

BMU-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben

Umweltbereich Energie
Abschlussbericht

Berichts-Nummer UBA: UBA 70441/2 (4/25)
Vorhaben-Nr.: 20132

**Konzept zur ökologischen Wärme- und Kälteerzeugung
durch Optimierung aller Anlagenteile
als Musteranlage für den gewerblichen Bereich**

Autor
Dipl. -Ing. (FH) Wilfried Lüthen

Antragsteller
Frank Borstel

IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES
(und der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW)

Die genannten Maßnahmen wurden wegen ihrer die Umwelt entlastenden Wirkung (Energieeinsparung und Vermeidung von CO₂-Emissionen), ihrem Modellcharakter und ihrer Übertragbarkeit auf andere Betriebe mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Programms zur Förderung von Demonstrationsvorhaben bezuschusst.
Die Projektbetreuung lag bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau und dem Umweltbundesamt

Oktober 2008

Berichts-Kennblatt

1. Berichts-Nummer: UBA 70441/2 (4/25)	2.	3.
4. Titel des Berichts Konzept zur ökologischen Wärme- und Kälteerzeugung durch Optimierung aller Anlagenbestandteile als Musteranlage für den gewerblichen Bereich		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dipl.-Ing.(FH) Wilfried Lüthen	8. Abschlussdatum November 2005	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Planungsbüro Wilfried Lüthen 17491 Hansestadt Greifswald, Andreas-Mayer-Straße 23 Tel.: 03834 817444, Fax: 03834 817445 e-Mail: W.Luethen@t-online.de im Auftrag des Bauherrn Frank Borstel 18507 Grimmen, Bahnhofstraße 51 Tel.: 038326 2904, Fax: 038326 53248 e-Mail: info@brillenhaus-grimmen.de Internet: www.brillenhaus-grimmen.de	9. Veröffentlichungsdatum Oktober 2008	
	10. Vorhaben-Nr. 20132	
	11. Seitenzahl 35	
	12. Literaturangaben 1	
	13. Tabellen/Diagramme/techn. Zeichnungen 5 / 5 / 0	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 1406, D-06813 Dessau	14. Grafische Abbildungen/Werkfotos 9 / 8	
15. Zusätzliche Angaben Optimierung aller Anlagenbestandteile und deren Zusammenspiel zu einer Musteranlage für die ökologische Wärme- und Kälteerzeugung		
16. Kurzfassung Zielsetzung: Ganzheitliches Energiekonzept für ein saniertes Geschäftsgebäude zur Senkung des Energiebedarfs und des CO ₂ -Ausstoß und Ertragsoptimierung einer Photovoltaikanlage durch Kühlung der Photovoltaikzellen. Maßnahmen: Im Rahmen des Aus- und Umbaus wurde ein ganzheitliches Energiekonzept umgesetzt, das die Senkung des Primärenergiebedarfs durch energetische Optimierung der Gebäudehülle und Deckung des verbleibenden Bedarfs durch Einsatz effizienter Anlagentechnik und eine optimierte Energieerzeugung und –verteilung umfasst. Die Außenwände, Kellerdecke und Dachflächen wurden mit einem umfangreichen Wärmeschutz versehen, die neuen Fenster und Türen mit einer Dreifachverglasung ausgestattet. Die vorhandene Gasheizung wurde durch eine Wasser-Wasser-Elektrowärmepumpe mit einem hohen Leistungswert ersetzt. Die notwendige Kühlung der Geschäftsräume erfolgt anstatt durch eine herkömmliche Klimaanlage über ein mit Brunnenwasser beschicktes Kapillarrohrmattensystem unterhalb der Geschossdecken. Das System wird auch zur Beheizung verwendet. Zur Steuerung und Regelung des Energieverbrauchs kommt zudem eine Gebäudeleittechnik zum Einsatz.		
17. Schlagwörter Energieeinsparung, CO ₂ -Reduzierung, reduzierter Energieverbrauch, Photovoltaikanlage, Kapillarrohrsystem, Anlagenoptimierung, Gebäudeleittechnik		
18. Preis der Gesamtmaßnahme: 900 000 Euro	19. davon förderfähige Kosten: 280 000 Euro	20.

Demonstrationsmodell für ein ganzheitliches Konzept zur ökologischen Wärme- und Kälteerzeugung durch Optimierung aller Anlagenbestandteile als Musteranlage für den gewerblichen Objektbereich

Abschlussbericht

Berichts-Nummer: UBA 70441/2 (4/23)

KfW-Förderbank AZ: K II e 1 / 001328



Grimmen, Greifswald, 23.10.2008

Inhalt	Seite
1 Ausgangssituation	4
1.1 Vorhandene Situation	5
1.2 Stand der Technik	6
1.2.1 Wärmepumpen	6
1.2.2 Klimaanlage	6
1.2.3 Wärmeverteilungssysteme	7
1.2.4 Solarenergieerzeugung	7
1.2.5 Regelungstechnik	7
1.2.6 bautechnischer Wärmeschutz	8
2 Ziele der Sanierung	8
2.1 Bautechnische Anforderungen	8
2.2 Technische Gebäudeausrüstung	9
2.3 Eingesetzte Geräte und Materialien	11
2.4 Angestrebte Minderung der CO ₂ -Emissionen	13
3 Zielstellung des Monitorings	16
4 Messtechnische Untersuchung	17
4.1 Meßstellen	17
4.2 Datenpunktliste	19
4.3 Eingesetzte Messtechnik	21

5	Ergebnisse	21
5.1	Betriebserfahrungen	21
5.2	Energieeinsparung und CO ₂ -Emissionsminderung	24
5.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	25
5.4	Einzelbetrachtungen	28
6	Zusammenfassung	35
7	Literaturverzeichnis	35

1 Ausgangssituation

Geschichte des Sanierungsobjektes „Schauburg“ und Gründe für die baulichen Investition

Das Gebäude der alten „Schauburg“ wurde zum Zwecke der Betreibung eines Lichtspieltheaters als Wohn- und Geschäftshaus im Jahre 1930 von der Familie Baumann errichtet.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde die Familie enteignet, bekam aber am 28. Mai 1956 das Wohnhaus (heutige Bahnhofstraße 51) als Teil des Gesamtkomplexes wieder. Das Lichtspieltheater mit samt seinen Räumlichkeiten blieben im Besitz des Staates bzw. des durch ihn eingesetzten volkseigenen Lichtspielbetriebes.

Durch den Erben, Herrn Ernst Lootz, wurde das Wohnhaus, Bahnhofstraße 51 am 03. September 1990 an das Ehepaar Ingrid und Günter Borstel (Eltern des Investors) veräußert, die das Haus zum Geschäftshaus umbauten. In der unteren Etage entstand ein Augenoptikgeschäft, das selbst betrieben wurde, für die obere Etage konnte ein Augenarzt als Mieter gebunden werden.

Dieser Teil des Gebäudekomplexes wurde am 15. Juli 2004 durch den Sohn der Besitzer, Herrn Frank Borstel, käuflich erworben.

Das Kino „Schauburg“, Bahnhofstraße 50a wurde im Jahre 1992 geschlossen und wurde schließlich am 23. Februar 2004 an Herrn Frank Borstel verkauft.

Durch den Kauf beider, seit dem Jahre 1949 besitzrechtlich getrennten Gebäudeteile, Bahnhofstraße 50a und 51, durch den Investor können diese baulich wieder vereint werden.



Straßenansicht „altes“ Kino, rechts das Optikergeschäft

1.1 Vorhandene Situation

Am Gebäude gab es einen erheblichen Instandsetzungsstau. Nur der noch genutzte Teil des Gebäudes war Anfang der 90-iger Jahre in Teilen modernisiert worden: Die Modernisierung umfasste im Wesentlichen die Erneuerung der Fenster, den Einbau einer Gasheizung, den Einbau einer Klimaanlage (elektrisch betriebenes Split-Klimagerät) für den Werkstattbereich und den Verkaufsraum, den Einbau einer Einbruch- und Brandmeldeanlage und eine teilweise Instandsetzung der elektrischen Anlage mit einer Teilerneuerung der Beleuchtungsanlage.

Folgende wichtige Aufgaben wurden nicht erfüllt: Wärmedämmung der gesamten Gebäudehülle bzw. der Kellerdecke, Trockenlegung des Kellers, Sonnenschutzeinrichtungen für den Bereich der Schaufenster, Einbau energiesparender Beleuchtungsmittel usw.



Ansicht „altes“ Kino von Osten

1.2 Stand der Technik

Hier soll nur eine kurze Aufstellung der zurzeit verfügbaren Technik bzw. Technologien erfolgen. Es wird sich auf die Komponenten beschränkt, die für das Bauvorhaben verwendet werden könnten, bzw. zum Teil dann auch verwendet wurden, die Aufstellung ist also nicht vollständig.

Es soll damit gezeigt werden, dass es sich um weit verbreitete und bekannte Technik handelt, die beim Demonstrationsmodell zum Einsatz gekommen ist.

1.2.1 Wärmepumpe

Von den am Markt zur Verfügung stehenden Wärmepumpen weisen die Wasser-Wasser-Wärmepumpen den höchsten Wirkungsgrad auf. Bei diesem Typ von Wärmepumpen wird Wasser aus einem Brunnen direkt in die Wärmepumpe geleitet. Die Angaben der technischen Daten bei den verschiedenen Herstellern sind hier sehr ähnlich, so dass die Auswahl eines bestimmten Fabrikates vereinfacht wird: Hier wurde sich für eine elektrisch betriebene Wasser-Wasser-Wärmepumpe der Firma alpha-innotec entschieden, da mit diesem Hersteller durchweg gute Erfahrungen vorliegen. Das betrifft auch die Verfügbarkeit entsprechender Fachleute des Herstellers vor Ort für den Fall einer eventuellen technischen Störung als auch die gute Kommunikation mit den jeweiligen Mitarbeitern des Herstellers, da Änderungen an der Steuerung und Regelung der Pumpe notwendig waren.

Eine vom Umweltbundesamt angeregte Überprüfung hinsichtlich des Einsatzes eines Gasmotors für den Antrieb der Wärmepumpe wurde verworfen, da die hier verfügbare Technik (in Mitteleuropa) hierfür nicht geeignet ist. Die ersten in Betrieb befindlichen mit einem Gasmotor betriebenen Wärmepumpen z. B. des Herstellers AISIN sind für andere Leistungsbereiche ausgelegt. Des Weiteren arbeiten diese Anlagen nach etwas anderen Wirkprinzipien.

1.2.2 Klimaanlage

Am weitesten verbreitet sind immer noch elektrisch angetriebene Split-Geräte. Wie auch Kombigeräte und diverse modifizierte Anlagen wird als einzige Energiequelle für die Kühlung elektrischer Strom verwendet. Die Verteilung der gekühlten bzw. erwärmten Luft erfolgt in der Regel über mehr oder weniger vorhandene Luftkanalsysteme. Filteranlagen, Regelgeräte usw. bestimmen dann maßgeblich die Qualität der Raumlufte. Zugluft, Keime in der Luft, vor allem bei unregelmäßiger oder ausbleibender Wartung, und oft laute Betriebsgeräusche sind die häufigsten Begleiterscheinungen dieser Technik.

Energetisch ist der Wirkungsgrad schlecht.

Wasser-Wasser-Wärmepumpen und Sole-Wasser-Wärmepumpen sind mit entsprechenden Zusatzbaugruppen für Klimaanlage als Energiequelle geeignet und finden hierfür immer mehr Verwendung.

1.2.3 Wärmeverteilungssysteme

Am weitesten verbreitet sind hier immer noch (Platten-) Heizkörper. Sie sind preisgünstig und zuverlässig, lassen aber keine Kühlung zu.

Fußbodenheizungssysteme (Flächenheizungen) auf Basis von Kunststoffrohren, andere Materialien werden gelegentlich auch verwendet, sind inzwischen weit verbreitet. Neben dem höheren Komfort ist es weiterhin von Vorteil, dass die Temperaturen in den Rohren weiter abgesenkt werden können, so dass sie im Zusammenhang mit Wärmepumpen dort heute als Standard angesehen werden können.

Nach dem gleichen Prinzip arbeiten auch Wandheizungen. Hier werden aus bautechnischen Gründen häufiger sogenannte Kapillarrohrmatten, z. B. der Firma climadesign, eingesetzt. Diese sind bauartbedingt sehr flach gehalten, so dass sie auch in z. B. Putz(-wände) eingearbeitet werden können. Ebenfalls können diese Matten sehr günstig in Trockenbaudecken eingearbeitet werden. Somit lassen sich nochmals die Vorlauftemperaturen senken (Strahlungswärme).

1.2.4 Solarenergieerzeugung

Am häufigsten werden die 2 folgenden Technologien eingesetzt:

Die Solarstromerzeugung mit Photovoltaikerelementen (Solarzellen) und die Verwendung von Kollektoren zur direkten Warmwasserbereitung.

1.2.5 Regelungstechnik

Fast alle heute am Markt erhältlichen Geräte und Maschinen für die Wärme- bzw. Kälteerzeugung sowie Verteilung haben eingebaute Regler für die verschiedensten Kontroll- und Überwachungsfunktionen. Komplexere Regelungen bzw. Steuerungen lassen sich damit nicht realisieren, meistens können nur geräteinterne Werte geregelt und gesteuert werden, häufig außentemperaturabhängig und mit einfachen schaltbaren Ausgängen für die Ansteuerung von z. B. Pumpen und Ventilen.

Für komplexere Anlagen sind deshalb Regelgeräte erforderlich, die eine Vielzahl von verschiedenen Parametern verarbeiten können und „frei“ programmierbar sind. Damit lassen sich dann auch eine Vielzahl von Steuergeräten ankoppeln sowie die dabei gewonnenen Messwerte auch speichern und auswerten.

Komfortabler wird es dann bei einem Einsatz einer GLT-Zentrale (Gebäude-Leit-Technik). Hier kommt Technik der Firma kieback&peter zum Einsatz.

1.2.6 bautechnischer Wärmeschutz

Auch nach der neuen EnEV werden in der Regel bei der Sanierung und beim Neubau nur die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz erfüllt. Die Umsetzung der Anforderungen ergibt für den Wandaufbau einige wenige häufig verwendete Standardlösungen. Das Gleiche gilt für die Bodenplatte und die Dämmung des Daches. Fenster haben mehrheitlich immer noch U-Werte von ca. 1,3.

2 Ziele der Sanierung

In Teilen des Gebäudes befand sich eine Zentralheizung, die mit einem Gaskessel betrieben wurde und zur Klimatisierung der Geschäftsräume des Augentoptikers eine mit Elektroenergie betriebene, herkömmliche Klimaanlage.

Die Investition ist in erster Linie der Umstrukturierung und des Ausbaus der Grimmener Räumlichkeiten der Augenoptik Borstel GmbH geschuldet, deren alleinvertretungsberechtigter Geschäftsführer und Gesellschafter der Investor ist .

Ein weiterer wichtiger Grund ist der Schutz des Gebäudes Bahnhofstraße 51, welches nach dem Erwerb durch das Ehepaar Borstel im Jahre 1990 saniert und danach regelmäßig renoviert wurde.

Da diese Räumlichkeiten ein Teil des gesamten Komplexes darstellen und vom Lichtspieltheater nur durch Innenwände getrennt sind, hätte ein Zerfall des Objekts Bahnhofstraße 50a eine Beschädigung der benachbarten Räume unweigerlich verursacht.

Ein wichtiges Anliegen war natürlich die drastische Senkung der Betriebskosten, ein wartungsarmer und umweltfreundlicher Betrieb und die Schaffung eines gesunden Arbeitsklimas.

2.1 Bautechnische Anforderungen

Folgende wesentliche Maßnahmen wurden umgesetzt:

- Zusätzliche passive Wärmedämmung durch Fassadendämmung (bis zu 12 cm Stärke, auch im Neubauteil), neue Fenster (Holzprofil IV 78, Glas: WSG Iplus 3 C 4-12-4-12-4 mit einem U-Wert von 0,5 W/m²) und Außentüren mit Dreifachverglasung (wie Fenster)
- Kellerdeckendämmung
- Gründach in dem Bereich, wo keine Solaranlage installiert ist

- Erneuerung des Daches einschließlich Wärmedämmung zwischen der Holzkonstruktion
- Zusätzliche Wärmedämmung der Obergeschoßdecke gegen den an sich unbeheizten Dachbodenbereich
- Beschattung der nach Süden gerichteten großen Schaufensterflächen mit einer Sonnenschutzanlage (Markisen)

2.2 Technische Gebäudeausrüstung

- Austausch der Gasheizung gegen eine Wasser-/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Kapillarrohrsystem in den Decken und teilweise auch im Fußboden und in den Wänden
- Bau eines für die WWWP erforderlichen Brunnens, der gleichzeitig die nötige Wassermenge für die vollständige Klimatisierung des Gebäudes liefert
- Die Klimatisierung erfolgt direkt durch das Brunnenwasser in den Kapillarrohrmatten der Firma climadesign, Schöneiche bei Berlin, mit Hilfe eines Wärmetauschers, damit eventuell mögliche Verunreinigungen im Kapillarrohrsystem vermieden werden. Für die gesamte Kühlung wird die Wärmepumpe daher nicht benötigt, die Antriebsleistung der Brunnenförderpumpe beträgt nur max. 700 W.
- Montage einer Photovoltaikanlage auf dem Dach mit Einspeisung in das öffentliche Netz. Die Hälfte der Solarzellen wird mit (Brunnen-) Wasser gekühlt, um nachzuweisen, um wie viel Prozent der Stromertrag durch die Reduzierung der Zelltemperatur ansteigt. Dazu sind auf die Rückseite der Zellen der Firma Solon AG durch selbige Firma Kapillarrohrmatten der Firma climadesign auflaminiert worden.
- Einsatz von modernster Gebäudeleittechnik (GLT) der Firma kieback&peter GmbH & Co. KG, Niederlassung Rostock zur Steuerung und Regelung aller Prozesse.
- Nutzung der GLT für die komplette Steuerung der Innen- und Aussenbeleuchtung
- konsequenter Einsatz von Energiesparleuchten (u.a. LED-Leuchten, Leuchtstoffröhrenlampen mit EEVG, weitgehender Verzicht auf Halogenleuchtmittel auch im Bereich der Werbeeinrichtungen, Lichtprojektoren mit Glasfaserleitungen)
- Überwachung der Öffnungszustände der Fenster und Türen mit Einbindung in die Regelung.
- Erfassung , Auswertung und Speicherung aller Daten erfolgt ebenfalls mittels der GLT.

- Bereitstellung der Anlagendaten im Internet unter www.brillenhaus-grimmen.de und Möglichkeit, die Fernkonfiguration der Anlage zu testen (Demonstrationsmodus für Gäste).

Mit diesen Maßnahmen wurde folgendes erreicht:

eine drastische Senkung der Betriebskosten,

ein wartungsarmer und umweltfreundlicher Betrieb der gesamten Anlage,

die Schaffung eines gesunden Arbeitsklimas.



Ansicht Pufferspeicher , Mischer , Wasser-Wasser-Wärmepumpe

2.3 Eingesetzte Geräte und Materialien

Wesentliche technische Baugruppen und Anlagenteile die verwendet wurden:

- Geregelte Brunnenpumpe Grundfos SQE 7-30 (6 m³/h bei einer Förderhöhe von 30 m)
- Wasser-Wasser-Wärmepumpe der Firma alpha-innotec WW 180-I/X mit 18 kW Leistung
- Edelstahl-Pufferspeicher 300l, Edelstahl-Wärmetauscher
- climadesign-Kapillarrohrmatten



Kapillarrohrmatten und eine neue Innenwand

- climadesign-Gravitationsmodule (Kühlschächte)
- DDC-Regelsystem DDC 3000 der Firma kieback&peter GmbH & Co. KG mit allen dazugehörigen Meßfühlern und Mischern



- Wärmemengenzähler von PolluCom mit M-Bus
- Gebäudeleitstation neutrino-GLT der Firma kieback&peter GmbH & Co. KG

- 48 Solarmodule P220 der Firma Solon AG, davon die Hälfte mit anlamierten climadesign-Kapillarrohrmatten
- Wechselrichter Fronius IG



Brillenhaus von Süd-Westen mit Gründach und Solarzellen



Wechselrichter von Fronius

2.4 Angestrebte Minderung der CO₂-Emissionen

1. Verringerung der CO₂-Emissionen

Heizung:

Der Erdgasverbrauch im bisher genutzten Bereich des Gebäudes (altes Ladengeschäft mit Werkstatt und Arztpraxis) betrug über einen Zeitraum von genau 5 Jahren (Februar 1999 bis Februar 2004) 354.592 kWh. Die jährlichen Abweichungen vom 5-jährigen Mittelwert waren kleiner ca. 14 %. Es ergibt sich ein mittlerer Jahresverbrauch von 70.918,00 kWh.

Die Nutzfläche der beiden Nutzungseinheiten beträgt 156 m².

Wäre das Gebäude komplett in der Nutzung gewesen (mit der geplanten neuen Nutzfläche), hätte die Nutzfläche 430 m² betragen. Gegenüber der Wohnflächenberechnung wurde der Wert um 34 m² erhöht angegeben, da die Raumhöhe im Foyer ca. 5,70 m beträgt. Damit ergibt sich rechnerisch ein Jahresverbrauch von Erdgas in Höhe von 195.479,00 kWh.

Die Gasheizung ist 1990 modernisiert worden, die letzten bautechnischen Modernisierungen (Fenster, Wärmedämmung) fanden in den 60-er Jahren statt.

Für die spezifische Emission an CO₂ für eine kWh Nutzwärme gibt es verschiedene Werte in der Literatur. Hier wurde mit folgenden Angaben gearbeitet (Entsprechend VDEW-GEMIS Stammdatensatz 3.0):

Wärme frei Verbraucher ²

Primärenergiebedarf (PE) in kWh_{Primär}/kWh Endenergie, Emissionen in g/kWh_{Endenergie}

	Jahres-nutzungsgrad ³	PE	CO ₂	NO _x	SO ₂	CO ₂ -Äquivalente
E-Wärmepumpe Wärmequelle Erdreich	4,0	0,82	166	0,151	0,201	171
E-Wärmepumpe Wärmequelle Grundwasser	4,5	0,74	149	0,137	0,085	154
Öl-Heizung Gebläsebrenner	82 %	1,36	357	0,248	0,619	360
Gas-Heizung Gebläsebrenner	81 %	1,41	272	0,225	0,016	288
Gas-Heizung Brennwertgerät	95 %	1,2	233	0,193	0,015	247
Nahwärme, BHKW klein		1,05	196	0,391	-0,075	205

Die spezifische Emission für Erdgas liegt ca. 11 % unter der von Öl, d.h. bei 0,323 kg/kWh.

Damit würden die jährlichen Emissionen an CO₂ am unsanierten Gebäude ca. 63.327,38 kg

betragen!

Laut Herstellerangaben der zukünftig eingesetzten Wärmepumpe und auf Grund der konkreten Bedingungen vor Ort kann jedoch von einem COP-Wert für die Wärmepumpe von 5,6 ausgegangen werden. Damit würde der Gesamtausstoß an CO₂ 0,116 kg/kWh betragen. Entsprechend der bauphysikalischen Nachweise vom 18.11.2004 beträgt der Jahres-Heizwärmebedarf 29.746 kWh/a. Damit ergibt sich eine zukünftige jährliche Emission an CO₂ am sanierten Gebäude von nur ca. 3.450,54 kg.
Die Emissionen am Einsatzort betragen 0.

Klima (Kühlung):

Das jetzige Ladengeschäft wird mit einer herkömmlichen Klimaanlage (noch mit Ozon abbauenden FCKW) klimatisiert. Die Leistungsaufnahme vom Gerät beträgt insgesamt 3,23 kW. Die Laufzeit beträgt täglich (Mo-Fr) ca. 9 h, am Sonnabend ca. 3h. Im Winterhalbjahr reduziert sich die Laufzeit auf ca. 6 h täglich.

Damit ergibt sich eine jährliche Laufzeit von ca. 2025 h. Diese Werte sind geschätzt, da keine genauen Messungen erfolgten. Damit betrug der Energieverbrauch ca. 6.541 kWh für ca. 75 m² Nutzfläche. Hochgerechnet auf die gesamte zu klimatisierende Nutzfläche (Gesamtgebäude ohne Arztpraxis) von ca. 358 m² würde sich ein Verbrauch von ca. 31.223 kWh ergeben.

Entsprechend VDEW-GEMIS Stammdatensatz 3.0

Prozessketten (Verluste der Vorketten)

Primärenergiebedarf (PE) in kWh_{Primär}/kWh Endenergie, Emissionen in g/kWh_{Endenergie}

	PE	CO ₂	NO _x	SO ₂	Staub	CO	CH ₄	CO ₂ -Äquiv.
Strom frei HH öffentl. Netz	2,99	603,9	0,522	0,311	0,069	0,202	1,379	625,0
Strom frei HH Nachtstrom mix	3,00	647,6	0,508	0,373	0,086	0,104	2,245	680,0
Erdgas frei HH & KV	1,14	21,2 (221)	0,109	0,005 (0,008)	0,004	0,076	1,092	33,4
Erdgas frei HH & KV	1,14	21,2 (221)	0,109	0,005 (0,008)	0,004	0,076	1,092	33,4 (>255)
Erdgas frei KW & IN	1,14	21,2 (220)	0,109	0,005 (0,006)	0,004	0,075	0,602	28,0 (>248)
Heizöl EL frei HH	1,12	31,2 (298)	0,10	0,19 (0,48)	0,021	0,042	0,05	32,0 (>330)
Heizöl EL frei KW & IN	1,12	29,1 (296)	0,08	0,19 (0,48)	0,019	0,031	0,05	29,8

beträgt der Primärenergiebedarf daher dann 93.357 kWh. Die jährliche Emission an CO₂ würde dann 18.859 kg betragen.

Unter gleichen Bedingungen würden zur Erzeugung der benötigten Kälteleistung nur noch die Brunnenpumpe (Tauchpumpe) und 2 Umwälzpumpen mit einer Gesamtleistung von 0,93 kW erforderlich werden. Der Verbrauch an Strom würde sich auf 8.990 kWh verringern, d. h. die jährliche Emission an CO₂ würde dann nur noch max. ca. 5.469 kg betragen. Dieser Wert dürfte in der Praxis noch deutlich weiter unterschritten werden, da die maximal mögliche Kühlleistung kaum erforderlich ist. Die Tauchpumpe wird daher elektronisch geregelt, von maximal 630 W bis ca. minimal 100 W! Bei minimaler Kälteleistung beträgt die Emission an CO₂ nur noch 2.299 kg.

Insgesamt ist eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes bei Vergleichbarkeit der Nutzung des „alten“ Gebäudes mit dem geplanten Zustand nach Beendigung der Maßnahme auf ca. 10 % zu erwarten!

Photovoltaikanlage 11,22 kW:

Nach Angaben des Herstellers beträgt die prognostizierte Jahresleistung ca. 10.266 kWh (Endenergie). Damit ergibt sich eine Einsparung von 6.200 kg CO₂-Emissionen.

Gesamt:

Die Reduzierung / Verminderung von CO₂-Emissionen beträgt in der Summe aller Maßnahmen mindestens ca. 80 t.

Innovationen

Abweichend von üblichen Maßnahmen zur Energieeinsparung sollen hier nochmals 2 Besonderheiten erläutert werden:

- Bedingt durch den Einsatz einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe steht ausreichend viel sauberes Brunnenwasser mit ca. 6-8 °C Temperatur zur Verfügung. Die Ableitung erfolgt über die „Poggendorfer Trebel“, einem kleinen Bach/Flüsschen. Auf Grund des relativ hohen Wasserstandes von weniger als 10 m unter der Geländeoberkante ist die Förderung mit einer sehr kleinen Pumpe möglich, in diesem Fall mit einer Leistung von 100-630 W, elektronisch geregelt. Über die Heiz/Kühldecke erfolgt daher die Beheizung bzw. Klimatisierung des gesamten Bauvorhabens. Durch die Strahlungswärme der Deckenheizung kann die tatsächliche Temperatur gegenüber der „gefühlten“ um ca. 2-3 ° reduziert werden. Die Kühlung erfolgt ebenfalls über die Kapillarrohrmatten in der Decke. Durch den Entfall von Luftverteilsystemen, Ventilatoren usw. erfolgt daher die Klimatisierung vollkommen geräuschlos. Auch Filtersysteme für die (Atem-) Luft können entfallen (mit all den unerwünschten Nebeneffekten wie häufige Wartung, Reinigung usw.). Kostengünstiger kann Klimatisierung nicht sein!

- Bekannt ist, dass der Wirkungsgrad von Solarzellen mit steigender Temperatur abnimmt. Aber gerade im Sommer, wo der Strom-Ertrag der Solarzellen am höchsten sein kann, steigen die Temperaturen auf oft 70 °C und mehr an. Die Folge ist, dass der Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Zellen sinken. Hier greift nun die Idee, die Hälfte der Solarzellen mit dem fast zum „Nulltarif“ zur Verfügung stehenden kalten Wasser zu kühlen. Vorsichtige Schätzungen bzw. Berechnungen gehen von einer Erhöhung des Wirkungsgrades von mindestens 15 % aus.“

Die im obigen Zitat gemachten Einschätzungen sind in der Praxis bewiesen.

Die prognostizierte Leistung der Solaranlage wurde ebenfalls trotz des letzten „schlechten“ Sommers erreicht, obwohl die Gesamtleistung der Anlage nur 10800 Watt beträgt.

3 Zielstellung des Monitorings

Zu Messen und Auszuwerten waren u. a. folgende Werte:

- Stromverbrauch für die Wärmepumpe (=Heizung)
- Stromverbrauch für Beleuchtung usw.
- Stromerzeugung durch die Photovoltaikanlage, getrennt nach gekühlten und ungekühlten Solarzellen
- Erzeugte Wärmemenge für Heizung
- Erzeugte Wärmemenge für Kühlung (=Klimatisierung des Gebäudes)
- Erzeugte Wärmemenge für die Kühlung der 24 Solarzellen
- Umweltparameter wie: Temperatur außen, Sonnenstrahlung, Helligkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Luftfeuchte
- Rauminnentemperaturen
- Helligkeit innen
- Alle technologisch notwendigen Werte wie: Vor- und Rücklauftemperaturen der Wärmetauscher, des Pufferspeichers, der Heiz- bzw. Kühlkreise, Taupunktüberwachung in den Kühl- /Heizdecken usw.

Alle Daten / Werte sollten in geeigneter Weise visualisiert werden.

Beispielhaft finden Sie im Folgenden Ausschnitte aus Datenpunktlisten, Anordnung der verschiedenen Messstellen, sowohl in den Regelschemen als auch in „Natur“ (siehe Fotos).

Aus Platzgründen können hier nicht alle Daten ausgedruckt werden. Alleine die Tabelle der Messwerte im A4-Format ist schon jetzt ca. 1600 Seiten lang, bei einer Meßwertaufzeichnung im Abstand von 30 Minuten und im Zeitraum von ca. 19 Monaten unterbrechungsfreier Betrieb (die Gesamtlaufzeit der GLT liegt jetzt bei ca. 23 Monaten). Alle Meßwerte, Trendkurven,

Zusammenfassungen der Ergebnisse usw. können über das Internet durch jedermann zu jederzeit abgefragt werden!

Die Visualisierung ist unter www.brillenhaus-grimmen.de abrufbar.

Die aktuellen Tages-, Wochen- und Monatswerte sind der Internetseite entnehmbar.

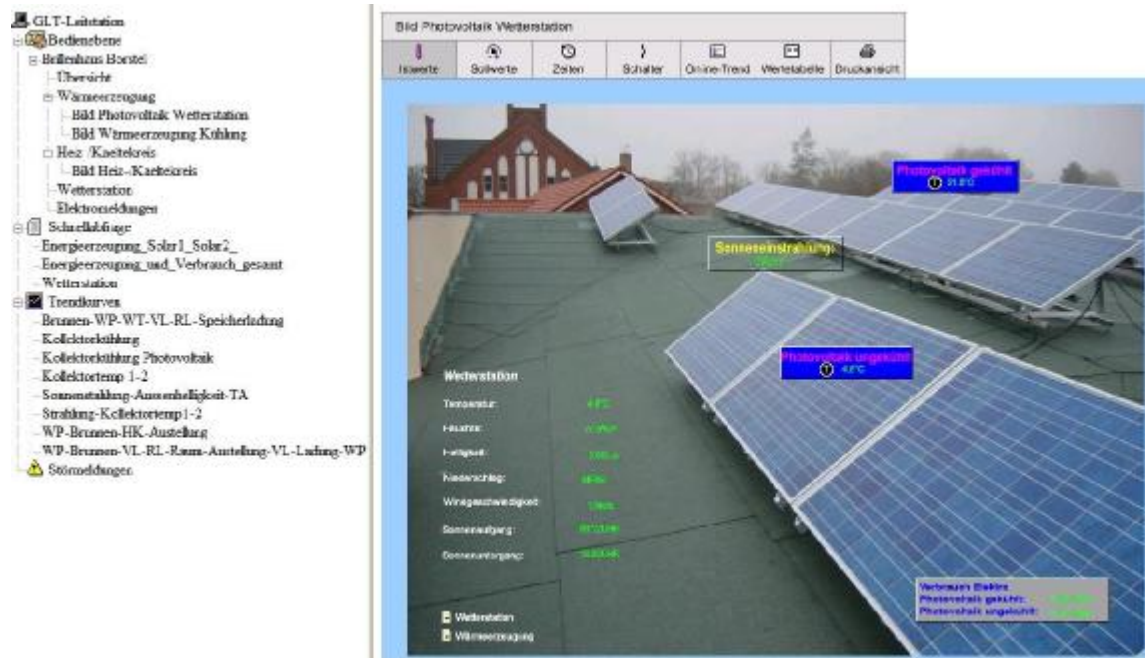
4 Messtechnische Untersuchung

4.1 Messstellen

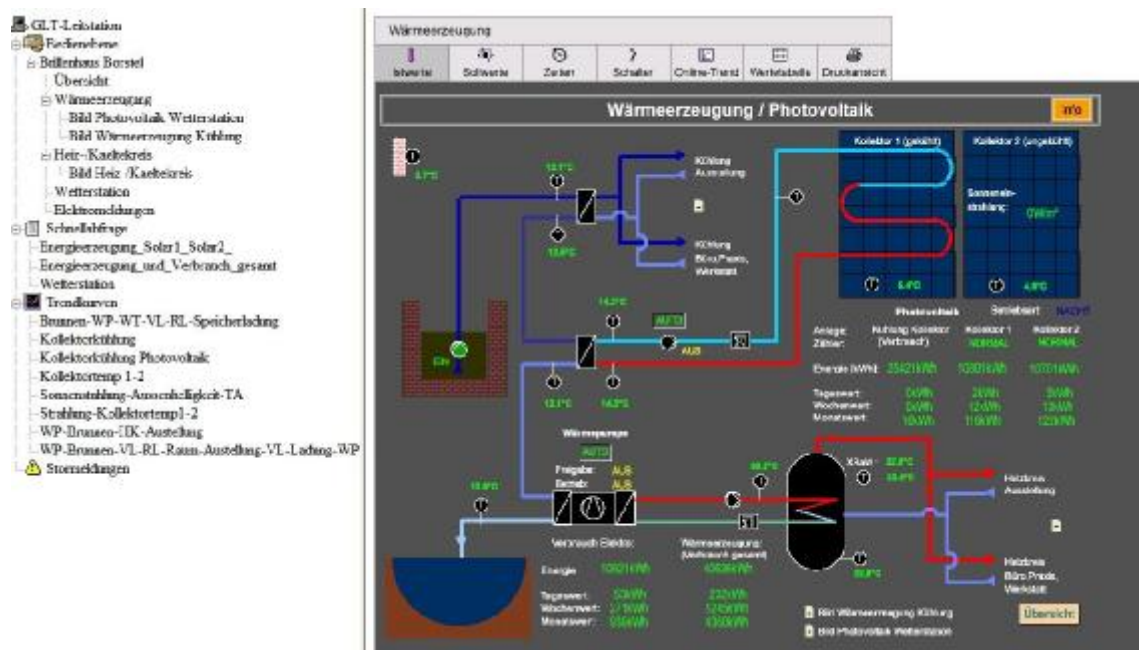
Siehe hierzu die Hinweise unter Punkt 3 Monitoring



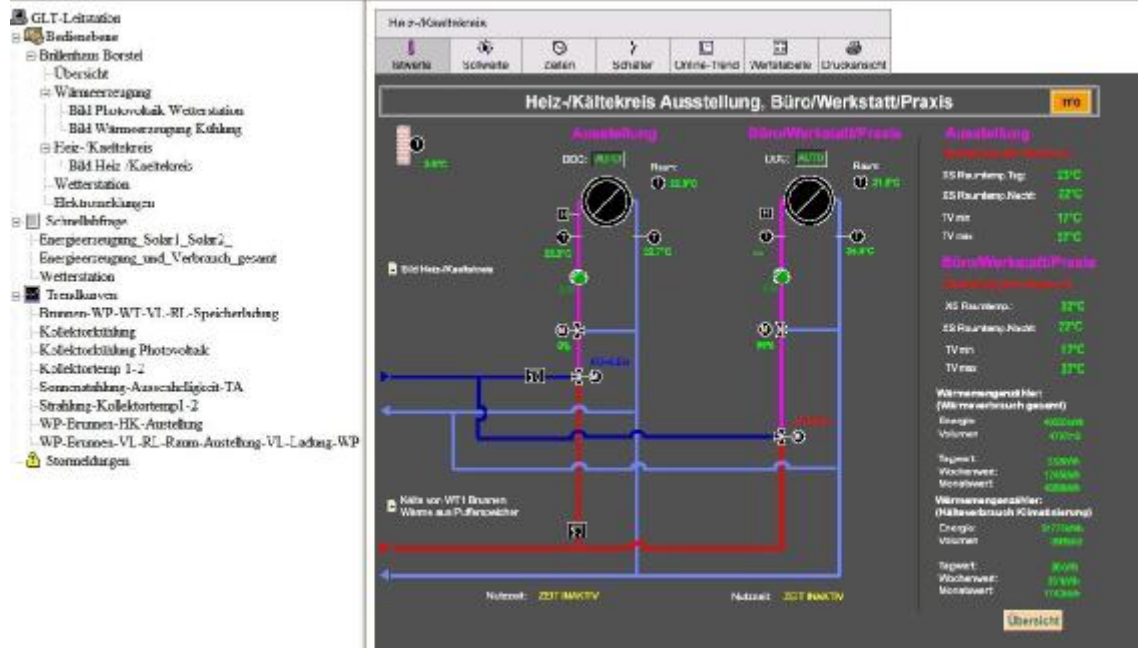
Technikraum mit Messpunkten



Solarzellen auf dem Dach mit Messpunkten und Wetterstation



Wärmeerzeugung und Photovoltaik



Heiz- und Kältekreis

4.2 Datenpunktliste(n)

Siehe hierzu die Hinweise unter Punkt 3 Monitoring

Heiz-/Kältekreis	
 Istwerte	 Sollwerte
 Zeiten	 Schalter
 Online-Trend	 Wertetabelle
 Druckansicht	
► Folgebilder	
► Sollwerte	
▼ Istwerte	
ISP1 RS Heizungsventil Ausstellung	0%
ISP1 Ausstellung XS Vorlauftemp Min-Begrenzung	17°C
ISP1 Ausstellung XS Raumtemperatur Tag	23°C
ISP1 MW Heizung Vorlauf Temp. Ausstellung	22.3°C
ISP1 SB Heizung Pumpe Ausstellung Ein	EIN
HK-Ausstellung	ZEIT INAKTIV
ISP1 SB Heizung Pumpe Ausstellung Ein	EIN
ISP1 MW Aussen Temp.	4.1°C
ISP1 BM DDC Heizen-Kühlen Ausstellung Auto	AUTO
ISP1 SB Umschaltventil 1-2 Heizen-Kühlen Austellg	KÜHLEN
ISP1 AL Taupunktwächter Vorlauf Ausstellung	
ISP1 Ausstellung XS Vorlauftemp Max-Begrenzung	37°C
HK-Werkstatt-Büro	ZEIT INAKTIV
ISP1 MW Heizung Rücklauf Temp. Ausstellung	22.7°C
ISP1 MW Heizung Raum Temp. Ausstellung	22.9°C
ISP1 RS Heizungsventil Büro	48%
ISP1 MW Heizung Vorlauf Temp. Büro	36°C
ISP1 SB Heizung Pumpe Büro Ein	EIN
ISP1 SB Heizung Pumpe Büro Ein	EIN
ISP1 BM DDC Heizen-Kühlen Werkstatt/Büro Auto	AUTO
ISP1 SB Umschaltventil 1-2 Heizen-Kühlen Büro	HEIZEN
ISP1 AL Taupunktwächter Vorlauf Büro	
ISP1 MW Heizung Rücklauf Temp. Büro	37°C
ISP1 MW Heizung Raum Temp. Büro	21.8°C
ISP1 Büro XS Vorlauftemp Min-Begrenzung	17°C
ISP1 Büro XS Raumtemperatur Tag	23°C
ISP1 Büro XS Vorlauftemp Max-Begrenzung	37°C
ISP1 MW WMZ Wärmerzeugung-Verbrauch gesamt	40636kWh

Istwerte der Heiz- und Kältekreise

Istwerte	Sollwerte	Zahlen	Schalter	Online-Trend	Wertetabelle	Druckansicht
▶ Folgebilder						
▶ Sollwerte						
▼ Istwerte						
ISP1 BM GLT Beleuchtung Ausstellung					AUTO	
ISP1 BM GLT Beleuchtung Werkstatt					AUTO	
ISP1 BM GLT Beleuchtung Büro					AUTO	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 4					AUTO	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 5					AUTO	
Beleuchtung 1					ZEIT INAKTIV	
N2 Werkstatt					ZEIT INAKTIV	
N2 Büro					ZEIT INAKTIV	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 6					AUTO	
Beleuchtung 4					ZEIT INAKTIV	
Beleuchtung 5					ZEIT INAKTIV	
Beleuchtung 6					ZEIT INAKTIV	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Beleuchtung 1					65klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Beleuchtung Werb.					10klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Beleuchtung 2					20klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Pflanzen					2klux	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 7					AUTO	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 8					AUTO	
N2 Beleuchtung Kronenleuchter Foyer					ZEIT AKTIV	
N2 Beleuchtung Schaufenster(Rest) Decke					ZEIT INAKTIV	
ISP1 MVV Wetterstation Aussentemperatur					0.8klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Werbung 2					32klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Laden 3					12klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Rest					10klux	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 9					AUTO	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 10					AUTO	
ISP1 BM GLT Lichtkanal 11					AUTO	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Lichtsch.					1.5klux	
ISP1 XS Grenzwert Helligkeit für Bel. Werbung 'BH'					4klux	

Beispiel für Elektromeldungen

4.3 Eingesetzte Messtechnik

Siehe hierzu die Hinweise unter Punkt 2.3 Eingesetzte Geräte und Materialien

5 Ergebnisse

5.1 Betriebserfahrungen

Wärmepumpe

Hinweis (zur Erinnerung): Die Wärmepumpe (Hersteller: alpha-innotec GmbH) dient nur der Beheizung, die Klimatisierung erfolgt ohne Einbeziehung der Wärmepumpe. Damit ist die Laufzeit der Wärmepumpe vergleichbar mit der Laufzeit von Wärmepumpen bei Anlagen, die ausschließlich der Beheizung dienen. Es gibt bisher keine Ausfälle bzw. Abweichungen in den Betriebsparametern.

Die anfängliche Befürchtung, dass die beobachtete Verockerung eventuell zu Problemen führen könnte, hat sich nicht bestätigt. Eine Kontrolle und Spülung der Pumpe (primärseitig) ergab, dass keine Anlagenteile bisher von einer Verockerung betroffen sind. Das Gleiche trifft auch auf die primärseitigen Anlagenteile der Wärmetauscher zu. Eine regelmäßige Kontrolle ist jedoch angeraten. Für die angetroffenen Verhältnisse erscheint eine jährliche Kontrolle als bisher ausreichend.

Solaranlage

Bisher gibt es keine technischen Probleme. Alle Anlagenteile arbeiten bisher ohne jede Wartung und Pflege, die Funktionsfähigkeit wird durch die GLT mit erfasst: würde es hier Abweichungen vom Normalbetrieb geben, würde man das an den Zählerständen und Trendkurven erkennen. Aber auch hier sollte eine regelmäßige Kontrolle erfolgen, wie bei jedem anderen technischen Gerät auch. Es handelt sich ja auch um elektrische Anlagen (-teile) im gewerblichen Bereich.

Pufferspeicher

Zum Pufferspeicher ist nichts anzumerken, im Zusammenhang mit dem gesamten sekundärseitigem Rohrnetz muss jedoch regelmäßig der Wasserdruck überprüft und dann gegebenenfalls auch korrigiert werden. Der Aufwand ist wie bei jeder anderen Heizungsanlage auch, sehr gering und sollte mittels eines Wartungsvertrages „weiterdelegiert“ werden.

Kapillarrohrmatten

Zu den Kapillarrohrmatten gibt es einige Anmerkungen und erste Schlussfolgerungen: Zunächst einmal kann auch hier bestätigt werden, dass es bisher keine Probleme in der Zuverlässigkeit usw. gibt. Allerdings haben sich für mich einige neue Fragestellungen ergeben: Ist der Wärmeübergang von den Kapillarrohrmatten auf die Gipskartonplatten der abgehängten Decke optimal? Der Aufbau ist, wie im Folgenden beschrieben, erfolgt (von unten nach oben): Gipskartonplatte, Kapillarrohrmatten, Wärmedämmung. Die Kapillarrohrmatten liegen also auf dem Gipskarton und haben in Folge des sehr geringen Eigengewichts zuzüglich der ebenfalls leichten Wärmedämmung mit z. B. Glaswolle u. ä. einen unter Umständen nicht definierten gleichmäßigen Wärmekontakt zum Gipskarton. Daraus resultiert offensichtlich eine gewisse zusätzliche Trägheit des Heiz- bzw. Kühlsystems. Im Normalbetriebsfall stellt dieses sicherlich kein Problem dar, aber bei relativ schnellen Wetteränderungen, vor allem bei sehr starker Sonneneinstrahlung (große Schaufenster!) ist eine erhöhte Trägheit zu beobachten. Der direkte Wärmeübergang von den doch sehr dünnen Kapillarrohren auf die wärmeübertragenden Flächen (Decken) zu den Räumen hin, scheint noch nicht optimal zu sein. Vielleicht sind mit quadratischen Rohren hier bessere Werte erreichbar. Ein Hersteller solcher Rohre ist z. B. Fusiotherm. Gleichfalls sind hier geringere Strömungswiderstände zu erwarten, ebenfalls wären höhere Wassermengen transportierbar, so dass die Trägheit reduziert werden könnte.

Installation und Betrieb der Anlage

Bei der Installation der Anlage gab es keine besonderen Schwierigkeiten. Allerdings erfordert der Betrieb der Anlage, trotz der vollautomatischen Betriebsweise, ein gewisses technisches Verständnis der Anlage (man muss mit der Anlage arbeiten). Die Heizkurven müssen dem Gebäude und dem Nutzungsverhalten angepasst werden. Das Nutzungsverhalten ist aber keine Konstante, es ist von vielen, vor allem subjektiven, Faktoren abhängig. Die Empfehlungen in der Literatur gehen z. B. davon aus, dass die Innentemperatur im Sommer bei klimatisierten Räumen nur bis höchstens 6 Grad unter der Außentemperatur liegen soll. Vor allem gesundheitliche Gründe sprechen dafür (Erkältungsgefahr). Die Innenraumtemperaturen werden jedoch oft nach „Gefühl“ eingestellt, ohne Berücksichtigung der tatsächlichen äußeren Bedingungen.

Solarmodule

Der erwartete Mehrertrag der gekühlten Solarmodule ist nicht eingetreten. Bei Auswertung der Trendkurven und Messwerte ist zwar ein Mehrertrag ablesbar, je nach Tages- und Jahreszeit gibt es hier geringe Schwankungen. Über die gesamte Laufzeit der Anlage beträgt der Mehrertrag nur ca. 1,166 % (per 27.08.2008: $1 - (14916 \text{ kWh} / 15092 \text{ kWh}) \cdot 100\% = 1,166$). Der letzte Monatswert ergibt 1,515 %. Bei sehr hoher Sonneneinstrahlung wurden auch schon 7-8 % Mehrertrag ermittelt. Als Ursache für den nicht erreichten Mehrertrag gibt es u. a. folgende Vermutungen: Die erwarteten hohen Temperaturen der Solarzellen treten nur an wenigen Tagen im Jahr auf. An Hand der Trendkurven lässt sich dieses auch nachweisen. Durch die Kühlung erfolgte auch eine Absenkung der Temperaturen von z. B. von 60°C auf 45°C. Temperaturen über 60°C wurden nicht erreicht. Das Gebäude steht aber auch in einer windreichen Gegend. Die Solarzellen werden u. a. auch durch Wind vollständig umspült. Bei einer „Indach“-Montage würde die Temperatur der Solarzellen bei entsprechender Sonneneinstrahlung mit Sicherheit deutlich höher sein. Zusätzlich haben wir die Energie gemessen, die für die Kühlung der Zellen erforderlich war: Über die gesamte Laufzeit der Anlage beträgt der Wert bis heute, den 27.08.2008, 31899 kWh. Damit sind die gekühlten Solarzellen z. B. als Sonnenkollektor für eine Heizungsunterstützung bzw. Brauchwarmwasserbereitung sehr gut geeignet.

Hinweis: Die Energie für die Kühlung wird dem Brunnenwasser entnommen und mittels einer Umwälzpumpe (25 W elektrische Anschlussleistung) gefördert. Die Pumpe läuft nur bei Kühlungsanforderung. Als Antriebsenergie sind damit ca. 400 kWh erforderlich gewesen (überschlägig ermittelt).

5.2 Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung

Es liegen die Jahresabrechnungen des EVU's für die Wärmepumpe vor.

Vom 15.11.2005 bis zum 08.06.2006 betrug der Verbrauch 6.893 kWh.

Vom 09.06.2006 bis zum 18.06.2007 betrug der Verbrauch 3.797 kWh.

In 580 Tagen betrug damit der Verbrauch 10.680 kWh. Das entspricht einem Verbrauch von 6.721 kWh im Jahr.

Entsprechend der Angaben des Stromversorgers (nach dem § 42 des Energiewirtschafts-gesetzes) ergeben sich damit CO₂ – Emissionen in Höhe von $717 \text{ g/kWh} \cdot 6.893 \text{ kWh} + 686 \text{ g/kWh} \cdot 3.797 \text{ kWh} = 7.547 \text{ kg}$ in 580 Tagen. Das entspricht 4.749 kg CO₂ – Emissionen in 365 Tagen = 1 Jahr.

Im Abschlussbericht unter Punkt 6 Zusammenfassung gingen wir von einer Reduzierung der CO₂ – Emissionen um 90 % aus: von 63,3 t + 18,8 t = 82,1 t auf 8,21 t = 10%. Tatsächlich reduzierten sich die CO₂ – Emissionen auf 5,8 %.

Der Ertrag der Solaranlage war etwas höher als vorhergesagt: 10.266 kWh waren lt. Hersteller prognostiziert, erreicht wurden 10.876 kWh, dass sind 5,9% Mehrertrag. Das entspricht einer Einsparung von ca. 6,6 t CO₂ – Emissionen.

Es wurden also ca. 83,94 t CO₂ – Emissionen ($= 82,1 \text{ t} - 82,1 \text{ t} \cdot 5,8\% + 6,6 \text{ t}$) eingespart.

Für die komplette Heizung und Klimatisierung des Gebäudes entstanden nur ca. 4,75 t an CO₂ – Emissionen (prognostiziert war $3,45 \text{ t} + 2,3 = 5,75 \text{ t}$).

5.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Entsprechend der Angaben des Steuerberatungsbüros von Herrn Borstel, füge ich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der umgesetzten Maßnahme bei.

Annuität mit Förderung

	Summe der Zahlungseingänge pro Monat	Hochrechnung auf die Nutzungsdauer von 20 Jahren
Ersparnis erneuerbare Energien Wärmepumpe/Klima (worst case)	1.000,00	240.000,00
Einnahme Solar durchschnittl. (lt. Umsatz 2006)	490,00	117.600,00
Zuschuss KfW Messprogramm 3.000,00		3.000,00
Summe der Zahlungseingänge		360.600,00
Kapitalbedarf mit Förderung = 237.407,15 - 71.222,15		
Kapitalbedarf mit Förderung = 166.185,00		
(unterstellt wird eine Rückzahlung in 20 Jahren mit Zins 5,5%)		
Rate mtl. = 1.143,17 = für 20 Jahre		274.360,80
Summe der Zahlungsausgänge		274.360,80
Kapitalwert		86.239,20
Der Zinssatz beträgt der Zeit im Schnitt 4,3%; Zinsbindung = 10 Jahre, Da steigendes Zinsniveau erwartet wird für die Totalperiode = Nutzungsdauer mit dem steuerlichen Zinssatz von 5,5% gerechnet, um ein gewichtetes Ergebnis zu erzielen.		
Annuitätenfaktor = ANF =	$(1+0,055)^{20} \cdot 0,055$	
	$(1+0,055)^{20} - 1$	
ANF=	0,08367933	
Annuität = Kapitalwert * ANF	68.781,74 * 0,08367933	
<u>Annuität für die Totalperiode von 20 Jahren</u>	=	<u>7.216,44</u>
<u>Annuität pro Monat</u>		<u>30,07</u>

Annuität ohne Förderung

	Summe der Zahlungseingänge pro Monat	Hochrechnung auf die Nutzungsdauer von 20 Jahren
Ersparnis erneuerbare Energien Wärmepumpe/Klima	1.000,00	240.000,00
Einnahme Solar durchschnittlich	490,00	117.600,00
Summe der Zahlungseingänge		357.600,00
Kapitalbedarf ohne Förderung = 237.407,15		
Kapitalbedarf ohne Förderung = 237.407,15 (unterstellt wird eine Rückzahlung in 20 Jahren mit Zins 5,5%)		
Rate mtl. = 1.633,09 = für 20 Jahre		391.941,60
Summe der Zahlungsausgänge		391.941,60
Kapitalwert		-34.341,60
Der Zinssatz beträgt der Zeit im Schnitt 4.3%: Zinsbindung = 10		
Annuitätenfaktor = ANF =	$\frac{(1+0,055)^{20} \cdot 0,055}{(1+0,055)^{20} - 1}$	
ANF=	0,08367933	
Annuität = Kapitalwert * ANF	-5.440,41 * 0,08367933	
<u>Annuität für die Totalperiode von 20 Jahren</u>	=	<u>-2.873,68</u>
<u>Annuität pro Monat</u>		<u>-11,97</u>

Break Even Berechnung

	Darlehensbetrag mit Förderung inkl. Zinsen	274.360,80 €	Darlehensbetrag ohne Förderung inkl. Zinsen	391.941,60 €
Jahr	jährl. Einnahmen	fiktive Verwendung der Einnahmen für die Tilgung = Restdarlehensbestand zum 31.12	jährl. Einnahmen	fiktive Verwendung der Einnahmen für die Tilgung = Restdarlehensbestand zum 31.12
2006	17.880,00 €	256.480,80 €	17.880,00 €	374.061,60 €
2007	17.880,00 €	238.600,80 €	17.880,00 €	356.181,60 €
2008	17.880,00 €	220.720,80 €	17.880,00 €	338.301,60 €
2009	17.880,00 €	202.840,80 €	17.880,00 €	320.421,60 €
2010	17.880,00 €	184.960,80 €	17.880,00 €	302.541,60 €
2011	17.880,00 €	167.080,80 €	17.880,00 €	284.661,60 €
2012	17.880,00 €	149.200,80 €	17.880,00 €	266.781,60 €
2013	17.880,00 €	131.320,80 €	17.880,00 €	248.901,60 €
2014	17.880,00 €	113.440,80 €	17.880,00 €	231.021,60 €
2015	17.880,00 €	95.560,80 €	17.880,00 €	213.141,60 €
2016	17.880,00 €	77.680,80 €	17.880,00 €	195.261,60 €
2017	17.880,00 €	59.800,80 €	17.880,00 €	177.381,60 €
2018	17.880,00 €	41.920,80 €	17.880,00 €	159.501,60 €
2019	17.880,00 €	24.040,80 €	17.880,00 €	141.621,60 €
2020	17.880,00 €	6.160,80 €	17.880,00 €	123.741,60 €
2021	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	105.861,60 €
2022	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	87.981,60 €
2023	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	70.101,60 €
2024	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	52.221,60 €
2025	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	34.341,60 €
2026	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	16.461,60 €
2027	17.880,00 €	0,00 €	17.880,00 €	0,00 €

Aus den Berechnungen in dieser Tabelle kann man die Aussage ableiten, dass die Amortisationszeit 15 Jahre mit Förderung und 21 Jahre ohne Förderung beträgt.

Eine Förderung dieser Maßnahme erleichtert die Entscheidung für die Durchführung einer solche Maßnahme erheblich. Nicht immer lassen sich diese hohen Betriebskostenvorteile, wie hier im Brillenhaus Grimmen erreicht, realisieren. Dadurch scheint die Förderung als angemessen. Bei einem schlechteren Wirkungsgrad der Gesamtmaßnahme, auch bei eventuell größerer CO₂-Minderung, wäre das Interesse von Investoren mit Sicherheit geringer: Es muss sich alles in einem überschaubaren Zeitrahmen „rechnen“, 10-12 Jahre sind realistischer zu überblicken.

5.4 Einzelbetrachtungen

Stromverbrauch der Wärmepumpe

Verbrauch vom 01.01.2006 bis 31.12.2006 : 6637 kWh

Zählerstand am 01.01.06 = 1.932

Zählerstand am 31.12.06 = 8.569

Preis pro kWh = 11,1 Cent

Leistungspreis = 34,80 €/Jahr

Kosten: 6637 kWh x 0,111 €/kWh = 736,71 €

+ Leistungspreis = 34,80 €

gesamte Jahreskosten 2006 = 771,51 €

Verbrauch vom 01.01.2007 bis 30.06.2007 : 2274 kWh

Zählerstand am 01.01.07 = 8.569

Zählerstand am 30.06.07 = 10.843

Preis pro kWh = 11,74 Cent

Leistungspreis = 34,80 €/Jahr

Kosten: 2274 kWh x 0,1174 €/kWh = 266,97 €

+ Leistungspreis (1/2 Jahr) = 17,40 €

gesamte Kosten für 1.Halbjahr 2007 = 284,37 €

Stromverbrauch für Beleuchtung, Maschinen und sonstige Geräte

Verbrauch vom 01.01.2006 bis 31.12.2006 : 40.102 kWh

Zählerstand am 01.01.06 = 4.486

Zählerstand am 31.12.06 = 44.588

Preis pro kWh = 15,2 Cent

Leistungspreis = 58,20 €/Jahr

Verrechnungspreis = 25,92 €/Jahr

Kosten: 40.102 kWh x 0,152 €/kWh = 6.095,50 €

+ Leistungspreis = 58,20 €

+ Verrechnungspreis = 25,92 €

gesamte Jahreskosten 2006 = 6179,62 €

Verbrauch vom 01.01.2007 bis 30.06.2007 : 21.961 kWh

Zählerstand am 01.01.07 = 44.588

Zählerstand am 30.06.07 = 66.548

Preis pro kWh = 15,2 Cent

Leistungspreis = 58,20 €/Jahr

Verrechnungspreis = 25,92 €/Jahr

Kosten: 21.961 kWh x 0,152 €/kWh = 3338,07 €

+ Leistungspreis = 29,10 €

+ Verrechnungspreis = 12,96 €

gesamte Kosten für 1.Halbjahr 2007 = 380,13 €

Stromertrag der Photovoltaikanlage

Ertrag vom 01.01.2006 bis 31.12.2006 : 10.083,5 kWh

Zählerstand am 01.01.06 = 79,5

Zählerstand am 31.12.06 = 10.163,0

Vergütung pro kWh = 54,53 Cent

Mess-/Verrechnungspreis = 9,60 €/Jahr

Vergütung: 10.083,5 kWh x 0,5453 €/kWh = 5498,53 €

./ Mess-/Verrechnungspreis = 9,60 €

gesamte Jahresvergütung 2006 = 5488,93 €

Ertrag vom 01.01.2007 bis 30.06.2007 : 6.214,0 kWh

Zählerstand am 01.01.07 = 10.163,0

Zählerstand am 30.06.07 = 16.377,0

Vergütung pro kWh = 54,53 Cent

Mess-/Verrechnungspreis = 9,60 €/Jahr

Vergütung: 6214,0 kWh x 0,5453 €/kWh = 3388,49 €

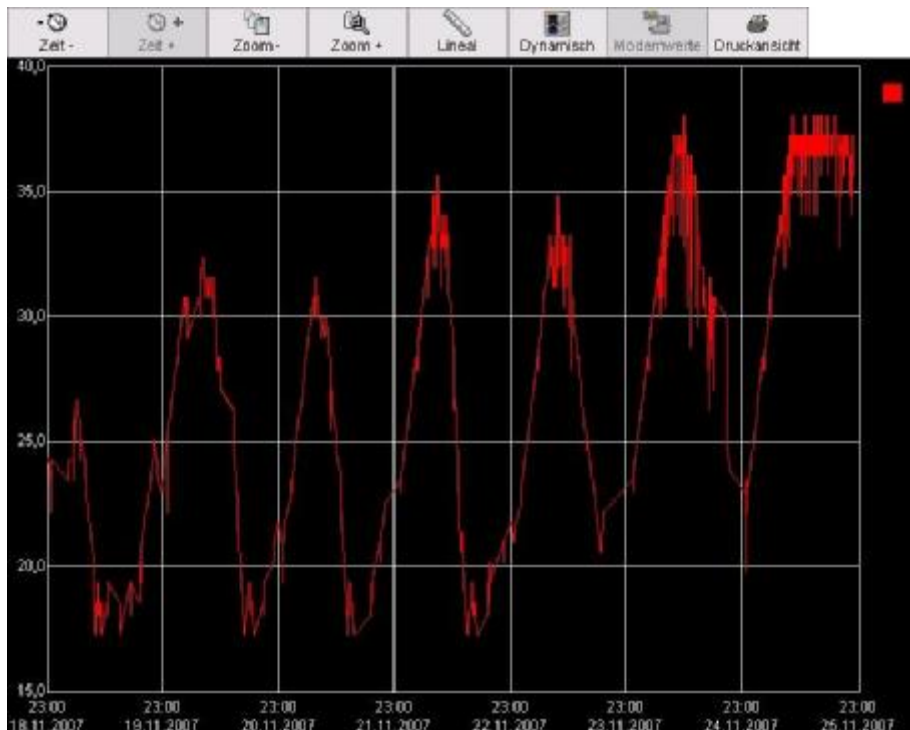
./ Mess-/Verrechnungspreis (6 Monate)= 4,80 €

gesamte Vergütung für 1. Hj. 2007 = 3383,69 €

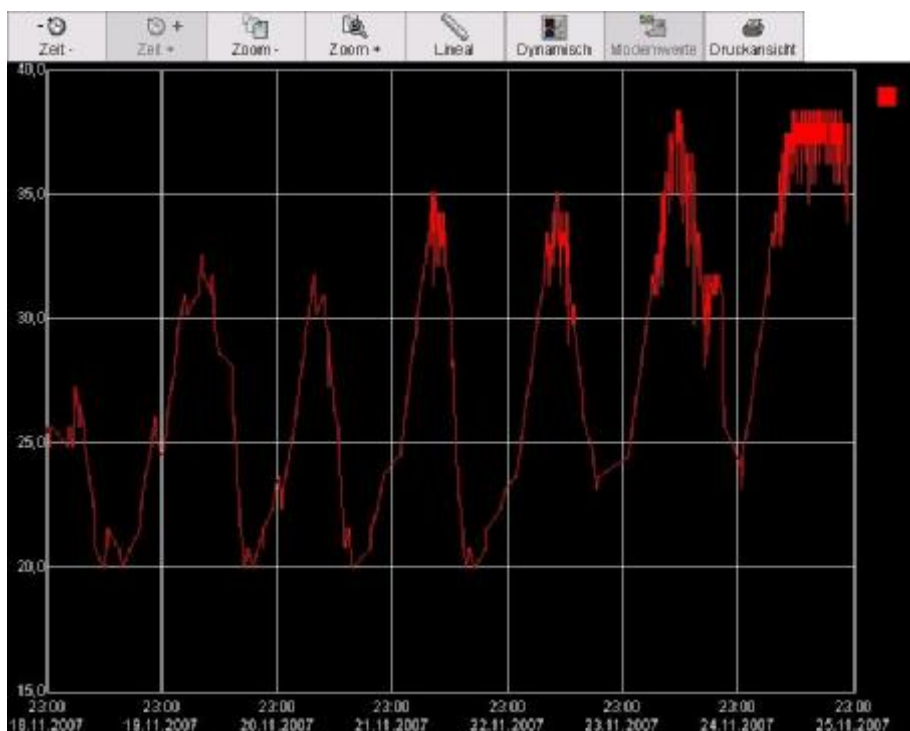
(alle Kosten sind Nettoangaben!)

Trendkurven und Schnellabfragen

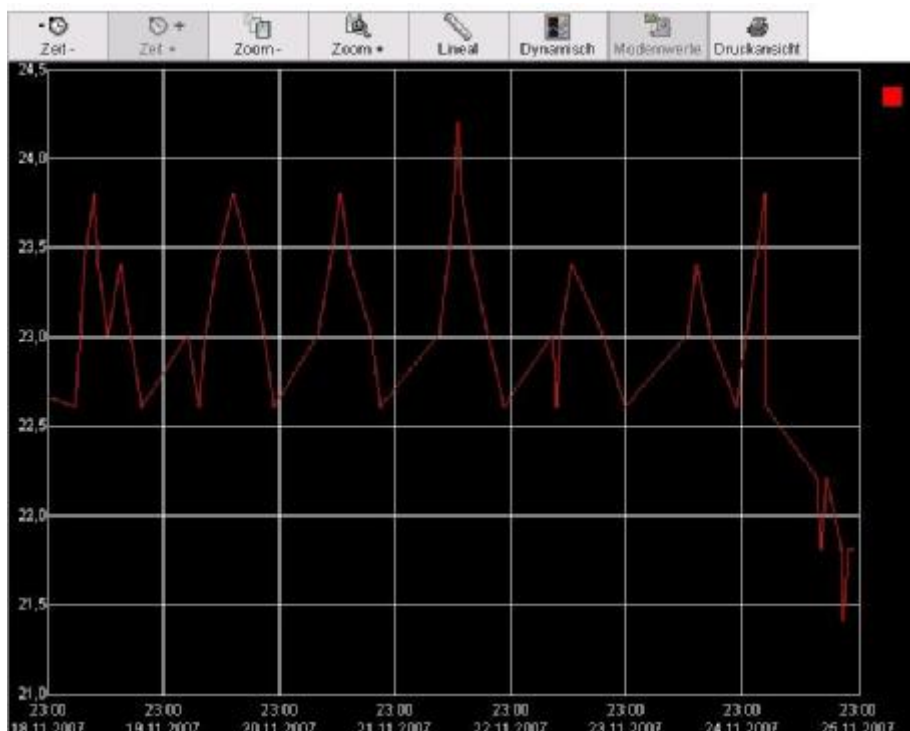
Einige Trendkurven zur Veranschaulichung:



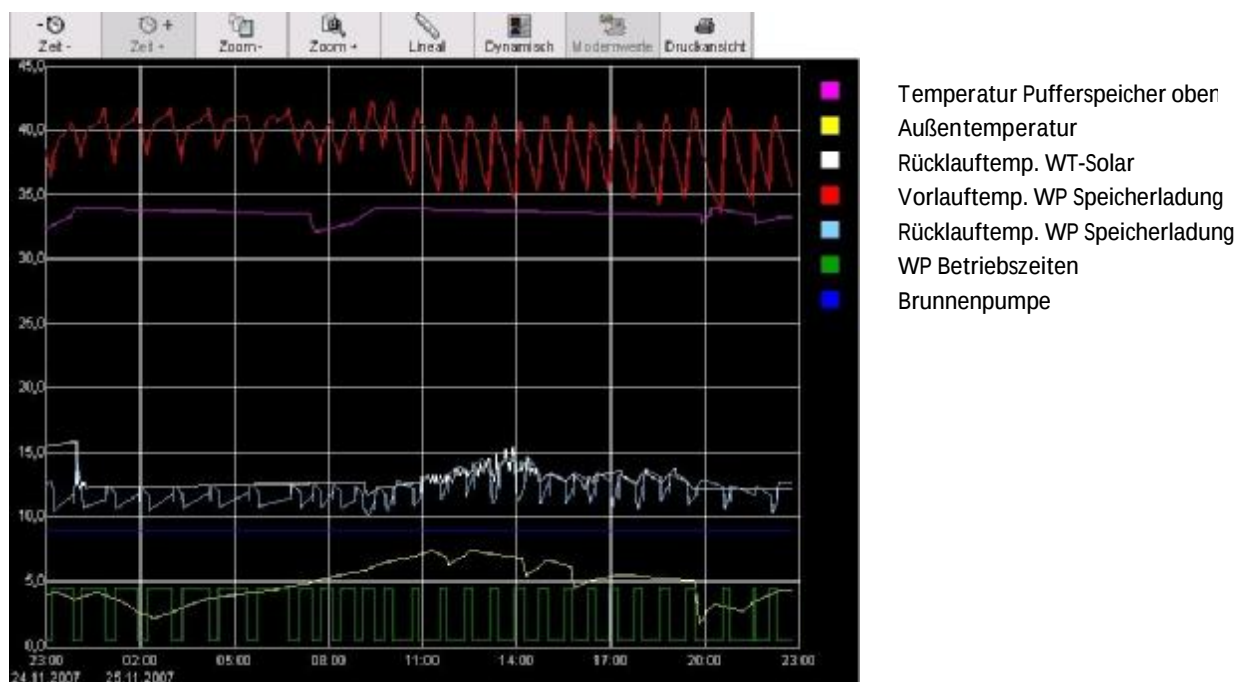
Trendkurve Vorlauf Werkstatt vom 18.11.2007 bis zum 25.11.2007



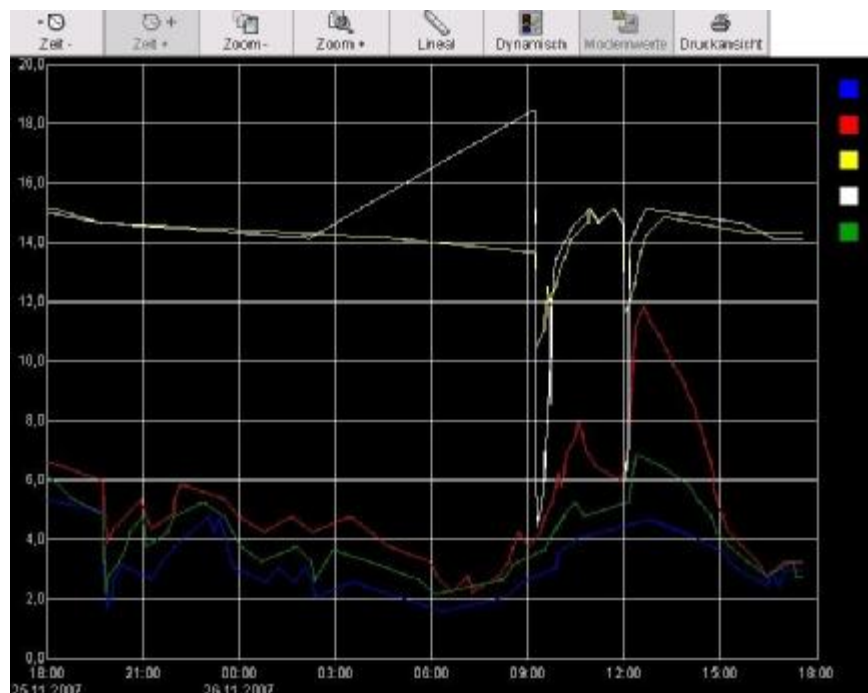
Trendkurve Rücklauf Werkstatt vom 18.11.2007 bis zum 25.11.2007



Trendkurve Raumtemperatur Werkstatt vom 18.11.2007 bis zum 25.11.2007



Trendkurven über 24 Stunden am 24.11.2007



Außentemperatur
Kollektortemperatur gekühlt
Vorlauftemp. Kühlwasser
Rücklauftemp. Kühlwasser
Kollektortemperatur ungekühlt

Trendkurve Kollektorkühlung am 25.11.2007

Einige Schnellabfragen zur Veranschaulichung:

Schnellabfrage *Energieerzeugung_und_Verbrauch_gesamt*

Druckansicht

Klartext	Wert
ISP1 MW Energieerzeugung Solar 1_gekühlt	10801.00 kWh
ISP1 MW Energieerzeugung Solar 2_ungekühlt	10701.00 kWh
ISP1 MW WMZ Kühlung Solar 1	25421.00 kWh
ISP1 MW WMZ Klimatisierung-Kühlung	31778.00 kWh
ISP1 MW WMZ Wärmerzeugung-Verbrauch gesamt	40636.00 kWh
ISP1 MW Energieverbrauch Wärmepumpe	10621.00 kWh

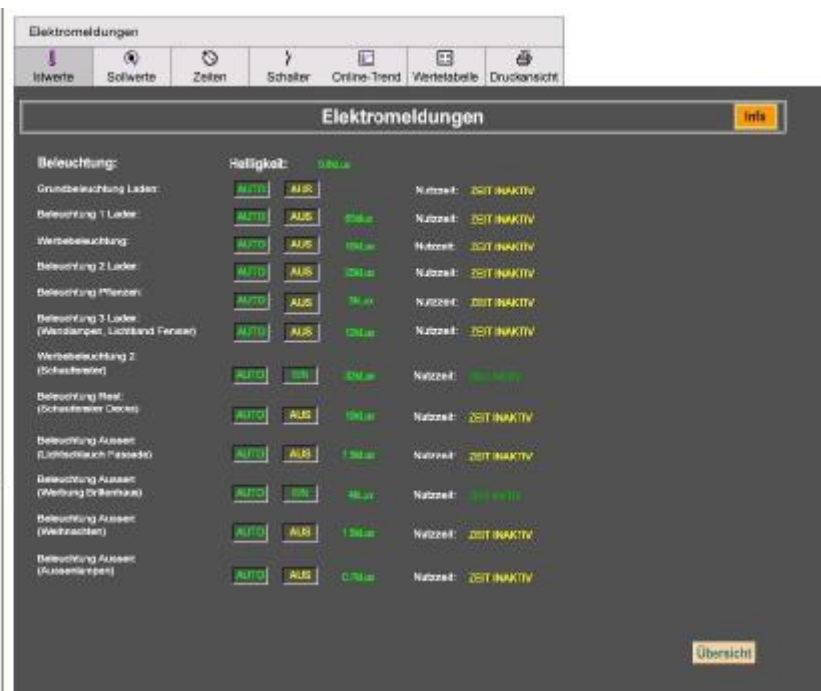
Letzte Aktualisierung: Sonntag, 25. November 2007 22:40:32

Schnellabfrage *Energieerzeugung_Solar1_Solar2_*

[Druckansicht](#)

Klartext	Wert
ISP1 MW Energieerzeugung Solar 1_gekühlt Tagwert	2.00 kWh
ISP1 MW Energieerz. Solar 1_gekühlt Wochenwert	12.00 kWh
ISP1 MW Energieerz. Solar 1_gekühlt Monatswert	116.00 kWh
ISP1 MW Energieerzeugung Solar 1_gekühlt	10801.00 kWh
ISP1 MW Energieerz. Solar 2_ungekühlt Tagwert	3.00 kWh
ISP1 MW Energieerz. Solar 2_ungekühlt Wochenwert	13.00 kWh
ISP1 MW Energieerz. Solar 2_ungekühlt Monatswert	122.00 kWh
ISP1 MW Energieerzeugung Solar 2_ungekühlt	10701.00 kWh
ISP1 MW WMZ Kühlung Solar 1 Tagwert	0.00 kWh
ISP1 MW WMZ Kühlung Solar 1 Wochenwert	0.00 kWh
ISP1 MW WMZ Kühlung Solar 1 Monatswert	16.00 kWh
ISP1 MW WMZ Kühlung Solar 1	25421.00 kWh

Letzte Aktualisierung: Sonntag, 25. November 2007 22:42:25



Übersicht Elektromeldungen

6 Zusammenfassung

Die durch die zusätzlichen Auflagen des UBA zunächst einmal verursachten Mehrkosten sind bei einer ganzheitlichen Betrachtungsweise im konkreten Anwendungsfall des Brillenhauses Grimmen zwar erheblich (gemessen am Gesamtinvestitionsaufwand), aber die äußerst geringen Betriebskosten, die noch recht hohe Förderung in Form Einspeisevergütung des Solarstroms ermöglicht dem Unternehmen Brillenhaus Grimmen schon jetzt ein „0-Energie-Haus“ zumindest aus kaufmännischer Sicht. Verbunden mit der erheblichen Reduzierung des CO₂-Ausstoßes (am Einsatzort=0), des angenehmen Arbeits- und Lebensbedingungen im Gebäude, des attraktiv neu gestalteten Gebäudes usw. kann eindeutig gesagt werden, dass die Maßnahme ein Erfolg ist.

Der erwartete Mehrertrag der gekühlten Solarmodule ist nicht eingetreten. Über die gesamte Laufzeit der Anlage beträgt der Mehrertrag nur ca. 1,166 %. Die angestrebte CO₂-Emissionsminderung um 90 % konnte mit ca. 94 % noch übertroffen werden.

7 Literaturverzeichnis

Abschlussbericht GHP – Gaswärmepumpe Versuchsanlage Hohenweiden, Hochschule für Technik Wirtschaft und Kultur (FH) Leipzig, Fachbereich Maschinen- und Energietechnik, Leipzig, 23.12.2003