

Parkhotel Bellvue Adelboden

Schlussbericht der Messkampagne der WRG Wellness-Anlage Erfolgskontrolle 2003



Ausgearbeitet durch
Ingenieurbüro IEM AG
Christian Hilgenberg

.....

Im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden
Bundesamtes für Energie

A. Eckmanns, Bereichsleiter Gebäude BFE

Auftragnehmer:

Daniel Grob, Grob und Schöpfer AG, 9500 Wil
Ernst Baumann, Baumann Akustik und Bauphysik AG, 9602 Bazenheid

Autoren:

E. Baumann D. Grob
E. Baumann
??

2004

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprogrammes „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Vertrieb: ENET, Egnacherstrasse 59. 9320 arbon, enet@temas.ch, www.energieforschung.ch
ZEN c/o EMPA 8600 Dübendorf, www.empa-ren.ch

Zusammenfassung:

Der aktuelle Trend in der Hotellerie in der Schweiz heisst Wellness! Viele moderne fünf-, vier- und dreistern Hotelbetriebe erarbeiten Projekte zur Realisation von Wellnessangeboten. Dieser neue Schwerpunkt im Tourismus wird von der Dachorganisation Schweiz Tourismus mit Marketingkampagnen unterstützt.

Im Parkhotel Bellevue in Adelboden wurde im Jahre 2001 eine neue Wellnessanlage mit aussenliegendem Solebad erstellt. Zur effizienteren Energienutzung wurde in diesem Projekt eine Abwasser-Wärmerückgewinnungsanlage vorgesehen und eingebaut. Das Parkhotel wurde zum Wellnesshotel des Jahres 2002 gewählt.

Im ersten Betriebsjahr, wovon die gesamte Anlage und das Hotel rund zwei Monate geschlossen war, konnten dank der WRG bei einem Aufwand von rund 25'100 kWh rund 7100 kWh aus dem Schmutzabwasser zurück gewonnen werden. Damit konnten 28.3% der im Schmutzwasser enthaltenen Energie zurückgewonnen werden.

Dabei wurde das Brauchwarmwasser um durchschnittlich 7.1 K und die Solewassernachspeisung um durchschnittlich 8.4 K vorgewärmt.

Die Temperatur in Rückhaltebecken, in welches das Duschenabwasser und das Filterrückspülwasser geführt wird hat eine mittlere Temperatur von 20°C mit Schwankungen von +/- 3K, je nach Abwasseranfall, bzw. Wasserverbrauch.

Sehr gut bewährt hat sich die Wartungsfreundlichkeit der Anlage. Die speziellen Tauscher wurden nur mässig verschmutzt und sind äusserst einfach zu reinigen.

1. Ausgangslage

Das Parkhotel Bellevue in Adelboden ist ein Familienbetrieb in der dritten Generation. Der äusserst erfolgreichen Hotelier – Familie Richard ist es über Jahrzehnte gelungen, ihre Gäste mit einem führenden Angebot und einer qualitativ hochstehenden Dienstleistung im Vierstern Segment erfolgreich anzusprechen. Dank regelmässig getätigten Investitionen ist die Infrastruktur des Hotels auf einem aktuellen Stand. Im zweiten Halbjahr 2001 wurde ein Erweiterungsbau mit einer Wellnessanlage mit einer Fläche von rund 1300 m² realisiert und per 20. Dezember 2001 in Betrieb genommen. Die Eigentümer legten bei der Realisierung der Anlage grossen Wert auf eine naturnahe Materialisierung. Im Bewusstsein des grossen Wasserbedarfs der verschiedenen Wellnessanwendungen, stellte sich die Familie Richard die Frage, nach der ökologischen und wirtschaftlichen Relevanz einer Wärmerückgewinnungsanlage für das Schmutzabwasser.

Vorabklärungen der Ingenieure haben gezeigt, dass der Energieverbrauch für die Erwärmung des Warmwassers am Gesamtenergiebedarf für Wärme einen Anteil von bis zu 40% ausmacht und dass eine Aussicht auf eine mittelfristige Amortisation der Zusatzinvestitionen besteht. Aufgrund dieser Ausgangslage wurde die Idee von einer kostengünstigen und platzsparenden Wärmerückgewinnungsanlage mit einem interdisziplinären Ingenieurteam in ein konkretes Projekt umgesetzt.



Bild 1: Parkhotel Bellevue in Adelboden

Das Parkhotel Bellevue wurde im August 2002 von der Wirtschaftszeitschrift BILANZ zum **Wellnesshotel des Jahres** gewählt. In Fachkreisen gilt der Wellness Center im Moment als schönste Anlage in der Schweiz.

2. Vorgehen

Da das Wellnesscenter „Aqua Vitalis“ zu einem grossen Teil unterirdisch in einen Park integriert wurde, musste mit Rücksicht auf die spezifisch hohen Baukosten unbedingt eine platzsparende Lösung gesucht werden. Die folgenden drei Punkte wurden als oberstes Projektziel definiert:

- Platzsparende Lösung
- Tiefe Investitionskosten bei möglichst hoher Effizienz
- Niedriger zeitlicher und finanzieller Aufwand für den Unterhalt bei gleichzeitiger hoher Betriebssicherheit

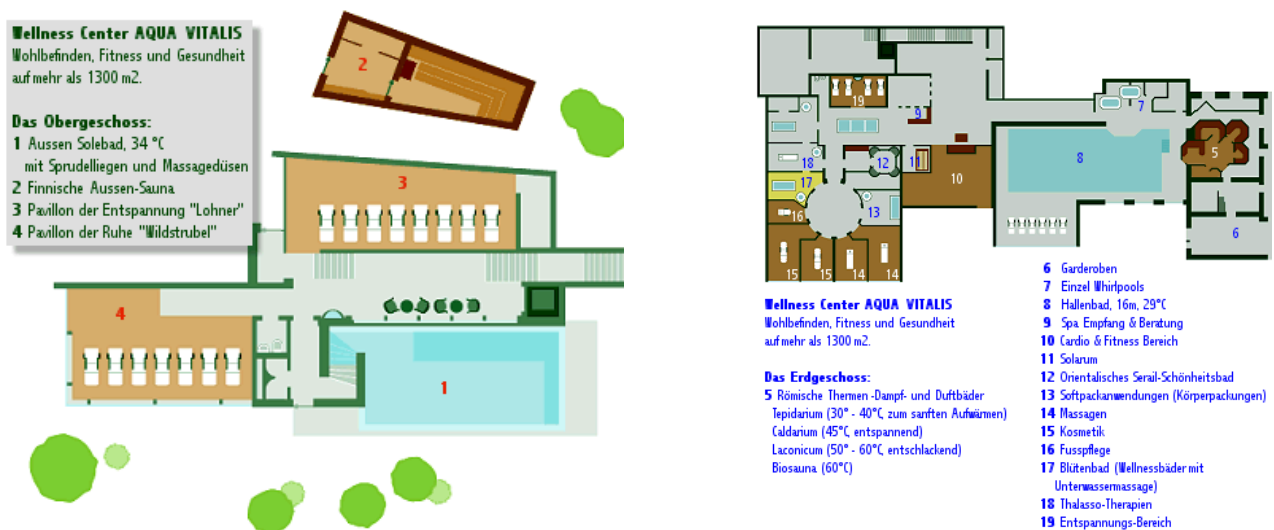


Bild 2: Grundrisse der Wellnessanlage

Die Ingenieure bestimmten in einem ersten Schritt die relevanten Wasserverbraucher mit einer hohen Frequenz von Anwendungen und einem interessanten Temperaturniveau. Folgende Anlagen wurden für eine Integration in die Wärmerückgewinnungsanlage evaluiert:

- Solepool (45m³ Inhalt bei 35°C Wassertemperatur, 10 Std. offen pro Tag)
- Unbescheidenwanne für Blütenbäder (230 ltr. Inhalt, 40°C, 45 Min./Bad)
- Unbescheidenwanne für Thalassoanwendungen (230 ltr. Inhalt, 40°C, 45 Min./Bad)



Bild 3: Natursolepool mitten in der Bergwelt



Bild 4: Thalassobad in Unbescheidenwanne

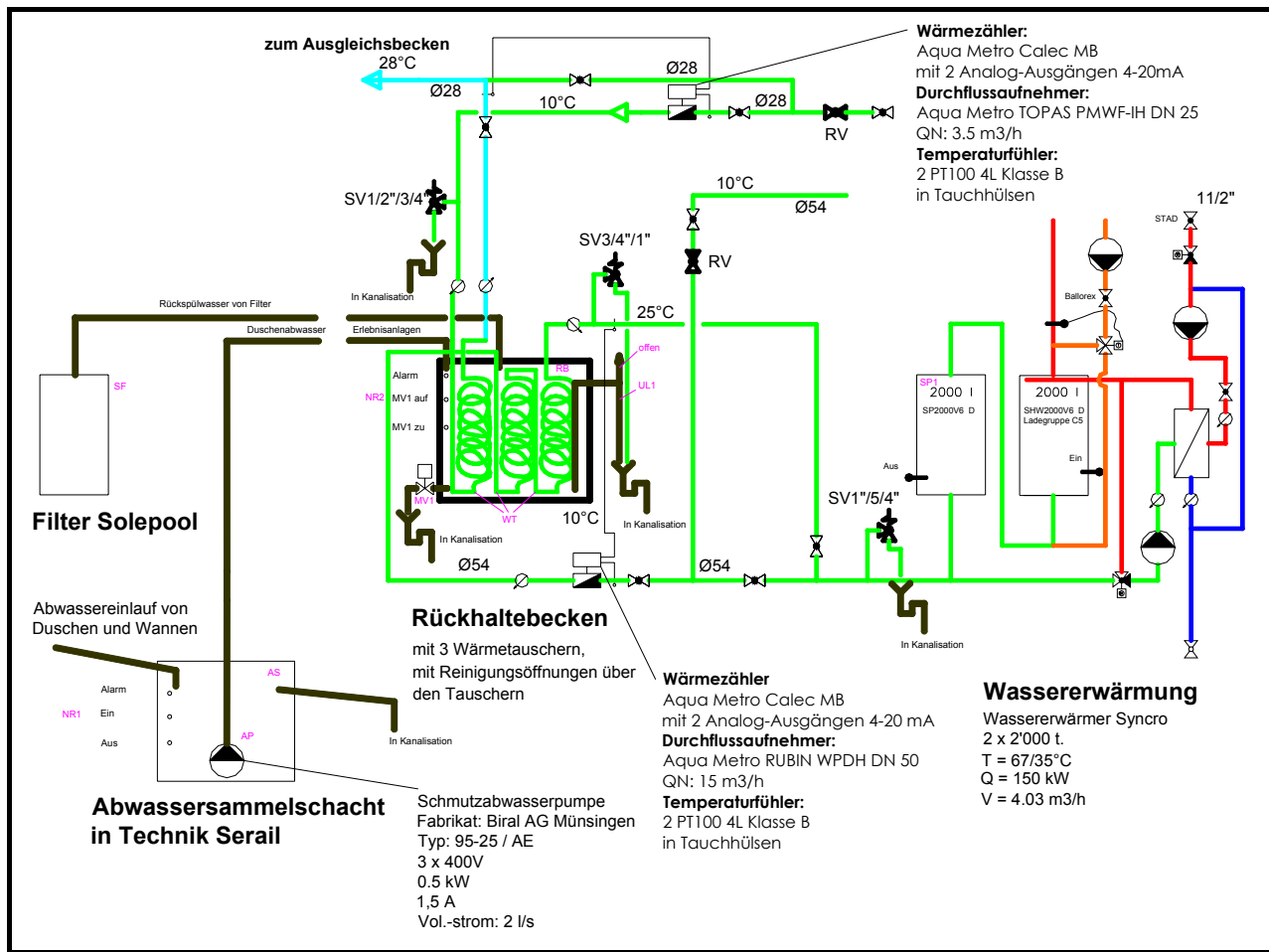
Um eine möglichst platzsparende Lösung realisieren zu können, wurde die Wärmerückgewinnung in das in der Solepoolanlage bereits vorgesehene Rückhaltebecken integriert. Dies hatte allerdings zur Konsequenz, dass der Wärmetauscher in einer solebeständigen V4A Variante ausgeführt

werden musste. Zusammen mit einem spezialisierten Unternehmen wurde ein Wärmetauscher entwickelt der bezüglich minimaler Verunreinigung und kleinstmöglichen Wartungsaufwand optimiert wurde. Persönliche Erfahrungen der Ingenieure und Hinweise aus der einschlägigen Fachliteratur flossen hierbei in die Entwicklung ein.

Das Schmutzwasser der oben erwähnten Anwendungen wurde mit separaten Kanalisationsrohren in einen Abwasserschacht geführt. Eine Abwasserpumpe bringt das rund 30°C warme Schmutzwasser anschliessend über eine Pumpendruckleitung in den Abwasserschacht. Diese Abwasserpumpe ist der einzige bewegte Teil der ganzen Wärmerückgewinnungsanlage. Das technische Design der Anlage wurde im interdisziplinären Ingenieurteam solange optimiert, bis alle anderen nötigen Funktionen durch natürliche physikalische Kräfte oder durch den bereits vorhandenen Netzdruck des Frischwassers übernommen werden konnten. Dadurch konnte dem Anspruch an tiefe Betriebskosten und niedrigen Unterhaltsaufwand sowie der hohen Betriebssicherheit voll Rechnung getragen werden.

Schliesslich wurde die Dimension der Zeit in die Auslegung und den Betrieb der Anlage eingebracht. Der Warmwasserbezug für die Wannen und die Abgabe des Schmutzwassers aus den Wannen hat eine zeitliche Verschiebung von ungefähr 45 Minuten. Diese kann mit dem Rückhaltebecken ohne weiteres überbrückt werden. Im Weiteren wird die Wärmerückgewinnungsanlage während den Öffnungszeiten des Wellness Centers am Tag für die Wannen eingesetzt, während den Randzeiten und über Nacht erfolgt die Vorwärmung des Speisewassers des Solepools durch die Rückgewinnung der Wärme aus der Filterrückspülung.

Das Frischwasser wird direkt vor dem Eintritt in die Warmwasserspeicher vorgewärmt. Das nachstehende Anlageschema gibt einen guten Überblick über den Aufbau der Anlage. Gut zu Erkennen sind auch die Spezialitäten wie der siphonierte Überlauf des Rückhaltebeckens. Dieser stellt gleichzeitig die selbsttätige Niveauregelung und den Erhalt der thermischen Schichtung sicher. Somit wird der wärmste Teil des Schmutzwassers immer im Rückhaltebecken zurückbehalten, der kälteste Teil wird über den Überlauf an die Kanalisation abgegeben.



Grafik 1: Anlagenschema Wärmerückgewinnungsanlage

3. Resultate und Erkenntnisse

3.1 Vorwärmung Brauchwarmwasser Wärmezählerablesungen

Datum	Energie [kWh]	Wasser [m³]	Bemerkungen
19.12.2001	8'430	22'985.25	Messbeginn
31.12.2001	8'600	23'004.86	
31.01.2002	8'962	23'050.41	
28.02.2002	9'335	23'096.29	
31.03.2002	9'760	23'142.10	
30.04.2002	9'938	23'161.19	
31.05.2002	9'950	23'163.81	
21.06.2002	10'114	23'184.19	Messende
19.12.2001 – 21.06.2002	1'684	198.94	Ertrag / Wasserverbrauch

Tabelle 1: Messresultate Brauchwarmwasservorwärmung

Aus den vorgängig dargestellten Messwerten ergibt sich eine durchschnittliche Temperaturdifferenz ΔT_{WRG} zwischen Vor- und Rücklauf der WRG von **7.06 K**.

3.2 Anzahl Anwendungen

In der betrachteten Messperiode (19.12.01 – 21.6.02) wurden insgesamt 771 Behandlungen durchgeführt. Dabei wurden je Wanne ca. 230 Liter Warmwasser (ca. 37°C) verbraucht. Das Badewasser musste von 9.5°C auf 37°C aufgeheizt werden $\rightarrow \Delta T_{BW} = 27.5^\circ\text{C}$

3.3 Energiebetrachtungen

Total benötigte Energie für die Anwendungen:

$$Q_{BW} = \text{Wannen} \times \text{Inhalt} \times c \times \Delta T_{BW} = 771 \times 230 \text{ lt} \times 4.182 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K}) \times 30.5^\circ\text{C} \times 1/3600 = \underline{\underline{5568 \text{ kWh}}}$$

$$\rightarrow \text{verbrauchte Energie pro Anwendung} = 7.22 \text{ kWh}$$

Durch die Anwendungen und Duschen zurückgewonnene Energie:

$$Q_{WRG} = \text{gemäss Zählerablesungen} = \underline{\underline{1'684 \text{ kWh}}}$$

Es werden 30.2% der im Schmutzwasser von den Badewannen enthaltenen Energie zurückgewonnen

3.4 Vorwärmung Frischwassernachspeisung Solepool Wärmezählerablesungen

Datum	Energie [kWh]	Wasser [m ³]	Bemerkungen
19.12.2001	917	276.199	Messbeginn
31.12.2001	1'037	299.033	
31.01.2002	1'458	372.979	
28.02.2002	1'772	428.854	
31.03.2002	2'096	477.017	
30.04.2002	2'302	497.254	
31.05.2002	2'318	499.711	
21.06.2002	2'532	521.099	Ende Messperiode
19.12.2001 – 21.06.2002	1'615	244.9	Ertrag / Wasserverbrauch

Tabelle 2: Messresultate Frischwasservorwärmung Solepool

Aus den oben dargestellten Messwerten ergibt sich eine durchschnittliche Temperaturdifferenz ΔT zwischen Vor- und Rücklauf der WRG von **5.66°C**.

3.5 Wasserverbrauch der Nachspeisung und Filtrerrückspülung

In der betrachteten Messperiode (19.12.01 – 21.6.02) wurde laufend Badewasser nachgespiesen und insgesamt 19 Filtrerrückspülungen vorgenommen. Dabei wurden total 244'900 Liter Wasser (ca. 34°C) verbraucht. Das Solewasser musste von 9.5°C auf 34°C aufgeheizt werden $\rightarrow \Delta T_{SW} = 24.5^\circ\text{C}$.

3.6 Energiebetrachtungen

Total benötigte Energie für die Nachspeisung bzw. Filtrerrückspülungen:

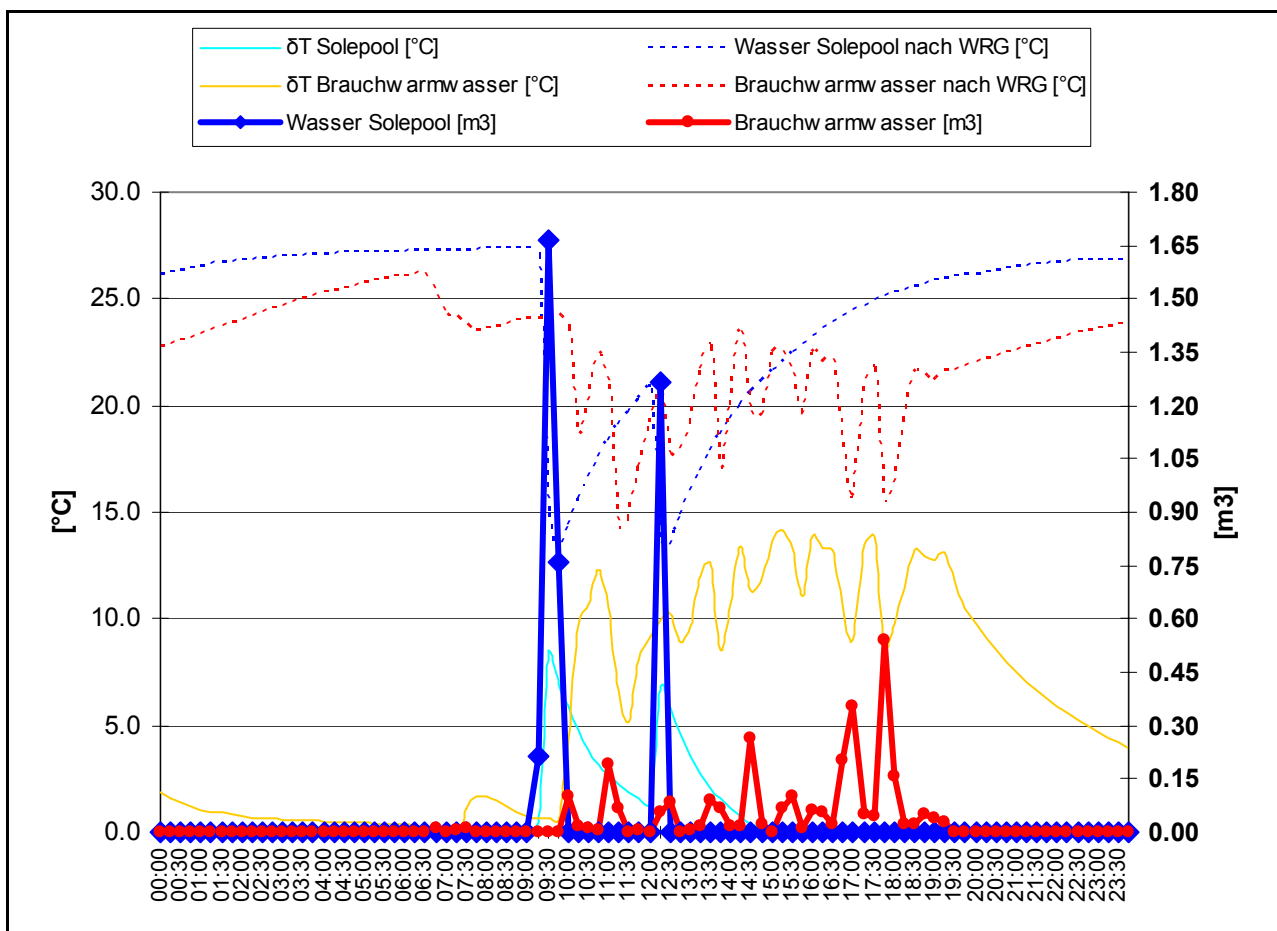
$$\underline{Q_{SW}} = \text{Total} \times c \times \Delta T_{BW} = 244'900 \text{ lt} \times 4.182 \text{ kJ}/(\text{kg} \times \text{K}) \times 24.5^\circ \text{C} \times 1/3600 = \underline{6'970 \text{ kWh}}$$

Für bzw. durch die Nachspeisung bzw. Filtrerrückspülungen zurück gewonnene Energie:

$$\underline{Q_{WRG}} = \text{gemäss Zählerablesungen} = \underline{1'615 \text{ kWh}}$$

Es werden 23% der in der Filtrerrückspülung enthaltenen Energie zurückgewonnen

3.7 Tageskurven



Grafik 2: WRG-Aktivitäten am 14. März 2002

Die Grafik 2 zeigt die Wasserbezüge Brauchwarmwasser (BWW) und Solepool (SP) sowie die zugehörigen Temperaturen nach der WRG bzw. das ΔT zwischen Kalt- und Warmseite der WRG vom 14. März 2002. Von ca. 09.00h – 10.00h wurde eine Filtrerrückspülung manuell durchgeführt (Filtrerrückspülungen sind immer manuell). Um 12.00h und um 18.00h wurde per Zeitschaltuhr die

Frischwassernachspeisung eingeschaltet und mit einem Niveauregler (Schwimmer) wieder ausgeschaltet. Am oben dargestellten Tag war die Nachspeisung um 18.00h nicht nötig.

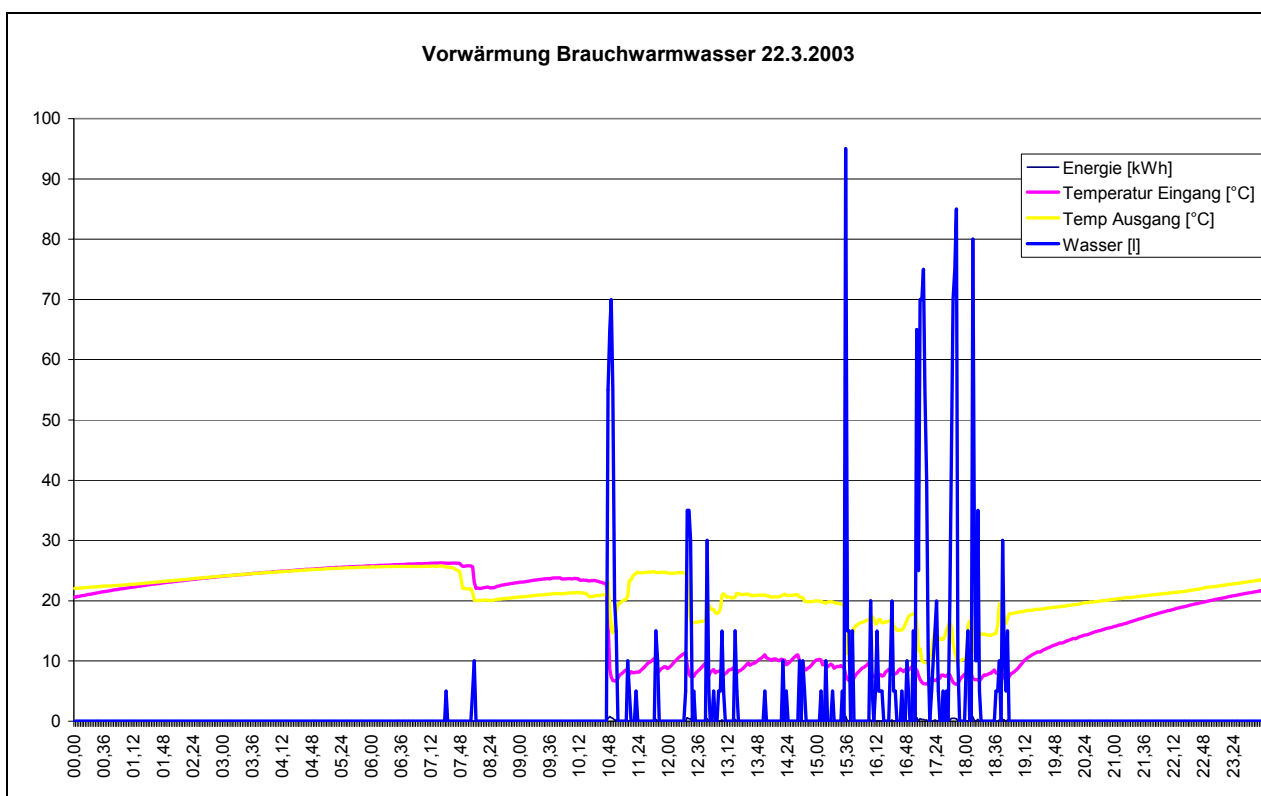
3.8 Energetische Betrachtungen über 1 Jahr

3.8.1. Vorwärmung Brauchwarmwasser

	Zählerstand kWh	Zählerstand m3	WRG-Ertrag [kWh]	Verbrauch [m3]	dT [K]
19.12.2001	8430	22985			
31.12.2001	8600	23004	170	19	7.7
30.01.2002	8962	23050	362	46	6.8
28.02.2002	9335	23096	373	46	7.0
31.03.2002	9760	23142	425	46	7.9
30.04.2002	9938	23161	178	19	8.1
31.05.2002	9950	23163	12	2	5.2
30.06.2002	10199	23193	249	30	7.1
31.07.2002	10365	23219	166	26	5.5
31.08.2002	10619	23250	254	31	7.0
30.09.2002	10916	23286	297	36	7.1
22.10.2002	11271	23326	355	40	7.6
31.12.2002	11451	23348	180	22	7.0
28.03.2003	12338	23461	887	113	6.7
Total			3908	476	7.1

Tabelle 3: Zählerstände Brauchwarmwasservorwärmung

Vom 19.12.2001 – 28.3.2003 wurden bei einem Brauchwarmwasserverbrauch von 476 m3 eine Wärmemenge von 3908 kWh zurückgewonnen. Zu beachten ist, dass das Hotel im Frühling und Herbst jeweils 4-6 Wochen geschlossen war.



Grafik 3: Wärmehöher Vorwärmung Brauchwarmwasser 22. März 2003

Am 22.3.2003 betrug die Kaltwassereintrittstemperatur zwischen 7-10°C. Dies ist abhängig von der Vorwärmung des Wassers innerhalb des Gebäudes. (lange Leitung innerhalb des Gebäudes) Bei kleinen Durchflussmengen konnte das Wasser um 15 K und bei grossen Durchflussmengen um 5 K erwärmt werden.

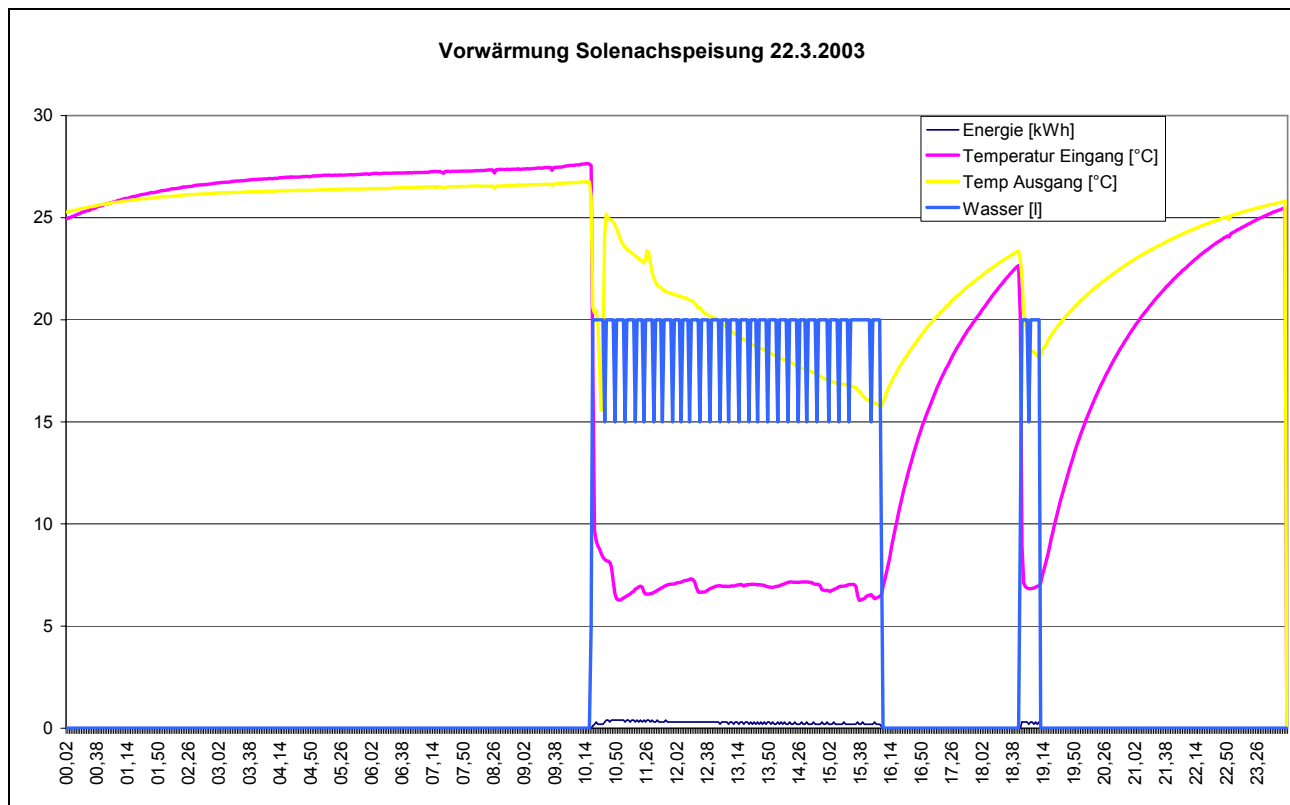
Über die gesamte Messperiode wurde das Brauchwarmwasser durchschnittlich um 7.1 K erwärmt.

3.8.2. Vorwärmung Solepoolnachspeisung

	Zählerstand kWh	Zählerstand m3	WRG-Ertrag [kWh]	Verbrauch [m3]	dT [K]
19.12.2001	917	276			
31.12.2001	1037	299	120	23	4.5
30.01.2002	1458	372	421	73	5.0
28.02.2002	1772	428	314	56	4.8
31.03.2002	2096	477	324	49	5.7
30.04.2002	2302	497	206	20	8.9
31.05.2002	2318	499	16	2	6.9
30.06.2002	2730	536	412	37	9.6
31.07.2002	3372	607	642	71	7.8
31.08.2002	4003	660	631	53	10.2
30.09.2002	4558	708	555	48	9.9
22.10.2002	4961	739	403	31	11.2
31.12.2002	5283	765	322	26	10.6
28.03.2003	7308	930	2025	165	10.6
Total			6391	654	8.4

Tabelle 4: Messresultate Frischwasservorwärmung Solepool

Vom 19.12.2001 – 28.3.2003 wurden bei einem Frischwasserverbrauch von 654 m3 eine Wärmemenge von 6391 kWh zurückgewonnen. Zu beachten ist, dass das Hotel im Frühling und Herbst jeweils 4-6 Wochen geschlossen war.

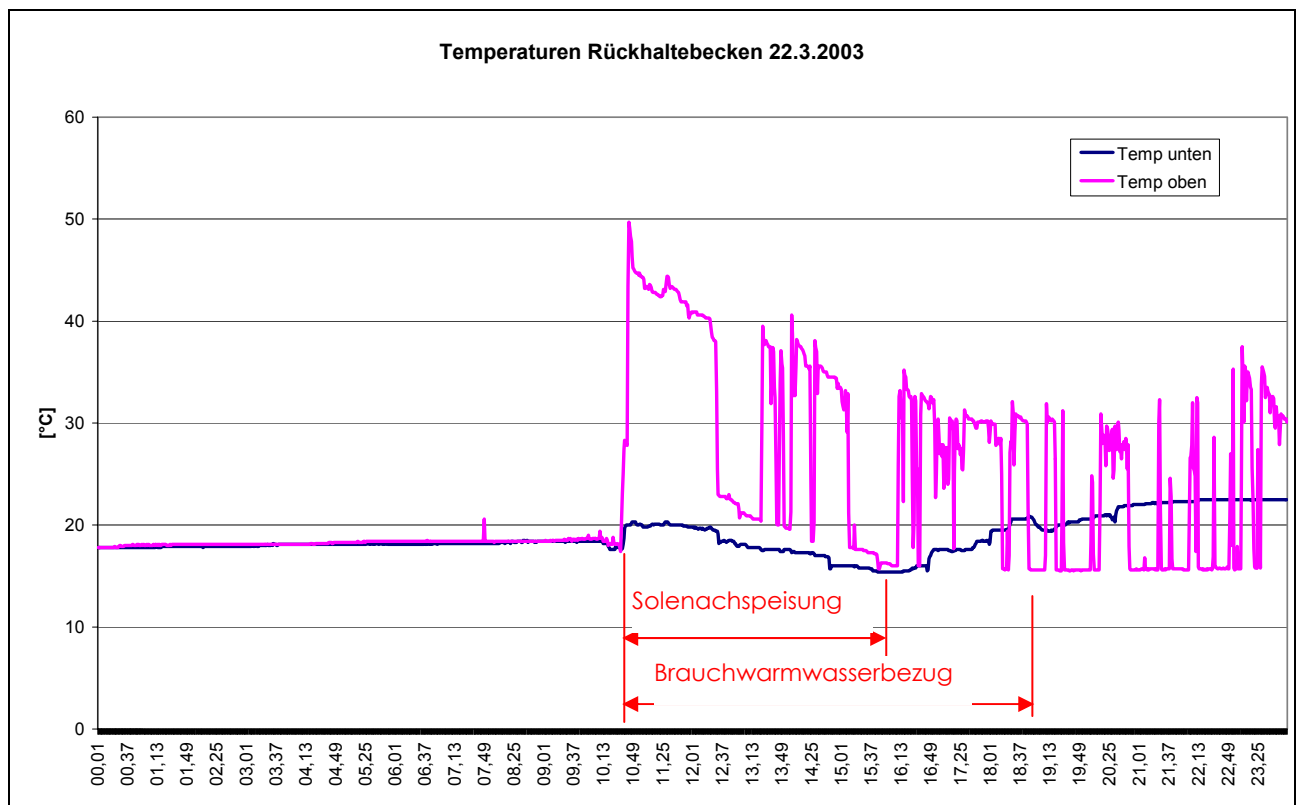


Grafik 4: Wärmehähler Vorwärmung Solenachspeisung 22. März 2003

Am 22.3.2003 wurden total 3505 Liter Wasser für die Solenachspeisung vorgewärmt. Dabei wurden 49.6 kWh Wärme aus dem Abwasser zurückgewonnen. Damit konnte das Kaltwasser von durchschnittlich etwa 7°C auf 18.2 °C erwärmt werden.

Über die gesamte Messperiode wurde das Frischwasser der Solenachspeisung durchschnittlich um 8.4 K erwärmt.

3.9 Temperaturen Rückhaltebecken



Grafik 6: Temperaturen im Rückhaltebecken am 22. März 2003

Am Abend des 21.3. 2003 betrug die Temperatur im Ausgleichsbecken oben und unten 17.7°C. Sie erwärmte sich wegen der wärmeren Umgebungstemperatur im Technikraum bis um 10.00 Uhr des 22.3. auf 18.4°C.

Im März 2003 betrug die durchschnittliche Temperatur im Rückhaltebecken 20°C, wobei je nach Abwasseranfall Schwankungen von +/- 3K auftreten.

4. Wirtschaftlichkeit

Im ersten Betriebsjahr wurden 10300 kWh Energie zurückgewonnen. Bei einem kWh-Preis von 5 Rappen entspricht dies einer jährlichen Einsparung von Fr. 515.--. Dies entspricht etwa 28 % der aufgewendeten Energie für die Brauchwarmwasserbereitung und Solenachwärmung.

Die Gründe der relativ geringen Einsparung ist vor allem beim viel kleineren Energieverbrauch zu suchen. So blieben die Anzahl der Behandlungen wesentlich unter den ursprünglich prognostizierten Angaben und die Anzahl der Filterrückspülungen liegt, trotz einwandfreier Wasserqualität, unter der Hälfte der gängigen Richtlinien.

5. Ausblick

Die Anlage kann anlagentechnisch sowie betrieblich noch weiter optimiert werden. Folgende Punkte stehen im Vordergrund:

- Überlauf des Ausgleichsbecken sollte auch in Rückhaltebecken geführt werden
- Durchflussmenge bei der Frischwassernachspeisung in Abhängigkeit der Wasserqualität
- Zeitpunkt der Frischwassernachspeisungen
- Zeitpunkt der Rückspülungen
- Die Grösse der Ausgleichsbecken muss bei zukünftigen Anlagen speziell betrachtet werden (Vermischung des Abwasser, Platz für Wärmetauscher, Abwasseranfall/Wasserbezug)
- Aufstellungsort des Rückhaltebeckens

6. Literaturhinweise und Publikationen

6.1 Literaturhinweise

- WRG aus Abwasser, Kursunterlagen des Nachdiplomstudiums Energietechnik an der Fachhochschule Burgdorf, 1999

6.2 Publikationen

- Haustech Nr.7-8 , Juli/August 2002, Seite 44/45
- Bauinfo Nr. 4/2002, April 2002, Seite 87
- Hotelrevue Nr.7, 14. Februar 2002, Seite 12
- Vortrag am Status Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“ vom 13.9.2002 inkl. Zusammenfassung im Tagungsband