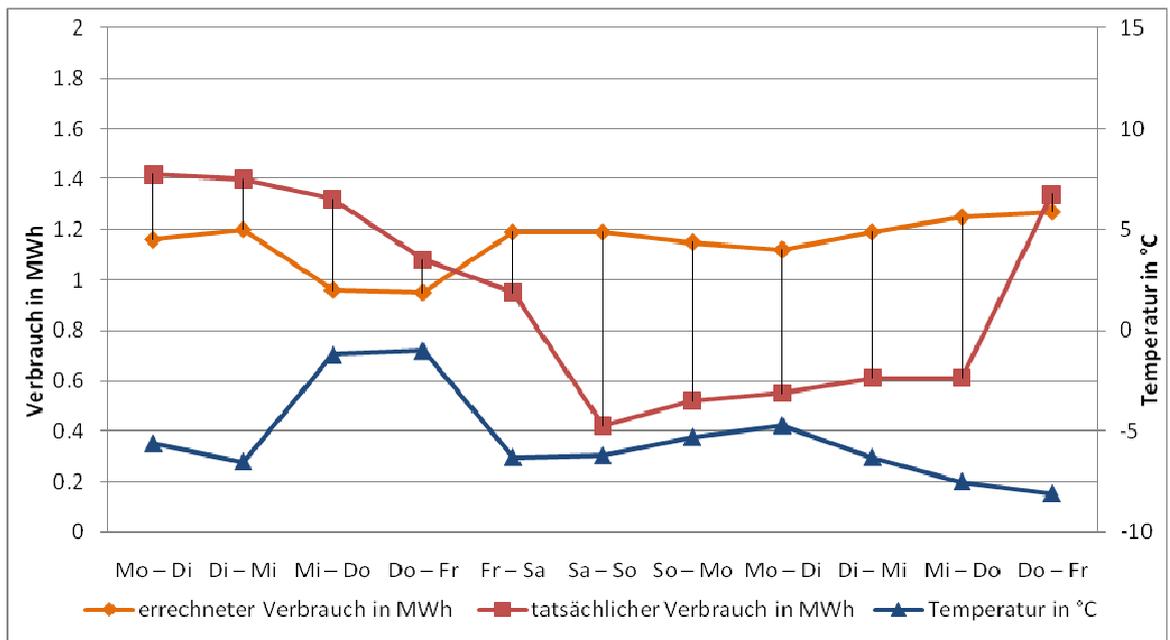
Insgesamt weichen die errechneten Werte durchschnittlich um 57% von den tatsächlichen ab.

Ab dem vierten Messwert (1,34 MWh) sinkt der tatsächliche Verbrauch des Exerzitenhauses im Vergleich zu den vorhergehenden Tagen. Gleichzeitig erhöht sich der Abstand zwischen errechnetem und tatsächlichem Verbrauchswert. Von Donnerstag, dem 08.01.2009 auf Freitag, dem 09.01.2009, steigt der tatsächliche Verbrauch hingegen wieder an und die Differenz zwischen errechnetem und

tatsächlichem Verbrauch nimmt wieder ab. Dies ist erstaunlich, da ab dem fünften Tag nur geringe Außentemperaturschwankungen herrschen.

**2.2.2 Errechnete und tatsächliche Wärmemenge des Gästehauses**

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
errechneter Verbrauch in MWh/d	1,16	1,20	0,96	0,95	1,19	1,19	1,15	1,12	1,19	1,25	1,27
tatsächlicher Verbrauch in MWh/d	1,42	1,4	1,32	1,08	0,95	0,42	0,52	0,55	0,61	0,61	1,34

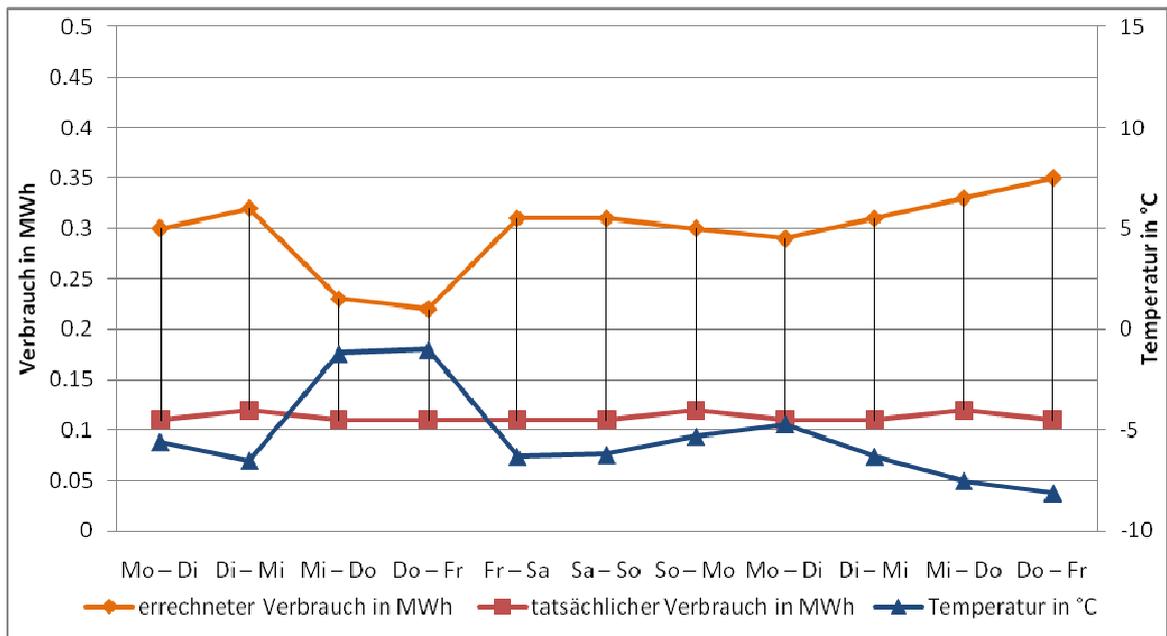


Anhand der Wertetabelle und des Diagramms wird ersichtlich, dass die errechneten Werte von den tatsächlichen Werten des Verbrauches wiederum abweichen. Laut Berechnung würde das Gästehaus an den ersten vier Tagen und am letzten Beobachtungstag weniger und vom fünften bis zum zehnten Tag mehr Energie verbrauchen, um die Räume zu beheizen, als es tatsächlich der Fall ist. Durchschnittlich weichen die errechneten Werte um 64% von den tatsächlichen ab.

Wie schon bei den Werten des Exerzitienhauses tritt hier das Phänomen auf, dass bei annähernd gleichbleibenden Außenlufttemperaturen der Wärmeverbrauch abnimmt. Ab dem vierten Tag sinkt der Wärmeverbrauch des Gästehauses bis auf 0,42 MWh und steigt erst wieder von Donnerstag, dem 08.01.2009, auf Freitag, dem 09.01.2009, an.

2.2.3 Errechnete und tatsächliche Wärmemenge der Ottilienkapelle

Tage	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr	Fr – Sa	Sa – So	So – Mo	Mo – Di	Di – Mi	Mi – Do	Do – Fr
errechneter Verbrauch in MWh/d	0,30	0,32	0,23	0,22	0,31	0,31	0,30	0,29	0,31	0,33	0,35
tatsächlicher Verbrauch in MWh/d	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11



Anhand der Wertetabelle und des Diagramms wird ersichtlich, dass die errechneten Werte von den tatsächlichen Werten des Verbrauches ebenfalls abweichen. Laut Berechnung würde die Ottilienkapelle mehr als das doppelte an

Energie verbrauchen um die Temperatur von ca. 12°C zu halten, als es tatsächlich der Fall ist.

Insgesamt weichen die errechneten Werte durchschnittlich um 163% von den tatsächlichen ab.

Bei den tatsächlichen Messwerten der Ottilienkapelle fällt auf, dass der Wärmeverbrauch sehr stabil ist (Verbrauch von 0,11 MWh bis 0,12 MWh) und kaum auf Außentemperaturschwankungen reagiert.

### **2.3 Interpretation zum Unterschied zwischen errechnetem und tatsächlichem Wärmeverbrauch**

Wie bereits unter 2.2 beschrieben, unterscheiden sich die errechneten Wärmeverbrauchswerte der drei Gebäudeteile teilweise erheblich von den tatsächlichen Messwerten.

Für die drei Gebäudeteile kann dies allgemein folgende Gründe haben:

Die in 2.1 verwendeten Daten können von den tatsächlichen Gegebenheiten abweichen:

Anhand der Gebäudepläne von 1966 aus dem Archiv in St. Ottilien wurden die Flächen der Böden, Decken, Außenwände bzw. Türen und Fenster gemessen und berechnet.

Da diese Pläne per Hand gezeichnet wurden und nicht mehr in allen Details mit dem gegenwärtigen Zustand der drei Gebäudeteile übereinstimmen, können die Flächenangaben unstimmg sein.

Die angegebenen U-Werte für die unterschiedlichen Flächen können ebenfalls von den tatsächlichen U-Werten abweichen, da sie anhand von Wärmebildaufnahmen der Gebäude geschätzt wurden.

Eine genaue Bestimmung der U-Werte auf Basis der verbauten Materialien würde eine Bohrung durch die Materialschichten von Wänden, Böden und Decken erforderlich machen, was mit einem erheblichen Aufwand verbunden wäre.

Ein anderes Problem stellen die Teile der Gebäudehülle dar, die ans Erdreich grenzen. Dort weicht die Temperatur oftmals deutlich von der gemessenen Außentemperatur ab.

In der Berechnung unter 2.1 hingegen wurde angenommen, dass die Temperatur des Erdreiches der Außenlufttemperatur entspricht.

Eine weitere Vereinfachung der Formel besteht darin, dass die Innentemperatur in allen Räumen des jeweiligen Gebäudeteils als gleichmäßig angenommen wurde. In der Realität ist dies nicht der Fall. Warme Luft steigt auf. Unter der Zimmerdecke ist es dadurch im Normalfall wärmer als am Boden, (Ausnahme Räume mit Fußbodenheizung). Die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen ist deshalb in der Regel bei nach oben abgrenzenden Bauteilen größer als bei Bauteilen, die unten abgrenzen.

Auch die Fähigkeit von Baustoffen und Bauteilen, Wärmeenergie aufzunehmen und wieder abzugeben, spielt eine bedeutende Rolle. Im Winter sind wärmespeichernde Bauteile in der Lage, die aufgenommene Heizwärme mit Verzögerung wieder an die Raumluft abzustrahlen. Somit besitzen sie eine temperaturnausgleichende Wirkung.

Vereinfacht betrachtet setzt die unter 2.1 benutzte Formel ideale Bedingungen („ceteris paribus-Bedingungen“) ohne die Sondereinflüsse wie oben dargestellt voraus und ermittelt somit nur den Transmissionsverlust, also die Wärme, die durch die Gebäudeflächen bei einem entsprechenden U-Wert entweicht.

Sie vernachlässigt externe und interne Wärmegewinne, Lüftungswärmeverluste und das sonstige Verhalten der Bewohner.

Darauf wird im Folgenden näher eingegangen.

### 2.3.1 Interpretationen zum Exerzitieshaus

Wie bereits in 2.2.1 beschrieben, ist der tatsächliche Wärmeverbrauch des Exerzitieshauses geringer als der errechnete. Daraus kann man schließen, dass dem Gebäude vermutlich durch äußere und innere Bedingungen mehr Energie zugeführt wurde, als es durch Belüftung der Räume verloren hat. Während des Mess-

Zeitraumes waren keine offenstehenden Fenster im Exerzitieshaus festzustellen. Daraus ist zu schließen, dass sehr wenig Wärme durch Lüftung der Räume verlorengegangen ist. Zum anderen ist auch davon auszugehen, dass bei einigen Räumen die Temperatur unter 20°C lag.

Innere Wärmegewinne  $Q_i$  werden durch Menschen, Maschinen, elektrische Geräte, Beleuchtung etc. hervorgerufen, welche nicht Bestandteil des Heizsystems sind. Die Berechnung erfolgt pauschaliert auf die Gebäudenutzfläche  $A_n$ <sup>1</sup>, die sich aus dem beheizten Volumen  $V_e$  und dem Faktor 0,32 m<sup>-1</sup> errechnet:

$$Q_i = 22 \cdot A_n \text{ in kWh/a} \quad \text{wobei: } A_n = V_e \cdot 0,32 \text{ m}^{-1}$$

Der Faktor 22 ergibt sich aus der Multiplikation von 185 Heiztagen (DIN V 4701-10), 24 Stunden und 5 W/m<sup>2</sup>.<sup>2</sup>

Das beheizte Gebäudevolumen des Exerzitieshauses ergibt sich aus den in 2.1.1 angegebenen Daten.

$$Q_i = (22 \cdot 0,32 \cdot 21072) \text{ kWh/a}$$

$$Q_i = 148346,88 \text{ kWh/a} \approx 406,4 \text{ kWh/d} = 0,406 \text{ MWh/d}$$

Somit ergibt sich für das Exerzitieshaus pauschal ein interner Wärmegewinn von 0,406 MWh pro Tag.

Die Wärmezufuhr von außen findet vor allem durch die Sonneneinstrahlung statt. Man unterscheidet solare Wärmegewinne durch transparente Bauteile, wie Fens-

<sup>1</sup> VWEW Energieverlag: RWE Bau-Handbuch; 13. Ausgabe; Frankfurt a. Main: Energieverlag; 2004, S. 2/9

<sup>2</sup> Thomas und Erhard Laasch: Haustechnik: Grundlagen-Planung-Ausführung; 11. Auflage Wiesbaden: Teubner Verlag; 2005, S. 491

ter, und solare Wärmegewinne durch opake, d.h. nichttransparente Bauteile, wie Außenwände und Dächer.

In diesem Fall wird näher auf die Wärmegewinne durch transparente Bauteile eingegangen.

Die Höhe dieser Wärmegewinne wird maßgeblich beeinflusst durch die Größe, die Verteilung und Anordnung der Fenster sowie die Himmelsrichtung der solaren Einstrahlung. Die Summe der Wärmegewinne jedes einzelnen transparenten Bauteils (i) ergibt den solaren Wärmegewinn für das Gebäude. Die transparenten Bauteile gehen mit ihrer Fläche  $A_i$  (lichte Rohbaumaße), dem Gesamtenergiedurchlass  $g_i$  und den solaren Einstrahlungswerten  $(I_s)_{j,HP}$ , welche nach Himmelsrichtung unterschieden werden, in die Berechnung ein. Durch den Faktor 0,567 ist ein durchschnittlicher Fensterrahmenanteil, eine Teilverschattung des Fensters sowie die Absorption bzw. Reflexion der Gläser berücksichtigt.

Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$Q_s = \Sigma (0,567 \cdot (I_s)_{j,HP} \cdot g_i \cdot A_i) \text{ in kWh/a}$$

Für  $(I_s)_{j,HP}$  ergeben sich folgende Werte<sup>1</sup>.

Für die Fensterflächen werden die errechneten Werte aus 2.1.1 eingesetzt:

Himmelsrichtung	Südost bis Südwest	Südwest bis Nordwest	Nordost bis Südost	Nordwest bis Nordost
$(I_s)_{j,HP}$ in kWh/m <sup>2</sup> · a	270	155	155	100
$A_i$ in m <sup>2</sup>	67	203	259	82

<sup>1</sup> Formel und Werte übernommen aus: Thomas und Erhard Laasch: Haustechnik: Grundlagen-Planung-Ausführung; 11. Auflage Wiesbaden: Teubner Verlag; 2005; S.490,491

Für den Gesamtenergiedurchlass wird ein Wert von 0,5<sup>1</sup> angenommen, d.h. dass 50 % der eingestrahltten Energie den Raum hinter der Glasscheibe erreichen.

$$Q_s = 0,567 \cdot 270 \cdot 0,5 \cdot 67 \text{ kWh/a} = 10257,03 \text{ kWh/a} = 28,1 \text{ kWh/d}$$

$$Q_s = 0,567 \cdot 155 \cdot 0,5 \cdot 203 \text{ kWh/a} = 8920,33 \text{ kWh/a} = 24,4 \text{ kWh/d}$$

$$Q_s = 0,567 \cdot 155 \cdot 0,5 \cdot 259 \text{ kWh/a} = 11381,1 \text{ kWh/a} = 31,2 \text{ kWh/d}$$

$$Q_s = 0,567 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 82 \text{ kWh/a} = 2324,7 \text{ kWh/a} = 6,4 \text{ kWh/d}$$

$$\rightarrow Q_s = 90,1 \text{ kWh/d} = 0,09 \text{ MWh/d}$$

Da an fast allen Tagen, abgesehen von Montag, dem 05.01.2008, bis Mittwoch, dem 07.01.2008 die Sonne geschienen hat, kann man auf den solaren Wärmege-  
winn zurückgreifen. Dieser wirkt sich wie bereits erwähnt nicht nur positiv auf  
transparente sondern auch auf nicht transparente Flächen aus. Ein Teil der solaren  
Wärme wird von den Bauteilen gespeichert und wirkt so dem Wärmedurchgang  
durch das Bauteil entgegen.

Der in 2.2.1 beschriebene tatsächliche Wärmeverbrauchsrückgang lässt sich damit  
aber nicht abschließend begründen.

Es kommt hinzu, dass das Exerzitenhaus von Freitag, dem 02.01.2008, bis Frei-  
tag, dem 9.1.2008, geschlossen war.<sup>2</sup> Deshalb wurde in diesem Zeitraum nur der  
Bürotrakt des Exerzitenhauses beheizt. Die Raumtemperatur in den anderen Be-  
reichen des Exerzitenhauses wurde abgesenkt, was sich wiederum auf den Ener-  
gieverbrauch auswirkt. Dadurch ist die Temperaturdifferenz zwischen der Raum-  
und Außenlufttemperatur geringer und somit auch der Wärmeverbrauch. Dies zeigt  
sich unter 2.2.1 deutlich in den Verbrauchswerten.

---

<sup>1</sup> übernommen aus <http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>, S.25

<sup>2</sup> Aussage des Sekretariats des Exerzitenhauses

### 2.3.2 Interpretationen zum Gästehaus

Wie das Exerzitenhaus war auch das Gästehaus im gleichen Zeitraum geschlossen. Somit lässt sich auch hier das Absinken des Wärmeverbrauches in dieser Zeit erklären.

Interessanter hingegen ist die unter 2.2.2 beschriebene Tatsache, dass das Gästehaus tatsächlich mehr verbraucht als in 2.1.2 errechnet wurde.

Dieser erhöhte Verbrauch geht letztendlich auf die unterschiedlichen Heizgewohnheiten und die Lüftung durch die Bewohner zurück.

Es ist davon auszugehen, dass die Menschen ihr Heizverhalten verändern, wenn sie dafür nicht direkt bezahlen müssen. Für die Übernachtung in Hotels und Gästehäusern werden in der Regel pauschale Zimmertagespreise berechnet. Dadurch achten die Gäste für gewöhnlich nicht mehr auf ein kostenreduzierendes und folglich energiesparendes Heizverhalten.

Bei Menschen in rein sitzender Position liegt die Wohlfühltemperatur bei ca. 22°C. In der Berechnung in 2.1.2 ist hingegen von einer Einheitstemperatur von 20°C ausgegangen worden. Ein Temperaturanstieg von 2°C bedeutet entsprechend obiger Formeln einen Energiemehraufwand von 8%.

Ein weitaus größeres Problem ist jedoch der Wärmeverlust durch die Belüftung der Räumlichkeiten. Dieser hängt von vielen Einflüssen wie der Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperaturdifferenz zwischen innen und außen, Gebäudeform und Lüftungsgewohnheiten der Nutzer ab.

Der Lüftungswärmeverlust  $Q_v$  ergibt sich aus dem Produkt des spezifischen Lüftungswärmeverlustes  $H_v$  des Gästehauses in W/K, der Lufttemperaturdifferenz  $\Delta T$  zwischen innen und außen und der Länge  $t$  des Berechnungszeitraumes in h:

$$Q_v = H_v \cdot \Delta T \cdot t \quad \text{wobei: } \Delta T = (\Theta_i - \Theta_e)$$

Der spezifische Lüftungswärmeverlust berechnet sich aus der Luftwechsellrate  $n$  ( $n_{\min} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ ), der spezifischen Wärme der Luft unter Normalbedingungen  $c_{\text{spez}}$  (=

0,34 Wh/(m³K)) und dem beheizten Luftvolumen  $V$ , das nach EnEV bei Gebäuden bis zu 3 Vollgeschossen näherungsweise aus 0,76 mal dem Bruttovolumen  $V_e$  (= 3604 m³) bestimmt wird.<sup>1</sup>

$$H_v = n \cdot 0,76 V_e \cdot c_{\text{spez}}$$

$$Q_v = n \cdot 0,76 V_e \cdot c_{\text{spez}} \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \cdot t$$

Die Temperaturdaten und das Bruttovolumen werden anhand der Daten aus 2.1.2 berechnet.

Basierend auf den obigen Formeln ergibt sich für den Mindest- Lüftungswärmeverlust des Gästehauses:

von Montag, dem 29.12.2008, bis Dienstag, dem 30.12.2008,  $Q_v \approx 0,17$  MWh

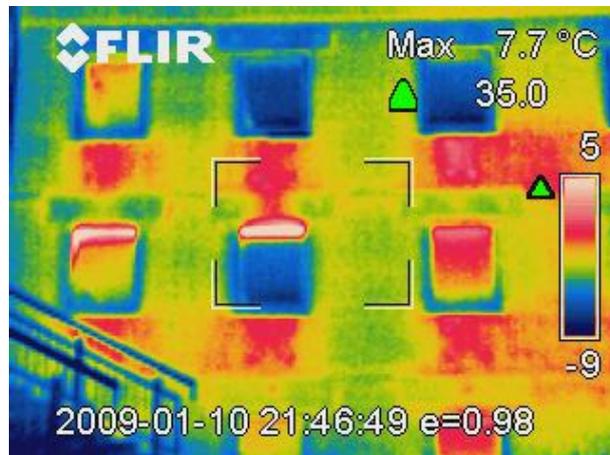
von Dienstag, dem 30.12.2008, bis Mittwoch, dem 31.12.2008,  $Q_v \approx 0,18$  MWh

von Mittwoch, dem 31.12.2008, bis Donnerstag, dem 01.01.2009,  $Q_v \approx 0,14$  MWh

Da in dieser Rechnung von einer Mindest-Luftwechselrate ausgegangen wurde, stellen diese Werte folglich nur den Mindest-Luftwechselverlust dar. Die Luftwechselrate hängt ganz von den Lüftungsgewohnheiten der Nutzer ab. Die Höhe des Luftwechsels kann zwischen  $0,3 \text{ h}^{-1}$  bei gekippten Fenstern und bis zu  $15 \text{ h}^{-1}$  bei voll geöffneten Fenstern schwanken.<sup>2</sup> D.h. um denselben Luftaustausch zu erreichen, muss das gekippte Fenster fünfmal solange offenstehen wie das ganz geöffnete Fenster. Dauerhaft geöffnete Fenster sind mit hohen Lüftungswärmeverlusten verbunden. Des Öfteren wurde bemerkt, dass bei einigen Zimmern die Gäste anstatt Stoß zu lüften über längere Zeit die Fenster gekippt lassen. Dies hat natürlich den bereits beschriebenen höheren Wärmeverlust zu Folge, der sich wiederum negativ auf die Energiebilanz auswirkt.

<sup>1</sup> Formeln und Zahlen übernommen aus: VWEW Energieverlag: RWE Bau-Handbuch; 13. Ausgabe; Frankfurt a. Main: Energieverlag; 2004, S. 14/27 und 14/73

<sup>2</sup> Werte übernommen aus: VWEW Energieverlag: RWE Bau-Handbuch; 13. Ausgabe; Frankfurt a. Main: Energieverlag; 2004, S.14/26



Die beiden linken Fenster sind gekippt. Dadurch erhöht sich der Lüftungswärmeverlust erheblich, wie man an den beiden roten Balken über den Fenstern sehen kann.

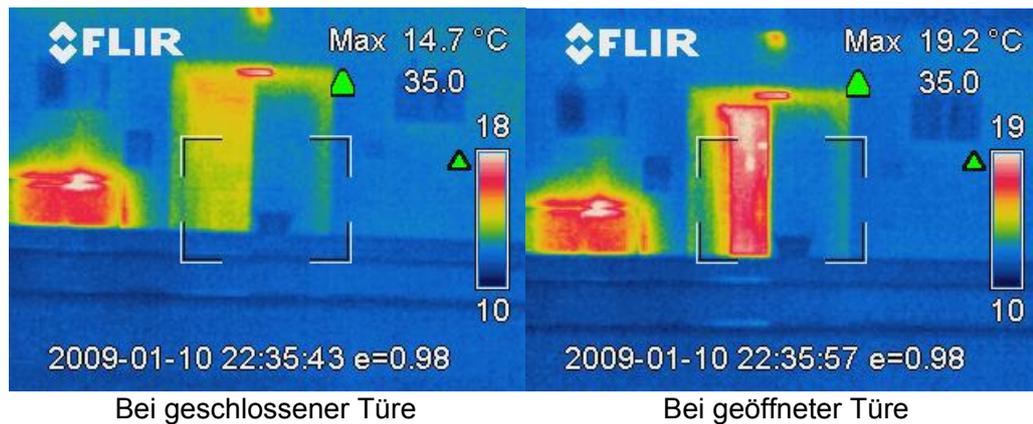
### 2.3.3 Interpretationen zur Ottilienkapelle

In der Ottilienkapelle tritt dasselbe Problem wie im Exerzitenhaus auf. Hier weichen jedoch die errechneten Werte teilweise um mehr als 100% von den tatsächlichen Werten ab.

Im Gegensatz zum Exerzitenhaus werden in der Ottilienkapelle innere Wärmegewinne nur durch Menschen hervorgerufen. Diese befinden sich im Normalfall nur eine kurze Zeit in der Ottilienkapelle, um zu meditieren oder um zu beten, wobei sie maximal 120 Watt<sup>1</sup> an Wärme abgeben. Geht man von maximal 20 Besuchern pro Tag aus, ist die Wärme, die sie abgeben, im Vergleich zum Wärmeverlust der Ottilienkapelle verschwindend gering und kann vernachlässigt werden. Weitaus entscheidender ist, dass die meisten Leute beim Betreten der Ottilienkapelle die Türe zum Exerzitenhaus offenstehen lassen. Beim Verlassen der Ottilienkapelle vergessen sie, die Türe wieder zu schließen. Dadurch strömt warme Luft des Exerzitenhauses in die Ottilienkapelle, da Wärme mit verschieden großem Ener-

<sup>1</sup> Peter Schulz: Handbuch für den Innenausbau: Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz; 7. Ausgabe Stuttgart, München: Deutsche Verlags-Anstalt; 2002, S. 214

geiehalt sich versucht anzugleichen. Hierbei bewegt sich die Luft nur von Stellen höherer Temperatur zu Stellen niederer Temperatur. Veranschaulicht wird dies an folgenden thermografischen Aufnahmen. Diese zeigen die Ottilienkapelle bei geschlossener und offener Türe.



Auch wurde anhand der Wärmebildaufnahmen eine unbekannte Wärmequelle gefunden, deren Wärmeabgabe nicht an das Messgerät der Ottilienkapelle gekoppelt ist. Dadurch wird wiederum Wärme an die Ottilienkapelle abgegeben, die den Verbrauch des eigentlichen Zubringers somit weiter verringert.

Was im Gegensatz zu den anderen Gebäudeteilen bei der Ottilienkapelle ebenfalls nicht unbedeutend ist, ist die Tatsache, dass der Boden auf Grund einer Fußbodenheizung unter den Sitzbänken wärmer ist als der Rest der Ottilienkapelle, gleichzeitig aber die Decke wärmer ist als die Seitenwände, da warme Luft wie bereits beschrieben hochsteigt.

Beim Boden wird deshalb von einer Durchschnittstemperatur von ca. 17° C ausgegangen, an den Wänden von ca. 8° C und an der Decke von ca. 10° C.<sup>1</sup> Rechnet man mit diesen unterschiedlichen Innentemperaturen ergibt sich ein Unterschied von etwa 3% pro Tag.

<sup>1</sup> gemessen mit einem digitalen Thermometer

Im Fall der Ottilienkapelle wird ebenfalls nicht auf die solaren Gewinne eingegangen, da die Fensterflächen zu klein und zudem abgedunkelt sind. D.h. sie sind nicht erheblich genug für die Energiebilanz.

### 2.3.4 Zusammenfassung zu den Mess-Ergebnissen

Wie die Ergebnisse zeigen, lässt sich der Wärmeverbrauch bei konstanter Innentemperatur zwar theoretisch anhand der Formeln

$$\Phi = U \cdot A \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$$

$$Q = \Phi \cdot t$$

ermitteln, dennoch können viele Faktoren den Energieverbrauch deutlich verändern. Neben den Wärmedämm-Maßnahmen trägt das menschliche Verhalten ganz erheblich zu Veränderungen des Wärmeverbrauchs bei. Auch ist die Ausrichtung des Gebäudes bzw. der Fensterflächen für den Verbrauch von erheblicher Bedeutung. Beachtet man diese wärmeeffizienten Kriterien beim Bau eines Hauses, kann man langfristig erheblich an Energie und somit an Geld einsparen, man schont damit auch gleichzeitig die Umwelt.

### 3 Auswirkungen energiesparender Sanierungsmaßnahmen

Wie sich wärmedämmende Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden auswirken können, soll im Folgenden anhand des Gästehauses demonstriert werden.

Das Gästehaus befindet sich zurzeit in einem komplett unsanierten Zustand. Deshalb sind die in 2.1.2 verwendeten U-Werte entsprechend schlecht und es geht viel Wärme durch die unzureichend isolierten Gebäudeteile verloren.

Eine komplette Wärme dämmende Sanierung des Gästehauses würde Schätzungen<sup>1</sup> zufolge zwischen 300.000 € und 350.000 € kosten. Ein Großteil dieser Maßnahmen könnte auch von klostereigenen Betrieben zu Selbstkosten und damit vermutlich noch preisgünstiger durchgeführt werden. Diese Sanierungsmaßnahmen hätten folgende Auswirkungen auf den Wärmeverlust, dargestellt am Beispiel Montag, dem 29.12.2008, auf Dienstag, dem 30.12.2008:

Als U – Werte werden die geschätzten Werte der Bauteilflächen in saniertem Zustand (siehe Werte der sanierten Flächen des Exerzitenhauses) angenommen. Dadurch ergeben sich folgende U – Werte für die einzelnen Bauteilflächen:

Gebäudeteil	Außenwand	Fenster	Decke	Boden
U-Werte in W/(m <sup>2</sup> K)	0,3	1,6	0,3	0,42
Fläche A in m <sup>2</sup>	680	125	361	361

Setzt man diese U – Werte anstatt der Werte des unsanierten Zustandes in die Gleichungen aus 2.1 ein, ergibt sich folgender Wärmeverlust:

Wärmeverlust in saniertem Zustand:  $\Phi = 16.996,4 \text{ W}$

Wärmemenge in saniertem Zustand:  $Q = 407.912,4 \text{ Wh} \approx 0,41 \text{ MWh}$

<sup>1</sup> gemäß Angaben Pater Claudius, Verwalter des Exerziten- und Gästehauses

Die Wärmemenge reduziert sich auf ca. 35% des in 2.1.2 errechneten Wertes, was heißen würde, dass man ca. 65% an Energie durch Sanierungsmaßnahmen einsparen könnte.

Bezieht man die 65% auf den tatsächlichen Wärmeverlust des Gästehauses (1,42 MWh/d), hätte man in diesem Zeitraum 0,923 MWh/d an Wärmeverlust und somit erheblich Energiekosten einsparen können.

Durch die Neuausrichtung der Energienutzung in St. Ottilien kommen zu 85% Hackschnitzel und nur noch zu 15% Heizöl als Energielieferanten zum Einsatz.

Um 10 kWh an Energie erzeugen zu können benötigt man in etwa 1 Liter Heizöl. Diese Energiemenge mit Heizöl zu erzeugen, kostet in der Bundesrepublik Deutschland aktuell durchschnittlich 0,54 Euro (Stand: 22.Januar 2009)<sup>1</sup>.

Um dieselbe Energiemenge mit Hackschnitzeln zu gewinnen, muss man ca. 0,24 Euro für zugekaufte bzw. ca. 0,12 Euro für Hackschnitzel aus eigener Produktion bezahlen<sup>2</sup>.

Nach Sanierung des Gästehauses und bei Einsatz der neuen Heizzentrale ergeben sich pauschal hochgerechnet jährliche Einsparungen für die Beheizung des Gästehauses von ca. 2.100 Euro<sup>3</sup>, wie nachfolgende Berechnung zeigt:

Energieträger	Nutzung	Preis/ Verbrauch 10 kW in €
Heizöl	15%	0,54
Hackschnitzel, eigene	34%	0,12
Hackschnitzel, Zukauf	51%	0,24
Ø Preis je 10 kW		0,244
	kW	Einsparung in €
tägliche Einsparung in kW (65% aus 1.420 kW Verbrauchswert), halber Ansatz wegen der überdurchschnittlich kalten Temperatur	462	11,27
	Heiztage	Jahreseinsparung
jährliche Einsparung bei Heiztagen in €	185	<b><u>2.085</u></b>

<sup>1</sup> Übernommen aus Grafik auf: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>

<sup>2</sup> <http://www.ottilien.de/energie/>

<sup>3</sup> Quelle: eigene Berechnung

Die Sanierung allein aus Kostengründen durchzuführen, ist offensichtlich nicht sinnvoll, da eine Amortisierung der Investitionskosten durch die Kosteneinsparungen zeitlich kaum abzusehen ist.

Aus ökologischen Gründen ist es dennoch sinnvoll, das Gästehaus zu sanieren: das Kloster würde auf diese Weise einen weiteren Beitrag zum Umweltschutz leisten und eine Vorbildfunktion für die ganze Region einnehmen.

## 4 Literaturverzeichnis

### 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
- Richard H. Kastner: Gebäudesanierung: Analyse, Planung, Durchführung  
München: Callwey Verlag; 1983
- Wolfram Pistohl: Handbuch der Gebäudetechnik: Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Energiesparen; Planungsgrundlagen und Beispiele Band 2; 6. Auflage  
Köln: Werner Verlag; 2007
- Friedrich Reinmuth: Energieeinsparung in der Gebäudetechnik: Baukörper und technische Systeme der Energieverwendung; 1. Auflage  
Würzburg: Vogel Verlag; 1994
- Achim Linhardt: Energieeinsparverordnung für jedermann: Wie Hauseigentümer die Anforderungen kostengünstig erfüllen  
München: Deutsche Verlags-Anstalt; 2005
- Louise Schroll: Energietechnische Gebäudesanierung: Ein Erfahrungsbericht  
Aarau/Schweiz: AT Verlag; 1985
- 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 Mösle, Michael Schwarz: Green Building: Konzepte für nachhaltige Architektur  
München: Callwey Verlag; 2007

### **Zeitschriften und Zeitungen:**

- Horn, P.: Die Ausweispflicht kommt, in: Süddeutsche Zeitung vom 20.06.2008, Seite V2/1
- Europäische Kommission: Bekämpfung des Klimawandels, Europa in der Vorreiterrolle, 2008, S.7
- NN: Bis zu 10.000 Euro für Energiesparer, in Münchner Merkur,31.07.2008, S.10

### **Internet:**

- Greenpeace Redaktion: Fossile Energieträger und Klimawandel, Internetseite: „[http://www.greenpeace.de/themen/energie/fossile\\_energien/artikel/fossile\\_energiekraeger\\_und\\_klimawandel/](http://www.greenpeace.de/themen/energie/fossile_energien/artikel/fossile_energiekraeger_und_klimawandel/)“ vom 26.05.2004, aufgerufen am 03.01.2009
- Effektiver Ölpreis in Dollar und in Euro, Internetseite: „<http://www.tecson.de/poelhist.htm>“, aufgerufen am 22.01.2009
- Internetseite: „<http://www.ottilien.de/energie/>“ aufgerufen am 03.01.2009 und 22.01.2009
- Internetseite: „<http://www.ottilien.de/energie/endbericht-ottilien.pdf>“, S.8, S. 25, S. 26, aufgerufen am 03.01.2009
- Internetseite:  
[http://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick/?id=DE0002655006&prev=3days](http://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/?id=DE0002655006&prev=3days), aufgerufen am 11.01.2009

- Preisentwicklung beim Heizöl, Internetseite:  
„<http://www.tecson.de/pheizoel.htm>“, aufgerufen am 22.01.2009

**Ansprechpartner:**

- J. Hohnester
- W. Mauch
- Pater Claudius
- Sekretariat des Exerzitenhauses

## Anhang