

**Schweizer Alpen-Club SAC**  
Club Alpin Suisse  
Club Alpino Svizzero  
Club Alpin Svizzer



Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften

**zhaw** Life Sciences und  
Facility Management

## Projektempfehlung für den Umbau der Planurahütte SAC Sektion-Tödi



Bild mit freundlicher Genehmigung der Schweizer Gletscherpiloten Vereinigung

von

**Biolley Lucien, Joller David**

**Rinaldi Patrick, Scholer Diego**

Studiengang SBUI\_08

Vertiefung NREE

Modul Anlagenprojektierung

FS 2011

Abgabedatum: 24. Juni 2011

Auftraggeber: Jürg Rohrer

# Wichtiger Hinweis

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich *nicht* um eine offizielle Studie der ZHAW Wädenswil, sondern um eine Studentenarbeit. Dieser Bericht wurde durch eine Gruppe von Studentinnen und Studenten im 6. Semester Umweltingenieurwesen, Vertiefungsrichtung „Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien“ an der ZHAW Wädenswil im Rahmen des Studiums erstellt.

Die Arbeit wurde durch eine Fachperson betreut und bewertet, allfällige Mängel sind aber nicht nachträglich korrigiert worden. Vor einer weiteren Verwendung dieser Resultate wird deshalb eine Rücksprache mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer an der ZHAW Wädenswil empfohlen.

Wädenswil, 24. Juni 2011

Jürg Rohrer, Dozent für Erneuerbare Energien

Juerg.Rohrer (at) zhaw.ch Tel. 058 934 54 33

<http://www.iunr.zhaw.ch/de/science/iunr/studium.html>

Studiengang Umweltingenieurwesen - Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW  
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR  
Grüental  
8820 Wädenswil

## Zusammenfassung

2012 wird die Planurahütte umgebaut und den heutigen Anforderungen an eine moderne Berghütte angepasst. Nebst architektonischen Veränderungen ist auch eine Optimierung des Energiekonzepts angebracht. Das Ziel dieser Arbeit ist ein möglichst energieeffizientes und auch wirtschaftliches Konzept zu entwickeln, welches eine minimale Umweltbelastung aufweist. Diese Arbeit ist Teil des Kurses Anlagenprojektierung an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wädenswil, und geht zu Händen der Baukommission Planurahütte.

Für Berechnungen des Energiebedarfs (Heizen, Schnee schmelzen, Kochen, Strom) ist die Kenntnis der Besucherzahlen eminent wichtig, gleichzeitig aber unmöglich genau abzuschätzen. Daher bilden vier Grundszenarien (Leerzustand, Minimalbelegung, Durchschnittsbelegung, Vollbelegung) die Grundlage zu allen Variantenbildungen und deren Bewertung. Für die Systemauslegung wurde mit einer bewirteten Zeit von Mitte März bis Mitte September (180 Tage) gerechnet. Für die Leistungsdimensionierung der Anlage wurden drei Extremszenarios (Minimalbelegung extrem, Vollbelegung extrem, Vollbelegung extrem\_2) gebildet. Die vier Grundszenarien wurden mit Hilfe des Excel-Add-in "@Risk" einer Eintretens-Wahrscheinlichkeit unterzogen und mit den Energiewerten für Heizen, Kochen, Schnee schmelzen und Strom multipliziert. Daraus ergab sich der Energiebedarf einer Saison.

Der so simulierte Heizbedarf beläuft sich auf knapp 14'000 kWh pro bewirtete Saison und ist somit der grösste Energieposten. Weiter werden ca. 600 kWh zum Kochen, ca. 900 kWh zum Erwärmen von Wasser, ca. 600 kWh zum Schnee schmelzen und in etwa 1'600 kWh an elektrischer Energie benötigt. Mittels der Extremszenarios wurde die Heizleistung auf 4.11 kW und die elektrische Leistung auf 3.4 kW berechnet.

Um das bestehende Schimmelproblem in der Hütte zu entschärfen wird ein Solarlüfter empfohlen, welcher noch dazu den Heizbedarf um ca. 1500 kWh reduziert. Als weitere Komfortmassnahme wurde der Einsatz von Geschirrspüler und Trocknungsgerät, die Besten der jeweiligen Energieklasse, in die Berechnung einbezogen, da dies dem Wunsch des Hüttenwarts und dem heutigen Standard einer modernen SAC-Hütte entspricht. Aufgefallen ist die überdimensionierte Wasser-Förderpumpe welche in den Berechnungen durch eine effizientere, leistungsschwächere Pumpe ersetzt wurde.

Für die Deckung des Energiebedarfs wurden drei Varianten gerechnet. Die erste Variante beinhaltet als Kernstück ein pflanzenölbetriebenes BHKW, die zweite Variante besteht aus einem Mix von Holzherd, Photovoltaik-Anlage und Windturbine und die dritte Variante stellt sich aus einer Kombination von Holzherd, Photovoltaik-Anlage und Notstromaggregat zusammen. Die letzte Variante stellt die bis zum jetzigen Zeitpunkt vorgeschlagene Variante der Baukommission Planurahütte dar.

Zu jeder dieser drei Variante werden drei Untervarianten gerechnet. Jeweils eine ohne Geschirrspüler, eine ohne Geschirrspüler und ohne Secomat und als letzte eine Untervariante welche den Solarlüfter berücksichtigt. Dies ergibt insgesamt zwölf Kombinationen welche in einer Bewertungsmatrix hinsichtlich vier ökologischen, zwei ökonomischen und zwei Komfort-Faktoren bewertet wurden.

Am besten schneidet die Variante 2.1 ohne Geschirrspüler und die Variante 3.2 ohne Geschirrspüler und Secomat ab.

Als erste Variante, welche den Geschirrspüler und den Secomat beinhaltet, folgt die Variante 2.3. Sie ist eine Kombination aus einem Zentralheizungsherd, einer 10m<sup>2</sup> Photovoltaikanlage und einer 3 kW starken, neuartigen Windturbine. Dazu beinhaltet diese Variante den Solarlüfter, welche das vorhandene Schimmelproblem bekämpfen wird. Diese Variante weist die niedrigsten Betriebskosten aller Varianten auf, benötigt jedoch am meisten Investitionskosten. Auf 20 Jahre gerechnet schneidet diese Variante am günstigsten ab. Zurückzuführen ist dies auf den kleinsten Import an Treibstoffen welche mit dem Helikopter geflogen werden müssen.

Die Autoren dieses Berichtes empfehlen die Variante 2.3 als Energiekonzept der neuen Planurahütte 2012.

## Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage .....	6
1.1	Einleitung .....	6
1.2	Problemstellung .....	6
1.3	Besuchersimulation .....	8
1.3.1	Grundlagen .....	8
1.3.2	Szenarien Bildung .....	8
1.3.3	Simulation .....	9
1.4	Energiebedarf .....	12
1.4.1	Heizbedarf .....	12
1.4.2	Wasserbedarf .....	13
1.4.3	Kochen .....	14
1.4.4	Strom .....	15
1.4.5	Bedarfssimulation .....	16
1.5	Weiterführende Planungsansätze .....	18
1.5.1	Schimmel .....	18
1.5.2	Trocknungsraum .....	19
1.5.3	Geschirrspüler .....	19
1.5.4	Förderpumpe .....	19
1.5.5	Notstromgenerator .....	20
2	Variantenbildung .....	21
2.1	Variante 1/ BHWK .....	22
2.2	Variante 2/ Holz, Gas, Wind neu .....	25
2.3	Variante 3 / Holz, Gas, PV neu .....	28
2.4	Zusammenfassung Kosten .....	31
3	Bewertung .....	32
3.1	Kriterien .....	32

3.1.1	Primärenergiebedarf .....	32
3.1.2	CO <sub>2</sub> -Äquivalent .....	32
3.1.3	Ozonbildungspotential .....	32
3.1.4	Versauerung .....	32
3.1.5	Investitionskosten .....	32
3.1.6	Betriebskosten 20 Jahre .....	33
3.1.7	Systemzuverlässigkeit.....	33
3.1.8	Bedienkomfort.....	33
3.2	Bewertungsraster .....	33
3.3	Ergebnisse .....	33
4	Beschrieb der empfohlenen Anlage .....	36
5	Schlusswort .....	37
6	Literaturverzeichnis.....	38

# 1 Ausgangslage

## 1.1 Einleitung

Im Frühling / Sommer 2012 soll die auf 2'947 m ü. M. gelegene Planurahütte der Sektion Tödi des Schweizer Alpen Clubs SAC, umgebaut werden. Die 1929/30 erbaute Hütte genügt den heutigen Anforderungen bezüglich Hygiene, Brandschutz und Raumorganisation nicht mehr. (Rohrer 2011) Im Zusammenhang mit dieser umfassenden Renovation, soll auch das Energieversorgungskonzept der Hütte überdacht und heutigen Standards angepasst werden. Dazu sollten verschiedene Alternativen zur Energieversorgung unter Berücksichtigung der besonderen Ausgangslage und Randbedingungen dieser Berghütte aufgezeigt und auch bewertet werden. Es bietet die Chance ein zukunftsweisendes Konzept zu entwickeln, das auch in anderen Berghütten Anwendung finden kann.

Der vorliegende Bericht gibt Einblick in die Überlegungen, welche sich die Projektgruppe zu dieser Thematik machte. Diese führen schlussendlich zu einem konkreten Lösungsvorschlag für das zukünftige Energiekonzept, zuhanden der Baukommission des SAC Sektion Tödi.

## 1.2 Problemstellung

Als aller erstes soll festgehalten werden, dass Energieverbrauch, ganz allgemein, stark mit der menschlichen Nutzung und dessen Verhalten zusammenhängt. Daher war es von grosser Wichtigkeit, genauere Angaben zu den Besucherzahlen der Planurahütte zu erhalten. Dies erwies sich jedoch sogleich als Knackpunkt, denn die Anzahl der Übernachtungen (siehe Tabelle 1) wurden nur für die Zeiträume der bewirteten Monate (März bis Mai und Juli-September) erfasst und sind lediglich als Summen pro Jahr vorhanden. Da die Besucherzahlen sehr stark von der Witterung abhängig sind, erstaunt es nicht, dass die Zahlen in Tabelle 1 eine Differenz von bis zu 800 Übernachtungen von einem Jahr zum anderen aufweisen.

Bezüglich Energieversorgung einer Berghütte, gibt es ausserdem verschiedene Aspekte die sich stark von Projekten auf unserer Meereshöhe unterscheiden. Diese müssen bei der Planung mit einbezogen werden. So ist die Jahresmitteltemperatur (in der bewirteten Zeit) auf der relativ unwirtlichen Höhe von knapp 3000 m ü. M. nur gerade rund  $-1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Anon. 2011). Flüssiges Wasser ist in den Monaten März bis Mitte Mai natürlicherweise nicht vorhanden. Jegliches zum Verbrauch benötigte Wasser muss in dieser Zeit aus Schnee geschmolzen werden. Ebenfalls witterungsabhängig, erfahrungsgemäss jedoch erst ab Mitte Mai, setzen allmählich Niederschläge in Form von Regen ein und das Wasser kann in einer Zisterne gespeichert werden. (Rauner 2011) (mündliche Mitteilung).

Werden die oben genannten Fakten kombiniert, wird schnell deutlich, dass grosse Unsicherheiten vorhanden sind. Die beschriebenen Faktoren hängen schliesslich alle zusammen, denn mehr Übernachtungen bedeuten beispielsweise auch grösseren Wasserverbrauch usw.

Zusätzlich haben alle Faktoren einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch der Berghütte. Grundsätzlich kann diese Energie durch verschiedene Energieträger, wie Holz oder Gas, gedeckt werden, es ist aber zu erwähnen, dass diese Energieträger ausnahmslos per Helikopter zu der Hütte geflogen werden müssen. Es ist selbsterklärend, dass die Anzahl der Heli-Flüge, einen massiven Einfluss auf die Energiebilanz und weitere Bewertungskriterien hat.

Nebst der Problematik des Heizens und Kochens, ist noch das Thema der elektrischen Versorgung zu bewältigen. Zur lokalen Stromerzeugung kann sowohl die Sonne, als auch der Wind dienen. Es gilt eine sinnvolle Mischung aus Beidem zu finden und die Frage der Speicherung zu lösen.

Abgesehen von den energietechnischen Herausforderungen, hat sich die Projektgruppe zum Ziel gesetzt, das in der Planurahütte seit längerem bestehende Schimmelproblem zu lösen. Mehr dazu steht im Kapitel 1.5 Weiterführende Planungsansätze.

### 1.3 Besuchersimulation

Wie in der Kapiteleinleitung erwähnt, besteht eine der grossen Herausforderungen darin, die Besucherzahlen zu ermitteln. Dies ist unbedingt notwendig, da sie die Grundlage bilden um den Energiebedarf an allen Positionen zu bestimmen. Anhand dieses Bedarfs werden in der weiteren Projektentwicklung die Variantenbildung sowie die Variantenbewertung vorgenommen.

#### 1.3.1 Grundlagen

Als Grundlage für die Besuchersimulation, auf welche in diesem Kapitel eingegangen wird, haben lediglich die Besucherzahlen von 2005 bis 2010 (ohne 2006) gedient. Diese wurden vom Präsident des SAC Sektion Tödi, Beat Frefel, wie folgt angegeben: (2011) (mündliche Mitteilung)

<b>Übernachtungen</b>			
<b>Jahr</b>	<b>März-Mai</b>	<b>Juli-Sept</b>	<b>Total</b>
2010	417	605	1022
2009	640	1185	1825
2008	916	464	1380
2007	636	864	1500
2005	548	968	1516
∅	631	817	<b>1449</b>

**Tabelle 1: Übernachtungen in der Planurahütte pro Jahr**

Im weiteren Verlauf der Projektbearbeitung wurde von einer bewirteten Zeit von 180 Tagen ausgegangen. Dies wird in Zukunft für die Hütte der geplante, bewirtete Zeitraum sein. Systemauslegung und Bewertung beziehen sich also lediglich auf diese bewirtete Zeit.

#### 1.3.2 Szenarien Bildung

Der Energiebedarf in der Hütte ist stark abhängig von der momentanen Besucherzahl welche eng mit den vorherrschenden Wetterbedingungen in Verbindung steht. Um eine Abschätzung des Energiebedarfs durchzuführen wurden Szenarien gebildet welche sich vor allem in Bezug auf die Besucherzahlen unterscheiden. Die folgenden vier Szenarien bilden die Grundlage für die weiteren Berechnungen.

<b>Belegungsszenarios</b>			
<b>Szenario</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>Bemerkungen</b>
1	Leerzustand	0	Unbewirtet, Winter
2	Minimalbelegung	2	Hüttenwart
3	Durchschnittsbelegung	10	Durchschnitt, während der Bewirtung
4	Vollbelegung	43	100 Prozent Belegung

Tabelle 2: Diese Tabelle aus dem Excel zeigt die gebildeten Szenarien zur Energiebedarfsberechnung

Obwohl Szenario 1 für die Besuchersimulation keine Rolle spielt, da es während der bewirteten Zeit nicht vorkommt, wird es hier aufgeführt. Szenario 2 widerspiegelt die Situation ohne Besucher. Szenario 3 wird an einem schönen Tag unter der Woche erwartet und Szenario 4 an einem ebenso schönen Tag am Wochenende.

Weitere drei Szenarien wurden gebildet um die Dimensionierung via das Lastprofil der zu planenden Anlagen zu ermöglichen. Dabei wurden Extremsituationen gewählt welche die Konzeptionierung zu bewältigen hat. Als Grundlage dafür dienen die Szenarien 2 und 4 der Tabelle Belegungsszenarios. Im Unterschied zu den Belegungsszenarios wird hier noch das Wetter mit einbezogen.

<b>Maximalbelastung</b>					
<b>Szenario</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>Wetter</b>	<b>Zeitperiode in Tagen</b>	<b>in h</b>
5	Minimalbelegung extrem	2	schlecht	14	336
6	Vollbelegung extrem	43	schön	14	336
7	Vollbelegung extrem_2	43	schlecht	4	96

Tabelle 3: Diese Tabelle aus Excel zeigt die Maximalbelastungen zur Berechnung des Lastprofils

Szenario 5 beschreibt den Fall einer extrem schlechten Wetterperiode über 14 Tage, in welcher der Hüttenwart mit einem Gehilfen in der Hütte ausharrt. Szenario 6 dagegen ist eine extrem gute Wetterperiode die eine Vollbelegung über 14 Tage mit sich bringt. Diese 14 Tage wurden in Szenario 7 auf realistischere 4 Tage bei schlechtem Wetter reduziert.

### 1.3.3 Simulation

Die gebildeten Szenarien 1-4 bieten eine Grundlage um den momentanen Energiebedarf zu errechnen. Es gilt aber immer noch zu klären wie gross der Bedarf über die gesamte bewirtete Zeit von 180 Tagen sein wird. Um dies zu beantworten muss die Häufigkeit des Eintretens der jeweiligen Szenarien bekannt sein. Weil diese Häufigkeit aber eben nicht bestimmt werden kann, wird sie simuliert. Dabei hilft die Excel-Add-in Option @Risk. Die Szenarien 5-7 wurden bei dieser Simulation nicht berücksichtigt, da sie wie in Kapitel 1.3.2 beschrieben lediglich zur Dimensionierung und nicht zur Ermittlung des Energiebedarfs dienen.

Mit Hilfe von @Risk wurde den geschätzten Vorkommen der einzelnen Szenarien eine Wahrscheinlichkeit hinterlegt. So kann innert Kürze eine Berechnung von 10'000 Fällen durchgeführt werden. Als Verteilung wurde eine Pert-Verteilung gewählt, dieser liegt eine sogenannte Betaverteilung zugrunde (kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilung). Die Eingabe zur Berechnung beschränkt sich auf einen optimistischen (max), einen pessimistischen (min) und den wahrscheinlichsten Wert (most likely). Die einzelnen Vorkommen der Szenarien und deren Wahrscheinlichkeit werden nachfolgend beschrieben.

**Szenario 1 (Leerzustand):** Wie bereits erwähnt kommt dieses Szenario in der bewirteten Zeit nicht vor.

**Szenario 2 (Minimalbelegung):**

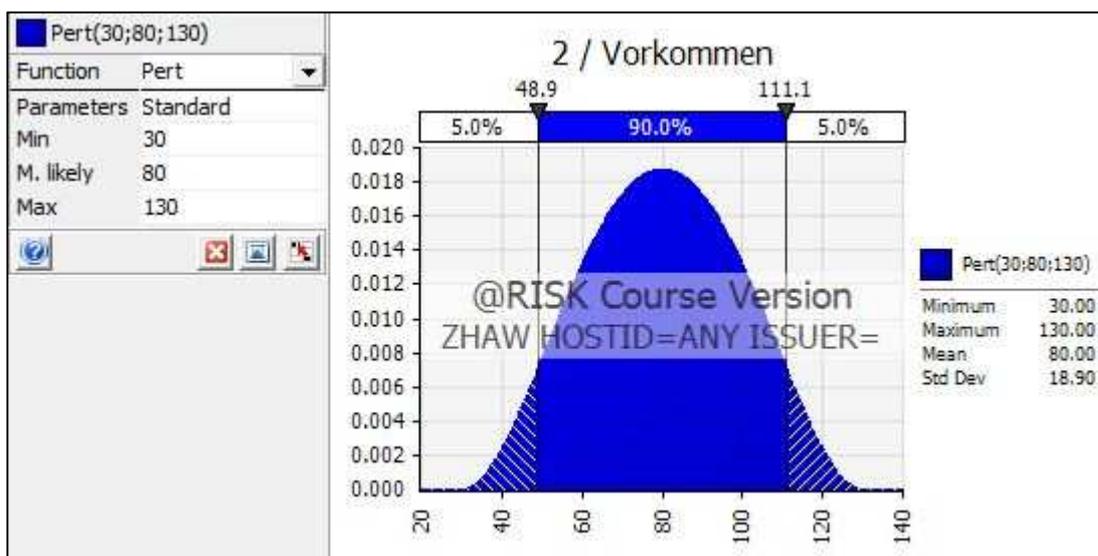
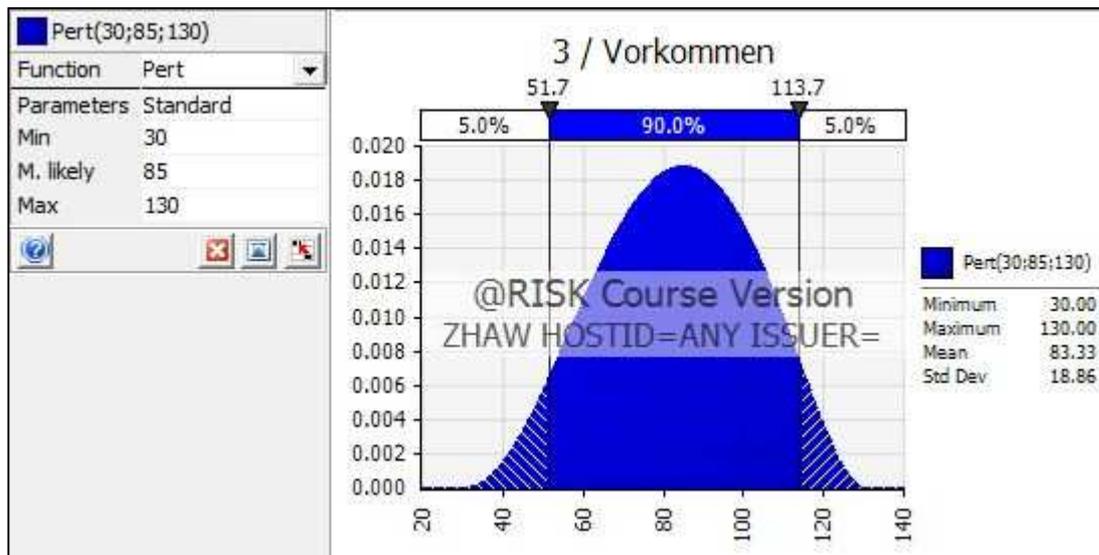


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsverteilung von Szenario 2

Die Annahme, dass das Szenario 2 mindestens 30-mal in 180 Tagen vorkommt beruht darauf, dass in einem sehr guten Jahr nur durchschnittlich einmal pro Woche niemand ausser dem Hüttenwart und seinem Gehilfen in der Hütte ist. Hingegen wird in einem schlechten Jahr davon ausgegangen, dass mindestens an den beiden Wochenendtagen eine durchschnittliche Belegung erreicht wird, also zirka 50-mal. Daraus resultiert ein Maximum von 130 Tagen.

**Szenario 3 (Durchschnittsbelegung):****Abbildung 2: Wahrscheinlichkeitsverteilung von Szenario 3**

Szenario 3 kommt mindestens 30-mal vor. Dies würde bedeuten, dass es jeweils zirka einmal pro Wochenende eine Durchschnittsbelegung gibt. Dies wäre in einem sehr schlechten Jahr der Fall. Geht man von einem sehr guten Jahr aus, so tritt dieses Szenario während eines halben Jahres jeden Tag unter der Woche ein, weil an den beiden Wochenendtagen jeweils eine Vollbelegung der Fall wäre, also zirka 50-mal. Daraus resultiert ein Maximum von 130 Tagen.

**Szenario 4 (Vollbelegung):** Gesamthaft kommen die Szenarien zwei, drei und vier 180-mal vor pro Jahr (bzw. Halbjahr), deshalb ergibt sich das Vorkommen von Szenario vier aus den Werten von Szenario zwei und drei, welche von 180 subtrahiert werden. So entsteht für Szenario vier ebenfalls eine Wahrscheinlichkeitsverteilung welche hier aber nicht abgebildet ist. Dessen durchschnittliches Vorkommen liegt bei zirka 17-mal pro Jahr.

## 1.4 Energiebedarf

Nach der Besuchersimulation in Kapitel 1.3 werden hier nun die Positionen des Energiebedarfs erläutert und berechnet. Der Energiebedarf wurde in diverse Positionen aufgeteilt, welche nachfolgend in den Unterkapiteln transparent gemacht werden. Die erhaltenen Werte dienen in der weiteren Konzeptentwicklung zur Variantenbildung und deren Bewertung.

### 1.4.1 Heizbedarf

Der Heizbedarf setzt sich zusammen aus dem Wärmeverlust des Gebäudes sowie den internen Gewinnen. Letzteres wird in der vorliegenden Empfehlung in Form der Abwärme von Besuchern mit einbezogen. Wodurch wiederum eine Abhängigkeit zu den Besucherzahlen entsteht.

Der Wärmebedarf seinerseits wurde unter Zuhilfenahme eines SIA-Berechnungstools ermittelt (Anon 2009). Dieses Tool berechnet mittels U-Werten den Wärmebedarf. Da das Tool nicht für SAC-Hütten auf knapp 3000M.ü.M. und für zeitweise Heizphase ausgelegt ist, mussten einige Kniffe angewandt werden. Mit den Meteodaten von MeteoSchweiz wurde die Jahresmitteltemperatur der Planurahütte während der bewirteten Phase berechnet (ca.  $-1.8^{\circ}$ ). Danach wurde eine Wetterstation gesucht, die in einem Monat dieselbe Mitteltemperatur hat. Die ausgewählte Station ist San Bernardino. Nach der Durchführung der Berechnung für diese Station wurde der Wert des Monats März auf die gesamte bewirtete Zeit hochgerechnet. Die Flächen und Ausrichtungen für die Wände und Fenster wurden aus den Plänen gemessen. Die U-Werte stellte das Architekturbüro Aschmann und Ruedge zur Verfügung. (2011) (mündliche Mitteilung) Für unbekannte U-Werte wie Türen wurden Werte aus der Literatur verwendet.

In Kapitel 1.4.5 Bedarfssimulation werden die Werte der Spalte „Heizbedarf“ (siehe Tabelle 4) weiterverwendet. Ihnen wird jedoch für die Berechnung wie in Kapitel 1.3.3 Simulation eine Wahrscheinlichkeit hinterlegt um mögliche Abweichungen der errechneten Werte bestmöglich zu korrigieren.

Heizbedarf						
Wärmeverlust (kW)	4.25					
aus SIA-Berechnung						
Szenario	Wärmeverlust (kW)	Anzahl Personen	Wärmegewinn Personen (W)	Wärmegewinn tot (W)	Heizbedarf (kW)	
1	4.25	0	70	0	4.25	
2	4.25	2	70	140	4.11	
3	4.25	10	70	700	3.55	
4	4.25	43	70	3010	1.24	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     12h vom Tag sind 43 Personen in der Hütte, 12h sind es nur 2.                 </div>						
Szenario	Bezeichnung	Anzahl Personen	Wetter	Zeitperiode (d)	Leistung (kW)	Energie über die Zeitperiode in kWh
5	Minimalbelegung extrem	2	schlecht	14	4.11	1380.96
6	Vollbelegung extrem	43	schön	14	2.675	898.8
7	Vollbelegung extrem_2	43	schlecht	4	1.24	119.04
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">                     Sind immer in der Hütte                 </div>						

Tabelle 4: Heizbedarf für die jeweiligen Szenarien

Die Werte von Szenario 5 bis 7, welche den Energiebedarf zeigen, lassen ein Verständnis für die benötigten Energiemengen entstehen. Sie werden in nachfolgenden Kapiteln wie der Variantenbildung zur Dimensionierung dienen.

### 1.4.2 Wasserbedarf

Dieses Kapitel befasst sich mit der Energie, welche für die Wasserversorgung eingesetzt wird. Ge-rechnet werden die Aufwände für das Schmelzen sowie das Abkochen der Wassermengen. In Kapitel 2 Variantenbildung werden diese Zahlen wieder eingesetzt. Zu beachten ist dabei, dass in der Varian-tenbildung die Energiemengen noch angepasst werden. Dies, weil beispielsweise nicht die komplet-ten Trinkwassermengen aus Schnee geschmolzen werden müssen.

Um die nötigen Energiemengen zu berechnen gilt es vorerst zu bestimmen, welche Wassermengen zu bewältigen sind. Die Wassermengen variieren je nach Besucherzahl. In der folgenden Tabelle wird dies in den jeweiligen Szenarien widerspiegelt.

Energiebedarf für das Schmelzen und Abkochen von Wasser							
Szenario	Bezeichnung	Bedarfskategorie	Wasserbedarf in (l/d)	Energiebedarf, schmelzen (kJ)	Energiebedarf, abkochen (kJ)		
1	Leerzustand	-	0	0	0		
2	Minimalbelegung	Trinkwasser	4	1356	1504.8		
		Kochwasser	3	1017	1128.6		
		Abwaschwasser	10	3390	1254		
		Körperpflege	2	678	83.6		
		<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>6441</b>	<b>3971</b>		
3	Durchschnittsbelegung	Trinkwasser	20	6780	7524		
		Kochwasser	10	3390	3762		
		Abwaschwasser	20	6780	2508		
		Körperpflege	10	3390	418		
		<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>20340</b>	<b>14212</b>		
4	Vollbelegung	Trinkwasser	86	29154	32353.2		
		Kochwasser	30	10170	11286		
		Abwaschwasser	40	13560	5016		
		Körperpflege	43	14577	1797.4		
		<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>67461</b>	<b>50452.6</b>		
Zeitperiode Energiebedarf während der Zeitperiode (kWh)							
5	Minimalbelegung extrem	Trinkwasser	4	1356	1504.8	14	11.13
		Kochwasser	3	1017	1128.6	14	8.34
		Abwaschwasser	10	3390	1254	14	18.06
		Körperpflege	2	678	83.6	14	2.96
		<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>6441</b>	<b>3971</b>	<b>14</b>	<b>40.49</b>
6	Vollbelegung extrem	Trinkwasser	86	29154	32353.2	14	239.19
		Kochwasser	30	10170	11286	14	83.44
		Abwaschwasser	40	13560	5016	14	72.24
		Körperpflege	43	14577	1797.4	14	63.68
		<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>67461</b>	<b>50452.6</b>	<b>14</b>	<b>458.55</b>
7	Vollbelegung extrem_2	Trinkwasser	129	43731	48529.8	4	102.51
		Kochwasser	30	10170	11286	4	23.84
		Abwaschwasser	40	13560	5016	4	20.64
		Körperpflege	43	14577	1797.4	4	18.19
		<b>Total</b>	<b>242</b>	<b>82038</b>	<b>66629.2</b>	<b>4</b>	<b>165.19</b>

Tabelle 5: Wasserbedarf, je nach Szenario mit den für die Bereitstellung nötigen Energiemengen

Der Wasserbedarf wird in die Kategorien Trinkwasser, Kochwasser, Abwaschwasser und Körperpflege eingeteilt. Die Zahlen beruhen auf Annahmen, welche sich auf Bedarfsberechnungen aus der Praxis und Angaben des Hüttenwartes, Rauner, 2011 (mündliche Mitteilung) beziehen. Weitere Angaben zu den enthaltenen Berechnungen sind im Anhang A zu finden.

### 1.4.3 Kochen

In der Planurahütte wird bis heute ausschliesslich mit Gas gekocht, wenn man das Schmelzen und Aufkochen von Teewasser nicht dazu zählt. Dies wird sich auch in Zukunft nicht ändern, weil sich das Kochen mit Holz schwierig gestaltet. Auf andere Energiequellen wird keine Rücksicht genommen.

Zur Berechnung der nötigen Energiemengen wurde wiederum Bezug auf die erstellten Szenarien genommen. Generell wurde hier ein pro Kopf Energieverbrauch von 0.3 kWh zum Kochen pro Tag angenommen ([www.energieverbraucherportal.de](http://www.energieverbraucherportal.de)). Dies ist eine eher pessimistische Annahme, zumal das Aufkochen und Bereitstellen von Trink- und Kochwasser bereits in der Position Wasserbedarf integriert ist (siehe Kapitel 1.4.2 Wasserbedarf).

Herdbetrieb					
Szenario	Bezeichnung	Personen	Energieverbrauch (kWh/d)		
1	Leerzustand	0	0		
2	Minimalbelegung	2	0.6		
3	Durchschnittsbelegung	10	3		
4	Vollbelegung	43	12.9		
Wetter Zeitperiode in h Energieverbrauch über Zeitperiode (kWh)					
5	Minimalbelegung extrem	2	0.6 schlecht	14 336	201.6
6	Vollbelegung extrem	43	12.9 schön	14 336	4334.4
7	Vollbelegung extrem_2	43	12.9 schlecht	4 96	1238.4

Tabelle 6: Energiebedarf zum Kochen

Die Berechnung zeigt besonders bei den Szenarien 5 bis 7, welchen grossen Einfluss die Kochenergie hat wenn viele Leute anwesend sind und wie gross die entsprechenden Lagerbestände sein müssen.

### 1.4.4 Strom

Zur Ermittlung des Strombedarfs wurden zunächst alle Strombezüger mit deren Leistung in einer Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle wurde mit den zu erwarteten Betriebsstunden ergänzt und mit den Szenarien in Verbindung gebracht. Das Resultat ist ein Strombedarf für jedes der erstellten Szenarien.

Strombedarf	Stk	Watt	Stk * Leistung	Betriebsdauer h	Verbrauch Wh/d	Anzahl in Betrieb				Betriebsdauer h				Szenario	1		2		3		4	
						1	2	3	4	1	2	3	4		Einheit	W	Wh/d	W	Wh/d	W	Wh/d	W
<b>Beleuchtung</b>																						
EG	18	14	252	8	2016	0	4	12	18	0	8	8	8	0	0	56	448	168	1344	252	2016	
OG	10	11	110	5	550	0	0	5	10	0	5	5	5	0	0	0	0	55	275	110	550	
WC, Aussenlicht	4	11	44	3	132	0	4	4	4	0	3	3	3	0	0	44	132	44	132	44	132	
<b>Technik</b>																						
Telefonanlage standby	1	7	7	24	168	1	1	1	1	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	
Telefonanlage Link ein	1	20	20	2	40	0	1	1	1	0	1	2	2	0	0	20	20	20	40	20	40	
Radio	1	12	12	12	144	0	1	1	1	0	12	12	12	0	0	12	144	12	144	12	144	
Umwältpumpe	1	40	40	5	200	0	1	1	1	0	5	5	5	0	0	40	200	40	200	40	200	
Dampfzug	1	260	260	3	780	0	1	1	1	0	1	3	3	0	0	260	260	260	780	260	780	
Tiefgefriertruhe 430lt	1	30	30	24	720	0	1	1	1	0	24	24	24	0	0	30	720	30	720	30	720	
UV Anlage Wasserentkeimung	0	60	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	60	60	60	60	60	60	
Küchenmaschine	1	600	600	0.1	60	0	1	1	1	0	0.1	0.2	0.3	0	0	600	60	600	120	600	180	
Kühlschrank 220lt	1	30	30	24	720	0	1	1	1	0	24	24	24	0	0	30	720	30	720	30	720	
Förderpumpe Brauchwasser	1	200	200	0.5	100	0	1	1	1	0	0.3	0.5	0.5	0	0	200	60	200	100	300	100	
Lüftung	1	0	0	2	0	0	1	1	1	1	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totalverbrauch Technik und Beleuchtung																						
1605																						
5630																						
<b>Zusatzoptionen</b>																						
Secomat (SecoTec 1600)	1	770	770	6	4620	0	0	0	0	0	3	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tankbeheizung Brauchwasser	0	500	0		0	0	0	0	0	0	1	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Geschirrspülautomat Hobart FX-70N	0	1000	0	0.05	0.0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total																						
7 168 1359 2992 1526 4803 980 3810																						

Tabelle 7: Berechnungen zum Strombedarf mit den in der Hütte installierten Geräten

Der Strombedarf des jeweiligen Szenarios wird in Kapitel 1.4.5 Bedarfssimulation weiterverwendet. In der Tabelle ist ausserdem der Verbrauch der Brauchwasserförderpumpe markiert. Diese beeinflusst die Leistungsspitzen massgeblich und sollte ersetzt werden. Mehr dazu unter Kapitel 1.5.4 Förderpumpe Planungsansätze.

In einem weiteren Schritt wurden die Szenarien 5 bis 7 mit einbezogen. Die Resultate dienen im Wesentlichen dazu, bei der Variantenbildung die Dimensionierung der Stromgewinnung zu sichern.

<b>Strombedarf</b>	
<b>Szenario 5</b>	
max. Leistung kW	3.1
Energie kWh über 14d	74.2
<b>Szenario 6</b>	
max. Leistung kW	3.4
Energie kWh über 14d	174.6
<b>Szenario 7</b>	
max. Leistung kW	3.4
Energie kWh über 4d	49.9

Tabelle 8: Angabe des Strombedarfs in den erstellten Extremfällen

Besonders auffällig ist hier der relativ grosse Unterschied zwischen Szenario 5 und 6 im Energieverbrauch. Dies ist auf den Secomat zurückzuführen, welcher erheblich mehr Betriebsstunden aufweist wenn viele Gäste in der Hütte sind.

**1.4.5 Bedarfssimulation**

Als Zusammenfassung der vorhergegangenen Positionen wird hier die Bedarfssimulation aufgezeigt. Die Besuchersimulation wird hier mit den verschiedenen Positionen des Energiebedarfs in Verbindung gebracht. Dies geschieht wie bereits bei der Besuchersimulation mit Hilfe des Excel Tools

<b>Energiebedarfssimulation</b>										
Szenario	Vorkommen	Personen	Übernachtungen	Heizbedarf (kW)	Zeit (h)	Heizbedarf (kWh)	Warmwasserbedarf (kWh)	Schneesmelze (kWh)	Kochen (kWh)	Strom (kWh)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
2	80.00	2.00	160.00	4.11	1920	7891	88	67	48	464
3	83.33	10.00	833.33	3.55	2000	4112	329	221	250	819
4	16.67	43.00	716.67	1.24	400	823	234	147	215	210
<b>Total</b>	<b>180.00</b>		<b>1710</b>			<b>12826</b>	<b>651</b>	<b>435</b>	<b>513</b>	<b>1492</b>
Zielwert	180		1860		80%	13783	921	599	607	1616

Tabelle 9: Bedarfssimulation erstellt mit Hilfe des Excel Tools @Risk

Die Tabelle mit den hinterlegten Wahrscheinlichkeiten wurde mit den Tabellen der verschiedenen Energiebedarfspositionen verknüpft. So ergeben sich für das unterschiedliche Auftreten der Szenarien unterschiedliche Bedarfe. Diese Möglichkeiten an Vorkommen für die Szenarien wurde 10'000 Mal durchgerechnet. Die Zahlen, welche in den Resultat-Outputzellen stehen, sind jeweils die Durchschnittswerte. In der schwarz hinterlegten Zeile stehen die Durchschnittswerte für den Totalbedarf über 180 Tage.

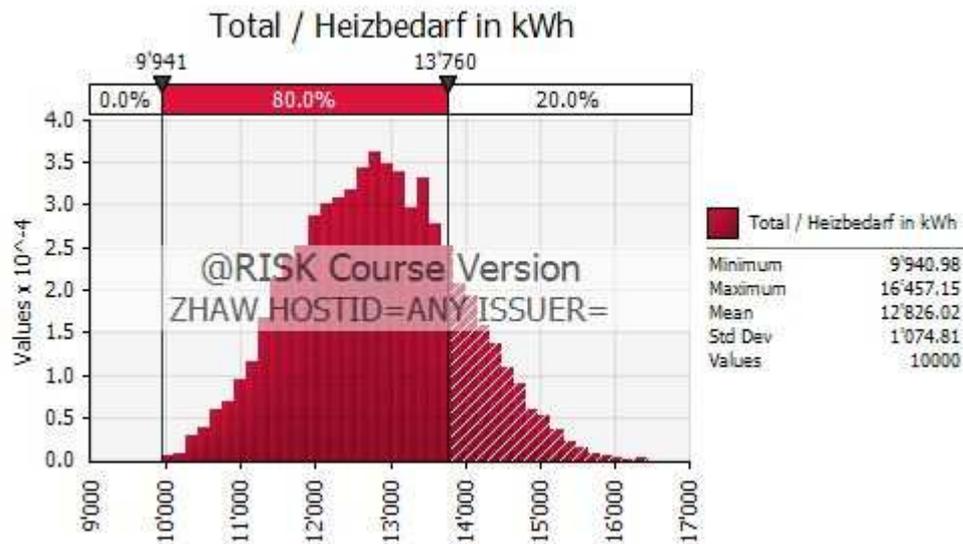


Abbildung 3: Diagramm des wahrscheinlichen Heizenergiebedarfs

Für die Weiterverwendung des Heizbedarfs in der Variantenbildung wird nicht der Durchschnittswert gewählt. Um eine möglichst hohe Abdeckung zu garantieren wurde der Zielwert von 80% der Fälle gewählt. Wie in Abbildung 3 gezeigt, liegt dieser über dem Durchschnitt. Dieses Vorgehen wurde für alle Positionen des Energiebedarfs gleichermassen durchgeführt. Die Diagramme dafür sind in Anhang A zu finden.

## 1.5 Weiterführende Planungsansätze

Je nach Variante (siehe Kapitel 2 Variantenbildung) werden verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Auswirkungen auf Energieverbrauch und Komfort in der Hütte mit einbezogen oder weggelassen. Unten ist eine Übersicht über diese Geräte und deren Eigenschaften, im Anhang B (Geräte) befinden sich zusätzlich noch Datenblätter und entsprechende Internet-Links.

### 1.5.1 Schimmel

Wie im Kapitel 1.2 Problemstellung bereits erwähnt, war es ein erklärtes Ziel die Schimmelproblematik der Planurahütte zu bewältigen, oder zumindest einen praktikablen Lösungsansatz zu liefern. Hierzu schlägt die Projektgruppe den Einbau von Solarluftkollektoren der Firma Grammer Solar GmbH vor. Es wurde die Installation von insgesamt  $6.5 \text{ m}^2$  Solarluftkollektoren geprüft. Aufgeteilt in die Produkte TwinSolar 4.5 Compact, montiert auf der SW-Fassade und TwinSolar 2.0, montiert auf der SO-Fassade. Da es keine genau nach Süden ausgerichtete Fassade gibt, ist dies die bestmögliche Verteilung. Mit dieser Fläche liesse sich in der bewirteten Zeit rund  $1'500 \text{ kWh}$  (rund  $3'000 \text{ kWh}$  pro Jahr, gemäss eigener Berechnung, orientiert an Ettl, 2011) Heizenergie erzeugen und somit Primärenergieträger einsparen. Der eigentliche Vorteil dieser Installation liegt aber darin, dass der Solarluftkollektor das ganze Jahr hindurch absolut autark funktioniert. Mit Hilfe eines kleinen Photovoltaikmoduls wird bei genügender Sonneneinstrahlung der Ventilator in Gang gesetzt und die über den Rippenabsorber erwärmte Luft in die Innenräume eingeblasen. Dadurch findet auch in der nicht bewirteten Zeit ein Luftaustausch statt. Um den Schimmel definitiv und für immer los zu werden, muss aber während der bewirteten Zeit die feuchte Luft, welche insbesondere beim Kochen entsteht, zwingend durch einen Dampfzug abgeführt werden. Die Solarluftkollektoren bringen durch den Effekt des Luftaustausches jedoch bereits eine deutliche Verbesserung gegenüber der jetzigen Situation.

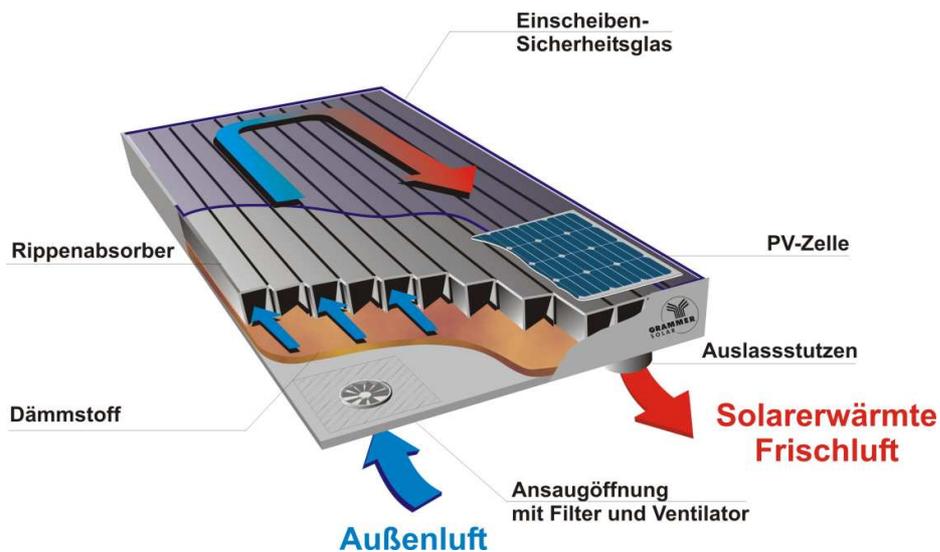


Abbildung 4: Funktionsweise von TwinSolar (Quelle: Grammer Solar GmbH)

### 1.5.2 Trocknungsraum

Die Planurahütte verfügt über einen Trocknungsraum, dieser wird auch nach dem Umbau bestehen bleiben. Zum heutigen Standard gehört eine moderne Trocknungsanlage (in folgenden Kapiteln als "Secomat" bezeichnet). Im Trocknungsraum soll ein Trocknungsgerät SecoTec 1600 der Firma Zigerlig Bautrocknung AG mit einer Leistung von 770W installiert werden. Obwohl das Produkt zur Energieeffizienzklasse A1 gehört, wirkt sich der Betrieb dieses Geräts natürlich sehr stark auf den Energieverbrauch aus. Da es für die Hütte aber eine grosse Komfortzunahme bedeutet, wurde die Option von der Projektgruppe geprüft.

### 1.5.3 Geschirrspüler

Ebenfalls eine deutliche Komfortzunahme, insbesondere für den Hüttenwart, ist die Installation eines Geschirrspülers. Vorgeschlagen wird die Spülmaschine FX 70-N der Firma Hobart GmbH, welche auch in Gastronomiebetrieben zum Einsatz kommt. Auch dieses Gerät hat einen erheblichen Einfluss auf den Stromverbrauch, dieser kann jedoch sehr gering gehalten werden, wenn das Wasser bereits vorgewärmt in die Maschine gelangt, beispielsweise aus einem zentralen Boiler. Der Wasserverbrauch ist dagegen äusserst gering und beträgt pro Spülgang gerade mal 2.5 Liter.

### 1.5.4 Förderpumpe

Das in den Monaten mit Niederschlag in der Zisterne gesammelte Brauchwasser muss mittels einer Förderpumpe in einen zentralen Tank in der Hütte gepumpt werden. Die Einsatzhäufigkeit und –dauer hängen aber wiederum stark von der Anzahl Besucher ab. Die heute vorhandene Pumpe hat eine Leistung von 1.2 kW und ist deutlich überdimensioniert für die vorgesehene Verwendung.

Für die Berechnungen wurde deshalb eine Pumpe mit einer wesentlich geringeren Leistung (ca. 200 W) eingesetzt. Eingesetzt werden kann die Pumpe A401KW von Biral. Diese Pumpe ist explizit für den Kaltwasser-Einsatz gebaut und kann Wasser bis zu einer Höhe von 10 Metern pumpen.

#### **1.5.5 Notstromgenerator**

Jedes Energiekonzept für die Planurahütte ist schlussendlich doch vom Wetter abhängig, darum soll nicht auf einen Notstromgenerator verzichtet werden. Es wird jedoch die Beschaffung eines neuen, effizienteren Geräts empfohlen. Beispielsweise KDE6700TA3 der Firma Kipor.

## 2 Variantenbildung

### Ziel

Möglichst wenig Energie zu verbrauchen und wenn möglich, diese aus lokalen, erneuerbaren Energieträgern zu gewinnen ist das Ziel dieses Energiekonzeptes.

Die benötigten Energieformen (Elektrizität und Wärme) lassen sich mit verschiedenen Technologien erzeugen und haben unterschiedliche Auswirkungen hinsichtlich Umweltbelastung, Kosten und Komfort. Angestrebt wird ein Konzept, welches anhand dieser Kriterien am besten abschneidet.

### Vorgehen

Im folgenden Abschnitt werden drei Varianten vorgestellt, mit welchen der benötigte Energiebedarf bereitgestellt werden kann und es wird beschrieben warum diese ausgewählt wurden.

Zu jeder Variante wird der Einfluss von Geschirrspüler und Secomat berechnet, zwei Geräte welche den Komfort für Hüttenwart und Gäste beträchtlich steigern können. Es wird ersichtlich wie viel zusätzlicher Energieaufwand für den Betrieb dieser zwei Geräte erforderlich ist und welche Treibstoffmengen dafür aufzuwenden sind.

Weiter wird zu den Varianten die Einsparung bei Verwendung eines Solarluftkollektors (siehe Kapitel 1.5.1 Schimmel) aufgezeigt.

Im anschliessenden Kapitel Bewertung werden die drei Varianten hinsichtlich Umweltauswirkung, Kosten und Komfort miteinander verglichen. Dabei gibt es zu den drei Varianten jeweils drei Untervarianten:

<b>Untervariante X.1</b>	ohne Geschirrspüler
<b>Untervariante X.2</b>	ohne Geschirrspüler, ohne Secomat
<b>Untervariante X.3</b>	mit Solarlüftung

**Tabelle 10:** Die drei Untervarianten jeder Variante, welche im Bewertungsraster ausgewertet werden

### Energiebedarf

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, gilt es die Energie fürs Heizen, Kochen, Schneeschmelzen und den Betrieb von elektrischen Geräten bereitzustellen. Die Energiemengen und die Leistungsspitzen wurden im vorangehenden Kapitel Energiebedarf berechnet und beziehen sich auf den Zeitraum in der die Hütte bewirtet wird.

Heizen	13'783 kWh
Kochen	607 kWh
Warm Wasser	921 kWh
Schnee schmelzen	599 kWh
Strom	1562 kWh

Tabelle 11: Simulierter Energieverbrauch der Planurahütte während der bewirteten Zeit eines Jahres

<b>Szenario 5</b>	
max. Leistung	3.1 kW
<b>Szenario 6</b>	
max. Leistung	3.4 kW
<b>Szenario 7</b>	
max. Leistung	3.4 kW

Tabelle 12: Elektrische Leistungsspitzen der Planurahütte bei simulierten Extrem-Szenarien

## 2.1 Variante 1/ BHKW

In der Variante 1 wird die benötigte Energie durch ein BHKW (Block-Heiz-Kraftwerk) und einen Gas-herd erzeugt. Das BHKW erzeugt gleichzeitig Strom und Wärme. Es kann im Gegensatz zu Wind und PV (Photovoltaik) das ganze Jahr und witterungsunabhängig Strom liefern. Auf der Planurahütte besteht in der bewirteten Zeit dauernd ein Heizbedarf und so müsste keine Heizenergie ungenutzt abgelassen werden. (Dies ist ein Problem bei der Leglerhütte, welche auch mit einem BHKW betrieben wird.) Das gewählte BHKW wird mit Pflanzenöl betrieben. Pflanzenöl ist ein erneuerbarer Brennstoff und kann regional produziert werden.

### Systemerklärung

Die thermische Energie des BHKW erwärmt einen zentralen Wasserboiler. Dieser Wasserboiler dient als Energiespeicher und Wärmequelle für die geplante Sockelleistenheizung und als Warmwasserlieferant für den allenfalls geplanten Geschirrspüler. Ein Geschirrspüler mit einem Warmwasseranschluss zu versehen erspart eine grosse Anschlussleistung. In diesem Fall mit dem Hobart FX70-N, ergäbe sich eine Reduktion von 3.6 kW auf 1 kW Anschlussleistung.

Die elektrische Energie des BHKW's lädt eine Batterie, von welcher aus die restlichen elektrischen Geräte versorgt werden. Ist die Batterie zu 100% geladen, so wird der Strom entweder zur Wassererwärmung des Boilers oder zum Schmelzen von Schnee verwendet. Es ist zu beachten, dass das BHKW ungefähr 60% der Zeit läuft, nur um den Heizbedarf zu decken! Gekocht wird bei dieser Variante mit Gas.

Was muss gedeckt werden?	Energiebedarf	Wie wird es gedeckt?	benötigter Treibstoff	Einsparungen		
Heizen	13783 kWh	Abwärme BHKW	1224 l Pflanzenöl	Solarlüftung	210 l Pflanzenöl	
Kochen	607 kWh	Durch Gasherd	146 kg Gas			
Warmwasser	921 kWh			221		
Strom	1562 kWh	Strom BHKW	1008 l Pflanzenöl			
Schnee schmelzen	599 kWh					
ohne GS	1530 kWh				ohne GS	4 l Pflanzenöl
ohne GS+Seco	788 kWh				ohne GS+Seco	108 l Pflanzenöl

Abbildung 5: Zusammenfassung der Variante 1 (BHKW)

**Kostenzusammenstellung für die Variante 1**

		CHF
	<b>Boiler</b>	<b>1'126</b>
	<b>Brauchwasserpumpe</b>	<b>1'919</b>
	<b>BHKW</b>	<b>28'768</b>
<b>Optional</b>	Solarlüftung	9'160
	Secomat	2'410
	Geschirrspülautomat	7'300

Tabelle 13: Kostenzusammenstellung der verwendeten Geräte in Variante 1 (BHKW)

Das vorgesehene BHKW hat eine elektrische Leistung von 6 kW und eine thermische Leistung von 14 kW. Das Datenblatt befindet sich im Anhang B (Geräte).

Bedarf von Pflanzenöl				
1. BHKW läuft um den benötigten Strom herzustellen				
2. BHKW läuft um die benötigte Heizenergie herzustellen. Dabei wird der produzierte Strom direkt in Heizenergie umgewandelt				
für Strom		ohne GS	ohneGS+Secomat	
Bedarf (Strom+Schnee schmelzen)	2161 kWh	2129	1387	
Deckung durch BHKW	2161 kWh	2129	1387	
benötigte Betriebsdauer für Strom	360 h	355	231	
benötigter Pflanzenölverbrauch für Strom	1008 l	994	647	
für Heizen				
Bedarf	13783 kWh	13783	13783	
durch BHKW während Stromproduktion gedeckt	5042 kWh	4968	3236	
Deckung Heizenergie durch BHKW	8741 kWh	8815	10547	
benötigte Betriebsdauer für Heizen	437 h	441	527	
benötigter Pflanzenölverbrauch für Heizen	1224 l	1234	1477	
Pflanzenölverbrauch Strom+Heizen	2232 l	2228	2124	
Einsparung durch SL				
Heizbeitrag	1500 kWh			
eingesparte BHKW Stunden	75 h			
eingespartes Pflanzenöl	210 l			

Abbildung 6: Berechnungsschritte zur Variante BHKW im Energiekonzept für die Planurahütte

**AUFWAND**

- ➔ Das BHKW läuft ca. 800h pro Jahr und verbraucht 2232 Liter Pflanzenöl.
- ➔ Für die Wassererwärmung und das Kochen werden 367 kg Propangas gebraucht.

**EINSPARUNG**

- ➔ Mit der Installation einer Solarlüftung könnten 210 Liter Pflanzenöl eingespart werden.
- ➔ Ohne Secomat und Geschirrspüler könnten weitere 108 Liter Pflanzenöl eingespart werden

## 2.2 Variante 2/ Holz, Gas, Wind neu

In der Variante 2 wird der Strombedarf durch die neu geplante PV-Anlage, sowie einem neuen vertikalen Windrad abgedeckt. Falls kein Wind bläst und auch keine Sonne scheint sowie die Batterie leer ist, kommt ein Notstromaggregat zum Einsatz. Diese Kombination wird allerdings als sehr unwahrscheinlich angesehen und es fließen keine Notstromaggregat-Kilowattstunden in die Berechnung ein.

Die Heizung würde über einen Holz-Zentralheizungsherd in der Küche und Sockelleistenheizungen, in den zu beheizenden Räumen, gestaltet werden. Auf dem Zentralheizungsherd würde in Zukunft das Wasser abgekocht werden. Für das Kochen an sich dient wiederum der Gasherd.

### Systemerklärung

Das Windrad ev300 der Firma Envergate würde 1790 kWh in den Monaten März bis September liefern (Berechnung mit Excel-Tool von M. Märki), die geplante PV-Anlage 731 kWh (Schoch 2011). Damit würde neben dem allgemeinen Strombedarf und dem Energieaufwand für Schneeschmelzen noch Elektrizität übrig bleiben um den Wasserboiler zu erwärmen. Dies spart Feuerholz ein.

Das Schmelzen von Schnee würde in einem sogenannten Solartrichter passieren. Dieser Trichter ist in der Aussenhülle mit einem elektrischen Heizwiderstand ausgerüstet und wird mit Schnee gefüllt. Falls nun eine Stromüberproduktion vorliegt, würde der Solartrichter eingeschaltet werden und der Schnee beginnt zu schmelzen. (z.B. in einer windigen Nacht, wenn die Batterien vollgeladen sind.)

Der Zentralheizungsherd wird mit Stückholz beschickt und erwärmt über einen Wasser-Wärmetauscher-Kreislauf einen Wasserboiler. Der Boiler ist auch über einen elektrischen Heizstab einsatz erwärmbar. Die Wärmeverteilung erfolgt wie bereits in der Variante 1 über eine Sockelleistenheizung.

Was muss gedeckt werden?	Energiebedarf	wie wird es gedeckt?	benötigter Treibstoff	Einsparungen	
Heizen	13783 kWh	Vorwiegend Holzherd (Tiba), Überschussstrom von Windneu und PVneu Holzherd (Tiba)	3586 kg Holz	Solarlüftung	375 kg Holz
Warmwasser	921 kWh				
Kochen	607 kWh	Durch Gasherd	146 kg Propan		
Strom	1562 kWh	neues Windrad + PV-neu			
Schnee schmelzen	599 kWh				
ohne GS	1530 kWh			ohne GS	8 kg Holz
ohne GS+Seco	788 kWh			ohne GS+Seco	194 kg Holz

Abbildung 7: Zusammenfassung der Variante 2 (Holz, Gas, Wind neu)

**Kostenzusammenstellung für die Variante 2**

		CHF
	<b>Holzherd</b>	9'655
	<b>Boiler</b>	1'126
	<b>Brauchwasserpumpe</b>	1'919
	<b>Wind neu</b>	21'925
	<b>PV neu</b>	20'000
	<b>Notstromaggregat</b>	2'590
	<b>Solartrichter</b>	2'000
<b>Optional</b>	Solarlüftung	9'160
	Secomat	2'410
	Geschirrspülautomat	7'300

Tabelle 14: Kostenzusammenstellung der verwendeten Geräte in Variante 2 (Holz, Gas, Wind neu)

Das Windrad der Firma Envergate hat eine Nennleistung von 3kW. Ein Datenblatt dazu ist im Anhang B (Geräte) zu finden.

Benötigtes Holz für Heizen				
1. Wieviel Stromüberschuss bleibt fürs heizen?				
2. Wieviel Holz wird benötigt für WW+heizen?				
Stromüberschuss für heizen				
			ohne GS	ohneGS+Secomat
Liefermenge Wind + PV-neu	2521	kwh	2521	2521
Strom + Schnee schmelzen	2161	kWh	2129	1387
Stromüberschuss	360	kWh	392	1134
Benötigtes Holz				
Verbrauch Heizung +WW	14704	kWh	14704	14704
gedeckt durch Stromüberschuss	360	kWh	392	1134
Deckung durch Holz	14344	kWh	14312	13570
Benötigte Holzmenge	3586	kg	3578	3393
eingespartes Holz durch Solarlüftung				
Heizbeitrag	1500	kWh		
Eingesparte Holzmenge	375	kg		

Abbildung 8: Berechnungsschritte zur Variante Holz, Gas, Wind-neu im Energiekonzept für die Planurahütte

**AUFWAND**

- ➔ Der Zentralheizungsherd benötigt 3586 kg Holz für Warm-Wasser und Heizung.
- ➔ Für die Wassererwärmung und das Kochen werden 146 kg Propangas gebraucht.

**EINSPARUNG**

- ➔ Mit der Installation einer Solarlüftung könnten 375kg Holz eingespart werden.
- ➔ Ohne Secomat und Geschirrspüler könnten weitere 194kg Holz eingespart werden.

### **2.3 Variante 3 / Holz, Gas, PV neu**

In der Variante 3 wird die Energiesituation so abgebildet, wie sie in etwa von der Baukommission des SAC Sektion Tödi geplant wird. Die Variante 3 soll als Referenz dienen um die Unterschiede zu Variante 1 und 2 ersichtlich zu machen.

In dieser Version wird der Strombedarf durch die neu geplante PV-Anlage und ein Notstromaggregat geliefert. Das Heizen und Schneeschmelzen wird wie bisher mit Holz geschehen. Kochen und Wasser erwärmen geschieht wie bisher per Gasherd.

#### **Systemerklärung**

Die Heizung bildet ein mit Stückholz beschickter Zentralheizungsherd in der Küche. Wie in der Variante 2 wird auch hier ein Wasserboiler als Wärmespeicher fungieren. An den Boiler ist eine Sockelleistenheizung angeschlossen um die Wärme in die Räumlichkeiten zu verteilen. Um Schnee zu schmelzen, wird er in einem Schmelztiegel auf den Zentralheizungsherd gestellt.

Der eine Teil des Stroms wird durch die neu geplante PV-Anlage produziert (731 kWh) (Schoch 2011), der Rest mittels Notstromaggregat (831kWh).

Für das Kochen und Wasserabkochen dient ein Gasherd.

Für den Geschirrspüler ist ein Warmwasser-Anschluss gerechnet. Das Wasser würde aus dem obersten Bereich des Boilers entnommen werden (mind. 70°C).

Was muss gedeckt werden?	Energiebedarf	wie wird es gedeckt?	benötigter Treibstoff	Einsparungen		
Heizen	13783 kWh	Holzherd (Tiba)	3596 kg Holz	Solarlüftung	375 kg Holz	
Schnee schmelzen	599 kWh					
Kochen	607 kWh	Gasherd	146 kg Propan			
Warmwasser	921 kWh			221 kg Propan		
Strom	1562 kWh	PV neu + Notstromaggregat	283   Pflanzöl			
ohne GS	1530 kWh			272   Pflanzöl	ohne GS	11   Pflanzöl
ohne GS+Seco	788 kWh			19   Pflanzöl	ohne GS+Seco	264   Pflanzöl

Abbildung 9: Zusammenfassung der Variante 3 (Holz, Gas, PV-neu)

**Kostenzusammenstellung für die Variante 3**

		CHF
	<b>Holzherd</b>	9'655
	<b>Boiler</b>	1'126
	<b>Brauchwasserpumpe</b>	1'919
	<b>Notstromaggregat</b>	2'590
	<b>PV neu</b>	20'000
<b>Optional</b>	Solarlüftung	9'160
	Secomat	2'410
	Geschirrspülautomat	7'300

Tabelle 15: Kostenzusammenstellung der verwendeten Geräte in Variante 3 (Holz, Gas, PV-neu)

<b>Benötigtes Holz</b>		
Deckungsbedarf	14382 kWh	
Benötigtes Holz	3596 kg	
<b>Benötigtes Pflanzenöl für Notstromaggregat</b>		
benötigte Menge Strom	1562 kWh	
geliefert durch PV neu	731 kWh	
Deckung durch Notstromaggregat	831 kWh	
Betriebsstunden Notstromaggregat	166 h	
Benötigte Menge Pflanzenöl	283 l	
<b>Benötigtes Pflanzenöl für Notstromaggregat</b>		
benötigte Menge Strom ohne GS	1530 kWh	
geliefert durch PV neu	731 kWh	
Deckung durch Notstromaggregat	799 kWh	
Betriebsstunden Notstromaggregat	160 h	
Benötigte Menge Pflanzenöl	272 l	
<b>Benötigtes Pflanzenöl für Notstromaggregat</b>		
benötigte Menge Strom ohne GS + Secomat	788 kWh	
geliefert durch PV neu	731 kWh	
Deckung durch Notstromaggregat	57 kWh	
Betriebsstunden Notstromaggregat	11 h	

Abbildung 10: Berechnungsschritte zur Variante Holz, Gas, PV neu im Energiekonzept für die Planurahütte

<b>Einsparung durch Solarlüftung</b>		
Heizbeitrag	1500 kWh	
eingespartes Holz	375 kg	

**AUFWAND**

- ➔ Zentralheizungsherd benötigt 3596 kg Holz für Schnee schmelzen und Heizung.
- ➔ Für die Wassererwärmung und das Kochen werden 367 kg Propangas gebraucht.
- ➔ Der Betrieb des Notstromaggregates benötigt 283 Liter Pflanzenöl.

**EINSPARUNG**

- ➔ Mit der Installation einer Solarlüftung könnten 375 kg Holz eingespart werden.
- ➔ Ohne Secomat und Geschirrspüler könnten weitere 264 Liter Pflanzenöl eingespart werden.

## 2.4 Zusammenfassung Kosten

Bei der Zusammenstellung der Kosten ist zu beachten, dass jeweils nur die Gerätekosten berechnet wurden, nicht aber die Montagekosten. Die Montagekosten sind sehr schwierig abzuschätzen, zudem laufen sie mit den übrigen Umbauten parallel und können nicht separat gerechnet werden. Die Investitionskosten beruhen auf Preislisten der Hersteller oder auf konkreten Offerten derselben.

Die Betriebskosten sind Schätzungen und Berechnungen über die aktuellen Rohstoffpreise. Preisentwicklungen für die nächsten zwanzig Jahre wurden wegen zu grossen Unsicherheiten nicht berücksichtigt. So können aber die Betriebskosten bei hohem Gasverbrauch oder die Helikopterkosten bei einer Treibstoffkostenerhöhung deutlich steigen. Auch die Lohnsteigerungen zum Beispiel für Helikopterpiloten oder Wartungspersonal können teurere Kosten als angenommen verursachen.

Variante		Kosten				
	Beschreibung	Heliflüge	Investitionskosten	Betriebskosten 20 Jahre	Helikosten 20 Jahre	Gesamtkosten 20 Jahre
Variante 1	BHKW	5	41'523	111'766	60'000	213'289
Variante 1.1	1 ohne GS	5	34'223	111'604	60'000	205'827
Variante 1.2	1 ohne GS + SM	5	31'813	107'865	60'000	199'678
Variante 1.3	1 mit SL	4.5	50'683	104'206	54'000	208'889
Variante 2	Holz, Gas, Wind neu	5.5	64'335	31'602	66'000	161'937
Variante 2.1	2 ohne GS	5.5	57'035	31'560	66'000	154'595
Variante 2.2	2 ohne GS + SM	5.25	54'625	30'570	63'000	148'195
Variante 2.3	2 mit SL	5	73'495	29'602	60'000	163'097
Variante 3	Holz, Gas, Wind alt	7	45'000	60'755	84'000	189'755
Variante 3.1	3 ohne GS	7	37'700	60'376	84'000	182'076
Variante 3.2	3 ohne GS + SM	6.75	35'290	51'268	81'000	167'558
Variante 3.3	3 mit SL	6.5	54'160	58'755	78'000	190'915

Tabelle 16: Zusammenstellung der Kosten der Projektvarianten über 20 Jahre

In den Varianten 1.x sind die Betriebskosten aufgrund des hohen Verbrauchs an Biodiesel hoch. Dies kann auch durch die geringen Investitionskosten nicht wettgemacht werden. Somit sind alle vier Varianten 1.x die teuersten.

Obwohl bei den Varianten 2.x die Investitionskosten deutlich am höchsten sind, schneidet diese Variante über 20 Jahre gerechnet am besten ab. Die hohen Investitionskosten der Varianten 2.x entstehen hauptsächlich durch das neue Windrad und die neue PV-Anlage. Da im Betrieb die gesamte Stromproduktion ohne Rohstoffe geschieht, können dort massiv Ausgaben eingespart werden.

Die Varianten 3.x sind etwas teurer in der Anschaffung als die Varianten 1.x. Die Betriebskosten sind aber deutlich geringer, dafür schlagen die deutlich mehr Helikopterflüge massiv zu Buche. Diese Varianten sind aber über 20 Jahre gesehen immer noch günstiger, als die Varianten 1.x.

Weitere Berechnungsgrundlagen und Zahlen zu den Kosten befinden sich im am Ende des Anhang B.

## 3 Bewertung

### 3.1 Kriterien

Für die Bewertung der erarbeiteten Varianten werden 8 Kriterien benutzt. Diese 8 Kriterien teilen sich in drei Gruppen auf. Die erste Gruppe umfasst 4 ökologische Aspekte. Zudem werden die Kosten für das Projekt sowie die Bedienerfreundlichkeit des Systems bewertet. Für die Berechnung der Umweltaspekte wurde die Software GEMIS verwendet. Diese Software hat tausende von Prozessen gespeichert. Aus diesen Prozessen wurden die treffendsten ausgewählt und für die Varianten hochgerechnet.

Die Details der einzelnen Kriterien können dem Anhang A entnommen werden.

#### 3.1.1 Primärenergiebedarf

Dieses Kriterium kumuliert alle Aufwände an Energie, die für einen Prozess benötigt werden. Das Ergebnis liegt in kWh vor. Für die Bewertung wurde nur der Anteil der nicht erneuerbaren Energien berechnet.

#### 3.1.2 CO<sub>2</sub>-Äquivalent

CO<sub>2</sub>-Äquivalente sind eine Einheit für alle Treibhausgase, die bei einem Prozess entstehen. Dabei werden schädlichere Gase wie Methan (CH<sub>4</sub>) stärker gewichtet als unschädlichere. Das Ergebnis dieser Berechnung ist ein Betrag in kg und stellt den Einfluss des Prozesses auf das Klima dar.

#### 3.1.3 Ozonbildungspotential

Das Ozonbildungspotential wird in massebezogenen troposphärischen Ozon-Vorläufer-Äquivalenten (TOPP) angegeben. Diese für den Sommersmog mitverantwortlichen Stoffe sind Vorläufersubstanzen, die bodennahes Ozon (O<sub>3</sub>) bilden.

#### 3.1.4 Versauerung

Unter diese Kategorie fallen alle sauer wirkenden Luftschadstoffe. Das Versauerungspotential wird in Schwefeloxid-Äquivalenten (SO<sub>4</sub>) angegeben. Wichtige Gase des Versauerungspotentials sind neben Schwefeloxid unter anderen auch Stickoxide, Chlorwasserstoff und Ammoniak.

#### 3.1.5 Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen nur die Material- und Anschaffungskosten der Geräte. Installations- und Montagekosten sind nicht eingerechnet. Die Investitionskosten stammen soweit möglich aus Preislisten und Offerten der Hersteller der empfohlenen Komponenten. Falls keine Preisvorgabe vorliegt, hat die Projektgruppe die Anschaffungskosten für das entsprechende Gerät geschätzt.

### 3.1.6 Betriebskosten 20 Jahre

Die Betriebskosten sind zumeist geschätzte Werte, die sich aber, sofern möglich, auf exakte Daten abstützen. Sie umfassen neben den Wartungskosten auch die Kosten für Verbrauchsmaterial und benötigte Rohstoffe (zum Beispiel Rapsöl für Notstromaggregat). Ebenfalls eingerechnet sind die Kosten für den Helikoptertransport von der Tierfehd zur Planurahütte. Alle Preise beziehen sich auf die aktuellen Preise (Stand Juni 2011). Von Spekulationen über Preisentwicklungen im Rohstoffbereich oder Lohnsteigerungen wurde abgesehen.

### 3.1.7 Systemzuverlässigkeit

Die Systemzuverlässigkeit ist eine Einschätzung der Projektgruppe. Grundsätzlich werden alle vorgeschlagenen Systeme als zuverlässig eingestuft. Abzüge gibt es für Unsicherheiten wie zu hoher Luftfeuchtigkeit durch fehlenden Secomat.

### 3.1.8 Bedienkomfort

Auch der Bedienkomfort ist eine Einschätzung der Projektgruppe und beruht nicht auf wissenschaftlichen Werten. Er setzt sich aus Arbeits- und Arbeitsaufwand für den Hüttenwart zusammen. Fehlende Installationen wie Geschirrspüler erhöhen den Arbeitsaufwand, dafür sinkt der Wartungsaufwand. Grossen Wartungsaufwand erfordern auch Maschinen wie das BHKW.

## 3.2 Bewertungsraster

Für jedes Kriterium werden 10 Punkte vergeben. Je mehr Punkte eine Variante hat, umso besser. Jedes dieser acht Kriterien wird mit einer Gewichtung versehen. Die 4 Kriterien Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Äquivalent, Investitionskosten und Betriebskosten zählen doppelt. Somit machen die Umweltaspekte 50%, die Kosten 33% und die Bedienerfreundlichkeit die restlichen 17% der Bewertung aus. Die Bewertung der einzelnen Kriterien befindet sich im Anhang A.

## 3.3 Ergebnisse

Die Tabelle 17 und die Tabelle 18 zeigen die erreichten Punktzahlen für jedes Kriterium. Die roten Spalten zeigen die Punktzahlen multipliziert mit der Gewichtung. Folgende Abkürzungen wurden in den Tabellen verwendet: eq = Äquivalent; BHKW = Block-Heiz-Kraftwerk; GS = Geschirrspüler; SM = Secomat; SL = Solarlüftung.

Variante		Primärenergiebedarf		CO <sub>2</sub> -eq		Ozonbildungspotential		Versauerung	
	Beschreibung	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.
			2		2		1		1
Variante 1	BHKW	1	2	2	4	9	9	1	1
Variante 1.1	1 ohne GS	1	2	2	4	9	9	1	1
Variante 1.2	1 ohne GS + SM	2	4	3	6	10	10	2	2
Variante 1.3	1 mit SL	1	2	2	4	9	9	1	1
Variante 2	Holz, Gas, Wind neu	10	20	10	20	2	2	10	10
Variante 2.1	2 ohne GS	10	20	10	20	2	2	10	10
Variante 2.2	2 ohne GS + SM	10	20	10	20	3	3	10	10
Variante 2.3	2 mit SL	10	20	10	20	4	4	10	10
Variante 3	Holz, Gas, Wind alt	6	12	8	16	1	1	8	8
Variante 3.1	3 ohne GS	6	12	8	16	1	1	8	8
Variante 3.2	3 ohne GS + SM	8	16	9	18	2	2	9	9
Variante 3.3	3 mit SL	6	12	8	16	2	2	8	8

Tabelle 17: Bewertungsraster mit Punktzahlen der ökologische Kriterien

Auffallend bei dieser Zusammenstellung der ökologischen Aspekte ist, dass die Variante 1 beim Primärenergiebedarf, bei CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und bei der Versauerung am Schlechtesten abschneidet, beim Ozonbildungspotential jedoch klar die beste Variante ist. Das schlechte Abschneiden bei den drei erstgenannten lässt sich mit dem hohen Primärenergieverbrauch erklären. Das gute Abschneiden beim Ozonbildungspotential ist auf das Fehlen einer Holzfeuerung zurückzuführen, die bei Variante 2 für rund 95% und bei Variante 3 für 85%-94% des gesamten Ozonbildungspotentials verantwortlich ist.

Variante		Investitionskosten		Betriebskosten 20 Jahre		Systemzuverlässigkeit		Bedienkomfort	
	Beschreibung	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.	Übertrag	Punkte gew.
			2		2		1		1
Variante 1	BHKW	8	16	1	2	9	9	5	5
Variante 1.1	1 ohne GS	9	18	1	2	9	9	4	4
Variante 1.2	1 ohne GS + SM	10	20	2	4	5	5	4	4
Variante 1.3	1 mit SL	5	10	3	6	8	8	6	6
Variante 2	Holz, Gas, Wind neu	2	4	9	18	9	9	5	5
Variante 2.1	2 ohne GS	4	8	9	18	9	9	4	4
Variante 2.2	2 ohne GS + SM	4	8	9	18	5	5	4	4
Variante 2.3	2 mit SL	1	2	10	20	8	8	6	6
Variante 3	Holz, Gas, Wind alt	7	14	4	8	9	9	6	6
Variante 3.1	3 ohne GS	9	18	4	8	9	9	5	5
Variante 3.2	3 ohne GS + SM	9	18	5	10	5	5	5	5
Variante 3.3	3 mit SL	4	8	5	10	8	8	6	6

Tabelle 18: Bewertungsraster mit Punktzahlen der finanziellen sowie Komfortkriterien

Werden die beiden finanziellen Aspekte gegenübergestellt, sieht man, dass sich die Punkte der Investitionskosten und der Betriebskosten entgegengesetzt verhalten. Was also teuer in den Anschaffungskosten ist, verlangt weniger Unterhaltskosten. Details dazu können vorherigen Kapiteln entnommen werden.

Der untenstehenden Tabelle können die Gesamtpunktzahl, zusammengerechnet aus den obigen zwei Tabellen, und der daraus resultierende Rang abgelesen werden. Je höher die Gesamtpunktzahl der Variante ist, desto besser ist die Rangierung.

Variante		Gesamtpunkte gewichtet	Rang
	Beschreibung	12	
Variante 1	BHKW	46	11
Variante 1.1	1 ohne GS	47	10
Variante 1.2	1 ohne GS + SM	51	9
Variante 1.3	1 mit SL	40	12
Variante 2	Holz, Gas, Wind neu	70	3
Variante 2.1	2 ohne GS	73	1
Variante 2.2	2 ohne GS + SM	70	3
Variante 2.3	2 mit SL	70	3
Variante 3	Holz, Gas, Wind alt	66	7
Variante 3.1	3 ohne GS	69	6
Variante 3.2	3 ohne GS + SM	73	1
Variante 3.3	3 mit SL	60	8

Tabelle 19: Gesamtpunktzahl und Rangierung der verschiedenen Varianten

Auf Rang eins in der Bewertung liegen die zwei Varianten 2.1 und 3.2. Dies ist nicht verwunderlich, da ein Geschirrspüler sowohl die ökonomischen Aspekte wie auch die finanziellen Kriterien belastet. Da er in beiden Fällen nicht verwendet wird, wirkt sich dies positiv auf das Punktekonto der Varianten aus.

Da der Hüttenwart aber aus verständlichen Gründen eine Abwaschmaschine wünscht, können diese Varianten nicht berücksichtigt werden. Auf den folgenden drei Plätzen liegen punktgleich die Varianten 2, 2.2 und 2.3. Da Variante 2.2 ebenfalls auf einen Geschirrspüler verzichtet, wird auch diese Variante gestrichen. Von den verbleibenden Varianten 2 und 2.3 bevorzugt die Projektgruppe die Variante 2.3, da mit ihr auch das Schimmelproblem entschärft werden kann. Diese Variante besteht im Wesentlichen aus einer Solaranlage und einer 3 kW Windanlage zur Stromproduktion. Zudem werden Holz und Gas als Energieträger genutzt. Zur Lüftung und Entfeuchtung werden Warmluftkollektoren verwendet.

Schlecht schneiden alle Untervarianten der Variante 1 ab. Dies ist auf den hohen Primärenergieverbrauch und die hohen Betriebskosten zurückzuführen.

## 4 Beschrieb der empfohlenen Anlage

Die Projektgruppe empfiehlt der Baukommission beim Umbau der Planurahütte die Variante 2.3 umzusetzen. Die Variante 2.3 besteht aus einer 10m<sup>2</sup> Photovoltaikanlage und einer 3kW Windanlage zur Stromerzeugung. Für die Windanlage wird eine vertikale Turbine der Schweizer Firma Envergate eingesetzt. Diese Turbinenart hat den Vorteil, dass sie ruhiger läuft, einen höheren Wirkungsgrad hat und Böen besser verarbeiten kann. Die Turbine ist 3 m hoch und hat einen Durchmesser von 2 m. Die Masthöhe wird mit 4m angegeben. Der damit gewonnene Strom wird in Batterien gespeichert. Daraus werden die diversen elektrischen Verbraucher gespeist. Sobald überschüssiger Strom anfällt, wird dieser über einen Heizstab das Brauch- und Heizwasser erwärmen. Gekocht wird ausschliesslich mit Gas. Um in der Hütte einen Teil der nötigen Wärme zu gewinnen und die Luft zu entfeuchten, werden 6.5 m<sup>2</sup> Solarlüftung der Firma Grammer Solar GmbH installiert. Diese Installation wird das Schimmelproblem deutlich entschärfen, kann die erforderliche Heizleistung jedoch nicht alleine erzeugen. Deshalb wird eine Holzheizung die Spitzenlasten abdecken. Sollte aus irgendeinem Grund die Stromversorgung nicht sichergestellt sein, wird ein mit Rapsöl betriebenes Notstromaggregat die Versorgung übernehmen. Die vorgeschlagene Variante kostet rund 73'500 Schweizer Franken. Nicht eingerechnet sind die Montage- und Transportkosten für die Geräte. Die jährlichen Betriebskosten belaufen sich auf geschätzte 4'500 Schweizer Franken, inklusive Helikopterkosten für Rohstofftransporte. Über 20 Jahre gerechnet, ist die vorgeschlagene Variante eine der Günstigsten.

## 5 Schlusswort

In der 3-monatigen Arbeitszeit hat die Projektgruppe für das Energiekonzept der Planurahütte des SAC Tödi unzählige Berechnungen durchgeführt. Die vorliegende Arbeit gibt Aufschluss über alle gemachten Schritte. Trotz dieser Berechnungen sind im vorliegenden Konzept noch einige Unsicherheiten anzutreffen. Die wichtigsten Faktoren sind die Besucherfrequenz, das Besucherverhalten und das Wetter. Eine Vorhersage ist trotz Besuchersimulation mit @Risk mit Unsicherheiten verbunden. Das Besucherverhalten lässt sich noch viel schwieriger vorhersagen, wie auch die Wetterbedingungen. Die von der Projektgruppe vorgeschlagene und als Beste befundene Variante sollte für alle Eventualitäten genügend Energie liefern, da das System mit dem Notstromaggregat über ein Backup-System verfügt.

Die Variante umfasst neben einer Solaranlage eine vertikale Windturbine. Grundsätzlich liefert die Solaranlage bei Sonnenschein Strom, die Windturbine eher bei schlechtem Wetter. Die vertikale Windturbine stammt aus Schweizer Produktion und ist laufruhig und kann auch die Wetterkapriolen auf knapp 3000 m ü. M. mit Windgeschwindigkeiten von ca. 250 km/h problemlos überstehen. Energie kann in Batterien und in Form von Wärme gespeichert werden. Geheizt wird mit Holz, in der Küche steht ein Gasherd. Die Holzheizung wird von Solarluftkollektoren unterstützt, die zudem dem Schimmelproblem entgegenwirken sollen.

Mit dieser Variante können die Helikopterflüge zur SAC-Hütte minimiert werden. Einer Schätzung zufolge sind aber immer noch 5 Versorgungsflüge pro Jahr für Gas- und Holztransport erforderlich. Dies entspricht 2 Flügen weniger, als dies bei der von der Baukommission vorgeschlagenen Variante der Fall wäre. Um dies zu relativieren muss festgehalten werden, dass 2 Fahrten mit dem Personewagen von Zürich nach Urnerboden (Ausgangspunkt für viele Touren zur Planurahütte) und retour eine höhere Umweltbelastung darstellen, als ein Helikopterflug zur Hütte (Berechnung im Anhang A). Auch hier hängt also ein Teil der Verantwortung bei den Besuchern. Eine Ausrede um nichts zu machen, soll dies aber keineswegs sein. Neben den ökologischen Vorteilen von weniger Helikopterflügen kann einiges an Geld eingespart werden, wenn die Anzahl Flüge minimiert wird.

## 6 Literaturverzeichnis

Anon. (2009). SIA Berechnungsprogramm zum energieoptimierten Entwerfen und Konstruieren, Excel-Tool

Anon. (2011a). Biral, Hocheffiziente Mini-Energie-Pumpen mit Energielabel A, Produkteprospekt, Biral

Anon. (2011c). Standardnormwerte 1961-1990: Lufttemperatur 2m, Stand 2011, MeteoSchweiz

Ettl, R., Leiter Solarluft Technik, Grammer Solar GmbH. (2011) (mündliche Mitteilung).

Frefel, B., Präsident SAC Sektion Tödi. (2011) (mündliche Mitteilung).

Märki, M., (2011). Grobdimensionierung PV Wind Anlage. Excel-Tool

Meissner, Ch., Architekt, Aschmann Ruedge Architekten AG. (2011) (mündliche Mitteilung)

Rauner, H., Hüttenwart Planurahütte. (2011) (mündliche Mitteilung).

Rohrer, J. (2011). Energiekonzept für die Planura-Hütte SAC (unveröffentlicht).

Schoch, K. (2011). Planurahütte Umbau 2012, Variante 3 (unveröffentlicht).

Internetquelle:

Abgerufen am 30.04.2011 von <http://www.energieverbraucherportal.de>

## Anhang A

Bemerkungen zu Bedarfskategorien:		
Trinkwasser	wird aufgeschmolzen und aufgeköcht (90°C)	
Kochwasser	wird aufgeschmolzen, aufgeköcht und 15min.weiter geköcht	
Abwaschwasser	wird aufgeschmolzen und auf 30°C erhitzt	
Körperpflege	wird aufgeschmolzen und auf (ca. 10°C)	
Formeln:		
Energiebedarf, schmelzen	$\text{Wassermasse} \cdot c_{\text{Schmelz.}} + \text{Wassermasse} \cdot c_{\text{Schnee}} \cdot \text{deltaT}_1$	
Energiebedarf, aufköchen	$\text{Wassermasse} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot \text{deltaT}_2$	
Energiebedarf, köchen		
deltaT <sub>1</sub> = 2°C		
deltaT <sub>2</sub> = 90°C		

Tabelle-Anhang 1: Bemerkungen zu den Bedarfskategorien und Formeln zu den Energieberechnungen

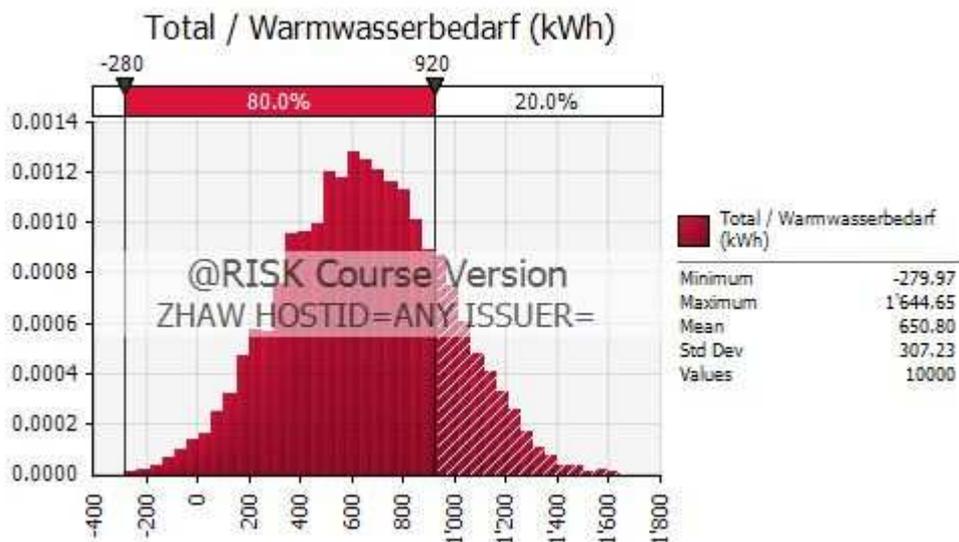


Abbildung-Anhang 1: Diagramm des wahrscheinlichen Warmwasserenergiebedarfs

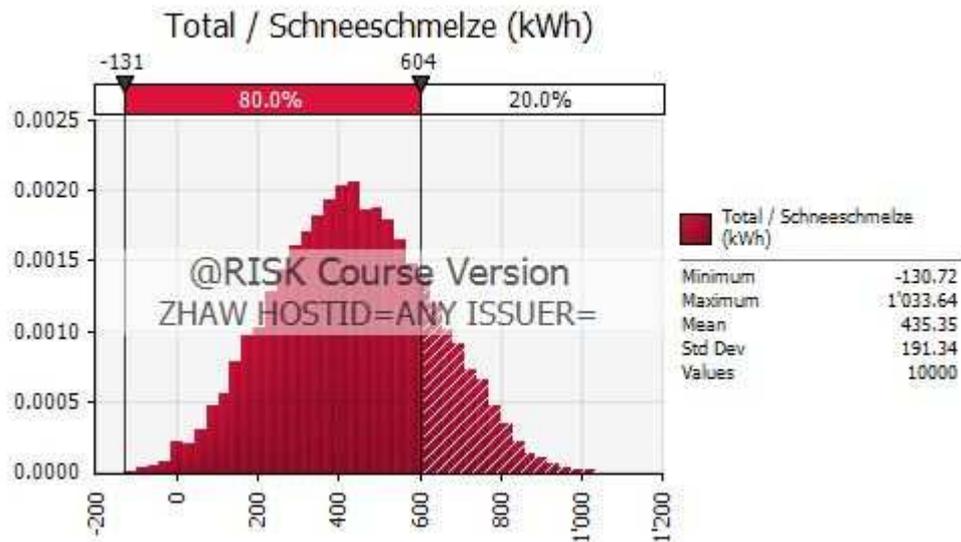


Abbildung-Anhang 2: Diagramm des wahrscheinlichen Schneeschmelzenergiebedarfs

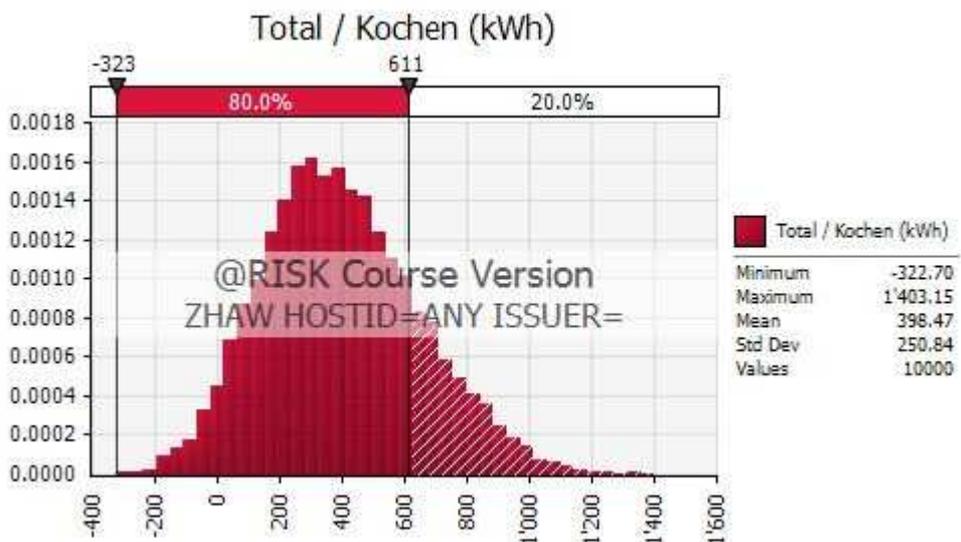


Abbildung-Anhang 3: Diagramm des wahrscheinlichen Kochenergiebedarfs

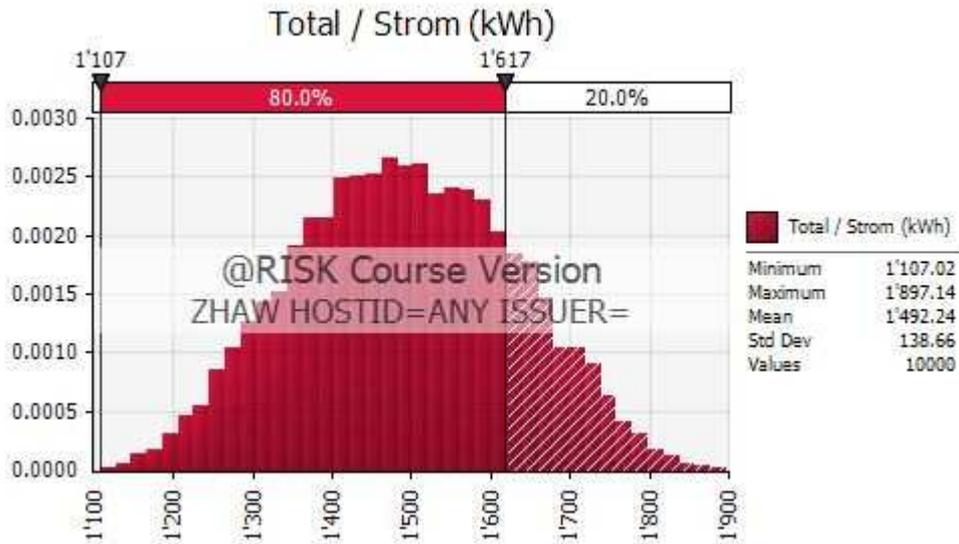


Abbildung-Anhang 4: Diagramm des wahrscheinlichen Strombedarfs

**Kumulierter Energieaufwand nicht erneuerbar**

Variante	aus GEMIS	Wertungspunkte 1-10
Variante 1	10198	1
Variante 1.1	10190	1
Variante 1.2	9880	2
Variante 1.3	10123	1
Variante 1.4	9246	2
Variante 2	2777	10
Variante 2.1	2776	10
Variante 2.2	2717	10
Variante 2.3	2669	10
Variante 3	5697	6
Variante 3.1	5652	6
Variante 3.2	4598	8
Variante 3.3	5579	6

Tabelle-Anhang 2: KEA-Werte und Punkte

**CO2-eq**

Variante	aus GEMIS	Wertungspunkte 1-10
Variante 1	4590	2
Variante 1.1	4585	2
Variante 1.2	4413	3
Variante 1.3	4570	2
Variante 1.4	4081	3
Variante 2	922	10
Variante 2.1	921	10
Variante 2.2	895	10
Variante 2.3	878	10
Variante 3	1955	8
Variante 3.1	1930	8
Variante 3.2	1354	9
Variante 3.3	1903	8

Tabelle-Anhang 3: CO2-Äquivalente und Punkte

**Ozonbildungspotential**

Variante	aus SimaPro	Wertungspunkte
		1-10
Variante 1	24.78	9
Variante 1.1	24.75	9
Variante 1.2	23.71	10
Varinate 1.3	24.69	9
Variante 1.4	21.73	10
Varinate 2	45.54	2
Variante 2.1	45.45	2
Variante 2.2	43.15	3
Variante 2.3	41.99	4
Variante 3	50.29	1
Variante 3.1	50.14	1
Variante 3.2	46.67	2
Variante 3.3	45.65	2

**Tabelle-Anhang 4: Ozonbildungspotential und Punkte**

**Versauerung**

Variante	aus GEMIS	Wertungspunkte
		1-10
Variante 1	34.25	1
Variante 1.1	34.21	1
Variante 1.2	32.74	2
Varinate 1.3	34.12	1
Variante 1.4	29.92	3
Varinate 2	8.13	10
Variante 2.1	8.12	10
Variante 2.2	7.74	10
Variante 2.3	7.52	10
Variante 3	14.20	8
Variante 3.1	13.99	8
Variante 3.2	9.06	9
Variante 3.3	13.44	8

**Tabelle-Anhang 5: Versauerung und Punkte**

**Investitionskosten**

Variante	Investitionskosten	Wertungspunkte
		1-10
Variante 1	41523	8
Variante 1.1	34223	9
Variante 1.2	31813	10
Varinate 1.3	50683	5
Variante 1.4	52683	5
Varinate 2	64335	2
Variante 2.1	57035	4
Variante 2.2	54625	4
Variante 2.3	73495	1
Variante 3	45000	7
Variante 3.1	37700	9
Variante 3.2	35290	9
Variante 3.3	54160	4

**Tabelle-Anhang 6: Investitionskosten und Punkte**

**Betriebskosten 20 Jahre**

Variante	Betriebskosten	Wertungspunkte 1-10
Variante 1	171766	1
Variante 1.1	171604	1
Variante 1.2	167865	2
Variante 1.3	158206	3
Variante 1.4	155187	3
Variante 2	97602	9
Variante 2.1	97560	9
Variante 2.2	93570	9
Variante 2.3	89602	10
Variante 3	144755	4
Variante 3.1	144376	4
Variante 3.2	132268	5
Variante 3.3	136755	5

**Tabelle-Anhang 7: Betriebskosten und Punkte**

**Systemzuverlässigkeit**

Variante	Ausfallsicherheit 1-10	Wertungspunkte 1-10
Variante 1	9	9
Variante 1.1	9	9
Variante 1.2	5	5
Variante 1.3	8	8
Variante 1.4	6	6
Variante 2	9	9
Variante 2.1	9	9
Variante 2.2	5	5
Variante 2.3	8	8
Variante 3	9	9
Variante 3.1	9	9
Variante 3.2	5	5
Variante 3.3	8	8

**Tabelle-Anhang 8: Systemzuverlässigkeit und Punkte**

**Bedienkomfort**

Variante	Arbeitsaufwand 1-10	Wartungsaufwand 1-10	Gesamtpunkte	Wertungspunkte 1-10
Variante 1	8	3	11	5
Variante 1.1	6	3	9	4
Variante 1.2	6	3	9	4
Variante 1.3	9	4	13	6
Variante 1.4	8	3	11	5
Variante 2	6	5	11	5
Variante 2.1	4	5	9	4
Variante 2.2	4	5	9	4
Variante 2.3	7	5	12	6
Variante 3	6	6	12	6
Variante 3.1	4	6	10	5
Variante 3.2	4	6	10	5
Variante 3.3	7	6	13	6

**Tabelle-Anhang 9: Bedienkomfort und Punkte**

		SO <sub>2</sub> -EQ [kg]	CO <sub>2</sub> -EQ [kg]	TOPP-EQ [kg]	KEA NEB [kWh]
Personenwagen	Zürich- Urnerboden- Zürich (200 km)	0.107	26.240	0.138	90.806
Helikopter	1 Rotation (10 min)	0.277	40.408	0.189	149.389

Abbildung-Anhang 5: Vergleich Umweltbelastung von Helikopterflug zur Planurahütte und Anreise eines Besuchers im Auto von Zürich.

## Anhang B (Geräte)

Grammer Solar GmbH:

# TWINSOLAR COMPACT

## Technische Daten





**Bei den Luftkollektorpaketen TWINSOLAR Compact sind die wichtigsten Technikkomponenten wie Ventilator und Photovoltaikmodul im Kollektor integriert.**

Die kollektorintegrierten Komponenten sind bereits elektrisch betriebsfertig verschaltet und erlauben eine einfache und zeitsparende Anlagenmontage und dadurch günstige Anlagenkosten.

Die Installation im Gebäude beschränkt sich auf Rohre und ein einfaches Thermostat. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten bei Fassadenmontage oder bei Gebäuden mit offenem Dachraum.

### SolarLuft – Heizen und Lüften

Die SLK Luftkollektoren von Grammer Solar stehen für hohe Leistungsfähigkeit und Qualität. Hochwertiges Material, sorgfältige Verarbeitung und optimierte Konstruktion garantieren eine lange Lebensdauer.

- Abdeckung aus ESG 4 mm Glas
- Kollektorgehäuse aus seewasserfestem Aluminium
- Rippenabsorber aus Aluminium
- Wärmedämmung aus 50 mm Mineralwolle
- hochwertige Luftfilter - kollektorintegriert
- kollektorintegrierte Ventilatoren (druckseitig im Bereich der Luftströmung in den Kollektor)



**TwinSolar 1.3 / 2.0 Compact**  
Einzelkollektoren mit integriertem Ventilator und Photovoltaik, sofort betriebsbereit



**TwinSolar 4.0 – 6.0 Compact**  
Koppelbare Kollektoren mit integriertem Ventilator, Photovoltaik und Anlaufschalter

Alle Systeme sind aufgrund des geringen Gewichtes der Einzelkollektoren von maximal 45 kg einfach zu montieren.

TwinSolar Compact 1.3 / 2.0 Luftanschluss: 125 mm	TwinSolar Compact 4.0 - 6.0 Luftanschluss: 150 mm
 <p><b>TwinSolar 1.3</b> Heizfläche 15-20 m<sup>2</sup> 1400x100x130 mm</p>	 <p><b>TwinSolar 4.0 Compact</b> Heizfläche 40-60 m<sup>2</sup> 4000x100x130 mm</p>
 <p><b>TwinSolar 2.0</b> Heizfläche 15-20 m<sup>2</sup> 2000x100x130 mm</p>	 <p><b>TwinSolar 6.0 Compact</b> Heizfläche 60-90 m<sup>2</sup> 6000x100x130 mm</p>
 <p><b>TwinSolar 4.8 Compact</b> Heizfläche 45-60 m<sup>2</sup> 2000x1120x130 mm</p>	

TWINSOLAR COMPACT | Technische Daten | 1/2

Abbildung-Anhang 6: Technische Daten TwinSolar compact 1/2

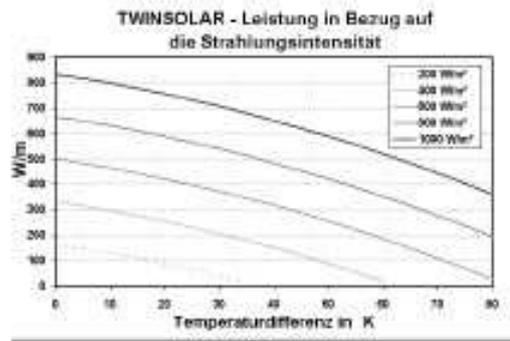
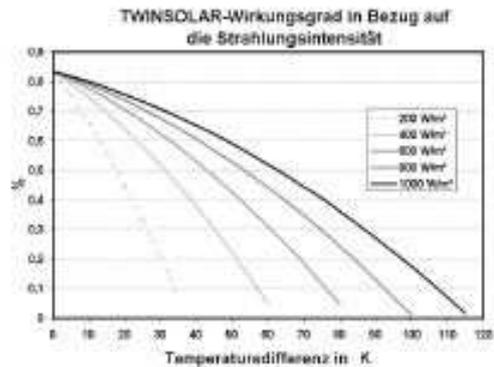
**Immer**  
auf der  
**Sonnenseite**

GRAMMER Solar GmbH  
Oskar-von-Mille-Straße 8  
92224 Amberg  
Germany

Tel.: +49 (0)9421 / 308 570  
Fax.: +49 (0)9421 / 308 57 10  
Info@grammer-solar.de  
www.grammer-solar.de



SLR Kollektor – Typische Werte (alle Angaben bezogen auf Aperturfäche)			
Leistungskennwerte	Symbol	Einheit	Typische Werte
Konversionsfaktor bei Temperaturdifferenz ( $T_c - T_a$ ) = 0	$\eta_0$		0,834
linearer Kollektor-wirkungsgradfaktor	$A_1$	W/(m <sup>2</sup> K)	3,157
quadratischer Kollektor-wirkungsgradfaktor	$A_2$	W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,034
Einstrahlungswinkelkorrekturfaktor	$K_g(50^\circ)$		0,96
empfohlener Bereich Durchströmung		m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )	30 - 60
<b>Bezugsflächen</b>			
Bruttofläche	$A_b$	m <sup>2</sup>	2,01
Aperturfäche	$A_a$	m <sup>2</sup>	1,86
Sollstandtemperatur		°C	150°C
<b>Einbauweise</b>			
Arten	Aufdach, Freiaufstellung, Fassadenmontage-vorgehängt		



Ventilator	TWIN 1.3	TWIN 2.0	TWIN 4.0 - 6.0
Typ	4312NN	6224N	2 x 6224N
Nominalleistung	4 W	18 W	2 x 18 W
Position	Integriert, DC	Integriert, DC	Integriert, DC
Max. Volumenstrom	80 m <sup>3</sup> /h Bei 10 Pa ext. Pressung	120 m <sup>3</sup> /h Bei 10 Pa ext. Pressung	200 m <sup>3</sup> /h Bei 50 Pa. ext. Pressung
Durchströmung	Mit Umlenkung	Mit Umlenkung	Linear
Regelung	Raumthermostat	Raumthermostat	Raumthermostat + Anlaufschalter

TWINSOLAR COMPACT | Technische Daten | 2/2

Abbildung-Anhang 7 : : Technische Daten TwinSolar compact 2/2

Zigerlig Bautrocknung AG:

Technische Daten:	Secotec 1600
Produktionsland	Schweiz
Energieeffizienzklasse	A1
Leistungsaufnahme (20°C/60%)	770 Watt
Anschlussspannung	230 Volt
Trockenleistung (bei 10kg)	2.27 kg/h
Trockenleistung (bei 15kg)	2.25 kg/h
max. Wasserentzug (30 °C/80%)	46.4 Liter/24 h
Luftumwälzung	2100 m <sup>3</sup> /h
Raumtemperatur (Einsatz ab)	5 - 30 °C
Abmessungen (HxBxT)	74 x 44 x 43 cm
Gewicht	50 kg
Garantie	3 Jahre

**Tabelle-Anhang 10: Technische Daten SecoTec 1600**

<http://www.zigerlig.ch/de/verkaufsprodukte/waeschetrockner/mfh/secotec-1600.html>

Hobart GmbH:

<http://www.hobart.de/wDeutsch/produkte/spueltechnik/geschirrspuelmaschinen/fronttuermaschinen/FX.php>

Förderpumpe:

**A 401 KW, A 401-1 KW**

<b>Baulänge</b>	<b>A 401 KW</b>	<b>220 mm</b>
	<b>A 401-1 KW</b>	<b>250 mm</b>
<b>Zulässiger Betriebsdruck</b>	10 bar	
<b>Zulässige Betriebstemperatur</b>	-10°C bis +95°C	
<b>Umgebungstemperatur</b>	max. 40°C	
<b>Erforderlicher Betriebsdruck bei</b>	500 m über Meer	
bei 75°C Wassertemperatur	0.10 bar	
bei 95°C Wassertemperatur	0.55 bar	
Pro ±100 m Höhe	±0.01 bar	
<b>Gewicht</b>	9 kg	
<b>Spannung</b>	1x230 V, 50 Hz	
<b>Strom</b>	<b>Regelung</b>	0.1...1.25 A
	min	0.14 A
<b>Leistung</b>	<b>Regelung</b>	8...174 W
	min	8...19 W

<b>Umgebungtemp. °C</b>	<b>Medientemperatur min. °C</b>	<b>max. °C</b>
30	-10	95
35	-10	90
40	-10	70

Die Pumpe ist für den Kaltwasser-Einsatz geeignet.  
 Die Pumpe ist mit internem elektrischem Motorschutz ausgerüstet und benötigt keinen externen Motorschutz.  
 Die Pumpe ist mit Stör- oder Betriebsmeldung (umschaltbar) ausgerüstet.

**Optional:**  
 - Steuermodul, Signalmodul

Weitere Angaben siehe Seite 48

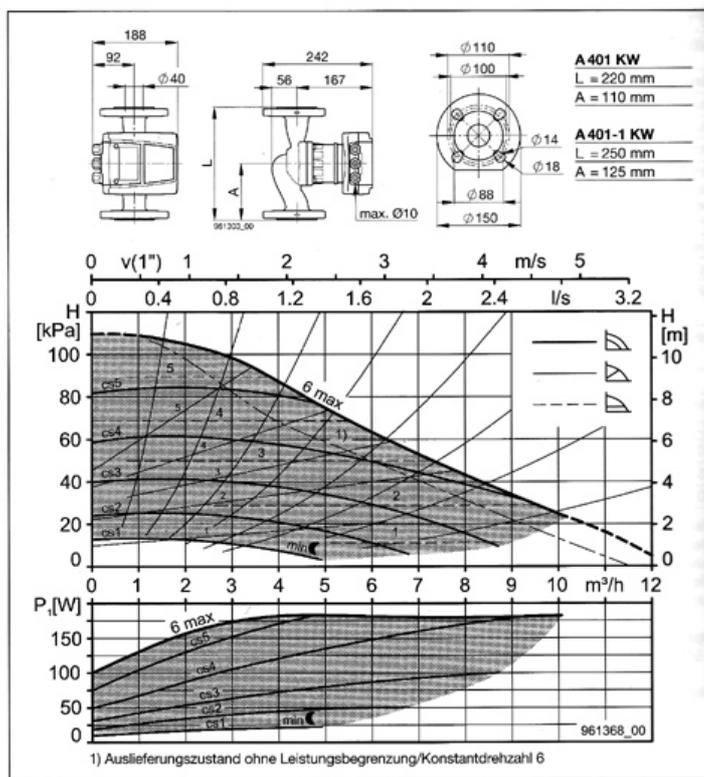


Abbildung-Anhang 8: Datenblatt der Brauchwasser-Pumpe von Biral (Quelle: anon. (2011a), Biral)

Kipor:

Typ	Leistung (kVA)		Spannung (VAC)	Laufzeit / Tank (lt) (h)		Lärm 7m (dBA)	Masse (cm)	Gewicht (kg)	Preis (Fr. *)
	nom	max							
<b>KDE6700TA3</b>	5	5.5	230/400	16	9.5	70	92x55x75	177	2590.-

Tabelle-Anhang 11: Kenndaten Notstromgenerator

KW Energie Technik  
**Blockheizkraftwerk KWE 6P-3 SI**  
 Datenblatt



<b>Kraftstoff</b>	<b>Pflanzenöl</b> (nach DIN 51605 Entwurf)
<b>Betriebsweise</b>	<b>Inselbetrieb</b>
<b>Elektrische Leistung</b>	7 kVA
<b>Elektrische Dauerleistung</b>	6 kW
<b>Thermische Leistung</b>	ca. 14 kW
<b>Brennstoffverbrauch</b>	ca. 2,8 l/h (bei 7 kW)
<b>Wirkungsgrad</b>	ca. 81 %
<b>Spannung</b>	400 V
<b>Strom</b>	13 A
<b>cos Phi</b>	0,8
<b>Schalldruckpegel</b>	ca. 55 dB/A (in 1m Entfernung)
<b>Vorlauftemperatur</b>	max. 85 °C
<b>Rücklauftemperatur</b>	max. 70 °C

<b>Motor</b>	Kubota D1105 BG
<b>Bauart</b>	Reihenmotor
<b>Arbeitsverfahren</b>	4-Takt Diesel
<b>Zylinderzahl</b>	3
<b>Hubraum</b>	1,1 l
<b>Nenndrehzahl</b>	1500 1/min
<b>Nennleistung</b>	9,5 kW bei 1500 U/min

<b>Synchrongenerator</b>	
<b>Kühlung</b>	luftgekühlt
<b>Leistung</b>	13 kVA
<b>Spannung</b>	400 V
<b>Frequenz</b>	50 Hz
<b>Spannungsregelung</b>	elektronisch
<b>Schutzart</b>	IP23

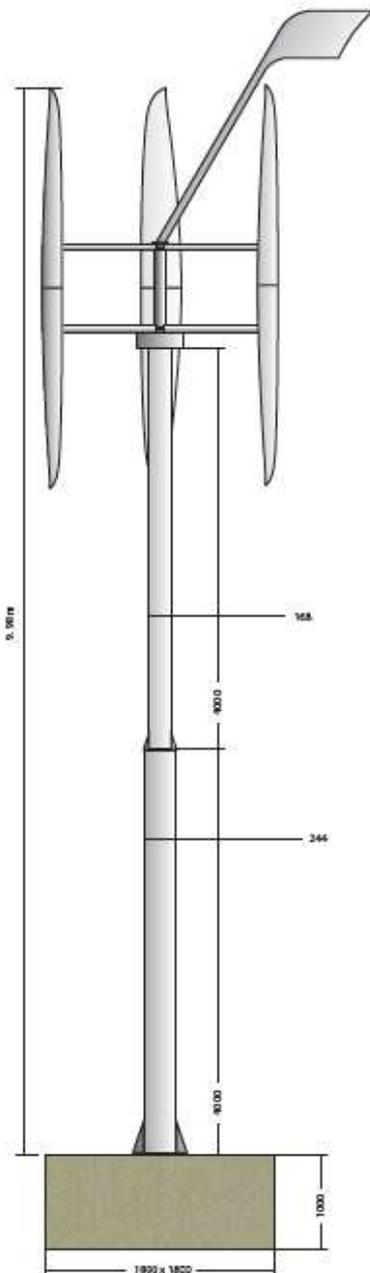
<b>Abmessung, Gewicht, und Anschlüsse des BHKW Modul</b>			
<b>Länge</b>	ca. 1550 mm	<b>Heizungsvorlauf</b>	R 3/4"
<b>Breite</b>	ca. 660 mm	<b>Heizungsrücklauf</b>	R 3/4"
<b>Höhe</b>	ca. 1100 mm	<b>Abgasanschluss</b>	R 1"
<b>Farbe</b>	RAL 6032, grün	<b>Kraftstoffanschluss</b>	Rohrverschraubung D8
<b>Gewicht</b>	ca. 600 kg		

Abbildung-Anhang 9: Ausschnitt aus dem Datenblatt der BHKW Typ KWE 6P-3SI. Abrufbar unter: [http://www.nisius-bhkw.de/media/kw6psi.PDF?wb\\_4972\\_session\\_id=ok072tg3e0gdics3pq2lrciik7](http://www.nisius-bhkw.de/media/kw6psi.PDF?wb_4972_session_id=ok072tg3e0gdics3pq2lrciik7)

# ev300

3kW

## Produkteinformation



### Netto Jahresleistung ev300 (Weibull Faktor 2)



### Betriebsdaten

Nennleistung	3kW
Nenngeschwindigkeit	12 m/s      43,2km/h
Anlaufgeschwindigkeit	1,2m/s      4,3 km/h
Einschaltgeschwindigkeit	2 m/s      7,2 km/h
Abschaltgeschwindigkeit	16 m/s      57,6 km/h
Schallemissionen	40 dB (20m Distanz, 5m/s Wind)
Betriebsauslegung	20 Jahre
Garantie	5 Jahre
CE - Zertifizierung	nach CE 2006/42/EG

### Rotor

Material	Composite (CFK, GFK)
Flügel	Spannweite 3m, Durchmesser 2m
Blatwinkelverstellung	mechanisch
Nennzahl	360 U/min
Windnachführung	mechanisch mittels Windfahne

### Sicherheitssysteme

Elektrische Bremse	Generator, Ballastwiderstand
Sturmsicherung	Fliehkraftkupplung (activ Stall)

### Wechselrichter

Eingang	250 VAC, 3-phasig
Zwischenkreis	440 VDC
Ausgang ON - GRID	230 VAC, 1-phasig, 50 - 60 Hz
Ausgang OFF - GRID	DC, optional

### Mast/ Fundament

Typ	Stahl, rostfrei, matt weiss
Standart Masthöhen	4/8/12m
Fundament (8m)	1,8 x 1,8 x 0,8 m tief (Richtwert)
Gewicht	250 - 800 kg (je nach Mast)

### Steuerung

Schaltschrank	Inhouse / Outdoor
Lastbereich	Maximum Power Tracking

Technische Änderungen vorbehalten

Abbildung-Anhang 10: Ausschnitt aus dem Produktebeschrieb des Windrades ev300 der Firma Energate. Abrufbar unter <http://www.envergate.com/produkte/remote/>

Variante		Treibstoffverbrauch						Treibstoffkosten			Kosten pro Jahr		
Beschreibung	Holz		Pflanzenöl		Propangas		Holz	Pflanzenöl	1 Flasche in Fr	Holz	Planzenöl	Propangas	
	kg	Klafter 1Klafter =1500kg	Pflanzenöl (Liter)	Anzahl Behälter 1 Behälter =1000Liter	kg	Anzahl Flaschen	1 Klafter =3 Ster =2 Heliflüge	Ein Behälter fasst 1000l, 1l kostet 1.8fr	1 Propanflasche 26.6kg (10.5kg Gas)				
Variante 1	BHKW			2232	2.23	366	35	400	1800	45	0	4018	1570
Variante 1.1	1 ohne GS			2228	2.23	366	35	400	1800	45	0	4010	1570
Variante 1.2	1 ohne GS + SM			2124	2.12	366	35	400	1800	45	0	3823	1570
Variante 1.3	1 mit SL			2022	2.02	366	35	400	1800	45	0	3640	1570
Variante 2	Holz, Gas, Wind neu	3586	2.39		0.00	146	14	400	1800	45	956	0	624
Variante 2.1	2 ohne GS	3578	2.39		0.00	146	14	400	1800	45	954	0	624
Variante 2.2	2 ohne GS + SM	3393	2.26		0.00	146	14	400	1800	45	905	0	624
Variante 2.3	2 mit SL	3211	2.14		0.00	146	14	400	1800	45	856	0	624
Variante 3	Holz, Gas, Wind alt	3596	2.40	283	0.28	366	35	400	1800	45	959	509	1570
Variante 3.1	3 ohne GS	3596	2.40	272	0.27	366	35	400	1800	45	959	490	1570
Variante 3.2	3 ohne GS + SM	3596	2.40	19	0.02	366	35	400	1800	45	959	34	1570
Variante 3.3	3 mit SL	3221	2.15	283	0.28	366	35	400	1800	45	859	509	1570

Abbildung-Anhang 11: Darstellung der Treibstoffkosten aller Varianten

<b>Notstrom-Generator</b>	KDE6700TA3
el. Leistung kW	5
Verbrauch Diesel l/h	1.7
Preis Sfr	2590
Lärm dB	70
<b>Geschirrspühlautomat</b>	Hobart FX70-N
el. Leistung	1kw
Wasserverbrauch/spühhgang	2.5l
Preis (nach Offerte) SFr.	7300
<b>Windrad</b>	Envergate ev 300
Leistung kW	3
Preis	21925
Energie bewartet kWh	1790
Energie unbewartet kWh	2011
<b>Brauchwasser-Pumpe</b>	Biral A401KW
Leistung	200W
Preis	1919
<b>Solarlüftung</b>	TwinSolar compact
Preis Sfr. Ohne Inneninstallation	9160
Grösse	6.5m2
<b>Solartrichter</b>	Eigenentwicklung
Preis	2000
<b>Secomat</b>	SecoTec 1600
Leistung kW	0.77
Preis SFr.	2410
<b>BHWK</b>	KWE 6P-3 SI
el. Leistung	6kw
thermische Leistung	14kW
Preis Fr	28768
Verbrauch	2.8l/h
<b>Boiler</b>	Annahme
Grösse	200
Preis	1126
<b>PV neu</b>	K. Schoch
Preis	20000
Leistung	1.5kWp
Energiebeitrag	731kw
<b>Zentralheizungskochherd</b>	Tiba 806
Preis	9655
Leistung	25kW
<b>Helikopterflug</b>	
Preis ab Tierfehd	600
Mollis (ca. 3 Mal/Jahr)	1000
Transportgewicht	max 750kg

Tabelle-Anhang 12: Liste der verwendeten Geräte und Anlagen