

Ingenieurbüro

EST Energiesystemtechnik GmbH

- Energietechnik
- Haustechnik
- Bauphysik
- Thermografie

Diplom Ingenieur M. Brünner

www.energiesystemtechnik.de

Energieversorgung Lenggrieser Hütte

Zusammenfassung der Sanierung Stand Oktober 2007

Auftraggeber: Deutscher Alpenverein e.V.
Sektion Lenggries
Anton Erhard
D – 83674 Gaißbach
Tel.: 08041 - 5852

Projektant: Ing. Büro EST GmbH
Dipl. Ing. Thomas Böttler
Stadtplatz 12
D – 83714 Miesbach
Tel: 08025-4994 Fax: 8771

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ZUSAMMENFASSUNG DER MASSNAHMEN.....	3
1.1	Elektrische Energieversorgung.....	3
1.2	Thermische Energieversorgung.....	4
1.3	Umbau Energieversorgung.....	4
1.4	Funktionsweise und Übersicht der elektrischen und thermischen Energieversorgung.....	5
1.3	Fotos.....	5
1.5	Fotos	6
2.	BETRIEBSDATENAUSWERTUNG.....	11
2.1	Einleitung	11
3.	SANIERUNGEN DER WASSERVERSORGUNG	14
4.	ABWASSERREINIGUNGSANLAGE	15
5.	FAZIT.....	16

1. ZUSAMMENFASSUNG DER MASSNAHMEN

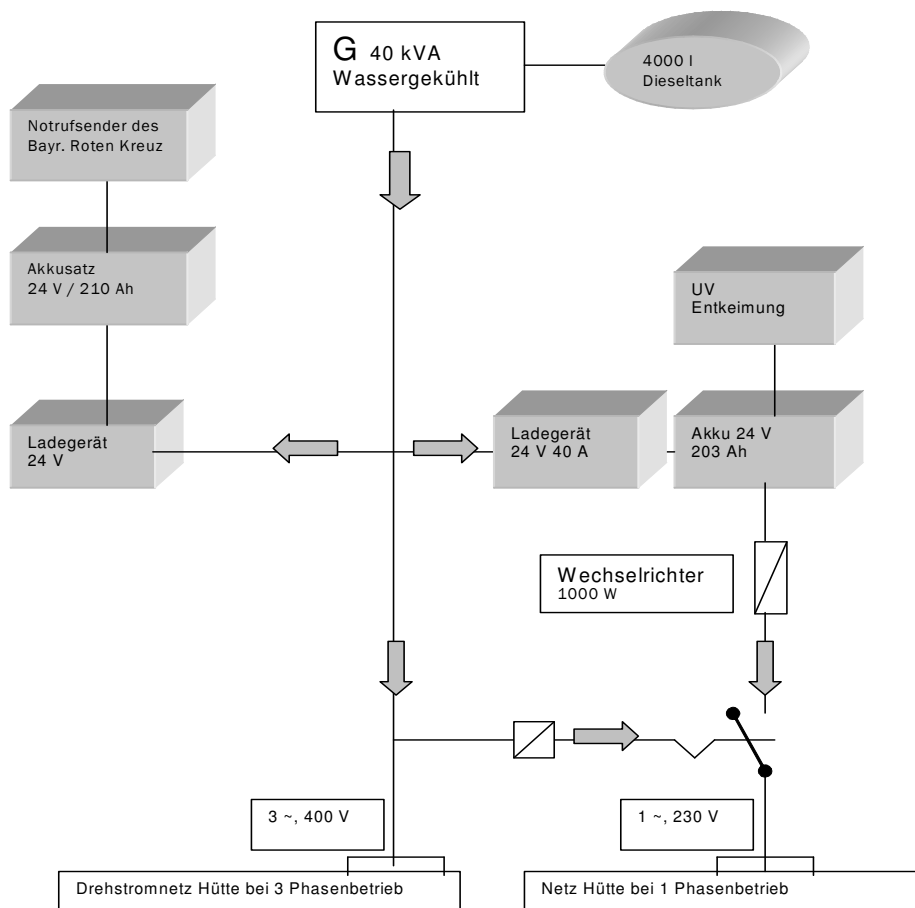
Zustand vor der Sanierung

1.1 Elektrische Energieversorgung

Die Lenggrieser Hütte ist nicht an das öffentliche elektrische Versorgungsnetz angeschlossen.

Zur Stromerzeugung diente vor der Sanierung ein mit Wasser gekühltes Dieselaggregat mit 40 kVA Nennleistung. Eine Auskopplung der Abwärme war nicht möglich. Die Versorgung mit Treibstoff wurde über einen doppelwandigen Stahlblechtank ohne Sicherheitswanne mit 4000 l Dieselkraftstoff für das Stromaggregat realisiert. Der Transport erfolgte über einen Tanklaster mit mehrmals jährlicher Befüllung.

Ein einphasiger Wechselrichter, gespeist über eine stationäre Batterieanlage, übernahm die reduzierte elektrische Versorgung für Beleuchtung, Kühlung und Kleingeräte. Nachfolgendes Blockschaubild verdeutlicht die vorherige Funktionsweise:



Mittels elektrischer Lastgangmessung wurden Leistungsspitzen von ca. 14 kW und ein Energiebedarf von 33 kWh/d gemessen, die durchschnittliche Laufzeit des Motorgenerators betrug 7,7h/d.

1.2 Thermische Energieversorgung

Die Wärmeversorgung erfolgte über den Küchenherd, der zugleich im Schwerkraftprinzip zur Warmwasserbereitung diente und ein Kachelofen.

1.3 Umbau Energieversorgung

Bis 2005	Ab 2006
Inselnetz <ul style="list-style-type: none">• Drehstromnetz bei Generatorbetrieb, minimales Wechselstromnetz bei Batteriebetrieb• Batteriesatz (200 Ah, 24V)• 1 Inselwechselrichter 1,0 kW	<ul style="list-style-type: none">• Permanentes Drehstromnetz als „AC-Bus“• Batteriesatz (OPzS: 1200 Ah, 60V)• 3 Inselwechselrichter (Sunny Island 4,5 kW)
Photovoltaikanlage <ul style="list-style-type: none">• keine	<ul style="list-style-type: none">• 3,3 kWp AC-Netzgekoppelt mit 3 Netzwechselrichtern SB 1100
Motorgeneratoren <ul style="list-style-type: none">• 40 kVA, SDMO, Diesel, keine Wärmeauskoppelung• 2000l- Diesel-Stahltank	<ul style="list-style-type: none">• 12 kWel-Flüssiggas-BHKW, KWE 12G-4 SI• 2 x 2,9 to Flüssiggas-Unterflurtanks• Notstromversorgung 40 kVA, SDMO, Diesel, 1000l- Diesel-Stahltank
Heizung <ul style="list-style-type: none">• Küchenherd mit Wärmeauskopplung• Kachelofen	<ul style="list-style-type: none">• Wärmeauskoppelung Flüssiggas-BHKW, 26 kW_{therm.}• 35 kW, Stückholzkessel, Köb Pyromat• Pufferspeicher 2x 1100 Liter• Küchenherd ohne Wärmeauskopplung• Kachelofen
Warmwasserbereitung <ul style="list-style-type: none">• 200l-Speicherwassererwärmer mit Mantelwärmetauscher, über Küchenherd	<ul style="list-style-type: none">• 200l-Speicherwassererwärmer mit Mantelwärmetauscher versorgt aus Pufferspeich.• 120l externer Warmwasserspeicher für Nebengebäude versorgt aus Pufferspeich.
Stromverbraucher <ul style="list-style-type: none">• Elektr. Großverbraucher: Backrohr, Spülmaschine, Gläserespüler, gelegentlich Mikrowelle, etc.	<ul style="list-style-type: none">• Elektr. Großverbraucher: Backrohr, Spülmaschine, Gläserespüler, <u>massiver Einsatz von 3 Stk. Mikrowellen im Grossküchenstandard!</u>

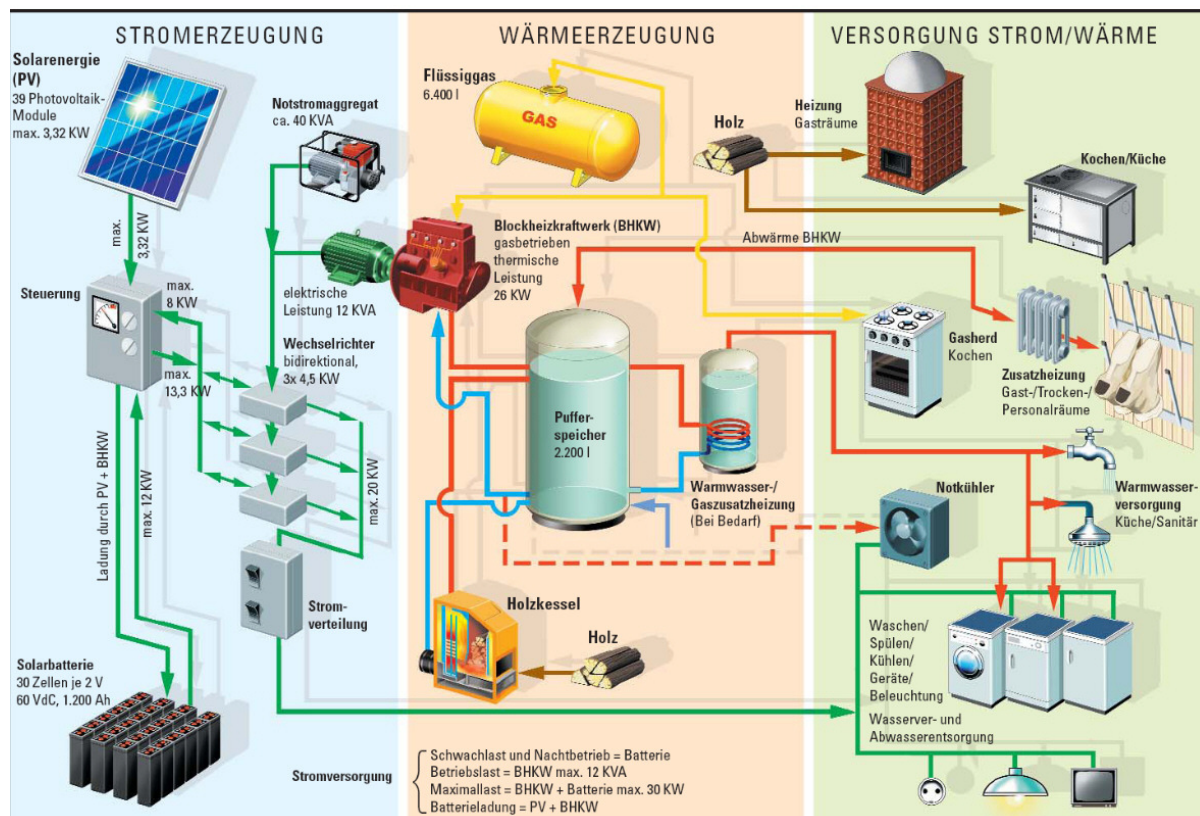
1.4 Funktionsweise und Übersicht der elektrischen und thermischen Energieversorgung

Kernstück der neuen Energieversorgung ist die gleichzeitige Strom- und Wärmeversorgung mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW). Wie bei dem vorhandenen Aggregat wird ein Generator verbrennungsmotorisch angetrieben und elektrische Energie erzeugt. Die beim BHKW anfallende Abwärme des Verbrennungsmotors wird jedoch zu Heizungs- und Brauchwasserzwecken in zwei Pufferspeicher gespeichert und bei Bedarf verwendet. Das BHKW wird mit Flüssiggas angetrieben.

Das BHKW dient vorrangig zur Stromerzeugung und wird daher stromgeführt betrieben. Reicht die anfallende Abwärme für Brauchwasser und Heizung nicht mehr aus, muss mit dem Festbrennstoffkessel nachgeheizt werden. Das Blockschaltbild im Anschluss verdeutlicht die Betriebsweise.

Im gesamten Bereich der Hütte und des Nebengebäudes wird ein permanent vorhandenes Drehstromnetz zur Verfügung gestellt. Das BHKW stellt zusammen mit drei einphasigen Wechselrichtern, einer Batterieanlage und einem PV-Generator die Stromversorgung des Gebäudes dar.

Die angeschlossenen Verbraucher werden über die Wechselrichter von der Batterie versorgt, zusätzlich wird bei solarer Einstrahlung Strom aus den PV-Generatoren direkt in das Wechselstromnetz eingespeist.



1.5 Fotos

Zustand 2005

Die folgenden Bilder zeigen den ursprünglichen Zustand der elektrischen Energieversorgung mit folgenden Nachteilen:

- Gefährliches Hantieren mit Wasser gefährdenden Stoffen (Diesel, Heizöl, Schmierstoffe), ohne Auffangschutz
- Hohe Emissionen von Schadstoffen und Lärm
- Geringe Wirkungsgrade durch Teillastbetrieb und veralteten Komponenten
- Elektroinstallationen nicht mehr zeitgemäß (VDE-Konformität, Personenschutz)

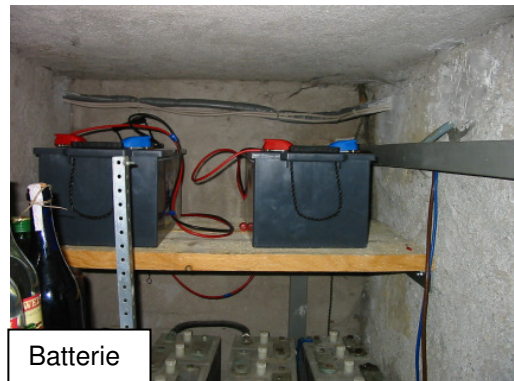




Dieselgenerator



Wechselrichter



Batterie



Elektroverteilung

Zustand nach Sanierung







2. BETRIEBSDATENAUSWERTUNG

2.1 Einleitung

Die Einschaltzeiten des Dieselgenerators vor dem Umbau waren im Wesentlichen zeitgleich mit hohem elektrischen Leistungsbedarf. In der Regel war dies früh, mittags und abends. Um eine möglich gute Auslastung des Dieselgenerators (40 kVA) zu erzielen, wurden dann möglichst viele Verbraucher in Betrieb gesetzt.

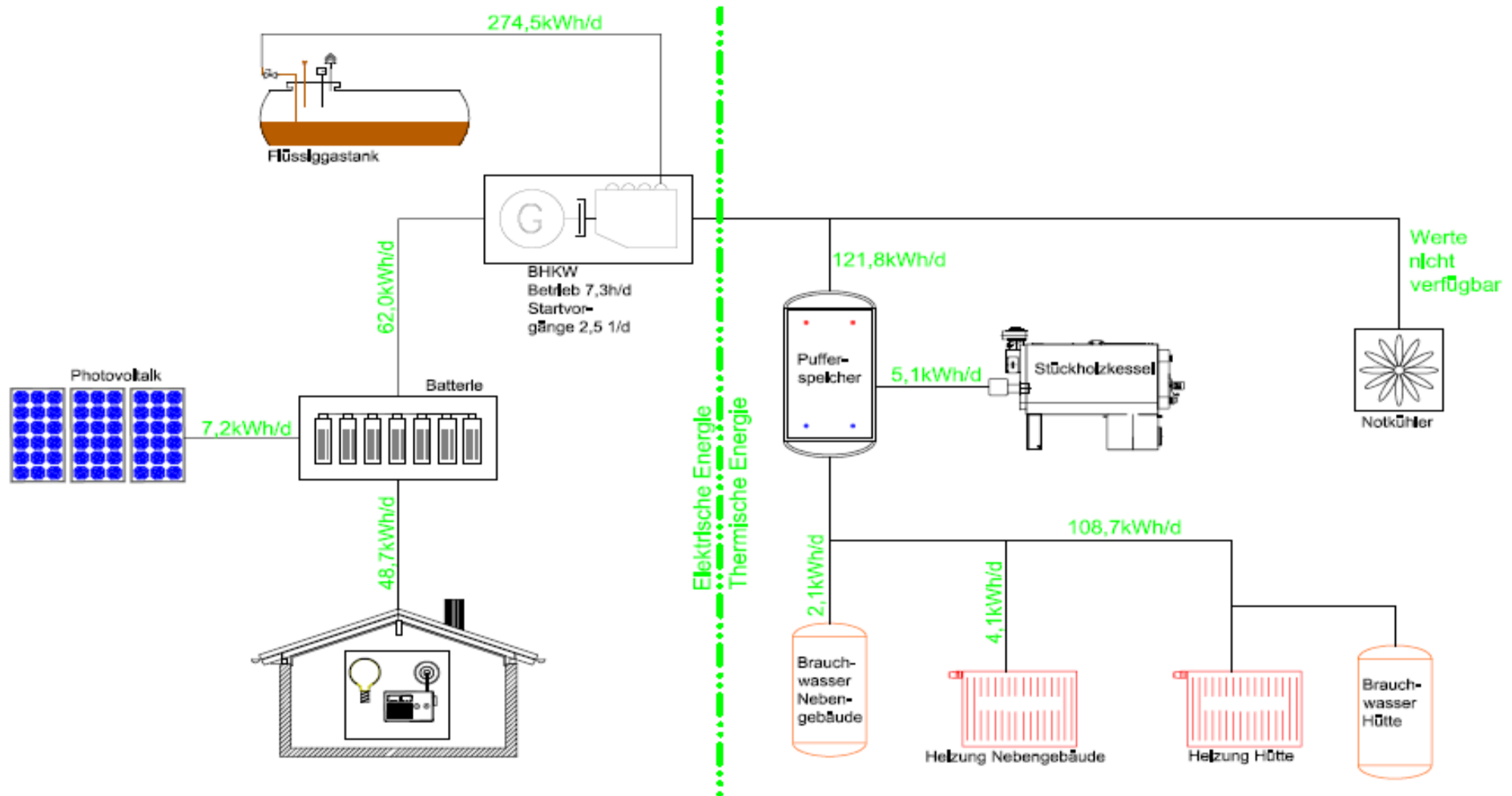
Die Planung des neuen Energieversorgungssystems mit permanentem Drehstromnetz, Batteriespeicher, Photovoltaik und zweifellos wesentlich geringerer, elektrischer Generatorleistung wurde seitens Hüttenwirts mit grosser Skepsis verfolgt.

Der Hüttenwirt wurde deshalb frühzeitig in den Planungsprozess mit eingebunden. Im Vorfeld wurden zweimal Lastgangmessungen der elektrischen Leistung durchgeführt.

Nach der Umstellung des Energiesystems kam es zu massiven Ausfällen und Systemabstürzen der elektrischen Energieversorgungsanlage. Der Hauptgrund dieser Zwischenfälle war die massive Aufrüstung elektrischer Küchengeräte. Unter anderen wurden 3 Stück Mikrowellengeräte mit einer Gesamtleistung von knapp 11 kW gleichzeitig betrieben. In Spitzenzeiten war der elektrische Leistungsbedarf so hoch, dass das System keine Zeit mehr hatte, das BHKW zur Unterstützung zuzuschalten!

Die folgende Energiebilanz zeigt die gemittelten Energieflüsse (kWh/Tag) elektrisch und thermisch im Zeitraum seit der Abnahme am 10.08.2006 bis 09.10.2007. Als Grundlage dienten die abgelesenen Zählerstände aller Wärmemengenzähler, Gaszähler BHKW, Drehstromzähler des Gesamtverbrauchs und die internen Stromzähler des Sunny Control und des BHKW's.

EST



Energiebilanz elektrisch

In der Entwurfsplanung wurde eine tägliche elektrische Energiemenge von 31 kWh ermittelt. Im oben genannten Messzeitraum ergibt sich ein Wert von knapp 49 kWh. Die „unoptimierte“ Geräteausstattung der Küche dürfte hier der Grund für eine Steigerung um ca. **58 %** sein.

Auffallend ist die Differenz des Inputs (PV und BHKW) und des Outputs (Stromzähler Gesamt). Hier ergibt sich ein Unterschied von ca. 20 kWh.

Folgende Ursachen werden ohne weitere Quantifizierung erläutert:

- Kurze Intervalle der Batteriepflge (Ausgleichsladung und Gasungsladung über Wechselrichter und BHKW), mit langen Laufzeiten und entsprechend hohen Verlusten. Dies wurde während des Messzeitraums mehrfach überprüft und in Zusammenarbeit mit Fa. SMA optimiert.
- Eigenbedarf BHKW ca. 3-5% der Erzeugung.
- Strombedarf Lüfter Notkühler ($P = \text{ca. } 500 \text{ W}$), Laufzeit unbekannt.
- Wirkungsgradkette Ladung/Entladung über Wechselrichter und Batteriespeicher.
Bei Annahme, dass 50% der elektrischen Energie aller Verbraucher über die Batterie geführt werden, und für Ladung, Entladung und Batterie jeweils ein Wirkungsgrad von 90 % angenommen wird, ergibt sich als Produkt der Einzelwirkungsgrade ein Wert von 73%! Dies bedingt nahezu die Hälfte der oben genannten Differenz!
- Messabweichung der Zähleinrichtungen (wird derzeit geprüft).
- Stromkreise die nicht über Drehstromzähler geführt sind (wird derzeit geprüft).

Energiebilanz thermisch

Die ausgekoppelte Energiemenge des BHKW's speist größtenteils die Pufferspeicher. Nicht weiter nutzbare Energie wird über den Notkühler abgeführt. Durch die erhöhte Stromerzeugung des BHKW ist anzunehmen, dass ein grosser Anteil Überschussenergie abgeführt wurde. Aus Kostengründen wurden hier auf einen Wärmemengenzähler verzichtet, so dass keine Messwerte verfügbar sind. Die Energieerzeugung über den Stückholzkessel ist vergleichsweise minimal. In der Bilanz der Energien zwischen Pufferspeicher und einzelner Verbrauchskreise ergibt sich ein Verlust von ca. 9% für Bereitschaft und Verteilung. Dies ist soweit plausibel.

BHKW

Nach der erforderlichen Einjustierung und Optimierung läuft das BHKW sehr zuverlässig. Es ergibt sich eine mittlere Leistungsabgabe von 8,5 kW, was eine Auslastung von nahezu 80 % bezogen auf die höhenangepasste Maximalleistung darstellt. Die Anzahl der täglichen Startvorgänge beträgt lediglich 2,5. Durch die erhöhten Betriebsstunden (Steigerung um 100 %,

gegenüber der Planung), waren kürzere Wartungsintervalle erforderlich. Dies erhöhte die Kosten erheblich.

Photovoltaik

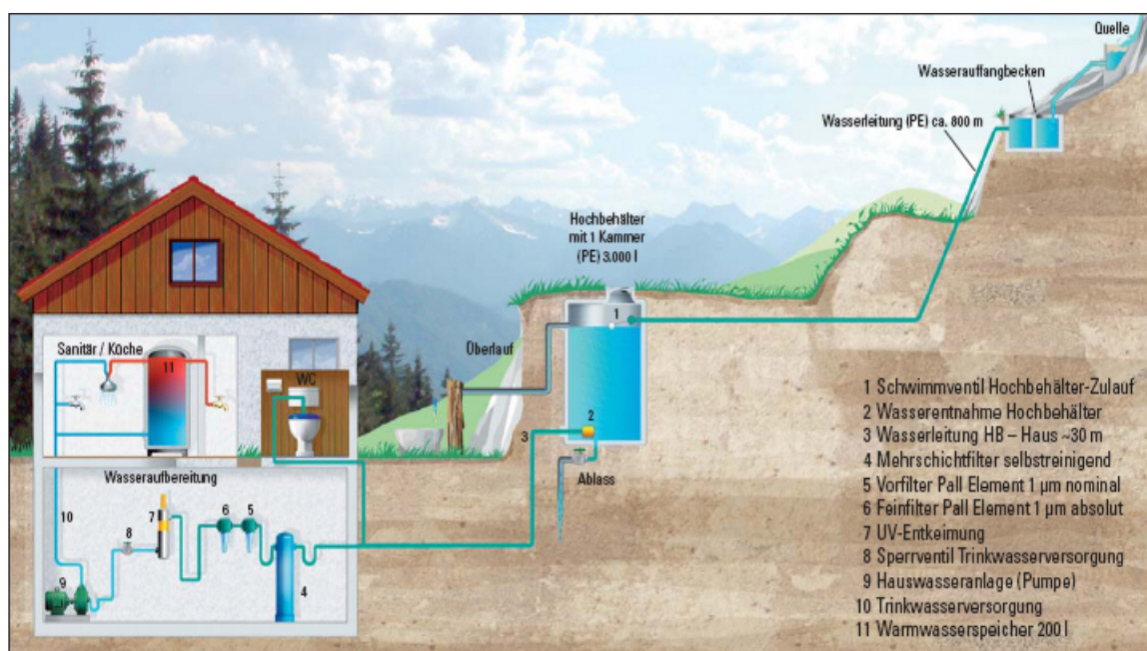
Die Simulation ergab einen Durchschnittswert von 7,5 kWh/d. Dabei wurde eine Verschattung durch den „Grünen Horizont“ (Bäume) bereits berücksichtigt. Gemessen wurde ein Durchschnittswert von 7,2 kWh/d. Dieser Ertrag trifft die simulierten Ergebnisse sehr genau. Eine Verschattung durch Schneeabdeckung konnte in der Simulation allerdings nicht berücksichtigt werden. Zur weiteren Optimierung sind bereits Bäume gefällt worden, weitere folgen sukzessive.

3. SANIERUNGEN DER WASSERVERSORGUNG

In Zuge der Neuerstellung des Nebengebäudes und der Sanierung der Energieversorgung wurde die Neugestaltung der Wasserversorgung ins Konzept mit eingebunden:

- Sanierung Quelfassung und Einbau eines Edelstahldeckels
- Einbau Abzweig vor UV-Entkeimung für Toilettenspülung
- Vorfilter, 80 µm mit Rückspülfunktion
- Vorfeinfilter und Feinfilter (1 x 1µ/nominal und 1 x 1µ/absolut)
- UV- Entkeimung mit Zertifizierung
- Druckerhöhung von 0,5 auf 4 bar mit elektrischem Sanftanlauf (Reduzierung Anlaufstrom)

Schematische Darstellung der Wasserversorgung



Durch überzeugende Argumentation bei den Verhandlungen mit den örtlichen Behörden konnte der Einbau einer Trübungsmessung verhindert werden.

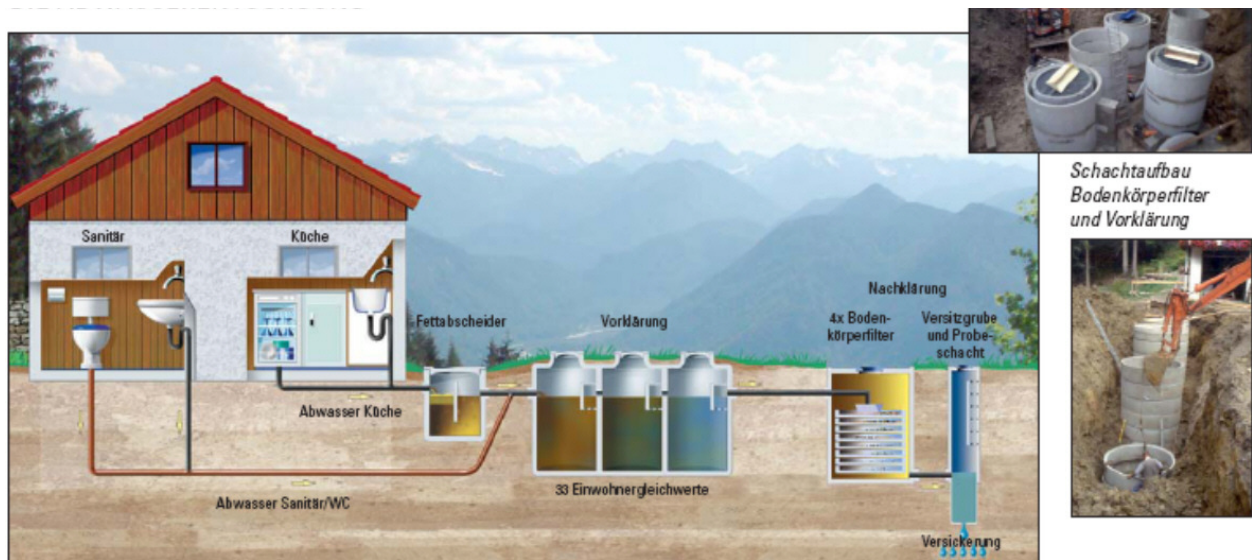
4. ABWASSERREINIGUNGSANLAGE

1996 wurde die bereits vorhandene Dreikammer-Kläranlage um eine biologische Nachbehandlung System „Lauterbach“ erweitert. Zwei der drei Behälter der vorhandenen Anlage aus Betonringen mit einem Durchmesser von 2 m werden jetzt als Vorklärung verwendet. Hier werden absetzbare Stoffe und Schwimmstoffe als Klärschlamm abgeschieden und einmal jährlich abgesaugt und ordnungsgemäß in der Kläranlage entsorgt. Der verbleibende dritte Behälter dient jetzt als Löschwasserspeicher, der durch das Regenwasser des Hütten-daches gespeist wird.

Durchschnittswerte (10 Jahres Zeitraum) Ablauf BKF

- | | | |
|---------|----------|------------------------|
| • BSB 5 | 11,7mg/l | 96% Reinigungsleistung |
| • CSB | 74,4mg/l | 90% ` |
| • pH | 7,0 | 24% |

Schematische Darstellung der Abwasserreinigungsanlage



5. FAZIT

Die oben aufgezeigte Energiebilanz zeigt die gemittelten Energieflüsse elektrisch und thermisch im Zeitraum seit der Abnahme am 10.08.2006 bis 09.10.2007, der Übergabe an den neuen Hüttenwirt Hr. Kirschke.

Mit dieser „Optimierung der Personalausstattung“ verringerte sich die elektrische Anschlussleistung der Hütte, insbesondere der Küchengeräte drastisch. Die elektrische Versorgungsanlage läuft seitdem nahezu störungsfrei (Ausfall BHKW). Die Energiebilanzen dürften sich entsprechend nach unten hin verändert haben. Entsprechende Messwerte sind sinnvollerweise erst nach Ablauf eines Jahres zu ermitteln.

Der neue Pächter der Hütte ist mit dem automatischen Betrieb sowie dem neuen Komfort einer funktionierenden Warmwasserbereitung und einer permanent nutzbaren Grundheizung des Gebäudes sehr zufrieden. Kritik findet die Höhe der Flüssiggas- und Wartungskosten. Der neue Pächter ist mit dem elektrischen Leistungsangebot der Anlage voll zufrieden.

05.07.2008

Ing. Büro EST Energiesystemtechnik GmbH
Dipl. Ing. Thomas Böttler



Anlage: Bericht in Flüssiggasmagazin