



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 24. November 2010

Marché International Support Office

Kemptthal, Kanton Zürich

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

naef energietechnik
Jupiterstrasse 26
CH-8032 Zürich
www.naef-energie.ch

Autoren:

René Naef, naef energietechnik, naef@naef-energie.ch
Sybille Stemmler, naef-energie technik, stemmler@naef-energie.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Charles Filleux

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 152990 / 102377

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhalt

Zusammenfassung	5
1. Einleitung	7
2. Das Gebäude	8
2.1 Gebäudestandort und –nutzung	8
2.2 Gebäudekonzept	8
2.3 Gebäudedaten	9
2.4 Fassaden und Grundriss	10
2.5 Gebäudehülle	11
2.5.1 Graue Energie	11
2.5.2 Konstruktion	11
2.5.3 Glass-X-Elemente	12
2.5.4 Wärmebilder	13
2.6 Gebäudetechnik	14
2.6.1 Konzept	14
2.6.2 Heizung / Kühlung	14
2.6.3 Lüftung	15
2.6.4 Befeuchtung	16
2.6.5 Dachintegrierte Photovoltaik	16
3. Fragestellung	17
4.1 Allgemein	18
4.2 Messpunkte und -grössen	19
5. Planungswerte	20
5.1 Stromverbrauch Haustechnik	20
5.2 Stromverbrauch Bürobetrieb	20
5.3 Planungswerte PV-Ertrag	21
5.4 Planungswerte: Zusammenfassung	21
6. Resultate	22
6.1 Erreicht das Bürogebäude Marché das Ziel, ein bilanziertes Nullenergie-Bürogebäude zu sein?	22
6.2 Energieverbrauch der Haustechnik	24
6.2.1 Wärmepumpe	24
6.2.2 Lüftung	27
6.2.3 Befeuchtung	30
6.2.4 Hilfsbetriebe	30
6.2.5 Zusammenfassung	30
6.3 Energieverbrauch des Bürobetriebes	31
6.4 Gemessener Ertrag der PV-Anlage	33
7. Empfehlungen	35
7.1 Optimierungsmassnahmen	35
7.2 Was sollte bei der Planung von vergleichbaren Objekten berücksichtigt werden?	35
7.2.1 Mit steigendem Elektrizitätsverbrauch in der Zukunft rechnen	35
7.2.2 Regler der einzelnen Komponenten	36
Literaturverzeichnis	37
Anhang	38
I Wärmebilder	
II Prinzipschema Heizung	
III Prinzipschema Lüftung	
IV Simulation Ertrag PV	
V Excel mit Hochrechnungen Elektrizitätsverbrauch Bürobetrieb	

Abkürzungen

COP	Coefficient of Performance
ES-WP	Erdsonden-Wärmepumpe
JAZ	Jahresarbeitszahl
OG	Obergeschoss
P+D-Projekt	Pilot- und Demonstrationsprojekt
PV	Photovoltaik
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
WRG	Wärmerückgewinnung
WW	Warmwasser

Zusammenfassung

Das Bürogebäude *Marché International Support Office* wurde als erstes bilanziertes Nullenergiegebäude der Schweiz geplant. Das vollflächig mit Photovoltaik-Modulen bedeckte Dach sollte genug Elektrizität liefern für die Haustechnik und die Büronutzung.



Abbildung 1 – Das Marché International Support Office

Das Gebäude ist seit April 2007 in Betrieb und seither wird der Elektrizitätsverbrauch und der Ertrag der Photovoltaik-Anlage gemessen. Die Auswertung der Messdaten im Rahmen dieses Pilot- und Demonstrationsprojektes ergab, dass der Elektrizitätsverbrauch höher ist als in der Planungsphase und daher die PV-Anlage den Verbrauch nicht zu decken vermag (Abbildung 2). Der Deckungsgrad mit Elektrizität betrug 2008 etwa 84%, im Jahr 2009 noch 79%.

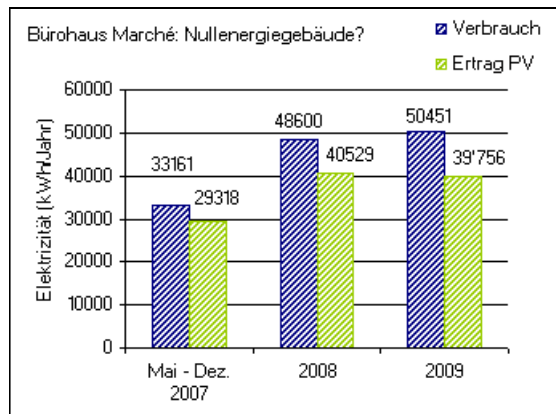
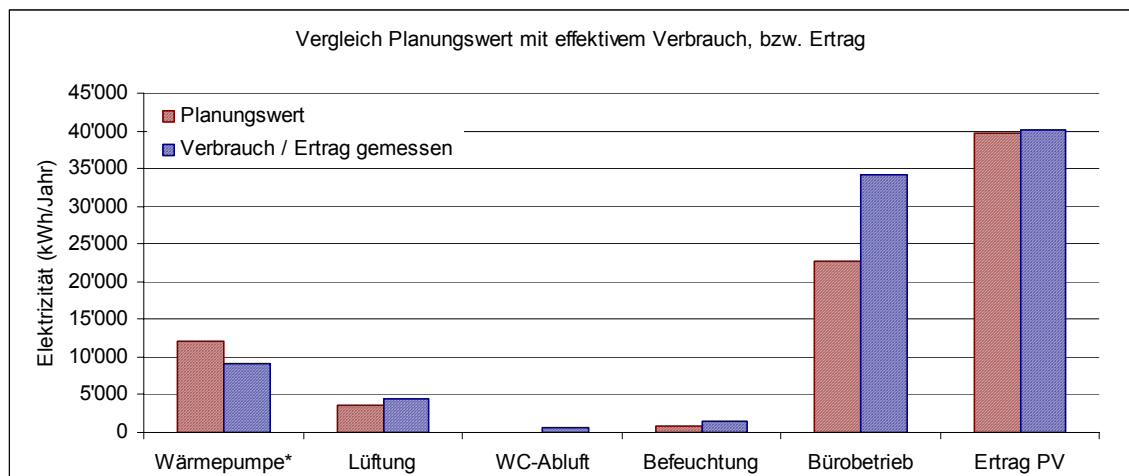


Abbildung 2 – Verbrauch und Ertrag Marché Bürogebäude

Der vorliegende Bericht analysiert den Elektrizitätsverbrauch und vergleicht ihn mit den Werten aus der Planungsphase. Dabei resultieren folgende Erkenntnisse:

- *Ertrag Photovoltaik-Anlage:*
Um den Ertrag der PV-Anlage abzuschätzen, wurde während der Planung eine Simulation durchgeführt. Die bisherigen Messungen für die Jahre 2008 und 2009 ergaben, dass der in der Simulation errechnete PV-Ertrag erreicht wird.
- *Gebäudetechnik:*
Zur Gebäudetechnik zählt die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, die Lüftung und die Befeuchtung durch Pflanzenwände. Das Bürohaus Marché ist nicht klimatisiert, sondern wird nur durch Freecooling (mit der Erdsonde über die Fussbodenheizung) leicht gekühlt.
Die Planungswerte des Elektrizitätsverbrauchs für die Gebäudetechnik trifft den effektiven Verbrauch der vergangenen zwei Jahre, bzw. der gemessene Verbrauch ist sogar etwas tiefer.
- *Büronutzung:*
Zum Bürobetrieb zählen alle Energieverbraucher, die nicht durch die Haustechnik erfasst werden. Die Bürogeräte, die Beleuchtung, zentrale Dienste wie die Telefonzentrale und weitere Verbraucher werden in dieser Gruppe zusammengefasst. Das Marché-Gebäude weist keinen Serverraum auf, da der Server extern ist.
In der Planungsphase wurde der Verbrauch des Bürobetriebes unterschätzt. Insbesondere wurde im Gebäude eine Cafeteria eingerichtet mit 2 Kaffeemaschinen und einem Gastro-Geschirrspüler. Auch weitere kleinere Verbraucher (wie z.B. die Beleuchtung der Pflanze im Haupttreppenhaus) führen dazu, dass der Verbrauch für die Büronutzung höher ist als geplant.

Die Abbildung 3 zeigt die Abweichungen zwischen den Planungswerten und dem effektiven Verbrauch.



* darin enthalten ist die Elektrizität für die Raumwärme, das Warmwasser, das Freecooling sowie die Erdsonden- und Heizungspumpe

Abbildung 3 – Vergleich Planungswerte und Verbrauch

Das Marché International Support Office weist aber sowohl bei der Gebäudetechnik wie auch im Bürobetrieb noch gewisses Optimierungspotential auf.

Bei der Planung von vergleichbaren Objekten ist es empfehlenswert, von einem in Zukunft steigenden Elektrizitätsverbrauch auszugehen. Damit besteht die Möglichkeit, andere Nutzerbedürfnisse und technische Anforderungen (insbesondere im IT-Bereich) zu ermöglichen ohne die Zielsetzung eines bilanzierten Nullenergie-Gebäudes zu verlieren.

1. Einleitung

In der Schweiz dient etwa die Hälfte der Endenergie dem Beheizen von Gebäuden und der Warmwasserbereitstellung [1]. Sollen die Klimaziele erreicht werden, muss der Gebäudepark Schweiz effizienter betrieben werden.

Seit ungefähr 30 Jahren gibt es pionierhafte Beispiele von Wohnbauten, die fast keine Energie zum Heizen brauchen. Mittlerweile sind Minergie(-P) und das Passivhaus eingeführte Marken und die Gesetzgebung orientiert sich an diesen Standards.

Die Bürogebäude hingegen waren nicht im Fokus der Pioniere. Dabei handelt es sich oft um grössere und komplexere Bauten, die meistens nicht nur geheizt, sondern auch gekühlt und belüftet werden müssen. Erschwerend kommt hinzu, dass die IT-Ausstattung, insbesondere das Vorhandensein von Infrastrukturanlagen wie Telefon- und USV-Anlagen, einen beträchtlichen Einfluss auf den Elektrizitätsverbrauch des Gebäudes hat.

Es gibt einige Beispiele von Bürobauten in der Schweiz, die strenge Vorgaben bezüglich Gesamteffizienz erfüllen. Dazu zählt auch das *Marché International Support Office* in Kemptthal (Kanton Zürich). Es wurde als erstes Bürogebäude der Schweiz als bilanziertes Nullenergie-Bürogebäude geplant. Als Ziel wurde formuliert, dass die Photovoltaik-Anlage auf dem Gebäudedach übers Jahr bilanziert den Elektrizitätsverbrauch der Gebäudetechnik und des Bürobetriebs decken kann.

Das Gebäude wurde im Mai 2007 in Betrieb genommen und seither lief ein Messprojekt zur Erfassung des Energieverbrauchs und des Ertrags der Photovoltaik-Anlage. Der vorliegende Bericht beleuchtet, inwiefern das Ziel eines Nullenergie-Bürogebäudes erreicht wurde. Ein spezielles Augenmerk galt der Übereinstimmung von Planungs- und Messwerten, bzw. der Erklärung von Abweichungen zwischen Planungsphase und Betriebsphase.

Dieser Bericht soll dazu dienen, weitere Betriebsoptimierungen des *Marché International Support Office* auszulösen und hält die Empfehlungen des Planungsteams für ähnliche Projekte fest.

2. Das Gebäude

2.1 Gebäudestandort und –nutzung

Die Bauherrschaft des untersuchten Gebäudes, das Unternehmen Marché International, betreibt Autobahnrestaurants in mehreren Ländern. Der Hauptsitz von Marché International ist ein dreigeschossiger Bürobau, der ungefähr 50 Arbeitsplätze bietet.

Das Bürogebäude liegt im Kanton Zürich bei der Autobahnraststätte Kempththal. Das Gebäude befindet sich am südlichen Rand des Areals direkt hinter der Raststätte und den Parkplätzen. Auf der Nordseite wird der Bau von schönen, grossen Bäumen umgeben, zur Südseite hat man freie Sicht ins Grüne. Aufgrund des Standortes ist der Bau starkem Autobahnlärm und Fluglärm ausgesetzt.



Abbildung 4 – Standort des *Marché International Support Office* (rotes Kreuz) zwischen der Autobahn im Osten und Industrie/Eisenbahn im Westen (Quelle: GIS Kanton Zürich, Orthophoto)

2.2 Gebäudekonzept

Es war das Ziel von Marché International, dass der Hauptsitz nicht nur Platz für gute und gesunde Arbeitsplätze bietet, sondern auch wenig Energie verbraucht. Der Bedarf an grauer Energie sollte tief sein, was in Kombination mit der Forderung nach einer sehr kurzen Planungs- und Bauzeit zu einem Holzbau ohne Unterkellerung führte.

Das solar-passive Gebäudekonzept zeichnet sich durch gute Wärmedämmung und eine Konstruktion ohne Wärmebrücken aus. Die Südseite ist grossflächig verglast, die Hälfte der Glasfläche besteht aus Glass-X-Elementen¹ und die Beschattung wird durch Balkone und Stoffstoren sichergestellt. Auf der Nordseite hingegen weist die Fassade nur kleine Fenster auf.

¹ Scheiben, die mit einem Salzhydrat gefüllt sind. Sie speichern die Sonnenwärme und geben die Wärme zeitlich verzögert an den Raum ab.

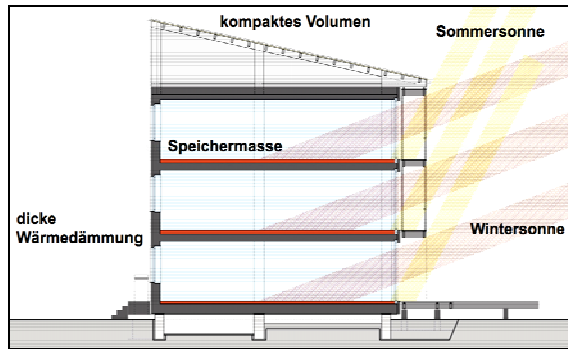


Abbildung 5 – Gebäudekonzept *Marché International Support Office*

Das Gebäude wird durch eine Erdsonden-Wärmepumpe beheizt. Die Aussenluft der Lüftung wird durch ein Erdregister vorgewärmt. Die Befeuchtung der Raumluft geschieht durch eine Pflanzenwand pro Geschoss.

Das Dach ist vollflächig durch Photovoltaik bedeckt und sollte mehr Elektrizität produzieren, als das Gebäude und der Bürobetrieb verbrauchen.

Das Gebäude ist Minergie-P-Eco zertifiziert und erhielt den Schweizer Solarpreis 2007 sowie den Hauptpreis "Europäischer Preis Gebäudeintegrierte Solartechnik 2008".

2.3 Gebäudedaten

Die wichtigsten Gebäudedaten finden sich in der Tabelle 1.

Tabelle 1 – Bürohaus *Marché International Support Office*: wichtige Gebäudedaten

Planungs- und Bauzeit	12 Monate
Bezug	Mai 2007
EBF	1516 m ²
Bauvolumen brutto	4547 m ³
Gebäudehüllzahl (A/EBF)	1.29
Anzahl Geschosse	EG, OG1, OG2
Anzahl Arbeitsplätze	ca. 50
weitere Nutzungen	Pausenraum/Cafeteria 3 Übernachtungszimmer für Angestellte
Kosten/m ³ BKP2 SIA 416 (ohne PV-Anlage)	565 CHF/m ³

2.4 Fassaden und Grundriss



Abbildung 6 – Südfassade



Abbildung 7 - Nordfassade



Abbildung 8 - Ostfassade



Abbildung 9 - Grundriss OG2 (EG und OG1 sind ähnlich)

2.5 Gebäudehülle

2.5.1 Graue Energie

Es war ein erklärtes Ziel, die graue Energie der Gebäudehülle zu minimieren. Daher fiel die Wahl auf einen Holzbau und auf eine Unterkellerung wurde verzichtet.

Eine Ökobilanz gemäss der Methode von Ecoindicator 99 zeigt, dass dieses Gebäude bei der Erstellung die Umwelt 30% weniger stark belastet als ein konventionelles Gebäude. Über die ganze Lebensdauer von angenommenen 50 Jahren sind es sogar 60% (siehe Abbildung 10).

Der Baustoff Holz bietet den Vorteil, dass er wieder nachwächst. Gemäss den Angaben des Holzbauers dauert es 52 Minuten und 33 Sekunden, bis das im Marché Gebäude verwendete Holz (für Konstruktion, Fassade und Innenausbau) im Schweizer Wald wieder nachgewachsen ist.

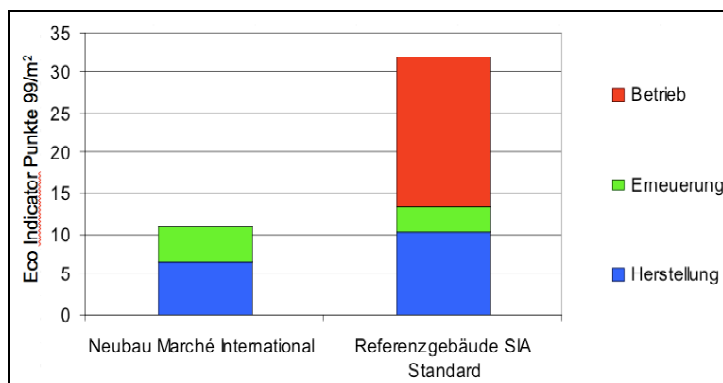


Abbildung 10 – Vergleich der grauen Energie des Neubaus *Marché International Support Office* mit einem Referenzgebäude SIA Standard
(Quelle: Architekturbüro Kämpfen für Architektur / Alex Primas, Basler& Hofmann Ingenieure, Zürich)

2.5.2 Konstruktion

Das Gebäude wurde in einer vollständig vorfabrizierten Holzbauweise mit modularem Grundprinzip erstellt. Die Decken sind in Elemente von 4 x 12m aufgeteilt und konnten daher auf der Strasse zur Baustelle transportiert werden. Die Vorfabrizierung ermöglichte eine hohe Präzision und eine Verkürzung der Bauzeit. Die Planung und der Bau des Gebäudes bis zum Bezug dauerten nur 12 Monate.

Die Aussenwand besteht aus einer Holzständerkonstruktion mit einer Wärmedämmung von 32cm Dicke (Aufbau siehe Abbildung 11). Nur die beiden Treppenhäuser und das Streifenfundament bestehen nicht aus Holz, sondern aus Ortsbeton.

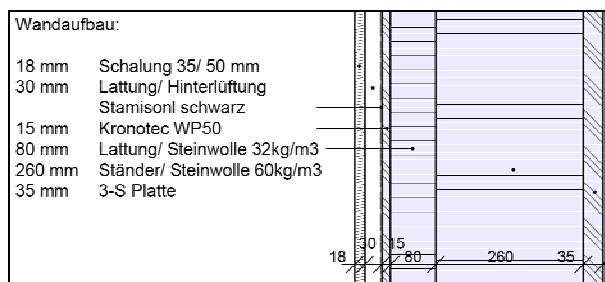


Abbildung 11 – Aufbau der Aussenwand

Soweit möglich wurde innen und aussen Holz sowohl als Konstruktions-, als auch als Oberflächenmaterial verwendet. Als Bodenbelag hingegen wurde aus Gründen der Baumasse (Schalldämmung, energetische Speichermasse) eine Holzzementplatte auf einem Zementunterlagsboden gewählt. Die U-Werte der Bauteile finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2 – U-Werte der Bauteile

Bauteil	U-Wert ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Aussenwand	0.12
Boden gegen Erdreich	0.10 (0.13)
Decke gegen Kaltdach	0.08
Fenster (Holzrahmen)	$U_g = 0.5$ ($g = 54\%$)
Glass-X	$U_g = 0.46$

2.5.3 Glass-X-Elemente

Etwas weniger als die Hälfte der Glasfläche auf der Südfassade besteht aus einem Phase Change Material (PCM), das als Latentspeicher die Wärmeenergie der Sonne zeitlich verschoben in den Innenraum abgibt. Dadurch wird der Komfort erhöht, das grelle Sonnenlicht am Arbeitsplatz gedämpft und Heizenergie gespart.

Im *Marché International Support Office* wird ein PCM des Herstellers Glass-X eingesetzt, das aus einem 3-fach-Isolierglas bestehen. Ein in den Scheibenzwischenraum implementiertes Prismenglas reflektiert die hoch stehende Sommersonne mit Einfallswinkeln über 40° nach aussen. Die Wintersonne hingegen passiert in voller Intensität den Sonnenschutz (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Die innerste Scheibe beinhaltet ein Salzhydrat, das der Wärmespeicherung dient. Bei Sonneneinstrahlung kommt es bei ungefähr 26°C zu einem Phasenwechsel und das Salzhydrat wird aufgeschmolzen. Beim Abkühlen kristallisiert das Salzhydrat aus und die gespeicherte Wärme wird wieder abgegeben.

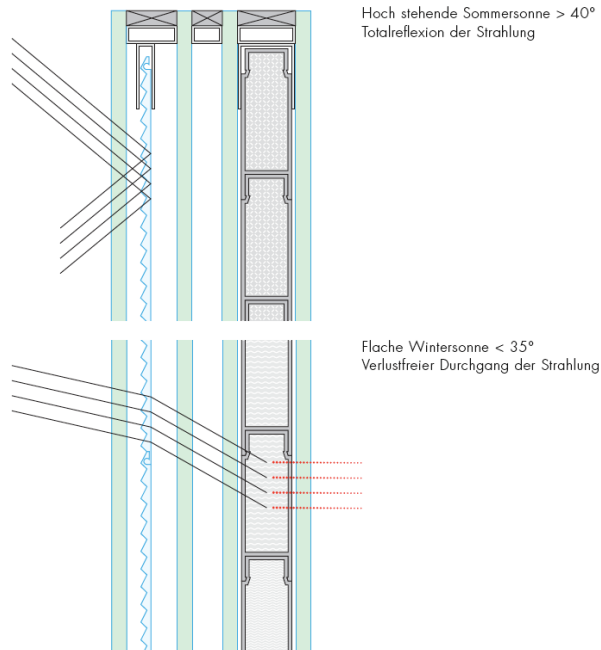


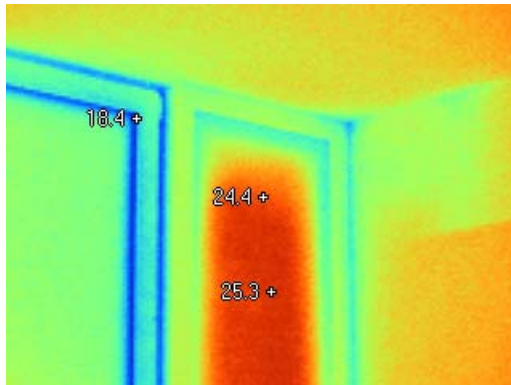
Abbildung 12 – Aufbau des Glass-X-Elements (Quelle: Glass-X)



Abbildung 13 – Das Glass-X-Element in der Südfassade

2.5.4 Wärmebilder

Im November 2009 wurden wenige Wärmebilder der Gebäudehülle aufgenommen, um allfällige Leckstellen zu finden und die Wirkung des Glass-X-Elementes zu überprüfen. Die Aussentemperatur zur Zeit der Wärmebild-Aufnahmen betrug ungefähr 8°C. Eine Zusammenstellung aller Wärmebilder findet sich im Anhang I.

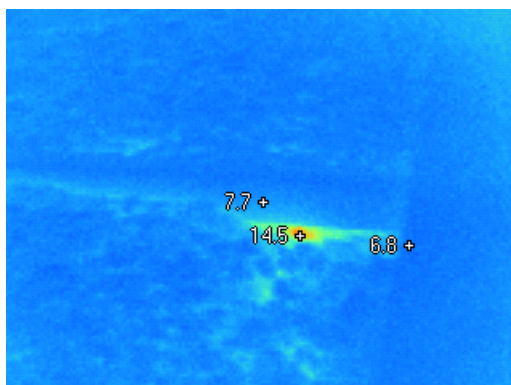


IR004585.IS2
26.11.2009 07:52:22



IR004585.IS2

Abbildung 14 – Speicherung der solaren Wärme des Vortages im Glass-X-Element ist auf dem Wärmebild gut sichtbar



IR004593.IS2
26.11.2009 07:56:07



IR004593.IS2

Abbildung 15 – Wärmeverlust im Estrichboden aufgrund ungenügend verteilter Celluloseflocken

2.6 Gebäudetechnik

2.6.1 Konzept

Die Technikzentrale liegt über dem Haupttreppenhaus im Dachgeschoss, da aus ökologischen Gründen auf eine Unterkellerung verzichtet worden ist. Das unbeheizte Dachgeschoss funktioniert als Verteilebene, um die technischen Installationen von Lüftung, Elektro und EDV in der Horizontalen zu verteilen. Durch die Stützen gelangen die verschiedenen Medien dann in die einzelnen Geschosse.



Abbildung 16 – Blick während der Bauphase in ein Geschoss: Die Stützen dienen als „Steigzonen“.

2.6.2 Heizung / Kühlung

Die benötigte Wärme wird mit einer Erdsonden-Wärmepumpe mit zwei Sonden von je 180m Länge bereitgestellt. Im Sommer wird über die Sonden mittels Freecooling über die Bodenheizung leicht gekühlt (siehe Abbildung 17 für ein vereinfachtes Schema, ein detailliertes Schema findet sich im Anhang II).

Für die Wärmeerzeugung läuft ein Contractingvertrag mit dem Elektrizitätswerk des Kanton Zürich EKZ.

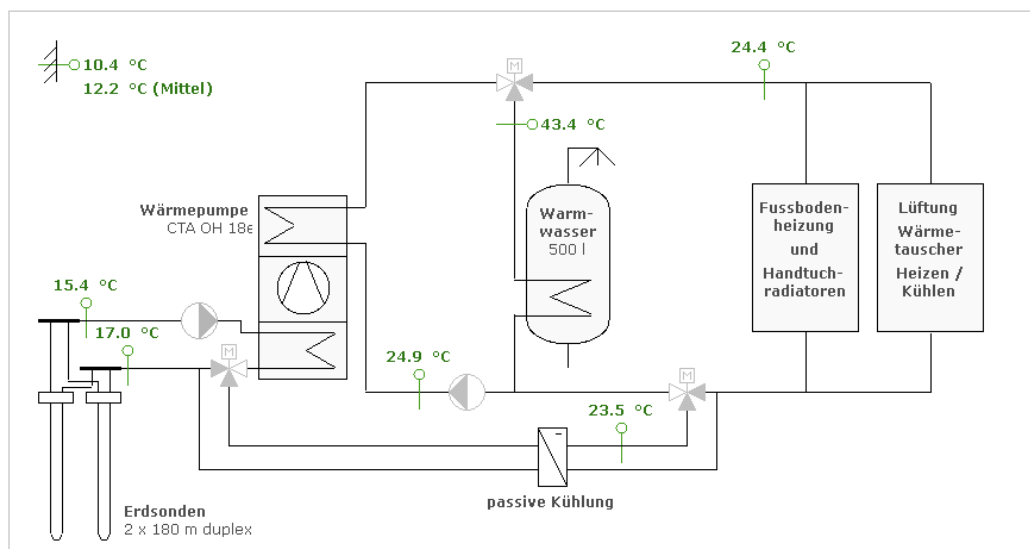


Abbildung 17 – Vereinfachtes Schema der Heizung. Die Temperaturen (in grün) zeigen die Messwerte der SPS.

2.6.3 Lüftung

Die Aussenluft wird über ein Erdregister angesaugt, das im „Kriechkeller“ direkt über das Erdreich geführt wird (Abbildung 19). Alternativ kann die Aussenluft über einen Bypass direkt an der Aussenwand der Technikzentrale eingebracht werden.

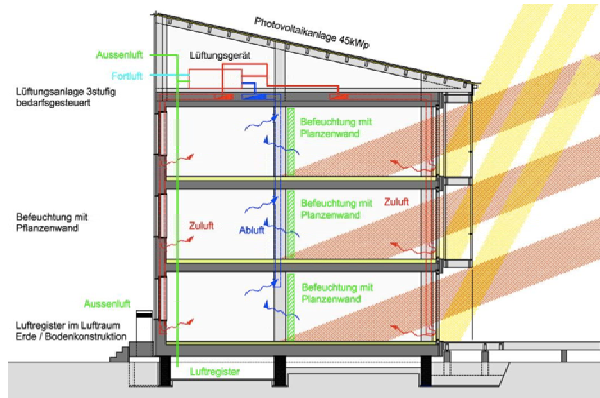


Abbildung 18 - Lüftungskonzept



Erdregister:
Zuluft fliesst durch Betonfundament

Abbildung 19 – Blick in das „Erdregister“ während der Bauphase

Die Lüftungsanlage ist mit einem Kreuzstrom-Plattentauscher mit hohem thermischen Wirkungsgrad (Herstellerangabe 91%) ausgerüstet. Die Luftmenge wird mit CO₂-Sensoren stetig reguliert. Das Prinzipschema der Lüftung ist im Anhang III ersichtlich.

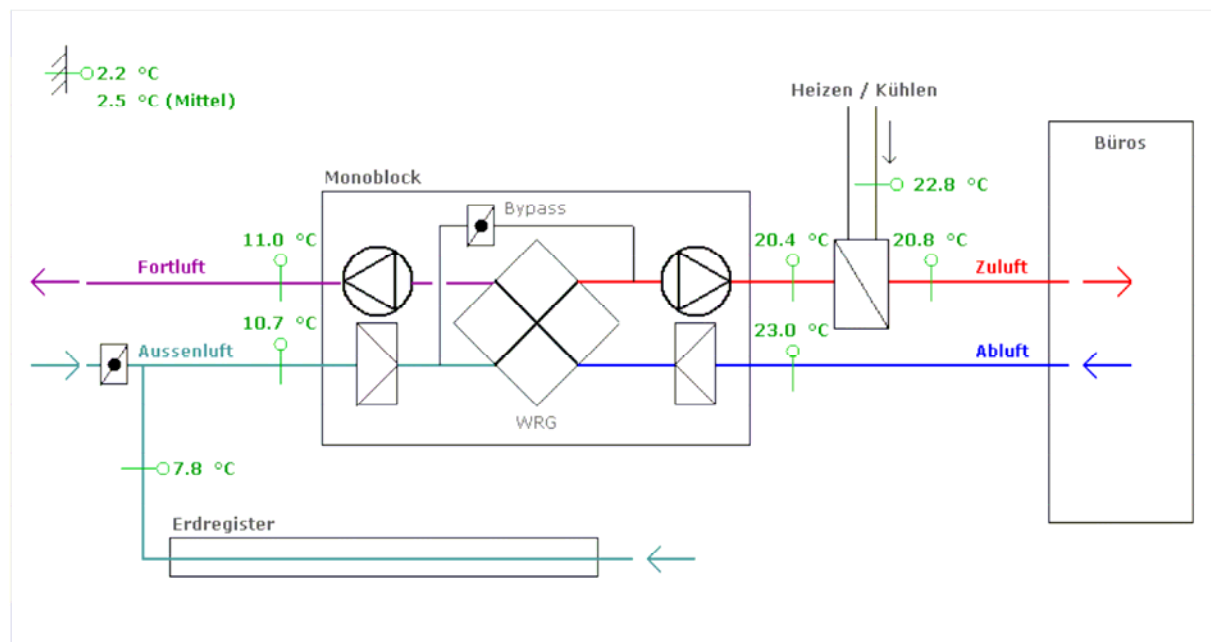


Abbildung 20 – Vereinfachtes Schema der Lüftung. Die Temperaturen (in grün) zeigen die Messwerte der SPS.

2.6.4 Befeuchtung

Für die Befeuchtung dient pro Geschoss eine Pflanzenwand (Biotechnische Luftbefeuchtung, nach System "Prima Klima") von ungefähr 7 m² Fläche. Diese „Grüne Wand“ braucht zu ihrem Betrieb Pumpenstrom (für den Wasserkreislauf) und eine geeignete Beleuchtung.



Abbildung 21 – Die „Grüne Wand“

2.6.5 Dachintegrierte Photovoltaik

Die völlig unbeschattete Dachfläche ist exakt gegen Süden orientiert, 12° geneigt und mit einer rund 485m² grossen Photovoltaikanlage belegt. Die anthrazitfarbenen Solarmodule bilden eine geschuppte Dachhaut und daher konnte auf eine Ziegel- oder Blecheindeckung verzichtet werden. Die amorphen Dünnschichtzellen von *First Solar* sind zwischen zwei Glasscheiben eingebettet und wurden als steckerfertige Module angeliefert. Die installierte Leistung der Photovoltaikanlage beträgt 44,6 kWp, so dass im Jahr eine Stromproduktion von ungefähr 40'000 kWh resultieren sollte.

Die Anlage ist netzgekoppelt und wird durch das Contracting des Elektrizitätswerks des Kantons Zürich EKZ betrieben.



Abbildung 22 – Die Schienen der PV-Panelen wurden direkt auf der Dachkonstruktion befestigt



Abbildung 23 – Die vollflächig verlegten PV-Panelen dienen auch als Witterungsschutz

3. Fragestellung

Das Pilot- und Demonstrationsprojekt „*Marché International Support Office*“ soll folgende Fragestellungen beantworten:

1. *Erreicht das Bürogebäude Marché International Support Office das Ziel, ein Nullenergie-Bürogebäude zu sein?*

Messungen des Energieverbrauchs der Haustechnik und des Bürobetriebs sollen aufzeigen welche Verbrauchergruppen wie viel Strom brauchen und ob die PV-Anlage den Stromverbrauch zu decken vermag.

Dazu werden die einzelnen Verbraucher der Büronutzung und in der Haustechnik erfasst, gemessen und die Effizienz der haustechnischen Anlagen beurteilt.

2. *Wie gut stimmen die Planungswerte mit den effektiven Verbrauchswerten überein?*

In welchen Bereichen ergeben sich die grössten Abweichungen und wie lassen sich diese Abweichungen erklären?

3. *Welche Optimierungsmassnahmen werden für das Marché International Support Office empfohlen?*

Das Marché-Gebäude ist mit einem Messsystem ausgerüstet und die Verbrauchsdaten sowie der Ertrag der Photovoltaik-Anlage werden überwacht. Ausserdem ist die Eigentümerin, die Marché International, bestrebt den Energieverbrauch tief zu halten. Somit ergeben sich ideale Bedingungen, um Optimierungsmassnahmen zu treffen.

Die vorgeschlagenen Optimierungsmassnahmen sind im Kapitel 7.1 aufgeführt.

4. *Was sollte bei der Planung von vergleichbaren Objekten berücksichtigt werden?*

Die Projektierung von energieeffizienten Bürogebäuden ist unter Umständen mit einigen Unwägbarkeiten verknüpft. Die „lessons learnt“ des Projektteams werden im Kapitel 7.2 erläutert.

4. Messkonzept

4.1 Allgemein

Haustechnik

Die Daten der Heizung und Lüftung werden mit einer Speicherprogrammierbaren Steuerung SPS (SAIA) erfasst. Darauf lässt sich via Webbrowser zugreifen und gewisse Parameter (wie z.B. die Storensteuerung) lassen sich optimieren. Unter www.netlogger.ch → Demo Anlagen → Mövenpick Marché findet sich ein Gastzutritt zur Webumgebung der SPS.

Das Messintervall der SPS beträgt momentan 15 Minuten und somit liegen pro Stunde 4 Messdaten vor. Das Messintervall kann bei zukünftigen anderen Bedürfnissen verändert werden.

Die Daten werden laufend überschrieben, die Speichergrösse umfasst ungefähr 10 Tage bei 4 Messungen pro Stunde, bzw. ungefähr 1 Monate bei 1 Messwert pro Stunde.

Bürobetrieb

Zur Erfassung des Stromverbrauchs liegen die wöchentlichen Verbrauchsdaten (aufgegliedert in Hoch- und Niedertarif) vor. Der Verbrauch von einzelnen Bürogeräten, der Beleuchtung sowie der Kaffeemaschine und des Geschirrspülers wurden mit Einzelmessungen erfasst.

Photovoltaik-Anlage

Die Angaben zum Ertrag der Photovoltaik-Anlage beruhen auf den Angaben des Contractors (Elektrizitätswerk des Kanton Zürich EKZ).

4.2 Messpunkte und -grössen

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Grössen, die im *Marché International Support Office* ständig gemessen werden und über die im Rahmen dieses P+D-Projektes durchgeführten Einzelmessungen.

Tabelle 3 – Übersicht über die Messpunkte und -grössen

Messbereich	Grösse	Einheit	Messort	Erfasst durch	Messung: Intervall
Aussenbereich	Aussentemperatur	°C	Wetterstation	SPS	15 Min.
	Helligkeit	Lux	Wetterstation	SPS	15 Min.
	Windwächter		Wetterstation	SPS	15 Min.
Bürobereich	Raumluft-Temperatur	°C	Pro Geschoss 1 Messung	SPS	15 Min.
	CO ₂		Pro Geschoss 1 Messung	Lüftungsregler	
	Rel. Luftfeuchte		Pro Geschoss 1 Messung	Lüftungsregler	
Heizung	Sonde VL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	Sonde RL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	Heizung VL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	Heizung RL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	VL Warmwasser-Ladung	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	VL Freecooling	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
Lüftung*	AUL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	FOL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	ZUL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	ABL	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	AUL Erdregister	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	ZUL konditioniert	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
	VL Luftherhitzer	°C	Technikraum	SPS	15 Min.
Ertrag PV	Ertrag PV	kWh		EKZ (Contractor)	wöchentlich
	Leistung PV	kW		EKZ (Contractor)	ausgewählte Tagesgänge
Stromverbrauch	Gesamtverbrauch (HT und NT)	kWh		EKZ (Contractor)	wöchentlich
	Bürogeräte: - Drucker - Beleuchtung - etc.	(k)W		naef energietechnik / Marché International	einmalige Messung
	Stromverbrauch Cafeteria - Kaffeemaschine - Gastro-Geschirrspüler	(k)W		naef energietechnik / Marché International	einmalige Messung
	Erdsonden-Wärmepumpe	kWh	Elektrozähler	Marché International	Regelmässige Ablesungen
	Verbrauch Lüftung	(k)W		naef energietechnik / Marché International	einmalige Messung
	Lüftung Ruhezimmer	(k)W		naef energietechnik / Marché International	einmalige Messung

* Weder die Lüftungsstufen noch die Luftmengen wurden erfasst (da technisch zu aufwendig)

5. Planungswerte

5.1 Stromverbrauch Haustechnik

Die Planungswerte beruhen einerseits auf der SIA 380/1-Berechnung, den Berechnungen der JAZ der Wärmepumpe sowie einigen Schätzungen. Die Tabelle 4 zeigt die Werte, die beim *Marché International Support Office* in der Planungsphase verwendet wurden. Gemäss diesen Werten ist mit einem Stromverbrauch von ungefähr 16'000 kWh pro Jahr zu rechnen.

Tabelle 4 – Planungswerte Haustechnik

	Berechnungen, Annahmen	Total Marché Gebäude (EBF: 1516m ²)	JAZ ④	Elektrizität (kWh/Jahr)
Q _{h,eff} :	7.8 kWh/m ² ①	11'828 kWh	4.35	2'719 kWh
Q _{ww} :	6.2 kWh/m ² ②	9'399 kWh	2.81	3'345 kWh
Hilfsbetriebe:	2.2 kWh/m ² ②	3'335 kWh	-	3'335 kWh
Lüftung:	2.4 kWh/m ² ②	3'638 kWh	-	3'638 kWh
Freecooling:	1.25 kW x 2200h ③	2'750 kWh	-	2'750 kWh
Befeuchtung:	0.15 kW x 6000h ③	900 kWh	-	900 kWh
Total pro Jahr:				16'687 kWh

- ① Planungswert gemäss Minergie-P-Antrag für 20°C Raumtemperatur: 5.3 kWh/m².
Der hier angegebene Wert bezieht sich auf eine Raumtemperatur von 23°C, da die Erfahrung zeigt, dass eher höhere Raumtemperaturen als 20°C von den NutzerInnen erwartet werden.
- ② Planungswerte gemäss Minergie-P-Antrag
- ③ Schätzungen
- ④ Berechnung mit WPEst

5.2 Stromverbrauch Bürobetrieb

Die Planungswerte des Bedarfs für die Beleuchtung und den Bürobetrieb beruhen auf Angaben aus der Literatur. Gemäss der Tabelle 5 ist der Planungswert für den Bürobetrieb des Neubaus *Marché International Support Office* ein ehrgeiziger Wert, da durchschnittliche Bürogebäude etwa dreimal soviel Strom pro Quadratmeter verbrauchen. Allerdings ist bei den durchschnittlichen Bürogebäuden oft auch der Energieverbrauch für die Lüftung und für die Klimatisierung in diesem Wert enthalten, was beim *Marché International Support Office* in der Haustechnik ausgewiesen wird.

Tabelle 5 – Planungswerte des Bürobetriebs

	Stromverbrauch für Bürobetrieb	Kommentar
Durchschnittswert Bürogebäude	50 kWh/m ² a	Quelle: [2]
Durchschnittswert Bürogebäude	55 kWh/m ² a	Quelle: [3]
Marché IST	91 kWh/m ² a	gemessener Wert des ehemaligen Mövenpick-Bürogebäudes in Adliswil, inkl. Server und EDV
Marché International Support Office	15 kWh/m ² a → 22'740 kWh/Jahr	ohne Server, Klimatisierung, Lüftung

5.3 Planungswerte PV-Ertrag

Gemäss der Simulation der Firma SunTechnics Fabrisolar AG sollte die PV-Anlage mit 44.6 kWp ungefähr 39'700 kWh/Jahr liefern. Die Unterlagen der Simulation befinden sich im Anhang IV.

5.4 Planungswerte: Zusammenfassung

Wie die Abbildung 24 zeigt, wurde das Bürohaus Marché als bilanziertes Nullenergiegebäude geplant: der Ertrag der Photovoltaik-Anlage deckt den Energiebedarf der Haustechnik und der Büronutzung.

Der Stromverbrauch des Büros ist höher als der Elektrizitätsbedarf für die gesamte Haustechnik des *Marché International Support Office*. Dieser Verbrauch ist allerdings für ein Bürogebäude tief, da im Bürogebäude Marché kein Serverraum betrieben wird.

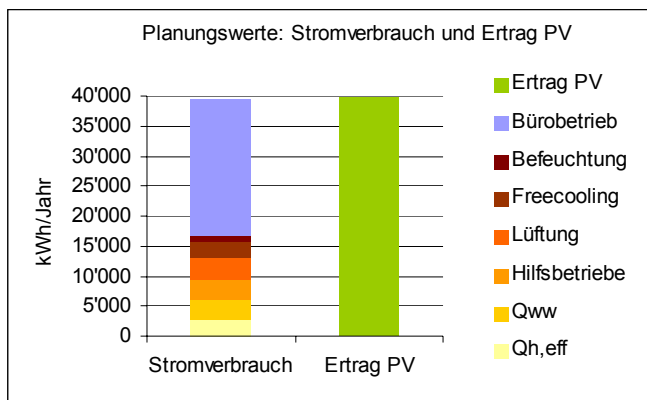


Abbildung 24 – Planungswerte von Stromverbrauch und dem Ertrag der PV-Anlage

6. Resultate

6.1 Erreicht das Bürogebäude Marché das Ziel, ein bilanziertes Nullenergie-Bürogebäude zu sein?

Stellt man den Gesamtverbrauch von Strom (Bürobetrieb und Haustechnik) dem Ertrag durch die PV-Anlage gegenüber, wird ersichtlich, dass das Ziel nicht ganz erreicht wurde (Abbildung 25). Der Deckungsgrad des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage betrug 2008 ungefähr 84% und 2009 noch 79%. 2007 war die PV-Anlage erst ab Mai in Betrieb und der Deckungsgrad daher etwas höher bei 88% (Abbildung 26).

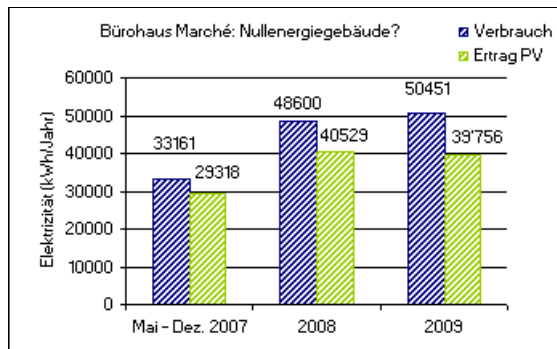


Abbildung 25 – Gesamtverbrauch und Produktion von Strom

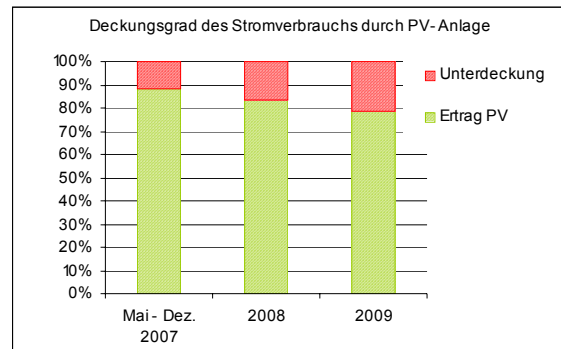


Abbildung 26 – Prozentualer Anteil der Stromproduktion durch die PV-Anlage am gesamten Stromverbrauch

Der Vergleich der Planungswerte mit den Messdaten zeigt, dass die Planungswerte bei der Haustechnik und dem Ertrag der PV-Anlage eingehalten werden. Hingegen wurden die Planungswerte des Bürobetriebs in den Jahren 2008 und 2009 überschritten.

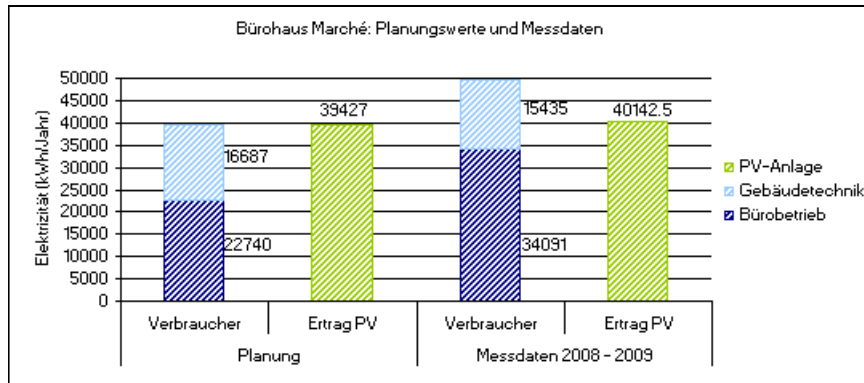


Abbildung 27 – Vergleich von Planungswerten und Messdaten

Vergleicht man den Jahresverlauf des Ertrags und des Ertrags der Photovoltaik-Anlage, ist klar ersichtlich, dass das *Marché International Support Office* als ein über das Jahr bilanziertes Nullenergie-Gebäude geplant wurde: im Sommer wird ins Netz eingespiessen, im Winter wird aus dem Netz bezogen (Abbildung 28 und Abbildung 29).

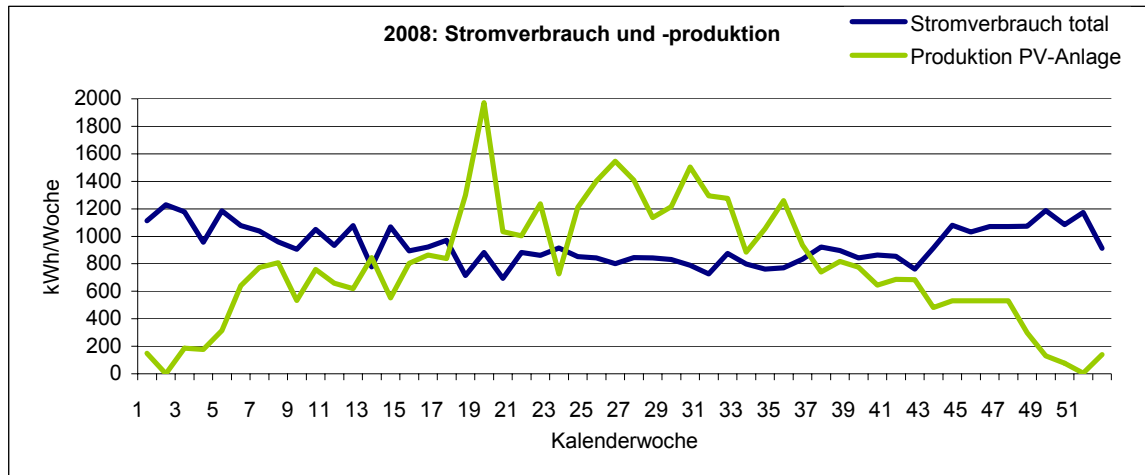


Abbildung 28 – Wochenverlauf des Stromverbrauch und des PV-Ertrags im 2008

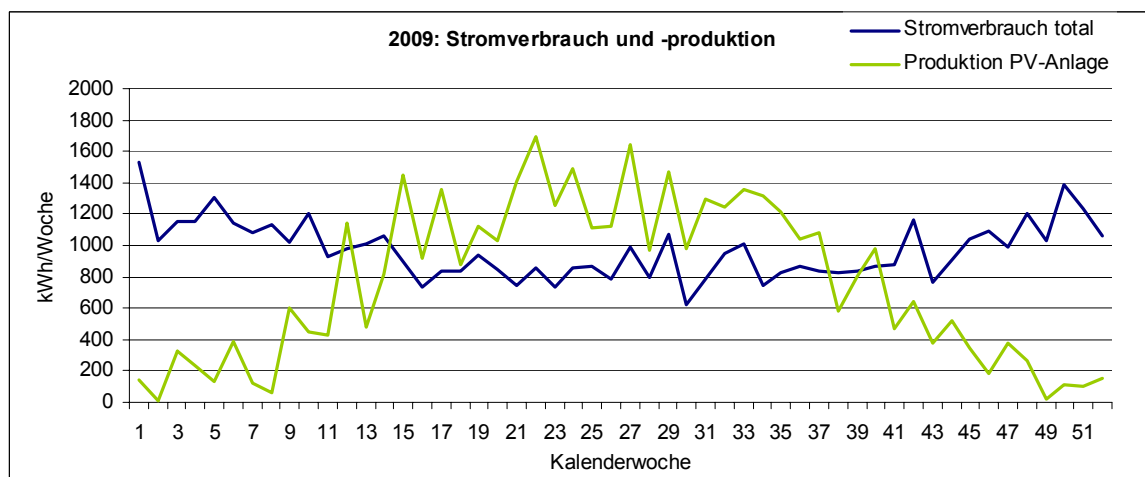


Abbildung 29 – Wochenverlauf des Stromverbrauch und des PV-Ertrags im 2009

In den folgenden Kapiteln 6.2 bis Kapitel 6.4 wird der gemessene Verbrauch der Haustechnik und des Bürobetriebes im Detail dargestellt und mit dem gemessenen Ertrag der PV-Anlage verglichen. Der Vergleich zwischen den Planungswerten und den effektiv gemessenen Werten ermöglicht Schlussfolgerungen bezüglich der Planung von Bürogebäuden sowie der Optimierung des bestehenden *Marché International Support Office*.

6.2 Energieverbrauch der Haustechnik

6.2.1 Wärmepumpe

Die Abbildung 30 zeigt die Messpunkte für die Heizung, die durch die SPS erfasst werden². Auf den folgenden Seiten sind die Messungen von je zwei typischen Tagen im Juli und im Dezember dargestellt. Im Winter resultiert bei der ausgewerteten Messung ein COP von ungefähr 7. Die gemittelte JAZ seit der Inbetriebnahme der Anlage beträgt 4.87. Darin enthalten ist die Wärmepumpe, die Erdsonden-Pumpe und die Heizungspumpe (gemäss [4] handelt es sich dabei um die JAZ 3).

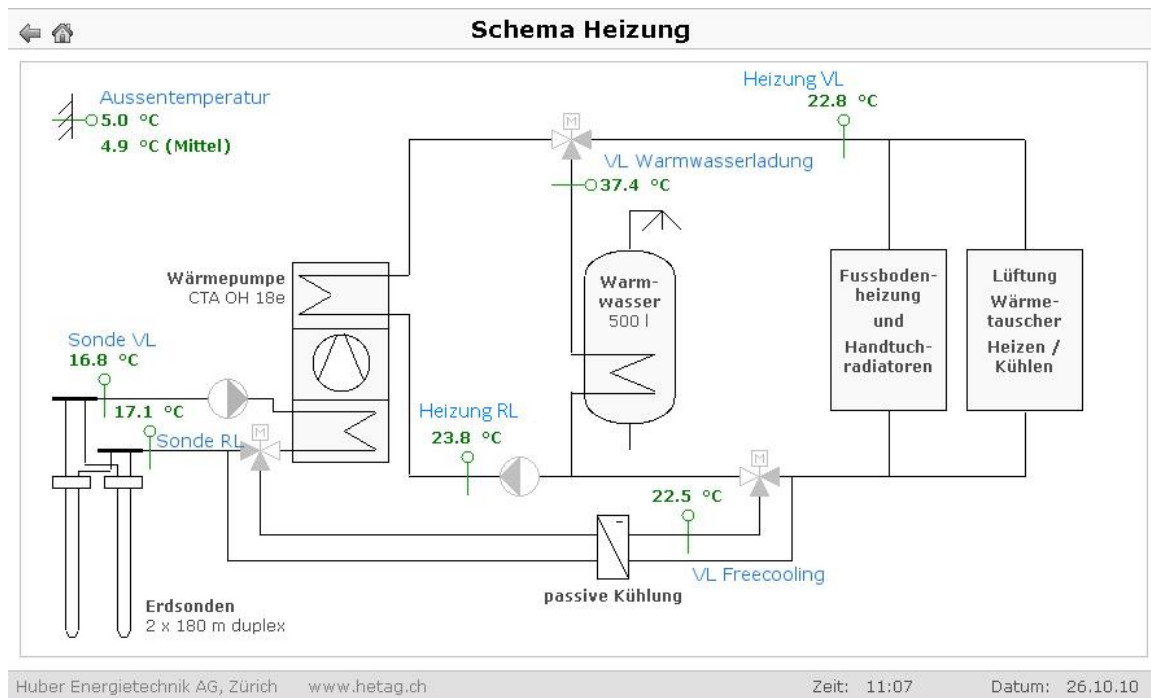


Abbildung 30 – Heizungsschema mit den Messpunkten

Der Elektrizitätsverbrauch der Wärmepumpe wurde durch einen Elektrozähler erfasst und betrug

- 2008: 8790 kWh
- 2009: 9400 kWh

Darin enthalten ist der Verbrauch für die Wärmepumpe (Raumwärme, Warmwasser, Freecooling) sowie die Erdsondenpumpe und die Heizungspumpe. Die Aufteilung des Verbrauchs auf die einzelnen Monate ist aus der Abbildung 31 ersichtlich.

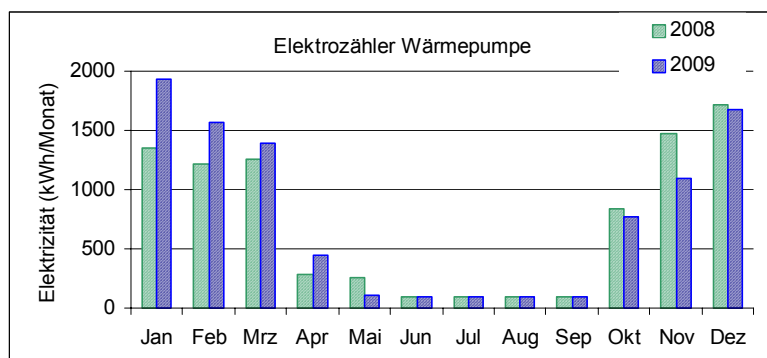
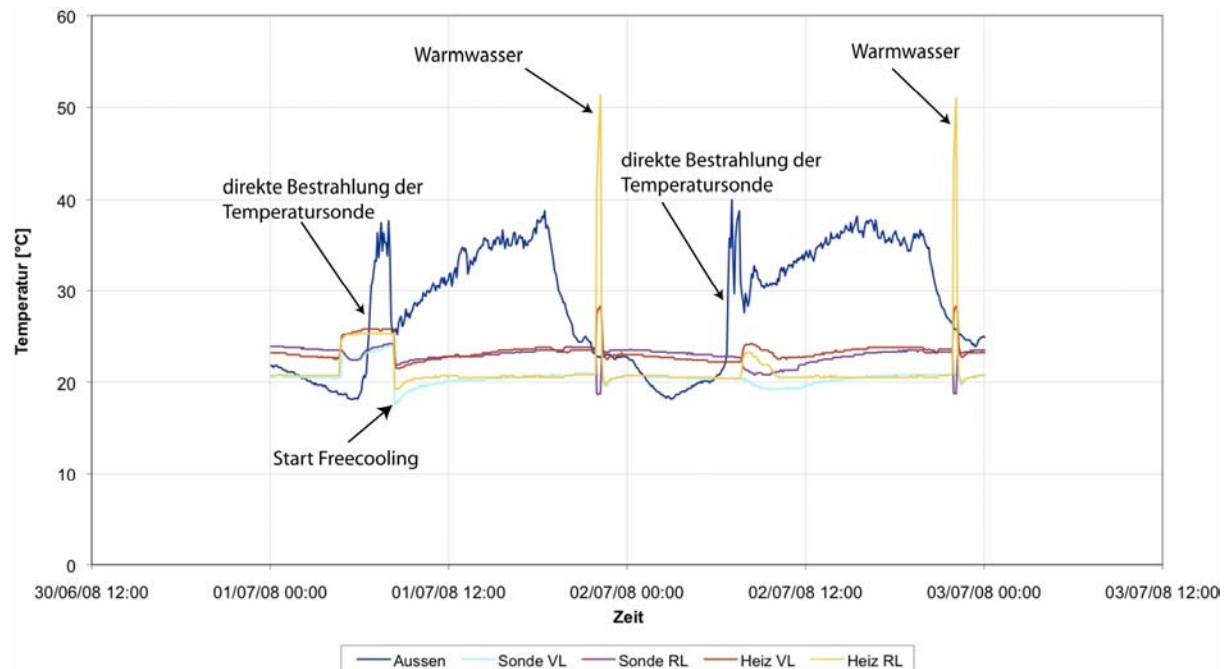


Abbildung 31 – Auswertung des Elektrozählers der Wärmepumpe

² Die Daten der SPS sind mit einem Gastzugang abrufbar unter www.netlogger.ch → Demo Anlagen

Heizung:

Sommermessung 2 Tage im Juli 2008



Die Aussentemperatur sinkt in der Nacht vom 1.7.2008 auf 18.2°C, der steile Anstieg am Morgen ist auf die direkte Bestrahlung des Temperatursensors zurückzuführen.

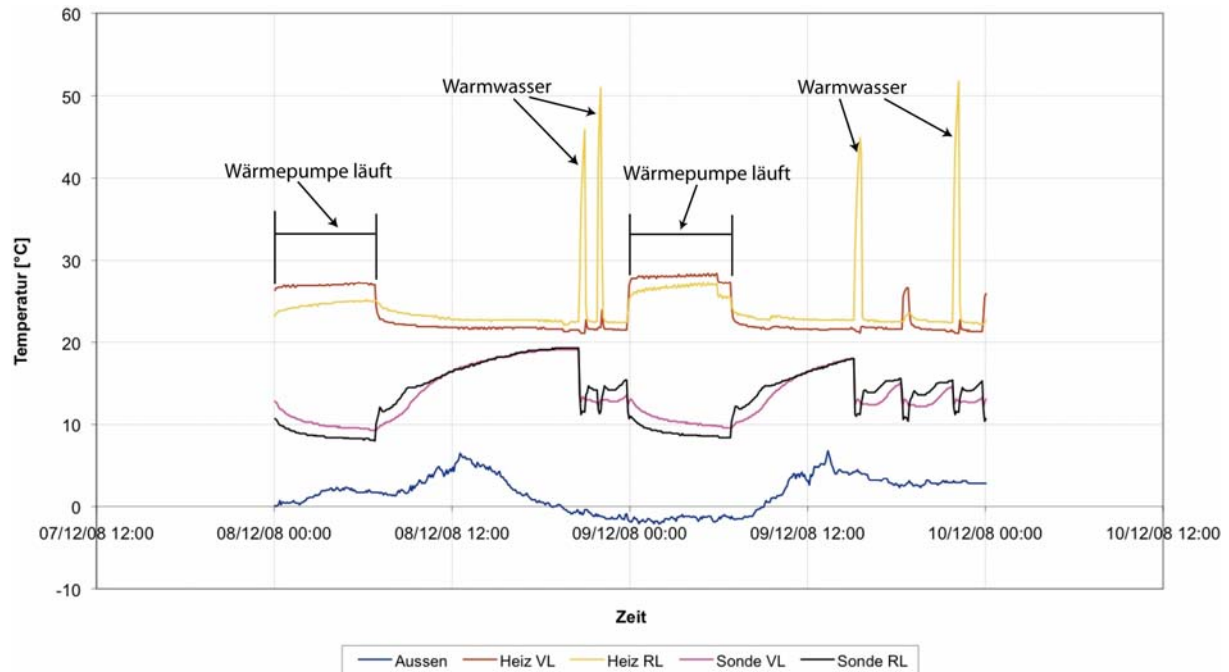
Das Freecooling mit der Fussbodenheizung wird am Morgen kurz vor 8:30 eingeschaltet. Die Vorlauftemperatur der Sonde steigt von 17.7° auf 21°C. Die Temperaturdifferenz des Sonden Vor- und Rücklaufs bewegen sich zwischen 1.5 bis 2.5K.

Der Wärmetauscher wurde mit einer Leistung von 25kW bei einer Temperatur von 18°/25°C (Heizverteilungsseite) ausgelegt.

Deutlich ist die Ladung des Warmwasserspeichers in der Grafik ersichtlich. Für die WW-Ladung im Sommer mit der Wärmepumpe wird bei einer Sonden-Vorlauftemperatur von ca. 20°C ein COP von ca. 5 erwartet.

Heizung:

Wintermessung 2 Tage im Dezember 2008



In der Messperiode wurde die Heizung um Mitternacht eingeschaltet und bleibt an beiden Tagen bis 06:45 eingeschaltet. Während des zweiten Tages wird die Heizung nochmals kurz den Betrieb aufnehmen. Die Wärmepumpe wird an beiden Tagen für die Warmwasseraufbereitung noch ca. 35 Minuten den Betrieb aufnehmen. Dies entspricht ca. 12kWh Wärmebezug für Warmwasser.

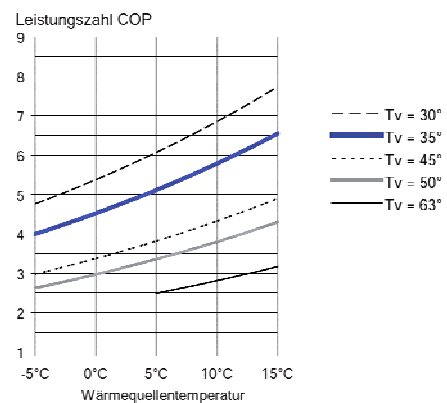
Die Vorlauftemperatur der Heizverteilung mit der Fussbodenheizung wird in der Heizphase mit einer Vorlauftemperatur von 26° bis 28°C betrieben.

Folgende Temperaturen wurden am 9.12.2008 um 02.00 Uhr gemessen:

Aussentemp.	-2°C
VL Sonde	10.7°C
RL Sonde	9.2°C
VL Heizung	28°C
RL Heizung	26.6°C

Gemäss dem Datenblatt des Herstellers weist die Wärmepumpe mit diesen Temperaturen folgende Leistung auf:

Heizleistung	25.6 kW
COP	ungefähr 7



6.2.2 Lüftung

Der Strombezug des Lüftungsgerätes wurde gemessen, ist aber aufgrund eines Fehlers nicht korrekt. Hingegen erlaubt die Messung, die Anzahl Betriebsstunden der Lüftung abzuschätzen. Die Lüftung ist in Betrieb von Montag bis Samstag, jeweils von 6.00 Uhr bis 20.00 Uhr, sowie an Sonn- und Feiertagen zwischen 6.00 Uhr und 7.00 Uhr.

Das Datenblatt des Lüftungsmonoblocks (Cesovent Minair 3000) weist eine maximale Leistungsaufnahme von 1900W aus. Es wurde angenommen, dass das Lüftungsgerät eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von 1000W hat. Somit beträgt der Stromverbrauch der Lüftung ungefähr 3'800 kWh pro Jahr.

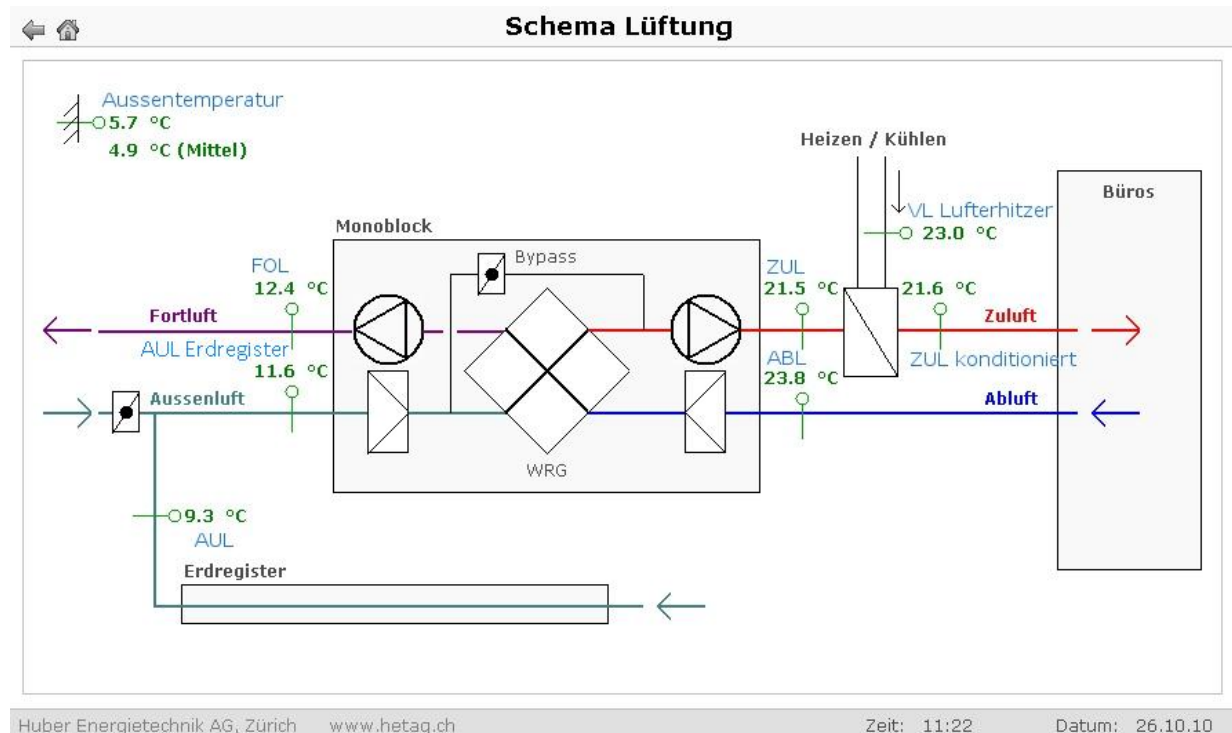


Abbildung 32 – Lüftungsschema mit den Messpunkten

Die Abbildung 32 zeigt die Messpunkte der Lüftung, die durch die SPS erfasst werden. Der abluftseitige Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftung beträgt mit den Zahlen aus Abbildung 32 ungefähr 93%³. Zu diesem Zeitpunkt war die Lüftung seit ungefähr 5 Stunden in Betrieb.

Lüftungsgerät Ruhezimmer

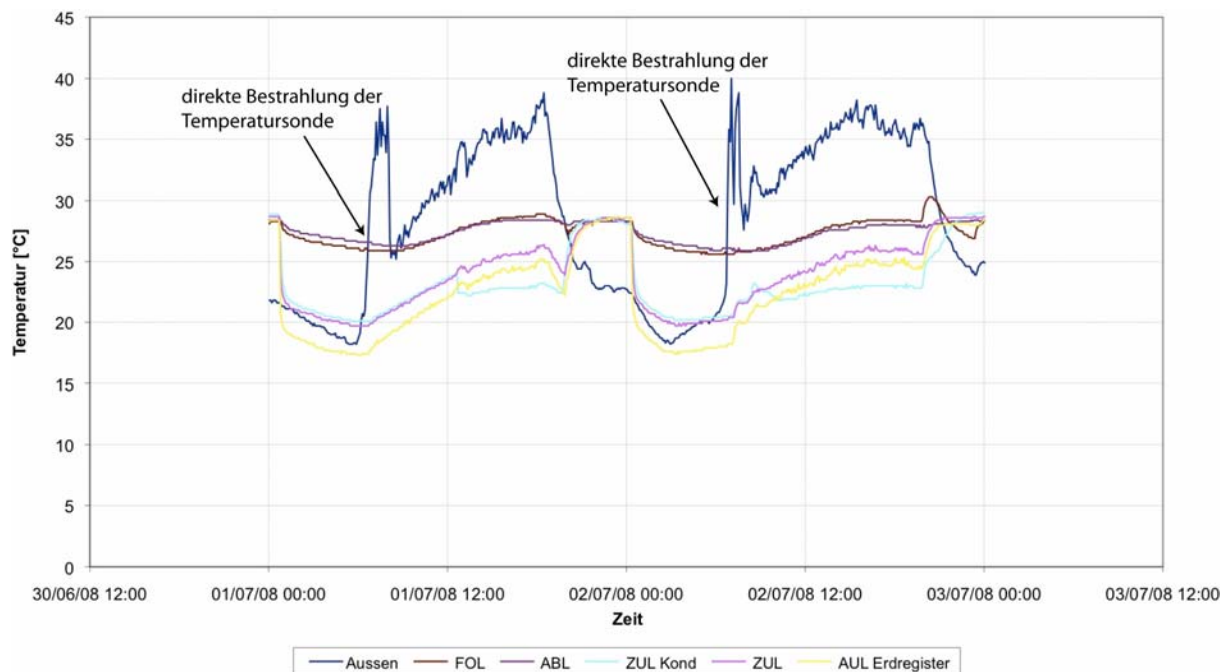
Das *Marché International Support Office* bietet drei Ruhezimmer an, in denen die Angestellten auch übernachten können. Diese drei Räume sind mit einem separaten Lüftungsgerät ausgestattet. Wenn die Räume nicht benutzt werden, wird jeweils am Morgen für 30 Minuten die Lüftung eingestellt. Bei Benützung der Zimmer kann das Gerät über Handtaster angestellt werden und wird dann mittels einem Timer wieder abgestellt.

Einzelmessungen dieses Lüftungsgerätes ergaben, dass dieses Gerät ungefähr 570 kWh/Jahr braucht.

³ WRG = (Temp. ABL – Temp. FOL)/(Temp. ABL – Temp. AUL) = (23.8°C – 12.4°C)/(23.8°C – 11.6°C) = 0.93

Lüftung:

Sommermessung 2 Tage im Juli 2008



Die Aussentemperatur sinkt in der Nacht vom 1.7.2008 auf 18.2°C, der steile Anstieg am Morgen ist mit der direkten Bestrahlung des Temperatursensors zurückzuführen.

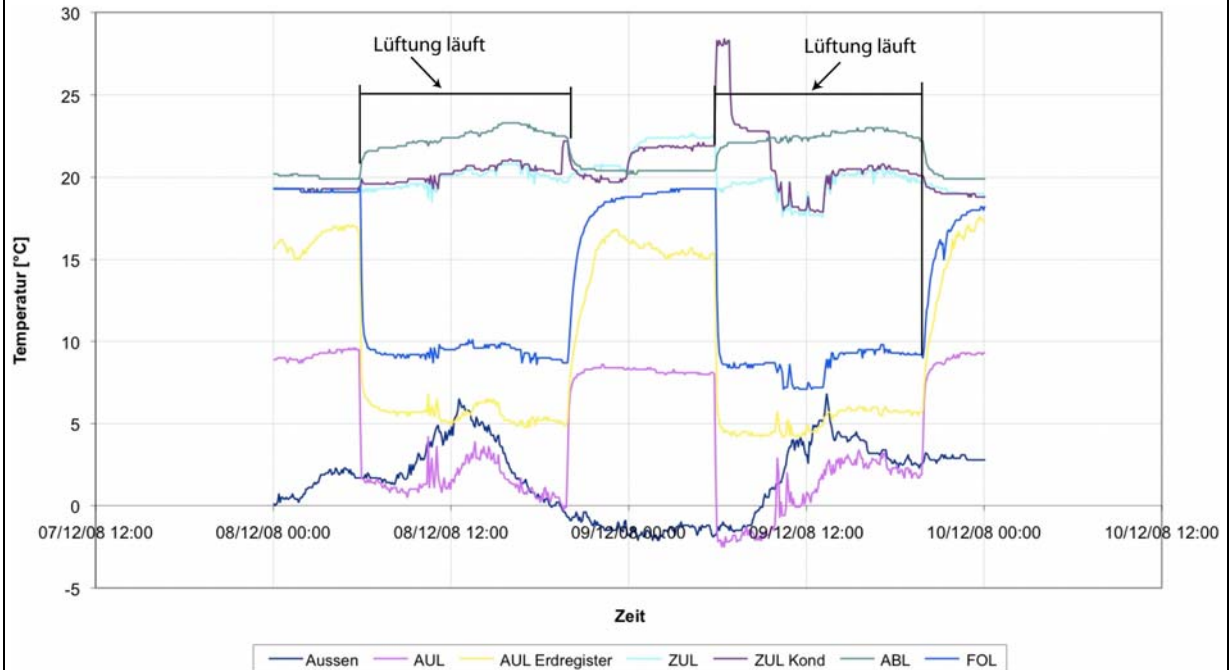
Die Lüftungsanlage ist während der Nacht ausgeschaltet. In der Messperiode wird die Temperatur der Aussenluft mit dem „Pseudo-Erdregister“ um 4 bis 8°C gesenkt.

Die Zuluft wird mit einem Luftwasser-Wärmetauscher nach dem Monoblock mit der „Kälte“ des Freecooling der Erdsonde konditioniert. Die Zuluft wird damit bei Aussentemperaturen über 30°C um ca. 3K gesenkt.

Die mittlere Raumtemperatur entspricht der Ablufttemperatur und beträgt in der Periode mit hohen Aussentemperaturen am Morgen 26°C und steigt bis um 17:00 auf um 2 Grad auf 28°C.

Lüftung:

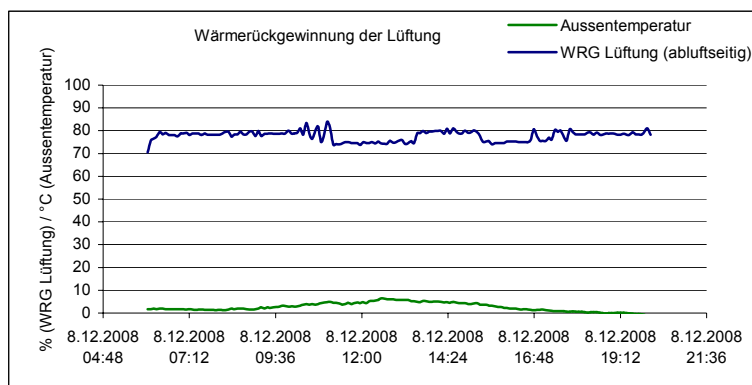
Wintermessung 2 Tage im Dezember 2008



Die mittlere Raumtemperatur an der Ablufttemperatur gemessen steigt vom Morgen von 21.6°C bis auf 23.3°C an.

In der Messperiode wird die Aussenluft mit dem „Pseudo-Erdregister“ um bis zu 5°C erhöht.

Der abluftseitige Wirkungsgrad des Lüftungsmonoblocks betrug am 8.12.2010 im Mittel 77.67% (von 06.00 Uhr bis 20.00 Uhr). Der Verlauf der WRG an jenem Datum ist aus unterstehender Grafik ersichtlich.



6.2.3 Befeuchtung

Die Befeuchtung wird durch 3 Pflanzenwände à je ungefähr 7 m² sichergestellt. Diese „Grünen Wände“ brauchen zu ihrem Betrieb Pumpenstrom (für den Wasserkreislauf) und eine geeignete Beleuchtung.

	Anzahl ①	P _{el} (W)	Verbrauch (kWh/Jahr) ③
Pumpe	1	60 – 80 ②	332
Beleuchtung	5 Leuchten pro Geschoss: 15 Stk.	15	1'068
Total:			1'400

① für alle 3 Wände zusammen

② Schätzung, da die Pumpe nicht zugänglich eingebaut ist

③ Annahmen: 365 Tage in Betrieb, 13 Stunden pro Tag

6.2.4 Hilfsbetriebe

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Hilfsbetriebe, die im *Marché International Support Office* in Betrieb sind. Die Erdsonden-Pumpe und die Heizungspumpe sind bereits im Elektrizitätsverbrauch der Wärmepumpe erfasst.

Tabelle 6 – Hilfsbetriebe im *Marché International Support Office*

	Leistung	Betriebsstunden	kWh/Jahr
Erdsonden-Pumpe (EMB TOP S30/10)	345W		
Zirkulationspumpe (UPS 25/80)	270W		
WC-Abluft-Ventilator	120W	365 Tage x 13 Stunden	570
Total:			570

6.2.5 Zusammenfassung

	Verbrauchswert		Planungswert
	Elektrizität (kWh/Jahr)	Elektrizität (kWh/m ² EBF im Jahr)	Elektrizität (kWh/Jahr)
Heizung (Q _{h,eff})	9095 kWh	6.0 kWh/m ²	2'719 kWh
Warmwasser (Q _{ww})			3345 kWh
Freecooling			2'750 kWh
Hilfsbetriebe			3'335 kWh
Lüftung: Bürobetrieb	3'800 kWh	2.5 kWh/m ²	3'638 kWh
Lüftung: Ruhezimmer	570 kWh	0.4 kWh/m ²	0
Befeuchtung	1'400 kWh	0.9 kWh/m ²	900 kWh
WC-Abluft-Ventilator	570 kWh	0.4 kWh/m ²	0
Total:	15'435 kWh	10.2 kWh/m²	16'687 kWh

6.3 Energieverbrauch des Bürobetriebes

Der gesamte Stromverbrauch für den Bürobetrieb beträgt insgesamt ungefähr 34'000 kWh/Jahr. Davon fließt etwa die Hälfte in die Bürogeräte (insbesondere Computer und Drucker). Die restlichen Verbrauchergruppen sind die Beleuchtung, die Cafeteria und die Zentralen Dienste (Abbildung 33). Die detaillierten Werte dieser Verbrauchsgruppe sowie Hinweise zur Berechnungsmethode finden sich auf der folgenden Seite.

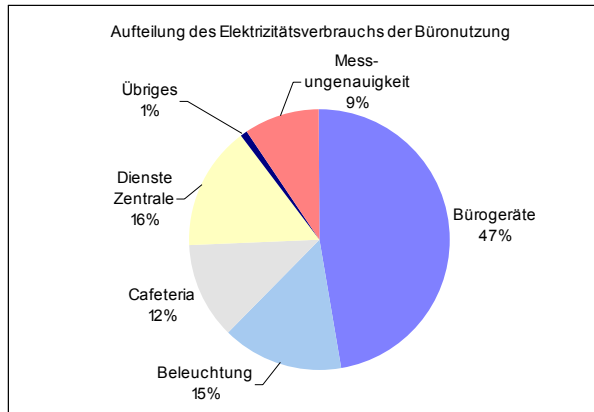


Abbildung 33 – Aufteilung des Verbrauchs des Bürobetriebes auf die Verbrauchergruppen

Der Vergleich dieses Verbrauchs mit dem Wert aus der Planungsphase zeigt, dass der Planungswert ungefähr eingehalten wird. Dies allerdings nur, wenn der Verbrauch der Cafeteria und vom „Übrigen“ ausgeklammert wird.

Tabelle 7 – Bürobetrieb: Vergleich von Planungswert und effektiven Werten

	EBF	Verbrauch (kWh/m ²)	Verbrauch (kWh/Jahr)
Planungsphase	1516	15.0	22'740
Bürobetrieb mit Cafeteria und Übrigem	1516	22.4	34'000
Bürobetrieb ohne Cafeteria und ohne Übriges	1516	19.2	29'150

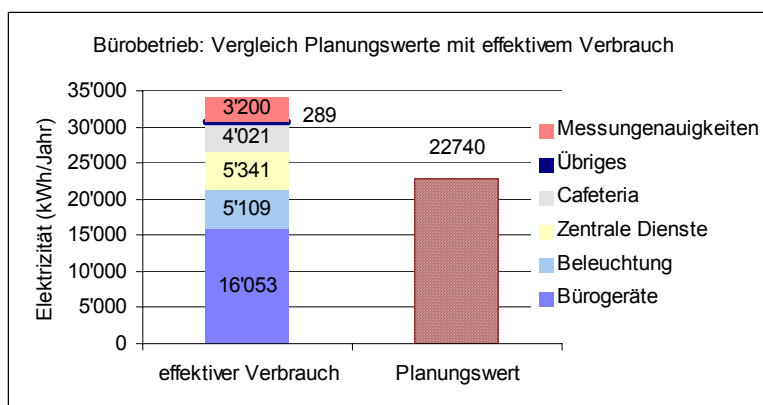


Abbildung 34 – Vergleich von Planungswerten mit effektivem Verbrauch

Elektrizitätsverbrauch Büronutzung

Bürogeräte	Stromverbrauch Marché				SIA 380/4	
	Anzahl	kWh/Jahr (pro Gerät)	kWh/Jahr (alle Geräte)	Quelle	kWh/Jahr	Tabelle Nr.
Xerox Workcenter Pro C 2636	3	918	2'754	1)		
Xerox Workcenter M20	6	363	2'178	1)	135	21
PC Desktop	31	270	8'370	1)	94	21
Kompletter Laptop-Arbeitsplatz	19	54	1'026	1)	26 *	21
Radio-Netzgeräte	6	12.5	75	4)	10	24
Diverse Elektrogeräte	?		1'500	6)		
Frankiergerät	1	150	150	4)		
		Total	16'053		* nur Laptop	

Beleuchtung	Anzahl	Stromverbrauch Marché		Quelle
		kWh/Jahr (pro Leuchte)	kWh/Jahr (alle Leuchten)	
Stehleuchte Regent	27	93	2'511	1)
Arbeitsplatz-Leuchten	15	27	405	4)
Beleuchtung Haupttreppenhaus	3	185.7	557	2)
Beleuchtung Nebentreppenhaus	3	42	126	4)
Leuchten Durchgangsbereich	12	58.5	702	4)
Beleuchtung Ruheräume	6	3.7	22	4)
Beleuchtung Putzraum	1	20	20	4)
Pflanzenbeleuchtung Treppenhaus	3	255.7	767	4)
		Total	5'110	

Cafeteria	Anzahl	Stromverbrauch Marché		Quelle
		kWh/Jahr (pro Gerät)	kWh/Jahr (alle Geräte)	
Kaffeemaschine	2	489.5	979	1)
Gastro-Geschirrspüler	1	2'480	2'480	2)
Soda-Wasserspender (KWC)	1	361	361	1)
Kühlschrank	1	200	200	3)
		Total	4'020	

Zentrale Dienste (EDV-Dienste sind extern!)	Anzahl	Stromverbrauch Marché		Quelle
		kWh/Jahr (pro Gerät)	kWh/Jahr (alle Geräte)	
USV-Anlage (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)	1		2'460	1)
Telefonzentrale (Siemens HiPath 3800) und 50 Telefone	1		1'297	5)
Splitgerät Telefonzentrale	1		1'584	4)
		Total	5'341	

Übriges	Anzahl	Stromverbrauch Marché		Quelle
		kWh/Jahr (pro Gerät)	kWh/Jahr (alle Geräte)	
Brunnenpumpe (im Aussenbereich)	1	158	158	4)
Aussenbeleuchtung	4	32.8	131	4)
		Total	246	

Quellen:

- 1) Einzelmessung mit Messgerät EMU während einer typischen Zeitperiode (z.B. während einer durchschnittlichen Woche), dann Hochrechnung über Anzahl Betriebstage auf ein Jahr
- 2) Einzelmessung mit Messgerät Fluke 1743 Datenlogger während einer typischen Zeitperiode (z.B. während einer durchschnittlichen Woche), dann Hochrechnung auf ein Jahr.
- 3) A++-Gerät gemäss www.topten.ch
- 4) Annahmen über die installierte Leistung, dann Hochrechnung über die Anzahl Betriebsstunden auf ein Jahr
- 5) Hochrechnung gemäss den Angaben von Siemens
- 6) Schätzung

Ein Excel mit der Berechnung dieser Werte findet sich im Anhang V.

6.4 Gemessener Ertrag der PV-Anlage

Wie die Abbildung 35 zeigt, entspricht der Ertrag der PV-Anlage den Werten, die in der Simulation prognostiziert wurden: 2008 lag der Ertrag etwas darüber, 2009 leicht darunter. Der Jahresverlauf des Ertrages ist aus Abbildung 36 ersichtlich.

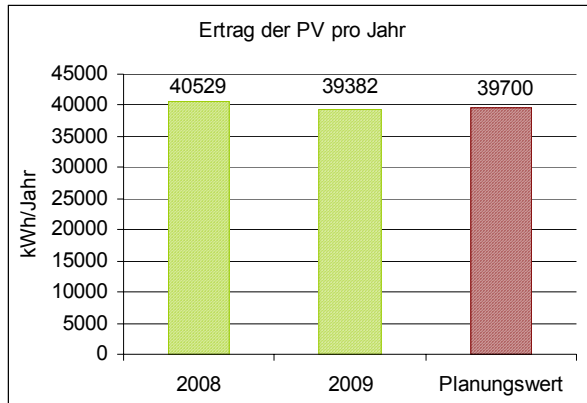


Abbildung 35 – Ertrag der PV-Anlage 2008/2009 und Vergleich mit dem Planungswert

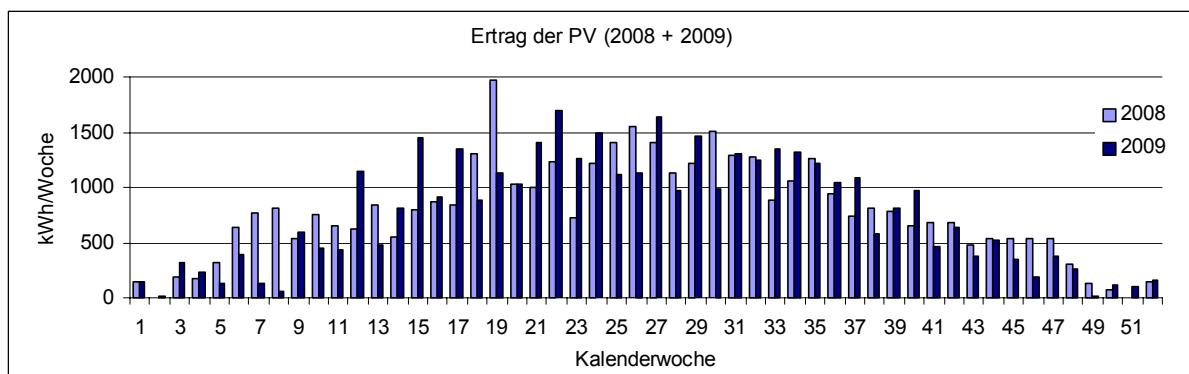


Abbildung 36 – Ertrag der PV-Anlage im Jahresverlauf

Der Ertrag der Anlage weist sehr unterschiedliche Tagesgänge auf, wie die drei folgenden Messungen der Leistung zeigen.

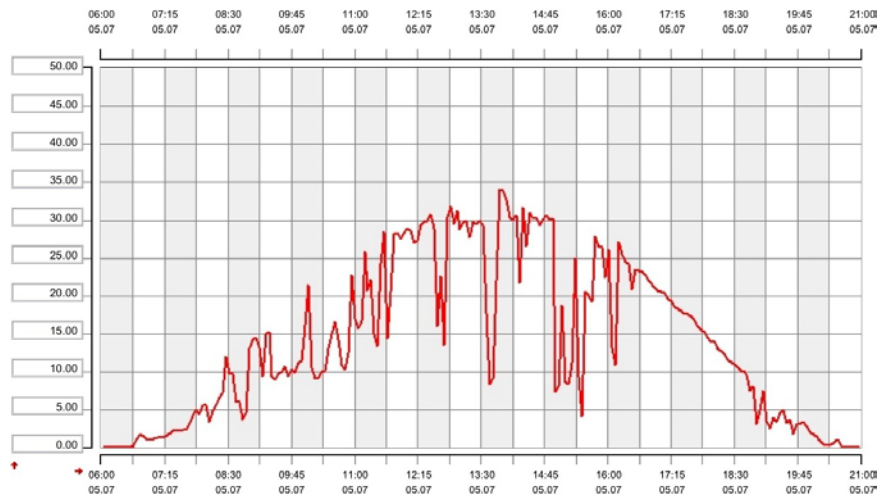


Abbildung 37 – Tagesgang vom 5. Juli 2010: bewölkter Tag, maximale Leistung 34.15kW

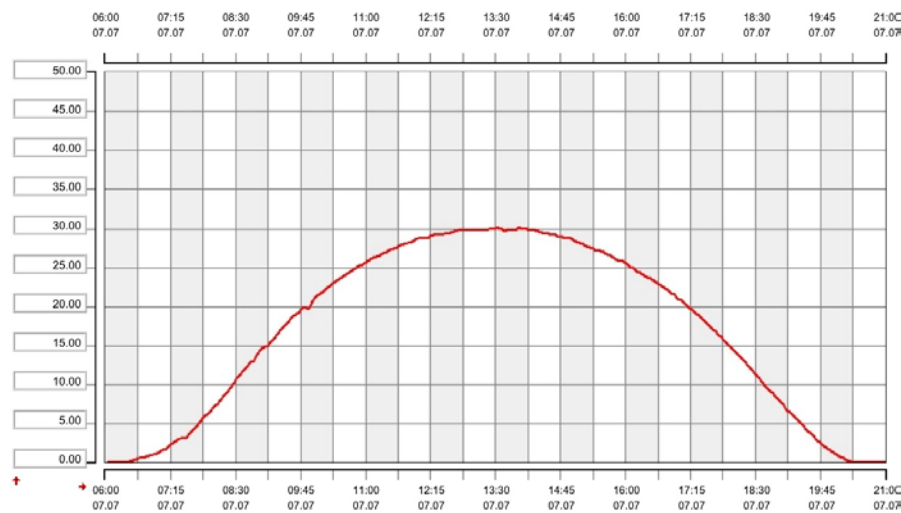


Abbildung 38 – Tagesgang vom 7. Juli 2010: wolkenloser Tag, maximale Leistung 30.25kW

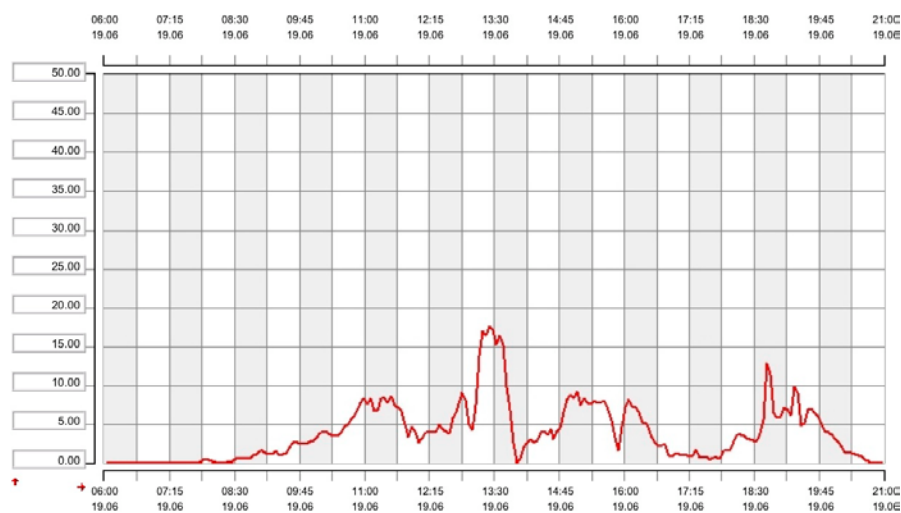


Abbildung 39 – Tagesgang vom 19. Juni 2010: ein schlechter Tag für die PV-Anlage, maximale Leistung 18.21kW

7. Empfehlungen

7.1 Optimierungsmassnahmen

Sowohl in der Gebäudetechnik wie auch im Bürobetrieb sind Optimierungsmassnahmen möglich.

Gebäudetechnik

- Der Einsatz von effizienteren Pumpen (A-Klasse-Pumpen) würde die JAZ der ES-WP erhöhen.
- Es fällt auf, dass die Wärmepumpe jeweils um Mitternacht für einige Stunden zu heizen beginnt. Dies wird entweder durch den Regler der CTA-Wärmepumpe so geregelt oder das Elektrizitätswerk des Kanton Zürich EKZ gibt nur dann die Wärmepumpe frei, wenn billiger Nachtstrom erhältlich ist. Obwohl das Gebäude die Wärme zu halten vermag, stellt sich die Frage, ob diese Regelung aus energetischer Sicht sinnvoll ist.

Büronutzung:

- Eine Messung der Grundlast wäre sinnvoll um den Standby-Verbrauch während der Nacht abzuschätzen. Damit wäre die Grundlage gegeben, den Standby-Verbrauch zu reduzieren.
- Die Betreiberin des Gebäudes achtet bei der Beschaffung von elektronischen Geräten auf deren Effizienz. Dabei sollte nicht vergessen gehen, dass auch die Schulung der Mitarbeitenden bezüglich energieeffizientem Verhalten am Arbeitsplatz nicht vergessen werden darf.
- Eine Anzeigetafel im Eingangsbereich ist empfehlenswert um aufzuzeigen, wieviel Elektrizität im Gebäude momentan verbraucht wird und wieviel die PV-Anlage liefert. Dies würde die Mitarbeitenden für energiesparendes Verhalten motivieren.

7.2 Was sollte bei der Planung von vergleichbaren Objekten berücksichtigt werden?

Die Projektierung von energieeffizienten Bürogebäuden ist unter Umständen mit einigen Unwägbarkeiten verbunden. Einige Erfahrungen, die in diesem Projekt gemacht wurden, können verallgemeinert werden für die Planung von ähnlichen Gebäuden.

7.2.1 Mit steigendem Elektrizitätsverbrauch in der Zukunft rechnen

Bei der Planung von einem Nullenergie-Bürogebäude sollte davon ausgegangen werden, dass der zukünftige Elektrizitätsverbrauch eher steigen als sinken wird. Eine Variante könnte sein, dass bei allen Elektrizitätsverbrauchern beispielsweise 10% dazugeschlagen werden, um damit zukünftige Verbrauchserhöhungen abdecken zu können. Dies kann nötig sein insbesondere aus folgenden zwei Gründen:

1. **Nutzungen sind nur unklar definiert während der Planungsphase**
Beim *Marché International Support Office* hat sich gezeigt, dass in der Planungsphase oft die Bedürfnisse des Eigentümers noch nicht ausformuliert sind und sich daher die genaue Nutzung und Ausstattung nur schwer definieren lässt. So wurde beispielsweise in der Planungsphase davon ausgegangen, dass nur eine Kaffeemaschine und ein normaler Haushalts-Geschirrspüler in der Cafeteria stehen werden. Während der Bauphase wurde dann aber entschieden, dass zwei Kaffeemaschinen und ein Gastro-Geschirrspüler eingesetzt werden.
2. **Steigender Elektrizitätsverbrauch der Büronutzung**
Der Elektrizitätsverbrauch von Bürogebäuden ist stark abhängig vom Grad der Lüftung und Klimatisierung, der Befeuchtung und der Ausstattung mit Servern [5]. Die Lüftung und Klimatisierung sowie die Befeuchtung lassen sich in der Planungsphase gut abschätzen. Hingegen tendiert der Ausrüstungsgrad mit Servern dazu, über die Jahre zuzunehmen.

Ferner lässt sich fragen, inwiefern die Einsparungen durch effizientere Bürogeräte wie Computer durch deren zunehmende Anzahl und Leistungsfähigkeit kompensiert werden. Falls dies der Fall ist, ist es nicht nur wegen den zunehmenden Serverleistungen sinnvoll von einem steigenden Verbrauch auszugehen, sondern auch wegen den einzelnen Büroarbeitsplätzen.

7.2.2 Regler der einzelnen Komponenten

Ein Energiemanagement mit übergeordneter SPS als Energie-Manager ist darauf angewiesen, dass die einzelnen Haustechnikgeräte eine passende Schnittstelle aufweisen. Im Falle des Marché-Gebäudes hat sowohl die Wärmepumpe wie auch die Lüftung einen eigenen Regler. Die Wärmepumpe besitzt einen Siemensregler, der sich nicht durch die SPS ansteuern lässt, da er keine Schnittstelle dazu besitzt. Die Frage, wie man die unterschiedlichen Komponenten in ein Gesamtsystem integriert, sollte vorgängig genau durchdacht werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Baumgartner Andreas, Menti Urs-Peter, Sigg René, Besser Uta. **Energie-Monitoring Gebäude und Gebäude-Energiepass**. Vorstudie. September 2004. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- [2] Website <http://www.energie.ch/themen/industrie/infel/buerogebaeude.htm> (Stand 3.11.2010)
- [3] Weber Lukas. **Bestimmungsgrößen des Stromverbrauchs in Bürogebäuden**. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), ETH Zürich
Artikel erschienen im Bulletin SEV/VSE 3/01 (<http://www.electrosuisse.ch/display.cfm?id=115875>)
- [4] Erb Markus, Hubacher Peter, Ehrbar Max. **Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996 – 2003**. F&E-Programm Umgebungswärme, Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung. Schlussbericht, Oktober 2004. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- [5] Bundesamt für Energie. **Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern. Erhebung des Strom- und Wärmeverbrauchs, der Verbrauchsanteile, der Entwicklung in den letzten 10 Jahren und Identifizierung der Optimierungspotenziale**. Januar 2010.

Anhang

- I Wärmebilder
- II Prinzipschema Heizung
- III Prinzipschema Lüftung
- IV Simulation Ertrag PV-Anlage
- V Excel mit Hochrechnungen Elektrizitätsverbrauch Bürobetrieb

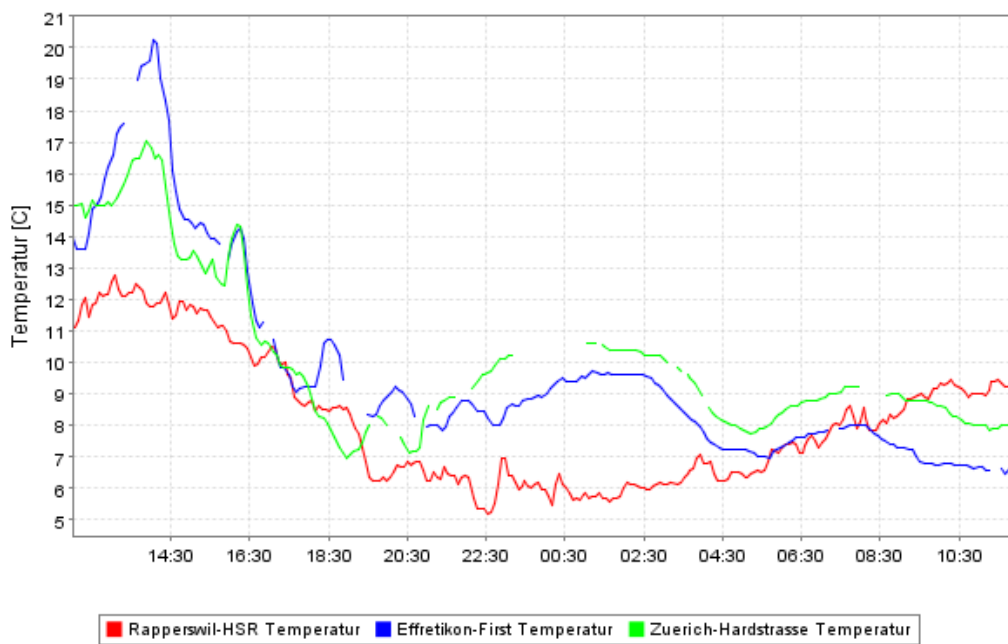
Infrarot-Kurzbericht

Bürogebäude Marché International, Kempththal

Aufnahmedatum: 26.11.2009

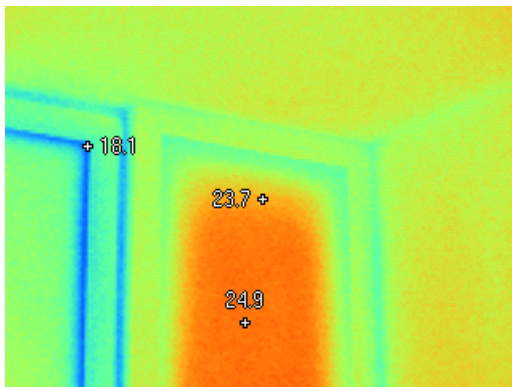
Aussentemperatur: ca. 8°C

Wärmebildkamera: Fluke TiR1



Temperaturverlauf von 3 Messstationen vom 25.11.2009 um 12:00 bis am 26.11.2009 um 12:00

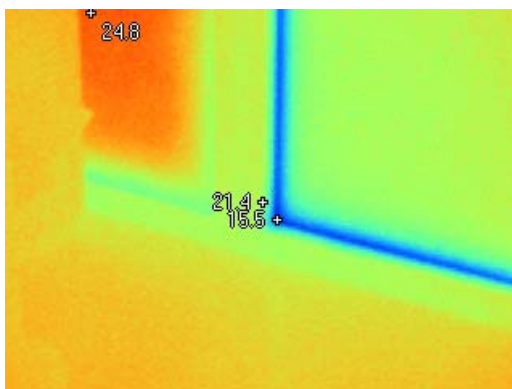
Die Wärmebilder werden nachfolgend nicht kommentiert, sondern sind als Ausgangslage für weitere Abklärungen durch einen Experten gedacht. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass jedes Bild eine eigene Temperaturskalierung aufweist.



IR004579.IS2
26.11.2009 07:50:08



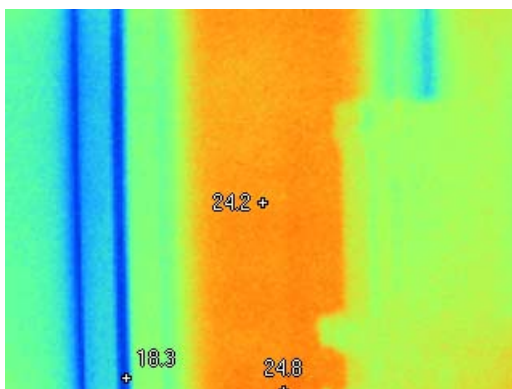
IR004579.IS2



IR004580.IS2
26.11.2009 07:50:21



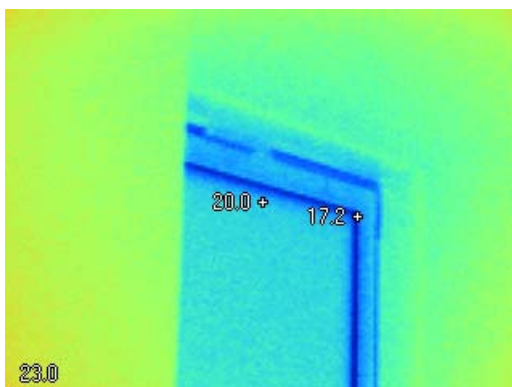
IR004580.IS2



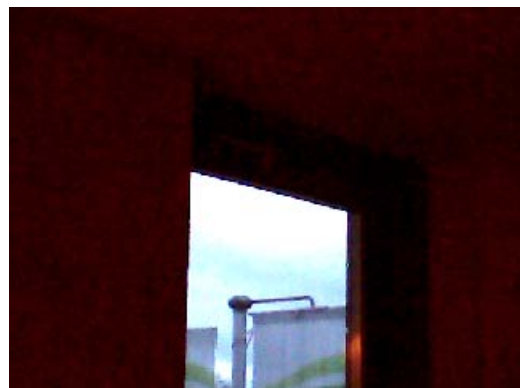
IR004581.IS2
26.11.2009 07:50:48



IR004581.IS2



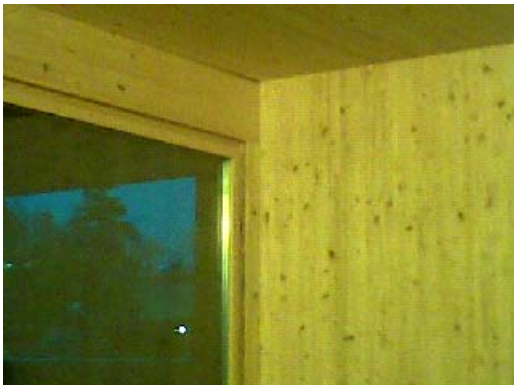
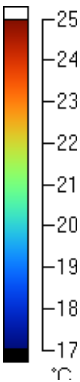
IR004582.IS2
26.11.2009 07:51:08



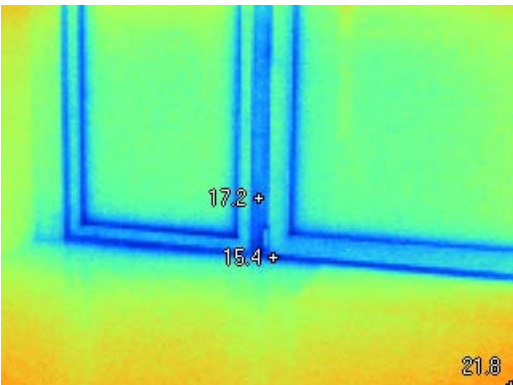
IR004582.IS2



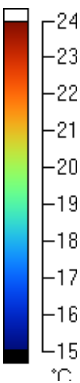
IR004583.IS2
26.11.2009 07:51:34



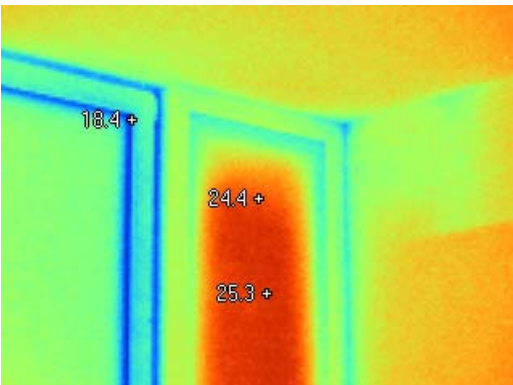
IR004583.IS2



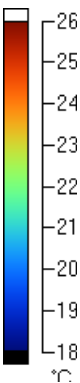
IR004584.IS2
26.11.2009 07:51:52



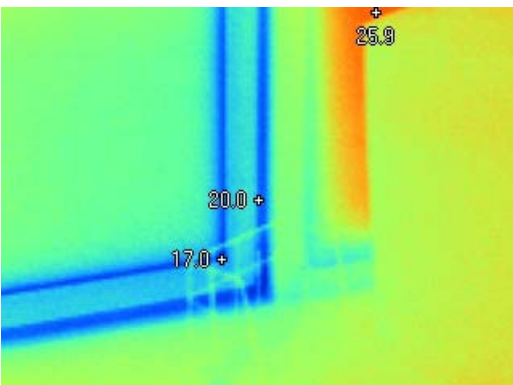
IR004584.IS2



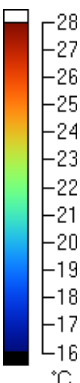
IR004585.IS2
26.11.2009 07:52:22



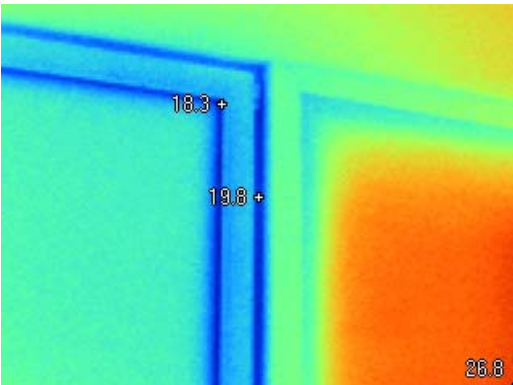
IR004585.IS2



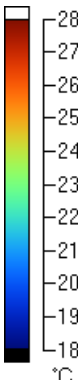
IR004586.IS2
26.11.2009 07:52:47



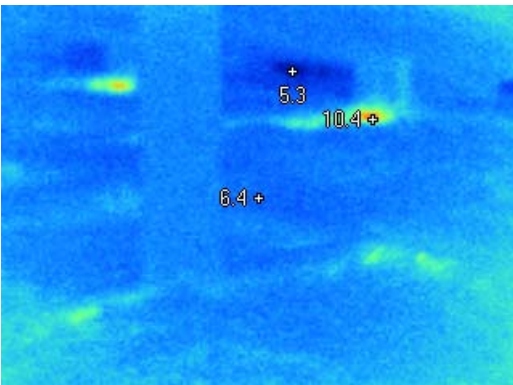
IR004586.IS2



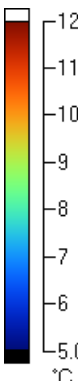
IR004587.IS2
26.11.2009 07:53:00



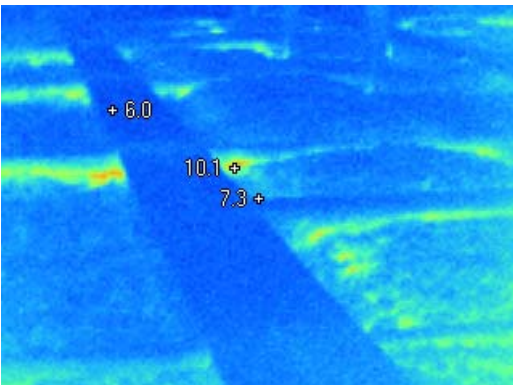
IR004587.IS2



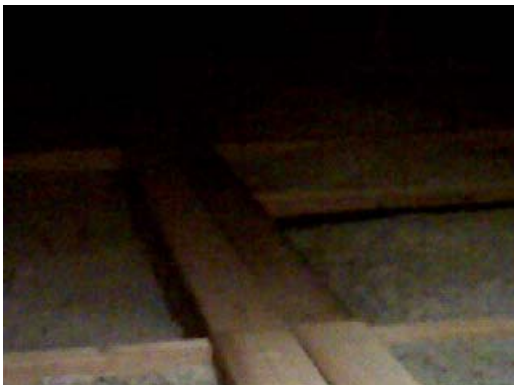
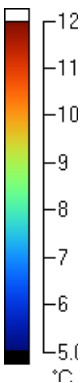
IR004588.IS2
26.11.2009 07:54:22



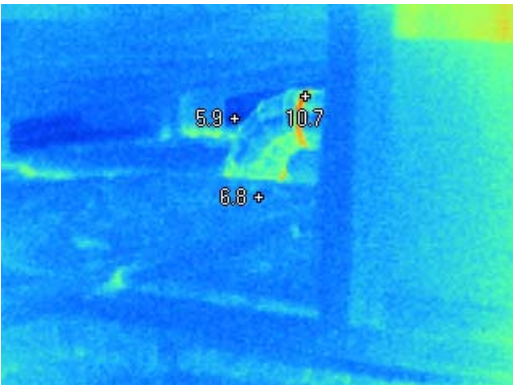
IR004588.IS2



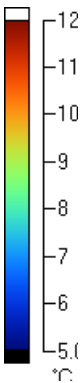
IR004589.IS2
26.11.2009 07:54:32



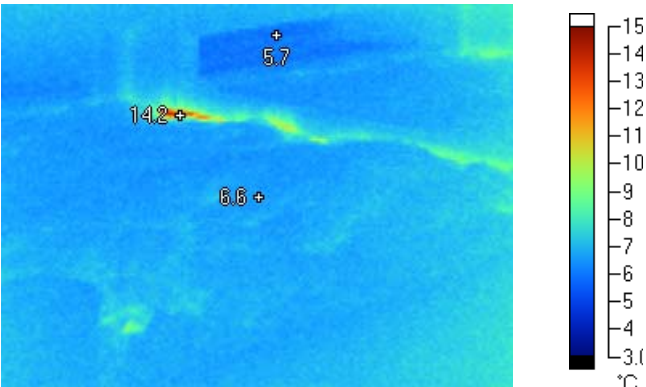
IR004589.IS2



IR004590.IS2
26.11.2009 07:55:02



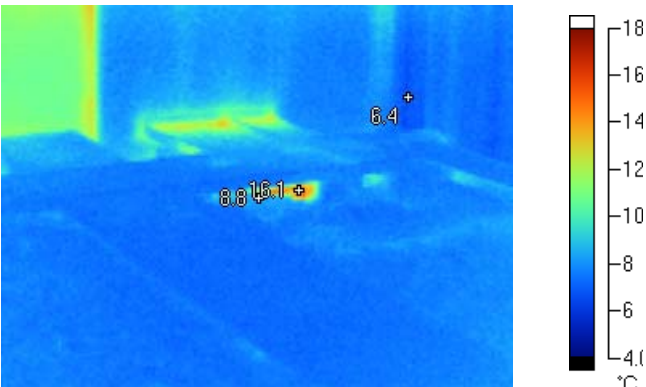
IR004590.IS2



IR004591.IS2
26.11.2009 07:55:23



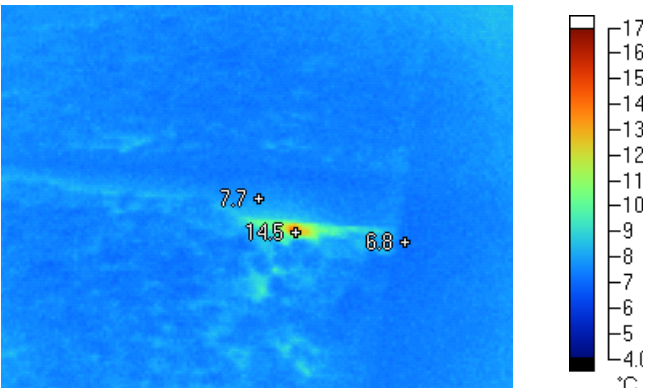
IR004591.IS2



IR004592.IS2
26.11.2009 07:55:40



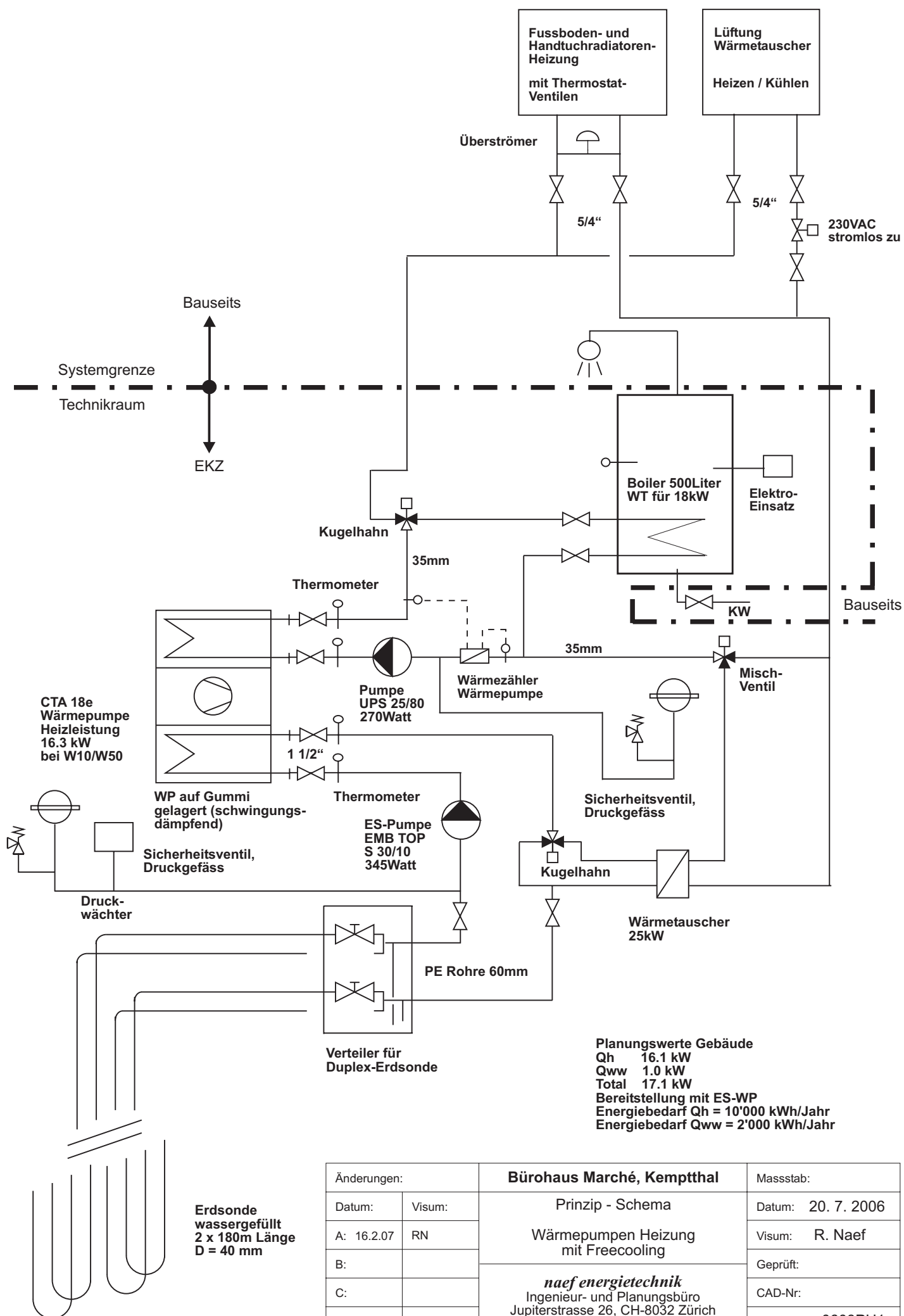
IR004592.IS2



IR004593.IS2
26.11.2009 07:56:07

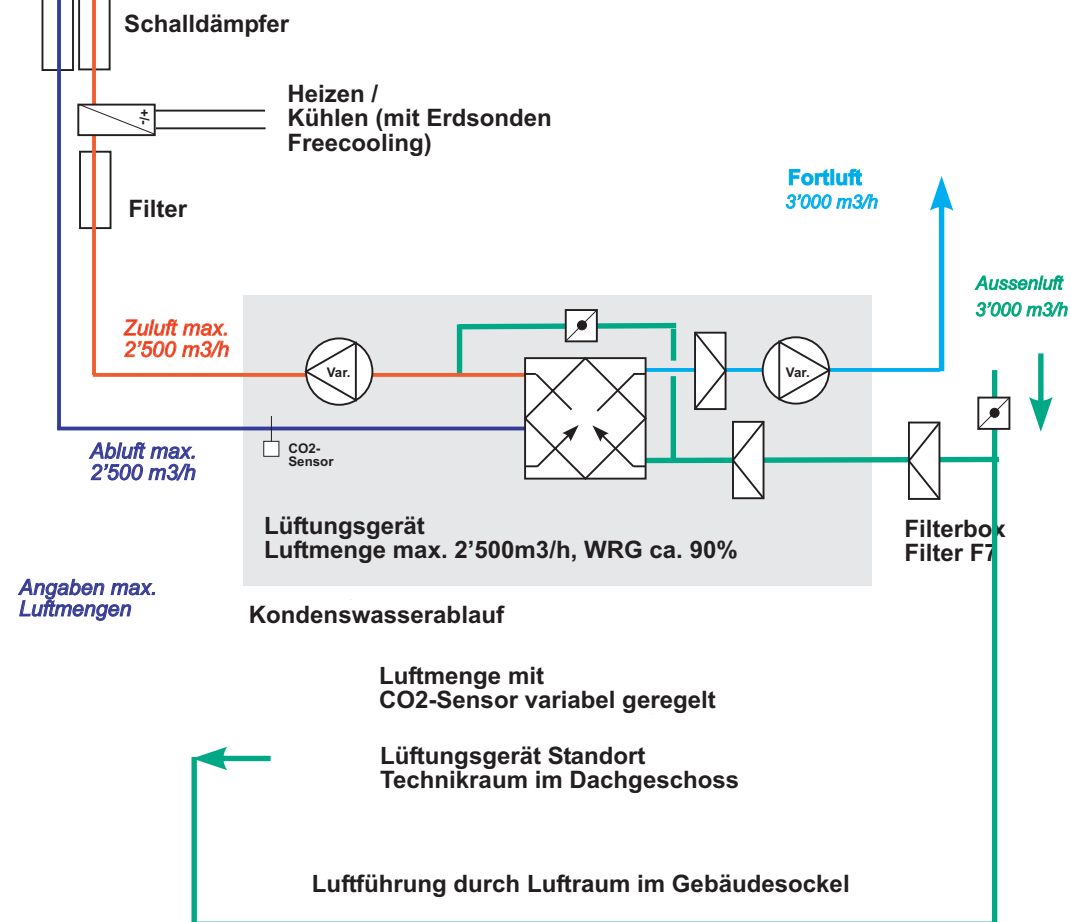
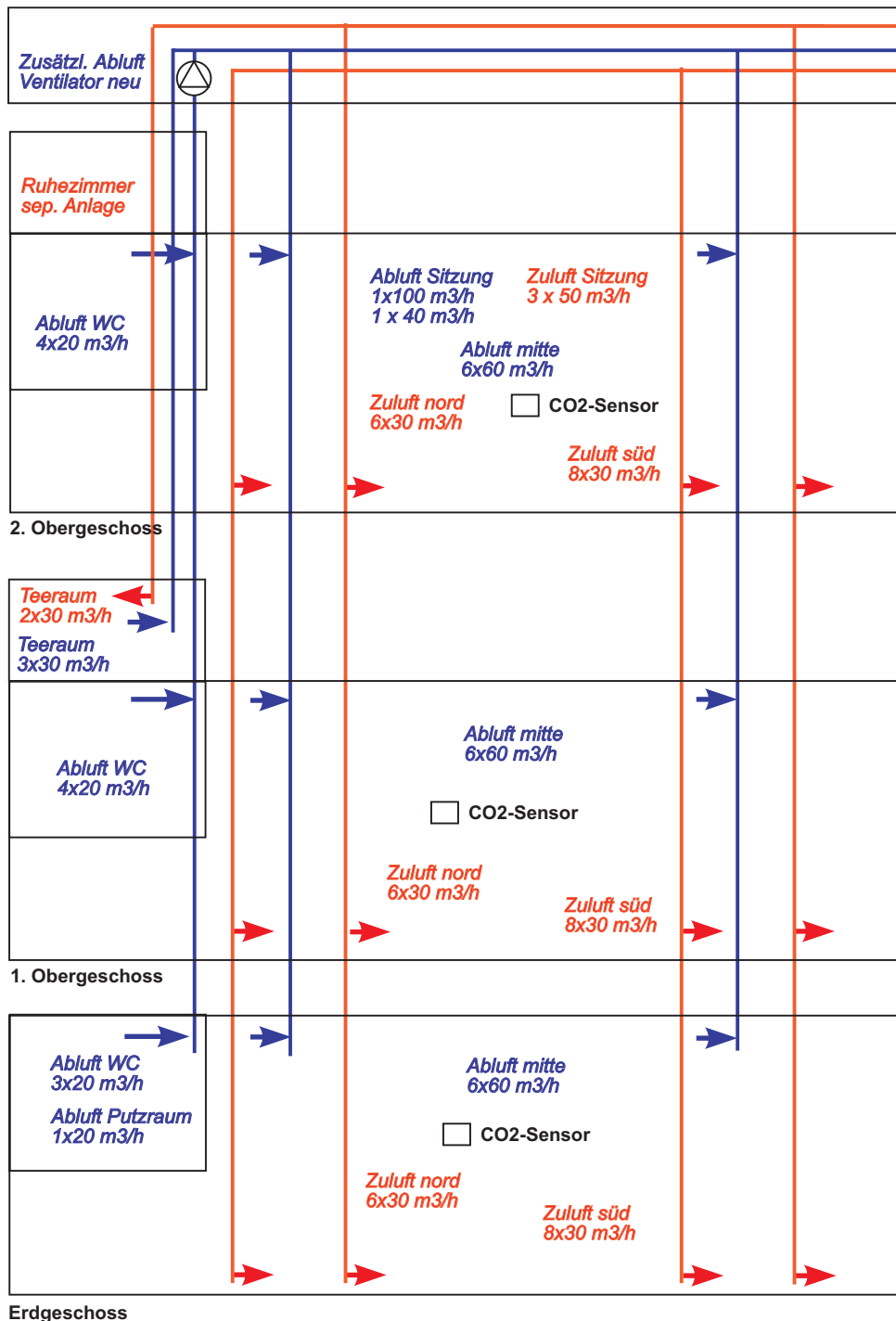


IR004593.IS2

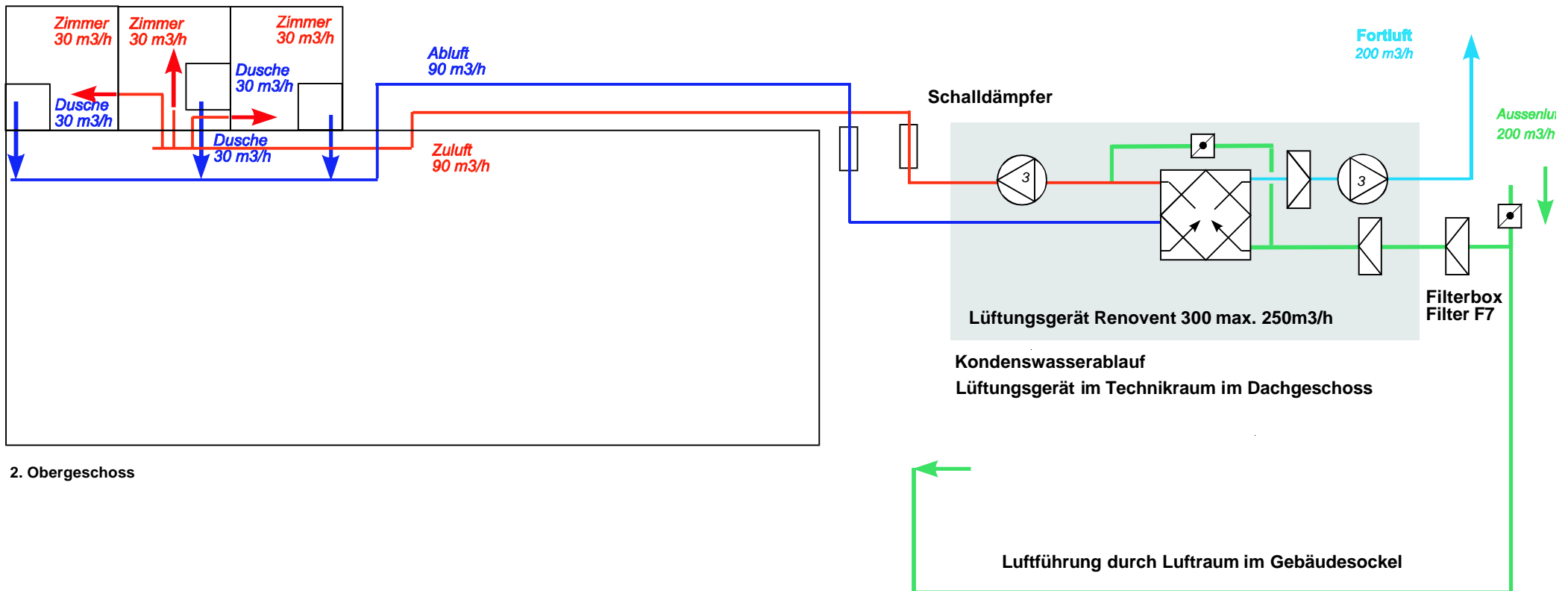


Änderungen:		Bürohaus Marché, Kempththal	Massstab:
Datum:	Visum:	Prinzip - Schema	Datum: 20. 7. 2006
A: 16.2.07	RN	Wärmepumpen Heizung mit Freecooling	Visum: R. Naef
B:		naef energietechnik Ingenieur- und Planungsbüro Jupiterstrasse 26, CH-8032 Zürich Tel: 044 380 36 88, Fax: 044 422 79 53	Geprüft:
C:			CAD-Nr:
D:			Zeichn.Nr: 0603PH1

Boden Dachgeschoss



Änderungen:		Bürohaus Marché Kempththal	Massstab:	
Datum:	Visum:		Datum: 3. 8. 2006	
A: 12.8.06	R. Naef	Komfort-Lüftungsanlage Büro	Visum: R. Naef	
B: 20.3.07	R. Naef		Geprüft:	
C:		naef energietechnik Ingenieur- und Planungsbüro Jupiterstrasse 26, CH-8032 Zürich Tel: 044 380 36 88, Fax: 044 422 79 53	CAD-Nr:	
D:			Zeichn.Nr: 315-2006PLA2	



Änderungen:		Bürohaus Marché Kempththal	Massstab:	
Datum:	Visum:		Datum: 3. 8. 2006	
A: 12.8.06	R. Naef	Komfort-Lüftungsanlage Ruhezimmer	Visum: R. Naef	
B:			Geprüft:	
C:		naef energietechnik Ingenieur- und Planungsbüro Jupiterstrasse 26, CH-8032 Zürich Tel: 044 380 36 88, Fax: 044 422 79 53	CAD-Nr:	
D:			Zeichn.Nr: 315-2006PLB2	

PVSYST V3.41	SunTechnics Fabrisolar AG				16/02/07	Page 1/2
Untere Heslibachstrasse 39 - 8700 Küsnacht - Switzerland						
Grid-connected PV system: Simulation parameters						
Project :		Moevenpick,Kempthal				
Geographical site :		Zürich		Country	Switzerland	
Situation :		Latitude	47.2°N	Longitude	8.3°E	
Time defined as :		Legal time	Time zone = 1	Altitude	413 m	
		Albedo	0.20			
Meteo data :		Winterthur Meteonorm SYN File				
Simulation variant :		660 FS 67,5				
		Simulation date	16/02/07 10h08			
Simulation parameters :						
Collector Plane orientation		Tilt	12°	Azimuth	0°	
Horizon		Free horizon				
Near shadings		No Shadings				
PV array characteristics :						
PV module:		CdTe	Module name	FS-67		
			Manufacturer	First solar		
Number of PV modules :			in serie	10 modules	in parallel	66 strings
Total number of PV modules :			Nb. modules	660	unit nom. power	68 Wp
Array global power			Nominal (STC)	45 kWp	At oper. cond.	41 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)			U mpp	609 V	I mpp	68 A
Total area			Module area	475 m²	Cell area	0.0 m²
PV array loss factors :						
Heat Loss Factor		k (const)	29.0 W/m²K	k (wind)	0.0 W/m²K / m/s	
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s)				NOCT	45 °C	
Wiring ohmic losses		Global field res.	14.3 mOhm	Loss fraction	0.1 % at STC	
Serie diode loss		Voltage drop	0.0 V	Loss fraction	0.0 % at STC	
Module quality losses				Loss fraction	5.0 %	
Module mismatch losses				Loss fraction	5.0 % at mpp	
Incidence effect: "Ashrae" parametrization		IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo	0.05	
System parameter:		System type	Grid-connected			
Inverter		Model	IPG 40K			
		Manufacturer	Conergy			
Inverter characteristics		Operating voltage	493-772 V	Unit nom. power	36 kW AC	
User's needs :		Unlimited load (grid)				

Untere Heslibachstrasse 39 - 8700 Küsnacht - Switzerland

Grid-connected PV system: Main results

Project : Moevenpick,Kempthal

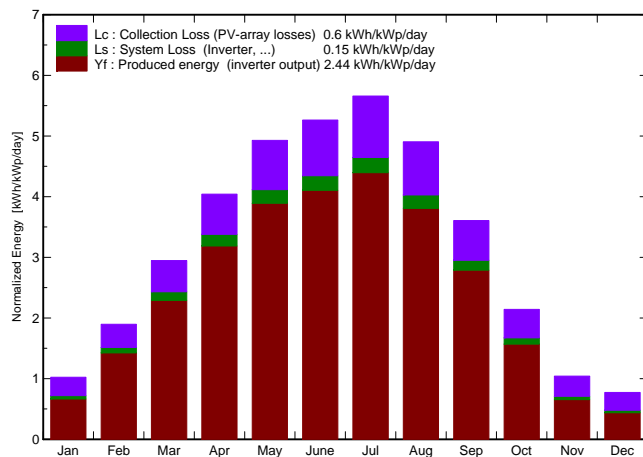
Simulation variant : 660 FS 67,5

Main system parameters	System type	Grid-connected
PV field orientation	Tilt	12°
PV modules	Model	FS-67
PV array	Nb of modules	660
Inverter	Model	IPG 40K
User's needs	Unlimited load (grid)	
	Azimet	0°
	Pnom	68 Wp
	Pnom total	45 kWp
	Pnom	36 kWp ac

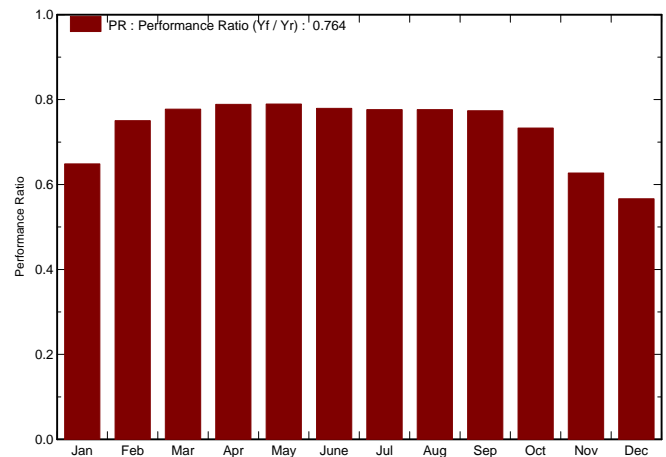
Main simulation results

System production	Total	39.7 MWh/year	Specific	891 kWh/kWp/year
	Performance ratio PR	76.4 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 45 kWp



Performance Ratio



660 FS 67,5

Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	EOutInv	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	26.7	-0.18	31.8	30.2	993	918	6.58	6.08
February	45.2	0.17	53.1	50.7	1890	1775	7.49	7.04
March	82.4	4.80	91.4	87.8	3361	3164	7.74	7.29
April	114.6	7.92	121.2	116.8	4518	4261	7.84	7.40
May	149.7	12.83	152.8	147.3	5685	5373	7.83	7.40
June	156.9	15.38	157.9	152.2	5807	5485	7.74	7.31
July	172.6	18.98	175.4	169.4	6416	6069	7.70	7.28
August	145.6	18.20	152.0	146.7	5565	5259	7.70	7.28
September	100.0	14.35	108.2	104.0	3947	3728	7.68	7.25
October	58.6	9.83	66.4	63.5	2310	2168	7.32	6.87
November	26.9	3.97	31.3	29.8	949	873	6.39	5.88
December	20.2	1.60	23.9	22.7	664	604	5.84	5.31
Yearly sum	1099.3	9.04	1165.4	1121.1	42104	39677	7.60	7.16

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	"Effective" Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

[illegible]