Sektion Neumarkt i. d. OPf. des Deutschen Alpenvereins e.V.
Pulverturmgasse 8
92318 Neumarkt

# Systematische Entscheidungsfindung durch Wirtschaftlichkeitsvergleich für Energie- und Abwassersysteme

–

# Kosteneinsparung und Umweltnutzen durch ein aktives Lastmanagementsystem

–

# Eine integrierte Betrachtung in Verbindung mit einer Membrankläranlage am Beispiel der Olpererhütte

Abschlussbericht über die Umsetzung eines Demonstrationsvorhabens unter dem Az: 24456-23 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dipl. Ing. Christian Walter (Energie, Abwasser)
Dipl. Ing. Simone Meuler (Abwasser)

Neumarkt, 20. April 2010

10/01

# Projektkennblatt
der
# Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

| AZ | 24456 | Referat | 23 | Fördersumme | 125.000 € |
|---|---|---|---|---|---|

**Antragstitel** **Demonstration umweltgerechter Ver- und Entsorgungssysteme am Beispiel des Neubaus der Olperer Hütte als Berg- und Schutzhütte auf 2.389 m ü. NN in den Zillertaler Alpen in Tirol/Österreich"**

**Stichworte** Energie, Abwasser, Wasser

| Laufzeit | Projektbeginn | Projektende | Projektphase(n) |
|---|---|---|---|
| **2 Jahre** | **07.2007** | **07.2009** | |

Zwischenberichte

**Bewilligungsempfänger** Sektion Neumarkt i. d. OPf. des
Deutschen Alpenvereins e. V.
Mussinanstraße 95
92318 Neumarkt

Tel 0 91 81 / 35 00
Fax 0 91 81 / 44 08 11
Projektleitung
Herr Henning Berkan
Bearbeiter

**Kooperationspartner** Walter Ingenieure GmbH, Zum Sperlasberg 4, 92355 Velburg
Tel.: 09182 / 93199-10

## *Zielsetzung und Anlass des Vorhabens*

In den bekannten Projekten zur „Demonstration umweltgerechter Ver- und Entsorgungssysteme" wurden in der Vergangenheit bei stromnetzfernen Systemen wertvolle Erkenntnisse und Innovative Ansätze in den Bereichen Energieversorgungs- und Abwasseranlagen jeweils in den einzelnen Technologiedisziplinen verfolgt und erfolgreich umgesetzt. In der Zusammenschau der Disziplinen Inselstromerzeugung, Verbraucher und Abwasserbeseitigung stößt man bei einer integrierten Betrachtung der Anlagen auf eine Optimierungsaufgabe, deren Lösung gleichzeitig die Effizienz eines Rapsöl BHKW und der Lebensdauer von Bleiakkumulatoren im Zusammenspiel mit einer PV- Anlage verbessert. Als Ansatz wurde zur Lösung der Aufgabe auf der Olpererhütte ein aktives Stromlastmanagement der Stromverbraucher und der Abwasserbeseitigungsanlage gewählt.

## *Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden*

Alle relevanten und im regulären Betrieb abschaltbaren elektrischen Verbraucher werden über Relaiskontakt ansteuerbar in der Starkstromverteilung versorgt (z. B. Kühlgeräte mit Kältespeicher, Abwasseranlage mit Puffer, Freigaben für Waschmaschine und ggf. Geschirrspüler). Die eigentliche Optimierungsaufgabe übernimmt eine separate, speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), welche die Verbraucher entsprechend Ihrer Verwendung zu- oder abschaltet. Damit soll ein elektrisches Lastprofil erzwungen werden, dass gleichermaßen optimal geringe Volllaststunden für den BHKW-Betrieb und wenige Lade-/ Entladevorgänge am Akkumulator (bei gleichzeitig geringer Entladetiefe) generiert. Als Folge wird sich ein höherer elektrischer Wirkungsgrad beim BHKW und eine erhöhte Lebensdauer bei den Bleiakkumulatoren einstellen. Dabei wird besonders darauf geachtet, dass die eigentlichen Steuerungsaufgaben (z. B.: Heizung, Lüftung), die Energieversorgung und Abwasseranlage auch ohne diese Optimierung automatisch oder auf der Handbedienebene betrieben werden können, was insbesondere auf Berghütten unerlässlich ist. Hierzu sind die Relais in den Verteilungen so angebracht, dass der Nutzer jeweils eine Umschaltung zwischen 0-Auto-Ein vornehmen kann.

Besondere Sorgfalt muss bei der Festlegung eines Optimierungsalgorithmus und dessen Programmierung bei dem Zusammenspiel der Disziplinen BHKW, Abwasserbeseitigungsanlage, PV-Anlage, Akkumulatortechnologie angewendet werden. Über eine Datenfernauslese- und Fernwirkeinrichtung können während des Betriebes Daten abgerufen und Parameter verändert werden.

In bisherigen Überlegungen und Entwicklungen wurde die aktive Ansteuerung von elektrischen Verbrauchern nicht in Erwägung gezogen, um Primärenergieeinsatz und Lebensdauer von Akkumulatoren zu verbessern. Insofern wird mit einem aktiven Lastmanagement der Stand des Wissens und Technik erweitert werden, was im Ziel mit einer Umweltentlastung verbunden ist.

## *Ergebnisse und Diskussion*

Am Beispiel des Hybriden Energieversorgungssystem (Generator/BHKW + Wechselrichter + Akkusystem + Photovoltaik) der Olpererhütte wurde das neu konzipierte **Aktive Lastmanagementsystem** getestet. Es ist in der Lage zeitlich „abschaltbare" elektrische Verbraucher ohne wahrnehmbaren Einfluss auf den Hüttenbetrieb ab- und zuzuschalten und damit den Elektrischen Lastgang entsprechend der Erwartungen zu verformen. Die speicherfähigen Verbraucher (wie z.B. Kühl- Gefriergeräte, Schankanlage, Kläranlage, Druckluftspeicher) erhöhen die Leistungsaufnahme bei Freigabe der Verbraucher entsprechend, bei Abschaltung ist die Last auf Grund der nur notwendigerweise betriebenen elektrischen Verbraucher sehr gering. Bei gleichzeitiger Freigabe des BHKW in der Hochlastzeit, und Abschaltung in den Lastabwurfperioden, wird damit auch eine höhere Vollaststundenzahl für das BHKW erreicht. In Messreihen wurde nachgewiesen, dass bei konstantem Elektrischen Wirkungsgrad des BHKW, die Belastung des Akkumulators (Ladungsumsatz) um den Faktor 3 reduziert wurde. Je nach eingestelltem prozentualen Grad der Volladung des Akkumulators durch Vorgabe der Ladeschwelle über den Wechselrichter, kann man wahlweise den Effekt der Reduktion des Ladungsumsatzes, oder der Brennstoffreduktion einstellen. Am Beispiel wurde gezeigt, dass das Lastmanagementsystem bei dem kostenintensiven Baustein Akkumulator zu einer Halbierung der Kapazität, der Kosten und der Umweltbelastung (Blei) führte. Die fortwährenden Forderungen von Fachleuten hinsichtlich regelmäßiger Durchführung von Volladungen für die Verlängerung der Akkulebensdauer, stellt in der Praxis ein bisher kaum gelöstes Problem dar, da ein langer Teillastbetrieb mit Generator/BHKW einen hohen Brennstoffverbrauch mit sich zieht und vermieden wird. Mit Hilfe des Aktiven Lastabwurfsystems wurde gezeigt, dass man auch im Zusammenspiel mit einer relativ klein dimensionierten Photovoltaikanlage Volladungen erreicht, ohne dass der Generator betrieben werden muss. Der Akkumulator wird zu Tagebeginn durch den Generator/BHKW nur bis ca. 90% vollgeladen. Ab ca. 09:00 werden bei beginnender Teillast des Generators die elektrischen Verbraucher durch Lastabwurf und zusätzlich das BHKW abgeschaltet. Mit beginnender Sonneneinstrahlung kann der Akkumulator, mit kleiner Leistung durch die Photovoltaikanlage, über mehrere Stunden vollgeladen werden. Ohne gezielte Lastabschaltung wäre das nicht möglich.

Es liegt nahe, dass der Einsatz eines Aktiven Lastmanagementsystems bei der Nachrüstung in bestehenden, hybriden Energieversorgungssystemen, zu ähnlich guten Ergebnissen führen sollte. Dort könnte ein Feldtest bei wenigen Anlagen, mit einfachen, nur zeitlich gesteuerten Lastabschaltungen, ein großes Potential an Brennstoffreduktion oder Einsparung von Akkumulatorkapazitäten eröffnen. Damit könnte, bei einer Vielzahl von Berg-Hütten, ein großes Umweltnutzenpotential erschlossen werden.

## *Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation*

Eine Erste Präsentation der Idee des Aktiven Lastmanagementsystem erfolgte im Rahmen des 8. Internationalen Fachseminar „Umweltgerechte Konzepte für Berg- und Schutzhütten" 2008. Dort wird auch im Rahmen des Fachseminars im Jahr 2011 die Veröffentlichung und Präsentation der Ergebnisse stattfinden können. Interessierte Personen, können diesen Bericht(pdf- Dokument) auch vom Verfasser erhalten.

## *Fazit*

Die positiven Ergebnisse und Messungen zur Theorie des Aktiven Lastmanagement haben durchaus überrascht. Insbesondere konnte das erprobte System seine konkreten Vorteile bei der Akkumulatorbelastung in der Praxis, durch die einmalige Situation auf Grund der Verdreifachung des Energieverbrauches beweisen. Ideal waren hier die Vorraussetzungen in Bezug auf die Planung des Systems bei einem Hüttenneubau. Die überwiegende Zahl von Hütten macht jedoch den Gebäudebestand aus, bei dem immer und immer wieder die Entscheidung ansteht, das vorhandene Energiesystem, zumindest den Akkumulator ersetzen zu müssen. Hier gilt es noch ein bedeutendes Umweltnutzenpotential abzuschöpfen, wenn man die positiven Ergebnisse aus diesem Projekt auch nur annähernd auf bestehende Hütten übertragen könnte. Die Erprobung einer einfachen Lösung an z.B. drei ausgewählten Hütten wäre hier sehr sinnvoll und wünschenswert.

# Inhaltsverzeichnis


1 Verzeichnis von Abbildungen ..... 6
2 Verzeichnis von Tabellen ..... 7
3 Verzeichnis von Begriffen und Definitionen ..... 8
3.1 Allgemeine und energietechnische Begriffe und Definitionen ..... 8
3.2 Abwassertechnische Begriffe und Definitionen ..... 9
4 Zusammenfassung ..... 10
5 Einleitung ..... 11
6 Energie -/Gebäudetechnik und Abwasseranlage ..... 13
6.1 Ausgangssituation ..... 13
6.2 Annahmen und Aufgabenstellung ..... 13
6.3 Zwei energietechnische Lösungsvarianten ..... 14
6.3.1 Detaillierter Wirtschaftlichkeitsvergleich von zwei energietechnischen Varianten ..... 16
6.3.2 Planung der Gebäudetechnik / Energietechnik auf Basis der Entscheidung für das gewählte System ..... 17
6.4 Zwei abwassertechnische Lösungsansätze ..... 18
6.4.1 Vergleich einer Tropfkörperanlage und eines Belebtschlammystems mit Mem-branfiltration ..... 18
6.4.2 Der Wirtschaftlichkeitsvergleich ..... 19
6.4.3 Auslegungsgrundlagen der MBR Anlage ..... 21
6.4.4 Aufbau und Verfahrenstechnik ..... 21
6.5 Konsequenzen aus der Steigerung der Hüttenauslastung um das bis zu 3-fache ..... 24
6.5.1 Die abwassertechnischen Konsequenzen ..... 24
6.5.2 Die energietechnischen Konsequenzen und Energiebilanz ..... 27
6.6 Das aktive Lastmanagement ..... 31
6.6.1 Beschreibung und Verbraucher ..... 31
6.6.2 Die Messergebnisse und Betriebserfahrungen am Beispiel Olpererhütte ..... 33
6.6.3 Die Rolle der gewählten Kläranlage mit Membrantechnologie ..... 41
6.7 Innovation durch Einfachheit ..... 41
6.8 Dokumentation der abwassertechnischen Betriebsdaten ..... 43
6.8.1 Der Wasserverbrauch ..... 43
6.8.2 Die Reinigungsleistung ..... 45
6.8.3 Reststoffe ..... 48
6.8.4 Die Betriebserfahrungen, Störungen und Wartungsaufwand ..... 51
7 Vergleich von Ist-Stand mit Planung und Hüttenevaluation – eine Nachbetrachtung der Wirtschaftlichkeit ..... 53
7.1 Der energietechnische Ist-Stand im Vergleich mit der Planung ..... 53
7.2 Der energietechnische Ist-Stand im Vergleich mit anderen Hütten und den Ergebnissen der Hüttenevaluation ..... 54
7.3 Der abwassertechnische Ist-Stand im Vergleich mit der Planung ..... 55
7.4 Der abwassertechnische Ist-Stand im wirtschaftlichen Vergleich mit den Ergebnissen der Hütten-Evaluation ..... 56
8 Fazit ..... 57
9 Literaturverzeichnis ..... 58
10 Anhang ..... 1
10.1 Planungsannahmen (2005) aus den Daten der ursprünglichen Hütte für das erste Betriebs-jahr 2008 und die gemessenen Daten 2009 (A1) ..... 1
10.2 Anleitung und Beispiel für Berechnungen nach VDI 2067 /VDI 6025 (A2) ..... 1
10.3 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Energieversorgungsvariante 100 % Photovoltaik – Variante 2 (A3) ..... 3
10.4 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Energieversorgungsvariante 92 % BHKW + 8 % Photovoltaik – Variante 1 (A4) ..... 5

10.5 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante1: Belebtschlammanlage + Membranfiltration (75% Fördersatz), (A5) ..... 7
10.6 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante 2: Tropfkörperanlage (75% Fördersatz) (A6) ..... 9
10.7 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante1: Belebtschlammanlage + Membranviltration (40% Fördersatz) (A7) ..... 11
10.8 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante 2: Tropfkörperanlage (40% Fördersatz) (A8) ..... 13
10.9 Elektrische und Thermische Verbrauchsanalyse für die Olpererhütte (A9) ..... 15
10.10 Elektrische und Thermische Energiebilanz auf der Olpererhütte (A10) ..... 17
10.11 Vor -und Nachteile beim System MBR und Tropfkörperanlage (A11) ..... 18
10.12 Auslegung der Abwasseranlage (Planung 2005) für das erste Betriebsjahr 2008 (A12) ..... 19
10.13 Auslegung der Abwasseranlage nach der Ertüchtigung für das Betriebsjahr 2009 (A13) ..... 20
10.14 Anlagenteile bei der MBR – Anlage nach der Ertüchtigung (A14) ..... 21
10.15 Detaillierte Aufschlüsselung des Stromverbrauchs im Jahr 2009 (A15) ..... 21
10.16 Darstellung der Bedienoberfläche des Aktiven Lastmanagementsystems (A16) ..... 22
10.17 Nachberechnung der Wirtschaftlichkeit für das Energieversorgungssystem auf Basis der Ist-Werte – Messung 2009 (A17) ..... 23

# 1 Verzeichnis von Abbildungen


Abbildung 1: Blick auf die Olpererhütte....11
Abbildung 2: Versorgungssystem auf der Olpererhütte in 3D Darstellung: Strom- und Wärmeerzeugung mit Verbrauchern und aktivem Lastmanagement. ....13
Abbildung 3: Diagramm Wirtschaftlichkeitsvergleich 92% Rapsöl + 8% PV oder 100% PV....17
Abbildung 4: Links: Blick auf das BHKW mit Pufferspeicher, Rapsöltanks im Hintergrund ; rechts: Inselwechselrichter (oben) und PV-Wechselrichter mit Datenpuffer (unten) ....18
Abbildung 5: Einteilung von Abwasseranlagen gemäß Klassifizierung im Endbericht „Integrale Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten“ [Ste10]. ....18
Abbildung 6: Ursprüngliches Abwasserkonzept der Olpererhütte für Inbetriebnahmejahr 2008 ....21
Abbildung 7: Behälter der Kläranlage im Technikraum der Olpererhütte (links)....22
Abbildung 8: Membranmodul im MBR-Tank bei Inbetriebnahme in Reinwasser (rechts).22
Abbildung 9: Aufbau des Separators ....23
Abbildung 10: Schema für modifiziertes Abwasserkonzept der Olpererhütte 2009....26
Abbildung 11: Nachgerüstete, mechanische Vorreinigung (HUBER Ro9) ....26
Abbildung 12: Energiebilanz nach Erzeugung, Verbrauch, Verluste im Jahr 2009 ....29
Abbildung 13: Stromverbrauch im Jahr 2009 nach Verbrauchergruppen....29
Abbildung 14 Abhängigkeit der Lebensdauer (Anzahl der Lade-/Entladezyklen) des OPZS Bleiakkumulator auf der Olpererhütte in Abhängigkeit von der Entladetiefe30
Abbildung 15: Typischer Verbraucherlastverlauf (z.B. 3-4-7-9-8-5 KW) ohne Beeinflussung durch Lastmanagement ....31
Abbildung 16: Typischer Verbraucherlastverlauf (z.B. 12-7-9-3-3-2 KW) mit Beeinflussung durch Lastmanagement ....32
Abbildung 17: Das Prinzip der Abschaltung des Verbraucherstromkreises beim aktiven Lastmanagement durch Schalter/ Schütze im Stromkreisverteiler / Unterverteiler ....33
Abbildung 18: Typischer elektrischer Tageslastgang des Bedarfes auf der Olpererhütte ohne Beeinflussung durch das Lastmanagement. ....34
Abbildung 19: Typischer elektrischer Tageslastgang des Bedarfes auf der Olpererhütte mit Beeinflussung durch das Lastmanagement. ....34
Abbildung 20: Elektrische Leistungsanforderung an den Generator / BHKW mit Lastmanagement....35
Abbildung 21: Akkumulatorbelastung (Ladung/Entladung) ohne Lastmanagement....36
Abbildung 22: Akkumulatorbelastung (Ladung/Entladung) mit Lastmanagement....36
Abbildung 23: Treibstoffverbrauch in Abhängigkeit der elektrischen Leistungsabgabe für den BHKW Typ KWE 12P-4SI auf der Olpererhütte ....38
Abbildung 24: Elektrische Leistungsanforderung an den Generator / BHKW ohne Lastmanagement....39
Abbildung 25: Ladezustandsverlauf des Akkumulators am 27.06.09 – ohne Lastmanagement....40
Abbildung 26: Ladezustandsverlauf des Akkumulators am 19.09.09 – mit Lastmanagement....41
Abbildung 27: Wasserverbrauch Saison 2008/2009 im Vergleich zur Planung....44
Abbildung 28: Aufteilung Wasserverbrauch Saison 2008/2009 im Vergleich....45
Abbildung 29: Auswirkung der Schmutzfrachtüberlastung auf die Biologie....46

Abbildung 30: Fäkalschlammseparatoren mit verschiedenen Hinterfüllmaterialien (von links: Kokosfasermatte 400 g/m², Geotextil 400 g/m², Holzhackschnitzel) ..48
Abbildung 31: Bestimmung des Rottegrades....50
Abbildung 32: Vergleich der spezifischen Energieerzeugungskosten der Olpererhütte mit dem Hojoch-Hospiz....54
Abbildung 33: Vergleich von spezifischen Barwerten der Abwasseranlagen aus der Hüttenevaluation mit dem ermittelten Barwert auf der Olpererhütte....56

## 2 Verzeichnis von Tabellen

Tabelle 1: Kennzahlen zur alten und neuen Olpererhütte....14
Tabelle 2: Energietechnische Variante 1 (überwiegende Bedarfsdeckung über BHKW)15
Tabelle 3: Energietechnische Variante 2 (100 % Photovoltaikdeckung) ....15
Tabelle 4: Systematik der VDI 2067 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung....16
Tabelle 5: Wirtschaftlichkeitsvergleich 92% Rapsöl + 8% PV oder 100% PV....16
Tabelle 6: Vergleich von Jahresgesamtkosten (VDI 2067) für die Abwasservarianten MBR und Tropfkörperanlage bei verschiedenen Fördersätzen ....19
Tabelle 7: Schmutzfrachten und Wassermengen für die Bemessung ....25
Tabelle 8: Reduktion der elektrischen Leistungsaufnahme bei Geräten mit Hilfe eines Heißwasseranschlusses ....28
Tabelle 9: Spezifischer Treibstoffverbrauch für die Leistungsabgabe in 1 kW Schritten beim BHKW Typ KWE 12P-4SI auf der Olpererhütte ....38
Tabelle 10: Wasserverbrauch und Saisondauer der Abwasseranlage....43
Tabelle 11: Messwerte aus Stichproben Saison 2008 ....46
Tabelle 12: Messwerte aus Stichproben Saison 2009 ....47
Tabelle 13: Analysierte Abwasserproben im Vergleich zu den Grenzwerten ....50
Tabelle 14: Nachkalkulation der Jahresgesamtkosten für die Olpererhütte im Jahr 2009 für die gewählte Versorgung mit Rapsöl und Photovoltaik ....53
Tabelle 15: Nachkalkulation der Jahresgesamtkosten für die Olpererhütte im Jahr 2009 für eine Versorgung mit 100 % Photovoltaik ....54
Tabelle 16: Jahresgesamtkosten (Nachkalkulation) für zwei Abwassersysteme auf Basis der erweiterten Anlagenbemessung auf 134 EW60 auf der Olpererhütte für das Jahr 2009....55

# 3 Verzeichnis von Begriffen und Definitionen

## 3.1 Allgemeine und energietechnische Begriffe und Definitionen

| Symbol/Abkürzung | Einheit | Bedeutung |
|---|---|---|
| Aktives Lastmanagement | | Steuerung, die elektrische Verbraucher nach Zeitintervallen oder anderen Bedingungen zu- und abschaltet. |
| HOAI | | Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. |
| VDI 2067 | | Norm für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit gebäude-technischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung |
| VDI 6025 | | Norm für betriebswirtschaftliche Berechnungen von Investitionsgüter und Anlagen |
| BHKW | | Abkürzung für Blockheizkraftwerk, bei kleineren besser als Motorheizkraftwerk bezeichnet, da es sich meist um ein Stromaggregat mit Nutzung von Abwärme handelt |
| EEG | | Erneuerbare- Energien- Gesetz |
| Annuität | % | Summe von Zins und Tilgung für einen Geldbetrag (bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung die Investitionssumme) |
| Kapitalgebundene Kosten / Kapitaldienst | € | Jährliche Kosten der Annuität. Meist werden hierzu auch die prozentualen Instandsetzungskosten addiert. |
| Tageslastgang | kW | Eine in der Energietechnik übliche Darstellung des Tagesverlauf der elektrischen Leistung nach 1/4h-Mittelwerten |
| 1/4h Mittelwert | kW | Gemittelte Leistung von Verbrauchern über einen Zeitraum von ¼ - Stunde |
| Amperestunden | Ah | Kapazität eines Akkumulators |
| E / W | kWh | Produkt aus Leistung über einen Zeitraum |
| P | kW | Leistung |
| Ladezyklus | | Einmalige Beladung eines Akkumulators |
| OPZS | | Akkumulatortyp: Blei mit geschlossenen Gitterplatten und flüssigem Elektrolyt |

## 3.2 Abwassertechnische Begriffe und Definitionen

| Symbol/Abkürzung | Einheit | Bedeutung |
|---|---|---|
| $A_M$ | m² | Membranfläche |
| AFS | | abfiltrierbare Stoffe |
| BB | | Belebungsbecken |
| $B_d$ | kg/d | Tägliche Zulauffracht |
| $BSB_5$ | mg/l | Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen |
| $B_{TS}$ | kg/(kg·d) | Schlammbelastung |
| CSB | mg/l | Chemischer Sauerstoffbedarf |
| EW | | Einwohnerwert |
| EGW | | Einwohnergleichwert |
| Flux | l/m²h | Spezifische Membran-Flächenbelastung |
| HW | | Heißwasser, 70℃ |
| KW | | Kaltwasser |
| MBR | | Membranbioreaktor |
| $N_{anorg}$ | mg/l | Anorganischer Stickstoff (= $NH_4$-N + $NO_3$-N + $NO_2$-N) |
| NH4-N | mg/l | Ammoniumstickstoff |
| $NO_2$-N | mg/l | Nitritstickstoff |
| $NO_3$-N | mg/l | Nitratstickstoff |
| $O_2$ | mg/l | Sauerstoffgehalt |
| T | ℃ | Temperatur |
| TMP | bar | Transmembrandruck (transmembrane pressure) |
| $TS_{BB}$ | g/l | Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken |
| Permeat | - | Filtrat nach Membranfiltration |
| $P_{ges}$ | mg/l | Gesamtphosphor |
| $PO_4$-P | mg/l | Phosphat-Phosphor |
| $Q_d$ | m³/d | Täglicher Volumenstrom |
| $Q_S$ | m³/d | Schmutzwasseranfall |
| V | m³ | Volumen |
| VKB | | Vorklärbecken |
| WW | | Warmwasser |

# 4 Zusammenfassung

Im Vorfeld der Entscheidungsfindung für ein Ver- und Entsorgungssystem sollen die für die spätere Entscheidung erforderlichen Disziplinen (Energieerzeugung / Regenerative Energietechnik, Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Wasser- und Abwassersysteme), Elektrotechnik, Verfahrenstechnik-/Abwassertechnik) nicht technisch vertieft werden. Sind die möglichen Varianten umwelttechnisch vergleichbar, dann sollte eine **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** im Vordergrund stehen, damit der Eigentümer / Betreiber keine Fehlentscheidung trifft. Hierfür sind genormte Darstellungen, z.B. nach VDI 2067 oder VDI 6025 sinnvoll, verlangen aber vom Planer zusätzliche, spezielle Kenntnisse. Ist das langfristig wirtschaftlichste Energiever- und Abwasserentsorgungssystem für die Berg- oder Schutzhütte gefunden, sollte erst begonnen werden, die vertiefte Anlagenplanung weiter zu betreiben. Am Beispiel der Olpererhütte konnte diese Vorgehensweise als sehr gewinnbringend für den Eigentümer / Betreiber nachgewiesen werden und hielt auch einer Nachberechnung auf Grund drastisch gestiegener Hüttenbelegungszahlen stand.

Am Beispiel des hybriden Energieversorgungssystem (Generator/BHKW + Wechselrichter + Akkusystem + Photovoltaik) der Olpererhütte wurde auch erstmals ein neu konzipiertes Aktives Lastmanagementsystem getestet. Es ist in der Lage, zeitlich „abschaltbare“ elektrische Verbraucher ohne wahrnehmbaren Einfluss auf den Hüttenbetrieb ab- und zuzuschalten und damit den elektrischen Lastgang zu verformen. Dadurch kann der Generator mit einem höheren Anteil an Volllaststunden betrieben werden, oder nachweislich die Belastung des Akkumulators um den Faktor 3 reduzieren. Am Beispiel wurde gezeigt, dass dies gerade bei dem kostenintensiven Baustein Akkumulator auch zu einer Halbierung der Kosten führte. Der Einsatz eignet sich auch zur Nachrüstung einer Vielzahl von bestehenden, hybriden Energieversorgungssystemen. Durch den Lastabwurf wird auch erreicht, dass die immer wieder für die Akkulebensdauer geforderten Vollladungen in der Praxis erreicht werden können, ohne dass ein Generator dafür über Stunden im niedrigen Teillastbetrieb betrieben werden muss. Der Akkumulator wird zu Tagesbeginn durch den Generator/BHKW nahezu vollgeladen. Ab ca. 09:00 Uhr werden bei beginnender Teillast des Generators die elektrischen Verbraucher durch Lastabwurf und das BHKW abgeschaltet, so dass mit beginnender Sonneneinstrahlung die Photovoltaikanlage über mehrere Stunden den Akkumulator mit kleiner Leistung vollladen kann.

Das gewählte Abwassersystem **als Belebungsanlage mit Membranfiltration** wurde im Rahmen dieser Gesamtkonzeption im Vergleich zu einem Festbettsystem als das wirtschaftlichere System ausgewählt. Es hat sich trotz anfänglicher Bedenken hinsichtlich Wartungs- und Störanfälligkeit als gute Alternative für den Betrieb auf einer Schutzhütte erwiesen. Der besondere Vorteil der Anlagentechnik hinsichtlich Rückführung von Permeat für die Toilettenspülung wurde noch nicht ausgenutzt. Die kompakte und flexible Anlagenkonzeption hat hinsichtlich der Erweiterungsfähigkeit bei extremen Überlastsituationen überzeugt. Ebenso war der integrierte Betrieb im Zusammenhang mit dem aktiven Lastmanagement sehr stabil. Die Sauerstoffregelung hat sich hier insbesondere auch als energieoptimierte Lösung empfohlen.

# 5 Einleitung

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In den geförderten Projekten „Demonstration umweltgerechter Ver- und Entsorgungssysteme“, wurden in der Vergangenheit wertvolle Erkenntnisse und innovative Ansätze in den Bereichen Energieversorgungs- und Abwasseranlagen, jeweils auch vertieft in den einzelnen Technologiedisziplinen verfolgt, erfolgreich getestet und umgesetzt. Bei Kenntnis der jeweils einsetzbaren Technologien und der jeweiligen Ver- und Entsorgungsaufgabe, erscheint es für den Planer/ Eigentümer von Berg- und Schutzhütten zunächst eine Selbstverständlichkeit zu sein, **vor** der Festlegung oder Auswahl der Technik, die wirtschaftlichste Variante der Energieerzeugung in Verbindung mit der dazu passenden Abwassertechnologie herauszufinden. Dabei ist vorausgesetzt, dass jede Variante auch einen überdurchschnittlichen Umweltnutzen erreicht. Die Zusammenhänge sind insofern komplex, als dass sie in der Regel mehrere eigenständige, technische Disziplinen umfassen:

- Energieerzeugung / Regenerative Energietechnik
- Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Wasser- und Abwassersysteme)
- Elektrotechnik
- Verfahrenstechnik-/Abwassertechnik

Der Eigentümer, zusammen mit seinem Pächter als Betreiber einer „Berghütte“, stellt jedoch insbesondere den späteren, wirtschaftlich optimalen Betrieb in den Vordergrund, so dass der versierte Fachplaner in der Vorplanungsphase die Vielzahl der technischen Anlagen in technisch sinnvolle Varianten zusammenstellen und abwägen muss. Besonders wichtig erscheint in diesem Zusammenhang, dass der Planer in dieser Phase zunächst ohne Vorlieben für eine bestimmte Technik, in neutraler Zusammenschau die möglichen Varianten in einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung miteinander vergleicht, z. B nach VDI 2067 oder VDI 6025 [VDI96, VDI00, VDI88].

**Abbildung 1: Blick auf die Olpererhütte**

Erst dann hat der Eigentümer eine verlässliche Entscheidungsgrundlage für seine Investition. Diese integrierte Vorgehensweise bei einer Planung fordert aber zunächst ein fundiertes Wissen über diese Wirtschaftlichkeitsberechnungen, so dass hier erst einmal Spezialwissen über die vorgenannten Technikdisziplinen in den Hintergrund rücken muss.

Dies explizit zu erwähnen erscheint wichtig, weil,

- die Gefahr besteht, dass dieser Schritt nur halbherzig durchgeführt wird
- wirtschaftliche Betrachtungen bei Planern mit einem zusätzlichen Haftungsrisiko verbunden sind (z.B. Zuschlägen bei der Berufshaftpflichtversicherung)
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht im Grundhonorar der HOAI [HOAI09] bei Planungen enthalten sind, sondern eine besondere Leistung darstellen

Auf Grund der vorgenannten Punkte besteht die Gefahr, dass die Investitionsentscheidung ohne diese Vorausschau aller Kosten erfolgt und ein hohes Risiko eingegangen wird. Beim vorliegenden Projekt der Olpererhütte wurde im Vorfeld der Planung, zusammen mit dem Auftraggeber, besonders sorgfältig darauf geachtet, dass für die Olpererhütte die Technikvariante, hinsichtlich Investition und der späteren Betriebskosten durch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorausbestimmt wird. Erst nach einer Vorentscheidung über die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Anlagenkombinationen, wurde im zweiten Schritt die konkrete Planung begonnen.

**Aktives Lastmanagement**

Nach der intensiven Zusammenschau der Disziplinen Inselstromerzeugung, Verbraucher inklusive Abwasserbeseitigung (integrierte Betrachtung), stieß man auf eine Optimierungsaufgabe, deren Lösung gleichzeitig die Effizienz eines Rapsöl-BHKW und der Lebensdauer von Bleiakkumulatoren im Zusammenspiel mit einer PV- Anlage verbessern sollte. Dafür wurde es notwendig, dass man die Verbraucher abschalten kann und damit auch die Abwasseranlage in bestimmten Zeitabschnitten, unter den gegebenen abwassertechnischen Rahmenbedingungen.

Dieser innovative, energietechnische Ansatz, wurde auf der Olpererhütte mit der Entwicklung und erstmaliger Installation eines **Aktiven Stromlastmanagement der Stromverbraucher** beschritten. In der nachfolgenden Abbildung 2, wird eine Übersicht für das gewählte System gegeben.

**Membranbelebungsanlage**

Als wichtige Fragestellung im Gesamtkonzept ging es auch darum, ob sich eine Membranbelebungsanlage im Praxistest für den integrierten Betrieb zusammen mit dem Lastmanagement eignet und ob sie generell für den Betrieb auf Berghütten eingesetzt werden kann. Der Gedanke an die Rückführung oder Wiederverwendung von membranfiltriertem Permeat aus der Kläranlage für die Toilettenspülung spielte dabei, im Hinblick auf künftig schwindendem Frischwasserzufluss aus Gletschergebieten, vorerst eine untergeordnete Rolle.

# 6 Energie -/Gebäudetechnik und Abwasseranlage

Der Ersatzbau für die neue Olpererhütte wurde am alten Standort errichtet. Sie liegt in 2389 m Höhe im Riepenkar unterhalb des Olperers in den Zillertaler Alpen (Hochgebirgs-Naturpark „Zillertaler Alpen“). Eigentümerin ist die Sektion Neumarkt/ Oberpfalz des Deutschen Alpenvereins e. V., Pulverturmgasse 8, 92318 Neumarkt, 1.Vorsitzender: Henning Berkan.

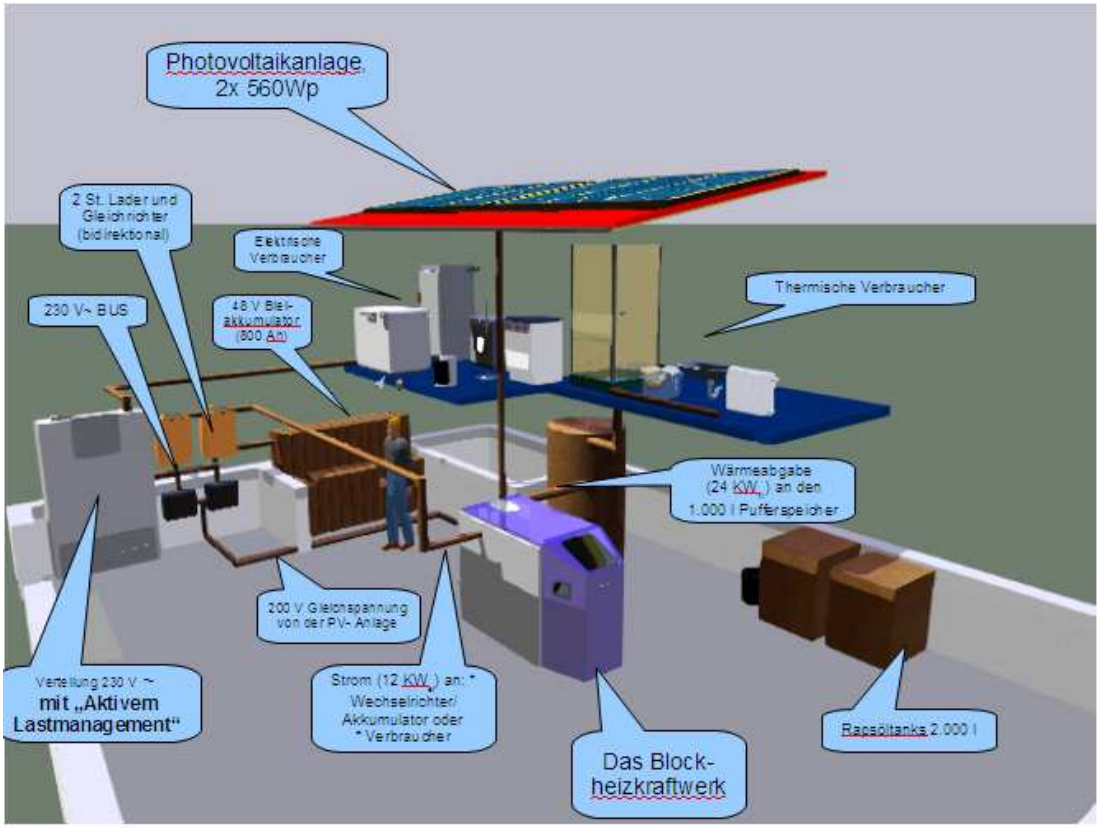



**Abbildung 2: Versorgungssystem auf der Olpererhütte in 3D Darstellung: Strom- und Wärmeerzeugung mit Verbrauchern und aktivem Lastmanagement.**

## 6.1 Ausgangssituation

Der Schlegeisstausee ist über eine Mautstraße erreichbar. Von dort dauert der Aufstieg etwa 1,5 Stunden (ca. 600 m Höhendifferenz). Es gibt keine Versorgungsmöglichkeit über einen Fahrweg, keine Materialseilbahn oder Ver- und Entsorgungsleitungen aus dem Tal. Hier verbleibt ausschließlich die Erreichbarkeit mit Hubschrauber oder zu Fuß. Betrieben wird diese Schutzhütte in der Kategorie I. Im Winter wird die Hütte nicht bewirtschaftet. Lediglich in der Winterhütte sind Notlager vorhanden. Die Verrieselung der Abwässer erfolgt in Hüttennähe. Die Wasserversorgung wird oberhalb der Hütte gefasst.

## 6.2 Annahmen und Aufgabenstellung

Für die Planung und Auswahl der ver- und entsorgungstechnischen Systeme wurden Angaben zu den Belegungszahlen von der Sektion (Grunddaten, vgl. nachfolgende Tabelle) herangezogen und weitere Annahmen dazu getroffen.

| Allgemeine Daten: | Daten der „alten“ Hütte | Annahmen der Planung 2005 (mit 27% Zuschlag zur Altanlage) | Gemessene Daten 2009 / Ist Stand |
|---|---|---|---|
| Errichtung/ Inbetriebnahme | | 2008 | |
| Personal | | 6 Personen | 5-8 Personen |
| Bewirtschaftungszeitraum | Juni – Sept | Juni - Sept. | Juni – Sept./Anf. Okt |
| Anzahl Tage der Bewirtschaftung | | 105 d/a | 120 d/a |
| Anzahl der Schlafplätze | 52 | 66 (27%- Steigerung) | 66 (27%- Steigerung) |
| Übernachtungsgäste/ Saison | 1.800 (max.2.000) | 2.538 (27% Aufschlag) | 4.619 (231% Steigerung) |
| Tagesgäste/Saison | 4.500 | 5.712 (27% Aufschlag) | 9.100 (202% Steigerung) |
| Personal / Saison | 315 | 480 | 700 |
| Gesamtbelegung / Saison | 6.815 | 8.730 | 20.319 |

**Tabelle 1: Kennzahlen zur alten und neuen Olpererhütte**

## 6.3 Zwei energietechnische Lösungsvarianten

Für die elektrische Versorgung der Schutzhütte kamen für den **Neubau** im Wesentlichen zwei technische Varianten in Frage, die sich der wirtschaftlichen Überprüfung unterziehen mussten.

Variante 1: Rapsöl BHKW mit 92% Deckung + Photovoltaikanlage mit ca. 8% Deckung

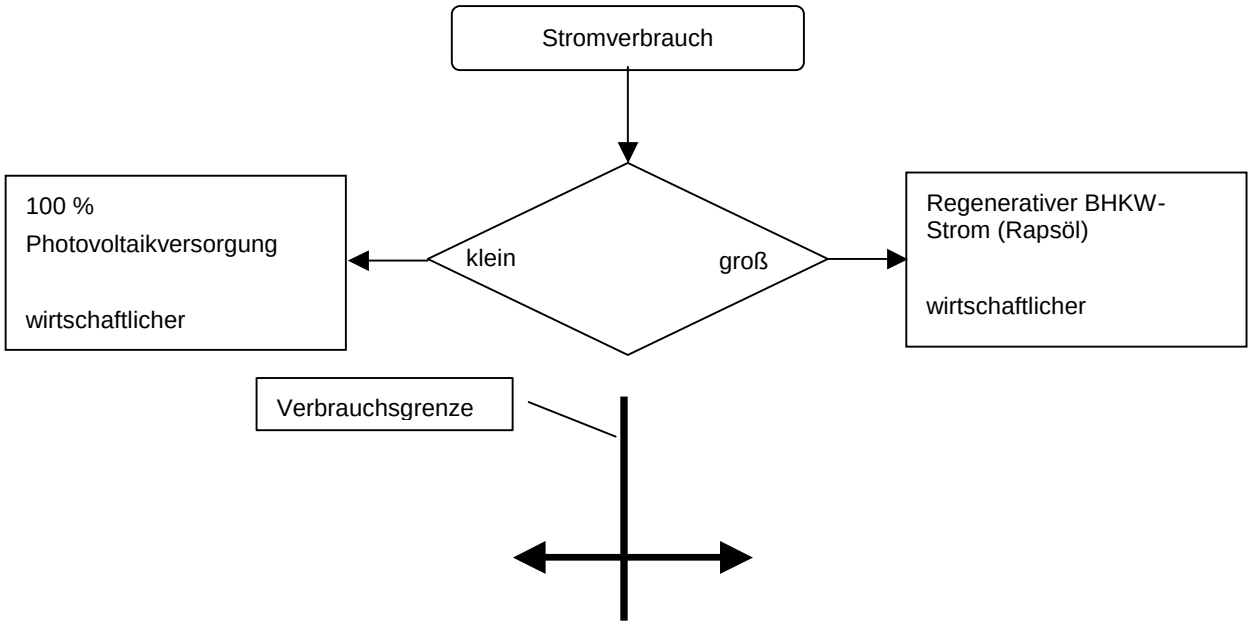
oder

Variante 2: Photovoltaikanlage mit 100 % Deckungsanteil

Hintergrund dieser Auswahl ist die generelle Erfahrung aus vielen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gleicher Anlagen, dass je nach Stromverbrauch des Objektes, eine generelle Aussage getroffen werden kann [Wal96], dass es eine Verbrauchsgrenze gibt, nach deren Überschreitung in der Regel eine BHKW- Versorgung wirtschaftlicher ist. Wo diese Grenze verläuft, bei denen die eine oder die andere Systemvariante die bessere Wirtschaftlichkeit aufweist, kann nicht generell festgelegt werden, diese hängt immer von mehreren Einflussfaktoren ab, wie z.B.:

- Zinssatz, aktuelle Fördermittel, Brennstoffpreise
- Eigenleistung und Engagement des Hüttenbetreibers

Doch generell ist, je nach Kosten für Wartung und Betriebsführung eines BHKW´s, bei den derzeitigen Rapsöl- und Modulpreisen davon auszugehen, dass ab einer bestimmten Stromproduktion der spezifische Stromgestehungspreis für das BHKW günstiger ist. Die aktuelle Entwicklung der Rapsölpreise und der Preisverfall bei Photovoltaikmodulen auf Grund von Änderungen im EEG- Gesetz, verschiebt diese Grenze derzeit zu Gunsten einer reinen Photovoltaikversorgung (vgl. auch Kap.7.1- Nachberechnung des Ist- Standes). Im nachfolgenden Schema ist dieser Zusammenhang dargestellt:




Beide Systeme wurden deshalb auf die Situation und Ausgangsdaten der Olpererhütte hin untersucht. Die berechnete **Variante 1** (Rapsöl BHKW mit 92% Deckungsanteil + Photovoltaikanlage mit 8 % Deckungsanteil) kann technisch wie folgt tabellarisch charakterisiert werden:

| | |
|---|---|
| Täglicher, elektrischer Verbrauch incl. Verluste: | 29,3 kWh/d |
| Täglicher thermischer Verbrauch Warmwasser | 35,5 kWh/d |
| Leistung des Photovoltaikanlage | 0,6 $KW_{pel}$ |
| Leistung des BHKW | 22 $KW_{el}$/<br>36 $KW_{th}$ |
| Wärmeerzeugung- Warmwasser über Abwärme BHKW<br>(Heizung Personalbereich/ Trockenraum/ Gaststube) | 24,9 KWh/d |

**Tabelle 2: Energietechnische Variante 1 (überwiegende Bedarfsdeckung über BHKW)**

Die **Variante 2** mit einer Photovoltaikanlage bei 100 % Deckungsanteil, ging gemäß der nachfolgenden Tabelle in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein:

| | |
|---|---|
| Täglicher, elektrischer Verbrauch incl. Verluste: | 29,3 kWh/d |
| Täglicher thermischer Verbrauch Warmwasser | 35,5 kWh/d |
| Leistung der Photovoltaikanlage | 9,2 $KW_p$ |
| Gasverbrauch für Wärmeerzeugung- Warmwasser<br>(Zusätzliche Gastherme für die Heißwasserbereitung) | 4 kg /d |

**Tabelle 3: Energietechnische Variante 2 (100 % Photovoltaikdeckung)**

### 6.3.1 Detaillierter Wirtschaftlichkeitsvergleich von zwei energietechnischen Varianten

Die entscheidende Frage für den Hütteneigentümer im Vorfeld der Planung ist nun, welche der technisch möglichen Varianten, die geringsten Jahreskosten verursachen wird. Dabei gehen wir davon aus, dass bereits bei der Auswahl der technischen Lösungen jeweils auch der gleiche Umweltstandard gesetzt wurde.

Für die beiden, vorgestellten Anlagenvarianten wurde die Wirtschaftlichkeit des Systems nach VDI 2067/ VDI6025 berechnet. Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen sowie Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren werden in der VDI 6025 (Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen, Nov. 96 S.1-150) detailliert erläutert. Die Grundzüge zur Annuitätenrechnung und ein Berechnungsbeispiel, wird im Anhang 10.2 allgemeinverständlich erläutert (A2):

Zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung der Investition unserer technischen Anlagen, dienen die Gegenüberstellungen von Jahresgesamtkosten. Unter Jahresgesamtkosten wird die Summe aus folgenden Kostengruppen (Tabelle 4) verstanden:

A) + Kapitalgebundene Kosten (Annuität einschl. Instandsetzung und Erneuerung),

B) + Verbrauchsgebundene Kosten (bzw. arbeitsabhängige, wie Brennstoffe o.ä.),

C) + Betriebsgebundene Kosten (z.B. Wartung, Betätigung),

D) + Sonstige Kosten (Versicherungen)

Summe A) – D) : Jahresgesamtkosten

**Tabelle 4: Systematik der VDI 2067 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Bei einem Vergleich von Anlagenvarianten ist dann diejenige Anlage **wirtschaftlicher**, für welche die Jahresgesamtkosten am geringsten sind.

Für die Variante 2 (Photovoltaikanlage mit 100% Deckungsanteil) wurden für den Solargenerator Kosten in Höhe von 55.200 € incl. MwSt. angesetzt. Der gesamte Fördersatz wurde mit 68% angenommen, so dass eine Restinvestition von 17.664 € verbleibt, die mit einer Lebensdauer/ Laufzeit von 20 Jahren und 5% Zinsen, jährliche Kapitalkosten K1 in Höhe von 1.417 € verursacht (Detaillierte Berechnungen im Anhang, A10.3 – A10.4).

| Angaben in € incl. 20% USt. | **Variante 1 (Rapsöl)** | **Variante 2 (100% PV)** |
|---|---|---|
| **Gesamtinvestition** der Wärme- und Stromversorgung (incl. MwSt.) | 156.532 | 178.680 |
| Kapitalgebundene Kosten | 4.064 | 5.388 |
| Instandsetzung | 607 | 725 |
| Verbrauchsgebundene Kosten | 1.274 | 307 |
| Betriebsgebundene Kosten | 780 | 396 |
| Sonstige Kosten | 130 | 410 |
| **Jahresgesamtkosten:** | **6.854** | **7.227** |

**Tabelle 5: Wirtschaftlichkeitsvergleich 92% Rapsöl + 8% PV oder 100% PV**

Die jährlichen Kosten für die Instandsetzung wurden mit 0,5% der Investition zu 276 €/a angesetzt. Für alle verschiedenen Anlagen (z.B. Module, Akku, usw.) werden diese Kosten

separat bestimmt, da z.B. die Lebensdauer der Akkumulatoren höchstens mit 8 Jahren angesetzt werden dürfen. Dementsprechend ergibt sich auch ein höherer jährlicher Kapitaldienst als bei 20 Jahren. Die gesamten, kapitalgebundenen Kosten betragen für die Variante 100% PV Deckung 5.388 €/a (Abb. 3), die jährlichen Kosten für die Instandsetzung 725 €/a. Addiert man hierzu noch die Kostengruppen für Verbrauch, Betrieb und Sonstiges, dann entstehen jährliche Kosten in Höhe von **7.227 € /Jahr** für die Energieversorgung mit 100% Strom aus Photovoltaik.

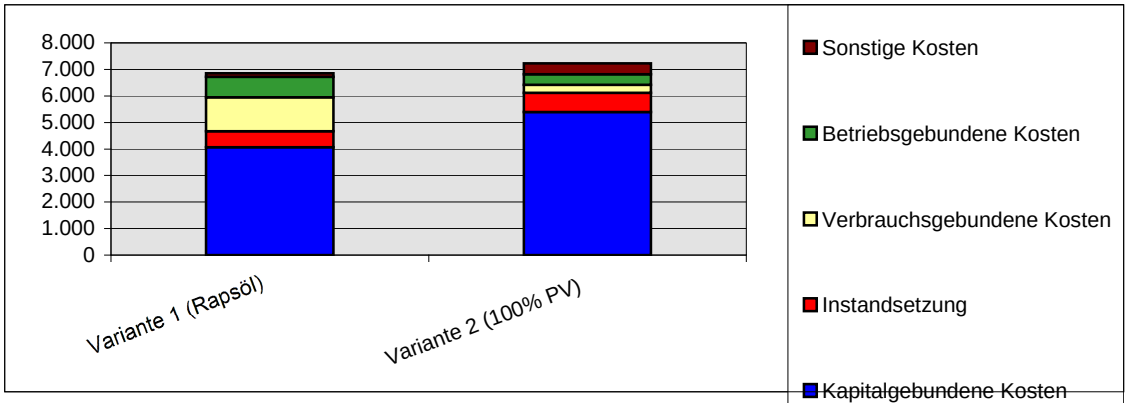



**Abbildung 3: Diagramm Wirtschaftlichkeitsvergleich 92% Rapsöl + 8% PV oder 100% PV**

Geht man ebenso für die Variante 1) vor, bei dem die Versorgung zu 92% aus dem BHKW erfolgt und nur zu 8% aus der PV Anlage, dann entstehen Jahresgesamtkosten in Höhe von 6.854 €/ Jahr.

**Die Variante 1) mit dem Rapsöl BHKW, ergibt sich also hier als die wirtschaftlichere Variante.** Auch für die Variante 1 ist eine detaillierte Betrachtung und Herleitung des Ergebnisses im Anhang dargestellt (10.4- A4)

Eine wesentliche Einflussgröße bei der Betrachtung ist die Höhe des Fördersatzes. Der gewählte Fördersatz für die Anlage (68%) ist sicherlich eine Obergrenze. Hinsichtlich der Entwicklung der Höhe von Fördergeldern, dürfte man für dieses Projekt und die Zukunft eher von sehr viel geringeren Sätzen ausgehen. Bei niedrigeren Fördersätzen schneiden Varianten mit höheren Investitionskosten schlechter ab. Dieser Zusammenhang wird beispielhaft beim Wirtschaftlichkeitsvergleich der abwassertechnischen Varianten (Kap.: 6.4.2) näher besprochen.

### 6.3.2 Planung der Gebäudetechnik / Energietechnik auf Basis der Entscheidung für das gewählte System

Letztlich wurden vom Arbeitskreis Olpererhütte des DAV Neumarkt, folgende Ergebnisse für die Entscheidung zu Gunsten der Variante mit dem Rapsöl BHKW und einer kleinen PV-Anlage herangezogen (Abb. 4):

1) Die bessere Wirtschaftlichkeit bei der Variante mit BHKW
2) Weitere Vorteile des BHKW gegenüber der PV- Variante:
    a. Elektrische Leistungsreserve in der Anlage, auch für künftige Hüttenentwicklungen
    b. Besseres Akkulademanagement mit verlängerter Lebensdauer
    c. Keine weitere Anlage für die Warmwasserbereitung erforderlich
    d. Die Abwärme des BHKW kann sinnvoll genutzt werden

**Abbildung 4: Links: Blick auf das BHKW mit Pufferspeicher, Rapsöltanks im Hintergrund ; rechts: Inselwechselrichter (oben) und PV-Wechselrichter mit Datenpuffer (unten)**

## 6.4 Zwei abwassertechnische Lösungsansätze

Für die Entscheidung zur Wahl der abwassertechnischen Anlage, hat die Sektion Neumarkt den Planer bei gleicher Vorgehensweise mit der Ausarbeitung von technischen Varianten beauftragt, die sich dann ebenso einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterziehen mussten.

### 6.4.1 Vergleich einer Tropfkörperanlage und eines Belebtschlammystems mit Membranfiltration

Der Fachplaner steht hier in der Verantwortung, im Wesentlichen jeweils einen Repräsentanten aus einer Gruppe von Abwassersystemen auszuwählen. Prinzipiell geht es darum, entweder ein Festbettsystem oder ein Belebtschlammsystem für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung auszuwählen, entsprechend einer Einteilung, wie sie z.B. auch bei der Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten angewandt wurde [Ste10]. Die nachfolgende Abbildung gibt hierzu eine Übersicht.

Übersichtstabelle HR-Systeme

| Festbettsysteme | Belebtschlammsysteme |
|---|---|
| Tropfkörper | Konv. Belebtschlamm |
| Bepflanztes Kiesbett | SBR-Anlage |
| Mech. Biofilter | MBR-Anlage |

**Abbildung 5: Einteilung von Abwasseranlagen gemäß Klassifizierung im Endbericht „Integrale Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten“ [Ste10].**

Die Eigenschaften der beiden Systeme kann man im Wesentlichen, zum Zwecke einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, wie folgt beschreiben:

- **Festbettsysteme**
  - Geringer Energieverbrauch
  - größerer Platzbedarf
- **Belebtschlammsysteme**
  - Hoher Energieverbrauch
  - Kleine, kompakte Abmessungen

Für eine vorausbetrachtende Wirtschaftlichkeitsberechnung, wurde je ein Anlagentyp aus der rechten und linken Spalte ausgewählt:

Variante 1: Belebtschlammanlage mit Membranfiltration (MBR) + Fäkalschlammentwässerung / Kompostierung

Variante 2: Tropfkörperanlage mit Stufenvererdung

### 6.4.2 Der Wirtschaftlichkeitsvergleich

Für die beiden Varianten wurden detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen entsprechend der dargestellten Methode nach VDI-Norm durchgeführt (vgl. auch Anhang 10.5 bis 10.8, entsprechend A5, A6, A7, A8). Die Ergebnisse, also der Vergleich von Jahresgesamtkosten für die Varianten, sind in der nachfolgenden Tabelle für verschiedene Fördersätze (75% und 40%) dargestellt.

| Fördersatz | Variante 1 (MBR) **Jahresgesamtkosten** (nach VDI 2067) | Variante 2 (Tropfkörperanlage) **Jahresgesamtkosten** (nach VDI 2067) |
|---|---|---|
| **75%** | 3.849 €/a (Anhang 10.5) | 4.160 €/a (Anhang 10.6) |
| **40%** | 6.598 €/a (Anhang 10.7) | 7.918 €/a (Anhang 10.8) |
| **0%** | 9.739 €/a | 12.212 €/a |

**Tabelle 6: Vergleich von Jahresgesamtkosten (VDI 2067) für die Abwasservarianten MBR und Tropfkörperanlage bei verschiedenen Fördersätzen**

Interessant in diesem Zusammenhang erscheint hier die Kosten im Detail zu nennen, die das energieintensive Belebtschlammverfahren gegenüber der Tropfkörpervariante hat, denn gerade in diesem Bereich war bei manchen Vertretern der Abwassertechnik eine gewisse „Hysterie“ über den Stromverbrauch der MBR Anlage ausgelöst worden. Für das Belebtschlammverfahren mit Membranfiltration (im folgenden MBR genannt) wurde gemäß elektrischer- u. thermischer Verbrauchsanalyse ein Tagesenergieverbrauch von 14 kWh el veranschlagt (vgl. Anhang 10.9- A9). Unter Berücksichtigung, dass die Abwärme für Dusche, Küche, Heizen/Trocknen verwendet werden kann (vgl. auch Anhang 10.9- A9), ergeben sich Kosten für den Strombedarf der MBR Anlage in Höhe von:

Stromkosten MBR Anlage =1.566 x 0,55 x14/(9+14) x 0,34 = 178 €/Saison (A5/A7)

Angesichts der Jahresgesamtkosten der MBR Anlage in Höhe von 3.849 €, sollte dieser Betrag eher zur Nüchternheit in der Betrachtung beitragen.

Berücksichtigt sind dabei:

- Rapsölbedarf gesamt: 1.566 Liter/Saison
- Rapsölpreis 2005: 0,55 €/Liter

- Stromverbrauch MBR Anlage: 14 kWh/d
- Stromverbrauch übrige Verbraucher: 9 kWh/d
- Elektrischer Wirkungsgrad BHKW: 34% = 0,34

Die Sektion Neumarkt hat sich dann nach der vorausschauenden Berechnung der Jahresgesamtkosten für die beiden Varianten für die MBR Anlage entschieden. Die folgenden Argumente sind nachfolgend in absteigender Wichtigkeit dargestellt:

1) **Bessere Wirtschaftlichkeit (**3.849 €/a Gesamtkosten) gegenüber der alternativ kalkulierten Anlage (Tropfkörper mit 4.160 €/a Gesamtkosten) mit weniger Energieverbrauch (vgl. Abb.10)
2) Der Vergleich sonstiger Vor- und Nachteile beider Systeme (vgl. Anhang 10.11- A11)
3) Erfahrungsberichte / Telefonate mit Hüttenwirten, die Tropfkörperanlagen bedienen/betreuen

Die Rückführung des Abwassers in die Toilettenspülung wurde bei sonstigen Vor- und Nachteilen als Argument für die MBR Anlage aufgeführt. Das ist so zu verstehen, dass man letztlich den Nebeneffekt der Filtration noch als zusätzlichen Vorteil für die Zukunft betrachtete, falls die Schüttleistung der Trinkwasserquellfassung einmal stark nachlässt. Sollte es wegen der Gletscherabtauung später zu einem Engpass kommen, wie das bereits bei anderen Hütten der Fall ist, dann könnte man die Rückführung des gereinigten Abwassers (Permeat) für die Toilettenspülung entsprechend nachrüsten.

Für die Verhältnisse auf der Olpererhütte war die gewählte Kläranlagentechnik mit Membranfiltration das wirtschaftlichere Anlagenkonzept. Den Ausschlag gab hier, dass die Tropfkörperanlage die höheren Investitionskosten verursacht hätte. Auch die Betrachtung bei unterschiedlichen Fördersätzen, die ja maßgeblich die kapitalgebundenen Kosten beeinflussen, zeigt, dass das gewählte Anlagenkonzept MBR bei jeder Förderquote wirtschaftlich am besten abschneidet (vgl. auch Abb.10). Denn je niedriger der Förderanteil ist, desto schlechter schneidet die kapitalintensive Variante „Tropfkörperanlage“ ab. Erst bei Fördersätzen über ca. 80 % bis 85%, wäre die Tropfkörperanlage wirtschaftlich im Vorteil gegenüber der MBR Anlage.

Dieses Ergebnis für die Olpererhütte kann hier nicht für alle Systeme generalisiert werden, bei denen die genannten beiden Varianten MBR und Tropfkörper wirtschaftlich verglichen werden. Am Beispiel der Olpererhütte kann von relativ geringen Kosten der Stromerzeugung ausgegangen werden, weil z.B. der Wartungsaufwand des BHKW durch Sektionsmitglieder erfolgen kann. Müssten anteilig sehr viel höhere Kosten für Strom/Hilfsenergie bei dem Wirtschaftlichkeitsvergleich eingestellt werden, dann hätte ebenso die Variante 2) mit Tropfkörper das wirtschaftlichere System darstellen können. Zudem handelte es sich bei dieser ersten Vorführanlage um einen Sonderpreis des Herstellers, der darüber hinaus in der Erstausrüstung eine Membraneinheit auf eigene Kosten zusätzlich installierte. An dieser Stelle wird den Verantwortlichen von Sektion/DAV und dem Planer (mit speziellen Kenntnissen in der Wirtschaftlichkeitsberechnung) ein hohes Maß an Wissen, Neutralität und Abschätzungsvermögen abverlangt. Hat der Planer in der Beurteilung der Kostengruppen keine Erfahrung, so werden grobe Fehlentscheidungen bei der Auswahl der Technik getroffen. Die Folge sind Kosten, die die Sektion jährlich zusätzlich zu erwirtschaften hat und die ganze Wirtschaftlichkeit der Hütte negativ beeinflussen oder gar in Frage stellen kann. Eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Auswahl des geeigneten Fachmanns ist zweifelsohne die Vorlage einer Berufshaftplichtversicherung, die auch Schäden aus Fehlern bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen explizit einschließt. Hätte man sich im Vorfeld, losgelöst von einer Wirtschaftlichkeitsberechnung, von rein technischen Argumenten der Befürworter von Festbettsystemen beeinflussen lassen, hätte man aus dieser Sicht möglicherweise eine wirtschaftliche Fehlentscheidung getroffen. Man muss also festhalten, dass man bei der integrierten Planung des Ver- und Entsorgungssystems einer Hütte technisch in allen Richtungen unvoreingenommen sein muss und letztlich über die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die System-

auswahl treffen sollte. Ist der Planer von vorn herein technisch auf für ihn favorisierte Systeme, sei es abwassertechnisch oder energietechnisch, festgelegt, so wird der Anlageneigentümer den wirtschaftlichen Schaden daraus tragen müssen. Der Eigentümer ist also auch verantwortlich, dass er eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verlangt und beauftragt.

### 6.4.3 Auslegungsgrundlagen der MBR Anlage

Die Abwasserreinigung der alten Olpererhütte wurde lediglich durch eine Behandlung in einer Mehrkammergrube gewährleistet und das so rein mechanisch behandelte Abwasser wurde unweit der Hütte versickert. Ein weiterer Betrieb war seitens der Abwasserbehörde nicht mehr zu erwirken. Die Abwassersituation an der Olpererhütte ist gekennzeichnet durch starke Schwankungen der Abwassermengen und eine Befristung der Saison auf ca. 105 Tage. Vor Beginn der Saison muss die Abwasseranlage jeweils neu angefahren, am Ende der Saison außer Betrieb genommen werden. Das Abwasser der neuen Olpererhütte fällt aus den Sanitäranlagen, Waschräumen mit Duschen sowie dem Küchenbetrieb an. Die Abwasserzusammensetzung ist durch Wassersparmaßnahmen und dadurch reduzierte hydraulische Mengen als hochkonzentriert zu betrachten.

Gemäß den Hüttendaten in Tab. 1, erfolgte eine Anlagenauslegung orientiert an den gegebenen Vorschriften des Landes Tirol. Die in der ÖWAV 1 [ÖWA00] vorgegebenen Anhaltswerte wurden mit einem für die Hütte typischen Belegungsprofil entwickelt, aus der die Gesamtbelastung ermittelt wurde. Die Auslegung gemäß ÖWAV 1 wird detailliert im Anhang, 10.12 – A12 dargestellt.

### 6.4.4 Aufbau und Verfahrenstechnik

Die durch die Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgewählte Abwasserreinigungsanlage kann man als Kombination aus Membranbelebungsverfahren und Reststoffbehandlung mittels einer Fäkalschlammentwässerung bzw. Kompostierung beschreiben. Das Konzept des ausgewählten und installierten Konzeptes für die ursprüngliche Abwasserreinigung des Inbetriebnahmejahres 2008 ist nachfolgendem Schema zu entnehmen [Meu09].

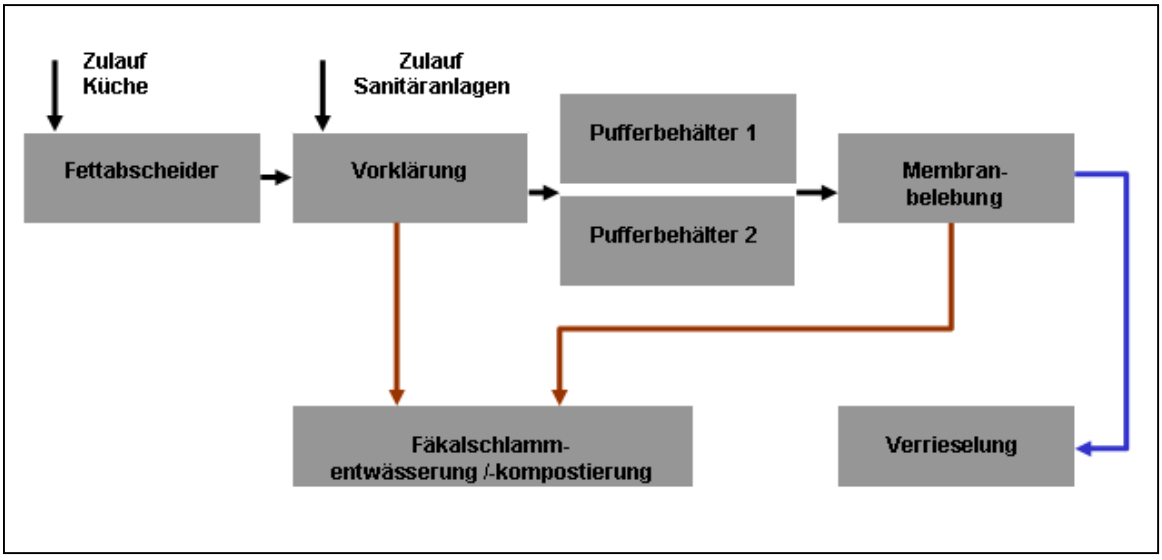



**Abbildung 6: Ursprüngliches Abwasserkonzept der Olpererhütte für Inbetriebnahmejahr 2008**

Die Anlage besteht nach einem Fettabscheider aus Vorklärung, Puffer und Membranbiologie. Hieran hat sich auch prinzipiell nach der späteren Erweiterung nichts geändert. Die wichtigsten Komponenten werden im Folgenden kurz charakterisiert. Die Abwasserbe-

handlungsanlage wurde aufgrund des geringen Aufwands bei den Transportflügen komplett aus modular aufgebauten Kunststoffbehältern realisiert.

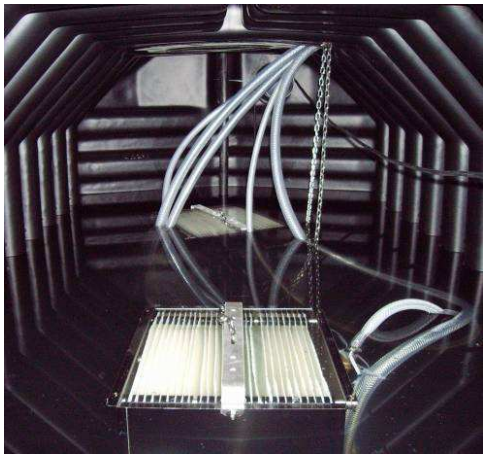


**Abbildung 7: Behälter der Kläranlage im Technikraum der Olpererhütte (links)**
**Abbildung 8: Membranmodul im MBR-Tank bei Inbetriebnahme in Reinwasser (rechts)**

### Fettabscheider

Vor Einleitung in die Kläranlage werden die Küchenabwässer über einen Fettabscheider (Nenngröße 2) geleitet.

### Vorklärung

Das Abwasser fließt zunächst in das Vorklär- bzw. Schlammspeicherbecken, für das ein Volumen von 5 m³ vorgesehen ist. Der sich nach unten absetzende Primärschlamm wird mittels Schneidradpumpe täglich abgezogen und der Reststoffbehandlung zugeführt. Das vorgereinigte Abwasser gelangt im freien Überlauf in den Pufferbehälter.

### Puffer

Der Puffer besteht aus zwei kommunizierenden Behältern mit je 5 m³ Nutzvolumen. Mit 10 m³ Gesamtvolumen war der Puffer ursprünglich so bemessen, dass das Volumen ausreichte, um zwei Tage Spitzenbelastung zwischenspeichern zu können. Mittels Tauchpumpe wird das Abwasser aus den Pufferbehältern in das Belebungsbecken gefördert. Im Pufferbecken ist für den Fall, dass die Kläranlage überlastet wird, ein Überlauf vorgesehen. Die Zeiten, während der Überlauf in Betrieb war, werden mittels Schwimmschalter und Betriebsstundenzähler aufgezeichnet. Ferner wird gleichzeitig ein Signal zum Hüttenwirt abgegeben, so dass dieser die Situation umgehend erkennen und die erforderlichen Maßnahmen einleiten kann.

### MBR - Membranbelebungsreaktor

Die biologische Abwasserreinigung erfolgt nach dem Prinzip des Belebungsverfahrens, d. h. submerse Biomasse bildet so genannte Belebtschlammflocken und baut die organischen Verbindungen im Abwasser ab. Für den Lufteintrag sind am Behälterboden feinblasige Rohrbelüfter installiert. Die anschließende Trennung des gereinigten Abwassers vom Belebtschlamm übernehmen im Behälter getauchte Ultrafiltrationsmembranen. Diese Membranen sind Filtern gleichzusetzen, durch deren feine Poren (38 nm) nicht nur alle Feststoffe und Partikel, sondern selbst Bakterien zurückgehalten werden. Neben der hervorragenden Ablaufqualität zeichnet sich das Membranbelebungsverfahren durch eine Vielzahl weiterer Vorteile aus. Die Membran dient als Barriere für Feststoffe und Partikel aller Art. Somit kann eine MBR-Anlage beispielsweise mit höheren Biomassekonzentrationen betrieben werden

und wesentlich kompakter und platzsparender gebaut werden als konventionelle Techniken, bei denen der limitierende Faktor die Nachklärung ist. Außerdem gewährleistet ein membranfiltrierter Ablauf stets eine absolute Partikel- und Feststofffreiheit, was besonders positiv für nachgeschaltete Anlagenteile zu werten ist (Nachbehandlung, Versickerung, Leitungen zur Wiederverwendung, usw.).

Der Ablauf aus der Membranbelebungsanlage wird auf der Olpererhütte vorerst über eine großflächige Verrieselung versickert, kann aber zukünftig einer Wiederverwendung zur Toilettenspülung zugeführt werden.

Membranbelebungsanlagen werden mit einer niedrigen Schlammbelastung, optimal auf Schlammstabilisierung, und mit einem hohen Schlammalter ausgelegt. Bei einer Schlammbelastung von 0,05-0,1 kg/kg*d und bei einer Temperatur von 12℃ kann von einer Überschussschlammproduktion von ca. 0,7-0,8 kg TS/kg $BSB_5$ ausgegangen werden.

Für die Dimensionierung der Membranfläche wurde sicherheitshalber die hydraulische Spitzenbelastung der Abwassermenge herangezogen. Mit einem Flux von 15 l/m²/h wurde ursprünglich eine Membranfläche von 24 m² dimensioniert. Aufgrund der besonderen Verhältnisse vor Ort wurden sicherheitshalber 31,5 m² Membranfläche installiert und die Anlage bei einem entsprechend niedrigerem Flux betrieben.

### Verrieselung

Das mechanisch und biologisch gereinigte häusliche Abwasser der Olpererhütte wird gemäß wasserrechtlicher Bewilligung auf der Bp. .905, KG Finkenberg, verrieselt. Zukünftig ist angedacht, das Permeat für die WC-Spülung wiederzuverwenden. Hierfür wurde lediglich eine getrennte Bewässerungsrohrleitung im Gebäude für die Toiletten vorbereitet, die derzeit mit Trinkwasser gespeist werden.

### Reststoffbehandlung

Der entstehende Überschussschlamm wird per Pumpe abgezogen und zusammen mit dem sedimentierten Primärschlamm aus der Vorklärung einer Schlammbehandlung zugeführt. Durch die Lochblecheinsätze der Separatoren und das diese umgebende Natursubstrat (Holzhäcksel) bzw. Hinterfüllmaterial wird der Schlamm filtriert, das Wasser abgeschieden und das Filtrat fließt zurück in die Vorklärung und wird dadurch dem Reinigungsprozess erneut zugeführt.

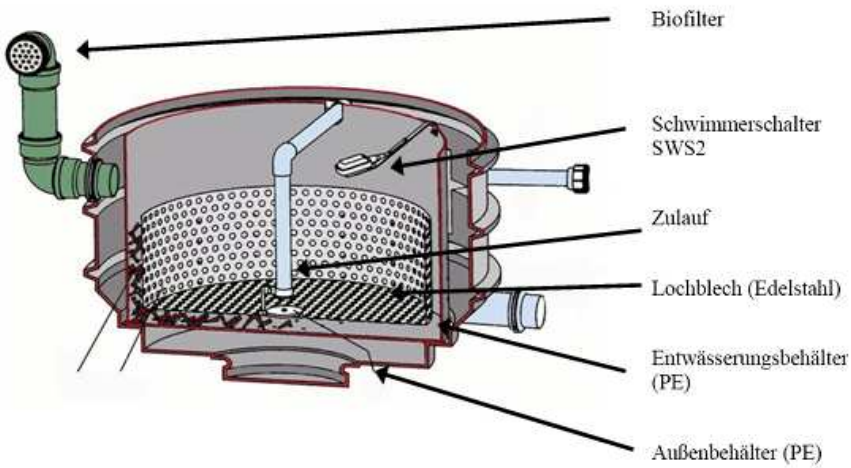



**Abbildung 9: Aufbau des Separators**

Durch den natürlichen Entwässerungsprozess wird das Volumen des Fäkalschlammes bereits in den Separatoren erheblich reduziert. Natürliche Rotteprozesse reduzieren zusätzlich das Feststoffvolumen im Separator.

Die Reststoffe werden nach der 105-tägigen Beschickungsphase in den Separatoren belassen und erst kurz vor Beginn der neuen Saison aus den Separatoren entnommen. Prinzipiell wäre es möglich, den so vorbehandelten Fäkalschlamm einer Nachkompostierung (inkl. Hitzehygienisierung) z.B. in einem Thermokomposter zuzuführen. In der wasserrechtlichen und naturschutzrechtlichen Bewilligung wird allerdings keine endgültige Aussage getroffen, ob ein kompostierter Klärschlamm im Hüttenumfeld ausgebracht werden dürfte. Es ist davon auszugehen, dass die Ausbringung von Reststoffen nicht zulässig oder nur schwer möglich ist. Für das Entsorgungskonzept bedeutet dies, dass das Hauptaugenmerk auf einer weitestgehenden Entwässerung bzw. Volumen- und Gewichtsreduzierung liegt, was sich auch mit dem Ergebnis im Rahmen des DBU-Projekts „Klärschlammproblematik im Hochgebirge“ [DBU08] deckt. Dort wurde auch dieses Konzept der Klärschlammbehandlung mit 3 verschiedenen Hinterfüllmaterialien untersucht, mit

- Holzhackschnitzel
- Geotextil, handelsüblich, 400 g/m²
- Uferbefestigungsmatte aus Kokosfaser, 400 g/m²

Ergebnisse zum Betrieb der Saison 2008 sind dem Schlussbericht 18662/03-23 [DBU08] und dem Kapitel 5.8.3 dieses Berichts zu entnehmen.

## 6.5 Konsequenzen aus der Steigerung der Hüttenauslastung um das bis zu 3-fache

Wie bereits Abbildung 3 zu entnehmen ist, erfuhr die neue Olpererhütte im ersten Betriebsjahr (2008) eine wohl auch für Schutzhütten beispiellose Steigerung der Belegungszahlen um das 2- bis 3-fache gegenüber der ursprünglichen Hütte. Obwohl sie bei den Schlafplätzen nur 12 Plätze mehr erhalten hat (27% Steigerung) und die Annahmen für die neue Hütte mit 27 % Aufschlag angesetzt wurden, stiegen die Übernachtungszahlen um 231% und die Tagesgäste um 202% gegenüber der alten Hütte (vgl. Tabelle 1)!

Zurückzuführen war diese enorm starke Frequentierung unter anderem auf Aspekte wie:

- Besonderes Interesse an dem spektakulärem Ersatzbau und dessen einmaliger Architektur im alpinen Raum
- Große Präsenz in den Medien durch Fernsehbeiträge in bundesweiten Ausstrahlungsgebieten (BRD und Österreich, Pro7, BR, ORF, N24, usw.)
- Fachartikel in Zeitungen und Zeitschriften

### 6.5.1 Die abwassertechnischen Konsequenzen

Die Folge der außerordentlichen Belegung der Hütte war ein ebenso stark angestiegener Abwasseranfall, der zur Überlastung der Abwasseranlage führte. Trotz hoher Überlastungsmöglichkeit und Reserven, war eine Erweiterung auf Grund der Hüttenbelegungszahlen unumgänglich geworden.

Befangene Kritiker der MBR Anlagentechnik sahen hierin einen Mangel an Erfahrung des Planers und der Eignung der MBR Technik für Hütten, was doch angesichts der außerordentlichen Entwicklung der Hüttenbelegung Zweifel an der Sinnhaftigkeit und Fachkompetenz solcher Aussagen aufwirft.

In Bezug auf die Abwasserreinigung hatte die höhere Gästefrequentierung also eine deutlich höhere hydraulische und organische Belastung zur Folge. Außerdem war der Grobstoffanteil

im Abwasser wesentlich höher als angenommen und für alpine Objekte üblich. Dies ist u. a. auf den Charakter der „Ausflugsgaststätte“, aber auch auf anfänglich fehlende Abfalleimer in der Hütte und in den Sanitäranlagen zurückzuführen. Die Betriebserfahrungen aus der Saison 2008 machten eine Anpassung der Auslegungsgrundlagen und eine Modifikation bzw. Ertüchtigung der Kläranlage auf die tatsächlichen Belastungszustände notwendig:

Die neue, angepasste Anlagenbemessung orientierte sich primär an den Messungen aus dem bisherigen Betrieb der Anlage in der Saison 2008 und an den gegebenen Vorschriften des Landes Tirol. Die in der ÖWAV 1 vorgegebenen Anhaltswerte wurden auf Grund der Messergebnisse und der Angaben des Hüttenwirtes zur Belegung mit einem für die Hütte typischen Belegungsprofil belegt, aus der die Gesamtbelastung ermittelt wurde. Besondere Berücksichtigung fanden auch die behördlichen Anregungen, den spezifischen Tagesverbrauch des Übernachtungsgastes gegenüber des ÖWAV Regelblatt 1 von 40 auf 75 l/d anzuheben. Dies wurde berücksichtigt. Die neu zugrunde gelegten Werte für die Anlagenerweiterung nach ÖWAV 1 sind ausführlich im Anhang (10.13 – A13 ) dargestellt.

Für die Bemessung der Anlagenerweiterung wurden gegenüber der ursprünglichen Auslegung dann folgende Ausgangswerte herangezogen:

| | | Ursprüngliche Bemessung (Betriebsjahr 08 / Planung 05) | Bemessung für Erweiterung (Betriebsjahr 09) |
|---|---|---|---|
| Tagesspitzenbelastung | $kgBSB_5/d$ | 6,82 | 11,46 |
| Spitzenbelastung $EW_{60}$ | $EW_{60}$ | 114 $EW_{60}$ | 191 $EW_{60}$ |
| Bemessungsgröße | $kgBSB_5/d$ | 5,4 | 8,02 |
| Bemessungsgröße Biologie | $kgBSB_5/d$ | 3,38 | 8,02 |
| Max. Abwasseranfall | $m^3/d$ | 4,3 | 8,7 |
| Durchschnittl. Abwasseranfall | $m^3/d$ | 2,26 | 5,33 |

**Tabelle 7: Schmutzfrachten und Wassermengen für die Bemessung**

Bei Alpinobjekten mit Schutzhüttencharakter liegt erfahrungsgemäß die maximale tägliche Schmutzfrachtbelastung zwischen 100 und 250 $EW_{60}$. Mit maximal 191 $EW_{60}$ zählt die Olpererhütte somit bezüglich der anfallenden Schmutzfracht zu den größeren Schutzhütten.

Als Maßnahmen zur Modifikation der Kläranlage an die erhöhten Abwassermengen und –frachten, wurden im Wesentlichen folgende Maßnahmen vorgesehen und zu Beginn der Saison 2009 ausgeführt:

- der Einbau einer (Kompakt-)Siebschnecke für die Grobstoffabscheidung im Zulauf der Kläranlage,
- die Verringerung des Nutzvolumens beim vorhandenen Pufferbehälter von 2 x 5 $m^3$ auf 1 x 5 $m^3$,
- die Vergrößerung des Nutzvolumens beim vorhandenen Belebungsbecken von 1 x 5 $m^3$ auf 2 x 5 $m^3$ durch Verwendung eines Behälters der beiden vorhandenen Pufferbehälter
- Nachrüstung eines zusätzlichen Gebläses um dem Sauerstoffeintrag für die höhere organische Schmutzfrachten Rechnung zu tragen, zusätzlich Ausstattung des zweiten Belebungsbeckens mit einem zusätzlichen feinblasigen Plattenbelüfters und Vergrößerung des Spülluftgebläses angepasst auf mehr installierte Membranfläche
- Sowie die Vergrößerung der Oberfläche (OF) bei den in den Belebungsbecken installierten Membranen auf insgesamt 42 $m^2$

Das Konzept der angepassten Abwasserreinigung ist dem nachfolgenden Schema [Abb10] zu entnehmen (vgl. auch [Ber10], eine Aufstellung der Anlagenkomponenten befindet sich im Anhang 10.14 (A14).

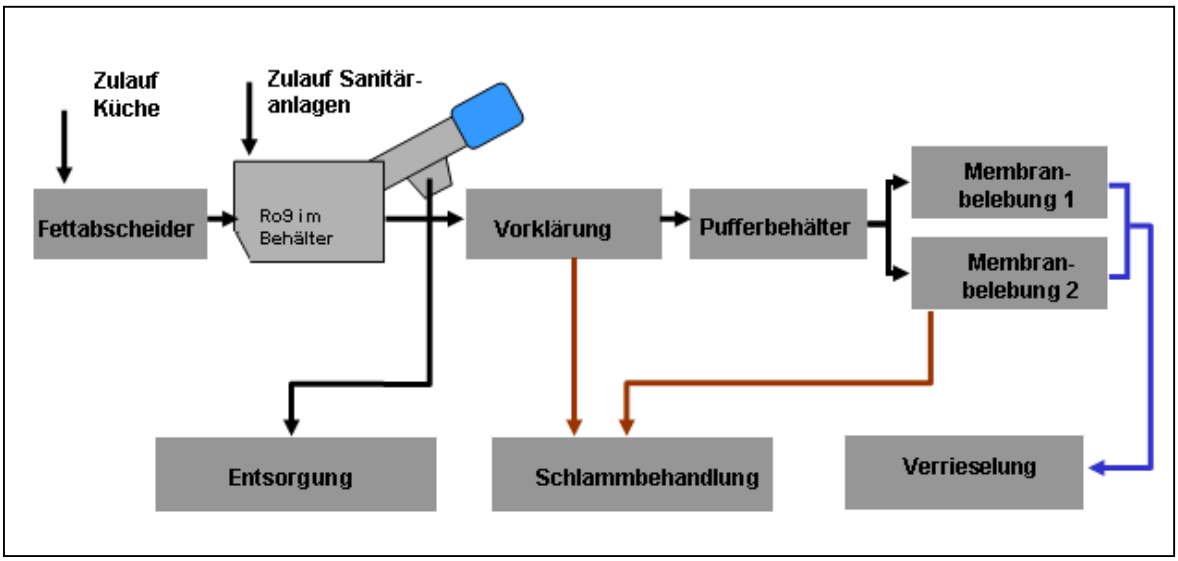



**Abbildung 10: Schema für modifiziertes Abwasserkonzept der Olpererhütte 2009**

Die beiden Hauptkomponenten der Modifikation sind die Nachrüstung einer mechanischen Vorreinigung und die Vergrößerung der Biologie als Reaktion auf die organische Überlastung. Die hydraulisch höhere Belastung ist als weniger problematisch einzustufen, ihr wird durch die Nachrüstung eines zusätzlichen Membranmoduls begegnet.

### Mechanische Vorreinigung

Das Abwasser fließt zunächst über die mechanische Vorreinigung. Die Störstoffe wie Toilettenpapier, Damenhygieneartikel und sonstige nicht im Abwasser zugehörende Stoffe werden beseitigt. Diese Stoffe werden durch die Siebschnecke (Fa. Huber, Typ RO9) in Müllsäcken abgeworfen und im Winterlager zwischengelagert. Diese Säcke werden dann im Zuge der Versorgungsflüge ins Tal geflogen und der zuständigen kommunalen Kläranlage zur Fäkalannahmestelle abgegeben. Die Handhabung für das Hüttenpersonal ist problemlos. Das vorgereinigte Abwasser wird in die bestehende Vorklärung eingeleitet.

**Abbildung 11: Nachgerüstete, mechanische Vorreinigung (HUBER Ro9)**

**Erweiterung der Membranbelebung**

Das Belebungsvolumen wird unter Nutzung eines der beiden Pufferbehälter verdoppelt. Mit 10 m³ Inhalt wird eine akzeptable Schlammbelastung erreicht und durch eine Nachrüstung an Gebläsekapazität und Plattenbelüfter ein ausreichender Sauerstoffeintrag garantiert. Innerhalb des Belebungsbeckens ergibt sich oberhalb der Membranen ein Puffer mit 2 m², der bei der Beschickung genutzt wird. Zur Sicherheit wird eine Sauerstoffsonde, welche die Belüftungszeiten individuell und energieoptimiert regelt, installiert. Der TS-Gehalt von 8 g/l wird mit einer permanenten TS-Sondenmessung stabil gehalten. Die Auslegung des biologischen Systems erfolgt nun mit der maximalen Spitzenbelastung von 8,02 kg BSB/d. Dabei wurden 30% Abzug des tatsächlichen Maximalanfalls (11,46 kg/d) auf Grund der mech. Vorreinigung, sowie eine Aufenthaltszeit >2h in der Vorklärung in Abzug gebracht.

Für die Dimensionierung der Membranfläche bzw. für die einzustellende Filtrationsleistung wird die Spitzenbelastung (8,7m³/d) der Abwassermenge herangezogen. Sicherheitshalber wurde die Membranfläche auf 42 m² erweitert. In Bezug auf den Betrieb der Membranfiltration bedeutet dies, dass unter extremen Bedingungen und der Abarbeitung der hydraulischen Spitzenlast innerhalb von 24 h ein Betriebsflux von ca. 10 l/m²h ausreichend wäre.

$$Flux_{24h} = \frac{8{,}7\,\frac{m^3}{d}}{42m^2 \cdot 24\,\frac{h}{d} \cdot 0{,}9} = 9{,}6\,\frac{l}{m^2 h} \quad . \quad ; \quad Flux_{15h} = \frac{8{,}7\,\frac{m^3}{d}}{42m^2 \cdot 15\,\frac{h}{d} \cdot 0{,}9} = 15{,}3\,\frac{l}{m^2 h}$$

Selbst bei einer Filtrationsleistung, die eine Abarbeitung der Hydraulik innerhalb von 15 h/d erlaubt, ist ein Flux mit ca. 15 l/m²h ausreichend. Damit liegt die notwendige Fluxrate mit ca. 10-15 l/m²h deutlich unter üblichen Fluxraten aus der einschlägigen Fachliteratur, was sich auf die Membranen mit erhöhter Betriebssicherheit und längeren Standzeiten auswirkt.

Weder in der kritischen Saison 2008 noch in der Saison 2009 mussten die Membranen ausgetauscht oder gereinigt werden. Zur Überwinterung werden sie bei Außerbetriebnahme am Ende der Saison ausgebaut, beim Hersteller regeneriert und zur Inbetriebnahme der Hütte wieder installiert. Der Aufwand für Ein-/Ausbau ist aufgrund von leicht zugänglichen Behältern und Schnellkupplungen in den Leitungen gering gehalten.

### 6.5.2 Die energietechnischen Konsequenzen und Energiebilanz

Die energetische Ausgangssituation durch die enorme Steigerung der Hüttenbelegung, war die Stromverbrauchssteigerung von 29 kWh/d auf 84 kWh/d, also immerhin ein 2,9-facher Tagesbedarf gegenüber der Planung.

**Leistungsbetrachtung:**

Es stellte sich als entscheidender Vorteil heraus, dass die Energieversorgungsanlage mit BHKW, dem Hüttenwachstum in weiten Bereichen folgen kann, was bei einer Festlegung auf 100% Photovoltaikanteil nicht ohne größere Nachrüst- und Finanzierungsmaßnahmen möglich gewesen wäre (Module/ Akkumulator). Eine Verdreifachung der Modulfläche hätte technisch und auch in Bezug auf eine Nachfinanzierung große Probleme nach sich gezogen.

Es bestätigte sich zudem die konsequente Vorgehensweise bei Auswahl der elektrischen Verbraucher bei der Anschaffung [Wal92]. Durch die Vorgabe einer extrem niedrigen elektrischen Anschlussleistung bei gleichzeitiger Funktion, konnte die maximale Lastspitze sehr niedrig gehalten werden. Es handelt sich dabei um Geräte, die Warmwasser über einen elektrischen Heizstab aufwärmen oder konditionieren. Da diese Wärmeleistung den Geräten in Form von Heißwasser aus dem BHKW zugeführt werden konnte, erhielten diese Geräte

alle einen Heißwasseranschluss, wodurch die elektrische Leistungsaufnahme durch einen leistungsreduzierten Heizstab stark begrenzt werden konnte. Bei folgenden Verbrauchern wurden bei der Bestellung Vorgaben für die elektrische Stromaufnahme gemacht, bzw. eine Einflussnahme durch den Planer ausgeübt.

| | Elektrische Leistungsaufnahme Standard | Elektrische Leistungsaufnahme „Olpererhütte“ mit Heißwasseranschluss 70℃ / 55℃ |
|---|---|---|
| Waschmaschine | 3,2 KW | 1KW |
| Durchlaufspüler | 4,5 KW | 1,5 KW |
| Gläserspüler | 3 KW | 1 KW |

**Tabelle 8: Reduktion der elektrischen Leistungsaufnahme bei Geräten mit Hilfe eines Heißwasseranschlusses**

Die Aufnahmeleistung konnte dadurch bei all diesen Geräten um den Faktor 3 reduziert werden! In der Regel wurde im Betriebsjahr 2009 eine maximale Leistungsspitze von 10 kW (1/4 h Mittelwert) kaum überschritten, wie der Verlauf des typischen Tageslastganges zeigt (Kap.6.6.2):

Bei einer Spitzenleistung des BHKW von 11 $kW_{el}$ und einer zusätzlichen Reserveleistung der beiden Wechselrichter in Höhe von 2 x 5 $kW_{el}$, können Verbrauchsspitzen bis zu 16 $kW_{el}$ gedeckt werden, selbst wenn im Betrieb ein Wechselrichter auf Störung gehen würde oder wegen eines Defektes ausgetauscht wird. Durch diese Planungsvorgabe bei der Verbraucherauswahl, konnte also ein Leistungsengpass durch die gesteigerte Belegung vermieden werden. Ohne diese konsequente Bereitstellung von Heizwasser aus dem BHKW für die dargestellten Stromverbraucher, wäre ein Zusammenbruch der Energieversorgung kaum zu vermeiden gewesen.

**Energiebilanzbetrachtung:**

Der Mehrverbrauch an Energie drückt sich in der Lastgangkurve so aus, dass diese insgesamt um den Faktor 3, sozusagen „vergleichmäßigt“ durch Überlagerung aller Verbräuche nach oben ansteigt.

Insgesamt wurden in der Saison 2009 für elektrische Geräte auf der Olpererhütte 10.996 kWh Strom für die Verbraucher und für die Akku- und die Wechselrichterverluste (AD/DC) 1.267 kWh bereitgestellt., wie in nachfolgender Abbildung in einer Energiebilanz dargestellt.

**Energiebilanz Olpererhütte 2009**

| | |
|---|---|
| Elektrische Geräte | 10.996 |
| Verluste (Akku+AC/DC) | 1.267 |
| **Verbrauch** | **12.263** |
| | |
| Erzeugung BHKW | 11.560 |
| Erzeugung Photovoltaik | 703 |
| **Erzeugung** | **12.263** |

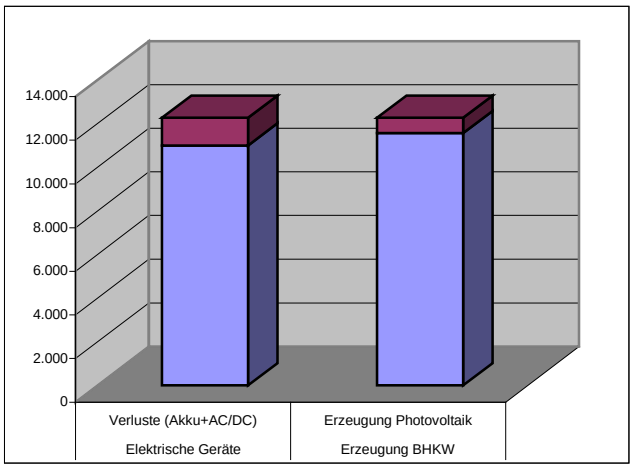



**Abbildung 12: Energiebilanz nach Erzeugung, Verbrauch, Verluste im Jahr 2009**

Die Aufteilung des Jahresstromverbrauches (10.996 kWh) in Gruppen zusammenfasst (Bewirtung, Abwasser, Beleuchtung, Sonstige Technik), ergibt sich aus Abb. 13.

**Abbildung 13: Stromverbrauch im Jahr 2009 nach Verbrauchergruppen**

Es wird deutlich, dass sich der Hauptverbrauch im Wesentlichen aus dem Bedarf für die Bewirtung der Gäste zusammensetzt (z.B. für Küche, Spülen, Schankanlage, usw.) Einen weiteren Hauptverbraucher stellt auch die Kläranlagentechnik dar.

Eine sehr detaillierte Aufschlüsselung des Verbrauches auf einzelne Geräte befindet sich im Anhang 10.15 (A15).

Diese in der Leistung „vergleichmäßigte“ Verbrauchserhöhung um den Faktor 3, stellt für das BHKW insgesamt keine Herausforderung dar. Dafür musste es in der Saison 2009 11 h, statt (wie geplant) 4 h Stunden pro Tag laufen.

**Belastung des Akkumulators**

Ein **ernst zu nehmendes Problem** ergibt sich jedoch bei der Beanspruchung der Akkumulatoren. Deren Kapazität wurde für einen täglichen Verbrauch von durchschnittlich ca. 29 kWh ausgelegt.

Der Akkusatz mit 800 Ah hat bei einer durchschnittlichen Nennspannung von 48 V ein Energiespeichervermögen von ca.48V * 800 Ah = 38.400 VAh, also **38,4 kWh**.

Bei einem Tagesverbrauch von ca. 29 kWh, könnte man also rechnerisch den **1,32** -fachen Tagesbedarf speichern. Bei einem Tagesverbrauch von nunmehr ca. 85 kWh ergibt sich nur noch eine Speichertiefe in Höhe des **0,45**-fachen Tagesbedarfes.

Da der Akkumulator nie komplett, sondern immer nur zu einem bestimmten %- Satz (z.B. max. 50%) entladen wird, bedeutet das, dass der Akkumulator täglich **mehrmals** be- und entladen wird.

Diese Beanspruchung führt zwangsläufig zu einer sehr großen Zyklenzahl pro Tag und wiederum einer viel geringeren Lebensdauer des Akkumulators, da bei einer bestimmten Entladetiefe die Lebensdauer für eine bestimmt Anzahl von Ladezyklen festgelegt ist. Im nachfolgenden Diagramm (Abb. 14), ist die Abhängigkeit der Lebensdauer (Anzahl der Lade-/Entladezyklen) des verwendeten Akkutyp auf der Olpererhütte in Abhängigkeit von der Entladetiefe dargestellt.

Muss z.B. die Entladetiefe von täglich 40% auf 80% angehoben werden, halbieren sich die Anzahl der Zyklen von 2.200 auf ca. 1.100 und damit wird auch die Lebensdauer halbiert.

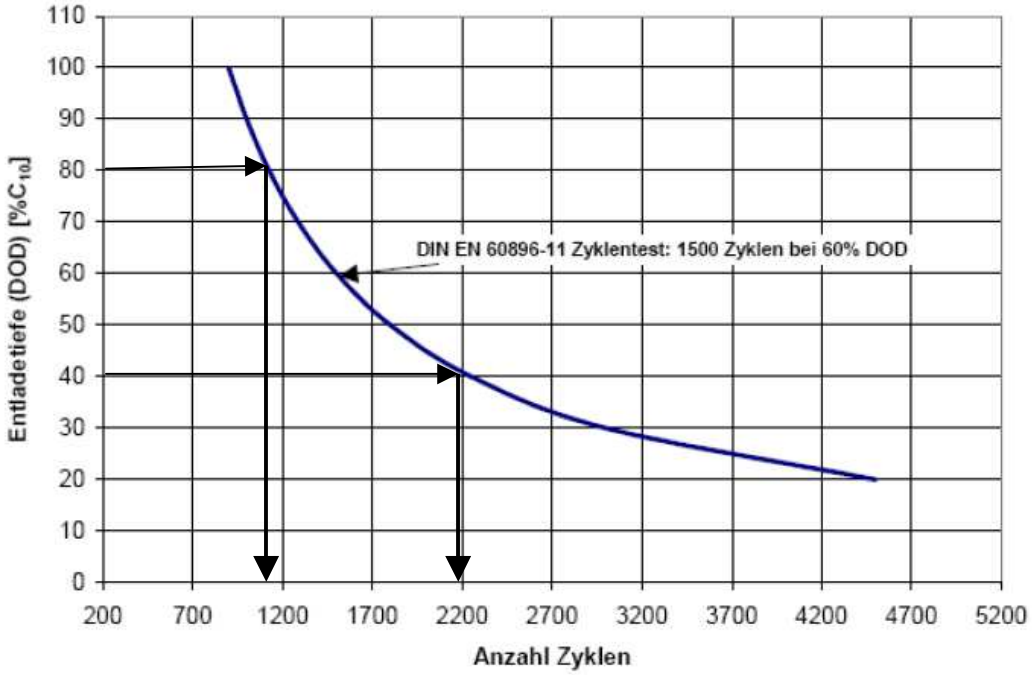



**Abbildung 14 Abhängigkeit der Lebensdauer (Anzahl der Lade-/Entladezyklen) des OPZS Bleiakkumulator auf der Olpererhütte in Abhängigkeit von der Entladetiefe**

## 6.6 Das aktive Lastmanagement

### 6.6.1 Beschreibung und Verbraucher

In Abbildung 18 (Kap.6.6.2) ist ein typischer elektrischer Tageslastgang des Bedarfes auf der Olpererhütte ohne Beeinflussung der Verbraucher dargestellt. Für Geräte wird dort permanent Strom zur Verfügung gestellt. Hier werden sich im Vergleich mit anderen Hütten auch keine nennenswerten Unterschiede ergeben, außer dort, wo elektrische Verbraucher nicht auf Heißwasserbetrieb umgerüstet sind (z.B. Waschmaschinen, Geschirrspüler usw.). Dort wird das Verhältnis von Leistungsminimum zu Maximum sehr viel stärker ausgeprägt sein. Es kommen dann meist Generatoren zum Einsatz, deren Leistungen um den Faktor 2-3 größer sein müssen, damit der Strombedarf gedeckt werden kann.

Wird dieser Verbrauch (Abbildung 15) durch ein **Hybridsystem** mit BHKW/**Generator + Wechselrichter + Akkumulator + Photovoltaik** gedeckt, so sieht eine typische Leistungsverteilung für Verbraucher und Erzeugung wie in Abbildung 22 aus. Der elektrische Bedarf startet bei Stunde 1 mit 3 kW (schraffiert dargestellt). Im weiteren Verlauf schalten sich dann Geräte mit 4 und 7 kW zu. Während der Stunde 1-3 kann dann bis zur maximalen elektrischen Leistung des BHKW (in Höhe von ca. 12 kW) Energie in den Akkumulator geladen werden. Im Beispiel von Abbildung 22 sind das in dieser Zeit 9kW x 1h + 8kW x 1h + 5kWx1h = 22 kWh, die der Akkumulator **geladen** wird. Nach Stunde 3 wird das BHKW abgeschaltet, weil z.B. der Akku auf die eingestellte Ladeschwelle geladen wurde. Das BHKW ist dann also nach Stunde 3 abgeschaltet, gleichzeitig werden die elektrischen Verbraucher mit 9-8-5 kW, in den Stunden 4-6, direkt aus dem Akkumulator versorgt. Dieser wird dann in den Stunden 4 bis 6 zu 9+8+6 kWh = 22 kWh wieder **entladen**. Innerhalb dieser 6 Stunden werden also Verbraucher mit einem Bedarf von insgesamt 36 kWh gespeist. Davon werden 14 kWh in den ersten 3 Stunden direkt aus dem BHKW gedeckt. Die restlichen 22 kWh kommen in den Stunden 4 bis 6 aus der Entladung des Akkumulators, der diese Energiemenge während der Stunden 1 bis 3 eingespeichert hatte.

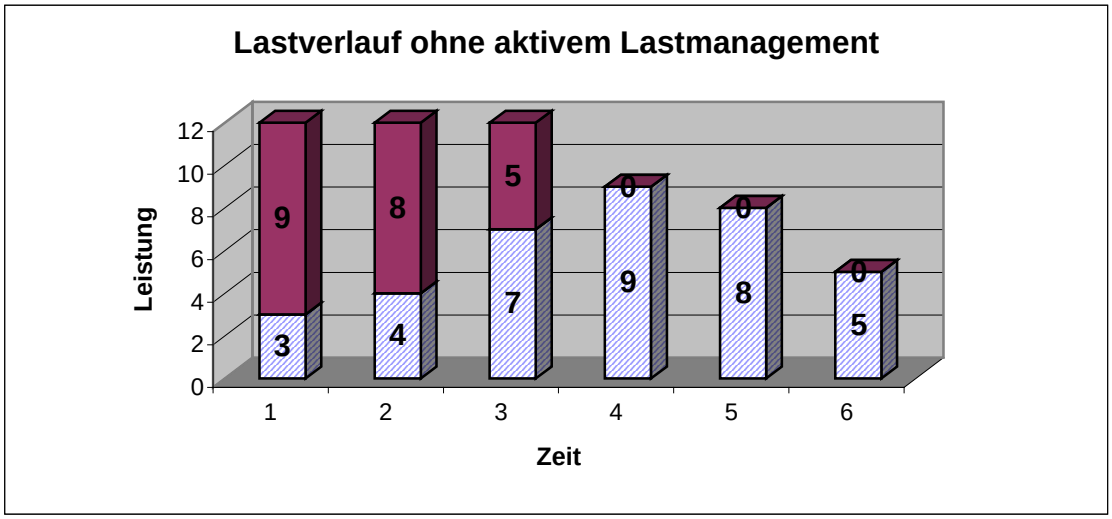



**Abbildung 15: Typischer Verbraucherlastverlauf (z.B. 3-4-7-9-8-5 KW) ohne Beeinflussung durch Lastmanagement**

Bezogen auf das System der Olpererhütte zeigt dieses praxisgerechte Beispiel, dass der Akkumulator während der 6 Betriebsstunden einen Ladungsumsatz in Höhe von 22 kWh seiner Gesamtkapazität von 38,4 kWh erfährt. Dies entspricht immerhin **57,3 %** des gesamten Speichervorrates.

In einem weiteren Beispiel (Abbildung 16) wird gezeigt, dass man bei einem anderen Lastverlauf, die Verbraucher während 6 Stunden ebenso mit 36 kWh versorgen kann (12+7+9+3+3+2= 26), obwohl der Akkumulator während dieser 6 Stunden nur mit 8 kWh Energieumsatz, also nur ca. 21% seiner Nennkapazität belastet werden muss.

Das entspricht einer **2,7-fach geringeren Belastung** des Akkumulators! Hier wurde das **Aktive Lastmanagement** angewendet. In fest definierten „Verbraucherruhepausen" werden Geräte gezielt abgeschaltet, die dann nach Ablauf dieser Pause wieder mit Strom versorgt werden. Dabei ergibt sich eine größere Leistungsaufnahme während der Stunden 1-3 (Vgl. Abbildung 23). Die verbleibende Leistung des Generators in Volllast, wird in den Akkumulator gespeist und dieser geladen. Mit Lastmanagement ist das erfreulicherweise nur eine Energiemenge von 5+3 kWh = 8 kWh statt 22 kWh, wie im anderen Beispiel (Abb. 15) gezeigt. Das BHKW (Abb. 16) wird ebenso nach der Stunde 3, sowie zeitgleich verschiedene Verbraucher, abgeschaltet, so dass eine sehr viel geringere Energiemenge aus den Akkus in den Stunden 4-6 entladen werden muss (hier nur 3+3+2 kWh = 8 kWh).

Werden die Verbraucher nach der Pause wieder zugeschaltet, dann haben diese eine sehr viel höhere Einschaltdauer je Stunde, da Ihre Energiespeicher / Puffer wieder aufgefüllt bzw. geleert werden müssen. Das sind z.B.:

- Auffrischung des Kältespeichers (Kühl - / und Gefriergut)
- Auffüllung des Kältespeichers in der Schankanlage
- Abarbeitung der neuen Schmutzfracht im Puffervolumen der Kläranlage
- Ladung des Druckluftspeichers für die Müllpresse
- Freigabe der Waschmaschine und andere Geräte

Das wiederum bedeutet, dass die „vermiedene" Leistungsaufnahme in der Abschaltzeit jetzt zusätzlich in den Zeiten auftreten, in denen das Lastmanagement die Verbraucher freigibt. Zu diesen Zeiten kann die Last komplett vom Generator gedeckt werden. Nur wenig Energie wird für die Akkunachladung angefordert, weil ja in den Schwachlastzeiten mit Lastabwurf - ohne BHKW Betrieb - nur eine geringe Leistungsaufnahme aus dem Wechselrichter /Akkumulator beansprucht wird.

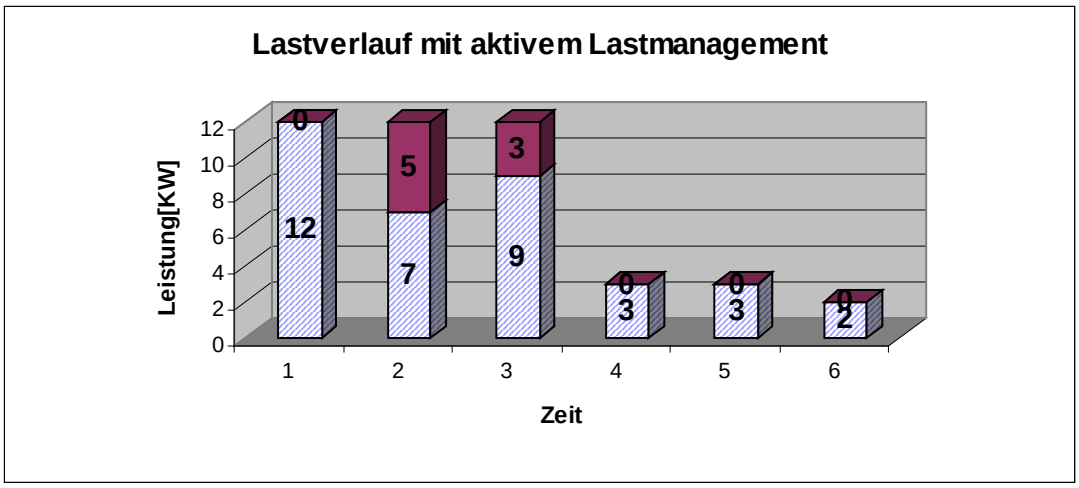



**Abbildung 16: Typischer Verbraucherlastverlauf (z.B. 12-7-9-3-3-2 KW) mit Beeinflussung durch Lastmanagement**

Es geht also darum, mit Hilfe einer gezielten, automatischen Abschaltung von einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen den Lastgang so zu verschieben, dass die gewünschte Verlaufsform erreicht wird und damit die Belastung der Akkumulatoren minimiert

wird. Selbstverständlich dürfen hier keine Küchenverbraucher oder Geräte abgeschaltet werden, die der Bewirtung von Gästen dienen. Der Hüttenbetrieb hat immer Vorrang!

Bei einer guten Abstimmung mit dem Hüttenbetreiber/Pächter ist die Handhabung aber problemlos.

In der nachfolgenden Abbildung ist das Schaltprinzip des aktiven Lastmanagement in der Elektro-Unterverteilung dargestellt.

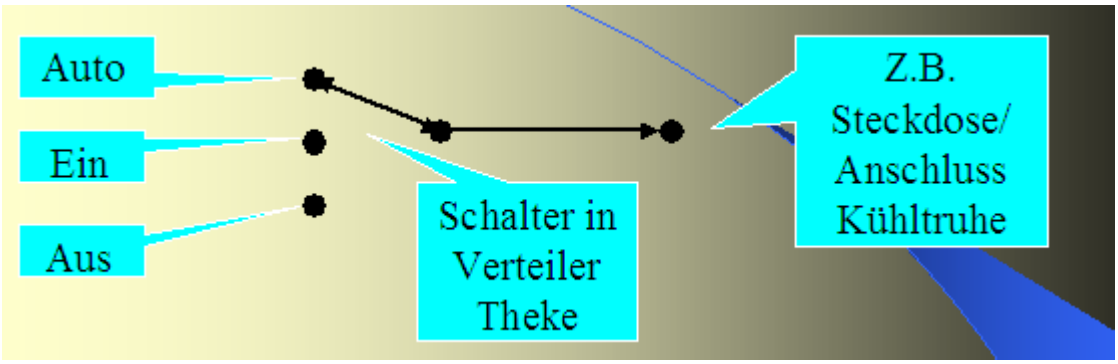



**Abbildung 17: Das Prinzip der Abschaltung des Verbraucherstromkreises beim aktiven Lastmanagement durch Schalter/ Schütze im Stromkreisverteiler / Unterverteiler**

Alle einzelnen Verbraucherstromkreise können entweder über das Lastmanagementsystem angesteuert werden oder dauernd mit Strom versorgt werden, was dem Betrieb ohne Managementsystem gleichkommt. Alle Einstellungen können problemlos über eine Webvisualisierung von jedem Computer mit Internetzugang ferneingestellt werden, selbstverständlich auch vor Ort vom Hüttenpächter. Die bedienerfreundliche Oberfläche ist im Anhang 10.16 (A16) dargestellt. Dort kann z. B. die gesamte Optimierung deaktiviert werden oder auch einzelne Verbraucher. Ist das Lastmanagement aktiviert, so werden alle zuvor festgelegten Verbraucher nach einem fest eingestellten Zeitprogramm und anderen Bedingungen abgeschaltet. Der Hüttenpächter muss sich mit dieser Technik oder Optimierung aber erst gar nicht beschäftigen. Nur im Falle einer Störung, sollte er die Umstellung der Schalter auf Normal-/ Handbetrieb kennen. Die Regel ist, dass die Einstellung einmalig auf die Gegebenheiten der Hütte eingestellt wird, dann erfolgt ein automatischer Betrieb. Für die Erprobungsphase des aktiven Lastmanagementsystems auf der Olpererhütte, wurde eine Webvisualisierung über das Internet eingerichtet, so dass man verschiedene Einstellungen und die Übertragung von Messergebnissen für wissenschaftliche Zwecke nutzen kann. In der allgemeinen Anwendung wird eine standardisierte Lösung mit geringem Technikaufwand für einen wirtschaftlichen Betrieb sorgen. Ziel ist, dass eine einfache Zeitsteuerung Verbraucher über „fernbedienbare Steckdosen“ schalten kann, was für alle Hütten im Bestand interessant sein dürfte.

### 6.6.2 Die Messergebnisse und Betriebserfahrungen am Beispiel Olpererhütte

Dank der DBU Förderung zu diesem Projekt, konnten erstmalig die Theorie und die Auswirkungen eines aktiven Lastmanagements nachgewiesen werden. Das Ergebnis ist sehr viel besser ausgefallen als erhofft und soll hier anhand der Analyse von zwei Samstagen des Hüttenbetriebes erläutert werden:

Samstag 27.06.2009 **ohne** Lastmanagement
**und**
Samstag 19.09.2009 **mit** Lastmanagement

An beiden Tagen war die Belegung der Hütte etwa gleich, die Tagesenergieproduktionen des BHKW /Generators betrugen 92,07 kWh und 96,4 kWh. Der direkte Vergleich des Verbraucherlastganges zeigt, dass in Niedriglastzeiten ohne Managementsystem kaum Zeiträume bestehen, bei denen die Leistungsanforderung unter 2 kW sank. Ebenso treten Leistungen über 6 kW nur in kurzen ¼- h Zeiträumen auf.

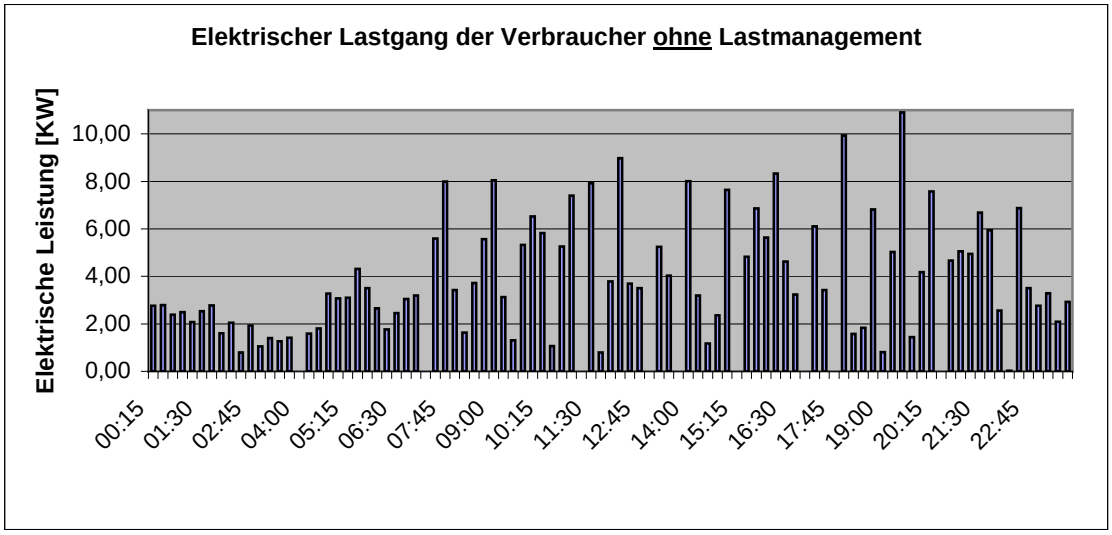



**Abbildung 18: Typischer elektrischer Tageslastgang des Bedarfes auf der Olpererhütte ohne Beeinflussung durch das Lastmanagement.**

Beim Verbraucherlastgang mit Managementsystem (vgl. Abb. 19) wird im Zeitraum von 00:00 bis 6:00 Uhr die Leistung durch die Lastabschaltung der ausgewählten Verbraucher deutlich unter 1kW gehalten. Ebenso reduziert ist auch die Leistungsanforderung in den anderen Zeiträumen, z.B. während der „Vormittagsflaute“, nachdem die Bergsteiger die Hütte verlassen haben (ca. 09:00 bis 12:00 Uhr), oder in einem dritten Zeitraum am Nachmittag (ca. 16:00 bis 19:00 Uhr). Gleichzeitig ist es gelungen, die Leistungsanforderung in den Zeiten der Lastzuschaltung in weiten Bereichen über 6 kW zu erhöhen (vgl. Abbildung 19).

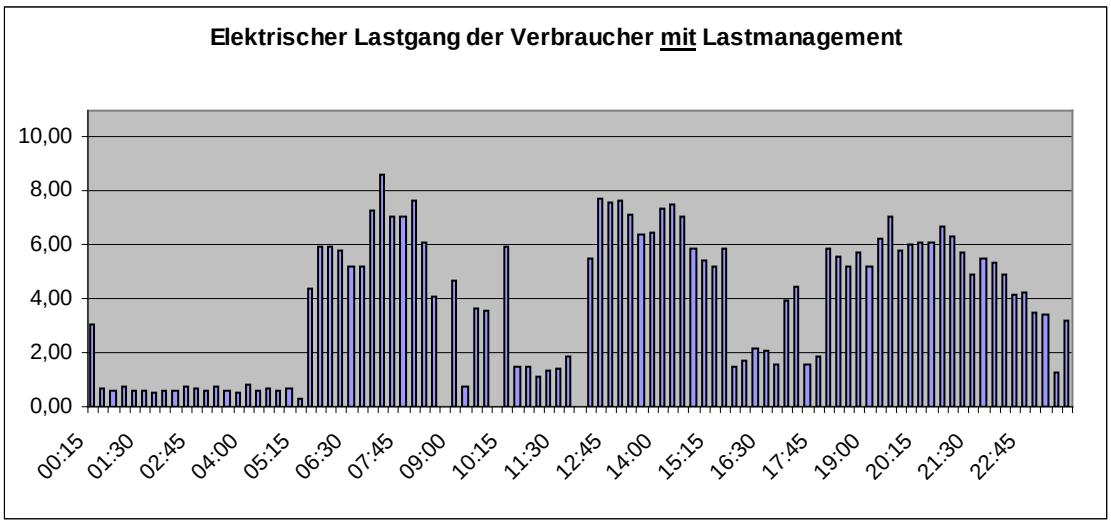



**Abbildung 19: Typischer elektrischer Tageslastgang des Bedarfes auf der Olpererhütte mit Beeinflussung durch das Lastmanagement.**

In den Schwachlastzeiten / Lastabwurfzeiten wird der Akkumulator nur gering entladen und dadurch der Betrieb des Generators / BHKW erst gar nicht angefordert. Erst nach der Freigabe der Lasten (z.B. ab ca. 06:00 Uhr) wird sich der Generator zuschalten (Abb. 19). Gleichzeitig zur elektrischen Lastanforderung der Verbraucher, muss der Akkumulator auf-

geladen werden, was den Generator in die Volllast oder nahe an den Volllastbetrieb bringt. In Abbildung 20 ist die Leistungsaufnahme des BHKW dargestellt. Man sieht sehr gut, dass es kaum im Leistungsbereich unter 6 kW beansprucht wird.

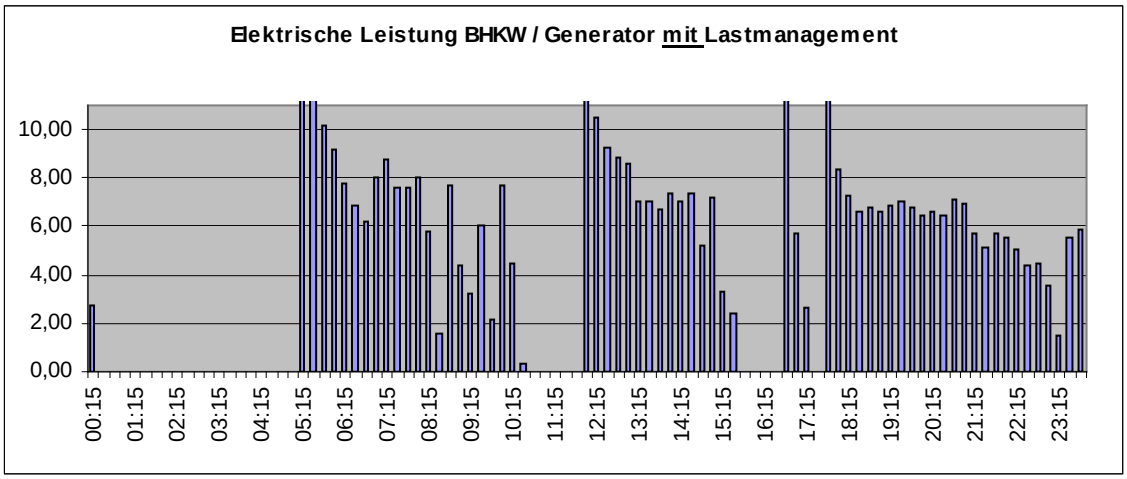



**Abbildung 20: Elektrische Leistungsanforderung an den Generator / BHKW mit Lastmanagement**

6.6.2.1 Kosteneinsparung beim Akkumulator oder Verlängerung der Lebensdauer

Da der Akkumulator in den Schwachlast- bzw. Lastabwurfzeiten kaum entladen wird und mit dem Wiederzuschalten der Lasten meist gleichzeitig das BHKW angefordert wird, kann dadurch die Ladungsentnahme aus dem Akkumulator über den Wechselrichter sehr stark gemindert werden. In den beiden, gemessenen Verläufen der Lade- und Entladeleistungen des Batteriespeichers auf der Olpererhütte (Abbildung 21 und 22), kann die Theorie des aktiven Lastmanagement aus Kap. 6.6.1 sehr eindrücklich nachgewiesen werden. Die Fläche der Säulen oberhalb der „0“-Linie entspricht der Entladeenergie der Akkus durch den Wechselrichter. Die Fläche der Säulen unterhalb der „0“-Linie entspricht der Beladung der Akkumulatoren durch den Wechselrichter.

Durch Auswertung der Messergebnisse stellte man fest:

**Ohne** Lastmanagement mussten dem Akkumulator am Messtag (27.06.09) in den Ladephasen 34,4 kWh zugeführt werden. Das entspricht 90% der Akkukapazität.

**Mit** Aktivem Lastmanagement mussten dem Akkumulator am Messtag in den Ladephasen nur 10 kWh zugeführt werden. Das entspricht nur 26 % der Akkukapazität. Die Belastung des Akkumulators ist also mit dem **aktiven Lastmanagement** um den **Faktor 3,45 nachweislich reduziert worden**.

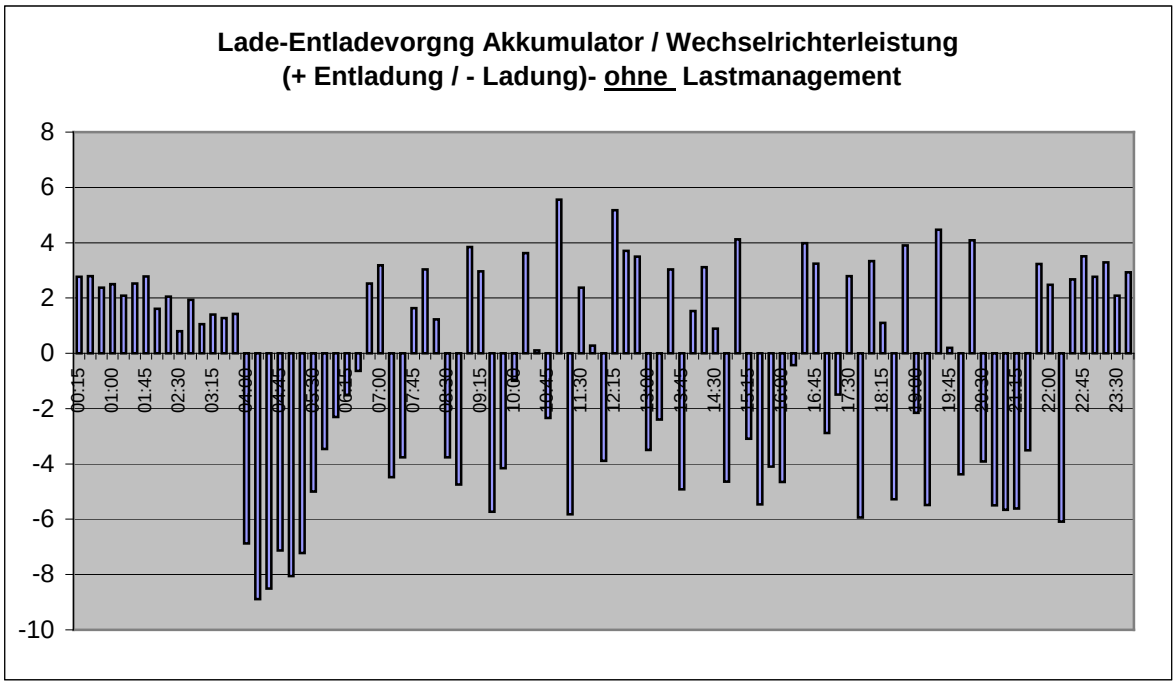



**Abbildung 21: Akkumulatorbelastung (Ladung/Entladung) ohne Lastmanagement**

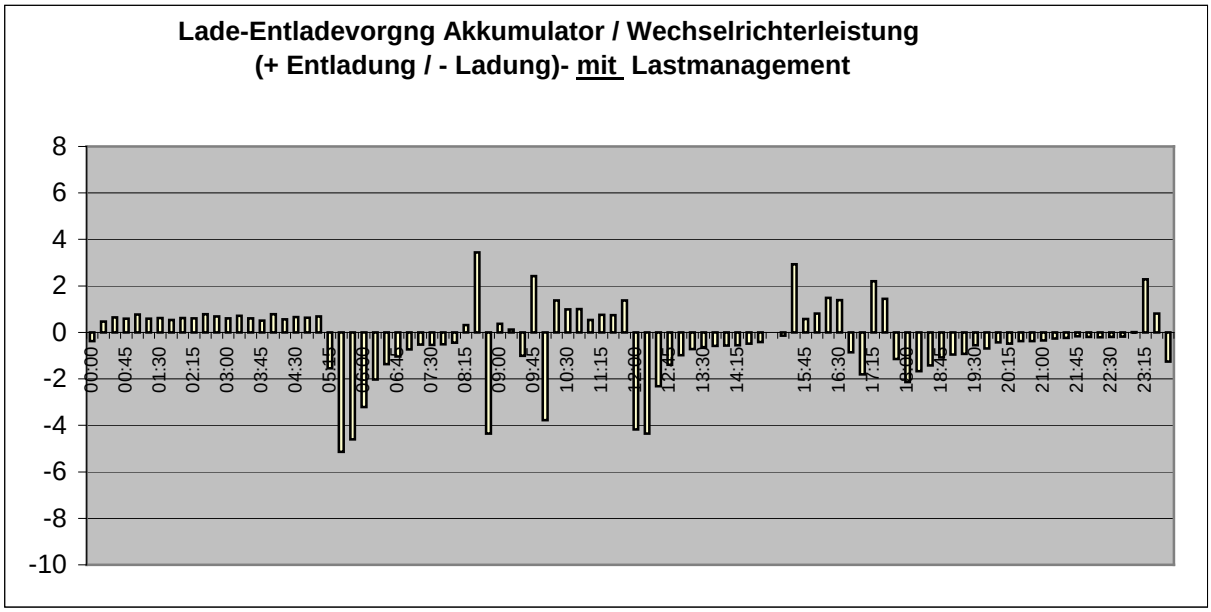



**Abbildung 22: Akkumulatorbelastung (Ladung/Entladung) mit Lastmanagement**

Dadurch lässt sich der Nutzen durch das Aktive Lastmanagement ganz konkret beschreiben:

1. Kosteneinsparung durch Reduktion der Akkumulatorauslegung um den Faktor 3, oder
2. Verlängerung der Lebensdauer des Akkumulators gemäß Zyklenkennlinie (Abb.14), oder
3. Schaffung von großen Leistungsreserven

Im vorliegenden, außergewöhnlichen Fall, konnte durch den enormen Energieverbrauchszuwachs auf der Hütte der Zusammenbruch des Akkumulators oder die Nachrüstung auf die doppelte Akkukapazität durch Schaffung dieser Leistungsreserve vermieden werden. Insbesondere wird auch bei einer späteren Erneuerung des Akkumulators eine Verdoppelung der Kapazität erspart bleiben, was bei der Olpererhütte einer Vermeidung von Mehrkosten in Höhe von ca. 6.000 € entspricht.

Gerade weil die Energiespeicherung bei einer Inselanlage das schwächste und kostenintensivste Glied der Versorgung ausmacht, sind diese Ergebnisse durch das Lastmanagementsystem doch ein beträchtlicher Fortschritt beim Betrieb eines Hybriden Energieversorgungssystems. Mit dem Aktiven Lastmanagementsystem können neben den klar bezifferbaren Kosteneinsparungen hinsichtlich der Akkumulatoranlage die Forderungen der Fachleute ([Bau06, Sau03]) aus den Internationalen Fachseminaren „Umweltgerechte Ver- und Entsorgungssysteme für Berg- und Schutzhütten“ nachgewiesen werden, wie :

- Fortlaufend hoher Ladegrad
- Häufigere Vollladezustände

Leider musste der Akkumulator während der ersten beiden Winter ungewollt sehr ungünstige Stressfaktoren hinnehmen (Lange Verweildauer im tiefen Ladezustand), so dass bereits eine nicht unwesentliche Abschlammung des Akkus eingetreten ist. Das Lastabwurfsystem konnte erst in der zweiten Hälfte der Saison 2009 in Betrieb gehen. Es bleibt zu wünschen, dass die Alterung/Schädigung des Akkumulators noch nicht zu weit vorangeschritten ist und die positiven Auswirkungen des Lastmanagementsystems die Effekte noch für einen längeren Zeitraum ausgleichen können.

#### 6.6.2.2 Kosteneinsparung beim Brennstoff für BHKW oder Notstromgenerator

Zweifelsfrei ist es bei einem Hybridsystem mit BHKW/Generator + Wechselrichter + Akkumulator von großem Vorteil, wenn die elektrischen Lasten eher kurz und mit großer Leistung betrieben werden, als lange Betriebszeiten mit kleiner Leistung. Insbesondere führt das auch hier zu Kosteneinsparungen, wenn das Generatormanagement gleichzeitig mit der Freigabe der großen Lasten und Akkuladung den Generator startet, weil dieser dann in der Volllast betrieben wird.

Volllastbetrieb geht immer mit dem geringsten, spezifischen Brennstoffverbrauch des Generators/BHKW einher. Teillastbetrieb hat einen relativ hohen spezifischen Treibstoffverbrauch zur Folge. Der Rapsölverbrauch in Abhängigkeit der elektrischen Leistungsabgabe des auf der Olpererhütte eingesetzten BHKW (Typ: KWE 12P-4 SI), wird in der Abbildung 30 erläutert.

Selbst ohne elektrische Leistungsabgabe Leerlauf (0 kW), hat das BHKW nach Herstellerangabe, einen Rapsölverbrauch (Sockelverbrauch) von ca. 1Liter / Stunde. Danach steigt dieser linear mit Zunahme der elektrischen Leistung auf 5,1 l/h an.

**Betriebsfall A:**

Wird einem BHKW ein elektrischer Verbrauch von 10 kWh abverlangt, so kann dies z.B. ein Verbraucher mit 2 kW elektrischer Leistung über 5 Stunden sein. Der Generator benötigt hierfür laut Abb. 30 also **0,84** Liter Rapsöl / kWh, insgesamt also 8,4 Liter

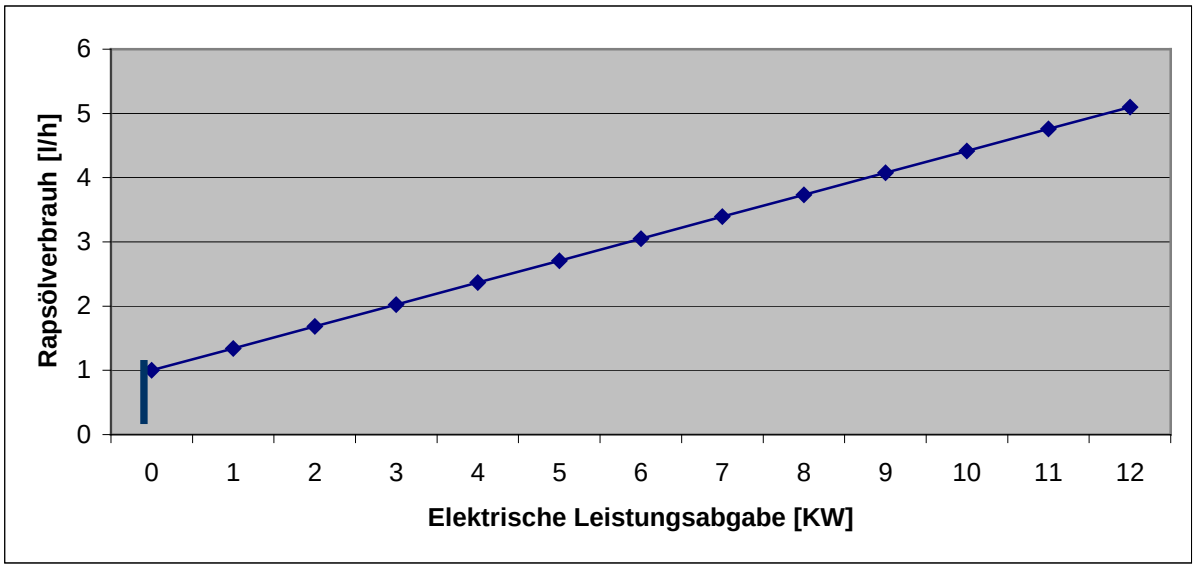



**Abbildung 23: Treibstoffverbrauch in Abhängigkeit der elektrischen Leistungsabgabe für den BHKW Typ KWE 12P-4SI auf der Olpererhütte**

### Betriebsfall B:

Wird er hingegen mit einem 10 kW Verbraucher für 1 Stunde Betrieb beansprucht (entspricht auch 10 kWh), so verbraucht er für die gleiche Energie von 10 kWh nur **0,44 Liter** Rapsöl / kWh, also insgesamt nur 4,4 Liter Treibstoff. Das bedeutet, dass nahezu die Hälfte an Treibstoff bei gleicher Energieproduktion gespart wurde. Bezieht man bei Volllast den spezifischen Verbrauch auf 100%, so steigt der spezifische Rapsölverbrauch bei Teillast um bis zu 316% (vgl. Tabelle 9). Das BHKW / der Generator verbraucht dabei also das 3,16-fache an Treibstoff gegenüber dem Volllastbetrieb. In Abbildung 31 ist dieser Zusammenhang zusätzlich tabellarisch für die elektrische Leistungsabgabe in 1kW Schritten von 1-11 kW dargestellt.

| El. Leistung [kW] | Rapsöl [l/h] | El. Energie kWh | Laufzeit [h] | Spezifischer Verbrauch [l/kWh] | Verbrauch bezogen auf Volllast |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,34 | 10 | | 1,342 | **316%** |
| 2 | 1,68 | 10 | 5,00 | 0,842 | 198% |
| 3 | 2,03 | 10 | 3,33 | 0,675 | 159% |
| 4 | 2,37 | 10 | 2,50 | 0,592 | 139% |
| 5 | 2,71 | 10 | 2,00 | 0,542 | 127% |
| 6 | 3,05 | 10 | 1,67 | 0,508 | 120% |
| 7 | 3,39 | 10 | 1,43 | 0,485 | 114% |
| 8 | 3,73 | 10 | 1,25 | 0,467 | 110% |
| 9 | 4,08 | 10 | 1,11 | 0,453 | 107% |
| 10 | 4,42 | 10 | 1,00 | 0,442 | 104% |
| 11 | 4,76 | 10 | 0,91 | 0,433 | 102% |
| 12 | 5,1 | 10 | 0,83 | 0,425 | **100%** |

**Tabelle 9: Spezifischer Treibstoffverbrauch für die Leistungsabgabe in 1 kW Schritten beim BHKW Typ KWE 12P-4SI auf der Olpererhütte**

Die mit dem Betriebsfall A) und B) dargestellte 50%ige Brennstoffeinsparung für den Generatorbetrieb, ist bei Anlagen ohne Akkumulator (also direkter Betrieb der Verbraucher) bei Ergänzung um ein kleines WR/Akkumulatorsystems durchaus realistisch, wenn ein aktives Lastmanagement nachgerüstet wird. Leider ist dies auch die immer wieder geäußerte Erfahrung der verantwortlichen Hüttenwarte und -wirte, dass Notstromgeneratoren oftmals nahezu im Leerlauf für kleine Lasten betrieben werden, weil kein oder nur ein zu gering dimensioniertes Akkusystem vorhanden ist. In der Nachrüstung bestehender Anlagen, besteht also hierzu ein nicht unerhebliches Potential für den Betrieb eines aktiven Lastmanagementsystems.

Auf der Olpererhütte konnte diese hohe Brennstoffeinsparung, zumindest nicht mit den beiden, gegenübergestellten Messtagen nachgewiesen werden. Vergleicht man den nachfolgenden Lastverlauf des BHKW ohne Managementsystem (Abb. 24) mit dem bereits gezeigten Verlauf in Abbildung 19 (mit Lastabwurf), wird der Vergleich der Leistungsbeanspruchung zumindest mit dem Auge keine quantitativen Unterschiede feststellen können.

Die Auswertung der gesamten Laufzeiten (96 x ¼ h Tageswerte) und Wertung der erzeugten Energie mit dem tatsächlichen, spezifischen Verbrauch gemäß Abbildung 24 (spezifischer Rapsölverbrauch des BHKW), liefert hier Zahlen, die zunächst verblüffen:

Spezifischer Verbrauch als Tagesdurchschnitt

| | |
|---|---|
| **Mit** Lastmanagement | 0,54 [Liter / kWh] |
| **Ohne** Lastmanagement | 0,54 [Liter / kWh] |

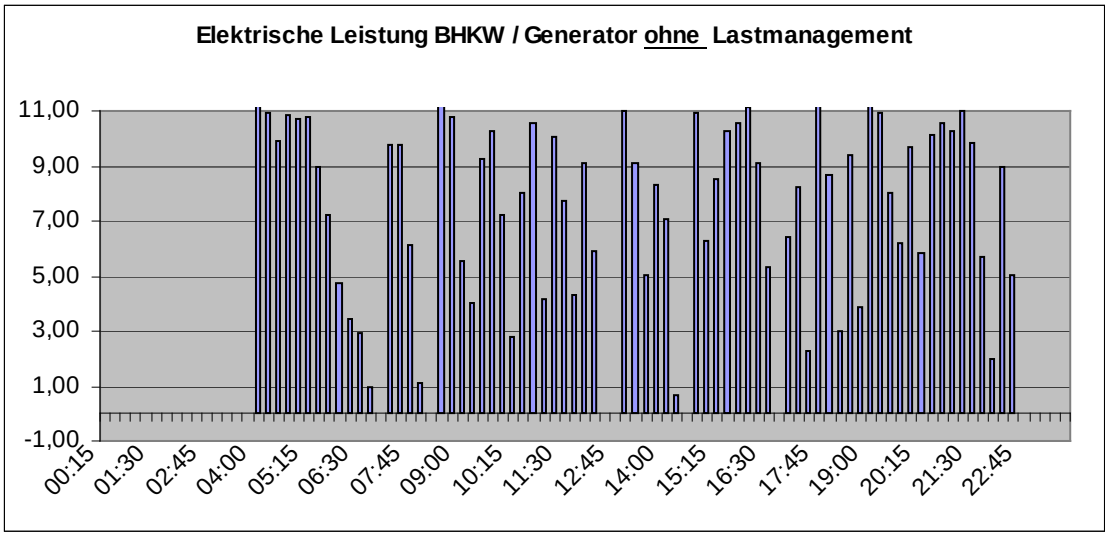



**Abbildung 24: Elektrische Leistungsanforderung an den Generator / BHKW ohne Lastmanagement**

Der für beide Tage identische, spezifische Verbrauch über die Tagesenergieproduktion, unabhängig vom Lastmanagement, ist zunächst unerwartet. Er erklärt sich dadurch, dass zwar die erzeugten Laststunden unterhalb von 3 kW **mit** Management geringer sind (vgl. Abb. 19), dafür die Leistungsbereitstellung für die Aufnahme **ohne** das Managementsystem im Bereich der Volllast mehr ¼- Durchschnittswerte im Bereich zwischen 7-11 kW liegen (Abb. 24) und diesen Vorteil wieder eliminieren, so dass der spezifische Verbrauch in der Messung zunächst gleich ist.

Im Folgenden wird dargestellt, dass dieser Effekt nicht durch das aktive Managementsystem selbst verursacht ist, sondern auf einem, bisher noch nicht berücksichtigten Einstellwert des

Akkulademanagements im Wechselrichter beruht, nämlich der Akkuladeschwelle. In der Regel wird der Akkumulator geladen, wenn er eine Schwelle von z.B. 60% unterschritten hat und die Ladung wieder unterbrochen, wenn ca. 90% der Ladung wieder aufgeladen sind. Danach beginnt ein neuer Zyklus. Ein Bleiakkumulator verhält sich wie ein Schwamm, der im „ungesättigten" Zustand sehr viel Wasser aufnehmen kann. Ist er bereits zu 85% vollgesaugt, dann kann er nur noch geringe Wassermengen nach und nach aufnehmen. Am Ende des Ladezyklus eines Bleiakkumulators, kann nur noch ein sehr geringer Ladestrom aufgenommen werden. Das bedeutet, dass der Ladezustand von 100% nur mit kleinen Strömen über mehrere Stunden erreicht werden kann.

Bei der Messung **ohne** Lastmanagementsystem war der Akkumulator im Tagesdurchschnitt nur zu 78% voll (vgl. Abbildung 25) und konnte eine sehr viel höhere Ladeleistung aufnehmen.

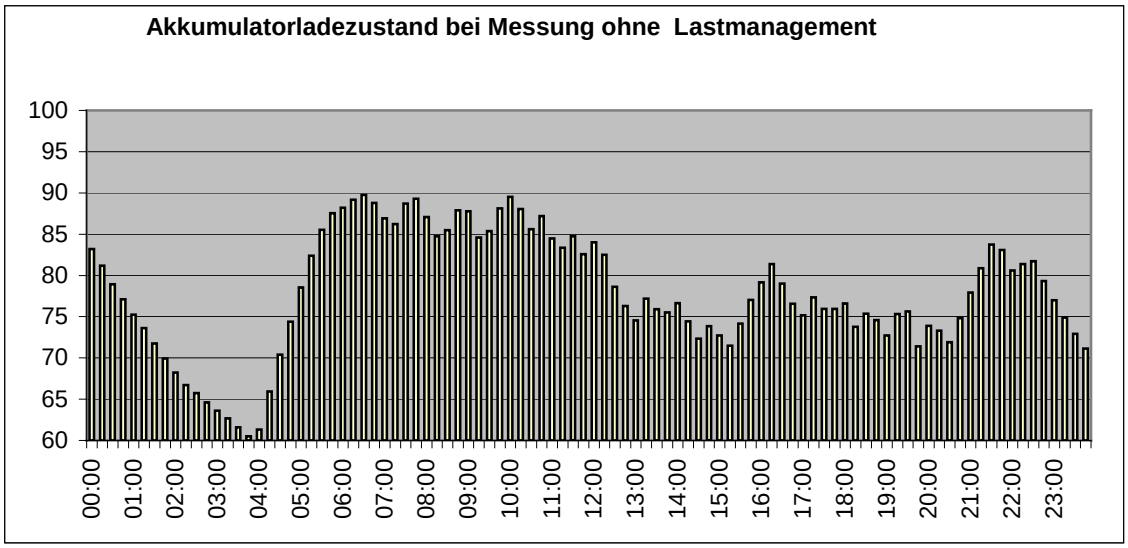



**Abbildung 25: Ladezustandsverlauf des Akkumulators am 27.06.09 – ohne Lastmanagement**

Bei der Messung **mit** Lastmanagementsystem war der Speicher im Tagesdurchschnitt bereits zu 94,7% gefüllt (vgl. Abbildung 33) und deshalb kaum noch ladefähig! Die Ladeschwellen waren bei den beiden Messungen also völlig unterschiedlich eingestellt. Den Vorteil der hohen Verbraucherlasten durch das Lastmanagement hat also die sehr geringe Leistungsaufnahmebereitschaft des Akkumulators (bei 94,7%) komplett kompensiert. Aus diesem Grund konnte mit Hilfe dieser ausgewählten Messung kein Nachweis für eine Reduktion des Treibstoffes nachgewiesen werden.

Wäre bei der Messung mit Lastmanagement der gleiche Akkuschwellwert eingestellt gewesen, so hätte sich eine Brennstoffeinsparung in Höhe von wenigstens ca. 10- 15% gegenüber dem Betrieb ohne Lastmanagement eingestellt. Dabei nimmt die Lade-/Entladebelastung des Akkumulators wieder etwas zu.

Mit Einstellung der Ladeschwelle trifft man also in Verbindung mit dem aktiven Lastmanagement die Wahl, ob man den Effekt der Brennstoffreduktion, oder der Akkumulatorentlastung stärker nutzen möchte.

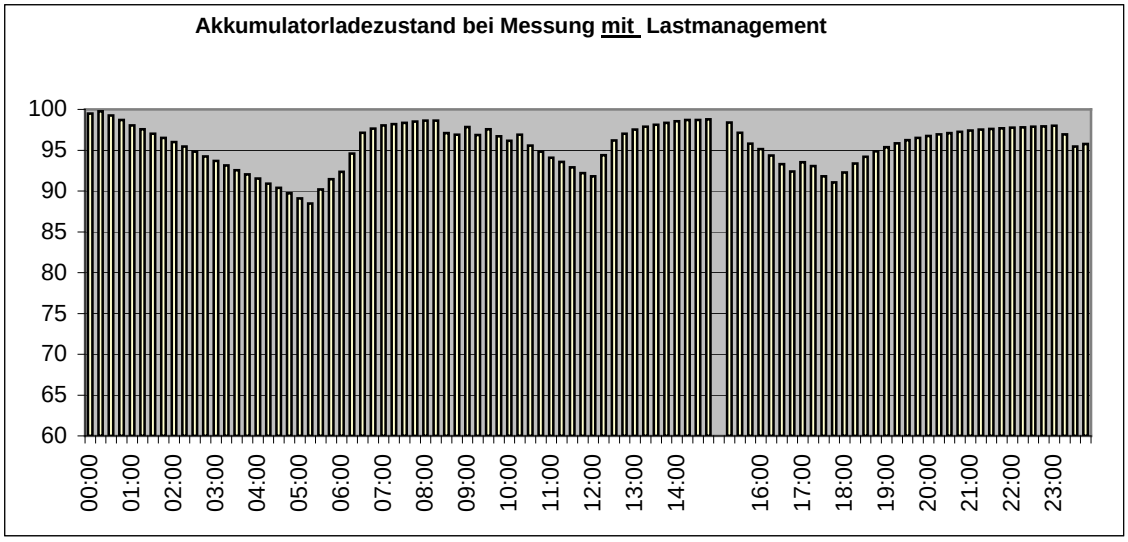



**Abbildung 26: Ladezustandsverlauf des Akkumulators am 19.09.09 – mit Lastmanagement**

Im Rahmen dieses Abschlussberichtes kann der Effekt der Brennstoffeinsparung leider nicht weiter behandelt oder nachgewiesen werden, denn eine weitere Messreihe, bei der die Betonung dieses Effektes dargestellt werden sollte, ging wegen eines Datenspeicherproblems im Rahmen der Installation einer Webcam verloren.

### 6.6.3 Die Rolle der gewählten Kläranlage mit Membrantechnologie

Die Kläranlage wurde ebenso in das aktive Lastmanagement eingebunden, das heißt, dass sie bei Unterschreitung eines festgelegten „Low- Level“ im Pufferspeicher mit Hilfe eines zusätzlich eingebauten Schwimmerschalters abgeschaltet wurde. Sobald der Schmutzwasseranfall im Puffer wieder anstieg, wurde für die Abwasseranlage die Stromzufuhr wieder hergestellt, so dass die Anlage wieder in den Normalbetrieb gehen konnte. Die natürlichen Ruhezeiten des MBR Systems (Auslegung mit 15 Betriebsstunden pro Tag), wurden also mit Hilfe des Pufferspeichers für das aktive Lastabwurfsystem optimiert. Da für die Biologie während der am Tag durchgeführten Abschaltungen (max. 2-3 Stunden) keine Bedenken des „Kippens“ bzw. zu langen Unterversorgung mit Sauerstoff bestand, stellte das kein Problem für die Einbindung der MBR dar. Die Membrananlage hat sich also sehr gut in das integrierte Gesamtsystem auf der Olpererhütte eingefügt.

## 6.7 Innovation durch Einfachheit

Zunächst scheint bereits bei der Wortwahl für die Technik von Ver- und Entsorgungssystemen ein krasser Widerspruch zum erklärten Ziel „Innovation durch Einfachheit“ zu bestehen. Begriffe wie:

- Hybrides Energiesystem
- Aktives Lastmanagement
- Membranfiltration

lassen zunächst nichts Einfaches hinter der Beschreibung vermuten. Und in der Tat ist es auch so, dass eine netzferne Energieversorgung, ein modernes Abwassersystem nicht nur aus einem Schalter und einem Ventil bestehen, sondern tatsächlich komplexe Systeme dahinter versteckt sind.

Im Gegensatz dazu seht die Professionalität des Hüttenpächters, dessen Ausbildung, Erfahrung und Aufgabe auf einem ganz anderen Gebiet liegt: Die Versorgung und das Wohlergehen der Bergsteiger und Gäste. Um seinen Auftrag zu erfüllen, wird er sich in einem gewissen Rahmen mit der Technik „anfreunden“, in einem Maß aber, das von ihm keinen Fachmann erwartet. Technische Probleme, die er nicht bewältigen kann, müssen schnell und ohne Aufschub von Fachleuten aus dem Tal behoben werden, ohne dass Spezialisten erst einmal eine Reise antreten müssen.

Angesichts dieser vielfältigen Aufgaben, die scheinbar im Widerspruch stehen, wird **„Innovation durch Einfachheit“** am Beispiel der Planung und dem Betrieb der Olpererhütte wie folgt **postuliert**:

**Planungspostulate:**

1. Die Grundversorgungstechnik besteht aus der bewährten, klassischen, Handbedienung (Schalter, Sicherung, Ventil, usw. ....). Dies wurde auf der Olpererhütte berücksichtigt.

2. Die Grundversorgungstechnik muss bei der Planung so weit wie möglich vereinfacht werden, die Versorgungssicherheit muss erhöht werden.

   Beispiele von der Olpererhütte:

   - Ausführung der Stromversorgung als 1- Phasen, nicht 3-Phasensystem
   - Redundanz von 2 Wechselrichter (WR), damit bei Ausfall ein WR auch über Wochen die Versorgung übernehmen kann.
   - Nur 1 Kombispeicher mit 3 Funktionen (Puffer, Warmwasserspeicher, Notkühler für das BHKW durch Heißwasserspirale über den integrierten Solarwärmetauscher)

3. Der Fachplaner plant und schreibt die Technik + Montage so aus, dass die klassischen Technikgewerke (Elektro, Sanitär/Heizung/Lüftung) die gesamte Technik ausführen können und später auch den Störungsdienst übernehmen. Dies gewährleistet, dass lokale Firmen aus dem Tal die Arbeiten übernehmen.

   Beispiel Olpererhütte: Nur 2 Fachfirmen vor Ort aus dem Zillertal

4. Die Ausschreibung selbst umfasst bereits ein Angebot für die spätere Wartung der Systeme um die Betriebskosten abschätzen zu können (wurde bei der Ausschreibung der Olpererhütte berücksichtigt).

5. Komplizierte, ergänzende Optimierungssysteme (z.B.: Lastmanagement) und andere übergeordnete Steuerungsaufgaben müssen ohne Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Versorgungssysteme ablaufen können und werden vom Planer oder einem anderen Fachmann durch Fernauslesung/ Fernsteuerung betreut/fremdüberwacht (der Hüttenpächter darf davon nichts merken).
   Dies wurde auf der Olpererhütte durch den satellitengestützten Internetanschluss realisiert.

**Postulate für den Betrieb:**

6. Der Fachplaner betreut den Hütteneigentümer weiter mindestens für das Inbetriebnahmejahr, erstellt ggf. die notwendigen Bedienanleitungen für den Eigentümer/Hüttenwart /Hüttenpächter, damit dieser selbsttätig die Anlagen betreiben kann. Beispiel Olpererhütte:

   - Notstromablaufplan

- Wechselrichterbedienung / Einstellung

7. Der Fachplaner berät den Hütteneigentümer in Absprache mit der ausführenden Fachfirma darüber, welche der Wartungsarbeiten er selbst ausführen kann.

   Beispiel Olpererhütte:

   - Wartung BHKW (Einsparung ca. 4.000- 5.000 €/a)
   - Wartung Akkuanlage (Einsparung ca. 1.500 € /a)
   - Wartung Abwasseranlage (zusätzlich auch Wartung durch Fachfirma)
   - Sonstige Wartungen

8. Der tägliche Aufwand für die Bedienung der Technik durch den Hüttenpächter darf maximal 10- 15 Minuten/ Tag betragen.

   Beispiel Olpererhütte: weniger als 10 Min/d

9. Der Fachplaner selbst übernimmt die Fremdüberwachung/ Fernauslesung/Fremdsteuerung aller Systeme von einem beliebigen PC aus, falls die Hütte über Internetanschluss verfügt. Damit werden Probleme rechtzeitig erkannt und Störungsdiensteinsätze können dadurch koordiniert und kostengünstig gesteuert werden.

## 6.8 Dokumentation der abwassertechnischen Betriebsdaten

Neben den energietechnischen Daten wurden auch hinsichtlich der Abwasseranlage umfangreiche Messungen durchgeführt und dokumentiert.

### 6.8.1 Der Wasserverbrauch

Die in Kapitel 6.5 dargestellte hohe Frequentierung der Hütte hat sich wie bereits dargestellt auf das gesamte Ver- und Entsorgungskonzept der gesamten Hütte ausgewirkt. So hat sich auch ein erhöhter Wasserverbrauch der Hütte im Vergleich zu den Planzahlen ergeben:

| | **PLAN 2008** | **IST 2008** | **IST 2009** |
|---|---|---|---|
| Saisondauer | 105 d | 115 d | 122 d |
| Wasserverbrauch | 210 m³ | 534 m³ | 544 m³ |

**Tabelle 10: Wasserverbrauch und Saisondauer der Abwasseranlage**

Dabei ist zu beachten, dass sich der Wasserverbrauch auf eine Saison 2008 bzw. 2009 bezieht, deren Dauer mit 10 % bzw. 15 % länger angehalten hat, als bei der Planung berücksichtigt.

Die Entwicklung des Wasserverbrauchs über die Saison ist maßgeblich abhängig von den Wetterbedingungen und der Besucherzahlen. In folgender Grafik ist die Entwicklung des kumulierten Wasserverbrauchs dargestellt, der geplante Wasserverbrauch ist ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Frequentierung im Vergleich liniearisiert dargestellt.

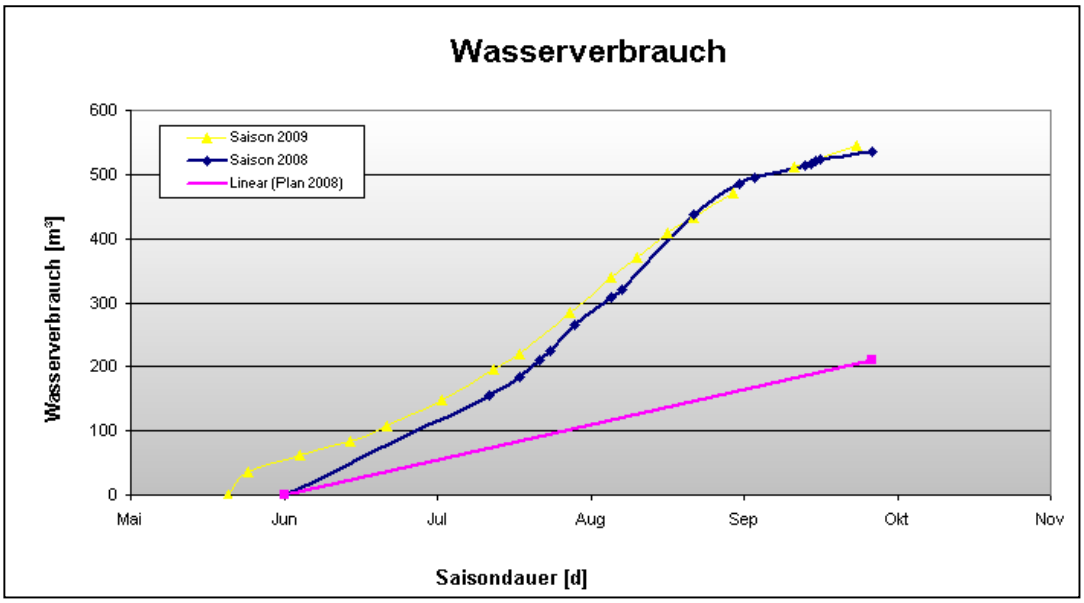
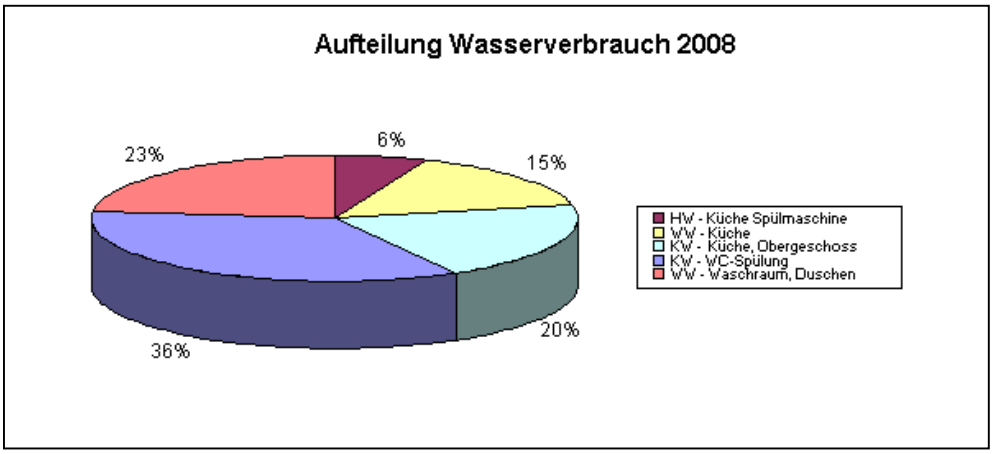



**Abbildung 27: Wasserverbrauch Saison 2008/2009 im Vergleich zur Planung**

Die Aufteilung des Wasserverbrauchs ist in nachfolgenden Grafiken dargestellt (Abb.28). Die Aufteilung erfolgt in HW (Heißwasser, 70℃), WW (Warmwasser, 50 ℃) und KW (Kaltwasser), wobei das Heißwasser lediglich für die Spülmaschine in der Küche verwendet wird. Das Warmwasser lässt sich aufteilen auf Verbrauch in Küche und Waschräume und das Kaltwasser wird unterteilt in Küche und Waschräume und den Verbrauch für die Toilettenspülung.



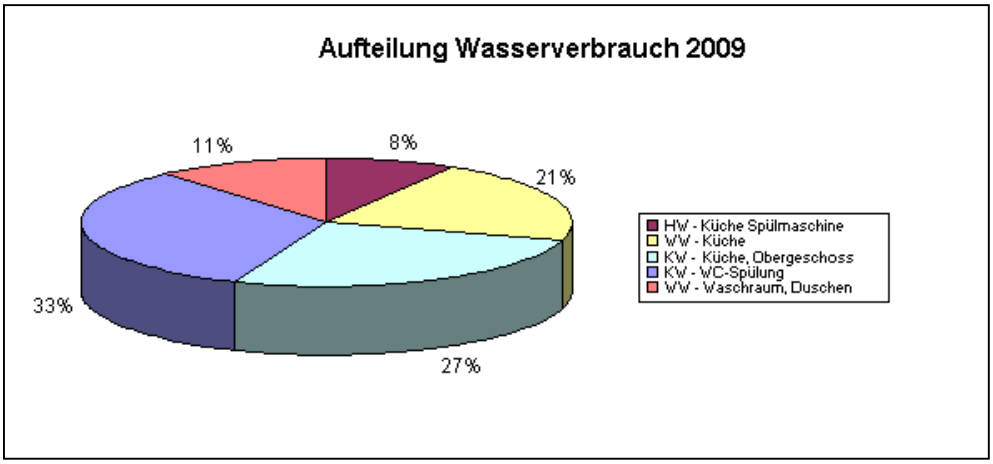



**Abbildung 28: Aufteilung Wasserverbrauch Saison 2008/2009 im Vergleich**

Während in der Saison 2008 der prozentuale Anteil des Warmwassers für die Waschräume und Duschen noch bei 23% lag, macht dieser in 2009 nur noch 11% aus. Dafür ist der Anteil des Wasserverbrauchs in der Küche von 2008 auf 2009 in allen drei Kategorien (HW, WW, KW) gestiegen.

Bezogen auf die maximale Schmutzfrachtbelastung von 191 $EW_{60}$ und auf die maximale Abwassermenge von 8,7 m³/d lässt sich der spezifische Wasserverbrauch zu rd. 46 l/EWd ermitteln, bei einer durchschnittlichen Wochenbelastung zu rd. 50 l/EWd. Auf den ersten Blick erscheinen diese Wert sehr gering, angesichts der Erfahrungen mit anderen Alpinobjekten im geologisch kristallinen Bereich mit ausreichendem Trinkwasservorkommen und mit erhöhten Anforderungen an die Hüttenhygiene. Bei diesen Objekten wurden in den vergangenen Jahren spezifische Trinkwasserverbrauchsmengen von mehr als 75 Liter pro Einwohnerwert und Tag gemessen. Sicherlich ist der geringe Wasserverbrauch im vorliegenden Fall unter anderem auf eine Vielzahl von Wassersparmaßnahmen (z.B. Betrieb der Spülmaschine mit 70℃ heißem Wasser, wassersparende Armaturen in der gesamten Hütte, verkürzte Wasserlaufzeiten pro Knopfdruck bei den Waschbecken, usw.) zurückzuführen.

### 6.8.2 Die Reinigungsleistung

In Bezug auf die Reinigungsleistung sind die vorgegebenen Werte der Extremlagenverordnung einzuhalten. Verschärfte Auflagen seitens der Behörde an die Reinigungsleistung der Kläranlage liegen nicht vor. Somit muss der Ablauf der mechanisch-biologischen Kläranlage die Güteanforderung der 3. Emissionsverordnung für kommunales Abwasser (3.AEVk), Anlage A, erreichen:

- Absetzbare Stoffe: max. 0,5 ml/l
- BSB5: max. 36 g / (EW x d)
- CSB: max. 12 g / (EW x d)

Demnach ist mindestens eine 70%ige CSB-Reduktion und eine 80%ige BSB5-Reduktion zu gewährleisten, die absetzbaren Stoffe spielen im membranfiltrierten Ablauf eine untergeordnete Rolle.

Die unplanmäßig hohe Frequentierung der Hütte und die damit verbundene erhöhte Belastung hinsichtlich Hydraulik und Schmutzfrachten hatten zwangsläufig unmittelbare Auswirkungen auf die Abwasserbehandlung. So waren in der ersten Betriebssaison 2008 diverse Maßnahmen notwendig um der übermäßigen Belastung standzuhalten und eine ordentliche Abwasserreinigung zu gewährleisten. Weniger die Hydraulik, sondern viel mehr die organi-

sche Belastung beanspruchte die Kläranlage und v.a. das biologische System übermäßig (Abb. 29).

**Abbildung 29: Auswirkung der Schmutzfrachtüberlastung auf die Biologie**

So war es notwendig den Sauerstoffeintrag mit einem geänderten Belüftungssystem zu erhöhen, den Zustand der Biozönose intensiv zu überwachen und mit einer dreimaligen Nachimpfung der übermäßigen Schlammbelastung zu entgegnen. Außerdem wurden zur besseren Kontrolle der Biologie eine Sauerstoffregelung und eine TS-Sonde nachgerüstet.

Mit diesen Maßnahmen konnte mit der bestehenden Anlagenkonfiguration eine hohe biologische Reinigungsleistung (siehe Tabelle 11) während der gesamten Betriebssaison aufrechterhalten werden. Je nach Parameter wurden aus 9 bis 15 Messungen folgende Zu- und Ablaufwerte ermittelt. Als Zulauf gekennzeichnet ist dabei nicht der Zulauf zur Kläranlage, sondern der Zulauf des biologischen Systems, somit bereits vorgereinigtes Abwasser.

| | | **Zulauf (Pufferbehälter)** | | | **Ablauf (Membranfiltration)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **min** | **mittel** | **max** | **min** | **mittel** | **max** |
| **Parameter** | Einheit | | | | | | |
| **pH** | | 6,6 | **7,2** | 8,3 | 6,07 | **7,19** | 8,2 |
| **CSB** | mg/l | 850 | **1556** | 3177 | 26,8 | **135** | 413 |
| **$BSB_5$** | mg/l | 473 | **691** | 1200 | 1,0 | **15,2** | 75,0 |
| **$NH_4$-N** | mg/l | 73 | **154** | 214 | 18 | **76** | 163,8 |
| **$NO_3$-N** | mg/l | 0,9 | **1,53** | 2,5 | 0,573 | **15** | 56 |
| **$NO_2$-N** | mg/l | 0,28 | **0,45** | 0,80 | 0,024 | **2,81** | 16,04 |
| **$PO_4$-P** | mg/l | 16,44 | **24,5** | 35,94 | 7,4 | **16** | 28,18 |

**Tabelle 11: Messwerte aus Stichproben Saison 2008**

Bereits ab Juli 2008 wurde durch verschiedene Maßnahmen die Reinigungsleistung stark verbessert, wie im Anhang 10.18 dargestellt (A18) Diese erklären die hohen Ablaufwerte sowohl bei den Maximal- als auch Mittelwerten in Tabelle 11.

Vor Inbetriebnahme für die Saison 2009 wurden die in Kapitel 5.5.1 dargestellten Modifikationen der Kläranlage vorgenommen und die Kläranlage damit an die deutlich höhere Belastung angepasst. Dadurch konnte in der Saison 2009 ein stabiler Betrieb des biologischen Systems sichergestellt werden, so dass weder Nachimpfungen noch andere Eingriffe bei der Membranbelebung notwendig waren. Die abwassertechnischen Parameter sind folgender Tabelle zu entnehmen:

| | Parameter | Einheit | 02.07.2009 | 30.07.2009 | 10.08.2009 | 04.09.2009 | 05.10.2009 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zulauf | **PH** | | 7,25 | 7,46 | - | 6,53 | 7,26 |
| | **CSB** | mg/l | 1338 | 1118 | - | 1767 | 1215 |
| | **$BSB_5$** | mg/l | 532 | 484 | - | 980 | 496 |
| | **$NH_4$-N** | mg/l | 159 | 203 | - | 164 | 129 |
| | **$NO_3$-N** | mg/l | 1,6 | 1,37 | - | 6,1 | 0,609 |
| | **$PO_4$-P** | mg/l | 22,3 | 23,4 | - | 28 | 19,3 |
| Ablauf | **pH** | | 7,57 | 7,6 | - | 7,7 | 8,11 |
| | **CSB** | mg/l | 58,6 | 116 | 65 | 77 | 77,8 |
| | **$BSB_5$** | mg/l | 6,5 | 70 | - | 16 | 14 |
| | **$NH_4$-N** | mg/l | 14,6 | 37,9 | 35 | 70,3 | 48,3 |
| | **$NO_3$-N** | mg/l | 21,1 | 6,06 | - | 6,3 | 22 |
| | **$PO_4$-P** | mg/l | 16,6 | 2,96 | - | 40 | 3,06 |

**Tabelle 12: Messwerte aus Stichproben Saison 2009**

Auf den ersten Blick erscheinen die Werte optimierungsfähig, denn viele Installationen von Membrankläranlagen vor allem im Bereich der dezentralen Abwasserreinigung (Kleinkläranlagen) zeigen, dass durchaus geringere Ablaufwerte inkl. vollständiger Nitrifikation/ Denitrifikation zu erreichen sind. Die obigen Messwerte sind im Zusammenhang der energetischen Optimierungsmaßnahmen und dem aktiven Lastmanagement zu betrachten. Teilweise wurde die Kläranlage für mehrere Stunden vom Netz genommen und erst bei Erreichen eines gewissen Füllstands im Pufferbehälter wieder belüftet und in Betrieb gesetzt. Dies hat natürlich Auswirkungen auf das aerobe Schlammalter und die Reinigungsleistung der Biologie. Da die vorherigen Ergebnisse erhöhte Werte aufzeigten, diente die Messung am 10.08.2009 lediglich der Überprüfung des Sauerstoffeintrags, sie wurde daher nicht hinsichtlich aller Parameter durchgeführt. Eine Tendenz zur Verschlechterung der Reinigungsleistung bzw. Belüftungssituation hat sich allerdings nicht bestätigt.

Die geforderten Werte der 3. AEV für Abwasserreinigungsanlagen für Einzelobjekte in Extremlagen werden in jedem Fall eingehalten und weit unterschritten.

Somit zeigen die Werte, dass die Kläranlage in Kombination mit dem aktiven Lastmanagement nicht unbedingt die bestmöglichen, niedrigsten Ablaufwerte – wie üblicherweise von Membrananlagen erwartet – erbringt, aber energetisch optimiert für die gestellten Anforderungen weit ausreichende Ablaufwerte gewährleistet.

Unabhängig von der biologischen Abwasserreinigung stellt sich die Leistungsfähigkeit der Membranfiltration sowohl für 2008 bei hydraulischer Überbelastung als auch 2009 als sehr stabil heraus. Die Membranfiltration wurde ohne relevanten Anstieg des Transmembrandrucks und ohne Ausbau oder Reinigung der Module in beiden Jahren die komplette Saison durchgängig betrieben.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Membrantechnik das einzige biologische System sein dürfte, das vor allem in der ersten Saison einer solch übermäßigen Belastung standhalten konnte. Der variable und erhöhbare TS-Gehalt, die Membran als Barriere gegen Ausschwemmen von Mikroorganismen und die einfache, modulare Erweiterbarkeit haben sich hier ausgezahlt.

### 6.8.3 Reststoffe

Da die Olpererhütte lediglich zu Fuß, bzw. per Hubschrauber zu erreichen ist, kommt der Reststoffbehandlung eine besondere Bedeutung zu. Die Menge der zu transportierenden Rückstände muss so gering wie möglich gehalten werden.

Die Reststoffe aus der Kläranlage teilen sich prinzipiell in zwei Anfallarten auf. Zum einen gilt es die nicht stabilisierten Grob- und Fremdstoffe (Primärschlamm) – entfernt durch die mechanische Vorreinigung – zu entsorgen, als auch den Sekundärschlamm, der durch die biologische Abwasserbehandlung anfällt und in dem Fäkalschlammentwässerungs- bzw. –kompostiersystem behandelt wird.

#### Primärschlamm

Im Zuge der Modifikation wurde eine mechanische Vorbehandlung zur Entfernung der Grob- und Fremdstoffe als erster Behandlungsschritt der Kläranlage eingebaut. Diese Maschine namens HUBER Ro9 filtert mittels Siebkorb die Feststoffe aus dem Abwasserstrom heraus, diese werden mittels Schneckenwendel Richtung Abwurfschacht transportiert und dabei ausgewaschen, entwässert und mittels Absackvorrichtung aus dem System entfernt. Das Auswaschen bewirkt, dass die Organik weitestgehend im System verbleibt und im weiteren Verlauf der biologischen Abwasserbehandlung behandelt wird. Die übrig bleibenden Reststoffe werden bis zu einem TS-Gehalt von bis zu 35 % entwässert. Dank der Absackvorrichtung ergibt sich ein leichtes und sauberes Handling für den Betreiber, so dass diese Stoffe verpackt in Müllsäcke abtransportiert werden können. Das zu entsorgende Transportvolumen reduziert sich dadurch auf ein Minimum.

Die Saison 2009 (Ro9 erstmalig in Betrieb) hat gezeigt, dass 4 Säcke mit je ca. 20-25 kg 35%igem Reststoffanfall zu verzeichnen waren. Gemäß Entsorgungsnachweis wurden ca. 100 kg/Saison Reststoffe bei Kläranlage in Straß angedient.

#### Sekundärschlamm

Wie bereits in Kapitel 6.4.4 beschrieben wird der Sekundärschlamm in einem Fäkalschlammentwässerungssystem behandelt bevor dieser aufgrund gesetzlicher Regelungen ins Tal transportiert wird. Ergebnisse und Betriebserfahrungen zum Betrieb der Saison 2008 sind bereits dem Schlussbericht 18662/03-23 des DBU-Projekts „Klärschlammproblematik im Hochgebirge“ zu entnehmen.

**Abbildung 30: Fäkalschlammseparatoren mit verschiedenen Hinterfüllmaterialien (von links: Kokosfasermatte 400 g/m², Geotextil 400 g/m², Holzhackschnitzel)**

Die 2008 befüllten Separatoren wurden den Winter über im Kelleraum belassen und erst während der Saison 2009, ohne erneuter Befüllung, wurden die Reststoffe aus den 3 unterschiedlich hinterfüllten Separatoren entnommen.

Zum oben genannten Schlussbericht seien an dieser Stelle folgende Ergebnisse bzw. Betriebserfahrungen ergänzt.

Im Vergleich der unterschiedlichen Hinterfüllmaterialien war mit den Kokosfasern und dem Geotextil ein besserer Entwässerungsgrad zu erreichen als mit den Holzhackschnitzel:

- SES I: TR-Gehalt ca. 60 %
- SES II: TR-Gehalt ca. 50 %
- SES III: TR-Gehalt ca. 30 %

Der im Vorfeld kritisch betrachtete manuelle und zeitliche Aufwand für die Entleerung der Separatoren hat sich als erfreulich gering herausgestellt. Durch Sektionsmitglieder wurden alle 3 Separatoren entleert und die Reststoffe für den Abtransport vorbereitet. Durch den hohen TR-Gehalt und die Lagerzeit über den Winter hinweg, wurden die Reststoffe weder in Hinsicht auf Geruch noch Konsistenz als unangenehm empfunden. Der Zeitaufwand für Entleerung betrug:

- SES I+II: ca. 5 min,
- SES III: ca. 15 min

Sowohl Geotextil als auch die Kokosfasermatten konnten sozusagen als Beutel komplett mit Inhalt entnommen werden, der Separator mit Holzhackschnitzel wurde mittels Schaufel entleert.

Sowohl in Bezug auf die minimale Entsorgungsmenge, als auch in Bezug auf die einfachste Entleerungsmöglichkeit der Separatoren ist als zukünftig zu verwendendes Hinterfüllmaterial die Kokosfasermatten bzw. das Geotextil zu empfehlen. Steht die „Kompostierfähigkeit“ nicht im Vordergrund bei der Auswahl, so ist das Geotextil aufgrund der besseren Transport- und Zuschnittfähigkeit zu favorisieren.

Es wurden geschätzte 90 kg (ca. 30 kg je Separator) Reststoffmenge aus den Separatoren aus der Saison 2008 bei der Kläranlage in Strass angedient.

Um einen Eindruck über Stabilisierung und Qualität der Reststoffe zu bekommen wurden qualifizierte Stichproben (Mischproben aus Tiefe und Querschnitt) entnommen und neben dem Wassergehalt zusätzlich Rottegrad und Schwermetalle untersucht.

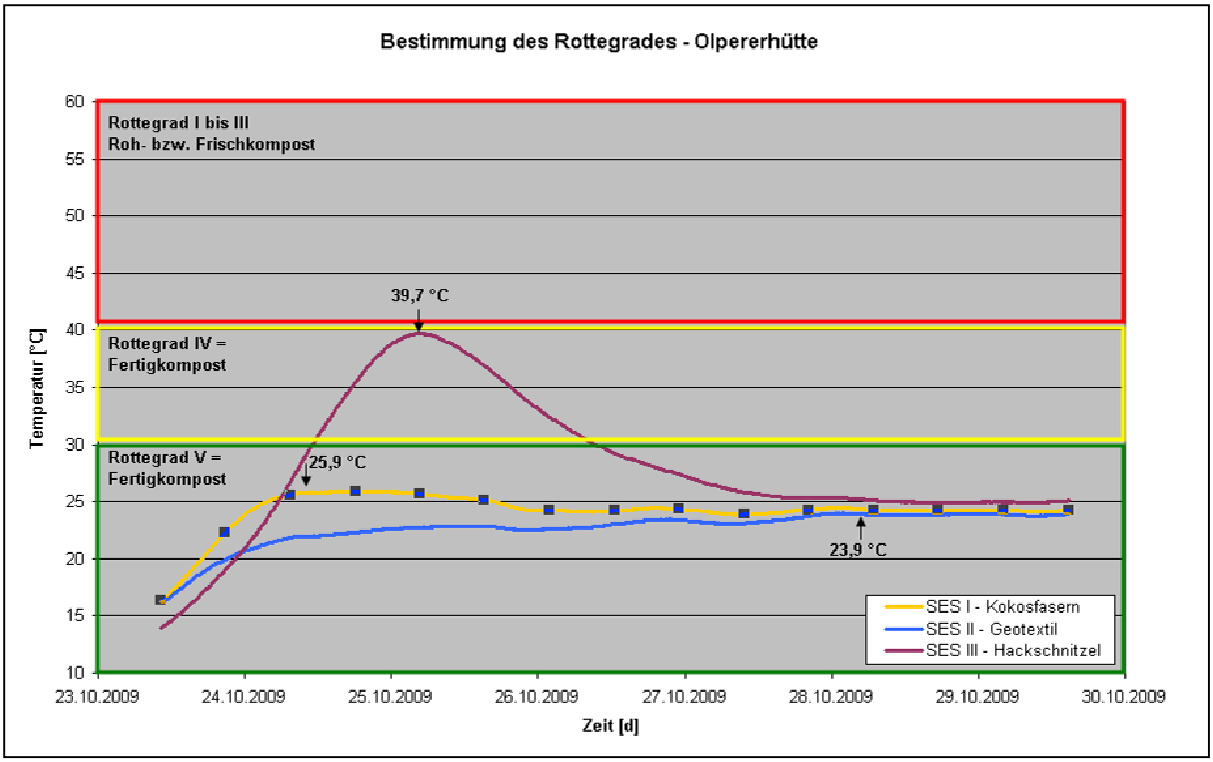



**Abbildung 31: Bestimmung des Rottegrades**

Gemäß der klassischen Rottegrad-Klassifizierung aus der Kompostierung erreichte das Material aus den Kokosmatten- und Geotextil-Separatoren eine Stabilität vergleichbar mit Rottegrad V (Fertigkompost) und das Material aus dem Hackschnitzel-Separator reichte an die Grenze zwischen Rottegrad III/IV heran, was knapp der Stabilität von Fertigkompost entspricht. Es sei darauf hingewiesen, dass lediglich die biologische Stabilität beurteilt wird und diese Untersuchungen nicht die umfangreichen Qualitätsanforderungen des Produkts „Kompost“ berücksichtigen.

Ähnlich verhält es sich beim Vergleich der Schwermetallgehalte mit den Grenzwerten der Tiroler Klärschlammverordnung.

| Parameter | | Proben SES III | SES II | SES I | Grenzwerte KlärschlammVO Tirol [KVO00] |
|---|---|---|---|---|---|
| WG | % | 72,3 | 52,2 | 39,2 | 75 |
| Blei | mg/kg TS | 6 | 9 | 17 | 500 |
| Chrom ges | mg/kg TS | 19 | 21 | 14 | 500 |
| Nickel | mg/kg TS | 23 | 26 | 18 | 100 |
| Zink | mg/kg TS | 480 | 500 | 510 | 2000 |
| Cadmium | mg/kg TS | <5 | <5 | <5 | 10 |
| Kupfer | mg/kg TS | 132 | 134 | 166 | 500 |
| Quecksilber | mg/kg TS | <1 | <1 | <1 | 10 |

**Tabelle 13: Analysierte Abwasserproben im Vergleich zu den Grenzwerten**

Alle gemessenen Schwermetalle liegen prinzipiell innerhalb der Grenzwerte der Tiroler Klärschlammverordnung [KVO00], deren weitere Parameter unberücksichtigt bleiben. Dennoch sind die verhältnismäßig hohen Schwermetallgehalte von Kupfer und Zink auffällig, die vermutlich auf Rohrleitungsinstallationen im Falle von Zink auch auf Personal Care Produkte zurückgeführt werden können.

Die Klärschlammverordnung wurde in Tirol 2001 aufgehoben, regelt das Tiroler Feldschutzgesetzt die Klärschlammaufbringung auf landwirtschaftliche Grundflächen. Unabhängig von dessen Beschaffenheit ist Klärschlamm bei allen Hütten, die auf Tiroler Hoheitsgebiet stehen, grundsätzlich ins Tal zu bringen und dort ordnungsgemäß zu entsorgen.

### 6.8.4 Die Betriebserfahrungen, Störungen und Wartungsaufwand

Die Saison 2008 eignet sich nicht um realistische Aussagen zu Betriebserfahrungen, Störungen oder Wartungsaufwand zu machen, da die Anlage bedingt durch die Überlastung nicht repräsentativ betrieben werden konnte. Anhaltswerte können lediglich aus der Betriebssaison 2009 abgeleitet werden. Während dieser Saison sind nahezu alle Begehungen zur Betriebsunterstützung weggefallen. Drei Begehungen waren außerplanmäßig notwendig, zum einen um einen Materialfehler an einem Behälter zu beheben und zum anderen um elektrische Bauteile (Pumpe, Steuerung) zu tauschen. Die Ersatzteile waren bereits vor Ort vorhanden, so dass die Störungsbehebung rasch vonstatten ging.

Als Erfahrungen können festgehalten werden:

- Zum Schutz nachfolgender Rohleitungen und Anlagenteile ist mechanische Vorreinigung des Abwassers zu empfehlen, es traten keinerlei Problem mit Grob- und Fremdstoffen in der zweiten Betriebssaison auf
- Huber Ro9 hat sich als vollautomatisches und zuverlässiges System bewährt
- Geringer Feststoffanfall durch Rechengutwäsche und Rechengutentwässerung
- Einfache und saubere Entsorgungsmöglichkeit durch Absackvorrichtung
- Mess- und Regeleinrichtungen für den Prozess der biologischen Abwasserreinigung (Sauerstoffsonde, TS-Messung) sind vor allem bei stark schwankender Zulaufcharakteristika zu empfehlen, bedarfsgerechter Betrieb des biologischen Systems möglich
- Umrüstung der Behälter war zweckmäßig und schnell zu realisieren, nahezu ohne Bestandserweiterung konnte dadurch die Kläranlage an die erhöhte Belastung angepasst werden
- die MBR-Technik hat sich als flexibles und aufgrund des modularen Aufbaus leicht erweiterbares System herausgestellt
- Eine konservative Auslegung der Membranfiltration mit Fluxraten < 15 l/m²*h ist zu empfehlen. Selbst unter schwierigen Bedingungen (hohe Schlammbelastung, schwankende Zulauffrachten, usw.) war eine stabile Membranfiltration während der gesamten Saison gewährleistet
- Es war keine Wartung bzw. chemische Reinigung an den Membranmodulen während der gesamten Saison erforderlich
- Als besonderer Vorteil im Gegensatz zu anderen biologischen Systemen (z.B. Tropfkörper, Pflanzenbeet) ist die unmittelbare Betriebsbereitschaft des biologischen Systems ab dem Tag der Inbetriebnahme gegeben. Angesichts der kurzen Betriebssaison, ist keine Übergangsphase mit ungenügender Teilreinigung des Abwassers bis zum Aufbau einer vollfunktionsfähigen biologischen Abwasserreinigung notwendig
- MBR-Technik hat sich zudem als robustes und gegen Zulaufschwankungen weitestgehend unempfindliches Verfahren bewährt. MBR-spezifische Vorteile (Erhöhung TS-Gehalt, Barrierewirkung der Membran, usw.) haben dazu geführt, dass

eine ordentliche Abwasserreinigung trotz extremer Belastung des biologischen Systems gewährleistet werden konnte

- Die Erweiterung der Biologie mit vergrößertem Belebungsvolumen und Belüfterkapazität hat sich als angemessen herausgestellt, es waren keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig
- Die Anpassung des Gesamtsystems an neue Belastungssituation – ohne bautechnische Erweiterung – ergibt ein reduziertes Puffervolumen. Für Neuplanungen empfiehlt es sich, einen größeren Puffer mit mind. einer Spitzentagesmenge Speicherkapazität zu dimensionieren
- Gute Reinigungsleistung, die geforderten Ablaufwerte werden weit unterschritten. Die Ablaufwerte sind nicht bestmöglich reduziert, wie für MBR-Anlagen üblich, aber in Kombination mit aktivem Lastmanagement energetisch optimiert
- Die Entwässerungsleistung der Sekundärschlammbehandlung war sehr zufriedenstellend, reduzierte Reststoffmenge führte zu geringem Transport- und Entsorgungsaufwand
- Angepasste Betriebsweise der Kläranlage in Kombination mit dem aktiven Lastmanagement zeigte keine negativen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Anlage
- Der zeitliche, wie finanzielle Aufwand für Inbetriebnahme (Modultransport, Installation der Module, Füllung der Behälter, Animpfung) und Ausserbetriebnahme (Entleeren der Behälter, Entleerung Reststoffe, Ausbau Module, Abtransport von Reststoffen und Modulen) stellen sich als erfreulich gering heraus.

Der Aufwand für den Betreiber vor Ort (Hütten) war gering und beschränkte sich im Wesentlichen auf die üblichen Kontrollen der technischen Einrichtungen und dem Führen der Betriebstagebücher.

# 7 Vergleich von Ist-Stand mit Planung und Hüttenevaluation – eine Nachbetrachtung der Wirtschaftlichkeit

Auf Basis der stark geänderten Hüttenbelegung stellt sich die Frage, ob der daraus resultierende erhöhte Abwasseranfall und Energieverbrauch, nicht auch die Entscheidung auf Grund der zuvor durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Frage stellt.

## 7.1 Der energietechnische Ist-Stand im Vergleich mit der Planung

In Kap. 6.3 wurde die These aufgestellt, dass es eine Frage des Energieverbrauchs sei, welches System wirtschaftlicher ist, eine reine PV- Versorgung oder eine BHKW Versorgung mit Rapsöl:

| | |
|---|---|
| Kleiner Verbrauch: | PV- Versorgung wirtschaftlicher |
| Großer Verbrauch: | BHKW Versorgung wirtschaftlicher |

Es wird hier eine Nachbetrachtung angestellt, die These bestätigen, oder auch revidieren kann.

Geht man für die realisierte Variante mit Rapsöl davon aus, dass nunmehr ca. 5.500 Liter Rapsöl pro Saison verbraucht worden sind, der Rapsölpreis bereits auf ca. 85 ct/Liter gestiegen ist, dann ergibt eine Nachberechung Jahresgesamtkosten für die Energieversorgung im Betriebsjahr 2009 (Variante mit Rapsöl + 8% Photovoltaik) einen Betrag in Höhe von 10.988 € für alle Kostengruppen (vgl. Tabelle 14). Eine detaillierte Berechnung ist im Anhang dargestellt (10.17- A17).

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MwSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 4.252 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 166 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 5.970 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 600 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **10.988 €/a** |

**Tabelle 14: Nachkalkulation der Jahresgesamtkosten für die Olpererhütte im Jahr 2009 für die gewählte Versorgung mit Rapsöl und Photovoltaik**

Für eine ausschließliche, 100% Photovoltaikversorgung hätte man weitere Photovoltaikmodule mit einer zusätzlichen Peakleistung von 20 kW installieren müssen. Hier würde eine Mehrinvestition in Höhe von 60.000 € entstehen, wenn man von einem derzeit gefallenen Modulpreis ausgeht. Ebenso wäre eine Vergrößerung des Akkumulators erforderlicht gewesen, und man hätte ein leistungsstarkes Notstromaggregat anschaffen müssen, um den Betrieb auch in längeren Schlechtwetterperioden aufrecht zu erhalten.

Eine Nachberechnung der Jahresgesamtkosten für die Energieversorgung mit 100% Photovoltaik im Betriebsjahr 2009 würde einen Betrag in Höhe von 11.838 €/a für alle Kostengruppen ergeben (vgl. Tabelle 15).

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MwSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 8.616 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 1.219 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 872 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 576 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 554 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **11.838 €/a** |

**Tabelle 15: Nachkalkulation der Jahresgesamtkosten für die Olpererhütte im Jahr 2009 für eine Versorgung mit 100 % Photovoltaik**

Eine detaillierte Berechnung ist auch hier im Anhang dargestellt (10.17- A18).

Stellt man also die Jahresgesamtkosten für beide Varianten gegenüber, so kommt man zu dem Ergebnis, dass sich die Auswahl des Systems mit Rapsöl- BHkW als optimale Entscheidung bestätigt.

Es wird aber auch deutlich, dass gefallene Modulpreise und steigende Rapsölpreise künftig stärker ins Gewicht fallen werden und die Entscheidung zu Gunsten der Photovoltaik kippen können. Es kommt jedoch wiederum auf den Einzelfall an, da Einflussfaktoren wie Abwärmenutzung, Fördersatz, Kosten der Wartung durch Eigenleistung usw. entscheidende Einflussgrößen sind

## 7.2 Der energietechnische Ist-Stand im Vergleich mit anderen Hütten und den Ergebnissen der Hüttenevaluation

In vorläufigen Ergebnissen aus der Hüttenevaluation (Vortrag Benediktbeuren 2010) [Ste 10] werden spezifische Energieverbräuche auf Hütten nach Einwohnergleichwerten (EW60) angegeben. Dort ist für eine Hütte mit 191 $WE_{60}$ ein mittlerer Energieverbrauch in Höhe von ca. 105 kWh/ Tag für die untersuchten Hütten im Mittel angegeben. Auf der Olpererhütte liegt ein Abwasseranfall von spezifisch 191 $EW_{60}$ in der Spitze vor, so dass es hier nahe liegt, den Energieverbrauch auf diesen Wert zu beziehen. Die Olpererhütte weist in der Saison 2009 einen Tagesverbrauch in Höhe von 85 kWh/ Tag aus, und liegt somit unter dem Durchschnitt der untersuchten Hütten bei der Evaluation.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen, wird in den vorläufig publizierten Angaben zur Hüttenevaluation [Ste10] keine Angabe gemacht, so dass man hier als Vergleich das Hochjoch-Hospiz (Abb. 32) herangezogen hat [Web06].

| | **Hochjoch- Hospiz** | **Olpererhütte** |
|---|---|---|
| Betriebsjahr | 2006 | 2009 |
| Jahreskosten [€/a] | 12.213,73 € | 10.998,00 € |
| Strom + Wärme [KWh/a] | 28.376 | 35.987 |
| Spezifische Kosten [€/Kwh] | 0,43 € | 0,31 € |

| | | |
|---|---|---|
| Stromerzeugung Olpererhütte | | 10996 |
| Faktor Wärmeerzeugung 25th/11el | 2,27 | 24991 |
| Erzeugung Strom + Wärme [KWh/a] | | 35987 |

**Abbildung 32: Vergleich der spezifischen Energieerzeugungskosten der Olpererhütte mit dem Hojoch-Hospiz**

Auf der Olpererhütte entstanden demnach spezifische Energieerzeugungskosten (Strom+ Wärme) im Jahr 2009 in Höhe von 31 ct / kWh, im Vergleich zu 43 ct/kWh auf dem Hochjochhospiz für das Jahr 2006. Bedenkt man, dass die Vergleichszahlen nicht energiepreisbereinigt sind (3 Jahre Differenz), belegt das die spezifisch geringen Kosten auf der Olpererhütte.

## 7.3 Der abwassertechnische Ist-Stand im Vergleich mit der Planung

Auf Basis der stark geänderten Hüttenbelegung stellt sich ebenso die Frage, ob die stark geänderte Hüttenbelegung und der daraus resultierende erhöhte Abwasseranfall, nicht auch die Entscheidung auf Grund der zuvor durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Abwasseranlage in Frage stellt.

Hierbei muss man bedenken, dass jetzt ca. 27 kWh elektrische Energie pro Tag für die Abwasseranlage aufgewendet werden mussten, statt 14 kWh/d, wie in der Planungsphase angenommen. Der Anteil des Rapsölverbrauchs für die Abwasseranlage stieg dabei auf 508 € im Jahr, wenn man davon ausgeht, dass die Abwärme weiterhin für Duschen und ggf. Beheizung genutzt werden kann. Beim Tropfkörper ist man kalkulatorisch vom Faktor 134/ 90 $EW_{60}$ für eine neue Bemessung ausgegangen (1,49). Die Tropfkörperanlage hätte also um den Faktor 1,49 gegenüber dem ursprünglichen Kostenansatz erweitert werden müssen. Hier wird für den Tropfkörper erleichternd angenommen, dann man ebenso eine Reduktion von 191 $EW_{60}$ um 25% durch eine vorgeschaltete Siebpresse erreicht hätte.

| Fördersatz | Belebtschlammverfahren + Membranfiltration mit Kompostiersystem / Abtransport | Tropfkörperanlage mit Stufenvererdung |
|---|---|---|
| | 134 $EW_{60}$ | 134 $EW_{60}$ |
| 68% | 6.509 €/a | 7.137 €/a |
| 40% | 10.135 €/a | 13.365€/a |
| 0% | 15.315 €/a | 17.778 €/a |

**Tabelle 16: Jahresgesamtkosten (Nachkalkulation) für zwei Abwassersysteme auf Basis der erweiterten Anlagenbemessung auf 134 $EW_{60}$ auf der Olpererhütte für das Jahr 2009**

Die unkomplizierte Anpassung der bestehenden Kläranlage erwies sich bei der Membrananlage sehr vorteilhaft. Die Erweiterung der mechanischen Vorreinigung wäre für beide Varianten notwendig gewesen. Die Membrananlage ließ sich ohne maßgebliche Bestandserweiterung der Bautechnik an die neue Belastungssituation anpassen.

Beim Vergleich der beiden Systeme (Tabelle 16) wird deutlich, dass das gewählte Belebtschlammverfahren mit Membranfiltration bei realistischen Fördersätzen weiterhin das wirtschaftlichere System darstellt. Die Entscheidung der Sektion auf Basis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, stellt sich also auch hier im nachhinein als richtig heraus.

Bei der Nachberechnung wurden alle Kostengruppen aktualisiert, ausgenommen die Kosten für den Technikkeller, der sich in der Realisierung als sehr viel teuerer herausstellte. Die Entscheidung, die Abwasseranlage im Keller unterzubringen, wurde letztlich nicht mehr mit der Wirtschaftlichkeit des Abwassersystems in Verbindung gebracht. Mit dem gewählten Kostenansatz für das Betriebsgebäude der Abwasseranlage, müsste man aus heutiger Sicht ein einfaches, kostengünstigeres Betriebsgebäude in Holzbauweise beim Winterlager errichten.

## 7.4 Der abwassertechnische Ist-Stand im wirtschaftlichen Vergleich mit den Ergebnissen der Hütten-Evaluation

Interessant ist auch der wirtschaftliche Vergleich der Abwasseranlage auf der Olpererhütte mit den Ergebnissen der Hüttenevaluation (vgl. [Ste19]). Dort wird die Wirtschaftlichkeit als Barwert bezogen auf die Einwohnergleichwerte für verschiedene andere Anlagentypen angegeben (Abb33). Rechnet man also die Werte aus der obigen Tabelle 16 ohne Förderung, mit Jahresgesamtkosten von 15.315 €/a um, so erhält man den Barwert und kann das Belebtschlammverfahren auf der Olpererhütte mit den Systemen der Evaluation vergleichen. Unter Berücksichtigung von zusätzlichen Kosten für die Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme der Abwasseranlage in Höhe von ca. 1.500 €/a (Installationsfachbetrieb), ergeben sich 16.815 €/a. Der Barwert ergibt daraus nach [VDE93] in Höhe von 336.300 € (bei einem Zinssatz von z = 5%). Bei der Anlagenbemessung von 134 $EW_{60,}$ entspricht dies einem spezifischen Barwert von 2.510 €/$EW_{60}$.

| **Barwert [€/EW60/25a]** | |
|---|---|
| Tropfkörper | 3.011 |
| Bepflanzter Bodenfilter | 2.353 |
| Belebtschlamm konv. | 5.549 |
| SBR- Anlage | 4.027 |
| MBR Anlage Olpererhütte | 2.510 |

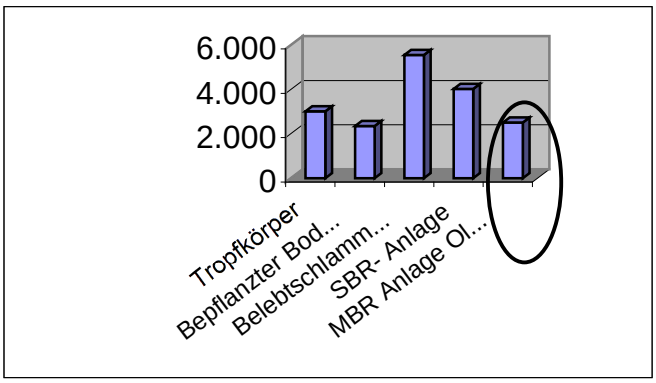



**Abbildung 33: Vergleich von spezifischen Barwerten der Abwasseranlagen aus der Hüttenevaluation mit dem ermittelten Barwert auf der Olpererhütte**

Mit den Ergebnissen in Abb.33, wäre die MBR Anlage auf der Olpererhütte im Vergleich eine der wirtschaftlichsten Anlagentypen. Auf den ersten Blick sind die Zahlen im Vergleich sehr erfreulich. Nachdem die Unterschiede gegenüber der klassischen SBR Anlage relativ groß sind, sollte man aber die Veröffentlichung der Evaluationsstudie abwarten, damit eine konkrete Abstimmung der Ansätze erfolgen kann.

# 8 Fazit

Der Abschlussbericht zeigt, dass zur Auswahl optimaler Systeme für die Ver- und Entsorgung von Berg und Schutzhütten neben dem zuvor festgelegten hohen Umweltnutzen, auch Standards im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsvergleiche wichtig sind. Hier sind vor allem die Hütteneigentümer in der Verantwortung, die richtigen Partner mit der entsprechenden Fachkenntnis auszuwählen. Wird das beachtet, so steht auch einem dauerhaft wirtschaftlichen Betrieb hinsichtlich der Ver- und Entsorgung nichts im Wege. Als Orientierung für den Planer sind jedoch auch geeignete Vergleichszahlen von anderen Objekten nur schwer zugänglich. Einzelne Beiträge aus den Internationalen Fachseminaren für „Umweltgerechte Konzepte für Berg und Schutzhütten“ schaffen hier zwar eine gewisse Abhilfe, sind aber für einen systematischen Datenvergleich nicht aufbereitet und nicht immer geeignet, da auch die Darstellungen zur **Wirtschaftlichkeit** nicht einheitlich gewählt sind. Zum Abfassungsende dieses Berichtes, waren die Ergebnisse der Hüttenevaluation noch nicht verfügbar. Im Hinblick auf eine Qualitätsverbesserung für die Wirtschaftlichkeitsberechnung bei der Planung künftiger Ver- und Entsorgungssysteme, wäre es wünschenswert auf geeignete Vergleichsdaten einer Vielzahl von Hütten zurückgreifen zu können. Ein erster Vergleich zu vorläufigen Ergebnissen aus der Hüttenevaluation wurde in diesem Bericht ansatzweise durchgeführt. Die Ergebnisse bei der Abwasseranlage differierten relativ stark, was auch an den unterschiedlichen Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren liegen könnte. In dieser Hinsicht wären künftige Arbeiten, die eine Analyse zur Schaffung einheitlicher Standards vorantreiben möglicherweise wünschenswert, damit die Vergleichbarkeit von wirtschaftlichen Zahlen aus Vergleichen und Vergleichsobjekten gegeben ist.

Die positiven Ergebnisse und Messungen zum **Aktiven Lastmanagement** haben durchaus überrascht. Insbesondere konnte das System seine konkreten Vorteile bei der Akkumulatorbelastung in der Praxis durch die einmalige Situation auf Grund der Verdreifachung des Energieverbrauches beweisen. Ideal waren hier die Vorraussetzungen in Bezug auf die Planung des Systems bei einem Hüttenneubau. Die überwiegende Zahl von Hütten, macht jedoch den Gebäudebestand aus, bei dem immer und immer wieder die Entscheidung ansteht, das vorhandene Energiesystem, zumindest den Akkumulator ersetzen zu müssen. Hier gilt es noch ein bedeutendes Umweltnutzenpotential abzuschöpfen, wenn man die positiven Ergebnisse aus diesem Projekt auch nur annähernd auf bestehende Hütten übertragen könnte. Selbst wenn man nur eine Reduktion des täglichen Ladungsumsatzes um 50% (halbe Akkumulatorgröße) und eine Treibstoffeinsparung für Generator / BHKW um 10% mit einer einfachen Zeitsteuerung realisieren könnte, wäre das ein respektables Ergebnis für den Anlagenbestand. Die Erprobung einer einfachen Lösung an drei ausgewählten Hütten wäre hier sehr sinnvoll und angeraten.

Die auf der Olpererhütte eingesetzte und erstmals bei Schutzhütten eingesetzte **Belebtschlammanlage mit Membranfiltration** hat sich bezüglich Ihrer Handhabung und dem Betriebsverhalten positiv in das Gesamtsystem eingefügt. Die zunächst von Kritikern befürchtete Anfälligkeit des Systems ist nicht eingetreten. Der Betrieb lief stabil, wenn man von den durch die Hüttenauslastung bedingten Überlastungssituationen absieht, die nicht durch das Abwassersystem selbst verursacht waren. Die gemessenen Ablaufwerte unterschritten die Anforderungen deutlich. Der damit verbundene Stromverbrauch liegt zwar etwas über dem spezifischen Verbrauch von konventionellen biologischen Systemen, allerdings sind die Ablaufqualitäten nicht direkt miteinander vergleichbar. Der höhere Energieverbrauch ist der höheren Ablaufqualität durch die Membranfiltration geschuldet, allerdings ermöglicht diese Ablaufqualität eine zukünftige Wiederverwendung des gereinigten Abwassers, was bei konventionellen Systemen ohne jegliche weitergehende Abwasserbehandlung nicht möglich ist. Die Kombinierbarkeit mit dem aktiven Lastmanagement ist gegeben, zudem besteht weiteres Optimierungspotential, das erschlossen werden kann. Die richtige Auswahl des Systems bestätigt sich jedoch auch durch die Nachberechnung der Wirtschaftlichkeit gegenüber einem Festbettsystem unter den aktuellen Stromgestehungskosten.

# 9 Literaturverzeichnis


[Bau06] BAUR, S.: *Speicherbatterien auf Berghütten- Grundlagen und Alterungseffekte (6. Intern. Fachseminar),* DBU/ZUK/DAV, Benediktbeuern, 2006

[Ber10] BERKAN, H.; MEULER, S.: *Olpererhütte – Rückblick, Entwicklungen und Erfahrungen,* Internationales Fachseminar „Umweltgerechte Ver- und Entsorgungskonzepte für Berg- und Schutzhütten", Benediktbeuern 2010

[DBU08] DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT (DBU): *Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 18662/03, Klärschlammproblematik im Hochgebirge – Phase 3*, 2008.

[KVO00] Tiroler Klärschlammverordnung 2000, Land Tirol 2000 – LGBl. Nr. 89/2000, Verordnung der Landesregierung vom 19. Dezember 2000, mit der die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Grundflächen näher geregelt wird

[Meu09] MEULER, S.: Membransysteme im alpinen Raum, Beispiel einer Installation in den österreichischen Alpen, WWT Wasserwirtschaft Wassertechnik, 06/2009

[ÖWA00] Regelblatt 1 des Österreichischen Wasser- und Abwasserverbands, *Abwasserentsorgung im Gebirge*, 2000, 3., vollständig überarbeitete Auflage

[Sau03] SAUR, D.U.: *Erfahrungen mit Batteriesystemen in realen Anlagen, Konsequenzen für die Batteriebehandlung (3. Intern. Fachseminar),* DBU/ZUK/DAV, Benediktbeuern, 2003

[Ste10] STEINBACHER; G.: *10. Integrale Evaluierung der Ver- und Entsorgungssysteme bei Berg- und Schutzhütten* (Vortrag beim 10 Internat. Fachseminar), DBU/ZUK/DAV, Benediktbeuern, 2010.

[VDE93] VEREINIGUNG DEUTSCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE-VDEW.e.V. , *Investitionsrechnung in der Elektrizitätsversorgung*, VDEW Verlag, Frankfurt a.M. 1993

[VDI00] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, *VDI 2067 Teil 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung*, VDI Verlag, Düsseldorf 2000

[VDI88] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, *VDI 2067 Teil 7, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen –Blockheizkraftwerke*, VDI Verlag, Düsseldorf 1988

[VDI96] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, *VDI 6025, Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen*, VDI Verlag, Düsseldorf 1996

[Wal92] WALTER; C.: *PV - Strom für Stundentenwohnheim- Ganzjährige Netzunabhängigkeit-Sonnenenergie 4/92*, DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenergie, München, 1992.

[Wal96] WALTER; C.: *Autonomus PV- Hybrid Systems nearing economic efficiency - 6.Internationales Sonnenforum*, DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenergie, München, 1996.

[Web06] WEBER, P.: *Demonstrationsprojekt „Hochjochhospiz*" (*6. Intern. Fachseminar, S.187),* DBU/ZUK/DAV, Benediktbeuren, 2006

# 10 Anhang

## 10.1 Planungsannahmen (2005) aus den Daten der ursprünglichen Hütte für das erste Betriebsjahr 2008 und die gemessenen Daten 2009 (A1)

| | **Daten „alte“ Hütte** | **Annahmen der Planung 2005 (mit 27% Zuschlag zur Altanlage)** | **Gemessene Daten 2009 / Ist Stand** |
|---|---|---|---|
| **Energietechnische Daten:** | | | |
| Stromverbrauch / Saison (ohne Verluste) | Keine Angabe | 3.045 KWh | 10.996 KWh |
| Leistung PV- Anlage | 0,6 KWp | 0,84 KWp | 1,12 KWp |
| Stromerzeugung Generator/ BHKW | 30 KW (Notstrom) | 14 KWel (0m üNN) ca. 11/ 12 KWel (2.500 m) | 14 KWel (0m üNN) ca. 11/ 12 KWel (2.500 m) |
| Wärmeerzeugung BHKW | | 25 KWth | 25 KWth |
| Akkukapazität | 125 Ah bei 24V | 800 Ah bei 48 V (38,4 KWh) | 800 Ah bei 48 V (38,4 KWh) |
| Betriebsdauer BHKW/ Saison | Nicht bekannt | 4 h/d (bei 7KW) (420 h/ Saison) | 11h/d 1422 h/ Saison |
| Wartungen / Saison | Nicht bekannt | Eine | Drei |
| **Abwassertechnische Daten** | | | |
| Wasserverbrauch | Nicht zuverlässig wegen Leckagen | Ca. 2,26 m³/d | 5,33 m³/d |
| Bemessung Abwasseranlage (lt. Bescheid) | Nicht bekannt | 90 $EW_{60}$ | 134 $EW_{60}$ |
| Max. Abwasseranfall | | 4,58 m³/d | 8,70 m³/d |
| Durchschn. Abwasseranfall | | 2,26 m³/d | 5,33 m³/d |
| Durschn. BSB5 /d Fracht | | 3,38 kg/d | 8,02 kg/d |

## 10.2 Anleitung und Beispiel für Berechnungen nach VDI 2067 /VDI 6025 (A2)

Bei den im Bericht dargestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen gehen Investitionen nicht unmittelbar, sondern über die rechnerische Nutzungsdauer **n** (in Jahren) und über den Aufwand für Instandsetzung und Erneuerung in die Kostenberechnung ein (vgl. Beispielrechnung weiter unten). Die Kapitalgebundenen Kosten sind die Summe der Kapital- und Instandsetzungskosten. Die Instandsetzung ist der Aufwand, der während der (rechnerischen) Nutzungsdauer zur Erhaltung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs erbracht werden muss, um die durch Abnutzung, Alterung und Witterungseinwirkung entstehenden baulichen oder sonstigen Mängel ordnungsgemäß zu beseitigen.

Die Systematik lehnt sich dabei im Wesentlichen an die VDI 2067 (Teil Blockheizkraftwerke) und die VDI6025 an, die auch für die elektrischen Energieversorgung und abwassertechnische Anlagen herangezogen werden kann. Dabei folgt die Berechnung der Kapitalgebundenen Kosten nach der **Annuitätsmethode**. Sie trifft eine Aussage über die finanzmathematischen durchschnittlichen Einnahmen und Ausgaben pro Zeitabschnitt. Als Zeitabschnitt wird meist das Jahr gewählt. Die Annuitätsmethode verwendet zur Ermittlung dieser Werte die aus der Rentenrechnung bekannten Regeln für die Umwandlung eines Kapitalbetrages (Investition) in eine endliche, jeweils am Jahresende fällige Rente von gleichbleibender Höhe. Die Umwandlung erfolgt in der Weise, dass die Investition mit dem Annuitätsfaktor **1/a$_n$** multipliziert wird, der vom gewählten Kalkulationszinsfuß (q) und der Zeitdauer (n) der Betrachtung abhängt.

Der Annuitätsfaktor ist der reziproke Wert des Rentenbarwertfaktors und ebenso wie dieser aus Tabellen zu entnehmen oder mit Hilfe folgender Formel zu berechnen:

$$1/a_n = \frac{q^n(q-1)}{q^n-1} \quad \text{.....}$$

mit dem Kalkulationszinsfuss

$$q = 1+z \qquad (2)$$

Die jährliche Annuität A (oder Kapitaldienst) ergibt sich dann mit der Investition (I) aus folgender Formel:

$$\boxed{A = I \cdot \frac{1}{a_n}} \qquad (3)$$

Mit Berücksichtigung der prozentualen Instandsetzungskosten (Inst.) ergibt sich dann folgendes Beispiel zur Berechnung der jährlichen Kapitalgebundenen Kosten:

Gegeben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Investition I: | | 10.000 € | |
| Berechnung: | Zinssatz (z): | 8% | |
| Zinsfuss: q= 1+z | | 1,08 | |
| Rechnerische Nutzungsdauer: | | 25 Jahre | |
| Annuitätsfaktor 1/a$_n$ : | | 9,37% | nach (1) |

Daraus ergibt sich die jährliche Annuität A nach (3) zu:

A= 10.000 € * 0,0937 1/a = 937 € /a

Um die gesamten kapitalgebundenen Kosten zu ermitteln, werden zu dieser jährlichen Annuität (im Anhang mit A1 bezeichnet) und die Kosten der Instandsetzung addiert (im Anhang mit A2 bezeichnet). In der Regel setzt man hierfür je nach technischem Anlagengut einen Wert von jährlich 1-3% der Investitionssumme an, wenn hierfür keine Angabe aus der VDI 2067 (Teil1) vorgegeben ist.

# 10.3 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Energieversorgungsvariante 100 % Photovoltaik – Variante 2 (A3)

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: **17.12.2005**

**Wirtschaftlichkeitsberechnung der Energieversorgungsanlage nach VDI 2067**

**100% PV Anteil bei der Energieerzeugung**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 68 |
| Jahresgesamtkosten | 7.227 |

| A1 | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | A2 Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | **Strom-/ Energieversorgung:** | Netto | MWST | Brutto | N-Dauer | K-dienst | Restwe | I-kost % | I-kost |
| 1. 1 | Wärmeerzeuger Warmwasser | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 92 | | 0,5 | 18 |
| 1. 2 | PV Anlage 9.240 Wp incl. Aufdachgestell | 46.000 | 9.200 | 55.200 | 20 | 1.417 | | 0,5 | 276 |
| 1. 3 | Batterieanlage: 2760 Ah- 48V | 29.000 | 5.800 | 34.800 | 8 | 1.723 | | 0,5 | 174 |
| 1. 4 | Säureumwälzung | 1.200 | 240 | 1.440 | 15 | 44 | | 0,5 | 7 |
| 1. 5 | NSHV mit Einbaugeräte + Anzeigen | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 77 | | 0,0 | 0 |
| 1. 6 | Div. Regeltechnik + Wandler | 3.000 | 600 | 3.600 | 15 | 111 | | 2,0 | 72 |
| 1. 7 | Wechselrichter 400V bidirekt. 15 KW | 14.700 | 2.940 | 17.640 | 15 | 544 | | 0,5 | 88 |
| 1. 8 | Montageleistungen: | 5.500 | 1.100 | 6.600 | 20 | 169 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | 7.000 | 1.400 | 8.400 | 20 | 216 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Energieverbrauchsopitimierung + Geräte | 15.000 | 3.000 | 18.000 | 50 | 316 | | 0,5 | 90 |
| 1. 11 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 12 | Planung - Energietechn./ Energiekonzept | 22.000 | 4.400 | 26.400 | 20 | 678 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **148.900** | **29.780** | **178.680** | | **5.388** | | | **725** |
| | | | | | | **5.388** | | | |
| **2.** | **Warmwasserbereitung + Wärmeüberschußabgabe an Heizkörper + Notkühler / Lüftung/ Sanitärtechnik** | | | | | | | | |
| 2. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 2 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 11 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **3.** | **Elektro und Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **4.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **5.** | **Planung / Ingenieurleistung:** | | | | | | | | |
| 5. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| | **Summen** | **148.900** | **29.780** | **178.680** | | **5.388** | | | **725** |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68% Förderquote.XLS
Tab.:PV 100%

Seite: 1

**Projekt: Olpererhütte**

| | | Netto | MWST | Brutto |
|---|---|---|---|---|
| **B.** | **Verbrauchskosten** | | | |
| 1. 1 | Brennstoffkosten Flüssiggas Warmwasser: | 256 €/a | 51 €/a | 307 €/a |
| 1. 2 | 35.576 KWh /d * 6ct /KWh* 120d | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Hubschraubertransport Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Betriebsstoffe /Wartungsmaterial 1*/a | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **256** €/a | **51** €/a | **307** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. 1 | Betätigung / Wartung Gasdurchlauferhitzer | 80 €/a | 16 €/a | 96 €/a |
| 1. 2 | Wartung BHKW d. Betreiber/Hersteller | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | Wartung- u. Störungsd. BHKW vor Ort (Wirt) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wartung d. Batterieanlage: | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **330** €/a | **66** €/a | **396** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Maschinenbruchversicherung PV Anlage | 92 €/a | 18 €/a | 110 €/a |
| 2. | Versicherung PV- Anlage (Blitzschutz) | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **342** €/a | **68** €/a | **410** €/a |
| **E.** | **Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 928 €/a | 186 €/a | 1.114 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 5.388 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 725 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 307 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 396 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 410 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **7.227** €/a |
| | €/a |

## 10.4 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Energieversorgungsvariante 92 % BHKW + 8 % Photovoltaik – Variante 1 (A4)

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: **17.12.2005**

**Wirtschaftlichkeitsberechnung der Energieversorgungsanlage nach VDI 2067**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 68 |
| Jahresgesamtkosten | 6.854 |

**92% Rapsöl-BHKW + 8% PV- Anlage (vorhanden)**

| A1 | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | A2 Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | **Strom-/ Energieversorgung:** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** | **N-Dauer** | **K-dienst** | **Restwe** | **I-kost %** | **I-kost** |
| 1. 1 | Blockheizkraftwerk 36KW/22 KVA | 45.200 | 9.040 | 54.240 | 20 | 1.393 | | 0,5 | 271 |
| 1. 2 | Aufdachkonst.+ Montage vorh. PV-Anl. | 2.500 | 500 | 3.000 | 25 | 68 | | 0,5 | 15 |
| 1. 3 | Batterieanlage: **1380 A**h- 48V | 14.500 | 2.900 | 17.400 | 15 | 536 | | 0,5 | 87 |
| 1. 4 | Säureumwälzung | 1.200 | 240 | 1.440 | 15 | 44 | | 0,5 | 7 |
| 1. 5 | NSHV mit Einbaugeräte + Anzeigen | 4.500 | 900 | 5.400 | 20 | 139 | | 0,0 | 0 |
| 1. 6 | Div. Regeltechnik + Wandler | 2.000 | 400 | 2.400 | 15 | 74 | | 2,0 | 48 |
| 1. 7 | Wechselrichter 400V bidirekt. 15 KW | 14.700 | 2.940 | 17.640 | 15 | 544 | | 0,5 | 88 |
| 1. 8 | Montageleistungen: | 3.500 | 700 | 4.200 | 20 | 108 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | 7.000 | 1.400 | 8.400 | 20 | 216 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Energieverbrauchsopitimierung + Geräte | 15.000 | 3.000 | 18.000 | 50 | 316 | | 0,5 | 90 |
| 1. 11 | Integration vorh. Notstromagg. (Reserve) | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 12 | Planung - Energietechn./ Energiekonzept | 20.343 | 4.069 | 24.412 | 20 | 627 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **130.443** | **26.089** | **156.532** | | **4.064** | | | **607** |
| | | | | | | **4.064** | | | |
| **2.** | **Warmwasserbereitung + Wärmeüberschußabgabe an Heizkörper + Notkühler / Lüftung/ Sanitärtechnik** | | | | | | | | |
| 2. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 2 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 11 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **3.** | **Elektro und Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **4.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **5.** | **Planung / Ingenieurleistung:** | | | | | | | | |
| 5. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| | **Summen** | **130.443** | **26.089** | **156.532** | | **4.064** | | | **607** |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68% Förderquote.XLS
Tab.: R_Öl 92% + PV-8% Seite:1

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | Verbrauchskosten | Netto | MWST | Brutto |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Brennstoffkosten Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | 1566 l/a zu 0,55 €/, Anteil Strom 36% | 310 €/a | 62 €/a | 372 €/a |
| 1. 3 | 1566 l/a zu 0,55 €/, Anteil Abwärme 64% | 551 €/a | 110 €/a | 661 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Hubschraubertransport Rapsöl | 100 €/a | 20 €/a | 120 €/a |
| 3. | Betriebsstoffe /Wartungsmaterial 1*/a | 100 €/a | 20 €/a | 120 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **1.061** €/a | **212** €/a | **1.274** €/a |

| C. | Betriebsgebundene Kosten | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Betätigung / Wartung Kessel | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | Wartung BHKW d. Betreiber/Hersteller | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| | Wartung- u. Störungsd. BHKW vor Ort (Wirt) | 200 €/a | 40 €/a | 240 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wartung d. Batterieanlage: | 150 €/a | 30 €/a | 180 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **650** €/a | **130** €/a | **780** €/a |

| D. | Sonstige Kosten | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Maschinenbruchversicherung BHKW | 108 €/a | 22 €/a | 130 €/a |
| 2. | Abgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **108** €/a | **22** €/a | **130** €/a |

| E. | Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Einspeisung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |

| F | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 1.820 €/a | 364 €/a | 2.184 €/a) |
|---|---|---|---|---|

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 4.064 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 607 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 1.274 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 780 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 130 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **6.854** €/a |
| | €/a |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68% Förderquote.XLS
Tab.: R_Öl 92% + PV-8%

Seite:2

## 10.5 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante1: Belebtschlammanlage + Membranfiltration (75% Fördersatz), (A5)

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 75%Förd.XLS

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: 17.12.2005

Kalkulation: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067

**Abwasseranlage:**

**Belebtschl+Membr.Viltration**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 75 |
| Jahresgesamtkosten | 3.849 |

**A Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€]**

| 1. | Biologie | Netto | MWST | Brutto | Kapitalkosten N-Dauer | K-dienst | Restwe | Instandsetzung I-kost % | I-kost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Belüftung - Filtration + Steuerung | 15.840 | 3.168 | 19.008 | 20 | 381 | | 1,0 | 190 |
| 1. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 3 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 4 | Kunstoff-Behälter | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 48 | | 0,5 | 12 |
| 1. 5 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 1. 6 | Gleichstromtechnologie- Umrüstung | 4.000 | 800 | 4.800 | 20 | 96 | | 1,0 | 48 |
| 1. 7 | Technische Erst-Schulung für 2 Mitarb. | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 72 | | 0,0 | 0 |
| 1. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 60 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Abnahme Gutachter Behörde | 800 | 160 | 960 | 20 | 19 | | 0,0 | 0 |
| 1. 11 | Montageleistungen | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 72 | | 0,0 | 0 |
| 1. 12 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **31.140** | **6.228** | **37.368** | | **750** | | | **250** |
| | | | | | | **750** | | | |

| 2. | Gebäude/Einhausung | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. 1 | Isoliertes, frostfreies Betriebsgebäude | 14.000 | 2.800 | 16.800 | 20 | 337 | | 0,5 | 84 |
| 2. 2 | Arbeiten an bestehender 3-Kammergr. | 5.000 | 1.000 | 6.000 | 20 | 120 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 11 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **19.000** | **3.800** | **22.800** | | **457** | | | **84** |

| 3. | Mechanische Abwasserbehandlung | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. 1 | Fettabscheideranlage | 2.500 | 500 | 3.000 | 50 | 41 | | 1,0 | 30 |
| 3. 2 | Montageleistungen | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 48 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | Kunstoff-Behälter | 6.000 | 1.200 | 7.200 | 15 | 173 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | | 0 | 0 | 30 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **10.500** | **2.100** | **12.600** | | **263** | | | **30** |

| 4. | Feststoffbehandlung | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. 1 | Schlamm-Kompostierungssystem | 8.000 | 1.600 | 9.600 | 20 | 193 | | 0,5 | 48 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **8.000** | **1.600** | **9.600** | | **193** | | | **48** |

| 5. | Sonstige Kosten-Planung | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5. 1 | Planung / Ingenieurleistung-Zone III: | 12.500 | 2.500 | 15.000 | 20 | 301 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **12.500** | **2.500** | **15.000** | | **301** | | | **0** |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Summen** | **81.140** | **16.228** | **97.368** | | **1.963** | | | **412** |

Membranviltration+SKS

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 75%Förd.XLS

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | **Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.)** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.) | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | (Rapsöl) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | Filtersäcke, Div. Verbrauchsmaterial | 50 €/a | 10 €/a | 60 €/a |
| 2. | Kosten für Hilfsenergie, Strom, Rapsöl | 178 €/a | 36 €/a | 214 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **228** €/a | **46** €/a | **274** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. | Betätigung | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| 2. | Wartung und Ersatzteile für Filtration | 500 €/a | 100 €/a | 600 €/a |
| 3. | Hubschrauberkosten für Schmutzfracht | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | (Kostenanteil an letztem Versorgungsflug | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | im Sept.- Saisonende) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Fracht für Filtermodule | 50 €/a | 10 €/a | 60 €/a |
| | Ausbring. Vererdungsbecken-> Komposter | 150 €/a | 30 €/a | 180 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **1.000** €/a | **200** €/a | **1.200** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Versicherungen (Maschinenbruchvers.) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | Verwaltungsabgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | Verwaltungskosten | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ablesekosten | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **E.** | **Einnahmen (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung + EEG | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an die Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 1.228 €/a | 246 €/a | 1.474 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A. Kapitalgebundene Kosten: | 1.963 €/a |
| A. Instandsetzung: | 412 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 274 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 1.200 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Projektergebnis / Jahresgewinn ( - ) netto** | **3.849** €/a |
| | €/a |

Membranviltration+SKS

## 10.6 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante 2: Tropfkörperanlage (75% Fördersatz) (A6)

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 75%Förd.XLS

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: 17.12.2005

Kalkulation: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067

**Abwasseranlage:**

**Tropfkörper mit Stufenvererder**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 75 |
| Jahresgesamtkosten | 4.160 |

**A Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€]** — **Kapitalkosten** — **Instandsetzung**

| 1. | Abwasseranlage | Netto | MWST | Brutto | N-Dauer | K-dienst | Restwe | I-kost % | I-kost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Verteilerschacht | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 48 | | 0,5 | 12 |
| 1. 2 | Frischfeststoffabtrennung | 16.500 | 3.300 | 19.800 | 20 | 397 | | 1,0 | 198 |
| 1. 3 | Stufenvererdungsbecken | 9.000 | 1.800 | 10.800 | 20 | 217 | | 0,5 | 54 |
| 1. 4 | Pumpschacht mit maschineller Ausrüstung | 4.000 | 800 | 4.800 | 20 | 96 | | 0,5 | 24 |
| 1. 5 | Tropfkörper | 18.000 | 3.600 | 21.600 | 20 | 433 | | 1,0 | 216 |
| 1. 6 | Verteilerschacht mit Sickerstrang | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 48 | | 0,5 | 12 |
| 1. 7 | Verrohrung | 1.000 | 200 | 1.200 | 20 | 24 | | 1,0 | 12 |
| 1. 8 | Funktionsprüfung und Gutachter | 1.500 | 300 | 1.800 | 20 | 36 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Baumeisterarbeiten, Erdaushub, Transp. | 35.000 | 7.000 | 42.000 | 20 | 843 | | 0,5 | 210 |
| 1. 10 | | | 0 | 0 | 5 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 11 | Fettabscheideranlage | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 60 | | 1,0 | 30 |
| 1. 12 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **91.500** | **18.300** | **109.800** | | **2.203** | | | **768** |
| | | | | | | **2.203** | | | |
| **2.** | | | | | | | | | |
| 2. 1 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 2,0 | 0 |
| 2. 4 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 11 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **3.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 3 | | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 4 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 5 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | | 0 | 0 | 30 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **4.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **5.** | **Sonstige Kosten** | | | | | | | | |
| 5. 1 | Planung / Ingenieurleistung: | 20.000 | 4.000 | 24.000 | 20 | 481 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **20.000** | **4.000** | **24.000** | | **481** | | | **0** |
| | **Summen** | **111.500** | **22.300** | **133.800** | | **2.684** | | | **768** |

Tropfkörper+Stufenvererder

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 75%Förd.XLS

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | **Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.)** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.) | 40 €/a | 8 €/a | 48 €/a |
| 1. 2 | (Rapsöl) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Kosten für Hilfsenergie, Strom, Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Betriebsstoffe /Wartungsmat. | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **40** €/a | **8** €/a | **48** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. | Betätigung, ungewollte Feststoffe aussondern | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| 2. | Wartung BHKW d. Betreiber/Hersteller | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Hubschrauberkosten für Schmutzfracht | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | (Kostenanteil an letztem Versorgungsflug | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | im Sept.- Saisonende) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ausbringung + Beschickung Stufenerder | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **550** €/a | **110** €/a | **660** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Versicherungen (Maschinenbruchvers.) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | Verwaltungsabgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | Verwaltungskosten | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ablesekosten | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **E.** | **Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung + EEG | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an die Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 590 €/a | 118 €/a | 708 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A. Kapitalgebundene Kosten: | 2.684 €/a |
| A. Instandsetzung: | 768 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 48 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 660 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Projektergebnis / Jahresgewinn ( - ) netto** | **4.160** €/a |
| | €/a |

Tropfkörper+Stufenvererder

## 10.7 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante1: Belebtschlammanlage + Membranviltration (40% Fördersatz) (A7)

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 40%Förd.XLS

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: 17.12.2005

Kalkulation: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067

**Abwasseranlage:**

**Belebtschl+Membr.Viltration**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 40 |
| Jahresgesamtkosten | 6.598 |

| A | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | **Biologie** | Netto | MWST | Brutto | N-Dauer | K-dienst | Restwe | I-kost % | I-kost |
| 1. 1 | Belüftung - Filtration + Steuerung | 15.840 | 3.168 | 19.008 | 20 | 915 | | 1,0 | 190 |
| 1. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 3 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 4 | Kunstoff-Behälter | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 116 | | 0,5 | 12 |
| 1. 5 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 1. 6 | Gleichstromtechnologie- Umrüstung | 4.000 | 800 | 4.800 | 20 | 231 | | 1,0 | 48 |
| 1. 7 | Technische Erst-Schulung für 2 Mitarb. | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 173 | | 0,0 | 0 |
| 1. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 144 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Abnahme Gutachter Behörde | 800 | 160 | 960 | 20 | 46 | | 0,0 | 0 |
| 1. 11 | Montageleistungen | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 173 | | 0,0 | 0 |
| 1. 12 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **31.140** | **6.228** | **37.368** | | **1.799** | | | **250** |
| | | | | | | **1.799** | | | |
| 2. | **Gebäude/Einhausung** | | | | | | | | |
| 2. 1 | Isoliertes, frostfreies Betriebsgebäude | 14.000 | 2.800 | 16.800 | 20 | 809 | | 0,5 | 84 |
| 2. 2 | Arbeiten an bestehender 3-Kammergr. | 5.000 | 1.000 | 6.000 | 20 | 289 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 11 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **19.000** | **3.800** | **22.800** | | **1.098** | | | **84** |
| 3. | **Mechanische Abwasserbehandlung** | | | | | | | | |
| 3. 1 | Fettabscheideranlage | 2.500 | 500 | 3.000 | 50 | 99 | | 1,0 | 30 |
| 3. 2 | Montageleistungen | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 116 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | Kunstoff-Behälter | 6.000 | 1.200 | 7.200 | 15 | 416 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | | 0 | 0 | 30 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **10.500** | **2.100** | **12.600** | | **630** | | | **30** |
| 4. | **Feststoffbehandlung** | | | | | | | | |
| 4. 1 | Schlamm-Kompostierungssystem | 8.000 | 1.600 | 9.600 | 20 | 462 | | 0,5 | 48 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **8.000** | **1.600** | **9.600** | | **462** | | | **48** |
| 5. | **Sonstige Kosten-Planung** | | | | | | | | |
| 5. 1 | Planung / Ingenieurleistung-Zone III: | 12.500 | 2.500 | 15.000 | 20 | 722 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **12.500** | **2.500** | **15.000** | | **722** | | | **0** |
| | **Summen** | **81.140** | **16.228** | **97.368** | | **4.712** | | | **412** |

Membranviltration+SKS

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 40%Förd.XLS

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | **Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.)** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.) | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | (Rapsöl) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | Filtersäcke, Div. Verbrauchsmaterial | 50 €/a | 10 €/a | 60 €/a |
| 2. | Kosten für Hilfsenergie, Strom, Rapsöl | 178 €/a | 36 €/a | 214 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **228** €/a | **46** €/a | **274** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. | Betätigung | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| 2. | Wartung und Ersatzteile für Filtration | 500 €/a | 100 €/a | 600 €/a |
| 3. | Hubschrauberkosten für Schmutzfracht | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | (Kostenanteil an letztem Versorgungsflug | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | im Sept.- Saisonende) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Fracht für Filtermodule | 50 €/a | 10 €/a | 60 €/a |
| | Ausbring. Vererdungsbecken-> Komposter | 150 €/a | 30 €/a | 180 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **1.000** €/a | **200** €/a | **1.200** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Versicherungen (Maschinenbruchvers.) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | Verwaltungsabgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | Verwaltungskosten | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ablesekosten | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **E.** | **Einnahmen (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung + EEG | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an die Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 1.228 €/a | 246 €/a | 1.474 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A. Kapitalgebundene Kosten: | 4.712 €/a |
| A. Instandsetzung: | 412 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 274 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 1.200 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Projektergebnis / Jahresgewinn ( - ) netto** | **6.598** €/a |
| | €/a |

Membranviltration+SKS

## 10.8 Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung Abwasserkläranlage Variante 2: Tropfkörperanlage (40% Fördersatz) (A8)

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 40%Förd.XLS

**Projekt:** **Olpererhütte** Projektstand: 17.12.2005

Kalkulation: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067

**Abwasseranlage:**

**Tropfkörper mit Stufenvererder**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | **20%** |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 40 |
| Jahresgesamtkosten | 7.918 |

| A | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | **Abwasseranlage** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** | **N-Dauer** | **K-dienst** | **Restwe** | **I-kost %** | **I-kost** |
| 1. 1 | Verteilerschacht | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 116 | | 0,5 | 12 |
| 1. 2 | Frischfeststoffabtrennung | 16.500 | 3.300 | 19.800 | 20 | 953 | | 1,0 | 198 |
| 1. 3 | Stufenvererdungsbecken | 9.000 | 1.800 | 10.800 | 20 | 520 | | 0,5 | 54 |
| 1. 4 | Pumpschacht mit maschineller Ausrüstung | 4.000 | 800 | 4.800 | 20 | 231 | | 0,5 | 24 |
| 1. 5 | Tropfkörper | 18.000 | 3.600 | 21.600 | 20 | 1.040 | | 1,0 | 216 |
| 1. 6 | Verteilerschacht mit Sickerstrang | 2.000 | 400 | 2.400 | 20 | 116 | | 0,5 | 12 |
| 1. 7 | Verrohrung | 1.000 | 200 | 1.200 | 20 | 58 | | 1,0 | 12 |
| 1. 8 | Funktionsprüfung und Gutachter | 1.500 | 300 | 1.800 | 20 | 87 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Baumeisterarbeiten, Erdaushub, Transp. | 35.000 | 7.000 | 42.000 | 20 | 2.022 | | 0,5 | 210 |
| 1. 10 | | | 0 | 0 | 5 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 11 | Fettabscheideranlage | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 144 | | 1,0 | 30 |
| 1. 12 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **91.500** | **18.300** | **109.800** | | **5.286** | | | **768** |
| | | | | | | **5.286** | | | |
| **2.** | | | | | | | | | |
| 2. 1 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 2,0 | 0 |
| 2. 4 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 2. 11 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **3.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 3 | | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 4 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 5 | | | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | | 0 | 0 | 30 | 0 | | 1,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **4.** | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| **5.** | **Sonstige Kosten** | | | | | | | | |
| 5. 1 | Planung / Ingenieurleistung: | 20.000 | 4.000 | 24.000 | 20 | 1.155 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **20.000** | **4.000** | **24.000** | | **1.155** | | | **0** |
| | **Summen** | **111.500** | **22.300** | **133.800** | | **6.442** | | | **768** |

Tropfkörper+Stufenvererder

Kost+Wirtsch-Abwa 1)Membranf u 2) Tropfk_ 40%Förd.XLS

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.) | Netto | MWST | Brutto |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Verbrauchskosten (vgl. Anlage zu B.) | 40 €/a | 8 €/a | 48 €/a |
| 1. 2 | (Rapsöl) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Kosten für Hilfsenergie, Strom, Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Betriebsstoffe /Wartungsmat. | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **40** €/a | **8** €/a | **48** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. | Betätigung, ungewollte Feststoffe aussondern | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| 2. | Wartung BHKW d. Betreiber/Hersteller | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Hubschrauberkosten für Schmutzfracht | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | (Kostenanteil an letztem Versorgungsflug | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | im Sept.- Saisonende) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ausbringung + Beschickung Stufenerder | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **550** €/a | **110** €/a | **660** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Versicherungen (Maschinenbruchvers.) | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | Verwaltungsabgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | Verwaltungskosten | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | Ablesekosten | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **E.** | **Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung + EEG | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an die Haushalte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 590 €/a | 118 €/a | 708 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A. Kapitalgebundene Kosten: | 6.442 €/a |
| A. Instandsetzung: | 768 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 48 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 660 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Projektergebnis / Jahresgewinn ( - ) netto** | **7.918** €/a |
| | €/a |

Tropfkörper+Stufenvererder

## 10.9 Elektrische und Thermische Verbrauchsanalyse für die Olpererhütte (A9)

### A) Elektrische Verbrauchsanalyse

**Beleuchtung**

| Ort | Anzahl der Leuchten | geplante Lichtstärke Energiesparlampen (W) | Brenndauer (h/ Tag) | Energie-verbrauch (Wh/d) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Hütte Erdgeschoss** | | | | | |
| Gaststraum m. Theke | 14 | 11 | 6 | 924,0 | + |
| | | | | | |
| Schuh /Trockenraum | 1 | 11 | 2 | 22,0 | + |
| | | | | | |
| Windfang | 1 | 11 | 4 | 44,0 | + |
| Küche | 3 | 36 | 6 | 648,0 | + |
| Aufenthalt | 1 | 11 | 1 | 11,0 | + |
| Lagerraum | 1 | 36 | 1 | 36,0 | + |
| | | | | | |
| Erschließung/Treppe | 1 | 11 | 5 | 55,0 | + |
| Hauswirtschaft | 1 | 11 | 1 | 11,0 | + |
| WC Herren | 1 | 11 | 3 | 33,0 | + |
| WC Damen | 1 | 11 | 3 | 33,0 | + |
| **Hütte Obergeschoss** | | | | | |
| Zimmer 8 Pers. | 5 | 11 | 2 | 110,0 | + |
| Zimmer 4 Pers. | 5 | 11 | 2 | 110,0 | + |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Personal 2 Pers | 1 | 11 | 2 | 22,0 | |
| Personal 2 Pers | 1 | 11 | 2 | 22,0 | |
| Pächter | 1 | 11 | 1 | 11,0 | |
| Erschl. / Flur | 4 | 7 | 5 | 140,0 | |
| Sanitär Herren | 1 | 11 | 3 | 33,0 | |
| Sanitär Damen | 1 | 11 | 3 | 33,0 | |
| **Nebengebäude /Winterquartier/ Technik KG** | | | | | |
| Technikraum | 3 | 36 | 0,1 | 10,8 | |
| Winterraum/Ausweich | 3 | 11 | 4 | 132,0 | |
| WC | 1 | 11 | 3 | 33,0 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| **Zwischensumme Beleuchtung:** | | 302 | | **2.474** | |

Dateiname:Energiebilanz PV8%+Raps92%.xls
Tab.:El.+Th.-Verbrauch Seite:1

**Sonstige Verbraucher**

| Gerät | | Energie-bedarf (W) | Einschaltzeit( h/ Tag) | Energie-verbrauch (Wh/ d) |
|---|---|---|---|---|
| Radio | | 10 | 10,0 | 100 |
| Telefon | | 3 | 24,0 | 72 |
| Fernseher | | 100 | 1,0 | 100 |
| Küchengeräte (Schneidemaschine, Quirl) | | | | 250 |
| Staubsauger | | 1.000 | 1,0 | 1.000 |
| Div. Kleinverbr. | | | | 400 |
| Kühlschrank 200 l | | | | 800 |
| Gefriertruhe 300 l | | | | 1.500 |
| Mikrowelle | | 1.000 | 0,5 | 500 |
| Schankanlage | | 50 | 10,0 | 500 |
| Sonstiges Küche | | 500 | 1,0 | 500 |
| Waschmaschine | Warmwasserbetrieb ! | (2 * pro Woche 1 KWh-WW) | | 286 |
| Geschirrspüler (noch nicht vorhanden 400 V) | Warmwasserbetrieb ! | 1.500 | 1,0 | 1.500 |
| Gläserspüler 230 V | Warmwasserbetrieb ! | 1.500 | 1,0 | 1.500 |
| Brandmeldeanlage | | | | 400 |
| Lüftungsgeräte /Küche/Tr.Raum | | 300 | 2 | 600 |
| **Zwischensumme Geräte:** | | 5.663 | | **9.008** |
| | Ausl. Klär. | | | |
| Kläranlagentechnik | 0,77811 | 1.200 | 15,0 | 14.006 |
| | | | | |
| **Zwischensumme Kläranlage:** | | 1.200 | | **14.006** |

| | | |
|---|---|---|
| **Gesamtverbrauch ohne Verluste** (WR,Akkum., Umwandl.): | | **25.487** |
| **Gesamtverbrauch incl. Verluste:** | 15% | **29.311** |

## B) Thermische Verbrauchsanalyse (Warmwasser + Reserve)

| | Anwend./d | Verbrauch /l*d | Zapftemp. °C | Energieverbr.(Wh/d) |
|---|---|---|---|---|
| **1. Warmwasser** | | | | |
| Duschen | 30 | 15 | 40 | 18.314 |
| Geschirrspüler (künftig) | 3 | 40 | 45 | 5.581 |
| Waschmaschine | 0,3 | 30 | 60 | 576 |
| Gläserspüler | 5 | 30 | 50 | 7.849 |
| Putzwasser | 4 | 20 | 40 | 3.256 |
| Summe Warmwasser | gesamt: | **809** | | 35.576 |
| | | Liter /d | | |
| **2. Heizung + Überschuss** | | | | 24.904 |
| | | | | |
| Gesamtverbrauch Warmwasser: | | | | **60.480** |

## 10.10 Elektrische und Thermische Energiebilanz auf der Olpererhütte (A10)

**Elektrische + Thermische Energiebilanz - Deckungsanteil der Energieerzeuger**

| | Elektrische Bilanz | | | | | Thermische Bilanz | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Täglicher El. Verbrauch: | | | | | 29.311 Wh/d | Täglicher Thermischer Verbrauch: | | | | 60.480 |
| Energieerzeuger | Leistung ($W_{el.}$) | Anzahl | Erzeugung h/d | Ertrag [Wh/d] | Deckungs-anteil | Energieerzeuger | Leistung ($W_{th.}$) | Anzahl | Erzeugung BHKW h/d | Ertrag [Wh/d] |
| Vorhandene PV Module | 50 | 12 | | 2.248 | 8% | | | | | |
| Kleinwasserkraftwerk | 0 | 1 | 24 | 0 | 0% | | | | | |
| Zusätzliche PV- Module: | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | | | | | |
| Rapsöl BHKW | 17.600 | 1 | 2,10 | 27.720 | 95% | Rapsöl BHKW | 28.800 | 1 | 2,10 | 60.480 |
| | | | | 29.968 | 102% | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Spannung | Kapaz. [AH] | Energie-speiche-rung [Wh] | Gleich-zeitig-keit | | |
| **Batteriesystem:** | 48 | 1.348 | 64.704 | 0,8 | 2,16 | facher Tagesbedarf |
| Auslegung: | | | | | | |
| Tägliche Entladetiefe für Akkus [%] | | | | 36% | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rapsöl- BHKW Auswahl** | | | | | | | |
| Nennleistung: | 22 | KW el | | | | | |
| Höhenkorrektur: | 20% | | | | | | |
| Erzeugung incl. Korrektur | 17,6 | KW | | | | | |
| **Rapsölverbrauch:** | | | | | 27.720 | KWh/d | |
| Bei einer täglichen Stromerzeugung von | | | | | | | |
| ist ein rechnerischer Vollastbetrieb des BHKW von | | | | | 2,10 | h/d | |
| erforderlich: | | | | | | | |
| | Verbr(l*h) | Betr.h/d | Verbr.(l*d) | Anz.d | Verbr.(l* Saison | | |
| Vollast: 100% | 7,1 | 2,10 | 14,91 | 105 | 1.566 | Liter/a | |
| Teillast: 50% | 4,26 | 4,20 | 17,89 | 105 | 1.879 | Liter/a | |
| Betriebsstunden : | | 441 | h / a | => | Max. 1 Wartung /a | | |

Dat.:Energiebilanz PV8%+Raps92%.xls
Tab.:Bilanz + Anlagendimensionierung

## 10.11 Vor -und Nachteile beim System MBR und Tropfkörperanlage (A11)

| | **Belebtschlammanlage mit Membranfiltration mit Schlamm-Kompostierungs-System** | **Tropfkörperanlage mit Stufenvererder** |
|---|---|---|
| | | |
| **Vorteile** | Sehr flexible und unproblematische Ausbaufähigkeit /Erweiterungs-fähigkeit zur Schaffung größerer Kapazitäten | Geringer Energieverbrauch |
| | Ausbringung der Feststoffe nach 5 jähriger „Kompostierung" zum Wegebau | Ausbringung der Feststoffe nach 4 jähriger „Vererdung" zum Wegebau |
| | Hervorragende Eleminationswerte | |
| | Nahezu Keimfreies Wasser-Rückführung zur Toilettenspülung | |
| | Verfahrenskonzept sichert, dass kein unbehandeltes Wasser eingeleitet wird | |
| | Geruchsbelästigung ist nahezu ausgeschlossen | |
| | Modellhaftes Projekt (auch in Hinblick auf Nachrüstung von bestehenden 3-Kammergruben) | |
| | | |
| **Nachteile** | einmal pro Saison Überführung des Rohkomposts in den Thermokomposter | Erhöhung der Kapazitäten nur bedingt möglich (Größere Kapazitäten) |
| | Absammeln von Fremdstoffen (Küchenabfällen, Damenbinden, etc...) notwendig | Platzbedarf auf kleinem Grundstück für Stufenvererder |
| | | Größeres Betriebsgebäude vor Hütte nicht unproblematisch |
| | | Absammeln von Fremdstoffen (Küchenabfällen, Damenbinden, etc...) notwendig |

## 10.12 Auslegung der Abwasseranlage (Planung 2005) für das erste Betriebsjahr 2008 (A12)

**Auslegung 2005**

**Bemessungsgrundlage**

| | | |
|---|---|---|
| Ständiges Personal | 6 | EW |
| Übernachtungsgäste | 2538 | EW |
| Tagesgäste Lang/Kurz | 5712 | EW |
| Saisondauer | 105 | Tage |
| Wochenendtage | 30 | Tage |
| Saisondauer ohne Wochenende | 75 | Tage |
| Übernachtungs-Lager | 60 | Lager |
| Personalbetten | 6 | Betten |
| Schläfplätze Gesamt | 66 | |

| **BSB-Belastungen** | **Spitzenbelastung** | | | **dschn. Wochenbelstg** | | | **Mittelwert aus 105T** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | |
| St. Anwesend | 6 | 60 | 360 | 6 | 60 | 360 | 6 | 60 | 360 |
| Übern-Lager | 60 | 60 | 3600 | 30 | 60 | 1800 | 24 | 60 | 1.451 |
| TagesG - L | 95 | 17,50 | 1666 | 41 | 17,50 | 714 | 27 | 17,50 | 476 |
| TagesG - K | 95 | 12,50 | 1190 | 41 | 12,50 | 510 | 27 | 12,50 | 340 |
| **Summe BSB in kg** | | | **6,82** | | | **3,38** | | | **2,63** |

| **Hydraulische Last** | **Spitzenbelastung** | | | **dschn. Wochenbelstg** | | | **Mittelwert aus 105T** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **EW/Tag** | **l/Tag** | | **EW/Tag** | **l/Tag** | | **EW/Tag** | **l/Tag** | |
| St. Anwesend | 6 | 75 | 450 | 6 | 75 | 450 | 6 | 75 | 450 |
| Übern-Lager | 60 | 40 | 2400 | 30 | 40 | 1200 | 24 | 40 | 967 |
| TagesG - L | 95 | 10,00 | 952 | 41 | 10,00 | 408 | 27 | 10,00 | 272 |
| TagesG - K | 95 | 5,00 | 476 | 41 | 5,00 | 204 | 27 | 5,00 | 136 |
| **Summe Hydraulik in m3** | | | **4,28** | | | **2,26** | | | **1,83** |

## 10.13 Auslegung der Abwasseranlage nach der Ertüchtigung für das Betriebsjahr 2009 (A13)

**Auslegung 2009**

**Bemessungsgrundlage**

| | | |
|---|---|---|
| Ständiges Personal | 6 | EW |
| Übernachtungsgäste | 4000 | EW |
| Tagesgäste Lang/Kurz | 15000 | EW |
| Saisondauer | 105 | Tage |
| Wochenendtage | 30 | Tage |
| Saisondauer ohne Wochenende | 75 | Tage |
| Übernachtungs-Lager | 60 | Lager |
| Personalbetten | 6 | Betten |
| Schläfplätze Gesamt | 66 | |

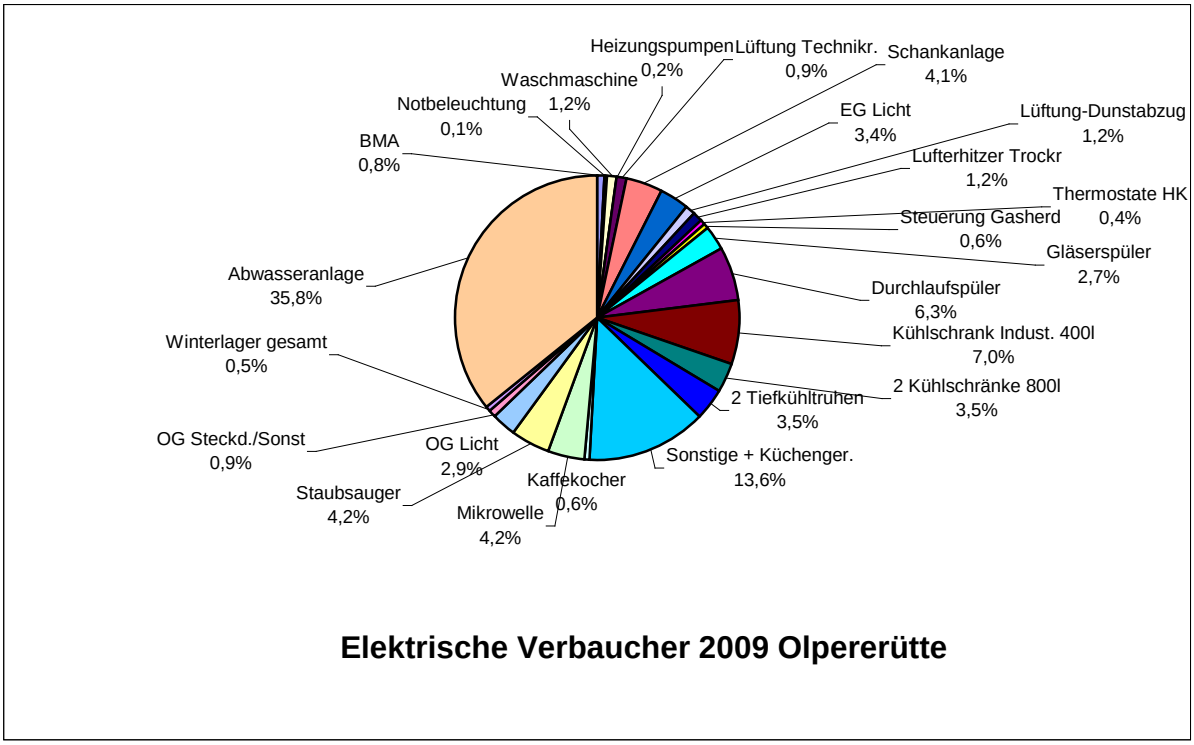
| **BSB-Belastungen** | **Spitzenbelastung** | | | **dschn. Wochenbelastung** | | | **Mittelwert aus 105T** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | | **EW/Tag** | **g $BSB_5$/T** | |
| St. Anwesend | 6 | 60 | 360 | 6 | 60 | 360 | 6 | 60 | 360 |
| Übern-Lager | 60 | 60 | 3600 | 45 | 60 | 2700 | 38 | 60 | 2.286 |
| TagesG - L | 250 | 17,50 | 4375 | 125 | 17,50 | 2188 | 71 | 17,50 | 1.250 |
| TagesG - K | 250 | 12,50 | 3125 | 125 | 12,50 | 1563 | 71 | 12,50 | 893 |
| **Summe BSB in kg/d** | | | **11,46** | | | **6,81** | | | **4,79** |
| **Wert abzügl. 30% für mech. Vorreinigung** | | | **8,02** | | | **4,77** | | | **3,35** |

| **Hydraulische Last** | **Spitzenbelastung** | | | **dschn. Wochenbelastung** | | | **Mittelwert aus 105T** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **EW/Tag** | **l/Tag** | | **EW/Tag** | **l/Tag** | | **EW/Tag** | **l/Tag** | |
| St. Anwesend | 6 | 75 | 450 | 6 | 75 | 450 | 6 | 75 | 450 |
| Übern-Lager | 60 | 75 | 4500 | 40 | 75 | 3000 | 38 | 40 | 1524 |
| TagesG - L | 250 | 10,00 | 2500 | 125 | 10,00 | 1250 | 71 | 10,00 | 714 |
| TagesG - K | 250 | 5,00 | 1250 | 125 | 5,00 | 625 | 71 | 5,00 | 357 |
| **Summe Hydraulik in m3/d** | | | **8,70** | | | **5,33** | | | **3,05** |

## 10.14 Anlagenteile bei der MBR – Anlage nach der Ertüchtigung (A14)

- Fettabscheider (NG 2) für das Küchenabwasser;
- (Kompakt-)Siebschnecke (Fabrikat Huber, Type: Ro 9) für die Grobstoffabscheidung;
- Vorklär- und Schlammspeicherbecken ($V_{Nutz.}$ = 5 $m^3$) mit Schneidradtauchpumpe für den Schlammabzug (Primärschlammabzug) und Beschickung der Kompostieranlage; das vorgereinigte Abwasser strömt über einen Überlauf in den anschließenden Pufferbehälter;
- Pufferbehälter ($V_{Nutz.}$ = 5 $m^3$) mit Tauchpumpe für die Beschickung der beiden Belebungsbecken und mit Notüberlauf in den Ablauf der Kläranlage;
- zweistrassiges Belebungsbecken ($V_{Nutz.}$ = 2 x 5 $m^3$, $B_{TS}$ = 0,15 kg $BSB_5$/kg TS x d; TS = 4 bis 12 kg/$m^3$ BB - im Mittel 7 kg/$m^3$ BB) mit feinblasigen Membranbelüftern für den Lufteintrag und mit internen Membranmodulen (Fabrikat: Huber, Type: MCB, Trenngrenze: 38 nm, Membranfläche 42 $m^2$; Fluxrate 10-15 l/$m^2$h) für die Phasentrennung Belebtschlamm und Klarwasser bzw. Permeat; Überschussschlamm (Sekundärschlamm) wird diskontinuierlich in die Reststoffbehandlung gepumpt;
- Ableitungskanal für die Verrieselung des Permeates vor Ort auf der Bp. .905, KG Finkenberg;
- Reststoffbehandlung bestehend aus drei parallel beschickten Fäkalschlamm-Separatoren ($V_{Nutz.}$ = 3 x 0,93 $m^3$) (System Rewatec); Nachrotte kann in einer zweiten Stufe erfolgen; das bei den Separatoren anfallende Abwasser wird in den Zulauf der (Kompakt-) Siebschnecke gepumpt;

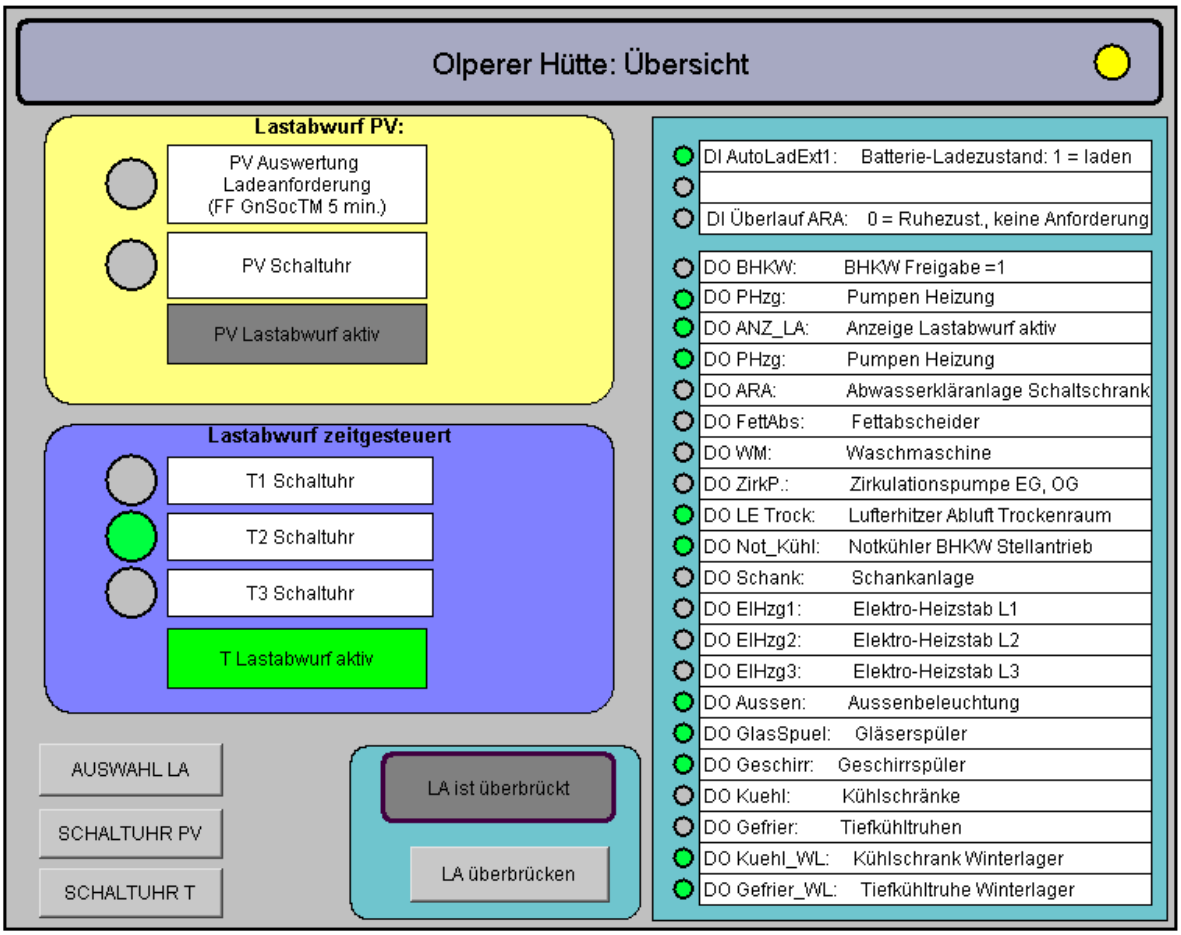
## 10.15 Detaillierte Aufschlüsselung des Stromverbrauchs im Jahr 2009 (A15)




**Elektrische Verbaucher 2009 Olpererütte**

## 10.16 Darstellung der Bedienoberfläche des Aktiven Lastmanagementsystems (A16)

Webvisualisierung –Codesys:



## 10.17 Nachberechnung der Wirtschaftlichkeit für das Energieversorgungssystem auf Basis der Ist-Werte – Messung 2009 (A17)

**Projekt: Olpererhütte** Projektstand: 01.03.2010

**Wirtschaftlichkeitsberechnung der Energieversorgungsanlage nach VDI 2067**

92% Rapsöl-BHKW + 8% PV- Anlage (Ist 2009)

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | 20% |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 68 |
| Jahresgesamtkosten | 10.988 |

| A1 | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | A2 Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Strom-/ Energieversorgung: | Netto | MWST | Brutto | N-Dauer | K-dienst | Restwe | I-kost % | I-kost |
| 1. 1 | Blockheizkraftwerk 14 KVA | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 2 | Aufdachkonst.+ Montage vorh. PV-Anl. | | 0 | 0 | 25 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 3 | Batterieanlage: 800 Ah- 48V | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 4 | Säureumwälzung | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 5 | NSHV mit Einbaugeräte + Anzeigen | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 6 | Div. Regeltechnik + Wandler | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 2,0 | 0 |
| 1. 7 | 2 St. Wechselrichter 400V bidirekt. 15 KW | | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 8 | Montageleistungen: | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Energieverbrauchsopitimierung + Geräte | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,5 | 0 |
| 1. 11 | Planung - Energietechn./ Energiekonzept | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 1. 12 | Gesamtkosten | 138.000 | 27.600 | 165.600 | 20 | 4.252 | | 0,1 | 166 |
| | **Zwischensumme** | **138.000** | **27.600** | **165.600** | | **4.252** | | | **166** |
| | | | | | | **4.252** | | | |
| 2. | **Warmwasserbereitung + Wärmeüberschußabgabe an Heizkörper + Notkühler / Lüftung/ Sanitärtechnik** | | | | | | | | |
| 2. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 2 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 11 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 3. | **Elektro und Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 4. | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 5. | **Planung / Ingenieurleistung:** | | | | | | | | |
| 5. 1 | In 1 enthalten | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| | **Summen** | **138.000** | **27.600** | **165.600** | | **4.252** | | | **166** |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68%_Ist2009.XLS
Tab.: R_Öl 92% + PV-8% Seite:1

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | Verbrauchskosten | Netto | MWST | Brutto |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Brennstoffkosten Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | 5.500 l/a zu 0,85 €/Liter | 4.675 €/a | 935 €/a | 5.610 €/a |
| 1. 3 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Hubschraubertransport Rapsöl | 100 €/a | 20 €/a | 120 €/a |
| 3. | Betriebsstoffe /Wartungsmaterial 1*/a | 200 €/a | 40 €/a | 240 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **4.975** €/a | **995** €/a | **5.970** €/a |

| C. | Betriebsgebundene Kosten | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Betätigung / Wartung Kessel | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 2 | Wartung BHKW d. Betreiber/Hersteller | 300 €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| | Wartung- u. Störungsd. BHKW vor Ort (Wirt) | 200 €/a | 40 €/a | 240 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wartung d. Akku - Fachmann Sektion: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | Wartung BHKW durch Fachmann Sektion: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **500** €/a | **100** €/a | **600** €/a |

| D. | Sonstige Kosten | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Maschinenbruchversicherung BHKW | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Abgaben | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |

| E. | Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Einspeisung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |

| F | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 5.475 €/a | 1.095 €/a | 6.570 €/a) |
|---|---|---|---|---|

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 4.252 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 166 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 5.970 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 600 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 0 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **10.988** €/a |
| | €/a |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68%_Ist2009.XLS
Tab.: R_Öl 92% + PV-8%

Seite:2

**Projekt: Olpererhütte** Projektstand: 01.03.2010

**Wirtschaftlichkeitsberechnung der Energieversorgungsanlage nach VDI 2067**

**100% PV Anteil bei der Energieerzeugung (Ist 2009)**

| | |
|---|---|
| Mehrwertsteuersatz: | 20% |
| Zinssatz [%]: | 5,0 |
| Förderung gesamt (netto) | 0 |
| Förderung gesamt [%] | 68 |
| Jahresgesamtkosten | 11.838 |

| A1 | Investitionen+ Kapitalgebundene Kosten [€] | | | | Kapitalkosten | | | A2 Instandsetzung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Strom-/ Energieversorgung: | Netto | MWST | Brutto | N-Dauer | K-dienst | Restwe | I-kost % | I-kost |
| 1. 1 | Wärmeerzeuger Warmwasser | 3.000 | 600 | 3.600 | 20 | 92 | | 0,5 | 18 |
| 1. 2 | **PV Anlage Ca. 30 KWp incl. Aufdachm.** | 106.000 | 21.200 | 127.200 | 20 | 3.266 | | 0,5 | 636 |
| 1. 3 | Batterieanlage: 4.000 Ah- 48V | 42.963 | 8.593 | 51.556 | 8 | 2.553 | | 0,5 | 258 |
| 1. 4 | Säureumwälzung | 1.500 | 300 | 1.800 | 15 | 55 | | 0,5 | 9 |
| 1. 5 | NSHV mit Einbaugeräte + Anzeigen | 2.500 | 500 | 3.000 | 20 | 77 | | 0,0 | 0 |
| 1. 6 | Div. Regeltechnik + Wandler | 3.000 | 600 | 3.600 | 15 | 111 | | 2,0 | 72 |
| 1. 7 | Wechselrichter 400V bidirekt. 15 KW | 14.700 | 2.940 | 17.640 | 15 | 544 | | 0,5 | 88 |
| 1. 8 | Montageleistungen: | 10.000 | 2.000 | 12.000 | 20 | 308 | | 0,0 | 0 |
| 1. 9 | Transport + Hubschrauber | 10.000 | 2.000 | 12.000 | 20 | 308 | | 0,0 | 0 |
| 1. 10 | Energieverbrauchsopitimierung + Geräte | 15.000 | 3.000 | 18.000 | 50 | 316 | | 0,5 | 90 |
| 1. 11 | **Notstomaggeregat** | 8.000 | 1.600 | 9.600 | 20 | 247 | | 0,5 | 48 |
| 1. 12 | Planung - Energietechn./ Energiekonzept | 24.000 | 4.800 | 28.800 | 20 | 740 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **240.663** | **48.133** | **288.796** | | **8.616** | | | **1.219** |
| | | | | | | **8.616** | | | |
| 2. | **Warmwasserbereitung + Wärmeüberschußabgabe an Heizkörper + Notkühler / Lüftung/ Sanitärtechnik** | | | | | | | | |
| 2. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 2 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 4 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 5 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 6 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 7 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 8 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 9 | | | 0 | 0 | 10 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 10 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 11 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 12 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 2. 13 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 3. | **Elektro und Sonstiges** | | | | | | | | |
| 3. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 2 | | | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 3 | | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 4 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 5 | | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | | | 0 |
| 3. 6 | | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 3. 7 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 4. | **Sonstiges** | | | | | | | | |
| 4. 1 | | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 2 | | | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 4. 3 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| 5. | **Planung / Ingenieurleistung:** | | | | | | | | |
| 5. 1 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| 5. 2 | | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | | 0,0 | 0 |
| | **Zwischensumme** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | | **0** |
| | **Summen** | **240.663** | **48.133** | **288.796** | | **8.616** | | | **1.219** |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68%_Ist2009.XLS
Tab.:PV 100%

Seite: 1

**Projekt: Olpererhütte**

| B. | **Verbrauchskosten** | **Netto** | **MWST** | **Brutto** |
|---|---|---|---|---|
| 1. 1 | Brennstoffkosten Flüssiggas Warmwasser: | 427 €/a | 85 €/a | 512 €/a |
| 1. 2 | 35,5 KWh /d * **10ct** /KWh* 120d/a | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 3 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 4 | **Brennstoff Notstromaggeregat** | **300** €/a | 60 €/a | 360 €/a |
| 1. 5 | | | | |
| 1. 6 | Strombezug Verbrauchskosten: | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 7 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 1. 8 | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Hubschraubertransport Rapsöl | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Betriebsstoffe /Wartungsmaterial 1*/a | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Kosten für Anfuhr und Lagerung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **727** €/a | **145** €/a | **872** €/a |
| **C.** | **Betriebsgebundene Kosten** | | | |
| 1. 1 | Betätigung / Wartung Gasdurchlauferhitzer | 80 €/a | 16 €/a | 96 €/a |
| 1. 2 | Wartung Notstomaggeregat | 150 €/a | 30 €/a | 180 €/a |
| | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wartung d. Batterieanlage: | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme, incl. Mwst.** | **480** €/a | **96** €/a | **576** €/a |
| **D.** | **Sonstige Kosten** | | | |
| 1. | Maschinenbruchversicherung PV Anlage | 212 €/a | 42 €/a | 254 €/a |
| 2. | Versicherung PV- Anlage (Blitzschutz) | 250 €/a | 50 €/a | 300 €/a |
| 3. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 5. | | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 6. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 7. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **462** €/a | **92** €/a | **554** €/a |
| **E.** | **Einnahmen durch den Wärme/ -Stromverkauf (vgl. Anlage zu E.)** | | | |
| 1. | Einspeisung | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 2. | Stromverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 3. | Wärmeverkauf an Dritte | 0 €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| 4. | | €/a | 0 €/a | 0 €/a |
| | **Zwischensumme** | **0** €/a | **0** €/a | **0** €/a |
| **F** | (Summen aus B-E (jährl.Kosten) | 1.669 €/a | 334 €/a | 2.003 €/a) |

| **Summe A) bis F): Jährliche Gesamtkosten incl. MWSt** | |
|---|---|
| A1. Kapitalgebundene Kosten: | 8.616 €/a |
| A2. Instandsetzung: | 1.219 €/a |
| B. Verbrauchsgebundene Kosten: | 872 €/a |
| C. Betriebsgebundene Kosten: | 576 €/a |
| D. Sonstige Kosten: | 554 €/a |
| E. Einnahmen durch Strom- und Wärmeverkauf: | 0 €/a |
| **Jahresgesamtkosten** | **11.838** €/a |
| | €/a |

Dat.: Wirtschaftlichkeit 68%_Ist2009.XLS
Tab.:PV 100%

Seite: 2