



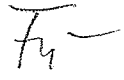
Fachhochschule München  
Munich University of applied sciences  
Fachbereich 05 - Versorgungstechnik

## DIPLOMARBEIT

# Möglichkeiten zur Energieoptimierung auf Berghütten im Alpenraum

in Zusammenarbeit mit dem Alpenverein Südtirol

Betreuer:  
Prof. Dr. Hartmuth Paerschke  
Fachhochschule München  
Studiengang Versorgungstechnik  
paerschk@rz.fh-muenchen.de

Autor:   
Harald/Pardatscher  
März 2000  
Matrikel-Nr. 12709695  
harald.pardatscher@usa.net

Pardatscher, Harald  
geb am 06.02.1976

München, 31.März 2000  
Matrikel-Nr. 12709695

Diplomarbeit im WS 1999/2000

## ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, daß ich die Diplomarbeit selbständig verfaßt, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benützt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

*Harald Pardatscher*

Unterschrift

## Zusammenfassung der Diplomarbeit

# Möglichkeiten zur Energieoptimierung auf Berghütten im Alpenraum

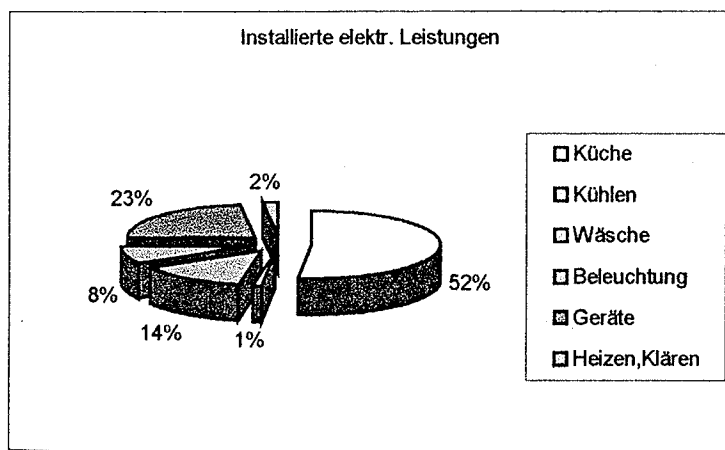
Als die ersten Schutzhütten des AVS in den Nachkriegsjahren entstanden, war das erste Ziel eine Bergunterkunft, an einen optimierten Energieeinsatz brauchte man nicht zu denken, man war mit dem Nötigen zufrieden.

Ganz im Gegensatz dazu steht die Situation von den 70er Jahren bis heute: Der Berg wurde ein Tummelplatz der (Berg)Touristen, entsprechend erschlossen und ausgestattet. Somit wurden viele Hütten erweitert und neues Gerät beschafft. Es ist durchaus verständlich, daß insbesondere in den Jahren des stark wachsenden Tourismus die Hütten diese Komfortsteigerung ohne allzu große Rücksicht auf die alpine Bergwelt erhielten. Es war damals allerdings auch nicht üblich, nach neuen Konzepten und besserer Technik für Insellösungen zu suchen. So entwickelte sich im Lauf der Jahre ein beachtliches Einsparpotential, v.a. auf den älteren Hütten.

Im Rahmen meiner Diplomarbeit habe ich die vorhandenen Potentiale untersucht und klassifiziert und Möglichkeiten zur Nutzung aufgezeigt. Das Ergebnis ist ein Leitfaden, der es auch technischen Laien erlaubt, die Zusammenhänge und Hintergründe von Anlagen und Installationen zu verstehen und das gewonnene Wissen umzusetzen. Fachplaner dagegen erhalten einen zusammengefaßten Überblick über die spezielle Situation bei den doch noch spärlichen alpinen Insellösungen.

Wie erwartet, liegt das Sparpotential zunächst bei der Verringerung des Energieeinsatzes, auch durch den Einsatz von modernem Gerät, größere Maßnahmen müssen schließlich bei der Bausubstanz durchgeführt werden, um die Heizlast der Hütten zu verringern.

Der Strombedarf ist jene Komponente, um die sich auf den Hütten alles dreht. Hier kann man sehr gut den „Sparhebel“ ansetzen.



Eine große Hilfe ist die Auflistung der elektrischen Verbraucher. Hier wird sichtbar, wo der meiste Strom verbraucht wird: in der Küche. Üblicherweise sind in Küchen ca. 60 % der Geräte gleichzeitig in Betrieb, durch den Einsatz von Energieoptimierungssystemen kann man diese Gleichzeitigkeit auf 20 % absenken, das bedeutet, daß ca. 40 % Leistung (auf die Küche bezogen) eingespart werden kann. Absolut, also auf die gesamte elektrische Einrichtung bezogen, sind das immerhin noch 20,8 %, der Generator könnte also um ein Fünftel

kleiner ausfallen, wobei bedacht werden muß, daß das Gerät (v.a. Werkzeug) von den Hüttenwirten sinnvollerweise in Zeiten mit wenig anderweitigem Energiebedarf eingesetzt wird.

Die Beleuchtung stellt besonders abends eine Grundlast dar, die mit Energiesparlampen durchaus so gering gehalten werden kann, daß die Stromversorgung aus einem Batteriesatz erfolgen kann.

Überhaupt sollte die Stromversorgung nicht ausschließlich über Dieselgeneratoren erfolgen, es gibt sinnvolle Ergänzungen auf der Basis von regenerativen Energien: Photovoltaik, Windkraft und nicht zuletzt Wasserkraft.

Beim Einsatz von Sonnen- und Windenergie muß zwangsläufig auf einen Generator zurückgegriffen werden, da bei größeren Hütten eine reine PV- und Windstromversorgung finanziell nicht tragbar ist. Solche Anlagen werden auch „Hybridanlagen“ genannt, der Generator speist dabei überschüssige Energie in den Batteriepuffer.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang ein geeignetes Batteriemangement. Durch v.a. temperaturangepaßtes Laden- und Entladen kann die Lebensdauer im Vergleich zu nur einfach geregelter Be- und Entladung nahezu verdreifacht werden.

Die bereits genannte Wasserkraftnutzung stellt jedoch die beste Alternative dar: Wann immer es möglich ist, sollte auf diese Form der Stromversorgung zurückgegriffen werden.

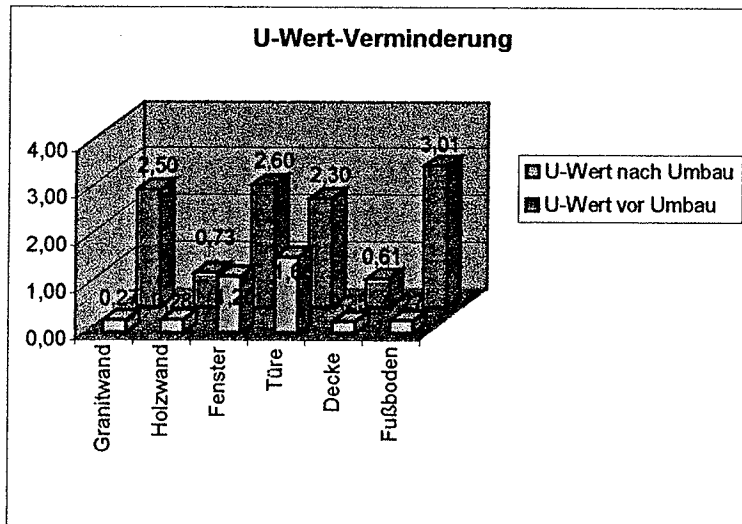
Größere Dieselgeneratoren sollten ebenfalls nur unter Verwendung eines Abgaswärmetauschers zum Einsatz kommen, damit nochmals 22-30 % der investierten Energie (Treibstoff) genutzt werden können. Normalerweise weist ein Dieselgenerator einen Wirkungsgrad von ca. 38 % auf. Über den Abgaswärmetauscher wird

Warmwasser erzeugt, und somit der Brennstoffaufwand reduziert. Die modernste Variante der Wärmerückgewinnung aus Motorgeneratoren stellen die Blockheizkraftwerke (BHKW) dar. Durch den Einsatz von Abgas- und Kühlwasserwärmetauschern können insgesamt 85 % der investierten Energie (Diesel) genutzt werden.

Im Bereich des Wärmebedarfes liegt ebenfalls ein gewaltiges Sparpotential: Eine Berechnung an einer fiktiven Hütte, die in ihrem Aufbau den untersuchten AVS-Hütten entspricht, hat Einsparungsmöglichkeiten in der Größenordnung von 70 % ergeben. Diese Reduktion könnte durch entsprechende Umbauten erreicht werden, welche die verschiedenen Bauteile auf einen heute üblichen Stand der Technik (oder besser) bringen würden. Ein Knackpunkt dabei ist sicher die Veränderung der Gebäudehülle. Die Hütte wird ein neues Aussehen bekommen,

oder auch nicht, denn letztendlich handelt es sich immer um eine Frage des Geldes. Der Austausch von alten Fenstern alleine würde übrigens eine Energieeinsparung von ca. 5 % mit sich bringen.

Die nebenstehende Grafik zeigt nochmals übersichtlich, wie groß das thermische Sparpotential ist. Man kann aus der Verminderung der U-Werte, welche beschreiben, wieviel Wärme durch ein 1 m<sup>2</sup> großes Bauteil pro Kelvin (entspricht °C) entweicht, durchaus Rückschlüsse auf den Brennstoffverbrauch ziehen, der Aufwand für den Hüttenwirt könnte also weit verringert werden.



Ganz allgemein gilt auf Berghütten das Prinzip des geringsten Aufwandes: Die eingesetzte Technik darf nicht zu komplex und wartungsaufwendig sein.

Vorzuziehen sind solche Lösungen, die praktisch keinen weiteren Aufwand benötigen, das beginnt z.B. bei Fließwasserkühlung für Bierfässer und endet beim Einsatz von hydraulischen Widdern, das sind Wasserpumpen, die über einfache physikalische Prinzipien mit Hilfe der Fallenergie des Wassers einen Teil davon wieder nach oben pumpen. Auch bei Solaranlagen gibt es das sog. Drain-Back-System, das im Vergleich zu konventionellen Anlagen weniger wartungsaufwendig ist.

Außerdem gibt es oftmals Energiepotentiale, die derzeit einfach brachliegen. Dazu gehört z.B. die Abluft aus der Küche, die einfach über die Abzugshaube ins freie abgeblasen wird. Man könnte hier einen Luft-Wärmetauscher nachschalten (im Großküchensegment erhältlich !) und mit der so erhaltenen warmen Luft (mit einem vorsichtigen Berechnungsansatz darf man 25°C warme Frischluft erwarten) die Hütte beheizen, bzw. die ggf. vorhandene Feuchtigkeit austreiben.

Ein weiterer Grundsatz ist die exakte Berechnung von Anlagen und Komponenten. Bei Rohrnetzen z.B. läßt sich Einiges an Massen und Dimensionen einsparen, wenn nicht mit der üblichen „Pi-mal-Daumen-Methode“, sondern eben genau gerechnet wird. Die moderne Technik, die uns heute in der Gestalt von Auslegungs- und Simulationsprogrammen zu Verfügung steht, erleichtert diese Arbeit ungemein und sollte auch genutzt werden.



## Vorwort und Danksagung

Die Idee zu dieser Diplomarbeit entstand zwei Tage vor Beginn meines Studiums 1995 in München in einem Gespräch zwischen dem damaligen Landesjugendführer Hubert Fischer und mir, während einer Pause im Klettergarten Mühlen. Seitdem ist der Kontakt zwischen dem Alpenverein Südtirol und mir in dieser Frage mal mehr und mal weniger gepflegt worden, das Ergebnis liegt nun letztendlich in dieser doch recht umfangreich gewordenen Arbeit vor.

Es war bestimmt nicht meine Aufgabe, die Energieversorgung auf alpinen Hütten neu zu erfinden, mein Anspruch lag vielmehr darin, eine brauchbare Unterlage zu schaffen, mit der jeder Laie einen Einblick in Vorder-, aber auch Hintergründiges zum Thema Versorgungstechnik auf Berghütten erhält. Andererseits erhält der Fachplaner Detailinformationen, die speziell das kleine Gebiet von alpinen Insellösungen betreffen.

Die Basis dieser Diplomarbeit bildet einerseits eine Vielzahl an Literatur, technischen Publikationen, Firmenunterlagen und -daten, andererseits jedoch auch viele Gespräche mit Hüttenwirten, Ingenieuren und selbstverständlich den Mitarbeitern von AVS und DAV.

Daher gilt mein Dank all jenen, die mir ihr Wissen zu Verfügung gestellt und wertvolle Anregungen aus ihrem Fundus an Erfahrungen mitgegeben haben. Dies betrifft das Referat Hütten und Wege des DAV, allen voran Peter Weber, der mir trotz seines notorischen Zeitmangels Zugang zu allen Informationen des DAV gewährte. Herrn Peter Gruber sei gedankt für sein „Privatseminar“ zum Thema Pflanzenöl-BHKW auf Hütten des AV. Er hat damit meinen Kenntnisstand zu diesem Thema bedeutend erweitert. Auch Edmund Gasteiger, ehemaliger Leiter des Ökoinstitutes Neustift erwies sich als wahrer Quell der Anregungen und Vorschläge. Ginge es nach ihm, würde diese Arbeit noch viel mehr Seiten aufweisen.

Nicht vergessen möchte ich auch Herrn Gerd Heilscher von ist-EnergieCom, Augsburg und Herrn Gerd Gremes von der Fa. Leitner in Bruneck. Das Kapitel Photovoltaik wäre ohne deren Unterstützung und Meßdaten nicht so umfassend geworden.

Die Basis der ganzen Arbeit sind natürlich die Daten des AVS. Georg Simeoni vom Hütten- und Wegereferat hat mir dabei zusammen mit seinem Vorgänger Franz Oberlechner alle nötige Unterstützung zukommen lassen, und die Verköstigung auf den Hütten bei den Wirten Paul Willeit, Willi Oberhofer und Oswald Volgger war nicht unbedingt selbstverständlich.

Auch allen anderen, die mich in irgendeiner Form ganz spontan unterstützt haben, sei an dieser Stelle recht herzlich gedankt, besonders Firmen und Verbänden, die mir Daten und Kostenvoranschläge prompt zukommen ließen. Jenen Firmen, die es nicht für nötig hielten, auch nur irgendeine Rückmeldung abzugeben, gilt dagegen meine Geringschätzung.

Der Betreuer dieser Arbeit, Prof. Dr. Hartmuth Paerschke, erwies sich schließlich einmal mehr als kompetenter Kenner der Materie, der mir wichtige Anregungen zum Inhalt und natürlich zur Form gab. Ihm gilt stellvertretend für die Fachhochschule München, den Fachbereich Versorgungstechnik und dessen Lehrkörper, meine besondere Wertschätzung.

Ich hoffe, daß dieser Wegweiser seinen Weg zu den Hüttenbetreibern findet und ihnen auch eine willkommene Hilfe bietet, die Vielzahl an technischen Lösungen anzugehen und umzusetzen.

München, im März 2000

## Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Wärmehaushalt von Hütten</b> .....	<b>6</b>
2.1 Berechnung der Heizlast und des Brennstoffverbrauches.....	7
2.2 Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes und bauphysikalischer Hintergrund.....	11
2.2.1 Wärmeschutz der Außenwände.....	11
2.2.2 Wärmeschutz an Dach und Keller.....	13
2.2.3 Wärmeschutz an Fenstern und Türen.....	14
2.2.4 Lüftungswärmebedarf und Wärmerückgewinnung.....	15
2.2.5 Schutz vor eindringender Feuchtigkeit.....	16
2.3 Ökologie.....	17
2.3.1 Kosten.....	18
<b>3 Stromhaushalt von Hütten</b> .....	<b>19</b>
3.1 Bestandsaufnahme.....	19
3.2 Einfache, wenig aufwendige Maßnahmen zum Stromsparen.....	21
3.3 Lastmanagement- und Optimierungssysteme.....	23
3.3.1 Kosten.....	24
<b>4 Wärmeerzeugung auf Hütten</b> .....	<b>25</b>
4.1 Grundsätzliches zu Wärmespeicherung und -verteilung.....	25
4.2 Konventionelle Anlagen zur Wärmeerzeugung.....	28
4.2.1 Holzherd.....	28
4.2.2 Kachelofen.....	28
4.2.3 BHKW oder Generator mit Wärmerückgewinnung.....	28
4.2.4 Spitzenlastkessel.....	28
4.2.5 Strom.....	28
4.3 Anlagen auf der Basis regenerativer Energien.....	29
4.3.1 Solarkollektoren.....	29
4.3.1.1 Anlagentypen.....	31
4.3.1.1.1 Low-Flow/Standardanlagen.....	31
4.3.1.1.2 Schwerkraftanlagen.....	31
4.3.1.1.3 Drain-Back-System.....	32
4.3.1.2 Auslegung von thermischen Solaranlagen.....	33
4.3.1.2.1 Theoretischer Hintergrund.....	33
4.3.1.2.2 Kennzahlen zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von Solaranlagen.....	34
4.3.1.2.3 Überschlägige Dimensionierung von Brauchwasser-Solaranlagen.....	34
4.3.1.2.4 Berechnungsbeispiel "Schönblick".....	35
4.3.1.2.5 Simulation der Solaranlage.....	36
4.3.1.3 Kosten.....	36
4.3.2 Solar-Luftkollektoren.....	37
4.3.2.1 Kosten.....	38
4.3.3 Wärmerückgewinnung aus Küchenabluft.....	39
4.3.3.1 Kosten.....	40
4.4 Beispielhafte Anlagenschaltbilder.....	41
<b>5 Stromerzeugung auf Hütten</b> .....	<b>43</b>
5.1 Wasserkraftnutzung.....	43
5.1.1 Theoretischer Hintergrund.....	43
5.1.2 Praktische Folgen.....	44
5.1.3 Kosten.....	45
5.2 Diesel-/Benzinaggregate, BHKW.....	46
5.2.1 Kosten.....	47
5.3 Solarenergienutzung (Photovoltaik).....	48
5.3.1 Physikalischer Hintergrund.....	48
5.3.2 Vor- und Nachteile.....	49
5.3.3 Auslegung und Planung von PV-Anlagen.....	49
5.3.3.1 Theoretischer Hintergrund.....	49
5.3.3.2 Zur Berechnung benötigte Formeln und Kennzahlen.....	51
5.3.3.3 Energiespeicherung (Batterien).....	52
5.3.3.4 Wechselrichter.....	53
5.3.3.5 Blitz-/Überspannungsschutz.....	54
5.3.3.6 Personenschutz.....	54
5.3.3.7 Allgemeine Anforderungen.....	54

5.3.3.8	Wartung und Qualitätssicherung	54
5.3.3.9	Verschattungsproblematik	55
5.3.3.10	DAV Standardisierungskonzept	55
5.3.3.11	Überschlägiges Berechnungsbeispiel "Schönblick"	56
5.3.3.12	Computersimulation zum Berechnungsbeispiel "Schönblick"	57
5.3.4	Kosten	57
5.4	Windenergienutzung	58
5.4.1	Vor- und Nachteile	58
5.4.2	Theoretischer Hintergrund	59
5.4.3	Kosten	59
5.5	Beispielhafte Anlagenschaltbilder	60
<b>6</b>	<b>Wasserver- und entsorgung</b>	<b>61</b>
6.1	Grundsätzliches zur Wasserversorgung	61
6.1.1	Pumpen	61
6.1.2	Rohrleitungen	62
6.1.3	Wasseraufbereitung	62
6.1.4	Speicher	63
6.2	Hydraulische Widder	64
6.3	Möglichkeiten zum Wassersparen	66
6.3.1	Regenwassernutzung	66
6.4	Wasserentsorgung	68
<b>7</b>	<b>Kosten/Wirtschaftlichkeit</b>	<b>69</b>
7.1	Berechnung der Stromgestehungskosten [29]	69
<b>8</b>	<b>Schluß</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Quellenangabe</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>72</b>
A 1	Weiterführende Internet-Adressen (URL)	72
A 2	Berechnung der U-Werte der Bauteile der „Schönblickhütte“ innerhalb der Wärmebedarfsberechnung mit mh-Software	73
A 3	Wärmebedarfsausweis nach §12 der Wärmeschutzverordnung für die „Schönblickhütte“ vor und nach dem Umbau	86
A 4	Bestandsaufnahme der elektr. Verbraucher auf der Tiefrastenhütte	88
A 5	Auszug aus dem europäischen Solaratlas: mittlere tägliche Globalstrahlung über Europa	90
A 6	Ergebnisse der f-CHART <sup>c</sup> -Simulation zur Brauchwasser-Solaranlage	92
A 7	Ergebnisse der PVS-2000 <sup>c</sup> -Simulation zur PV-Anlage	101
A 8	Standardisierungskonzept für Photovoltaikanlagen zur Versorgung von Alpenvereinsgehütten des DAV	133
A 9	Winddaten des Standortes Rieserferner mit anschließender Berechnung der erzielbaren Leistung	134
A 10	„Detmolder Liste“ der sparsamen Haushaltsgeräte	138

## 1 Einleitung

Der Alpenverein Südtirol (AVS) verfügt heute (2000) über insgesamt 17 Schutzhütten, verteilt auf das ganze Land Südtirol. Diese Hütten wurden allesamt erst nach dem 2. Weltkrieg erbaut, nachdem dieser Verein als Südtiroler Nachfolger des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins (DuÖAV) erst 1946 gegründet werden durfte.

Durch die Wirren der Geschichte waren bekannterweise dem DuÖAV nach dem 1. Weltkrieg sämtliche Hütten auf Südtiroler Gebiet genommen worden, und es bedurfte einer großen Anstrengung, wieder eigene Stützpunkte zu errichten.

In den Jahren 1954 (Radlsee­hütte oberhalb von Felthurns) bis 1988 (Oberetteshütte im Talschluß von Matsch) entstanden diese Hütten unter großem persönlichen Aufwand der Mitglieder. Das Hüttenbauprogramm des AVS war damit abgeschlossen.

Nach dieser Phase des Bauens begann die Phase der Aufrüstung und Anpassung der Hütten an die geänderten Erfordernisse. In erster Linie betraf das die Abwasserreinigung. Heute (2000) sind alle AVS-Hütten mit eigenen kleinen Kläranlagen ausgestattet und belasten somit alpine Gewässer und Böden nur mehr in geringem Maße.

Eine weitere Entwicklung der letzten 45 Jahre war die technische Ausrüstung der Hütten mit neuem und auch vielem Gerät. Der Energiebedarf stieg dadurch natürlich auch gewaltig an.

Erst in den 80er Jahren hat auch der Umweltschutz im sensiblen hochalpinen Bereich auf breiter Basis Einzug gehalten, man wurde der doch großen Belastung bewußt, die eine solche große Hütte verursachen kann. Zusammen mit der Grundsatzentscheidung, keine neuen Hütten mehr zu bauen, begann auch der Einsatz von alternativen Energieträgern, allen voran der Sonnenenergie. Dabei darf natürlich nicht vergessen werden, daß die Photovoltaik bis Mitte der 80er Jahre für private Anwendungen nahezu unbezahlbar war. Die Alpenvereine waren hier durchaus Pioniere.

Oft waren die Anlagen jedoch nicht richtig auf die Umgebung abgestimmt, ganz zu schweigen von einigen Problemen mit Komponenten. Diese Anfangsschwierigkeiten waren der Entwicklung nicht sehr förderlich.

Heute dagegen stehen eine Vielzahl von Technologien zu Verfügung, die es den Hüttenbetreibern erlauben, bei nur geringem Komfortverzicht eine nachhaltige Versorgung ihrer Bauten mit alternativen Energien zu ermöglichen. Im Jahr 1998 wurde erstmals ein Gesamtenergiekonzept für die Rieserfernerhütte erstellt. Seitdem wird auch vor Ort eifrig Datenmaterial gesammelt, dieses liegt teilweise auch dieser Arbeit zu Grunde.

Die Potentiale sind vorhanden und teilweise unerwartet groß. Die vorliegende Diplomarbeit soll helfen, einen Einblick und vor allem einen Überblick in diese vielfältige Materie zu erhalten. Den Hüttenbetreibern und Wirten soll ein Werkzeug in die Hand gegeben werden, mit dem sie selber vor Ort nach Optimierungsmöglichkeiten suchen und damit auch einen ersten Anstoß geben können.

Das Referat Hütten und Wege des AVS hat dazu drei Hütten als Referenzbasis ausgesucht. Sämtliche technische und bauliche Daten basieren auf diesen Hütten. Es wird damit zwar nicht der gesamte Hüttenbestand widerspiegelt, ein weiter Bereich dürfte aber durchaus abgedeckt sein.

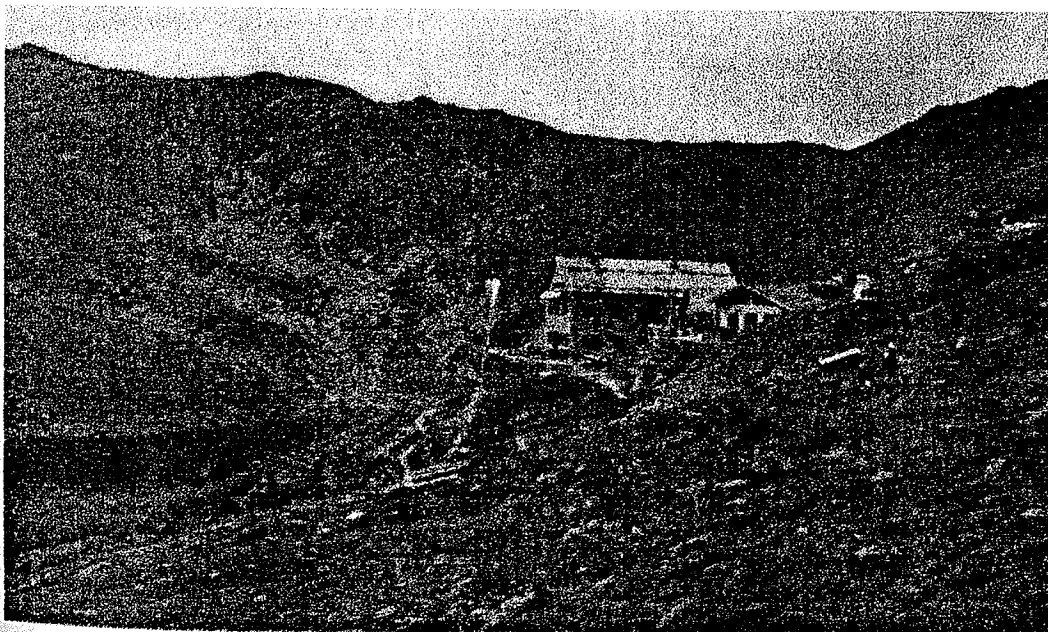
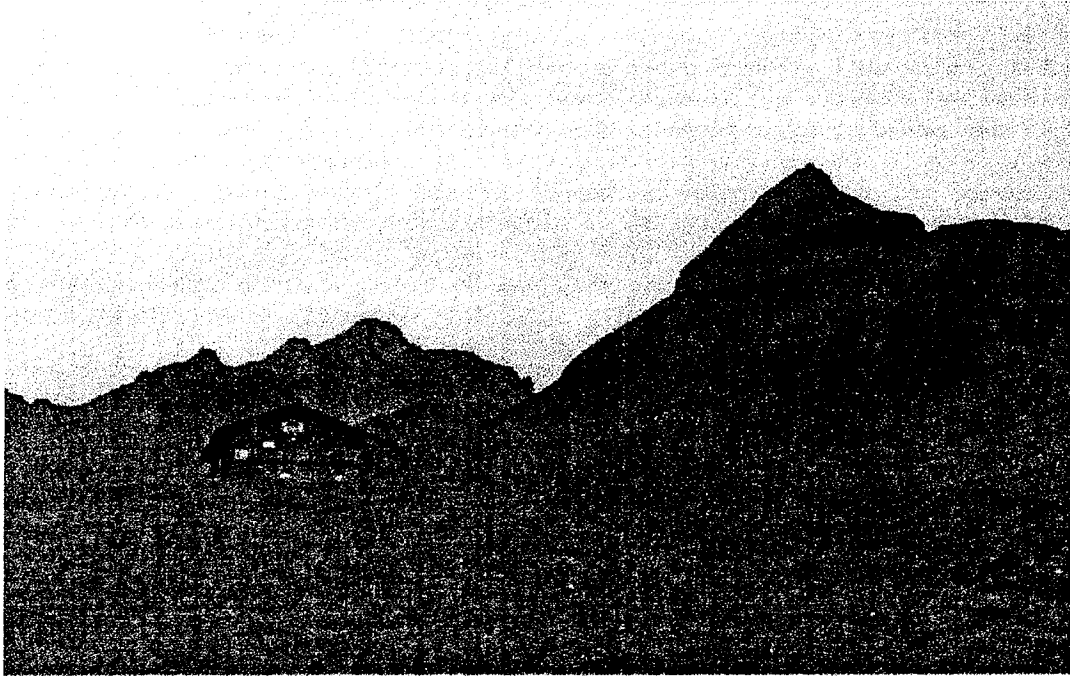
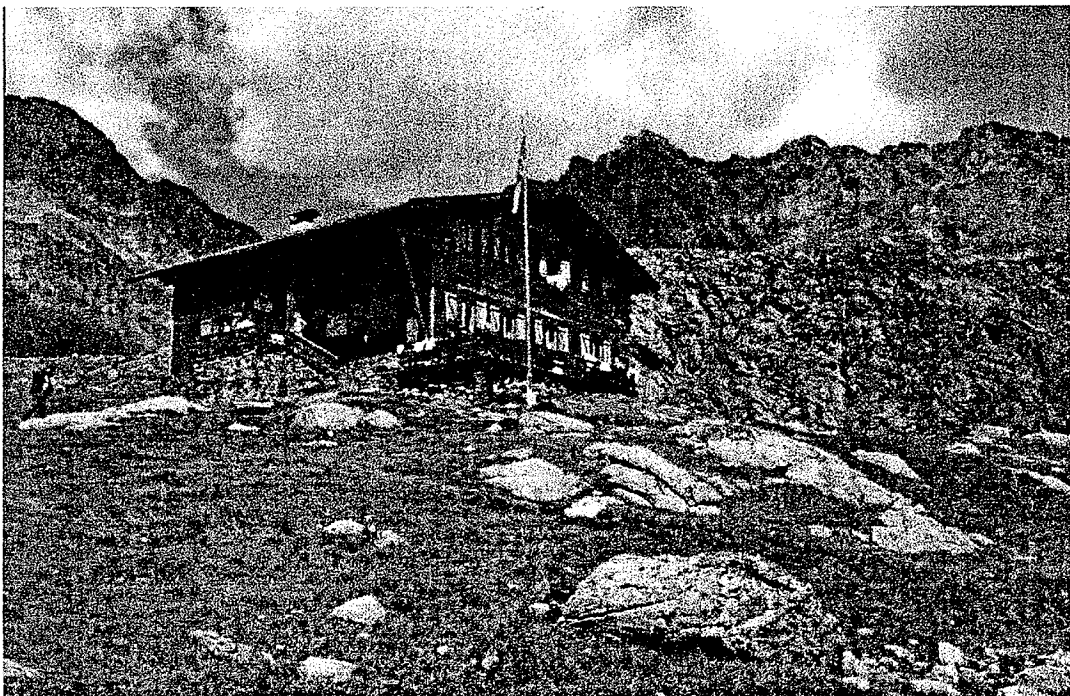


Abbildung 1: Referenzhütte 1: Radlsee­hütte (2284 m, oberhalb von Felthurns/Eisacktal),  
[Foto: H. Pardatscher]



**Abbildung 2: Referenzhütte 2: Brixner Hütte (2307 m, im Valsertal/Pustertal)**  
[Foto: H. Pardatscher]



**Abbildung 3: Referenzhütte 3: Tiefraströhnhütte (2312 m, oberhalb von Terent/Pustertal)**  
[Foto: H. Pardatscher]

## 2 Wärmehaushalt von Hütten

Die wärmetechnische Ausrüstung der Hütten spielt oftmals eine vernachlässigte Rolle, bei den drei Referenzhütten ist die entsprechende Ausführung als teilweise veraltet anzusehen. Dabei lassen sich durch eine zeitgemäße Wärmedämmung erhebliche Mengen an Brennstoff einsparen, egal ob Heizöl, Gas, Holz oder auch Strom. Dies bedeutet weniger Transport- und natürlich auch Arbeitsaufwand bzw. werden neue Kapazitäten beim vorhandenen Stromangebot geschaffen.

Der Aufwand für eine solche Energiesparmaßnahme ist durchaus vertretbar, insbesondere bei den in Italien üblichen, hohen Brennstoffpreisen. Bei Holzfeuerungen stellt sich ein entsprechend geringerer Holzverbrauch ein.

Am Beispiel einer einfach aufgebauten Hütte soll nachfolgend dargestellt werden, welche Einsparungen durch Wärmedämmung erreicht werden können.

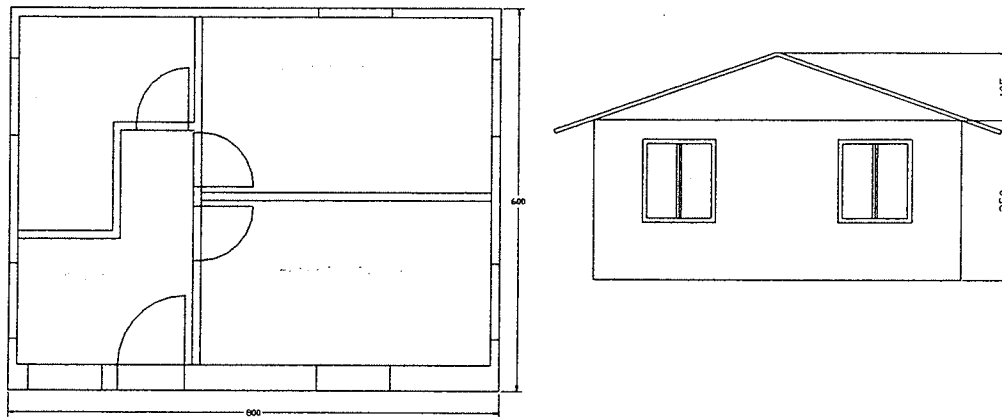


Abbildung 4: Hütte „Schönblick“ (frei erfunden)

Der Aufbau der thermischen Hülle dieser Hütte entspricht weitgehend dem von mir vorgefundenen Zustand auf den drei Referenzhütten. Der Dachboden soll unbenutzt sein.

(die U-Werte wurden mit Hilfe von mh-Software berechnet, siehe dazu Anhang 2)

Ort: Schönblick, 2300 müNN

Außenwände:	Südwand aus 40 cm Granit, innen verputzt, $U=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ alle anderen Wände aus 12 cm dicken Holzbohlen, außen mit 2 cm Schindeln, innen mit Perline $U=0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fußboden gg. Erdreich:	auf 5 cm loser Schüttung 15 cm Normalbeton und 6 cm Estrich $U=2,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
Decke gg. unbeheiztes Dach:	Holzbalken mit 1,5 cm Brettern, 5 cm Dämmung und 3 cm Brettern $U=0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster:	Holzfenster mit Isolierverglasung (Thermopen), $U=2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
Türe:	Vollholztür, $U=2,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
tiefste Außentemperatur:	-10 °C es ist dies die von den Hüttenwirten angegebene Temperatur im Bewirtschaftungszeitraum Mai-Oktober

Die Bauartschwereberechnung hat eine flächenbezogene Masse von  $282 \text{ kg/m}^2$  ergeben, es handelt sich somit um leichte Bauart. Damit verfügt das Gebäude über keine nennenswerten Speichermassen. Andernfalls könnte bei schwerer Bauart die anzusetzende Außentemperatur um 2 °C erhöht werden.

Erwärmt wird die Hütte durch einen zentral gelegenen Holzofen, z.B. einem Kachelofen.

Weiters wird auf eine exakte Heizlastberechnung verzichtet, da eine Betrachtung nach dem Hüllflächenverfahren hinreichende Genauigkeit bringt.

Mit den oben angegebenen Werten, einem realistischen Luftwechsel von 0,8/h und einer vorgegebenen Innentemperatur von 20 °C ergibt sich die auf den folgende Seiten dargelegte Situation, wobei ein Umbau auf den heute üblichen Stand der Technik mitberücksichtigt wird.

Dazu gilt es, folgenden Sachverhalt festzuhalten:

Die deutsche Wärmeschutzverordnung (WSchV) gibt bei Wohngebäuden Grenzwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten U (früher: k-Wert) der erstmalig eingebauten oder als Ersatz für bestehende Bauteile an. Es wird jedoch angeraten, Niedrigenergiehaus (NEH)-Werte anzustreben. Technisch ist das kein Problem. NEH liegen in ihrer Wärmelast ca. 25-30 % unter den Werten der WSchV (Tabelle 1). Der Zusammenhang zum U-Wert ist dabei natürlich nicht linear, da das Verhältnis zwischen Außenfläche und Gebäudevolumen eine zentrale Rolle spielt. Dennoch ist eine Verringerung des U-Wertes in diese Richtung erstrebenswert (in der Praxis „spielt“ man dann mit diesem Wert, um NEH-Werte zu erreichen).



Bauteil	WSVO 1995	30 % verringert
Außenwände	$U \leq 0,50$	$U \leq 0,35$
Außenliegende Fenster und Fenstertüren	$U \leq 1,8$	$U \leq 1,26$
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken (einschl. Dachschrägen), die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen	$U \leq 0,30$	$U \leq 0,21$
Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte (Keller)Räume sowie Decken und Wände, die ans Erdreich grenzen	$U \leq 0,50$	$U \leq 0,35$

Tabelle 1: Anforderungen der WSVO 1995 [1] und weiters die um 30 % verminderten Werte

## 2.1 Berechnung der Heizlast und des Brennstoffverbrauches

Üblicherweise wird die Heizlast eines Gebäudes gemäß DIN EN 832 Raum für Raum berechnet. Bei kleineren Objekten und im vorliegenden Fall reicht jedoch eine Berechnung nach dem Hüllflächenverfahren völlig aus. Dazu werden lediglich die Außenbauteile betrachtet und eine einheitliche Innentemperatur zugrunde gelegt. Man verwendet dazu die Näherungsformel:

$$\dot{Q} \approx \left[ \sum (U_j \cdot A_j) + 0,35 \cdot \beta \cdot \sum V_R \right] \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)$$

- $U_j$  U-Wert des jeweiligen Bauteils
- $A_j$  Fläche des jeweiligen Bauteils
- $\beta$  Luftwechsel
- $V_R$  Raumvolumen
- $(\vartheta_i - \vartheta_a)$  Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur

In der folgenden Tabelle 2 wird nach der genannten Formel unter Auflistung der Bauteile die Heizlast ermittelt.

$\vartheta_i$ :	20	°C
$\vartheta_a$ :	-10	°C
Luftwechsel $\beta$ :	0,8	1/h
Innenvolumen:	125,8	m <sup>3</sup>
lichtes Volumen:	100,64	m <sup>3</sup>

Bauteil	U-Wert vorher W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	U*A W/K	
AW Granit:	2,50	15,64	39,10	
AW Holz	0,73	43,04	31,42	
Decke gg unbeh. Dachr.	0,61	48,00	29,28	
Boden gegen Erdreich:	3,01	48,00	144,48	
Außenfenster:	2,60	12,48	32,45	
Außentüren:	2,30	2,20	5,06	
		<b>Summe</b>	<b>281,79</b>	<b>Heizlast: 9299,0 W</b>

Bauteil	U-Wert nachher W/m <sup>2</sup> K	Fläche m <sup>2</sup>	U*A W/K	
AW Granit:	0,27	15,64	4,22	
AW Holz	0,28	43,04	12,05	
Decke gg unbeh. Dachr.	0,25	48,00	12,00	
Boden gegen Erdreich:	0,27	48,00	12,96	
Außenfenster:	1,20	12,48	14,98	
Außentüren:	1,60	2,20	3,52	
		<b>Summe</b>	<b>59,73</b>	<b>Heizlast: 2637,3 W</b>

Tabelle 2 : Heizlastberechnung der Schönblickhütte vor und nach der Sanierung

Diese drastische Verminderung der Heizlast wurde lediglich durch die Verminderung der Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile erreicht.

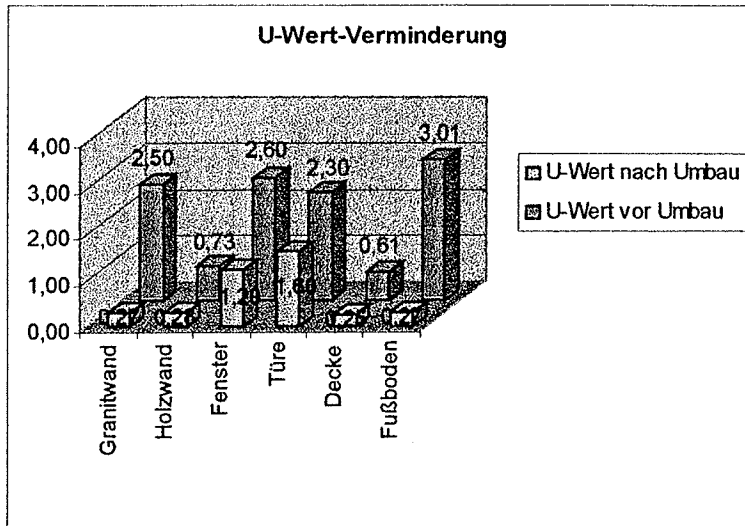


Abbildung 5 : Senkung der U-Werte

Die Bauteile haben nun folgenden Aufbau:

- Außenwände: Südwand aus 40 cm Granit, innen verputzt, zusätzlich außen 12 cm PS-Hartschaum, Wärmeleitgruppe (WLG) 035, 1,5 cm Putz,  $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$   
alle anderen Wände aus 12 cm dicken Holzbohlen, außen mit 2 cm Schindeln, innen mit Perlite, zus. 10 cm Faserdämmstoff, WLG 045,  $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fußboden gg. Erdreich: auf 5 cm loser Schüttung 15 cm Normalbeton, darüber 10 cm PS-Hartschaum WLG 030, anschl. 5 cm Estrich,  $U=0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Decke gg. unbeheiztes Dach: Holzbalken mit 1,5 cm Bretterauflage, 10 cm PS-Hartschaum, WLG 035, und 3 cm Bretter,  $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster: Holzfenster mit Wärmeschutzverglasung,  $U=1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Türe: Gedämmte Holztür,  $U=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nun soll auch der Wärmeverbrauch dargestellt werden, dazu müssen jedoch noch einige Berechnungen angestellt werden.

Die vorher errechneten Wärmelasten beziehen sich auf eine Außentemperatur vom  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Diese Temperatur herrscht natürlich nicht über den ganzen Bewirtschaftungszeitraum. Es herrschen vielmehr Temperaturen, die meist deutlich über diesen Tiefstwerten liegen.

Daher wird die Gradtagzahl (Gt) eingeführt (auch Heizgradtage genannt)

Die Gt errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$Gt = \sum_{n=1}^z (t_{im} - t_{am,d})$$

Dabei wird die Summe aus den Tagen und der dabei herrschenden Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Innentemperatur und der mittleren durchschnittl. Außentemperatur gebildet. Gerechnet werden nur die Tage, an denen die Heizgrenztemperatur (in Italien  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ) unterschritten wird.

Es liegen als Grundlage jedoch nur monatliche Durchschnittstemperaturen vor, also erfolgt die Summenbildung mit den Monaten des Bewirtschaftungszeitraumes. Die zugrundeliegenden Daten stammen vom hydrologischen Landesamt in Bozen.

Leider liegen mir keine Messungen von Hüttenstandorten vor. Zum Erhalt dieser Temperaturen mußte also eine Linearisierung der vorhandenen Daten vorgenommen werden (Tabelle 3). Das bedeutet, daß ausgehend von den Temperaturwerten der Meßstandorte, die ja unterschiedlich hoch gelegen sind, mit Hilfe einer Näherungsgeraden eine Geradengleichung aufgestellt wird, mit deren Hilfe sich beliebige Temperaturen für beliebige Höhen errechnen lassen können (Abbildung 6). Das Referat Hütten und Wege des AVS hat, ausgehend von eigenen Erfahrungen, die ausreichende Genauigkeit bestätigen können.



Meßort	müNN	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov
Antholz	1236	6,1	10,8	14,3	16,8	16,8	12,1	7,5	2,3
Sterzing	948	7,7	12,6	15,9	18,7	18,4	13,2	8,1	3,0
Toblach	1250	4,9	9,7	13,3	15,9	16,1	11,2	6,2	0,5
Marienberg	1335	5,1	9,9	12,8	15,5	15,6	10,7	7,3	2,3
"Schönblick"	2300		1,5	4,7	7,1	8,6	4,2	-1,1	
Tage		30	31	30	31	31	30	31	30

Tabelle 3: Temperaturen an Meßstandorten des hydrologischen Landesamtes und der Standortes Schönblick (errechnet nach Abbildung 6)

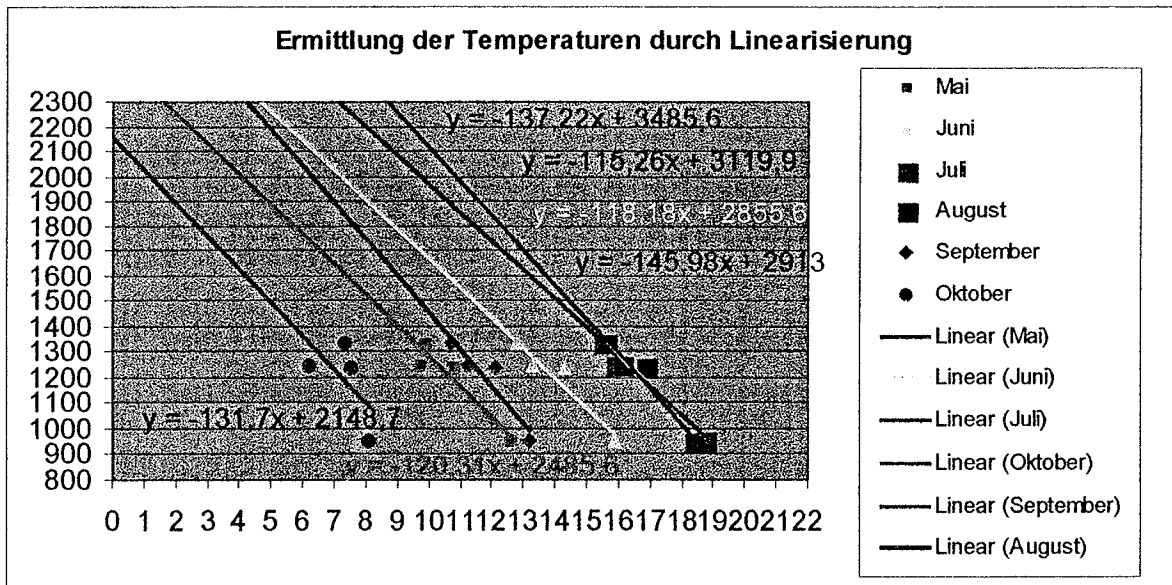


Abbildung 6: Linearisierung mit Hilfe der monatlichen Temp. und der zugehörigen Höhen

#### Ermittlung der Gradtage am Standort Schönblick:

Wie vorher schon beschrieben, müßte die Summe der Temperaturdifferenz und der zugehörigen Tage gebildet werden. Da jedoch nur monatliche Temperaturen zu Verfügung stehen, wird für jeden Tag mit derselben Temperatur gerechnet. Die Abweichung ist dabei nicht allzu groß, da der Monatsdurchschnitt tägliche Temperatursprünge glättet.

Aus den in Tabelle 3 ermittelten Temperaturen und zugehörigen Tagen ergeben sich somit die Gradtage:

	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Summe
Gradtage Schönblick	572,2	459,0	399,5	352,2	474,0	654,1	2.910,9 Kd/a

Tabelle 4 : Gradtage für Schönblick

Damit wiederum läßt sich der Wärmeverbrauch abschätzen, und zwar mit folgender Formel:

$$Q_a = \dot{Q}_{N,Geb} \cdot \frac{\tau_d \cdot Gt}{t_i - t_{a,min}}$$

$Q_a$  Jahreswärmeverbrauch

$\dot{Q}_{N,Geb}$  Norm-Gebäudewärmebedarf, hier unsere errechnete Heizlast aus Tabelle 2

$\tau_d$  Länge eines Tages in Stunden (also 24)

$Gt$  Die Summe der Gradtage aus Tabelle 4

$t_i - t_{a,min}$  Differenz zwischen Innentemperatur und tiefster Außentemperatur (-10 °C von Mai bis Okt)

Es ergibt sich somit der in Tabelle 5 dargestellte jährliche Wärmeverbrauch:

jährl. Wärmeverbrauch	
Vor der Sanierung	21.641,4 kWh
Nach der Sanierung	6.147,9 kWh

**Tabelle 5: Wärmeverbrauch der Modellhütte Schönblick im Bewirtschaftungszeitraum Mai – Oktober**

Daraus läßt sich wiederum der Brennstoffverbrauch errechnen. Die Heizwerte der verschiedenen Brennstoffe sind bekannt, Holz beinhaltet 4,3 kWh/kg. Die Schüttdichte von Holz beträgt ca. 500 kg/m<sup>3</sup>, d.h. ein m<sup>3</sup> aufgeschüttetes Holz wiegt 500 kg

Da kein Ofen die Wärme aus dem Brennstoff vollständig in Raumwärme abgibt, interessiert uns natürlich der Wirkungsgrad. Ein typischer Kachelofen, bei dem Feuer und Asche auf derselben Ebene liegen, erreicht durchaus 75 %.

Holzverbrauch alt		Holzverbrauch neu	
Kg	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>
5.033	10,1	1.430	2,9 m <sup>3</sup>
Bei einem Ofenwirkungsgrad von 75 %			
6.711	13,4	1.906	3,8 m <sup>3</sup>

**Tabelle 6: Ermittlung des Holzverbrauches im Bewirtschaftungszeitraum Mai-Oktober**

**Hier wurde also eine Verminderung des Wärmebedarfs (Brennstoffbedarfs) um 71,6 % erreicht !**

Es handelt sich dabei, wie schon gesagt, um eine gute Abschätzung, keine Berechnung im eigentlichen Sinn, da bei der Ermittlung der Wärmelast interne Gewinne (Küche, Personenwärme) und solare Gewinne (Solareinstrahlung durch Fenster) nicht berücksichtigt wurden. Auch die große Unbekannte - der Nutzer - fehlt, aber abgesehen davon ist die Tendenz bereits klar erkennbar.

Dies wurde, wohlgermerkt, allein durch eine Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle erreicht.

Im folgenden Abschnitt soll nun etwas tiefer auf die grundsätzlichen Möglichkeiten der Wärmedämmung an Gebäuden eingegangen werden.

## 2.2 Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes und bauphysikalischer Hintergrund

### 2.2.1 Wärmeschutz der Außenwände

Dies ist die gängigste Maßnahme, man bringt auf die Außen- oder auch die Innenseite der Wand eine Wärmedämmschicht auf. Die Folge solcher Maßnahmen ist neben der Ersparnis an Energie auch eine gesteigerte Behaglichkeit. Der Mensch reagiert nämlich je zu 50 % auf die Temperatur der umgebenden Luft und auf die Oberflächentemperatur der Wand (Strahlung). Je kälter die Wand, desto unbehaglicher fühlt sich der Mensch, unabhängig von der Lufttemperatur ! Konstruktiv stellt sich jedoch bereits die erste Frage: **Außen- oder Innendämmung ?** Dazu zunächst folgende Abbildung:

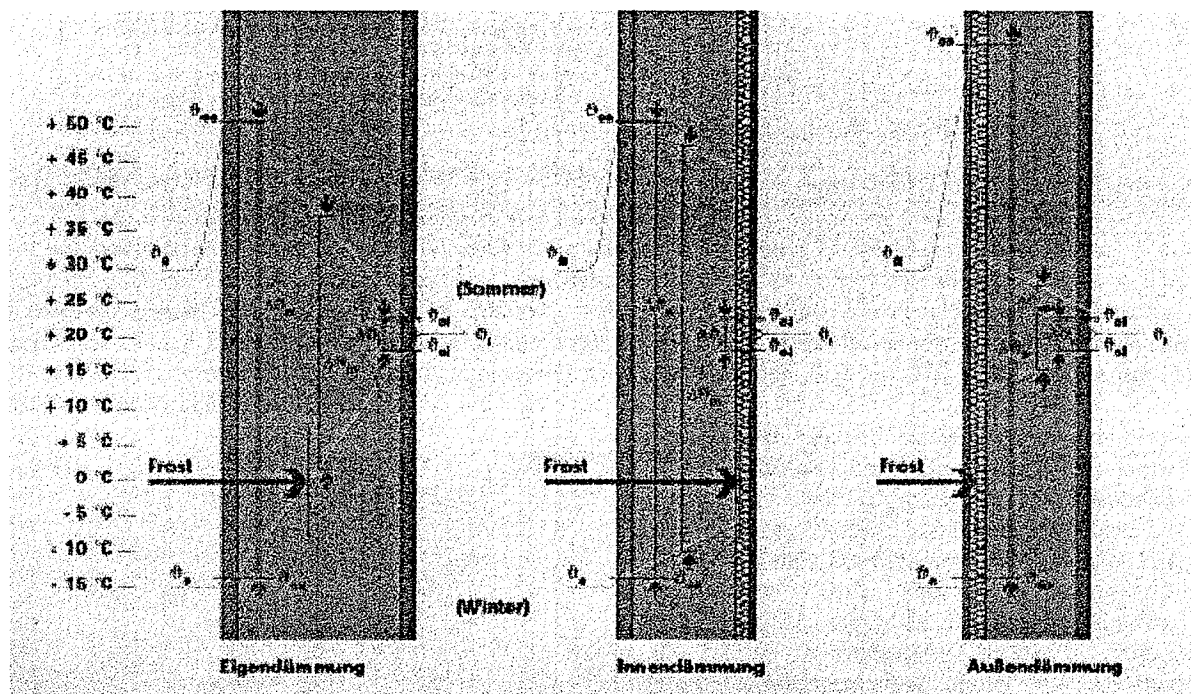


Abbildung 7: Sommerlicher und winterlicher Temperaturverlauf bei versch. Wandaufbauten mit gleichem Dämmwert [2]

$\theta_a$  Außenlufttemperatur;  
 $\theta_{oe}$  äußere Oberflächentemp.

$\theta_{oi}$  innere Oberflächentemp.-  
 $\Delta\theta$  Temperaturdifferenz(Sommer-Winter).  
 $\theta_i$  Raumlufttemperatur;

Bei **außenliegender** Dämmung werden Wärmebrücken (Abbildung 8), das sind Bauteile, die einen verstärkten Wärmetransport von innen nach außen bewirken (z.B. durchgegangene Balkone, Maueranker) und Schwachstellen in der Wand (Nischen) verringert. In den Wänden liegende Leitungen sind vor Frost geschützt. Tragendes Mauerwerk kann als Speicher fungieren und hält das Gebäude im Sommer länger kalt und im Winter länger warm, dabei ist jedoch zu sagen, daß bei einer solchen Massivbauweise die Aufheizzeiten entsprechend länger sind. Man kann durchaus sagen, der „Akku“ Mauerwerk muß bei der Inbetriebnahme im Frühjahr erst wieder aufgeladen werden. Insofern bietet sich eine schwere Bauweise der Südwand bei gleichzeitiger leichter Bauart (Holzwand mit Dämmung) der restlichen Wände an. Damit wird einer Überhitzung im Sommer entgegengewirkt, aber bei Inbetriebnahme wird das ausgekühlte Gebäude schneller warm. Die thermischen Spannungen bei Mauerwerk werden stark vermindert, da die Temperatur hinter der Dämmung annähernd konstant bleibt.

Auf eine Dampfsperre kann verzichtet werden. Es ist ja bekannt, daß Feuchtigkeit an Fenstern niederschlägt, also kondensiert. Dies geschieht wegen der schlechten Wärmedämmung und der daraus resultierenden niedrigen Oberflächentemperatur der Fenster. Die Feuchtigkeit stammt aus dem Innenraum („dampfende“ Gäste, Küche)

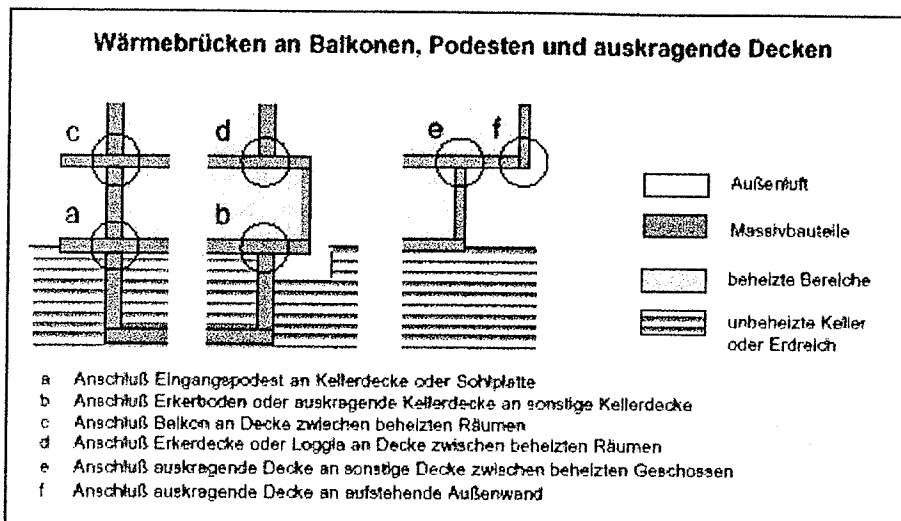
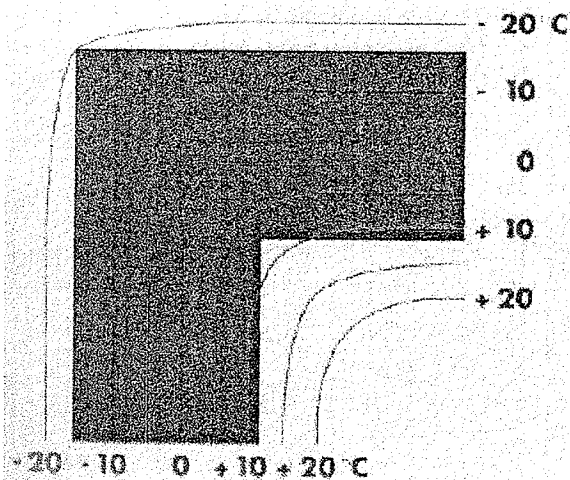


Abbildung 8 : Auswahl einiger typischer Wärmebrücken [3]

Bei **innenliegender** Dämmung ist die Wand dahinter sehr kalt (Abbildung 7). Dort kondensiert Wasser aus der feuchten Luft, die durch die Wand wandert. Das Mauerwerk (Holz) saugt sich mit diesem Wasser voll, die Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes steigt dadurch, und letztendlich führt die Feuchtigkeit zu Bauschäden (Aufplatzen durch Frost, Fäulnis bei Holz). Daher muß bei dieser Form der Dämmung an der Innenseite eine Dampfsperre (Alufolie, PE-Folie, auch Kombination) aufgebracht werden. In jedem Fall sollte eine Berechnung des Tauwasserausfalls erstellt werden.



Ein erheblicher Nachteil entsteht durch den Wegfall der Speichermasse der Außenwand, dort liegende Leitungen sind dem Frost ausgesetzt, Wärmebrücken werden in ihrer Wirkung sogar verstärkt. Man kennt z.B. das Phänomen des Schimmelbefalls in den Ecken von Räumen. Dort sitzt eine geometrische Wärmebrücke, d.h. durch die vorhandene Wandstärke ist die Fläche der Außenwand größer als jene der Innenwand. Gewissermaßen „saugt“ die Außenseite Wärme von innen an und damit ist die Oberflächentemperatur im Eck deutlich niedriger als am Rest der Wand.

Der Vorteil wiederum liegt im Umstand, daß die Dämmung ohne Rücksicht auf die Witterung aufgebracht werden kann, außerdem bleibt so die äußere Ansicht, der „Charakter“ des Gebäudes erhalten (Denkmalschutz !).

Abbildung 9: Temperaturverlauf im Bereich einer Außenwandkante [2]

Insgesamt läßt sich sagen, daß Innendämmung grundsätzlich für wenig gebrauchte Räume geeignet ist, bei denen Außendämmung nur sehr umständlich zu realisieren ist (Keller, ggf. Winterraum).

Wärmedämmputze alleine sind keine Lösung, da es unverhältnismäßig große Putzschichten bräuchte, um eine akzeptable Dämmwirkung zu erreichen.

**Konstruktiv unterscheidet man:**

- **Wärmedämmsysteme**, damit ist der oben beschriebene Aufbau gemeint, mit aufeinander folgenden Schichten von Mauerwerk, Dämmstoff und Putz.
- **Mehrschaliger Aufbau** mit hinterlüfteter Wandverkleidung, dabei wird über die Wärmedämmschicht eine Verkleidung aufgebracht (Holz, plattenförmige Bauteile). In der Regel befindet sich dazwischen eine Luftschicht. Wichtig ist hierbei die Art der Befestigung der vorgehängten Verkleidung. Bei Verwendung von konventionellen Dübeln und Metallschrauben (durch die Dämmung in die Wand) werden viele kleine Wärmebrücken eingebracht, welche die Dämmwirkung vermindern. Dies läßt sich durch die Verwendung von geeigneten Kunststoffsystemen (z.B. Spreizdübel, in die Kunststoffstifte geschlagen werden) zwar nicht vermeiden, aber dennoch verbessern. Dasselbe gilt übrigens auch für das Anbringen von Dämmplatten.
- **Transparente Wärmedämmung**, hierbei werden transparente Bauteile eingesetzt, die in ihrem Aufbau Bündeln von durchsichtigen Strohhalmen entsprechen und ca. 10-15 cm lang sind. Wärmestrahlung gelangt durch die „Halme“ und erwärmt eine dahinterliegende dunkle Wand mit genügend Speichermasse. Langwellige Wärmestrahlung kann danach nur mehr sehr schwer durch die Dämmung zurück nach außen. Diese Art der Dämmung befindet sich noch im Erprobungsstadium und ist zur Zeit noch zu teuer. Man sollte jedoch im Hinblick auf eine eventuelle Verwendung dieses Konzept nicht aus den Augen verlieren.

### 2.2.2 Wärmeschutz an Dach und Keller

Im Prinzip handelt es sich um dieselben Maßnahmen, wie bereits beschrieben. Bei Sanierung bestehender Bauteile wird oftmals eine Dämmung zwischen den Sparren aufgebracht, wie in Abbildung 10 dargestellt.

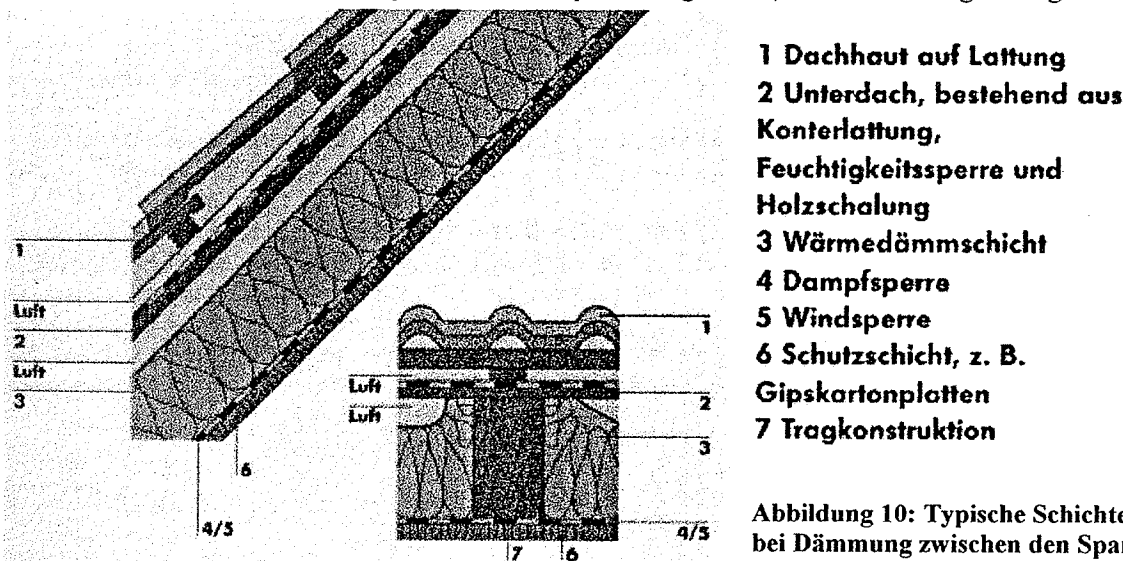


Abbildung 10: Typische Schichtenfolge bei Dämmung zwischen den Sparren [2]

In letzter Zeit kommt man verschiedentlich von der Luftschicht hinter der Dämmung, die evtl. durchgedrungene Feuchtigkeit abtransportieren soll, ab. Dadurch erreicht man eine um ca. 2 cm erhöhte Dämmstoffdicke. Dabei muß selbstverständlich die Ausführung der Dampfsperre mit äußerster Genauigkeit erfolgen, um Wasserdampfeintrag und daraus folgende -kondensation zu vermeiden. Auch sollte hier eine Berechnung des Tauwasserausfalls die Grundlage der Entscheidung sein.

An Kellerdecken und auch den Kellerböden wird analog verfahren. Bei Decken zum Keller wird entweder von unten gedämmt, oder aber der Bodenaufbau wird erneuert: durch die Einbringung von Dämmstoff und abschließendem Estrich mit Fußbodenbelag.

Bei Böden gegen das Erdreich ist es nicht mehr möglich, eine Dämmung unter die vorhandene Bodenplatte einzubringen. Hier wird generell der Fußbodenaufbau geändert.

### 2.2.3 Wärmeschutz an Fenstern und Türen

Türen und vor allem Fenster sind thermische „Löcher“ in der Hülle eines Gebäudes. Fensterglas ist ein schlechter Dämmstoff, aber was oft nicht ausreichend bedacht wird, ist die Tatsache, daß durch die undichten Fugen ca. die Hälfte des gesamten Wärmeverlustes eines Fensters verursacht wird. Man tut daher gut daran, entsprechende Dichtungen einzubauen, wobei eine absolute Dichtheit nicht gewünscht wird, dazu später mehr. Grundlegend für die wärmetechnische Güte eines Fensters ist der Luftzwischenraum zwischen den Scheiben. Je größer dieser Zwischenraum, desto besser ist die Wärmedämmung. Aus diesem Grund können alte Doppelfügel Fenster mit 4 cm Luftraum durchaus besser sein als neuere Doppelscheiben-Isoliergläser (Thermopen) und die geringeren U-Werte aufweisen (ca. 2,8 W/m<sup>2</sup>K).

Heute sind die Luftzwischenräume größer geworden, zusätzlich dazu sind die sog. Wärmeschutzverglasungen auf der Innenscheibe mit einer (unsichtbaren) Metallschicht bedampft und mit Argon, einem Edelgas, gefüllt. Es gibt dann auch noch Dreischiebengläser, zusätzliche Beschichtungen, dies aber zu einem unverhältnismäßig hohen Preis.

Durchaus bezahlbare Wärmeschutzfenster sind heute mit U-Werten von 1,1-1,2 W/m<sup>2</sup>K erhältlich. Was darunter liegt, ist im Vergleich zu der zusätzlich eingesparten Energie noch zu teuer. Außerdem muß man bedenken, daß Fenster Energie von außen nach innen dringen lassen und umgekehrt. Je weniger Energie nach außen gelassen wird, desto weniger kann nach Innen (Solare Gewinne!). Ein Maß dafür ist der g-Wert, der Gesamtennergiedurchlaßgrad. Er gibt an, welchen Prozentsatz an Energie ein Glas durchläßt. Bei den gerade genannten Fenstern liegt er ca. bei 0,55. Dieser Wert sollte eigentlich schon eine Grenze darstellen. Fenster, die noch weniger durchlassen, heißen nicht umsonst Sonnenschutzfenster.

Die gerne verwendeten „Bauernfenster“, die ein Fenster vierteln, sind durch diese „Zerstückelung“ größere „Wärmefresser“, als es dasselbe Fenster ohne Unterbrechungen wäre. Abhilfe schaffen hier aufgeklebte Stege. Die Optik bleibt damit erhalten.

Dem Rahmen sollte auch eine gewisse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Holz ist nach wie vor ein sehr gutes Material, in Kombination mit äußerer Alubeschichtung sind solche Fenster gegen Witterungseinflüsse optimal geschützt. Auch Kunststoffrahmen weisen gute Wärmedämmwerte auf (PVC-Problematik !), gedämmte Metallrahmen inzwischen auch, es ist aber darauf zu achten, daß keine Wärmebrücken durch die Dämmung reichen.

**In unserem Beispiel hätte die alleinige Erneuerung der Fenster übrigens zu einer Einsparung von ca. 5 % geführt, umgelegt auf die gesamte Ersparnis entspricht das einem Anteil von 20 %.**

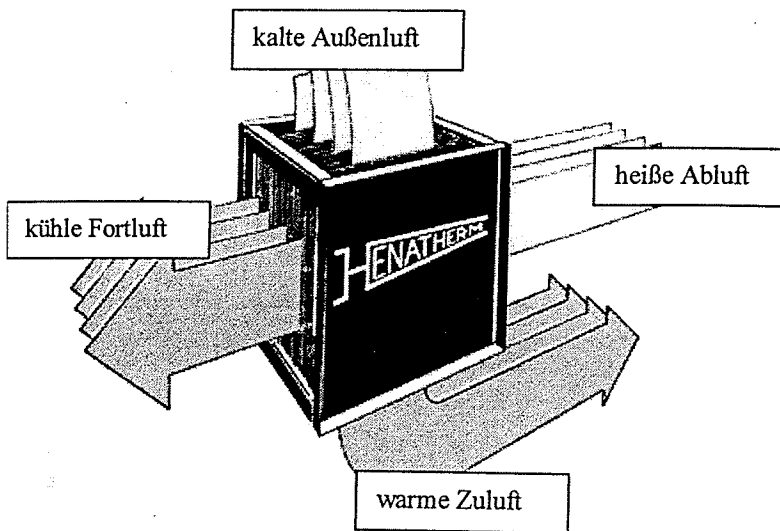
Ein oft auftretendes Problem nach dem Austausch von Fenstern ist die ungewohnte Dichtheit. Dadurch ist der Luftwechsel im Raum nicht mehr gewährleistet. Auch die im Raum auftretende Feuchtigkeit wird nicht mehr nach außen gebracht. Die Folge davon: Schimmelbildung an den kühleren Stellen der Wand, wo das Wasser kondensiert. Das passiert wiederum nur, wenn nicht auf ausreichende Lüftung geachtet wurde. Mehrmaliges Stoßlüften über wenige Minuten ist durchaus ausreichend, um einen hygienischen Luftaustausch zu erreichen. Gleichzeitig kühlen in dieser Zeit die Wände kaum aus, es muß lediglich die frische Luft erwärmt werden.

## 2.2.4 Lüftungswärmebedarf und Wärmerückgewinnung

Bei der als Beispiel konstruierten Schönblickhütte hatte der Wärmebedarf für Lüftung, d.h. das Erwärmen der ausgetauschten Luft einen Anteil von ca. 16 %. Nach der Sanierung ist der Luftwechsel derselbe geblieben, folglich auch der Lüftungswärmebedarf. Da aber der Transmissionswärmebedarf, also jener Anteil, der durch die Wände, Fenster und Türen „wandert“, drastisch zurückgegangen ist, hat die Lüftung jetzt einen Anteil von knapp 60 % !

Bei einem so hohen Anteil lohnt es sich durchaus, über Wärmerückgewinnung aus der Luft nachzudenken. Allerdings müßte man zunächst eine mechanische Lüftung installieren, d.h. Ventilatoren und ein Kanalsystem einbauen, durch welches verbrauchte, feuchte Luft abgeführt bzw. frische Luft zugeführt wird. In der Regel wird in Aufenthaltsräume eingeblasen und in Küche bzw. Bädern/WCs abgesaugt.

Der Vorteil einer mechanischen Lüftung liegt darin, daß ein hygienisch erforderlicher Luftwechsel im Gebäude eingehalten wird. Dies ist bei manueller Fensterlüftung nicht unbedingt der Fall, außerdem wird auch



übermäßiges Offenhalten von Fenstern, bei dem Räume sinnlos auskühlen, vermieden.

Durch den Einbau eines Wärmetauschers läßt sich schließlich noch Wärme aus der Abluft gewinnen. Es gibt heute serienmäßige Geräte, die Rückgewinnungsgrade von >90 % erreichen, dies führt aber insbesondere in kühlen Lagen zu folgendem Problem: Bei Temperaturen der zugeführten Frischluft von unter 0 °C wird die Fortluft derartig abgekühlt, daß die darin enthaltene Feuchtigkeit nicht nur kondensiert, sondern auch gefriert. Dadurch verstopft der Wärmetauscher und ist somit stillgelegt. Daher sollten die Wärmerückgewinnungsgrade bei

Abbildung 11: Funktionsprinzip eines Wärmetauschers [4]

65-70 % liegen, das sind immer noch akzeptable Werte, und die Wärmetauscher vereisen normalerweise nicht. Wärmerückgewinnung auf Schutzhütten sollte meiner Meinung nach zunächst in den Küchen stattfinden. Die untersuchten Hütten verfügen in den gut ausgerüsteten Küchen fast schon selbstverständlich über Dunstabzugshauben. Diese verfügen über eine Luftleistung von 500-1100 m<sup>3</sup>/h. Überschlägig kann bei der Auslegung und zur Kontrolle mit 80 m<sup>3</sup>/h und m<sup>2</sup> gerechnet werden [5].

Laut Aussage von Küchenherstellern werden unmittelbar unter der Haube Temperaturen von 80 °C bei Elektrokochplatten und bis zu 300 °C bei Gasbetrieb erreicht. Die so erwärmte Luft entweicht ungenutzt in die Umwelt. Gerade bei Hütten, die z.B. Schlafräume nur ungenügend heizen können und dadurch große Probleme mit Feuchtigkeit haben (Sommer 1999 !) wäre dies eine zusätzliche Heizmöglichkeit.

Natürlich kostet eine solche Wärmerückgewinnung eine stattliche Summe, und die Betriebszeiten sind nicht sehr lange. Andererseits wird die Abwärme der Küche nicht mehr ungenutzt nach draußen geblasen, und die Hütte wird zumindest temperiert.



## 2.2.5 Schutz vor eindringender Feuchtigkeit

Die Seitenwände eines Gebäudes sind i.d.R. ausreichend durch bauliche Maßnahmen (Dachvorsprünge) vor Regen geschützt. Eine Problemstelle stellt dagegen der Keller bzw. erdreichberührte Bauteile dar. Hier muß besonders auf die sorgfältige Ausführung von Schutzmaßnahmen geachtet werden, z.B. beim Einbringen einer Dichtfolie (in Abbildung 12 orange gekennzeichneter).

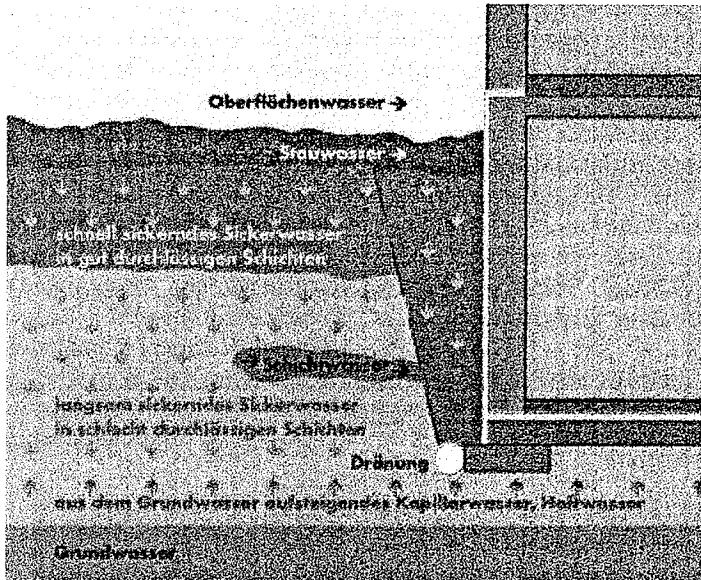


Abbildung 12: Auftreten von Wasser in versch. Bodenschichten [2]

**Nachträglicher Schutz vor eindringender Feuchtigkeit ist nur unter sehr hohem Aufwand zu realisieren und führt auch nicht immer zum 100-%igem Erfolg!**

In der Praxis werden folgende Maßnahmen getroffen:[2]

- Einbringung einer Horizontalsperre aus elastischer Mehrfachdichtung (beidseitig mit Bitumenpappe versehene Blei-, Kupfer-, Aluminium- oder Zinkfolien) Dabei wird abschnittsweise Mauerwerk ausgebrochen, die Folie eingelegt und die Lücke wieder verschlossen. Diese Methode sollte nicht ohne Befragung eines Statikers durchgeführt werden (Setzungen!).
- Aufschlitzen des Mauerwerkes mit einer Mauersäge und Einlegen der Folie. Verschließen der Fuge mit Zement (oft unter Preßluft Einsatz). Das Setzungsrisiko ist weit geringer.
- Beim Bohrlochverfahren wird durch schräg nach unten angebrachte Bohrlöcher ein Sperrmittel eingefüllt. Der Erfolg hängt dabei von der Dichte der Bohrlöcher und der Beschaffenheit des Mauerwerks ab. Das Sperrmittel soll Poren und Kapillaren verstopfen und ein weiteres Aufsteigen von Feuchtigkeit verhindern. Die Löcher werden abschließend mit Mörtel verschlossen.

Nicht bewährt haben sich dagegen „Lüftungsbohrungen“, also einfache schräge Bohrungen, durch die das Wasser verdunsten soll.

In jedem Fall müssen von Salzausblühungen befallene Putzschichten und Fugen sorgfältig entfernt bzw. gesäubert und erneuert werden. Dennoch dauert es nach der Sanierung noch lange Zeit, bis das Mauerwerk als „trocken“ bezeichnet werden kann (<3 % Feuchtigkeit).

**Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Umstand, daß Feuchte aus dem Boden durch die Saugwirkung der Poren und Kapillaren nur ca. 1 m aufsteigen kann. Alle anderen Anzeichen von Feuchtigkeit in der Wand rühren von anderen Feuchtequellen her (Schlagregen, Rohrbruch)!**

Den einfachsten Schutz vor Schlagregen bietet, wie schon gesagt, der Dachvorsprung, andernfalls kann auch eine vorgehängte Schalung dahinterliegende Dämmung und Wand vor Regen schützen.

Wasserdichte Putze und Anstriche (innen wie außen) sind zu vermeiden, da diese den Transport von Feuchtigkeit durch die Wand stark behindern und so wieder zu Schäden führen. Es gibt aber auch hier Ausnahmen, bei welchen laut Herstellerangabe Dampfdiffusion weiter möglich ist.



### 2.3 Ökologie

Es gibt eine Vielzahl von Baustoffen auf dem Markt, die vor einem mehr oder weniger großen ökologischen Hintergrund hergestellt werden. Neben den „klassischen“ Dämmstoffen wie Polystyrol (Styropor<sup>®</sup>), Steinwolle, Glaswolle, Glasschaum, etc. gibt es inzwischen noch unzählige Ökodämmstoffe: der bekannte Kork, Holzfasern, Zellulosefasern (Papier), Hanf, Flachs, Schafwolle, Kokosfasern, Perlite (mit Luft aufgeschäumter Ton), etc..

Grundsätzlich läßt sich zunächst sagen, daß die konventionellen Dämmstoffe bessere Wärmeleitgruppen (WLG) erreichen, damit erhält man bestimmte Wärmedämmwerte mit geringeren Wandstärken.

Ökodämmstoffe liegen mit ihren WLG bei 038 und darüber, entsprechen also den am weitest verbreiteten Dämmstofftypen. Es gibt eigentlich keinen wirklich zwingenden Grund, keine Naturdämmstoffe zu verwenden.

Dämmstoffe müssen natürlich ganz bestimmte Fähigkeiten besitzen: Sie sollen lange halten, ohne sich aufzulösen, und sie müssen natürlich brandschutztechnische Auflagen erfüllen. Dieser Brandschutz läßt sich nur durch Zusätze erreichen, dies sind i.d.R. Borsalze. Diese sind leicht giftig, in großen Mengen (bis ca. 20 % werden zugefügt !) hemmen sie bei natürlichen Dämmstoffen eine Kompostierung und können schädlich auf das Grundwasser wirken. Neuerdings werden Ammoniumphosphate verwendet. Dieser Stoff soll nach aktuellem Kenntnisstand unproblematisch sein. Ein deutscher Flachsverwerker will ebenfalls ein problemloses Mittel gefunden haben [Ökotest11/97]. Bei Schafwolle kommt zusätzlich ein Mottenschutzmittel dazu. Gänzlich ohne Zusatzstoffe kommt lediglich Kork aus.

Selbstverständlich muß zur Herstellung eines Dämmstoffes zunächst Energie aufgewendet werden. Eine Untersuchung des Öko-Test Magazins [6] stellte dazu die gebräuchlichsten (konventionellen) Dämmstoffe gegenüber:

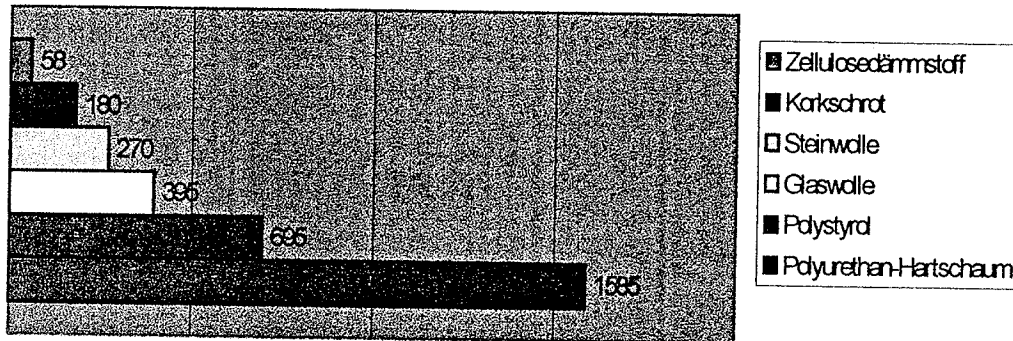


Abbildung 13: Energieverbrauch in kWh zur Herstellung eines m<sup>3</sup> Dämmstoff [6]

Die Herkunft spielt ebenfalls eine Rolle. Wo wird der Stoff produziert ? Schafwolle z.B. kommt vielfach aus Neuseeland/Australien. Hanf und Flachs dagegen kann von einheimischen Bauern angebaut werden.

Was schließlich die Krebsgefahr von Mineralfasern und Glasfasern betrifft, kann man wohl Entwarnung geben. Seit 1993 haben die Fasern eine geänderte Zusammensetzung, damit sie nicht mehr so lange in der Lunge verweilen. Es gab jedoch vorher schon keinen zwingenden Nachweis auf Kanzerogenität der Fasern. Auch hier heißt es einfach, die Situation im Auge behalten und von Fall zu Fall abwägen.

Ich empfehle zu dieser Thematik die Lektüre des Öko-Test-Magazins. Dort werden Bau- und Dämmstoffe regelmäßig auf deren ökologischen Hintergrund getestet.

### 2.3.1 Kosten

Zunächst soll hier ein in der Praxis oft nicht bedachter Sachverhalt aufgezeigt werden: Der Zusammenhang zwischen Wärmeleitgruppe (WLG), Kosten und Ersparnis.

Die WLG beschreibt den thermischen Widerstand eines Bauteiles, je kleiner die Zahl (z. B. 0,045, 0,040, 0,035, 0,030), desto besser die Wärmedämmung des Materials. Mit einer besseren WLG lassen sich somit die benötigten Dämmstoffstärken reduzieren. Dies ist bei beengten Verhältnissen ein großer Vorteil. Allerdings steigt der Preis mit der besseren WLG drastisch.

In der Praxis kommt es immer wieder vor, daß kleinere WLG-Werte verwendet werden, um Wandstärke zu mindern. Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Energieagentur Nordrhein-Westfalen (NRW) konnte dieser Sachverhalt quantifiziert werden [3]:

So führte in einem Fall (Dämmung der Sohlplatte) z.B. die Wahl von WLG 030-Hartschaumplatten aus extrudiertem Polystyrol mit Materialkosten von 33,7 €/m<sup>2</sup> bei 3 x 30 mm = 90 mm Stärke gegenüber normalen WLG 035-Unterestrichdämmplatten mit Materialkosten von etwa 9,2 €/m<sup>2</sup> bei 3 x 40 mm = 120 mm Stärke zu etwa einer Vervierfachung der Materialkosten bzw. absolut 2.208,8 € Mehrkosten bei 90m<sup>2</sup> Grundfläche (Sohlplattendämmung) für nur 2 cm Ersparnis an Aufbauhöhe.

Eine Anfrage bei einigen Baustoffhändlern hat folgende durchschnittliche Preise (ohne MwSt.) ergeben (Die Preise lagen teilweise sehr weit auseinander !):

Dämmstoff	WLG	Euro/m <sup>3</sup>
Extrudiertes Polystyrol*	030	135,57
Styropor®	030	92,96
Kork	040	211,75
Steinwolle	040	71,01
Glaswolle	040	64,56
Schafwolle		232,41
Holzfasern	045	185,92
Jutefasern		51,65
Baumwolle		289,22
Perlite	060	154,94

\*Hierbei gibt es verschiedene Dichten. Die gebräuchlichsten liegen bei 35 kg/m<sup>3</sup> zum obigen Preis, sowie ca. 26 kg/m<sup>3</sup> a` 113,62 €/m<sup>3</sup>

**Tabelle 7 : Durchschnittliche Kosten einiger Dämmstoffe**

### 3 Stromhaushalt von Hütten

Im Rahmen der Grundlagenermittlung zu dieser Arbeit wurde rasch deutlich, daß der Stromhaushalt auf Hütten eine zentrale, ja sogar die entscheidende Rolle für den Betreiber spielt.

Die Zielsetzung der Alpenvereine ist immer mehr die Minimierung von Belastungen der Berge. Dazu gehören natürlich auch die alten stinkenden und lärmenden Diesel-/Benzingeneratoren, die dafür sorgten, daß Hütten nicht ohne Strom arbeiten müssen. Bezeichnend war, daß die Generatoren abseits von der Hütte aufgestellt wurden, um die Lärm- und Geruchsbelästigung zu mindern. Aus den Augen, aus dem Sinn.

Natürlich sind die Ansprüche der Bergsteiger gestiegen, und den Hüttenwirten bleibt auch gar nichts anderes übrig, als den Ansprüchen in irgendeiner Form Rechnung zu tragen. Das trifft insbesondere auf jene Hütten zu, die relativ nahe an Parkplätzen liegen (rd. 2 h) und ihre wirtschaftliche Grundlage durch Tagesgäste beziehen.

Mit der fortschreitenden Automatisierung, bedingt eben auch durch den gestiegenen Komfortanspruch seitens der Hüttengäste wurde immer mehr Gerät auf diese Hütten gebracht, entsprechend hoch ist die installierte Leistung. Ich habe dabei zwischen 30 und 64 kW registriert.

Den Hüttenbetreibern und -wirten sollte aber bewußt gemacht werden, daß man hier nicht beliebig weitermachen kann, im Gegenteil, es ist ein Punkt erreicht, an dem man effiziente Gegenmaßnahmen ergreifen muß, denn jede produzierte kWh kostet auf einer Berghütte ungleich mehr Aufwand als im Tal.

**So kostet ein kWh bereitgestellte Energie (incl. Lieferung und Montage aller Komponenten, ohne MwSt.):**

- Bei Dieselaggregat mit Kühlwasserwärmetauscher ca. **688 €** (Radlseehtütte 1997, 18 kVA)
- Bei Photovoltaik ca. **29.610 €** (Rieserfernerhaus 1998, 1,5 kW)
- Bei Wasserkraft ca. **12.186 €** (Brixner Hütte 1996, 14 kW, incl. Fassung, Leitung, Generatorhaus)

#### **Die Einsparung von Energie spart von Anfang an und effektiv Geld !**

Eine Bereitstellung durch Dieselaggregate allein sollte aus heutiger Sicht nicht mehr stattfinden.

Das Ziel sollte daher die Senkung oder zumindest Stabilisierung des Stromverbrauches sein, dazu gibt es **mehrere Möglichkeiten:**

- Austausch alter Geräte durch neue, energiesparende
- Einsatz stromloser Techniken, soweit möglich
- Einsatz von Lastregelungen, die ein Überschreiten der verfügbaren Leistung vermeiden

### 3.1 Bestandsaufnahme

Es sollte zunächst eine Aufnahme des Bestandes an elektrischen Verbrauchern durchgeführt werden, dies kann der Hüttenwart ohne großen Aufwand selbst machen. Dies geschieht am besten in tabellarischer Form.

Bereits hier wird es die ersten Überraschungen geben, was da alles an Gerät installiert ist.

Dabei ist natürlich klar, daß nie alle Verbraucher gleichzeitig in Betrieb sein können, man spricht von sogenannten Gleichzeitigkeitsfaktoren (GLZ), die in der Regel bei 0,5-0,7 liegen, was nichts anderes heißt, daß höchstens 50 bzw. 70 % der Geräte gleichzeitig in Betrieb sind. Dies macht dann aber im vorliegenden Fall auch schon ca. 17 bis 44 kW aus. Ein Generator dieser Größe ist für eine Berghütte wohl kaum zu verantworten, sei es aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht. Bei einem bestehenden Generator ist man dagegen von vorne herein auf dessen Leistung beschränkt.

Die alleinige Auflistung der Geräte und deren Leistungen gibt jedoch nur einen bestimmten Gesichtspunkt wieder. Entscheidende Aussagekraft hat eine Lastmessung, welche den Tagesgang eines Verbrauchers mißt. Damit erhält man ein Lastprofil, das Ein- und Ausschalten und die Einschaltdauer berücksichtigt. Eine solche Messung ist aufwendig, vom Hüttenwirt nur schwer selbst durchzuführen und beim Einsatz von entsprechenden Fachkräften und Technik auch nicht gerade billig.

Dennoch ist dies die bestmögliche Grundlage (und damit in Betracht zu ziehen), um darauf aufbauend Energiesparmaßnahmen umzusetzen.

**Elektrische Verbraucher:**

Bezeichnung	Spannung	Strom	Leistung	Anzahl	Gesamtleistung
Gefriertruhe Bauknecht GT 350 Autom	220		300	1	300
Kühlschrank Liebherr ***	220		150	1	150
Kühlschrank	220		80	1	80
Gläserspülmaschine Colged	220		4000	1	4000
Spülmaschine Colged 6 kw heiz, 4 kw	220		6000	1	6000
Kochplatte	220		1500	1	1500
Kochplatte	220		1600	1	1600
Kaffeemaschine	220		1200	1	1200
Wasserkocher	220		2200	1	2200
Mikrowelle	220		1100	1	1100
Friteuse	220		4000	1	4000
Küchenmaschine	220		600	1	600
Fleischwolf	220		735	1	735
Wurstschneidemaschine 3 PS	220		2206	1	2206
Abzugshaube	220		450	1	450
Getränkeautomat	220		1196	1	1196
dazu Pumpen	220		25	2	50
Trockner Miele Novotronic T455 C	220		3060	1	3060
WM Miele Novotronic W715	220		3200	1	3200
Staubsauger Miele	220		1200	1	1200
Glühlampen 25 w	220		25	4	100
Glühlampen 40 W	220		40	41	1640
Glühlampen 60 W	220		60	27	1620
Glühlampen 75 W	220		75	1	75
Neonröhren 36 W	220		36	6	216
Fernseher	220		55	1	55
Telefonladestation	12	0,5	6	1	6
Radio	220		15	1	15
Registrierkasse	24	1	24	1	24
WW-Umwälzpumpe Salmson 45-100 W	220		60	1	370
WW-Heizpatronen Master-Slave	220		2000	2	4000
Konvektoren Master-Slave	220		2000	6	12000
2 Öfen zuschaltbar (2000+1500 W)	220		3500	1	3500
<b>Kläranlage</b>					
Elektronik	220		150	1	150
Antrieb Schneckenförderung	220		370	1	370
<b>Seilbahn</b>					
Antrieb 7,5 PS	220		5516	1	5516
Bremsmotor	220		130	1	130

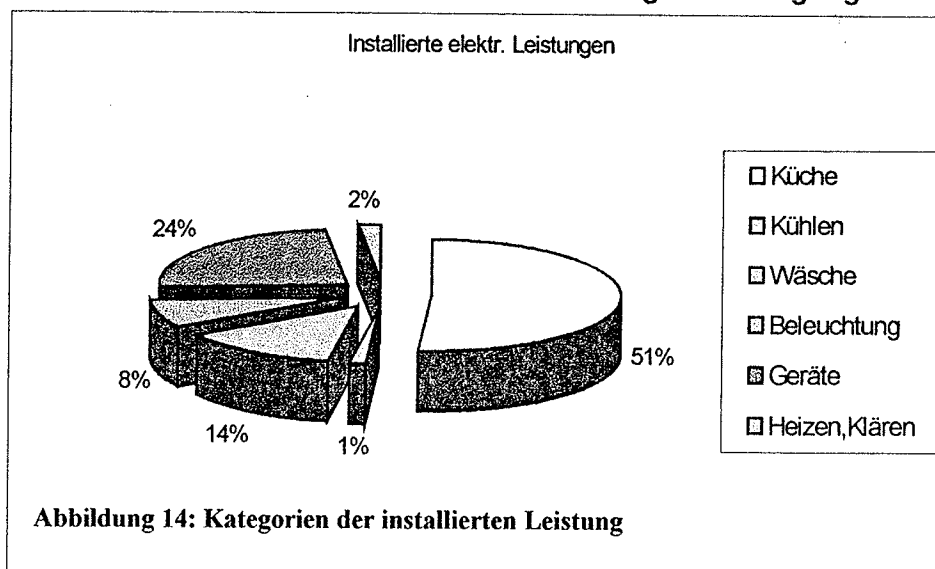
**Tabelle 8: Installierte Verbraucher auf der Tiefstastenhütte**

Sobald eine solche Übersicht steht, ist es relativ einfach, Einsparpotentiale auszumachen und darüber hinaus wird dem Hüttenwirt eine Grundlage gegeben, aufgrund der er eine Rangliste der wichtigen Geräte erstellen kann.

Die Felder in der Bestandsaufnahme sind bewußt farbig gehalten, um eine Typifizierung der Verbraucher zu visualisieren (Abbildung 14). Das sieht dann folgendermaßen aus:

Küche	23296 W
Kühlen	530 W
Wäsche	6260 W
Beleuchtung	3651 W
Geräte	10857 W
Heizen, Klären	890 W

**45484 W** könnten max. beansprucht werden,  
 da Heizung u. WW lastgeregelt sind



Hier wird schnell klar, wo denn der Strom überhaupt hinläuft, welche Verbrauchergruppen am stärksten zu Buche schlagen. An dieser Stelle kann mit den gewonnenen Daten eine Energieoptimierung vorgenommen werden.

### 3.2 Einfache, wenig aufwendige Maßnahmen zum Stromsparen

Zum einen kann man sofort bei der Beleuchtung ansetzen. Bei der Verwendung von normalen Glühbirnen liegt ein sehr großes Einsparungspotential im Ersatz durch die hinreichend bekannten Energiesparlampen.

Damit läßt sich eine Grundlastkomponente drastisch reduzieren, was sich natürlich positiv auf den Batteriespeicher auswirkt (siehe dazu den Abschnitt Stromversorgung). Zu bedenken ist hierbei der Umstand, daß die Leuchtröhren eine weitaus geringere Lebensdauer haben als die im Sockel integrierten elektronischen Vorschaltgeräte (EVG). Daher ist es sinnvoll, diese Komponenten zu trennen. Es gibt im Handel vereinzelt Vorschaltgeräte im Gewindefassung für normale Fassungen. In diese Geräte wird die Leuchtröhre eingesteckt. Dabei gibt es Ausführungen mit zwei oder vier Kontaktstiften, bei vier Stiften erfolgt nämlich eine Vorheizung der Lampe, bei zwei nicht. Die Vorheizung schont die Lampen beim Einschalten und erhöht damit deren Lebensdauer.

Für den Einsatz in 12 oder 24 Volt-Netzen gibt es ebenfalls Kompaktenergiesparlampen, die allerdings sehr teuer sind. Günstiger sind auch hier getrennte Einheiten, nämlich elektronische Vorschaltgeräte mit Kompaktleuchtstoffröhren zum Anklemmen. Auch hier ist auf vier Kontaktstifte (Vorheizung) zu achten.

Im Geräteaustausch liegt natürlich auch ein relativ großes Potential. Dabei sollte man aber mit Maß und Ziel ans Werk gehen. Es ist nicht sehr sinnvoll, ein 5 Jahre altes Gerät gegen ein neueres wegen eines geringeren Mehrverbrauches auszutauschen. Pauschal läßt sich auch nicht eine allgemeingültige Aussage treffen.

Generell kann man sagen, daß neue Geräte einen verminderten Strombedarf, aber auch sonstige Verbesserungen, z.B. beim Wasserverbrauch (Wasch- und Spülmaschinen), aufweisen.

Dazu wurde in den vergangenen Jahren das sog. **Euro-Label** entwickelt. Dieses unterscheidet 7 Energieeffizienzklassen (A bis G). Dabei ist jedoch auf die **Schwankungsbreite** zu achten. Mit **A** dürfen sich nämlich alle schmücken, die weniger als 55 Prozent des marktdurchschnittlichen Verbrauches ihrer Bauart verbrauchen [7].

Auf jeden Fall sinnvoll ist ein Blick in die „Liste stromsparender Geräte“ (im Anhang A 10), auch bekannt unter dem Namen „Detmolder Liste“. Diese wird jedes Jahr aktualisiert und beinhaltet Haushalts- und auch Bürogeräte.

Eine weitere Möglichkeit, elektr. Energie zu sparen, ist der Anschluß von Wasch- und Spülmaschinen an die Warmwasserleitung. **Die meisten „Profigeräte“ (Miele, Winterhalter, etc.) sind ab Werk mit Kalt- und Warmwasseranschluß ausgerüstet !** Damit erreicht man eine Reduzierung der Energiemenge: Die Leistung der Heizspirale des Gerätes bleibt gleich, aber die Einschaltdauer derselben wird reduziert.

Es sollte aber gewährleistet sein, daß das Warmwasser ohne große Verzögerung aus der Leitung kommt. Für Geräte ohne WW-Eingang gibt es Vorschaltgeräte, die Kalt- und Warmwasser nach Bedarf einleiten.

Dann gibt es noch Maßnahmen für „Bastler“. Es sind dies z.B. quellwassergespeiste Bierkühler, bestehend aus einer einfachen (Stahl)Wanne mit Zu- und Ablauf. Dadurch werden Bierfässer ohne Energieaufwand auf erfrischende Temperaturen gekühlt.

Bei der Wasserversorgung gibt es die Möglichkeit des Einsatzes eines „hydraulischen Widders“, dieser ist ein robustes, einfaches Gerät, mit dem Wasser gepumpt werden kann, indem die Energie eines vorangehenden Gefälles ausgenutzt wird. Ein solcher Widder pumpt Wasser in einem Höhenverhältnis von ca. 3-5:1, d. h. hat das Wasser vor dem Widder ein Gefälle von 1 m pumpt der Widder einen Teil davon 3-5 m hoch. Die gepumpte Wassermenge ist zwar relativ gering, aber dafür kontinuierlich und eben stromlos. Solche Widderanlagen haben praktisch keinen Verschleiß (außer Dichtungen), es gibt Anlagen, die seit 100 Jahren laufen, vereinzelt auch noch in Südtirol. Allerdings ist die Anschaffung eines Neugerätes eher teuer und mir sind nur wenige Firmen bekannt, die solche Geräte herstellen (siehe Abschnitt Wasserversorgung).

#### Der nächste, große Schritt ist die Optimierung der Verbraucher.

Prinzipiell macht das bereits jeder Hüttenwirt selbst. Er schaltet Geräte je nach Verfügbarkeit von Strom ein oder aus, bevor ihm die Sicherung des Generators zuvorkommt und alles lahmlegt. Er betreibt ein einfaches Lastmanagement und versucht Abläufe zu optimieren. So ist es z.B. sinnvoll, zusätzliches Geschirr anzuschaffen, um dadurch gleichzeitigen Betrieb von Kochstellen und Spülmaschine zu vermeiden.

Hilfreich könnte hierbei die Erstellung einer Prioritätenliste sein. Darin kann sich der Hüttenwart einen Überblick verschaffen, welche Geräte laufen sollen, welche dürfen, und welche abgeschaltet bleiben müssen.

Eine solche Liste könnte am Beispiel der Tiefrastrenhütte folgendermaßen aussehen:

(GLZ steht für Gleichzeitigkeitsfaktor, bei Küchen ca. 0,5-0,7; andernorts vom Betreiber abzuschätzen)

Verbraucher	GLZ	Leistung	
..			
Mikrowelle	1	1100	25666,6
Geschirrspüler	1	6000	24566,6
Gläser-spülmaschine	1	4000	18566,6
Wasserkocher	1	2200	<b>14566,6</b>
Kaffeemaschine	1	1200	12366,6
Friteuse	1	4000	11166,6
Getränkeautomat	1	1246	7166,6
Abzugshaube	1	450	5920,6
E-Herdplatten	0,6	1860	5470,6
<b>Kühlung</b>	<b>1</b>	<b>530</b>	<b>3610,6</b>
<b>Klären u. Heizen</b>	<b>1</b>	<b>890</b>	
<b>Beleuchtung</b>	<b>0,6</b>	<b>2190,6</b>	

**max. 15 kW !**

**Grundlast, nicht zu beeinflussen**

**Tabelle 9: Rangliste der Stromverbraucher**

Diese Liste stellt natürlich nur eine sehr grobe Hilfestellung dar, und jeder Hüttenwirt weiß eigentlich aus eigener Erfahrung sehr gut, was er zuschalten darf und was weggeschaltet werden muß.

### 3.3 Lastmanagement- und Optimierungssysteme

Unter Lastmanagement wurde in der Vergangenheit v.a. eine Lastabwurfschaltung verstanden. Dabei werden angeschlossenen Geräte bei Erreichen der maximal zulässigen Last abgeworfen, d.h. abgeschaltet. Die Zuschaltung erfolgt, wenn wieder genügend Kapazität frei ist. Die Folge davon ist eine zeitl. unregelmäßige Abschaltung. In diesem Zusammenhang tauchte bereits der Begriff „zu Tode optimieren“ auf, da z.B. Spülmaschinen nicht mehr vernünftig eingesetzt werden konnten. Der betroffene Betreiber ging dann dazu über, das Geschirr wieder händisch zu spülen. Diese auch „Maximumwächter“ genannten Anlagen haben in der jüngsten Vergangenheit jedoch durchaus eine Verbesserung erfahren, man kann die Abschaltzeiten inzwischen besser berechnen.

Seit einigen Jahren gibt es jedoch auch „intelligente“ Optimierungsanlagen, die anders arbeiten. Dazu zu sagen ist, daß prinzipiell nur Geräte mit einem Energiespeicher (alle erwärmten Massen, Kühlungen u.ä.) optimierbar sind. Dabei wird der Umstand ausgenutzt, daß solche Speicher eine Aufheizphase besitzen, die anschließend in eine regelmäßige Taktung (ein/aus) übergeht. Die Optimierungsanlage verzahnt die Lastspitzen (ein) mit den Lasttälern (aus), indem die Ein/Aus-Befehle zeitlich geringfügig versetzt werden. Dies bedeutet konkret, daß z.B. eine Friteuse nicht nach 20 min., sondern nach 25 min. heiß ist. Oder aber eine Heizplatte wird für einige Sekunden abgeschaltet, was eben durch deren Speicherfähigkeit nicht ins Gewicht fällt. Die Hersteller, z.B. die Firma Ecotron in Bad Aibling versprechen keine (merkbaren) Ausfallzeiten bei einer GLZ von 0,2. Ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,2 würde bedeuten, daß an eine Energiequelle von 1 kW Leistung Geräte mit einer Gesamtleistung von 5 kW angeschlossen werden können. Daß dies auch wirklich und v.a. zur Zufriedenheit der Betreiber möglich ist, belegen etliche Referenzobjekte, auch in Südtirol.

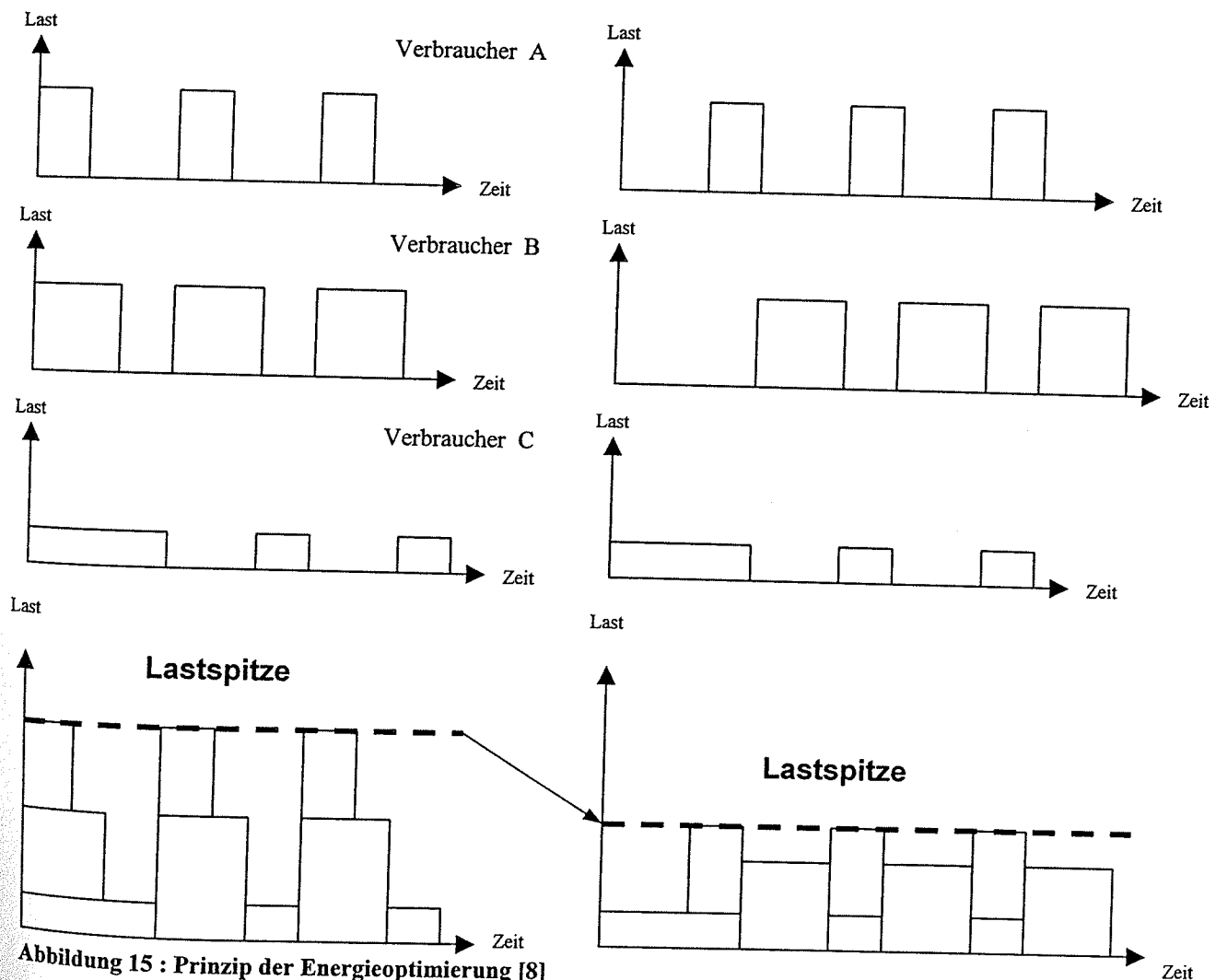


Abbildung 15 : Prinzip der Energieoptimierung [8]

Zur Erklärung: Die eingesetzte Energiemenge bleibt konstant, deren Abgabezeitpunkt wird jedoch variiert.

Auf diese Weise können nahezu alle Kochgeräte (außer Induktionsgeräte), Wasch- und Spülmaschinen überwacht werden. Es ist auch möglich, Abluffhauben in Abhängigkeit der zugeschalteten Geräte volumenstromvariabel zu fahren. Da die Anlagen softwareprogrammiert sind, ist prinzipiell eine beliebige Erweiterung, z.B. auf Solaranlagen, BHKW bis hin zur Gebäudeleittechnik möglich.

Nicht optimiert werden können natürlich Geräte wie Küchenmaschinen, Wurstschneidemaschinen, Staubsauger, Bohrmaschinen usw.. Hierbei würde sich zwar beispielsweise anbieten, beim Betrieb von E-Herd und Spülmaschine die Steckdosen in (Gast)räumen zu sperren, dabei besteht jedoch Gefahr beim Wiederschalten derselben. Es müßte durch entsprechende Kennzeichnung verhindert werden, daß jemand an scheinbar stromlosen Geräten herumbastelt.

Neben der Optimierung bieten solche Systeme auch einen Überblick über Schaltvorgänge und Betriebszeiten (Speicherung über max. 10 Jahre). Daraus lassen sich wiederum Rückschlüsse zur Wartung ziehen.

Wichtig erscheint mir in diesem Zusammenhang der Hinweis, daß es Optimiersysteme gibt, die speziell vorgerüstete Geräte benötigen (z.B. das sog. LON-Netz), andere wie das von mir angesprochene dagegen lassen sich weitgehend problemlos in die Stromzuleitung handelsüblicher Geräte einschleifen. Auch in der baulichen Ausführung gibt es Unterschiede, der wichtigste scheint mir die Möglichkeit zur Montage auf den in der Elektroinstallation üblichen Hutschienen. Dadurch wird der Aufwand natürlich nochmals vermindert.

Um eine durchgehende und gesicherte Verfügbarkeit einer solchen Einrichtung zu gewährleisten, sollte zur Stromversorgung eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) vorgeschaltet werden. Es handelt sich dabei um einen Batteriesatz mit Wechselrichter, der auftretende Stromausfälle bis zu mehrere Stunden überbrücken kann.

### 3.3.1 Kosten

Nach Auskunft der Fa. Ecotron würde das hier vorgestellte Gerät mit 8 Kanälen ca. 3.068 € kosten (incl. MwSt., ohne Lieferung und Montage).

Eine USV kostet im Handel ca. 153 €.



## 4 Wärmeerzeugung auf Hütten

Die Wärmeerzeugung stellt eine weitere wichtige versorgungstechnische Komponente auf einer Schutzhütte dar. Die Temperaturen fallen nachts nicht selten bis nahe dem Gefrierpunkt, im Frühjahr und Herbst wird dieser dann oft unterschritten. Kein Hüttengast sitzt gerne in einer kalten Stube. Um dem Rechnung zu tragen, wurde in der Pionierzeit des Hüttenbaus eben dort ein Ofen, oft ein Bauern- oder Kachelofen eingebaut. Dazu kam die Wärme aus dem Küchenherd.

Mit steigendem Komfort wurden größere Heizsysteme notwendig, auch zur Warmwassererzeugung. Somit fanden sogar Pumpenwarmwasserheizungen Einzug. Diese werden mit handelsüblichen Heizkesseln betrieben, verfeuert wird darin Holz, Öl und auch Gas.

Durch die manchmal wohl unüberlegte Vorgangsweise, ohne größere Untersuchung einen neuen Wärmeerzeuger zu installieren, kam es schließlich dazu, daß auf manchen Hütten mit Holz, Kohle, Gas (für die Küche) und Öl geheizt wird. Hier wird der Unsinn deutlich: vier verschiedene Energieträger auf 2000 m und höher!

Die wirtschaftliche Vorgabe bei einer Erneuerung muß daher lauten: **Ein Minimum an Primärenergieträgern**, und die ökologische, vom Alpenverein geforderte: **Ein Maximum an regenerativer Energie**.

Natürlich darf nicht vergessen werden, den baulichen Zustand der Hütte zu betrachten und ggf. zu ändern (Abschnitt Wärmehaushalt).

In den folgenden Abschnitten sollen unterschiedliche Ansätze zur Wärmeerzeugung vorgestellt werden.

### 4.1 Grundsätzliches zu Wärmespeicherung und -verteilung

Das Ziel einer Optimierung muß stets eine Verminderung an Aufwand für die Bereitstellung einer Sache sein, in diesem Fall Wärme für Warmwasser oder Heizung.

Daher setzt man **Speicher** ein, um nicht ständig zu heizen, wie es z.B. bei Durchlauferhitzern der Fall wäre.

Somit kann man Schlechtwetterperioden im Umfang einiger Tage überbrücken und **Laufzeiten** von vorhandenen Heizkesseln oder BHKW erhöhen. Das Ein- und Ausschalten wird dabei drastisch verringert. Gerade diese Starts führen bei Kesseln als auch bei Motoren zu starken **Umweltbelastungen**.

Ein Punkt, der insbesondere bei Warmwasserspeichern genannt werden muß, ist die **Legionellenproblematik**.

Legionellen sind Stabbakterien, die sich in vielen Gewässern aufhalten und die unerwünschte Eigenschaft haben, sich bei Temperaturen von 20-50 °C stark zu vermehren. Genau diese Temperaturen herrschen in den üblichen Warmwasserspeichern. Legionellen greifen die Lunge an, daher ist das Waschen und Trinken ungefährlich. Erst wenn sie über **feinste Wassertröpfchen**, wie sie beim Duschen vorkommen, in die Lunge gelangen werden sie gefährlich: Dort können sie bei Menschen mit schwachem Immunsystem (Gebrechliche und Kleinkinder) schwere Entzündungen auslösen, die bis zum Tode führen können.

Zunächst wurde dieser Gefahr begegnet, indem die Speicher auf über 65 °C erhitzt wurden. Ab dieser Temperatur gehen die Bakterien ein (thermische Desinfektion).

Dabei tritt jedoch ein anderer Effekt auf: **Kalkausfall**. Ab 60 °C fällt verstärkt Kalk aus, besonders an den Oberflächen der Wärmetauscher. Dadurch arbeitet die Anlage nicht mehr effizient und der Wartungsaufwand wird ungemein hoch, besonders bei dem in Südtirol oft hohem Kalkgehalt.

Eine weitere Folge daraus ist, daß Solarenergie nur mehr minimal genutzt werden kann, da der Speicher auch weit über 60 °C warm gehalten wird.

Aus den vorgenannten Gründen geht die Tendenz in letzter Zeit zu Pufferspeichern (entspr. Abbildung 28), aus denen Warmwasser über einen externen Wärmetauscher erzeugt wird, ein Durchlauferhitzer sozusagen. Dabei ist eine geeignete Meßeinrichtung, z.B. ein Durchflußmeßgerät, mit der Wärmetauscherpumpe verbunden. Sobald Abnahme erfolgt, erhält die Pumpe, die im Idealfall drehzahl geregelt ist, Strom und schickt Heißwasser aus dem Speicher in den Wärmetauscher. Es gibt Systeme (z.B. Sandler Solar, Kempten), die über eine Elektronik exakt eine vorher einzustellende Temperatur einhalten.

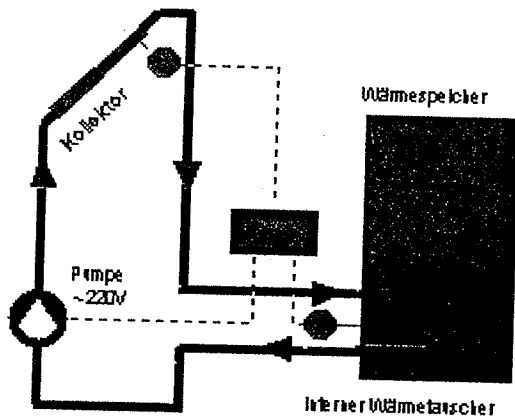


Abbildung 16: Anlage mit konventionellem Speicher [9]

**Schichtenlader** arbeiten meist mit außenliegenden Wärmetauschern und speisen über mehrere Eingänge in den Speicher ein. Es gibt jedoch auch Anlagen mit einem Lochblech am Eingang (oben) und am Ausgang (unten). Dadurch wird die Strömungsgeschwindigkeit derart vermindert, daß eine gute Schichtung gegeben ist. Schließlich gibt es Anlagen, bei welchen die Schichtung über ein Steigrohr mit Klappen (z.B. Fa. Solvis) erfolgt. Bedingt durch den unterschiedlichen Auftrieb tritt erwärmtes Wasser bei jener Klappe aus, in deren Umgebung sich Wasser mit ähnlicher Temperatur befindet.

Das rechts abgebildete System stellt dabei eine sehr einfache Ausführung dar, die zudem ihren Pumpenstrom über eine kleine Solarzelle erhält.

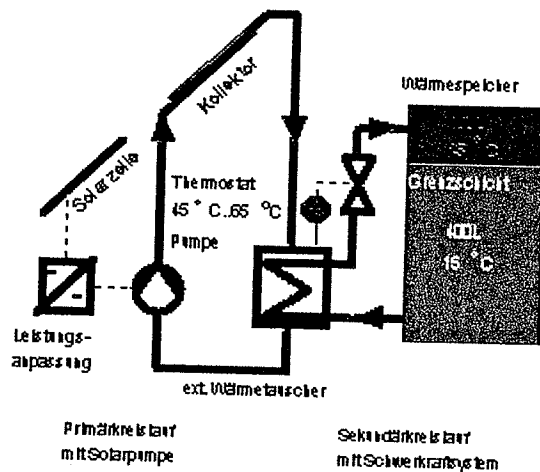


Abbildung 17: Anlage mit Schichtenspeicher [9]

**Wichtig** ist die Anordnung der **Warmwasserentnahme**: Diese soll unbedingt **nach unten weggeführt** werde. Dadurch wird Schwerkraftzirkulation zuverlässig vermieden, abgekühltes Wasser aus der nachfolgenden Leitung kann nicht aufwärts fließen und die Schichtung im Speicher zerstören. Eine Höhendifferenz von 3x dem Durchmesser des Entnahmerohrs reicht hierzu aus. Genauso wichtig ist, wie schon angesprochen, die Anordnung von **Prallplatten** oder ähnlichen Vorrichtungen, **um einlaufendes Wasser** (ob kalt oder auch vom Wärmeerzeuger) **zu bremsen** und so ebenfalls eine Störung der Schichtung zu verhindern.

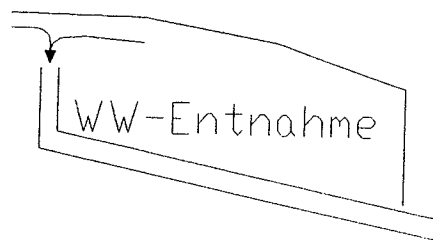


Abbildung 18: WW- Entnahme nach unten

**Zirkulationsleitungen** sollten ebenfalls wenn möglich, vermieden werden. Voraussetzung dafür sind kurze Wege vom Speicher (Wärmetauscher) zur Zapfstelle. Fließzeiten bis 6 sec. (bis warmes Wasser kommt) sind nach DIN 1988 zulässig. Wenn solche Leitungen benötigt werden, sollten sie ausreichend gedämmt werden und die Zirkulationspumpe mit einer Zeitschaltuhr angesteuert werden

Zeile	Nennweite (DN) der Rohrleitungen/Armaturen in mm	Mindestdicke der Dämmschicht bei $\lambda=0,035\text{W/mK}$
1	bis DN 20	20 mm
2	ab DN 22 bis DN 35	30 mm
3	ab DN 40 bis DN 100	gleich DN
4	über DN 100	100 mm
5	Rohrleitg. Und Armaturen nach den Zeilen 1-4 in Wand- und Deckendurchbrüchen ...	½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4

**Tabelle 10 : Dämmschichtdicken für Heizungs- und Warmwasserrohre [1]**

Zur **Wärmeverteilung** ist zu sagen, daß die Wege zwischen Wärmeerzeuger und -verbraucher so kurz wie möglich gehalten werden sollen, um unnötige Verluste zu vermeiden.

Es ist schon ein sehr großer Aufwand, komplette **Pumpenwarmwasserheizungen** auf alpinen Hütten einzubauen, er mag jedoch bei großen Hütten und/oder Winterbetrieb gerechtfertigt sein. Selbstverständlich müssen die Leitungen ausreichend gedämmt werden.

Es soll jetzt nicht näher auf die Konzeption eines Heizungsnetzes eingegangen werden, eines muß jedoch dringend beachtet werden: Bei genauer hydraulischer Berechnungen durch den Planer (geringer Aufwand durch entspr. Software) können zu große Rohrdimensionen und Heizkörper vermieden werden. Dies wirkt sich entsprechend auf das Material (Transportgewicht !) aus. Berechnungen an der Fachhochschule München haben ergeben, daß bei konservativem Ansatz („Pi mal Daumen“) sehr schnell eine **bis zu dreifache Überdimensionierung** erreicht wird.

## 4.2 Konventionelle Anlagen zur Wärmeerzeugung

### 4.2.1 Holzherd

Der Holzherd ist die am Anfang meist eingesetzte Wärmequelle auf Hütten, dazu auch Kochstelle, eine Kombination, die noch heute Bestand haben kann. Es gibt einige Hütten, auf welchen für Heizbetrieb ausgelegte Herde ihren Dienst tun. Der Aufbau entspricht dabei einem (Holz)Kessel: Über einen Wärmetauscher im Herd wird mittels einer Pumpe Heißwasser in einen Speicher geführt. Damit läßt sich einfach nur Warmwasser erzeugen, oder aber auch eine Heizung betreiben. Der Wirkungsgrad ist nicht schlecht, insbesondere Herde neuerer Bauart reduzieren durch Einbauten die Abgastemperatur und damit die Verluste. Grundvoraussetzung ist selbstverständlich trockenes Holz. Der Feuerraum eines solchen Herdes ist natürlich nicht sehr groß, daher muß oft nachgelegt werden. Dazu kommt, daß für das Kochen ebenfalls eine nicht unwesentliche Menge an Holz benötigt wird. Der Bedienkomfort ist somit nicht der größte. Ein solches System ist zwar für kleine Hütten geeignet, wo die Beschaffung von Holz wenig Probleme bereitet, und wo auch nicht allzuviel Warmwasser benötigt wird. Für größere Hütten ist der Bedienungsaufwand meiner Meinung nach zu hoch.

### 4.2.2 Kachelofen

Der Kachelofen ist eine der ursprünglichsten Formen der Wärmeerzeugung. Durch geschickten Einbau können große Teile der Hütte erwärmt werden. Außerdem ist der Wirkungsgrad dieser Wärmeerzeugung durchaus nicht schlecht, er liegt bei ca. 75-85 % für die in Tirol üblichen Öfen, bei welchen Holz und Asche auf derselben Ebene liegen. Holz ist dazu ein nachwachsender Rohstoff.

### 4.2.3 BHKW oder Generator mit Wärmerückgewinnung

(siehe auch Abschnitt Stromerzeugung) Hier wird vorrangig mit Diesel (Heizöl) gearbeitet, aber auch Flüssiggas, fossilen Energieträgern also. Es gibt aber auch (teurere) Anlagen, die mit Rapsöl betrieben werden können. Daneben gibt es noch RME (Raps-Methyl-Ester oder Biodiesel), das ist aufbereitetes Rapsöl und von Dieselmotoren ohne große technische Umbauten verträglich. Hinsichtlich Heizwert und Preis zum Rapsöl gibt es nur wenige Unterschiede [10].

Der Vorteil von BHKW-Anlagen liegt in der hohen Energieausbeute mit Strom- und Wärmenutzung.

**Generell kann man davon ausgehen, daß pro 1 kW Strom 2 kW thermische Energie erzeugt werden.** Bei angenommenen 15 kW elektr. Leistung würden also 30 kW Wärmeleistung zu Verfügung stehen. Das in der Hütte umlaufende Heizungswasser wird mit dem Kühlwasser auf ca. 80 °C erwärmt, anschließend im Abgaswärmetauscher nochmals auf ca. 110 °C. Die Abgastemperaturen können dabei auf 120 °C (Ottomotor) bzw. auf 180 °C (Dieselmotor) abgekühlt werden. Damit lassen sich Gesamtwirkungsgrade von bis zu 85 % erreichen [5]. Man muß bei dieser Technik im Auge behalten, daß Generatoren primär zur Stromerzeugung ausgelegt werden. Die Wärme ist eigentlich ein willkommenes Abfallprodukt. Es kann somit der Fall eintreten, daß unzureichende Wärme erzeugt wird. Dies kann sein, wenn nur wenig Strom benötigt wird. Das BHKW regelt seine Leistung nämlich nach der Nachfrage, fährt also bei Schwachlast mit verminderter Leistung. Umgekehrt ist es genauso wenig sinnvoll, wenn die produzierte Wärme nicht abgenommen werden kann.

### 4.2.4 Spitzenlastkessel

Diese Heizkessel werden v.a. bei großen Hütten eingesetzt, bei welchen die anderweitig erzeugte Wärme nicht ausreicht. Dabei finden verstärkt **Stückholzvergaserkessel** Anwendung, es gibt jedoch auch mit **Pflanzenöl** betriebene Kessel. Diese entsprechen weitgehend normalen Heizölkesseln.

In diesem Zusammenhang sei nochmals betont: **Pflanzenöl ist ein Lebensmittel** und unterliegt daher keinen Beschränkungen bei Transport und Lagerung. Auch muß keine Mineralölsteuer entrichtet werden.

### 4.2.5 Strom

Strom aus Wasserkraftwerken nutzt eine regenerative Energiequelle und ist schon seit Jahrzehnten im Einsatz. Normalerweise ist der wenige Strom, der auf Hütten produziert wird, viel zu wertvoll, um verheizt zu werden. Bei Wasserkraft ist dies anders. Da ständig (außer bei Wasserschwankungen) Strom produziert wird, kann der ungenutzte Strom über eine einfache Schaltung in Elektroheizkörper geleitet werden. Dies geschieht v.a. nachts, aber auch in Schlechtwetterzeiten bei wenig Gästen. Gerade hier ist eine Beheizung wünschenswert, wird doch eine Durchfeuchtung und Auskühlung der Hütte vermieden.

**Daher sollte man, wann immer es machbar ist, auf eine solche Lösung zurückgreifen.**

## 4.3 Anlagen auf der Basis regenerativer Energien

### 4.3.1 Solarkollektoren

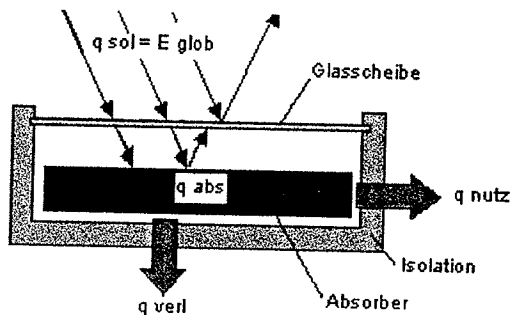


Abbildung 19: prinzipieller Aufbau eines Solarkollektors [9]

Solarkollektoren sind die bekannteste Form der Nutzung regenerativer oder alternativer Energie. Hierbei wird die Solarstrahlung (Globalstrahlung, bestehend aus einem Diffus- und einem Direktanteil) in einem Absorberblech absorbiert und an einen darin fließenden Wärmeträger weitergegeben. Die Glasscheibe vermindert wie bei einem Gewächshaus eine übermäßige Abstrahlung nach

außen. Natürlich kann nicht die gesamte einfallende Energie genutzt werden, es gibt Verluste durch das Glas (Reflexion), den Kollektorrahmen und einfach Wärmeabstrahlung.

Abhängig von den verwendeten Materialien (Glas, Rahmen, Absorber) gibt es natürlich bessere und schlechtere Kollektoren. Insbesondere die Art der Beschichtung des Absorberbleches spielt hierbei eine große Rolle. Es gibt gerade eine bei Solarkollektoren eine Vielzahl von **Begriffen und Angaben**, die den Laien mehr verwirren als informieren.

Nachfolgend einige der wichtigsten:

**Kollektorfläche:** Hier muß zwischen 3 verschiedenen Angaben unterschieden werden

- Bruttofläche, dies ist die Fläche incl. Rahmen
- Aperturfläche, dies ist die Fläche innerhalb des Rahmens
- Absorberfläche, dies ist die Fläche des Absorberbleches

**Beschichtung:** Einfache Kollektoren sind schwarz lackiert, um die Wärme besser aufzunehmen, Stand der Technik ist die sog. **selektive Beschichtung**, dabei wird ein feinkörniges Material (z.B. Schwarzchrom) auf den Absorber aufgebracht. Damit vervielfacht sich dessen Oberfläche, und durch diesen einfachen Trick kann mehr Wärme aufgenommen werden. Außerdem wird durch das verwendete Material die Abstrahlung deutlich verringert. Auch die immer mehr angewendete **TiN<sub>ox</sub>**-Beschichtung (Titanoxyd) gehört zu den sogen. hochselektiven Beschichtungen.

**Absorber:** Der Absorber ist das Herzstück der Anlage, er besteht aus Metall (Kunststoffvarianten sind für Schwimmbadwassererwärmung gedacht), vorwiegend aus Kupfer oder Kombinationen aus Kupfer und Aluminium, auch Edelstahl ist möglich. In ihm zirkuliert der **Wärmeträger**, dies ist in der Regel Wasser, versetzt mit einem Frostschutzmittel (z.B. Glykol).

**Aufstellung:** Über die Ausrichtung nach Süden und die Neigung des Kollektors wird viel diskutiert. Tatsächlich wirkt sich z.B. eine Abweichung um 40° von Süden (also gegen W oder O) nur mit einer Minderleistung von 10 % auf den Ertrag aus [11]. Entscheidender ist hierbei die Neigung. Man spricht oft von der Sommerstellung (30°) und der Winterstellung (60°). Im Winter wird die größere Schräge benötigt, um die tiefstehende Sonne optimal zu nutzen. Speziell für den Winterbetrieb auf Hütten bietet sich jedoch eine senkrechte Montage direkt an eine Gebäudeaußenwand an. Dabei vermindert sich die Leistung um ca. 25 %, was sich durch eine größere Kollektorfläche kompensieren läßt. Ausgleichend wirkt außerdem noch eine stark erhöhte Reflexion durch den umliegenden Schnee. Der Vorteil der senkrechten Montage liegt in der Betriebssicherheit der Anlage: Schnee, bzw. Lawinen gehen über die Anlage hinweg, ohne sie zuzudecken.

**Wärmetauscher:** Es gibt außen- und innenliegende Wärmetauscher (WT). Bekannt sind Rohrbündel- und Rippenrohrwärmetauscher. Innenliegende (also im Speicher befindliche) WT werden bei kleinen Anlagen verwendet, außen angebrachte Plattenwärmetauscher dagegen bei größeren Anlagen und Schichtladesystemen (siehe Abbildung 22 u. 23).

**Wärmeträger:** In der Regel findet aus Frostschutzgründen ein Wasser-Glykol-Gemisch mit einem Glykolanteil von 40-50 % Verwendung. Es gibt dabei:

- **Ethylenglykol** (Antifrogen N, Tyfocor etc.), für Mensch und Umwelt **giftig**
- **Propylenglykol** (Antifrogen L, Tyfocor L, etc.), **lebensmittelgeeignet** und zur Verwendung bei innenliegenden Wärmetauschern vorgesehen.

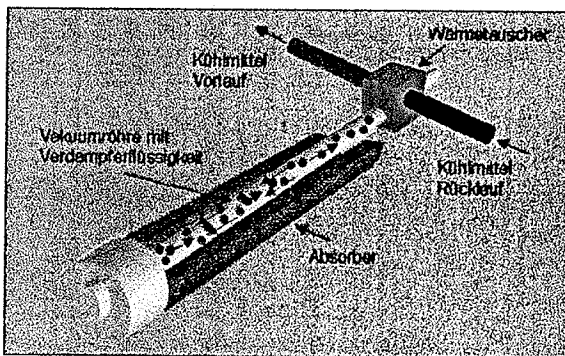
Ein Nachteil liegt im Umstand, daß diese Gemische eine geringere Wärmekapazität als Wasser aufweisen und die Reibungsverluste im Rohr steigen.

**Kollektorkreis:** Er besteht aus dem Kollektor mit Vor- und Rücklauf. Dort könnte man einen Wärmemengenzähler anbringen und den **Kollektorkreisertrag** bestimmen.

**Solarsystem:** Kollektor samt Vorlauf, Rücklauf und Wärmetauscher, ab dem die Versorgung an Warmwasser (Waschen, Duschen) erfolgt. An dieser Stelle kann der **Solarsystemertrag** bestimmt werden.

**Bauarten:** Hier werden ebenfalls zwei Varianten unterschieden:

- **Flachkollektoren**, das sind jene Kollektoren, die dem Aufbau in Abbildung 19 entsprechen.
- **Vakuumpollektoren**, das sind üblicherweise Röhrenkollektoren, bei welchen sich der



**Abbildung 20: Aufbau eines Vakuumpollektors mit trockener Anbindung [12]**

Wärmetauscher abgibt. Bei nasser Anbindung fließt der Wärmeträger dagegen durch den gesamten Kollektor.

Über die Haltbarkeit des Vakuums wird teils heftig gestritten, Tatsache ist, daß Anlagen seit über 20 Jahren tadellos funktionieren, andere jedoch schon ab Fabrik kein Vakuum mehr aufweisen. Hersteller bieten eine 5-jährige Garantie. Auf eine solche sollte auch bestanden werden. Schließlich dürften trocken eingebundene Röhren weniger empfindlich sein, außerdem ist ihr evtl. Austausch einfacher durchzuführen.

**Speicher:** Verwendet werden Standardspeicher mit innenliegendem Wärmetauscher und Schichtenspeicher („Schichtenlader“) mit außenliegendem Wärmetauscher (siehe Abbildungen 16 u. 17).

### 4.3.1.1 Anlagentypen

Es gibt im Grunde nur zwei Systeme, die von den Herstellern in Variationen angeboten werden:

- Schwerekräftsysteme, dabei befindet sich der Kollektor unterhalb des Wärmespeichers und der erwärmte Wärmeträger steigt nach oben, gibt seine Wärme an das Wasser ab und fließt in den Kollektor zurück.
- Pumpenumlaufsysteme, hierbei kann der Kollektor „irgendwo“ sein, eine Pumpe befördert den Wärmeträger in den Boiler.

#### 4.3.1.1.1 Low-Flow/Standardanlagen

Standardanlagen arbeiten mit einem Durchfluß von 40-60 l/m<sup>2</sup>h. Low-Flow-Anlagen arbeiten dagegen mit einem verminderten Durchfluß von 10-15 l/m<sup>2</sup>h in darauf abgestimmten Kollektoren. Normale Kollektoren würden im Low-Flow-Betrieb keine vollständige, optimale Durchströmung erhalten. Durch den längeren Verbleib im Kollektor erwärmt sich der Wärmeträger entsprechend mehr und ermöglicht so eine temperaturorientierte Einspeisung über spezielle Schichtenladevorrichtungen in den Speicher.

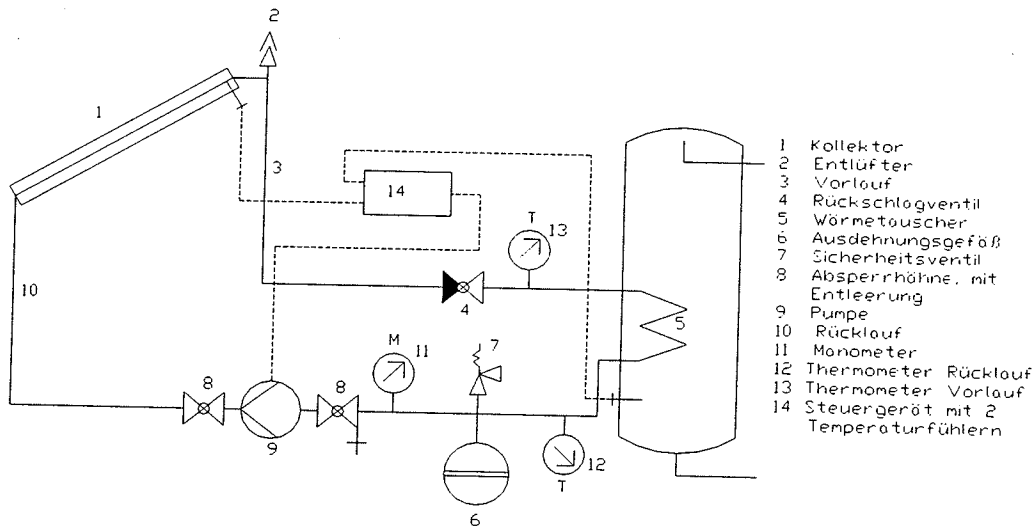


Abbildung 21: Schema einer Pumpensolaranlage

#### 4.3.1.1.2 Schwerekräftanlagen

Der Vorteil liegt darin, daß eine elektrische Steuerung entfällt, das System bedarf praktisch kaum einer Wartung und ist somit für den Betrieb von beispielsweise Winterräumen geeignet. Dazu müßte natürlich noch ein Heizkörper eingebaut werden, es gäbe auch die Möglichkeit, einen trinkwassergeigneten (Edelstahl) Heizkörper einzubauen. Damit könnte die Warmwasserversorgung und die Beheizung aus einem Speicher und derselben Leitung erfolgen. Die Leitungen müssen in einem **Gefälle von mind. 2 %** verlegt werden.

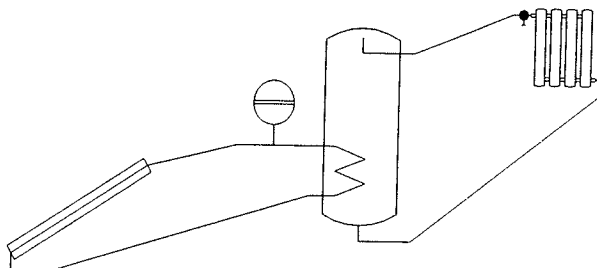
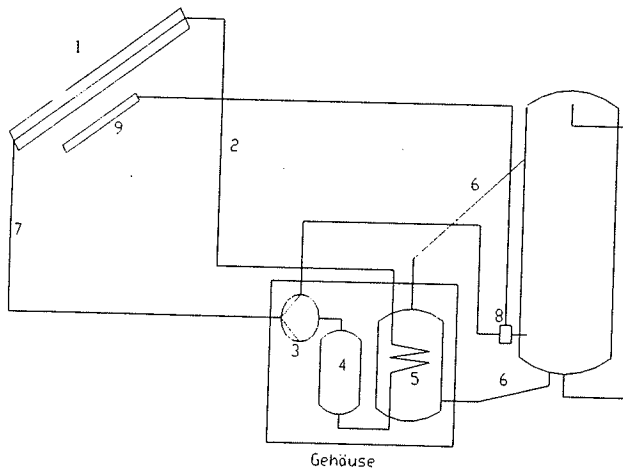


Abbildung 22: Aufbau einer Schwerekräftanlage

### 4.3.1.1.3 Drain-Back-System

Abschließend möchte ich noch kurz eine Solaranlage vorstellen, welche in der Schweiz entwickelt und von der Firma Olymp vertrieben wurde. Aufgrund technischer Mängel („Kinderkrankheiten“, die inzwischen wohl behoben sind) wurde diese Anlage aus dem Sortiment genommen und wird jetzt vom Hersteller, der Firma Vaterlaus in Münsingen (CH), direkt vertrieben. Außerdem wird ein ähnliches System inzwischen auch von Buderus Heiztechnik vertrieben.

Eine solche Anlage ist durchaus beachtenswert: Sie wurde speziell für Wochenendhäuser entwickelt, die üblicherweise oft leerstehen. Dies entspricht damit auch teilweise der Situation auf Schutzhütten. Der technische Trick liegt in der Verwendung eines offenen Ausdehnungsgefäßes, welches den kompletten



Inhalt an Wärmeträgerflüssigkeit (Rohre und Kollektor) aufnehmen kann. Im Gegensatz zu den in konventionellen Anlagen verwendeten geschlossenen Gefäßen bleibt damit der Wärmeträger bei einem Überhitzen durch Stillstand (wobei das Sicherheitsventil öffnet) im Anlagenkreislauf.

Eine selbstansaugende Pumpe drückt den Wärmeträger wieder in den Kollektor. Durch die Verwendungen sehr enger Vor- und Rücklaufleitungen tritt dabei ein

Abbildung 23: Drain-Back-System

willkommener Effekt auf: Die Flüssigkeit „schiebt“ die Luft vor sich her, die Anlage wird automatisch entlüftet, auf entsprechende Ventile kann verzichtet werden.

Die Pumpe wird über ein eigenes kleines PV-Modul mit Strom versorgt und arbeitet in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung: Je stärker die Sonne scheint, desto wärmer wird der Wärmeträger und um so schneller arbeitet die Pumpe. Ein Nachteil ist die Anlagengröße: Es können – je nach Hersteller – maximal zwischen sechs und neun m<sup>2</sup> Kollektorfläche angeschlossen werden, damit bleibt der Einsatz auf kleinere Hütten und Winterräume beschränkt.



### 4.3.1.2 Auslegung von thermischen Solaranlagen

Eine genaue Grundlage zur Dimensionierung von Solaranlagen bietet die Simulation der Anlage mit einer entsprechenden Software, z.B. T-Sol<sup>®</sup> oder f-CHART<sup>®</sup>

Dennoch kann man mit allgemein gebräuchlichen „Faustwerten“ durchaus realistische Größen der Komponenten bestimmen.

Es sei an dieser Stelle nochmals auf die Wichtigkeit einer genauen Berechnung der Rohrleitungen, Ausdehnungsgefäße und Pumpen hingewiesen, um eine Überdimensionierung und dem damit verbundenen Mehraufwand an Material und Energieverbrauch zu vermeiden.

#### 4.3.1.2.1 Theoretischer Hintergrund

$$\text{mittlerer Kollektorwirkungsgrad} \quad \eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta \vartheta}{E_e} - \frac{k_2 \cdot \Delta \vartheta^2}{E_e}$$

Diese Daten werden vom Hersteller (im Katalog) bereitgestellt:

$\eta_0$  optischer Wirkungsgrad, dieser setzt sich zusammen aus dem Produkt aus Transmissionskoeffizienten der Abdeckung (gibt an, wieviel Energie die Abdeckung durchläßt) und dem Absorptionskoeffizienten des Absorbers (gibt an, wieviel % der einstrahlenden Energie vom Absorber aufgenommen wird)

$k_1$  in W/m<sup>2</sup>K

$k_2$  in W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>

Die weiteren Daten ergeben sich aus dem Aufstellungsort des Kollektors:

$\Delta \vartheta$  ist die Differenz aus mittlerer Kollektorinnentemp. und Außenlufttemp. (üblicher Wert: 40 K)

$E_e$  ist die eingestrahelte Energie (Globalstrahlung), realistisch sind 800-1000 W/m<sup>2</sup>

Daraus läßt sich auch der  $k_{eff}$  des Kollektors errechnen:  $k_{eff} = k_1 + k_2 \cdot (\vartheta_m - \vartheta_L)$

Nunmehr läßt sich die Kollektorkennlinie erstellen. Die Kennlinie wird üblicherweise linear angenommen, d.h. für einen konstanten Wärmeleitwert  $K=k_{eff}$ . Die gestrichelte Linie in Abbildung 24 zeigt den realen (quadratischen) Verlauf einer Kollektorkennlinie mit  $K$  als Funktion der Temperatur. Für sehr kleine Temperaturdifferenzen ist der Wirkungsgrad gleich dem optischen Wirkungsgrad (horizontale Linie). Der nutzbare Anteil der Solarstrahlung hängt dann nur von den optischen Eigenschaften des Kollektors ab (Reflexion und Absorption). Ist der Wärmegewinn gleich den Wärmeverlusten, so ist der Wirkungsgrad des Kollektors null. Die zugehörige Temperatur wird als Stillstands- oder Leerlauftemperatur  $T_s$  bezeichnet.

$$\text{lineare Kennlinie} \quad \eta = \eta_0 - k_{eff} \cdot \frac{\Delta \vartheta}{E_e}$$

quadratischer Kennlinie, entspricht dem mittleren Kollektorwirkungsgrad (siehe oben)

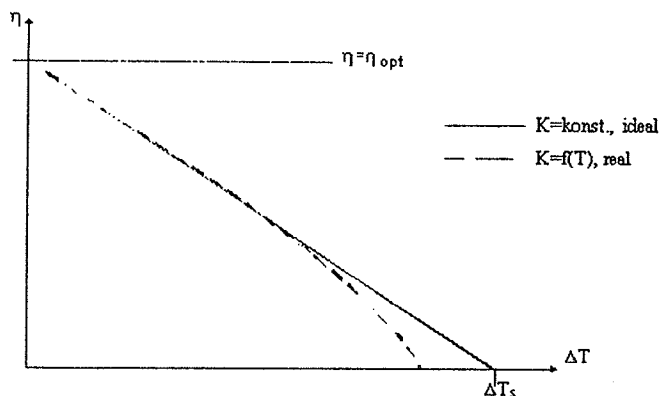


Abbildung 24: Kennlinien eines Kollektors [9]

Typische Wirkungsgrade: Vakuum-Röhrenkollektor: 60-84 %  
Flachkollektor: 70-83 %

In dieser Abbildung wird ersichtlich, daß der Wirkungsgrad mit steigender Temperaturdifferenz innen-außen immer schlechter wird. Ideal wäre ein Kollektor, welcher nahezu alle einfallende Wärme an den Wärmeträger abgibt, und auch in der Lage ist, diese Wärme abzuführen (Durchsatz!).

Somit schneiden Low-Flow-Systeme aufgrund ihrer höheren Temperaturen schlechter ab. Dafür wird jedoch die benötigte Wassertemperatur schneller erreicht. Flachkollektoren haben generell flachere Kennlinien als Röhrenkollektoren.

#### 4.3.1.2.2 Kennzahlen zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von Solaranlagen

Solarer Systemnutzungsgrad  $\eta_{N,solar} = \frac{\text{Solarsystemertrag}}{\text{eingestrahlte Sonnenenergie}}$

Solarer Deckungsanteil  $SD_{(Netto)} = \frac{\text{Solarsystemertrag}}{\text{Solarsystemertrag} + \text{Zusatzwärmebedarf}}$

Kollektorkreisnutzungsgrad  $\eta_{N,solar} = \frac{\text{Kollektorkreisstrag}}{\text{eingestrahlte Sonnenenergie}}$

#### 4.3.1.2.3 Überschlägige Dimensionierung von Brauchwasser-Solaranlagen

**Kollektorfläche:** 1-1,5 m<sup>2</sup> pro Person

**Wärmetauscher:** 0,2-0,35 m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Kollektor bei normalen Anlagen  
0,3 m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Kollektor bei Low-Flow-Anlagen

**Speicherinhalt:** 50-70 l pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche

**Warmwasserverbrauch:** Das ist der unsicherste Wert bei Hütten. Es ist sehr schwierig, hier verlässliche Daten anzugeben.

Normalerweise kann mit 20-50 l (60 °C) pro Person und Tag gerechnet werden. Da aufgrund der besonderen Situation davon ausgegangen werden kann, daß nicht jeden Tag geduscht (wenn überhaupt) wird (ca. 30 l) und der Verbrauch auch sonst gering gehalten wird, dürften 10-20 l ein brauchbarer Wert sein. Tagesgäste dürften mit 5 l zufrieden sein. Dazu kommt noch der Bedarf an Warmwasser zum Waschen, Spülen und Putzen. Dieser Verbrauch dürfte beim Einsatz von warmwassergespeisten Waschmaschinen (einmaliger Betrieb) und Spülmaschinen (mehrmaliger Betrieb) bei ca. 70-90 l liegen.

Aussagekräftig sind schließlich nur Daten, die über einen längeren Zeitraum beachtet werden. In diesem Fall würde sich eine Dimensionierung nach dem sog. **Summenlinienverfahren** anbieten, dabei werden die Wasserverbräuche genau ermittelt und über die Tageszeit aufsummiert. Mit dieser Summenlinie kann der Fachplaner dann einen Speicher auswählen, welcher exakt auf die vorherrschenden Verhältnisse abgestimmt ist.

#### 4.3.1.2.4 Berechnungsbeispiel "Schönblick"

Alle Angaben sind auch hier angenommen, anschließend erfolgt eine Überprüfung mit dem einfachen Simulationsprogramm f-CHART<sup>o</sup>.

Eckdaten:	45 Tagesgäste, Warmwasserverbrauch 3 l/Person	135 l
	Kochen	90 l
	Putzen und Spülen	105 l
	Hygiene (Personal)	30 l
	<b>Summe:</b>	<b>360 l</b>

Es müssten also 360 l Warmwasser (45 °C) pro Tag zu Verfügung gestellt werden. Dazu kommt eine Schlechtwetterreserve über 1-3 Tage. Dies würde einen Speicher von 720-1440 l bedeuten  
Da im Speicher jedoch keine 45 °C herrschen, sondern ca. 60 °C (mit guten Solaranlagen durchaus zu erreichen) verringert sich das Speichervolumen: (10 °C ist die Kaltwassereintrittstemperatur)

$$x l_{60^\circ} = \frac{(45^\circ - 10^\circ) \cdot y l_{45^\circ}}{(60^\circ - 10^\circ)}$$

Mit der nebenstehenden Mischformel läßt sich errechnen, wieviele Liter (y) 45-grädiges Wasser aus einer gegebenen Menge (x) 60-grädigem Wasser durch Mischung mit Kaltwasser verfügbar sind.

Bsp.: 720 l warmes Wasser mit 45 °C erhält man aus 504 l Wasser mit 60 °C.

Das 45-grädige Wasser erhält man durch den Einbau eines Thermostatmischers, welcher Warmwasser aus dem Speicher mit Kaltwasser aus der Zuleitung mischt.

**Gewählt wird ein 750 l-Speicher**, dies bedeutet bei 60° (1071 l) eine Reserve von 2,9 Tagen

Ausgehend vom Speicherinhalt (50-70 l/m<sup>2</sup><sub>Kollektor</sub>) ergibt sich eine Kollektorfläche von 10,7-15 m<sup>2</sup>

**Gewählt werden ca. 13 m<sup>2</sup> Kollektorfläche** (dieser Wert wird selten genau erhältlich sein).

Der Wärmetauscher muß demnach eine Fläche von 2,6-4,55 m<sup>2</sup> aufweisen.

**Gewählt wird ein Wärmetauscher mit 3,6 m<sup>2</sup> Fläche.**

Diese Ergebnisse stellen erfahrungsgemäß eine sehr gute Näherung zur computergestützten Ermittlung dar. Es werden hierbei jedoch nicht die jahreszeitlichen Schwankungen von Solarstrahlung und Sonnenscheindauer berücksichtigt, auch das spezielle **Nutzerverhalten** (Warmwasserbedarf und -verbrauch) ist noch nicht berücksichtigt. Gute Software berücksichtigt aber auch diesen Punkt. Der solare Deckungsgrad sollte also in einer Simulation errechnet werden, dabei wird die Anlage auch verbessert, optimiert.

#### 4.3.1.2.5 Simulation der Solaranlage

Die Simulation erfolgte mit denselben Daten der manuellen Auslegung, allerdings mußte als Wetterdatengrundlage der bayerische Ort Weihenstephan dienen, da Daten aus Österreich und Italien in dieser Version der Software f-CHART<sup>©</sup> nicht verfügbar waren. Dabei ist aber festzuhalten, daß die Einstrahlung in Weihenstephan nur wenig geringer ist als am Meßort Bozen. Es stehen hier als Jahressumme **38.424 kWh** gegen **40.344 kWh** [13].

Als Nachheizsystem wurde eine Ölheizung definiert, ebenfalls in Ermangelung besserer Alternativen. Dieser Punkt ist jedoch mehr theoretischer Natur.

Es wurden insgesamt vier Simulationen durchgeführt, wobei bei gleichbleibender Fläche die Kollektorneigung und die Ausrichtung variiert wurde. Damit ergibt sich in Tabelle 11 ein sehr übersichtlicher Vergleich zur solaren Deckung.

Aufstellung Solare Deckung	Neigung 45° Ausrichtung 0°	Neigung 90° Ausrichtung 0°	Neigung 45° Ausrichtung 30°	Neigung 90° Ausrichtung 30°
Mai-Oktober	0,965	0,87	0,96	0,875
über ein Jahr	0,78	0,71	0,71	0,69

**Tabelle 11 : Ergebnisse der Solaranlagensimulation**

**Die Simulation bestätigt zunächst, daß die Ermittlung „per Hand“ sehr gute Ergebnisse liefert.**

Weiters bestätigt sie die Aussage, daß eine um 30° von der Südrichtung abweichende Aufstellung sich praktisch nicht auf die solare Deckungsrate auswirkt. Viel stärker wirkt sich dagegen eine senkrechte Aufstellung aus. In diesem Fall müßte ein zusätzlicher Kollektor angebracht werden, um die Mindererträge zu kompensieren.

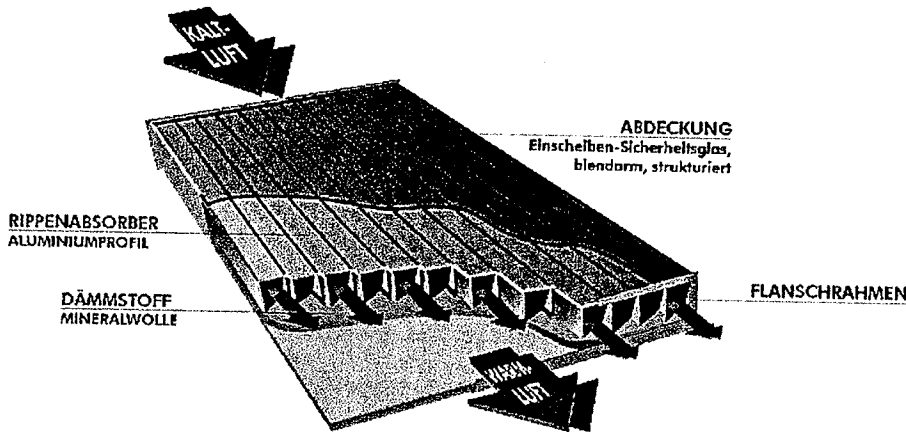
#### 4.3.1.3 Kosten

Die Kosten für die komplette Solaranlage (Kollektor, Speicher, Verrohrung, Steuerung) auf der Rieserfernerhütte betragen (1998) 20.142 € (incl. Transport und Montage, ohne MwSt.) für eine Kollektorfläche von 6 m<sup>2</sup>.

**Damit kostete ein m<sup>2</sup> Solaranlage 3.357 €.**

### 4.3.2 Solar-Luftkollektoren

Solar-Luftkollektoren sind durchaus vergleichbar mit den vorher beschriebenen Warmwasserkollektoren. Es gibt in Deutschland (Europa ?) nur sehr wenige Hersteller von dieser Technik, da es sich um eine Nischenanwendung handelt. Hier wird daher ausschließlich Material der Fa. Grammer, Amberg (Bayern) verwendet. Dies ist eine renommierte Firma, die sehr aktiv auf dem Gebiet der Neuentwicklung tätig ist.



Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, wird kalte Frischluft in einem Absorber auf 20-50 °C erwärmt, ein Raumthermostat gibt ab einer bestimmten Temperaturdifferenz einen nachgeschalteten Ventilator frei, und dieser drückt die Luft durch ein einfaches Kanalnetz in die Räume.

Abbildung 25: Aufbau und Funktion eines Luftkollektors [14]

Der Vorteil gegenüber Wassersystemen liegt in der **Betriebssicherheit** der Anlage: Durch das Wärmeträgermedium Luft besteht bei Anlagenstillstand im Sommer keine Gefahr des Überkochens, und im Winter kann nichts einfrieren.

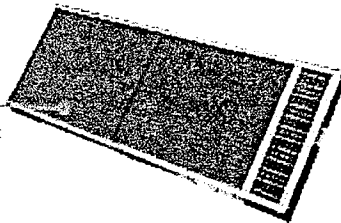
Diese Art von Kollektoren läßt sich sehr gut in Fassaden integrieren (vor Schnee geschützt !), aber auch aufständern oder im Dach montieren.

Speziell für Hütten geeignet ist die Ausführung mit einem durch eine integrierte Solarzelle gespeistem Ventilator („Twinsolar“).

Bei Sonnenschein wird Luft in ein nachfolgendes Kanalnetz geblasen, bei Schatten steht die Anlage.

Mit dieser Ausführung hat der DAV bereits sehr gute Betriebserfahrungen gemacht. So wird z. B. die Kompostieranlage der Augsburger Hütte (Lechtaler Alpen, 2298 m) mit einem solchen System belüftet und beheizt, wobei besonders auf den nicht bewirtschafteten

**TWINSOLAR 1.3**  
Standardabmessung:  
2 x 0,7 x 0,12 m  
integrierter Ventilator



Zeitraum geachtet wurde. Bei 10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche werden im Kompostiererraum 20 °C erreicht. Der Wirkungsgrad verhält sich wie bei Wasserkollektoren: Je höher die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Außenluft, desto geringer der Wirkungsgrad.

**Zur Auslegung:** Die Fa. Grammer gibt beispielsweise für ihren 5 m<sup>2</sup>-Kollektor eine maximale Luftmenge von 500 m<sup>3</sup>/h an. Bei einem konservativen Ansatz von 350 m<sup>3</sup>/h und einem Luftwechsel von 0,8/h (in 1 h werden 80 % der Raumluft ausgetauscht) ließe sich ein Raumvolumen von 437 m<sup>3</sup> versorgen. Bei einer Raumhöhe von 2,50 m entspricht das einer Grundfläche von 175 m<sup>2</sup>.

Ein Luftkollektorsystem ist, wie schon angesprochen, nicht nur zum **Heizen** gedacht, sondern auch zum **Lüften**, und in der Folge daraus zum **Entfeuchten**.

Das betrifft vor allem die Feuchteproblematik bei Witterung, wie sie im Sommer 1999 aufgetreten ist. Die Radlseehütte hatte dabei in den unbeheizten Obergeschossen durchaus Probleme mit der anhaltenden Luftfeuchtigkeit, die sich im Mauerwerk, Holz, Bettzeug u.a. niederschlägt.

Bei der Entfeuchtung spielt nämlich eine weitere Gesetzmäßigkeit mit: **kalte Luft ist trocken, kann nur beschränkt Feuchtigkeit aufnehmen**. Erwärmt man diese Luft, dann steigt ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, gewaltig.

Die praktische Folgen kennt jeder: Im Winter ist die Luft in Wohnungen sehr trocken, schließlich wurde Luft von beispielsweise 0 °C auf +20 °C erwärmt.

Eine Luft, die bei 0 °C eine relative Feuchte von 90 % aufweist, also kaum mehr Wasser aufnehmen kann, weist nach dem Erwärmen auf 20 °C eine relative Feuchte von 20 % auf. Das bedeutet, daß diese Luft wieder eine große Menge Wasser aufnehmen kann. **Der Raum wird also entfeuchtet.**

$$x_{\text{Abluft}} = x_{\text{Zuluft}} + \frac{\dot{m}_{\text{Dampf}}}{\dot{m}_{\text{Zuluft}}}$$

Über die **Wasserbilanz** läßt sich genau errechnen, wieviel Wasser diese Luft aus dem Raum entziehen kann.

$x$  = Wassergehalt der Luft in g pro kg trockene Luft

$\dot{m}$  = Massenströme an Wasserdampf im Raum (von Personen, Speisen, Außenluft bei bekanntem Luftwechsel) und der Zuluft, beides in g pro Stunde. Dabei ist zu beachten, daß deren Quotient  $g_{\text{Dampf}}$  pro  $g_{\text{Zuluft}}$  ergibt.

Der beschriebene Effekt läßt sich somit auf Hütten zur einfachen Entfeuchtung nutzen. Dazu muß natürlich ein Kanalnetz erstellt werden, welches jedoch einen sehr einfachen Aufbau aufweist: Über die Luftkanäle (rechteckig oder rund, der Querschnitt liegt dabei im Bereich von 100 cm<sup>2</sup>, je nach benötigtem Volumenstrom) gelangt die warme und trockene Luft in die Schlafräume. Die feuchte Luft muß natürlich entweichen, am einfachsten geschieht dies über in der Außenwand angeordnete Überdruckklappen. Man könnte allerdings auch diese Luft über ein Kanalsystem absaugen und über einen Wärmetauscher deren Wärme auf die einströmenden Zuluft übertragen („kontrollierte Lüftung“).

Im Sommer besteht die Möglichkeit, über einen Bypass Frischluft in das Gebäude zu fördern, um zu kühlen. Daneben gäbe es die Möglichkeit, den Luftkollektor an den Warmwasserspeicher zu binden. Über einen Wärmetauscher wird dieser vom Luftkollektor aus beschickt, aber hier scheint mir der Nutzen im Verhältnis zum Aufwand und im Vergleich zu einer Warmwasser-Solaranlage viel zu gering. Das Temperaturniveau im Kollektor beträgt ja 20-50 °C, und je höher diese Temperatur liegt, desto schlechter wird natürlich der Wirkungsgrad. Und bei bewölktem Himmel wird die letztenendes erforderliche Temperatur wohl kaum erreicht. Hier eignen sich hochwertige Flachkollektoren oder Röhrenkollektoren besser für die Warmwasserbereitung. Deren Temperaturniveau liegt einfach höher.

Es gibt neben den angesprochenen Kollektoren ein weiteres, interessantes System derselben Firma, das auch für den nachträglichen Einbau geeignet ist. Es handelt sich dabei um Luftkollektorelemente, die unterhalb von Fenstern angebracht werden („FensterAirsolar“). Damit kann ebenfalls gelüftet, geheizt und im Sommer gekühlt werden. Durch die vollständige Integration in die Außenwand fällt dieser Kollektor kaum auf.

Das große Kollektorsystem kann nun entweder als einzelne Komponente auf einer Hütte eingebaut werden, um speziell im Winter eine einfache und wartungsfreie Belüftung und gleichzeitige Temperierung zu erreichen. Andererseits kann eine solche Anlage durchaus ihren Platz zwischen aufeinander abgestimmten Komponenten zur Wärmeerzeugung einnehmen.

#### 4.3.2.1 Kosten

Die Anlage (autarker Kollektor „Twinsolar“) auf der Augsburger Hütte kostete incl. Transport, Technik, Montage und Meßprogramm 9.203 €, also 920 € pro m<sup>2</sup>.

Die reinen Materialkosten liegen natürlich weit darunter, so beträgt der Preis für ein 5m<sup>2</sup>-Modul mit

-	integriertem PV-Modul	
-	Schaltdose für externe elektrische Anschlüsse	
-	abgestimmter DC-Ventilator	
-	elektrischer Anpaßwandler	
-	Differenztemperaturregelung mit Raumgerät	2.990 €
Zusätzlich:		
-	Wandmontagepaket	178 €
-	Mauerdurchführung	74 €
-	10 m Kanal (geschätzt)	256 €

**Summe:** 3.498 € (incl. 16 % MwSt.)

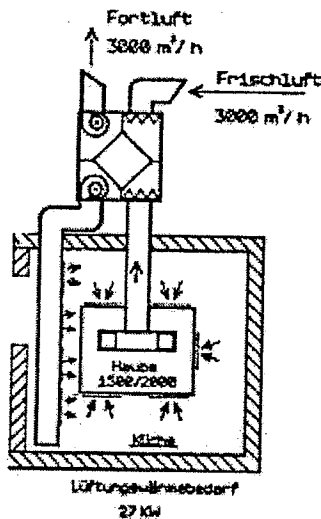
**Damit kostet ein m<sup>2</sup> Luftkollektor 700 €.** Dieser Preis kann natürlich variieren, je nach Ausstattung (z.B. WW-Anschluß), liegt aber dennoch unter dem von hochwertigen Flachkollektoren oder Röhrenkollektoren.

### 4.3.3 Wärmerückgewinnung aus Küchenabluft

Wie im Abschnitt Wärmehaushalt bereits ausführlich behandelt, spielt der Lüftungswärmebedarf bei thermisch optimierten Hütten eine sehr große Rolle. Normalerweise entweicht warme Raumluft durch die Fenster (Lüftung) und wird durch kalte Außenluft ersetzt. Daher kann man eine kontrollierte Lüftung durchaus in Betracht ziehen. Dabei wird die Wärme aus der (kontrolliert über Kanäle abgesaugte) Abluft über einen Wärmetauscher an die (kontrolliert) angesaugte Frischluft abgegeben.

Ein Kanalnetz und zwei Ventilatoren sind dabei Voraussetzung. Üblicherweise wird die Abluft in WC und Küche abgesaugt (Geruchsbelästigung !) und Frischluft in Aufenthalts- und Schlafräume eingeblasen. Wie man sich vorstellen kann, ist mit einem umfangreichen Be- und Entlüftungssystem ein nicht unerheblicher baulicher Aufwand verbunden, der genau überprüft werden sollte. Andererseits steht Wärme günstig zu Verfügung, einzig Zu- und Abluftventilator müssen mit Strom versorgt werden. Sorgfältige Planung hält auch diesen Verbrauch in Grenzen.

Auf eine spezielle Anwendung soll nachfolgend näher eingegangen werden: Aus der Küche gehen große Mengen an warmer Luft durch die Abzugshaube ins Freie. Dies ist in diesem Fall hochwertige Wärme (>40 °C!), die mit bewährter Technik bei gering zu haltendem Aufwand genutzt werden kann.



Die VDI-Richtlinie 2052-3.84 gibt als Richtwert für Imbißstuben eine Lüfrate von 80 m³/h und m² an. Bei einer angenommenen Grundfläche der Küche von 10 m² ergibt dies eine Lüfrate von 800 m³/h.

Nach Angabe des Dunstabzugshaubenherstellers Henatherm liegt die effektive Ablufttemperatur in einer Küche bei mehr als 40 °C.

Der eingesetzte Wärmetauscher verfügt über einen Wärmerückgewinnungsgrad  $\Phi_R$  von 56 %, dies bedeutet, daß 56 % der Wärme aus der Abluft an die Zuluft abgegeben werden.

Abbildung 26: Mögliche Anordnung einer WRG in der Küche [4]

Der Wärmerückgewinnungsgrad errechnet sich nach folgender Formel:

$$\Phi_R = \frac{\dot{Q}_{Zuluft} - \dot{Q}_{Außenluft}}{\dot{Q}_{Abluft} - \dot{Q}_{Außenluft}}$$

Daraus wiederum ergibt sich bei bekanntem  $\Phi_R$  eine Zulufttemperatur  $\vartheta_{Zuluft}$  von:

$$\vartheta_{Zuluft} = (\vartheta_{Abluft} - \vartheta_{Außenluft}) \cdot \Phi_R + \vartheta_{Außenluft}$$

Bei einer Außenlufttemperatur von 5 °C und einer Küchenablufttemperatur von 40 °C ergibt sich somit eine Zulufttemperatur von 24,6 °C, bei einem Volumenstrom von 800 m³/h.

Die „Schönblickhütte“ weist nach der Verbesserung der Wärmedämmung eine Heizlast von 2.48 kW auf. Würde man, wie beispielsweise in den USA weitgehend üblich, diese Heizlast über eine Luftheizung decken wollen, müßte man zur Bestimmung des erforderlichen Zuluftvolumenstromes wie folgt vorgehen:

$$\dot{V}_{Zu} = \frac{\dot{Q}_H \cdot 3600}{\rho_L \cdot c_p \cdot (\vartheta_{ZL} - \vartheta_{RL})}$$

$\dot{Q}_H$  = Heizlast in kW

$\rho_L$  = Dichte von Luft in kg/m³, auf 2000 m bei 0,978 kg/m³

$c_p$  = Wärmekapazität der Luft bei konst. Druck 1,0 KJ/kgK

$\vartheta_{ZL}$  = Zulufttemperatur, sollte bei 5-10 °C über der Raumtemperatur liegen

Die Formel umgestellt nach  $\dot{Q}_H$ , dazu den bekannten Volumenstrom von 800 m<sup>3</sup>/h und eine Zulufttemperatur aus dem WT vom 24,5 °C bei einer Raumtemperatur von 20 °C führt zum Ergebnis:

$$\dot{Q}_H = 0,978 \text{ kW, bzw. } 978 \text{ W}$$

**Folglich könnten mit dieser rückgewonnenen Wärme ca. 39,4 % der Heizlast über die ansonsten ungenutzt abgeblasene Küchenluft gedeckt werden.**

Selbstverständlich muß bedacht werden, daß die von der Abzugshaube angesaugte Luft durch nachströmende Luft ersetzt wird. Daher weist eine Küche auch einen erhöhten Wärmebedarf auf, der im Abschnitt Wärmehaushalt unberücksichtigt geblieben ist. Insofern beziehen sich die 39,4 % auf die Wärmelast der Hütte, jedoch ohne Berücksichtigung des erhöhten Bedarfes in der Küche. Da üblicherweise nur eine Abzugshaube pro Küche vorhanden ist, bleiben noch einige Wärmequellen übrig, die somit die Küche aufheizen. Im praktischen Betrieb ist es heute ja auch ohne Wärmerückgewinnung in Küchen durchaus warm genug.

Die Luftzufuhr für die Küche geschieht entweder über Öffnungen in der Küchenaußenwand, oder aber durch Nachströmen aus Flur und Gaststuben, bzw. über deren Fenster- und Türfugen. Das bedeutet, daß im zweiten Fall ein **kalter Frischluftstrom** durch einen größeren Teil der Hütte bewegt wird, der natürlich die betroffenen Räume zusätzlich auskühlt. Daher sind entsprechende Einströmöffnungen in der Küche sinnvoll. Diese müssen aber derart angeordnet sein, daß die kalte Außenluft nicht unkontrolliert einströmen kann. Dies erreicht man durch schräg angeordnete Durchbrüche in der Wand, damit die Luft sozusagen erst aufwärts fließen muß, um in den Raum zu gelangen. **Kalte Luft ist schwerer und kann nicht aufsteigen**, warme Luft dagegen fließt nicht nach unten ab, da sie leichter ist.

Natürlich muß bedacht werden, daß eine Küche nicht ständig in Betrieb ist, folglich also nicht über 24 Stunden an der Beheizung eines Gebäudes beteiligt sein kann.

Ich sehe eine Rückgewinnung aus Küchenabluft daher als zusätzlich Möglichkeit zur Beheizung von Hütten, insbesondere von solchen, die mit bestehenden Anlagen nicht ausreichend beheizt werden können. Dazu kommt, daß das Heizmittel, die warme Luft, umsonst verfügbar ist.

Vom Wärmetauscher, der je nach Hersteller in der Abzugshaube oder dahinter angeordnet ist, wird die erwärmte Außenluft über einen drehzahlregulierten Ventilator in ein Kanalnetz mit beliebigem Aufbau gedrückt. Der Fachplaner muß natürlich auf einen genauen hydraulischen Abgleich achten, damit die warme Luft auch da ankommt, wo sie benötigt wird.

Schließlich muß bei Einsatz einer Wärmerückgewinnung aus Küchenabluft die **Fettproblematik** bedacht werden. An den Betreiber, also den Hüttenwirt, müssen erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Hygiene gestellt werden. Die Anlagen sind mit Fettfiltern ausgestattet, um ein Verstopfen des Wärmetauschers zu verhindern. Diese Filter müssen selbstverständlich in regelmäßigen Abständen (wöchentlich/nach Herstellerangabe) gereinigt werden. Oft können die Filter einfach in Geschirrspülmaschinen gewaschen werden (ggf. vor dem Einbau mit dem Hersteller abklären). Wird die Reinigung nicht durchgeführt, droht eine sehr hartnäckige Verstopfung des Wärmetauschers, wodurch dessen Funktion drastisch beeinträchtigt wird.

#### 4.3.3.1 Kosten

Angebot der Firma Henatherm (29.11.99), dieses beinhaltet:

- Zu- und Abluftkombination mit Ventilatoren, Wärme- und Schallschutz, Filter	2.095 €
- Schaltkasten	252 €
- Umschaltklappe mit Stellmotor	208 €
- Ausblaskanal mit Dachdurchführung	105 €
- Ansauganal mit Dachdurchführung	102 €
- Ab- und Zuluftkanäle in der Länge von 40 m, incl. Formstücke (Bögen, Ventile usw.)	900 €
- Dunstabzugshaube aus Edelstahl, Halogenbeleuchtung	443 €

**Kompletteinbausatz**

**4.105 €**  
(ohne MwSt.)



### 4.4 Beispielhafte Anlagenschaltbilder

Die hier aufgeführten Schaltbilder geben einige typische Anlagenbauarten wieder, jedoch ohne Bewertung. Es soll allerdings gesagt werden, daß Schichtenladersysteme und externe Brauchwasser-WT als technisch höherwertig anzusehen sind.

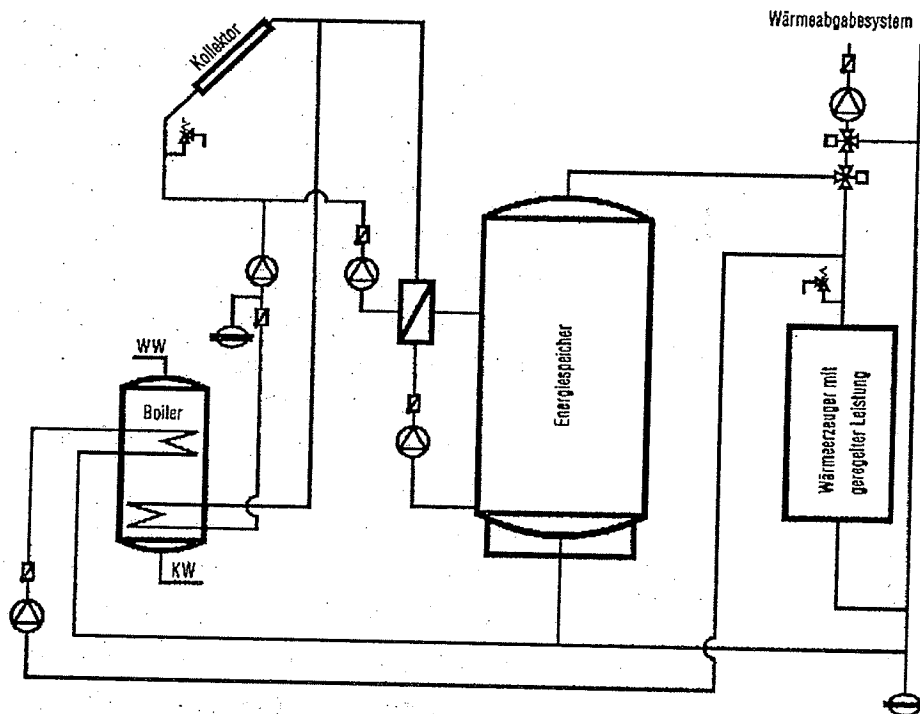


Abbildung 27: Solarkollektor und Wärmeerzeuger (Kessel oder BHKW) mit Pufferspeicher und Warmwasserspeicher mit internem Wärmetauscher (WT) [15]

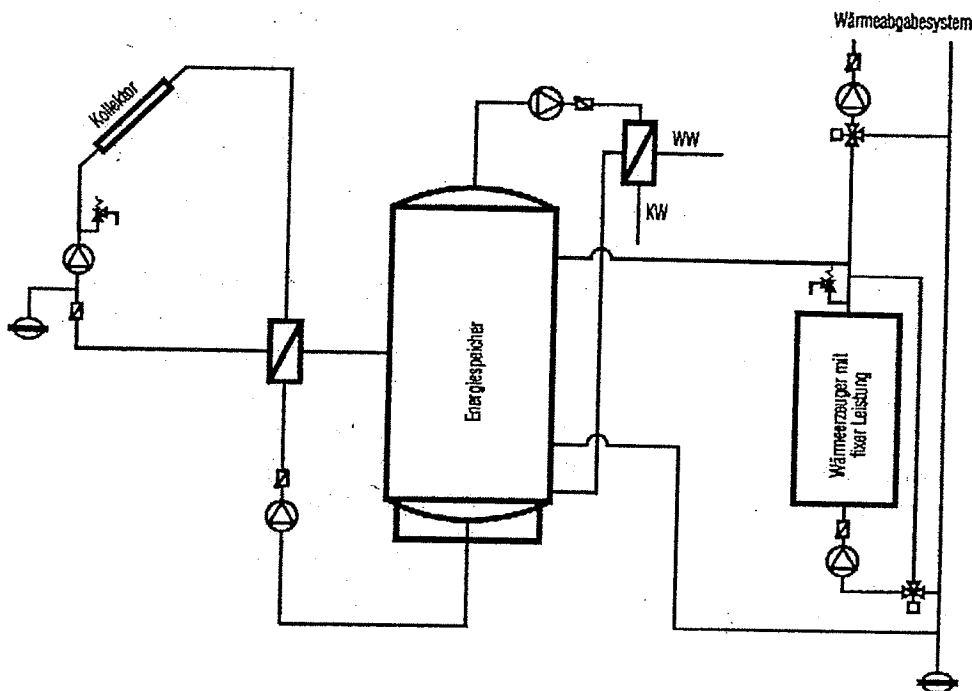


Abbildung 28: Solarkollektor und Wärmeerzeuger (ungeregelter Holzkessel, nicht mehr zeitgemäß) mit Warmwasserbereitung durch externen WT [15]

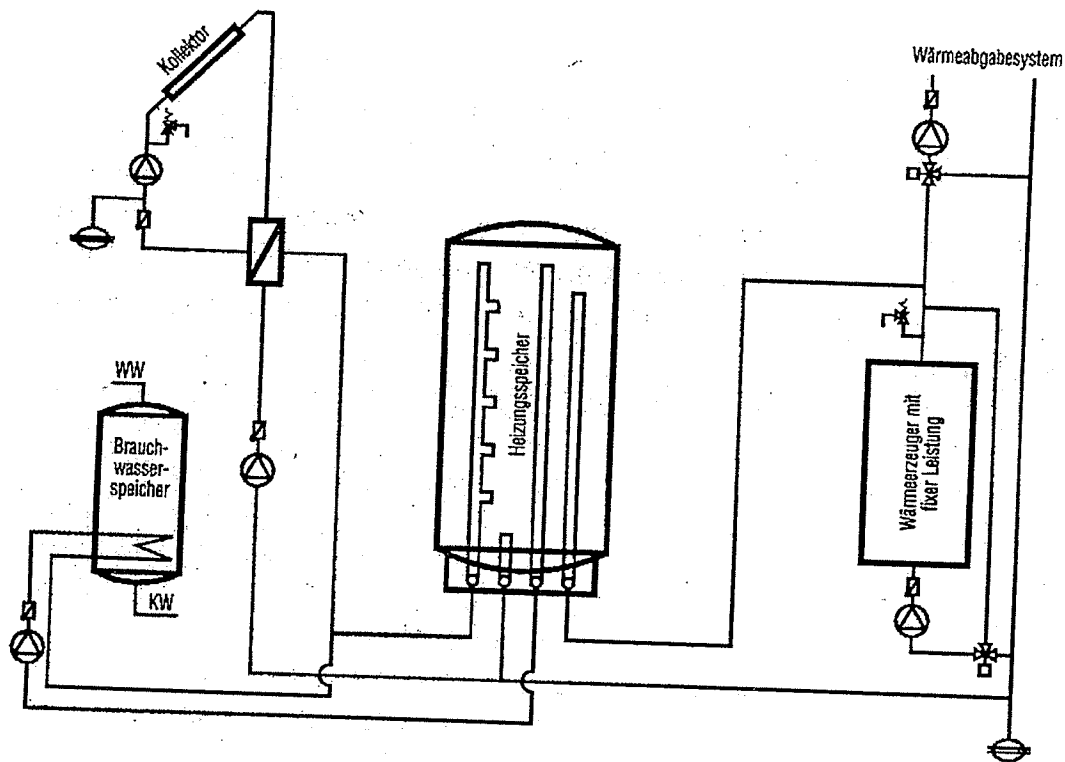


Abbildung 29: Solarkollektor und Wärmeerzeuger (ungeregelter Holzkessel, nicht mehr zeitgemäß), Pufferspeicher mit Schichtladeeinheit und externem Wärmetauscher, Brauchwasser-speicher mit innenliegendem WT [15]

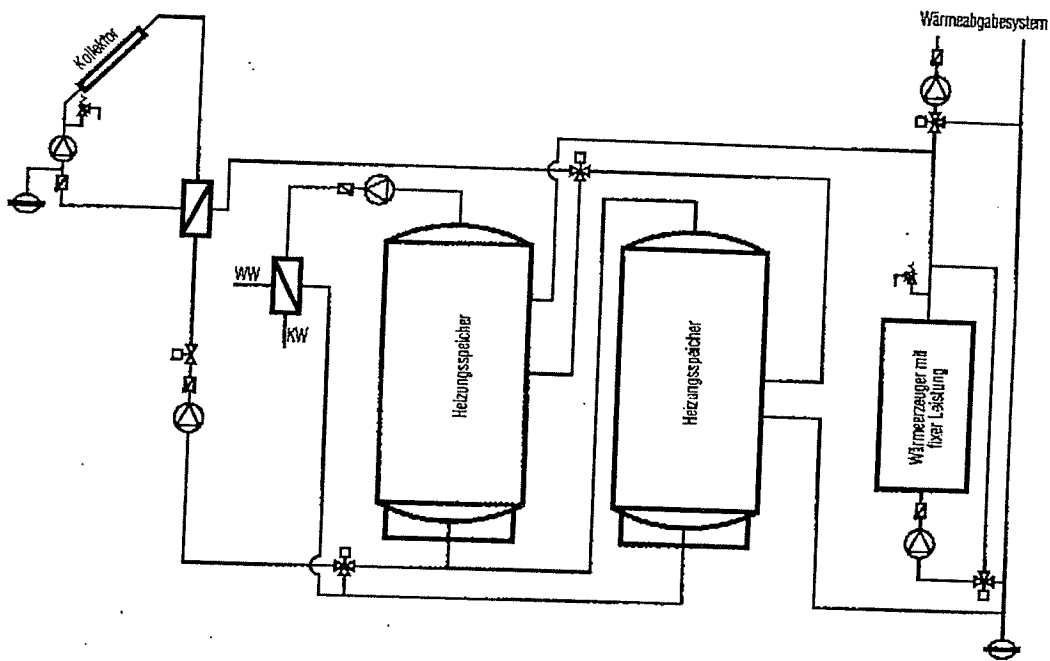


Abbildung 30: Großanlage mit Solarkollektor und Wärmeerzeuger (ungeregelter Holzkessel, nicht mehr zeitgemäß); Warmwassererzeugung mit externem WT [15]

## 5 Stromerzeugung auf Hütten

Die Stromerzeugung auf Hütten, die nicht unter vertretbarem Aufwand an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden können, stellt zweifelsohne die zentrale Frage dar. Ohne Strom kann eine Hütte heutzutage nicht mehr geführt werden. Auf Berghütten allgemein und speziell auf jenen der Alpenvereine muß großes Augenmerk auf eine umweltfreundliche und standortgerechte Stromerzeugung gelegt werden.

Es gibt verschiedene Systeme mit verschiedenen Energiequellen, die diesen Anspruch mehr oder weniger befriedigen können. Oftmals kann eine Energiequelle alleine den Bedarf nicht decken. Daher muß ggf. eine Kombination verschiedener Systeme erfolgen.

**Speziell vor der Verwendung von Photovoltaik ist jedoch unbedingt eine Energieoptimierung vorzunehmen, um die Größe des PV-Generators, der die meisten Kosten verursacht, in vernünftigen Grenzen zu halten.**

Die verschiedenen Systeme sollen in diesem Kapitel vorgestellt werden.

### 5.1 Wasserkraftnutzung

Die Nutzung von Wasserkraft bietet sich bei manchen Lagen geradezu an. Oft fließen in unmittelbarer Umgebung der Hütte ein oder mehrere Bäche, oftmals über einen See. Aber auch bei weiter entfernten Gewässern ist Wasserkraft in Erwägung zu ziehen. Sofern aus Umweltschutzgründen nichts gegen eine Ableitung des Bachwassers steht, ist dies die geeignetste Energieform für Schutzhütten.

Den relativ hohen Investitionskosten stehen entgegen:

- übliche Wartungskosten (1-2 % der Investitionssumme)
- keine Betriebskosten (ggf. Gebühr für die Wasserkonzession)
- keine Schadstoffemissionen
- sehr geringe Lärmentwicklung (Maschinenhaus oft eingearbeitet)
- konstante Leistung über 24 Stunden bei konstanter Wassermenge

Als Nachteil muß ggf. in Kauf genommen werden:

- Stromproduktion abhängig von Wassermenge (kann schwanken!)
- Zusatzaggregat zur Notstromversorgung sollte bereitstehen

#### 5.1.1 Theoretischer Hintergrund

Wasser, welches sich in einer Höhe  $H$  über einem Bezugspunkt befindet, hat bezüglich diesem eine potentielle Energie:

$$E_{pot} = mgH = F_G H = \rho g V H \quad \text{daraus folgt: } \rho = F_G / gV$$

Das Arbeitsvermögen dieses Wassers entspricht seiner potentiellen Energie:  $W = E_{pot}$

Daraus läßt sich die maximale Leistung errechnen:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\rho g V H}{t}$$

Daraus folgt mit  $\dot{Q} = V/t$  :  $P = \rho g \dot{Q} H$  Das ist die sog. Rohleistung der Wasserkraft.

Da jedoch an jeder Stelle des Kraftwerkes, insbesondere an Turbine und Generator, Verluste entstehen, muß ein Kraftwerkswirkungsgrad eingeführt werden:

$$P_{eff} = \eta_{Kr} \rho g \dot{Q} H$$

Die Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten liegen in den folgenden Bereichen (Kleinwasserkraftwerke !):  
Rohrleitung:  $\eta_R \approx 0,93 \dots 0,995$  (wird jedoch allgemein vernachlässigt)  
Turbine:  $\eta_T \approx 0,80 \dots 0,90$   
Generator:  $\eta_G \approx 0,80 \dots 0,88$   
Insgesamt:  $\eta_{Kr} \approx 0,64 \dots 0,79$  (ohne Rohr)

Mit dem Mittelwert  $\eta_{Kr} \approx 0,71$  erhält man folgende Faustformeln zur überschlägigen Bestimmung einer Wasserkraft: (wobei gilt  $1 kW = 102 \frac{mkg}{s}$ )

$$P_{eff} = 0,71 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{m^3}{s} \cdot m \cdot \frac{1kW}{102 \frac{mkg}{s}}$$

$$P_{eff} = 6,96 \cdot \dot{Q}H \quad [kW] \quad (\dot{Q} \text{ in } m^3/s, H \text{ in } m)$$

Eine weitere oft angewandte Formel zur überschlägigen Berechnung ist die Folgende:

$$P_{el} = \eta_{Kr} \frac{\dot{Q}H}{102} \quad [kW] \quad (\eta_{Kr} \approx 0,71, \dot{Q} \text{ in } l/s, H \text{ in } m)$$

### 5.1.2 Praktische Folgen

Wie soeben gezeigt wurde, ist die Nutzung der Wasserkraft primär abhängig vom Wasservolumenstrom und der Fallhöhe. Generell gilt: Für die Lebensdauer der Turbine wirkt sich die große Fallhöhe besser aus als ein großer Durchfluß. Große Fallhöhen wirken sich andererseits natürlich auf die Kosten aus. Die Fallhöhen der Brixner sowie der Tiefrastenhütte liegen z.B. bei 66 m (30 l/s) bzw. bei 100 m (18 l/s). Das zentrale Problem ist natürlich die Wassermenge und deren konstante Verfügbarkeit. Bei Großkraftwerken wird dieses Problem durch den Einsatz von Stauseen gelöst. In kleinem Rahmen ist dies natürlich auch mit Staubecken möglich. Oftmals befinden sich in der Nähe der Schutzhütten kleine Bergseen, idealerweise in einer Mulde gelegen (z.B. Radlsee, Tiefrastensee); hier ließen sich durchaus kleine Staumauern errichten, mit deren Hilfe ein gewisser Wasservorrat angelegt werden könnte. Angenommen, man errichtet eine 1 m hohe Mauer ist dieser Eingriff in die Natur minimal, es werden keine Erdmassen bewegt, der optische Anblick eines um 1 m höherliegenden Wasserspiegels wird (bei Mulden) ebenfalls wenig geändert. Je flacher das Ufer, desto größer würde allerdings der See. Aus dieser zusätzlichen Wassermenge können Schwankungen der Wassermenge ausgeglichen werden und kurzzeitige Spitzen abgedeckt werden, ohne einen Zusatzgenerator einschalten zu müssen. Kraftwerkshersteller weisen mitunter von sich aus auf die Möglichkeit hin, vor die Wasserfassung ein Becken (wenige  $m^3$ ) zu errichten. Die Turbine arbeitet dann zweidüsig: eine kleine Düse deckt die Grundlast und läßt das Wasser im Becken aufstauen, eine zweite, größere Düse öffnet bei größerer Last und nutzt den vorhandenen Wasservorrat.

Auch wenn keine großen Wassermengen zu Verfügung stehen, sollte Energie aus Wasserkraft nicht sofort verworfen werden. Vielfach sind kleine Wassermengen vorhanden, z.B. zur Trinkwasserversorgung (Quellen) oder auch nur Schmelzwasser. Es gibt dafür handelsübliche, transportable Kleinstwasserkraftwerke aus Kunststoff mit einer Schlauchkupplung (System Gardena). Diese erzielen Leistungen von einigen 100 Watt. Dies mag zunächst gering erscheinen, reicht jedoch durchaus für Beleuchtung und das wichtige Batterieladen aus.

### 5.1.3 Kosten

Um eine erste Orientierung zu erhalten, habe ich bei einigen, wahllos angeschriebenen Südtiroler Wasserkraftwerksherstellern die Preise für eine Referenzanlage nachgefragt.

Daten der Referenzanlage:

- Turbine INOX-Stahl
- Gehäuse handelsüblichen Stahl
- Generator eigenerrgter 3-Phasen-Synchrongenerator, Nenndrehzahl 1500 U/min, zusätzl. Schwungradscheibe
- Regelung dreiphasiger Vollastregler, weite rs Überschußstromspeisung in Heizpatronen/E-Heizkörper
- Schaltschrank

**Dies alles mit Montage, ohne Lieferung**

Hydraulische Daten:

Variante 1		Variante 2		Variante 3	
Fallhöhe	50 m:	Fallhöhe	100 m:	Fallhöhe	100 m:
Wasserstrom:	30 l/s	Wasserstrom:	10 l/s	Wasserstrom:	20 l/s
	10,44 kW		6,96 kW		13,9 kW

**Durchschnittl. Kosten (ohne MwSt.):**

18.850 €	20.039 €	22.363 €
----------	----------	----------

**Durchschnittl. Kosten/kW: 5.221 € (ohne MwSt.)**

Dabei handelt es sich um reine Anlagenkosten, die Posten Lieferung, Erdbewegungsarbeiten und hausinterne Verkabelung sind nicht berücksichtigt, da diese Parameter nicht verallgemeinert werden können.

Zum Vergleich: Das Wasserkraftwerk auf der Brixner Hütte mit einer Fallhöhe von 66 m bei 30 l/s und einem Synchrongenerator mit 15 kW hat, inklusive Lieferung, Bau von Fassung, Turbinenhaus und Verkabelung 170.599 € gekostet, das entspricht 11.373 €/kW.

Zum Vergleich: 1 kW<sub>p</sub> Dieselgenerator kostet (Radlseehütte 1998) 688 € (ohne MwSt.).

## 5.2 Diesel-/Benzinaggregate, BHKW

Die übliche Stromversorgung gestaltete sich in der Vergangenheit durchwegs über handelsübliche Generatoren. Diese wurden und werden seltenst mit Benzin (Kosten!), meist mit Diesel betrieben.

In diesem Zusammenhang soll auf die **Höhenabhängigkeit der Leistung eines Verbrennungsmotors** hingewiesen werden: Mit zunehmender Höhe nimmt natürlich der Luftdruck ab. Damit erreicht der Motor nicht mehr seinen Auslegungsenddruck. Die Leistung geht zurück, und abhängig von der Gemischbildung fängt der Motor zu rußen an, sobald das Limit erreicht wird. Das sollte nicht allzuoft geschehen, da sich das sehr negativ auf die Haltbarkeit auswirkt.

**Ein gute Abschätzung der höhenbedingten Leistungsminderung läßt sich mit dem Wert 1 % pro 100m Höhe anstellen.**

Ein Generator mit 20 kW Nennleistung würde demnach auf 2300 m Höhe 23 % weniger Leistung als auf Meereshöhe bringen, also ca. 15,4 kW.

Diese Leistungseinbuße läßt sich jedoch durch die Verwendung von turboaufgeladenen Motoren kompensieren. Benzingetriebene Motoren mit Lambdaregelung kompensieren diesen Sachverhalt mittels außendruckabhängiger Gemischbildung.

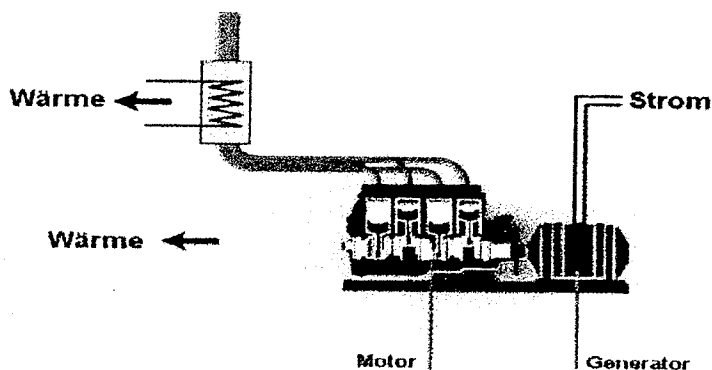
Als Antriebe kommen Diesel- als auch Ottomotoren in Frage. Die elektr. Wirkungsgrade liegen dabei zwischen 35 % (Otto) und 38 % (Diesel) [5]. Ottomotoren finden in Italien nur im kleinen Leistungsbereich bis ca. 6 kW als sog. Notstromaggregate Verwendung, da Benzin deutlich teurer als Diesel ist.

Selbstverständlich ist es heute möglich, Aggregate durch den Einsatz von Lambdaregelung und Katalysator bzw. Rußfilter umweltschonend zu betreiben, eine entsprechende Vorschrift zum Einbau ist mir jedoch nicht bekannt. Daher wird vielfach aus Kostengründen darauf verzichtet.

Zurückkommend auf den Wirkungsgrad erkennt man, daß rund 60 % der investierten Energie in Form von Treibstoff ungenutzt als Wärme (Kühlwasser, Abgas, Reibung) entweichen. Diese Wärme liegt auf einem sehr hohen Niveau: Kühlwasser bei ca. 90 °C, Abgas bei ca. 400-600 °C, je nach Motor [5].

Ein erster Schritt zur Nutzung dieser Abwärme ist der Einbau von Kühlwasserwärmetauschern. Damit wird z.B. Heizungswasser auf rund 80 °C aufgeheizt, die Kühlung des Motors wird verbessert und man kann zusätzlich noch ca. 22-30 % [5] Energie ausnutzen.

Der effektivste Schritt ist der Einsatz eines **Blockheizkraftwerkes (BHKW)**.



Die Hauptbestandteile des BHKWs sind dabei der Verbrennungsmotor, der Kühlwasserwärmetauscher, der Abgaswärmetauscher und der Generator.

Das umlaufende Heizungswasser wird mit dem Kühlwasser auf ca. 80 °C erwärmt, anschließend im Abgaswärmetauscher nochmals auf ca. 110 °C. Die Abgastemperaturen können dabei auf 120 °C (Ottomotor) bzw. auf 180 °C (Dieselmotor) gesenkt werden. Somit lassen sich Gesamtwirkungsgrade von bis zu 85 % erreichen [5].

Abbildung 31: BHKW-Aufbau [16]

BHKWs – man spricht dabei auch von Modulen – können mit verschiedenen Treibstoffen arbeiten:

- Diesel
- Gas (Flüssiggas oder Erdgas), bekannt ist z.B. das Senertec-Modul der Firma Fichtel & Sachs
- Biodiesel, entspricht RME (Raps-Methyl-Ester)
- Rapsöl

Bei mit Rapsöl betriebenen Modulen gab es in der Vergangenheit große Probleme mit den Motoren, die eine sehr geringe Standzeit hatten, z.B. die Elsbettmotoren mit rund 3000 h. Die Zuverlässigkeit war nicht gegeben. In der Zwischenzeit scheinen diese Probleme beseitigt, es kommen robuste Industriemotoren zum Einsatz, die eine ausreichende Standzeit aufweisen. Ein zweites großes Problem ist jedoch die Verfügbarkeit von Rapsöl. Dabei gibt es immer wieder Engpässe, so daß ein kontinuierlicher Betrieb nicht gewährleistet ist. Insofern muß dieser Einsatz gut überlegt sein.

Biodiesel-Module haben sich dagegen gut bewährt und werden auf den Hütten des DAV verbreitet eingesetzt. **Biodiesel ist relativ gut verfügbar und natürlich absolut umweltverträglich [10].**

Dieser Faktor sollte nicht außer Acht gelassen werden, schließlich muß der Treibstoff über teilweise unwegsames Gelände transportiert werden, und es besteht immer die Gefahr des Auslaufens. Dazu kommt, daß man für den Transport von Diesel eine spezielle Genehmigung benötigt, für Biodiesel und Rapsöl dagegen nicht. **Diese gelten als Lebensmittel. Dazu kommt der geringere Preis von Pflanzentreibstoff, da die Mineralölsteuer entfällt !**

Bei Gasbetrieb gab es auf sehr hochgelegenen Hütten außentemperaturbedingte Probleme. Durch die niedrige Temperatur kann das Propan nicht so wie im Tal aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergehen. Durch die Kälte bleibt ein größerer Teil der Tankfüllung flüssig und kann nicht genutzt werden. Abhilfe schafft da eine elektrische Beheizung des Tanks. Dies steht aber doch im Widerspruch zur geforderten Einsparung an elektrische Energie.

Zusätzlich gibt es auch hier das Transportrisiko: Gastanks werden von Hubschraubern geflogen, fällt ein Tank herunter, ist ein Bersten unausweichlich. Sofern sich nichts und niemand in der Umgebung des Aufschlagpunktes befindet, bleibt der Schaden gering.

Schließlich gibt es noch **mit Stirlingmotoren betriebene BHKW**. Dieser Motor wurde im letzten Jahrhundert von einem Pfarrer entwickelt. Dabei durchläuft ein Gas innerhalb eines Zylinders einen Kreisprozeß. Das Gas wird durch den sogenannten Verdrängerkolben in dem Zylinder hin- und herbewegt und gibt an den Arbeitskolben mechanische Arbeit ab.

Der Stirlingmotor arbeitet mit äußerer Verbrennung, d.h. der Zylinderkopf wird von außen erhitzt. Deshalb können **beliebige Brennstoffe** zur Erwärmung verwendet werden. Mit einer geeigneten Erhitzerkonstruktion (Parabolspiegel) kann sogar Sonnenenergie direkt in mechanische Energie umgewandelt werden.

**Allerdings befinden sich diese Anlagen noch im Versuchsstadium !**

### 5.2.1 Kosten

Der mit Kühlwasserwärmerückgewinnung ausgestattete Dieselgenerator mit einer Leistung von 18 kVA auf der Radlseehütte hat (1997) 12.384 € (ohne. MwSt.) gekostet. Das entspricht einen Preis von 688 €/kW<sub>el</sub>

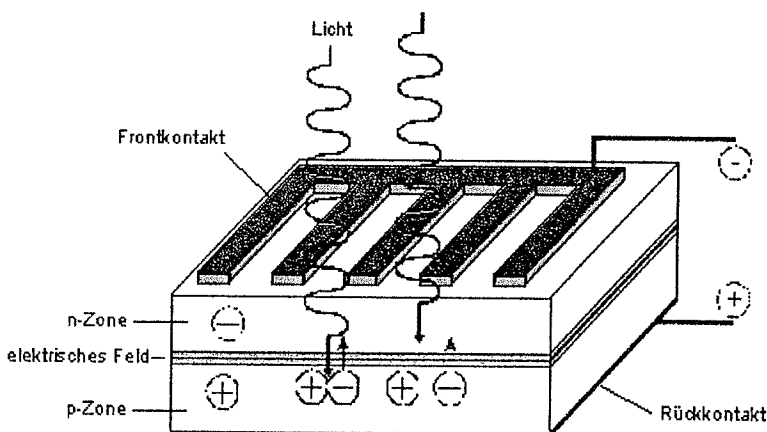
BHKW-Anlagen kosten dagegen nach einer Erhebung des Ingenieurbüros EST (Miesbach/Bayern) zwischen 1.534 € und 2.556 € pro kW<sub>el</sub>

## 5.3 Solarenergienutzung (Photovoltaik)

Durch die exponierte Lage (Höhe) von Berghütten ist die dort herrschende Solarstrahlung relativ groß, da die Verschmutzung der Atmosphäre und damit ihre Filterfunktion gering ist. Es kann also mehr Sonnenenergie „geerntet“ werden als in Tallagen. Die Technologie hat in den letzten Jahren große Entwicklungen hinter sich gebracht, und mit steigender Verwendung sinken entsprechend auch die Investitionskosten für die Anlagensysteme.

### 5.3.1 Physikalischer Hintergrund

Solarzellen funktionieren aufgrund des photovoltaischen Effektes, der hier kurz beschrieben werden soll: Die Solarzelle besteht aus zwei Schichten eines Halbleitermaterials, im allgemeinen Silizium. Durch den Einbau geladener Fremdatome („dotieren“) in das Halbleitermaterial erhält man eine dicke positive (p-) und eine relativ dünne negative (n-) Schicht. Zwischen diesen beiden Schichten bildet sich ein elektrisches Feld, der sogenannte



p-n-Übergang. Damit ist zugleich eine Spannung vorhanden, die über zwei einfache Kontakte abgegriffen werden kann - die Elektronen fließen. Die Solarstrahlung sorgt dafür, daß kontinuierlich Elektronen im Material freigesetzt werden und zur positiven Schicht wandern. Die Absorption des Sonnenlichtes ist abhängig vom eingesetzten Material. Silizium absorbiert nur einen Teil der Wellenlänge, Gallium-Arsenid im Vergleich dazu mehr, woraus ein höherer Wirkungsgrad resultiert.

Abbildung 32 : Funktionsprinzip einer Solarzelle [12]

Es gilt: Strom ~ Sonneneinstrahlung

Es kommen unterschiedliche Halbleitermaterialien für die Herstellung von Solarzellen in Frage, das verbreitetste ist zur Zeit Silizium in den drei Formen (und Preisstufen):

- -**monokristallin** ( $\eta$  bei ca. 12,5-15 %), Si wird als Einkristall gezüchtet
- -**polykristallin** ( $\eta$  bei ca. 11,5-14 %), Si besteht aus einem Kristallverbund
- -**amorphes Silizium** ( $\eta$  bei ca. 5-8 %), Si wird auf Trägermaterial aufgedampft

Daneben existieren noch etliche andere Materialien, allen voran Gallium-Arsenid. Teilweise werden im Labor höhere Wirkungsgrade als bei Silizium erreicht, allerdings sind diese Typen noch weit von einer Serienproduktion entfernt. Es gilt daher auch hier, die Entwicklung aufmerksam zu verfolgen.

Was die **Umweltrelevanz der Solarzellen** betrifft, ist zu sagen, daß Silizium das zweithäufigste Element auf unserem Planeten ist (Sand !) und natürlich absolut umweltverträglich. Die anderen Materialien dagegen sind teilweise problematisch, was die Zusammensetzung betrifft. Die Produktion der Zellen ist wie bei den meisten Industrieprozessen schadstoffbehaftet, durch konsequente Wiederaufbereitung der eingesetzten Stoffe im geschlossenen Kreislauf entsteht daraus aber kein Problem für die Umwelt.

Interessant ist die Betrachtung der **Energierücklaufzeit**, das ist jener Zeitraum, in welchem die Zelle soviel Energie liefert, wie für Ihre Herstellung notwendig war.

**Energierücklaufzeiten:** Monokristallin 90-55 Monate  
Polykristallin 86-38 Monate  
Amorph 70-30 Monate

Nach diesen Zeitenräumen ist die Anlage energetisch amortisiert.

Es gibt inzwischen auch farbige Solarzellen in allen möglichen Farbtönen, z.B. befindet sich am Frankfurter Flughafen ein Generatorfeld mit dem Coca-Cola-Schriftzug (Werbung/Sponsoring !).



### 5.3.2 Vor- und Nachteile

#### Vorteile [17]:

- Hochwertige Energie (Elektrizität)
- Keine Brennstoffe nötig
- Umweltverträglich – keine Emissionen
- Einfacher und robuster Generator
- Keine bewegten Bauteile
- Geringe Wartung
- Lange Lebensdauer des Generators (Siemens garantiert 20 Jahre)
- Sehr großer Leistungsbereich
- Modularer Aufbau
- Schönwetterenergie (größte Energieproduktion bei größter Gästezahl)

#### Nachteile [17]:

- Hoher Flächenbedarf
- Geringer Wirkungsgrad (relativ, da zugeführte Energie nichts kostet)
- Unstetiges Energieangebot
- Hohe Investitionskosten
- Schönwetterenergie (wenig Energieproduktion bei Bewölkung, Schlechtwetter)

### 5.3.3 Auslegung und Planung von PV-Anlagen

Um Photovoltaikanlagen wirtschaftlich projektieren zu können, werden an die Anlagenkomponenten folgende Anforderungen gestellt:

- Modulare Systemtechnik (Baukastensystem)
- Gestaltung von Systemfamilien einer Technologie
- frei kombinierbare Komponenten
- einfache Ausbaufähigkeit (beliebige Skalierbarkeit)

#### 5.3.3.1 Theoretischer Hintergrund

Die Sonne strahlt mit ca.  $1353 \text{ W/m}^2$  auf den Rand der Erdatmosphäre. Die Luftschichten halten einen Teil dieser Strahlung zurück bzw. streuen ihn. Das ist dann die sog. Diffusstrahlung (teilweise auch durch Reflexion an der Erdoberfläche), deren Anteil mit zunehmender Bewölkung stetig zunimmt. Das ist der Grund, warum Solarzellen auch bei bewölktem Himmel noch eine kleine Menge Strom liefern.

**Die Summe aus Direktstrahlung und Diffusstrahlung bezeichnet man als Globalstrahlung  $G$ .**

In Äquatornähe durchdringt die direkte Solarstrahlung die Atmosphäre auf kürzestem Weg. Der so am Äquator (Sonne steht senkrecht) und gleichzeitig auf Meereshöhe meßbaren Strahlung wird die atmosphärische Massenzahl ( $AM = \text{air mass}$ ) 1 zugeteilt.  $AM 1,5$  heißt, daß die Strahlung den 1,5-fachen Weg durch die Luftschichten zurücklegen muß, da die Sonne gegen Mitteleuropa schräg steht. Als Standardbezug wurden festgelegt:

$G=1000 \text{ W/m}^2$ ,  $t=25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $AM=1,5$ .

Dieser Wert wird in der Praxis kaum erreicht, eine praxistauglichere Annahme lautet wie folgt:

$G=800 \text{ W/m}^2$ ,  $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $AM=1,5$ , zusätzlich dazu Wind mit  $1 \text{ m/s}$

**Auf die Südtiroler Seite der Alpen strahlen maximal ca.  $1200 \text{ W/m}^2$  ein [18].**

**Im jährliche Mittel strahlt eine Energiemenge von  $3,8 \text{ kWh/m}^2$  auf Südtirol [13].**

Zunächst noch einige Grundlagen zum Aufbau eines Solargenerators:

Ein handelsübliches Standardmodul besteht z.B. aus 18 Zellen (typ. sind  $10 \times 10 \text{ cm}$ ) in Serie - dies wird dann Strang genannt - und 2 solcher Stränge werden parallel verschaltet. Eine Zelle liefert unter Standardbedingungen ca.  $1,5 \text{ W}$  bei einer Spannung von  $0,45 \text{ V}$ . Das gesamte Modul hätte damit eine Spannung von  $16,2 \text{ V}$  bei  $3,33 \text{ A}$ , würde also für ein  $12 \text{ V}$ -System gedacht sein und  $53 \text{ W}$  leisten.

Im Kennlinienfeld einer Solarzelle, gibt es u.a. die beiden Kennwerte Kurzschlußstrom  $I_{SC}$  (SC für short circuit) und Leerlaufspannung  $U_{OC}$  (OC für open circuit).

Parallel dazu gibt es einen Punkt (Abbildung 33), bei dem Spannung und Strom ein Maximum erreichen. Dieser Punkt wird MPP (Maximum Power Point) genannt (hier gibt es ebenfalls die Kennwerte  $U_{MPP}$  und  $I_{MPP}$ ). Wechselrichter (dazu später) tasten die Kennlinie ab und suchen den MPP (MPP-Tracking).

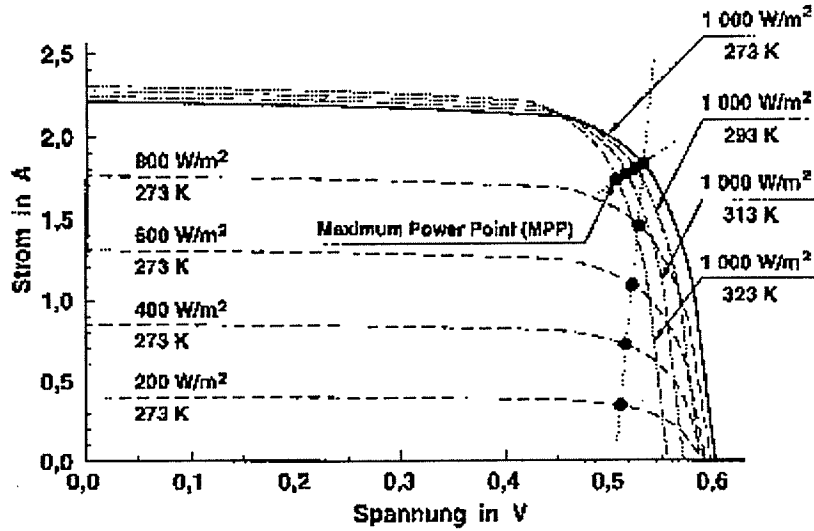


Abbildung 33: Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung [19]

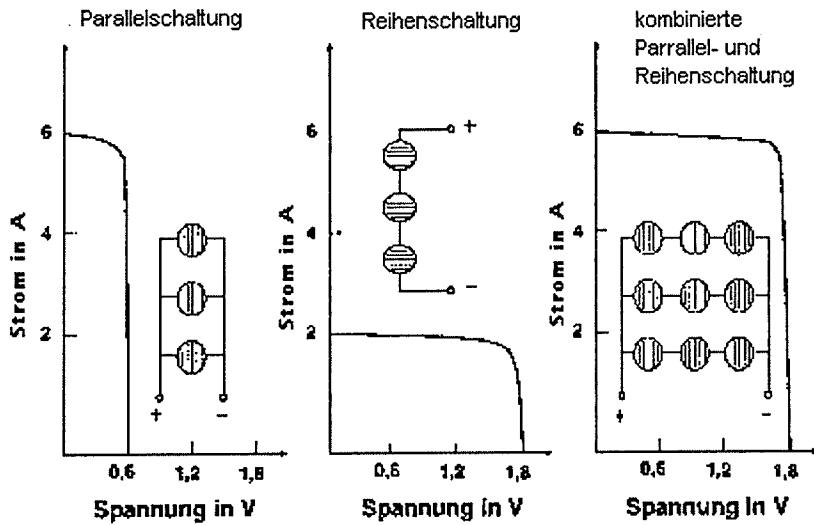


Abbildung 34: Kennlinie eines PV-Generators in Abhängigkeit der Verschaltung [20]

Es gilt: 2 Module in Serie = 2-fache Spannung  
 2 Module parallel = 2-facher Strom

### 5.3.3.2 Zur Berechnung benötigte Formeln und Kennzahlen

$$FF = \frac{I_{MPP} \cdot U_{MPP}}{U_{OC} \cdot I_{SC}}$$

**Form- oder Füllfaktor:** Er gibt an, wie sehr sich die Strom-Spannungskennlinie der idealen Rechteckform nähert. Er ist damit ein Maß für die Qualität einer Solarzelle. Bei kristallinen Zellen liegt er bei ca. 0,7-0,8.

$$\eta = \frac{I_{MPP} \cdot U_{MPP}}{G \cdot A}$$

**Wirkungsgrad:** Durchschnittliche Werte siehe voriger Abschnitt.  $G = 1000 \text{ W/m}^2$   
**Achtung!** Zu Beachten ist die Bezugsfläche. Bei Bezug auf die reine Zellenfläche ist der Wirkungsgrad größer als bei Bezug auf die Modulfläche (Rahmen). Die Angaben der Hersteller sind nicht einheitlich !

$$P_{Nenn} = I_{MPP} \cdot U_{MPP}$$

**Nennleistung:** unter Prüfbedingungen ( $G=1000 \text{ W/m}^2$ ,  $t=25 \text{ °C}$ ,  $AM=1,5$ ).

$$T_{Psolar} = \frac{0,4 - 0,5\%}{K}$$

**Temperaturkoeffizient der Leistung:** Die Leistung einer Solarzelle schwankt mit der Temperatur. Der Hersteller gibt seine Werte bei  $25 \text{ °C}$  an. Im Betrieb können Temperaturen bis  $50 \text{ °C}$  auftreten. Die Leistung vermindert sich pro  $\text{°C}$  ( $=K$ ) um den angegebenen Prozentsatz. Bei  $50 \text{ °C}$  immerhin um 10-12,5 %

$$\text{FINAL YIELD} = \frac{\text{Energieertrag über 1 Jahr}}{\text{installierte Leistung}}$$

**Spezifischer Energieertrag:** Dieser Wert sollte bei  $800-1000 \frac{\text{kWh}}{\text{kW}_p}$  liegen

$$PR = \frac{\text{Energieertrag(Wechselstrom)}}{\text{Solareinstrahlung} \cdot \text{Fläche} \cdot \eta_{\text{Modul}}}$$

**Performance Ratio** zeigt an, was das gesamte System incl. Wechselrichter leistet. Bei guten Anlagen liegt die PR bei über 70 %

### 5.3.3.3 Energiespeicherung (Batterien)

Grundsätzlich hat uns die Forschung und Industrie verschiedene Speichermedien beschert, die bekanntesten sind natürlich chemische Elemente, die Akkumulatoren und Batterien. Weiters gibt es aber auch Kondensatoren und Schwungräder, bis hin zu Wasserstoff. Da nur die erstgenannte Lösung momentan zur effektiven Speicherung von Energie bei PV- oder Windkraftnutzung praktikabel ist, soll hier nur auf diese eingegangen werden.

Die bevorzugten Batteriespeicher sind Bleibatterien. Gründe dafür sind der im Vergleich günstige Preis, der gute Wirkungsgrad und die uneingeschränkte Verfügbarkeit. Nickel-Cadmium (NiCd)-Batterien dagegen haben sich einerseits wegen ihrer Kosten, andererseits wegen ihrer relativ schlechten Zyklenfestigkeit für den Einsatz in Inselsystemen nicht bewährt. Andererseits weisen NiCd-Batterien eine höhere Energiedichte auf, d. h. die Batteriemasse wird kleiner.

Für kleine Geräte sind inzwischen Nickel-Metall-Hydrid (NiMH)-Batterien Standard. Diese besitzen eine noch höhere Energiedichte, haben aber höhere Selbstentladung und Temperaturempfindlichkeit. Besser sind da Lithium-Ionen-Systeme, diese haben wesentlich geringere Selbstentladung, Schwierigkeiten jedoch beim Zyklenbetrieb.

Somit gilt auch hier: Die zukünftige Entwicklung muß beobachtet werden, ich verweise auf den DAV, der seinen Wissensstand kontinuierlich aktualisiert.

Wichtige Begriffe bei Batterien [19]:

- **Nennkapazität** in Amperestunden (Ah), ist die Mindestkapazität, die bei Belastung mit Nennstrom entnommen werden kann. Höhere Ströme reduzieren natürlich die entnehmbare Kapazität. Als Nennkapazität gilt die fünfstündige Kapazität, früher bezeichnet mit  $K_5$ , heute ist C ohne Index international gebräuchlich
- **Nennspannung** in Volt (V), abhängig vom verwendeten Material. Bleizellen haben eine Nennspannung von 2,0 V. Die Batteriespannung (6, 12, 24, 48 V) wird durch Kombination der Zellen variiert.
- **Nennstrom** ist der Strom, über den die Kapazität definiert wird, z.B.  $I_5 = K_5 / 5 \text{ h}$  (Bsp. 40 Ah = 200 Ah/5 h) Niedere oder höhere Ströme werden mit einem Multiplikator gekennzeichnet, z.B. ist  $0,5 \times I_5$  ein 10-stündiger Strom. International setzt sich jedoch eine andere Bezeichnung durch: das Symbol CA. Lade- und Entladeströme werden dabei als Vielfaches der Nennkapazität (C) in Ampere (A) angegeben. Ist die Nennkapazität z.B. 4 Ah, dann entsprechen beispielsweise  $0,02 \text{ CA}$  (früher  $0,1 \times I_5$ ) = 80 mA oder  $2 \text{ CA}$  (früher  $10 \times I_5$ ) = 8 A
- **Entladeschlussspannung** ist der vom Hersteller angegebene Spannungswert, bis zu welchem eine Batterie bei einem best. Entladestrom entladen werden darf.
- **Ladeschlussspannung** ist jene Spannung, bis zu der eine Batterie geladen werden darf. Um ein Überschreiten zu vermeiden, muß der Ladestrom reduziert werden. Bei konstant gehaltener Ladeschlussspannung reduziert sich der Strom damit auf den Ladeerhaltungsstrom. Die Ladeschlussspannung ist temperaturabhängig und muß nach den Herstellerangaben an die Batterietemperatur angepaßt werden.
- **Gasungsspannung** ist jene Ladespannung, oberhalb der eine Batterie merklich zu gasen beginnt. Wird diese Spannung über längere Zeit überschritten, kann es zum Öffnen des Sicherheitsventils bzw. zur Explosion der Batterie kommen. Bei Batterien mit flüssigem Elektrolyten soll regelmäßig eine kontrollierte Gasung herbeigeführt werden, um den Elektrolyten zu durchmischen. Damit wird eine Schichtung und daraus resultierend ein ungleichmäßiges Anlagern des Bleies an den Platten vermieden. Die Batterielebensdauer steigt dadurch.
- **Selbstentladung** gibt an, um welchen Prozentsatz sich ein unbelasteter Akkumulator (keine Stromentnahme) innerhalb eines best. Zeitraumes, z.B. eines Tages, durch innere Vorgänge entlädt. Die Selbstentladung ist temperaturabhängig.
- **Lebensdauer** ist stark abhängig von der Betriebsweise. Das Ende der Lebensdauer ist nach DIN 43539 erreicht, wenn der Batterie bei vollständiger Entladung nur noch 80 % der Nennkapazität entnommen werden kann. Die zu erwartende Lebensdauer kann anhand der Angabe der möglichen Vollzyklen einer Zelle bzw. Batterie abgeschätzt werden. Ein Vollzyklus ist die Entnahme der Nennkapazität mit anschließender Vollladung. Eine Batterie mit der Zyklenfestigkeit von 365 Vollzyklen hat bei einem täglichen Vollzyklus eine Lebensdauer von 1 Jahr.  
Wird jedoch die Zyklientiefe reduziert, d.h. die Batterie nur teilweise entladen, verlängert sich die Lebensdauer. Wenn die Batterie statt auf 20 % ihrer Kapazität nur auf 70 % entladen wird, verdreifacht sich deren Zyklenzahl. In der Praxis wird auf 40-50 % entladen, oft wird aber auch voll.
- **Elektrolytdichte** ändert sich mit dem Ladezustand. Ähnlich dem Frostschutz im Autokühler kann die E.-Dichte gemessen werden und unter Berücksichtigung der Randbedingungen, z.B. Temperatur, der Ladezustand der Batterie abgeschätzt werden.

Am ZSW (Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg) wurden Untersuchungen durchgeführt, welche Arten von Bleibatterien für den Inselbetrieb am besten geeignet sind. Bleibatterie ist nämlich nicht gleich Bleibatterie.

In der Regel handelt es sich um Blei- und Stahlplattenpaare in einem Elektrolyten (Schwefelsäure). Der Elektrolyt kann entweder flüssig, gelartig oder auch in ein Vlies eingearbeitet sein. Der Akku kann geschlossen (abnehmbare Deckel) oder aber verschlossen („wartungsfrei“) sein.

**Autobatterien** übrigen unterscheiden sich von ihren solaren Gegenstücken im Aufbau der Bleiplatten. Jene von **Solarbatterien** sind dicker, können dadurch länger Strom liefern und halten länger.

Die Ergebnisse der Untersuchungen am ZSW können wie folgt zusammengefaßt werden [21]:

„Die Gesamtheit der Ergebnisse zeigt, daß zur Erzielung hoher Lebensdauer neben der Auswahl einer geeigneten Batterie auch ein für die Batterie optimales Batteriemangement sehr wichtig ist.

Bei kleinen outdoor-Anwendungen werden aus Wartungsgründen (Kosten!) verschlossene Batterien eingesetzt werden müssen. Problematisch sind hier die extremen Temperaturen. Insbesondere im Winter kann es durch das Einfrieren des Elektrolyten zu irreversiblen Schäden kommen. Bei der Batterieauswahl sollte eine Batterie mit einer großen Elektrolytmenge im Vergleich zur Kapazität gewählt werden. Ein gut funktionierender Tiefentladeschutz muß das Auftreten geringer Säuredichten vermeiden. Die Ladespannung ist unbedingt an die Batterietemperatur (nicht die Umgebungstemperatur) anzupassen. Beim Systemdesign ist darauf zu achten, daß die Batterie nicht extremen Temperaturen ausgesetzt wird.

Bei größeren photovoltaischen Systemen ist die Wahl der Batterie wesentlich von der zu erwartenden Belastung abhängig. Aufgrund der geringeren Kosten von geschlossenen Batterien (bei ähnlicher Lebensdauer unter PV-Bedingungen) wird in vielen Fällen eine geschlossene Elektrolytumwälzung (z.B. mit Gasentladung) oder alternativ eine mechanische von Vorteil. Sollten verschlossene Bleibatterien in Vliestechnologie verwendet werden (mit hoher Bauform), so sollten die Batterien waagrecht und nicht senkrecht aufgestellt werden.

Bei der Batterieaufstellung ist ferner zu beachten, daß es nicht zu wesentlichen Temperaturdifferenzen zwischen den Zellen kommt, z.B. durch Lüftungseinrichtungen oder leistungselektronische Komponenten.

Bereits ein Temperaturunterschied ab 2 °C zwischen den Zellen kann zu einer beschleunigten Alterung der Batterieanlage führen.“

**Fazit: Wichtig ist für eine lange Lebensdauer ein optimales Batteriemangement.** Das bedeutet, daß insbesondere die Temperatur der Batterien vom Laderegler aufgegriffen werden muß und die Ladeströme entsprechend angepaßt werden (Temperaturkompensation). Und eine Batterie braucht Pflege, soll sie möglichst lange halten.

Moderne Wechselrichter beinhalten alle notwendigen Funktionen und Überwachungseinrichtungen und ermöglichen so eine optimale Ausnutzung der Batterien.

### 5.3.3.4 Wechselrichter

Der Wechselrichter ist von zentraler Wichtigkeit bei der Versorgung durch Gleichstromquellen. Ein Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom (230 V, 50 Hz) um. Damit können erst handelsübliche Verbraucher angetrieben werden. Es sind zwar auch eine Vielzahl an Gleichstromgeräten erhältlich, diese sind jedoch um einiges teurer, das ist der Preis der kleinen Stückzahlen.

Wechselrichter haben eine lange technische Entwicklung hinter sich, vom Rechteck- über den Trapez zum echten Sinuswechselrichter [22]. Der Begriff „Sinuswechselrichter“ bedeutet nichts anderes, als daß die Ausgangswchselspannung in einer echten Sinuswelle verläuft, wie beim Leitungsnetz auch. Die Vorgänger näherten sich dem Sinus nur an und waren durch daraus bedingte Spannungsspitzen für einfache Geräte wie Motoren, ja sogar Fernseher durchaus geeignet, für empfindliche Elektronik (E-Sparlampen !) jedoch nicht.

Der heutige Stand der Technik erlaubt dagegen den Betrieb von jedem Gerät, es gib Wechselrichter in den verschiedenen Leistungsbereichen (von 100 W bis einige kW), mit Zusatzfunktionen für Batterieüberwachung und -ladung.

Man unterscheidet zwischen zwei Systemen:

- **selbstgeführte Wechselrichter** erzeugen die Frequenz ihrer Ausgangsspannung selbst.
- **netzgeführte Wechselrichter** dagegen übernehmen die Netzfrequenz bzw. werden von ihr gesteuert. Es liegt auf der Hand, daß netzgeführte Wechselrichter nur für Systeme mit Netzankopplung in Frage kommen.

Im Inselbetrieb steht kein Netz zur Verfügung, folglich können dort nur selbstgeführte Wechselrichter eingesetzt werden.

Wechselrichter können wie Batterien parallel oder in Serie geschaltet werden (zur Sicherheit, aber auch zur Erzeugung von 3-phasigem Drehstrom).

Zu den Wechselrichtern gibt es noch eine Besonderheit von elektrischen Geräten zu erwähnen: der **Anlaufstrom**. Die Motoren in Haushaltsgeräten aber auch z.B. Fernseher verursachen beim Einschalten einen Stromstoß, der das 3 bis 5-fache, beim Kühlschrank sogar das bis zu 13-fache der normalen Stromaufnahme beträgt.

Ein elektrischer Wechselrichter reagiert auf eine solche Überlast so schnell, daß er sofort abschaltet und wegen Überlastung auf Störung gehen würde. Wenn z.B. ein Motor mit 6-fachem Anlaufstrom gestartet werden soll, muß ein Wechselrichter ohne Überlastbarkeit also auf die 6-fache Motorleistung ausgelegt werden; ein Wechselrichter mit 3-facher Überlastbarkeit dagegen nur auf die 2-fache Motorleistung. Auch dieser gute Wechselrichter arbeitet damit aber immer unter 50 % seiner Nennleistung und deshalb ist es so wichtig, daß er schon im unteren Leistungsbereich den maximalen **Wirkungsgrad von über 90 %** erreicht.

### 5.3.3.5 Blitz-/Überspannungsschutz

[17] Der hohe Kapitalaufwand und der durch Blitzeinschlag zu erwartende Schaden rechtfertigen einen **Mindestschutz vor Blitzeinschlag**. Insbesondere bei auf dem Dach befindlichen PV-Modulen soll der Rahmen an einen bestehenden Blitzableiter oder auf kürzesten Wege an der Erde angeschlossen werden. Empfohlen werden 16 mm<sup>2</sup> Kupferdraht.

### 5.3.3.6 Personenschutz

[17] In einer PV-Anlage können durchaus sehr hohe Spannungen auftreten, es muß daher zuverlässig verhindert werden, daß Personen, die sich befugt oder auch unbefugt an Anlagenteilen zu schaffen machen, Kontakt mit dieser Spannung haben. Dies kann erzielt werden, indem man die Verschaltung derart wählt, daß eine gefährliche Spannung nicht erreicht wird (Schutzkleinspannung 120 V DC nach DIN/VDE 0100 T. 410). Oder man wendet eine geeignete Isolation sämtlicher gefährlicher Anlagenteile an. **Allgemeine Hinweise auf vorhandene Spannungen sind zu empfehlen.**

### 5.3.3.7 Allgemeine Anforderungen

[17] Ein ordnungsgemäßer Betrieb und die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen müssen gewährleistet sein.

Insbesondere ist zu beachten:

- UV-Beständigkeit der Komponenten im Außenbereich
- Ausreichende und sichere Abfuhr von Verlustwärme
- Auftretende mechanische Belastungen, z.B. Windkräfte und Schneelasten
- Verwendung von korrosionsfesten Werkstoffen, insbesondere bei Komponenten im Freien
- Betriebsmittel im Freien müssen mindestens der Schutzart IP 54 entsprechen (Schutz gg. Berührung und Staubablagerungen, weiters Schutz vor Spritzwasser aus allen Richtungen)
- Im Bereich von Dach und Fassaden sind bei Umgebungstemperaturen >55 °C Kabel und Leitungen mit erhöhter Wärmebeständigkeit zu verlegen.

Zur Berechnung der Strombelastbarkeit i.a. eine Umgebungstemperatur von 70 °C anzusetzen

### 5.3.3.8 Wartung und Qualitätssicherung

Auf Betreiben des DAV arbeitet das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg ein Qualitätssicherungskonzept aus, welches im ersten Halbjahr 2000 fertig sein sollte.

Darin wird die Notwendigkeit aufgezeigt, Planung, Montage und Betrieb der Anlage kontinuierlich zu überwachen (Logbücher), um eine hohe Betriebssicherheit zu gewährleisten. Selbstverständlich müssen entsprechende Zähler und Überwachungseinrichtungen eingebaut werden. Der DAV strebt hierbei eine komplette Ausstattung seiner Hütten mit Meßtechnik an. Dies ist eine Grundvoraussetzung auf dem Weg zu zukünftiger Optimierung.

Es wurden auch individuelle Wartungshandbücher erstellt, welche die speziellen Randbedingungen vor Ort berücksichtigen.

### 5.3.3.9 Verschattungsproblematik

Als letztes soll kurz auf die Problematik der Verschattung eingegangen werden. PV-Generatoren reagieren sehr empfindlich auf Schatteneinfall, die verschattete Zelle fällt regelrecht aus. In Abhängigkeit der Verschattung vermindert sich die Modulspannung oder der Modulstrom. Die Kennlinie wird dadurch „verbeult“, die Anlage läuft nicht mehr optimal. Je nach Form der Kennlinie sucht der Wechselrichter einen neuen MPP, bei einer schlechten Lage dieses Punktes kann es z.B. bei einem Generator mit 1500 W zu einem Wegfall von ca. 500 W kommen ! Daher sollte Verschattung vermieden werden, oder aber zumindest versucht werden, die Anlage derart auszurichten, daß Schatten nur in Schwachlastzeiten darauf fällt.

Die Verschattung wird mittels sogen. Sonnenpfaddiagramme ermittelt. Dabei wird wie folgt vorgegangen: Mit Hilfe eines Grundrisses der Hütte und der Hindernisse in der Umgebung wird die Entfernung zwischen PV-Generator und Hindernis (z.B. Baum) ermittelt. Mit der Höhe desselben Hindernisses erhält man die Schenkel eines rechtwinkligen Dreiecks. Daraus wird der Winkel der Hypotenuse ermittelt, und diesen Winkel trägt man in das Sonnenpfaddiagramm ein (hier: Solar Elevation). Führt man diese Schritte für alle Hindernisse rings um die Hütte durch, erhält man einen Schattenpfad für jede Jahres- und Uhrzeit.

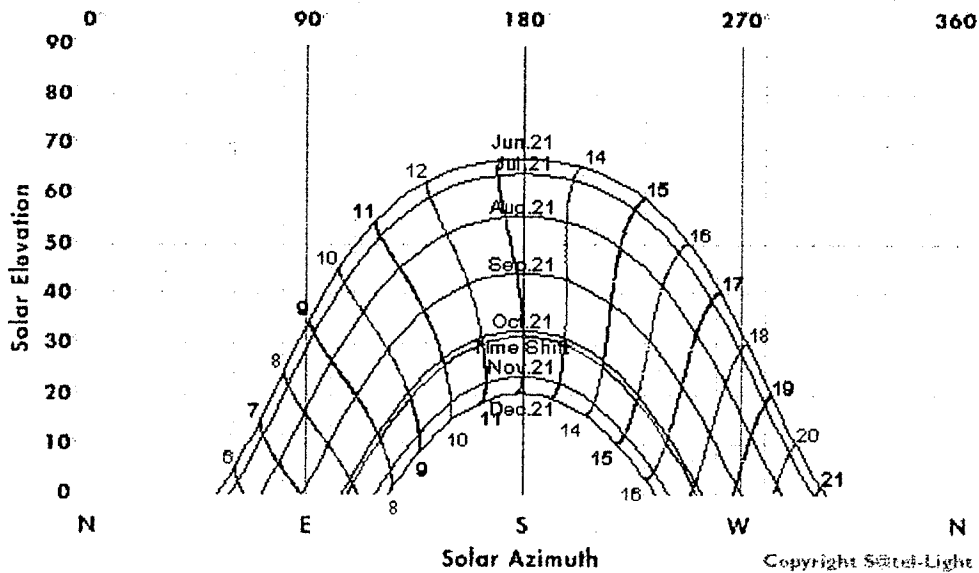


Abbildung 35: Sonnenpfaddiagramm Jun-Dez für den Standort 46°39' nördl. Breite, 11°27' östl. Länge (entspricht der Lage der Sarntaler Alpen) [23]

### 5.3.3.10 DAV Standardisierungskonzept

Um Kosten zu reduzieren, hat der DAV ein Standardisierungskonzept entwickelt, welches vier Kategorien von Hütten vorsieht, die dann mit standardisierten Komponenten ausgestattet werden (siehe Anhang A 8).

Nachfolgend die vier Hüttenkategorien:

A (bis 1 kWp Photovoltaik)	B (bis 2 kWp Photovoltaik)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstversorgerhütte</li> <li>- ausschließliche Energieversorgung durch PV</li> <li>- keine Seilbahn</li> <li>- 24 V<sub>DC</sub>-Systemspannung</li> <li>- nur DC-Beleuchtung, evtl. mit UV-Entkeimung oder Funk/Telefon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kleinere Hütte mit Bewirtschaftung</li> <li>- zus. Motorgenerator bis 5 kVA</li> <li>- 48 V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung</li> <li>- Wechselrichter bis 2 kW Nennleistung</li> <li>- Batterienachladung über Motorgenerator möglich</li> </ul>
C (bis 5 kWp Photovoltaik)	D (über 5 kWp Photovoltaik)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- größere Hütte mit Bewirtschaftung</li> <li>- zus. Motorgenerator bis 20 kVA</li> <li>- 48 V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung</li> <li>- Wechselstromnetz</li> <li>- Batterienachladung über Motorgenerator möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- große Hütte mit mehreren Drehstromverbrauchern</li> <li>- Drehstrom-/Wechselstromnetz</li> <li>- 48 V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung</li> <li>- zus. Stromerzeuger über 20kVA</li> <li>- Batterienachladung über Motorgenerator möglich</li> </ul>

Tabelle 12 : Anlagenkategorien nach dem DAV-Standardisierungskonzept [24]

### 5.3.3.11 Überschlüssiges Berechnungsbeispiel "Schönblick"

Zur Verdeutlichung der Vorgangsweise soll nachfolgend eine Anlage überschlagsmäßig berechnet werden. Das Ergebnis wird jedoch beschränkte Aussagekraft besitzen, da nur statische Werte angenommen werden. Eine Computersimulation mit dem Programm PVS 2000<sup>o</sup>, deren Ergebnisse mit der händischen Berechnung verglichen werden, arbeitet mit genauen Strahlungswerten und berücksichtigt v.a. das Lastprofil der Verbraucher, auch in Abhängigkeit von der Tageslänge (Lampen !)

Vorhandene Verbraucher	Leistung [W]	Einschaltdauer [h]	El. Arbeit [Wh]
Sparlampe Vorraum	10	7	70
Sparlampe Außen	10	13	130
Sparlampe Aufenthaltsr.	7	9	63
Sparlampe Küche	15	9	135
Kühlschrank	200	7	1400
Küchengerät	300	4	1200
Abzugshaube	300	6	1800
Werkzeug	1000	1	1000
<b>Summe</b>	<b>1.842 W</b>		<b>5.798 Wh</b>

Auf die Alpensüdseite (Bozen) strahlen durchschnittl. (Mai – Okt) 4,532 kWh/m<sup>2</sup>d ein.[13].

Gearbeitet wird mit einem Siemens M110 Modul mit folgenden Daten

- $\eta_{\text{Modul}} = 12,7 \%$
- $I_{\text{sc}} = 6,9 \text{ A}$
- $U_{\text{oc}} = 21,7 \text{ V}$
- $I_{\text{MPP}} = 6,3 \text{ A}$
- $U_{\text{MPP}} = 17,5 \text{ V}$
- $L = 1316 \text{ mm}$
- $B = 660 \text{ mm}$
- 72 Zellen a' 10 cm<sup>2</sup>

Eine Solarbatterie hat einen Wirkungsgrad von 80 %, d.h. von 100 eingespeisten Watt können nur 80 W zurückgeholt werden, bedingt durch chem. Umwandlungsverluste (Wärmeabgabe beim Laden !) Zusätzlich darf eine Batterie nur auf max. 20 % ihrer Nennkapazität entladen werden (Tiefentladeschutz !). **Somit stehen letztendlich nur mehr 60 % der Nennkapazität zu Verfügung.**

**Um also eine Tageskapazität von 5.800 Wh zu gewährleisten, muß die Batterie eine Nennkapazität von 9.660 Wh aufweisen.**

Bei einer verwendeten Batterie vom Typ Varta 12 V/100 Ah (das sind 1.200 Wh) und einer geforderten Überbrückungszeit von 3 Tagen (man orientiert sich an der Dauer der Schlechtwetterperioden) würde man 24,15 Batterien benötigen. **Hier werden 24 Stück mit einer Kapazität von 28,8 kWh gewählt.**

Ein PV-Modul besitzt eine Fläche von 0,87 m<sup>2</sup>. Somit strahlen auf diese Fläche 3.940 Wh/d, beim gegebenen  $\eta_{\text{Modul}}$  können davon 500 Wh „geerntet“ werden.

**Um 9.660 Wh zu erhalten, müssen demnach 19,32 also 20 Module installiert werden. Die installierte Leistung beträgt dann 2.200 W.**

Der dazugehörige **Wechselrichter (WR)** muß mindestens soviel Leistung wie das größte angeschlossene Gerät bringen. Will man in Zukunft vielleicht mehr und auch größere Geräte betreiben, muß der WR etwas größer sein, außerdem laufen wahrscheinlich einige Geräte gleichzeitig. **Daher kämen 1,5 bis 2 kW Leistung in Frage.**

**Rein rechnerisch würde diese Anlage den kompletten Bedarf decken.** Genauere Aussagen erhält man jedoch nur über eine Simulation, welche die standortspezifischen Tagesgänge der Solarstrahlung berücksichtigt.



### 5.3.3.12 Computersimulation zum Berechnungsbeispiel "Schönblick"

Die vorhin manuell ermittelten Daten sollen nun in einer Simulation mit der Software PVS 2000<sup>o</sup> überprüft werden. Wie schon bei der Simulation der solaren Warmwasserbereitung wurden auch hier verschiedene Winkel und Ausrichtungen betrachtet, um die Auswirkung der Variation dieser Parameter zu verdeutlichen.

Nachfolgend nochmals die Eckdaten der Simulation (siehe auch Anhang A 7):

- Solargenerator 2200 W
- Wechselrichter 1.5 kW
- Batteriespeicher 16,5 kWh (entspricht lt. Software 3 Tagen)
- Energieverbrauch Mai-Okt 1014,8 kWh (durchschnittl. 5,52 kWh/Tag)

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3	Simulation 4
Ausrichtung °	0	30	0	30
Neigung °	45	45	90	90
Defizit kWh	7,8	23,0	221,0	224,2
Solare Deckung %	99,6	97,7	78	77,6

**Tabelle 13 : Ergebnisse der Simulation (Ermittlung des Solarertrages)**

Anschließend wurde die Simulation nochmals durchgeführt, allerdings mit der Forderung der Modulauslegung durch den Computer. Die Verbraucher waren dieselben, die Anlage sollte eine Ausrichtung von 30° und eine Neigung von 45° haben, wobei die geforderte solare Deckung bei 80 % liegen sollte.

Simulation 5	
Solargenerator kW	1,5
Wechselrichter kW	1,5
Batteriespeicher kWh	17,4
Defizit kWh	203,0
Solare Deckung %	79,6 %

**Tabelle 14: Ergebnis der Simulation (Ermittlung der Modulfläche)**

Zunächst bestätigt Simulation 1 die Güte des manuellen Verfahrens, auf Anhieb wird nahezu der gesamte Bedarf gedeckt. Weiters zeigen die Simulationen 2 bis 4 die Verknüpfung von Neigung und Ertrag. Die Ausrichtung spielt nur eine untergeordnete Rolle.

### 5.3.4 Kosten

Simulation 5 soll schließlich zeigen, daß eine relativ geringfügige Einsparung am Ertrag eine durchaus beachtliche Einsparung bei den Kosten bringen kann: Bei eingesparten 0,8 kW ergibt sich eine Ersparnis von ca. 23.000 €. Diese Summe ergibt sich aus dem kW<sub>p</sub>-Preis (incl. Lieferung und Montage) der Rieserfernerhütte: 29.610 € (1,5 kW haben 1998 44.415 € gekostet)

Der signifikante Einbruch der Solarstrahlung (und damit des Ertrages) erfolgt hierbei erst im Sept/Okt. Von Mai-August läge die solare Deckung bei durchschnittl. 84,4 % (Sept 77,3 %, Okt 62,9 %). Das bestätigt die Aussage von Fachleuten, daß sich Deckungsgrade von über 80 % bei größeren Leistungen nicht lohnen.

Zum Vergleich: 1 kW<sub>p</sub> Dieselgenerator kostet (Datenbasis Radlsee hütte 1998) 688 € (ohne MwSt.). Andererseits hat der DAV im Rahmen des EURALP-Projektes (EU-Finanzierung von PV-Anlagen) ein Kostenlimit von 16.361 €/kW<sub>p</sub> gesetzt. Dieses Limit konnte (bei sehr geringer Abweichung nach oben) auch gehalten werden.

## 5.4 Windenergienutzung

Die Nutzung der Windenergie stellt zunächst eine sehr gute Form der Energiegewinnung dar. Wind ist umweltfreundlich, die Anlagen im Vergleich zu PV-Generatoren viel günstiger und sie benötigen auch viel weniger Platz. Großtechnisch arbeiten diese Anlagen wirtschaftlich (Windgeneratoren im Bereich 1,5 MW).

### 5.4.1 Vor- und Nachteile

#### Vorteile:

- Hochwertige Energie (Elektrizität)
- Umweltverträglich – keine Emissionen
- Geringer Flächenbedarf für vergleichsweise große Leistungen
- Guter Wirkungsgrad
- Bewährte, ausgereifte Technik
- großer Leistungsbereich
- Schlechtwetterenergie, ergänzt z.B. PV-Anlagen (Sonne =kaum Wind, Bewölkung =Wind)

#### Nachteile:

- Unstetiges Energieangebot
- Empfindlich gegen im Gebirge oft vorkommende Böen
- Drehende Teile relativ empfindlich gegen Kälte (Vereisung)
- Schlechtwetterenergie, viel Energie bei geringer Hüttenbelegung
- Hohe Investitionskosten bei großen Anlagen

Heute kann man auf etliche Jahre Erfahrung mit Windkraftanlagen im Gebirge zurückblicken, sei es beim DAV (Rotwandhaus, Meiler Hütte) als auch beim AVS (Tierser Alpl, Rieserfernerhütte).

Diese Erfahrungen haben gezeigt, daß sich Windenergienutzung in großem Stil nicht lohnt. Als Beispiel sei das Rotwandhaus genannt: Dort ist ein H-Rotor mit 20 kW Leistung installiert worden, nachdem ein konventioneller Rotor vom Winde verweht worden war. Er liefert zwar relativ konstant Energie, allerdings bei Schlechtwetter, der Hüttenwirt weiß nicht wohin damit. Bei gutem Wetter mit hohen Gästezahlen dagegen bringt der Rotor nur wenig Energie ein. Es gab jedoch Probleme im Winter mit vereisenden Lagern, bzw. Bremsscheiben. Somit mußte der Rotor öfters stillgelegt werden.

Auch bei der Standortwahl war man nicht glücklich. Die Praxis zeigte, daß der Mast einige Meter versetzt gehörte, um optimal angeströmt zu werden.

Daher sind vorangehende Windmessungen unerlässlich. Je länger diese durchgeführt werden, um so genauer läßt sich der ideale Standort und letztendlich der Ertrag bestimmen.

Die Konsequenz aus diesen Langzeiterfahrungen ist nun die folgende:

#### Der Rotor muß zusätzlich:

- richtig dimensioniert sein (groß genug, um Batterieladung zu gewährleisten)
- demontierbar sein (im Winter)

### 5.4.2 Theoretischer Hintergrund

Die physikalischen Grundlagen der Windenergie sind sehr leicht verständlich.

Es werden folgende Gesetze und Formeln benötigt:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 A$$

**Windleistung:** Physikalisch erreichbare Ausbeute bei gegebener Dichte der Luft  $\rho$ , bekannter Windgeschwindigkeit  $v$  und überstrichener Rotorfläche  $A$ . Letztere errechnet sich als Kreisfläche bei Drehflüglern, bzw. als Zylinder bei H- und Savoniusrotoren.  
**Wichtig:** Hersteller geben die max. Leistung mit der zugehörigen Luftgeschwindigkeit an.

$$c_{P \max} = 0,593$$

**Betz'scher Wirkungsgrad:** Von Betz ermittelter Wirkungsgrad, der nicht überschritten werden kann (physikalische Grenze).

**Damit lassen sich oben genannte Leistungsangaben von Herstellern überprüfen !**

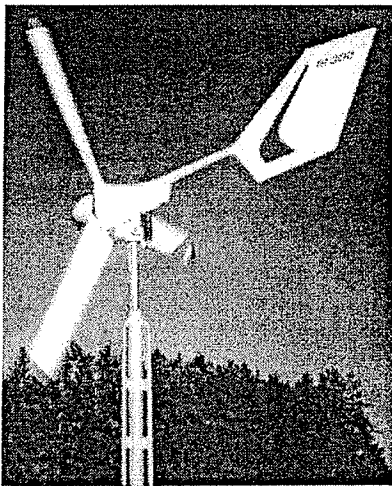
$$\lambda = \frac{v_{\text{Blattspitze}}}{v_{\text{Wind}}}$$

**Schnellaufzahl:** Empfohlen wird eine maximale Geschwindigkeit der Blattspitzen von 100 m/s, um Lärmbelastigungen zu vermeiden. Das ist mit Hilfe der Herstellerangaben (Durchmesser und Nenndrehzahl) einfach zu überprüfen.

$$v_H = v_{10m} \left( \frac{H}{10} \right)^a$$

**Höhenkorrektur:** Die Windmessungen der meteorologischen Anstalten werden in 10 m Höhe durchgeführt. Für höhere Masten (Nabenhöhe !) gelten höhere Geschwindigkeiten.  
a=0,16 bei glattem Gelände  
a=0,28 bei wenig Hindernissen  
a=0,40 bei hohen Hindernissen

Da im Endeffekt nur kleine Rotoren im Leistungsbereich von einigen 100 Watt zum Einsatz kommen sollten, um die Batterien zu laden, werden sich obige Berechnungen ggf. erübrigen, auch die Wahl des Standortes fällt weniger ins Gewicht, da Anlagen dieser Dimension transportabel sind und sein sollen (Frostschutz).



Die nebenstehende Windkraftanlage ist eines von vielen Angeboten aus dem Internet [25].

Sie liefert 300 W (12 oder 25 V) bei 10,5 m/s, besitzt einen Rotor mit 1,65 m Durchmesser und wiegt 18 kg. Die Montage erfolgt auf einem 12,25 m hohen Mast.

**Nach obigen Gesetzen und Formeln würde diese Anlage im Durchschnitt 1,07 kWh/Tag erzeugen** (Meßort: Rieserfernerhütte, Messung vorgenommen durch Hüttenwirt, siehe dazu auch die Datenblätter im Anhang A 10).

Abbildung 36: Windkraftanlage fit 300 [25]

### 5.4.3 Kosten

Kosten für Windgenerator	1.661 €
12,25 m-Mast mit Abspannungen	1.017 €
<b>Summe</b>	<b>2.678 € (ohne MwSt.)</b>

Ein Laderegler wird bei Kombination mit der PV-Anlage nicht unbedingt benötigt, da dieser Rotor Gleichspannung erzeugt und der vorhandene Regler der PV-Anlage genutzt werden kann.

## 5.5 Beispielhafte Anlagenschaltbilder

Die folgenden Schaltbilder zeigen die mögliche Verschaltung von den meistverwendeten Energieerzeugern (abgesehen von Wasserkraft).

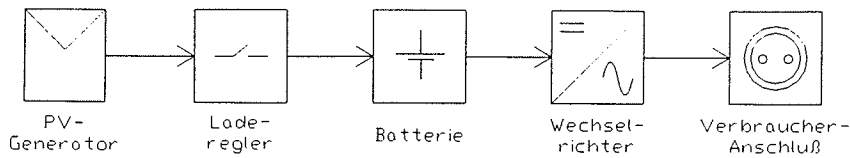


Abbildung 37 : Einfache PV-Anlage mit Wechselrichter [19]

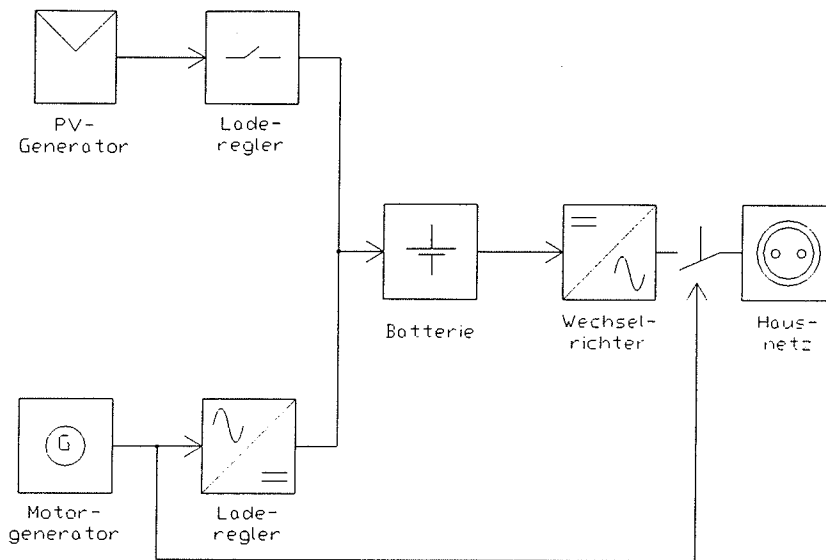


Abbildung 38: sog. „Hybridanlage“; PV kombiniert mit Motorgenerator [19]

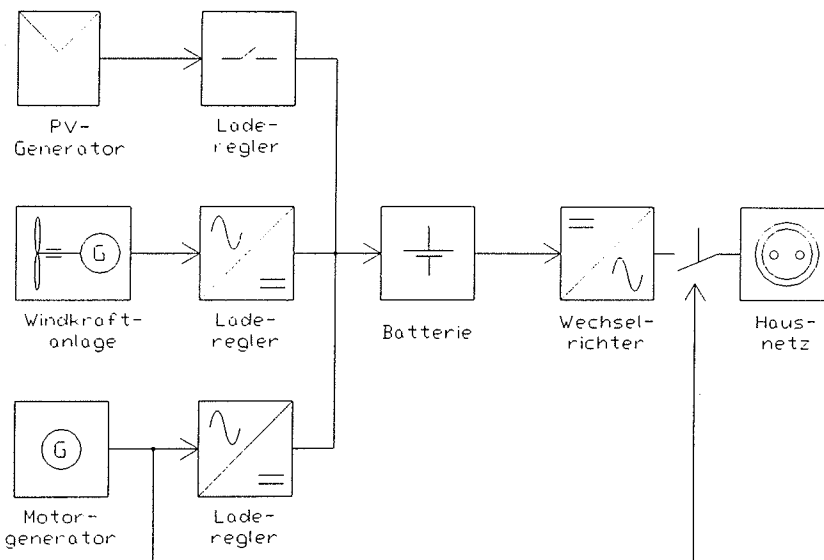


Abbildung 39: „Hybridanlage“; PV gekoppelt mit Windgenerator und Motorgenerator [19]

## 6 Wasserver- und entsorgung

Die Wasserver- und entsorgung hat mit Energieoptimierung an sich relativ wenig zu tun. Ich möchte die Materie daher auch nicht allzusehr vertiefen. Dennoch sind im Rahmen dieser Arbeit Fragen aufgetaucht, die angesprochen werden sollten. Dazu kommen einige technische Lösungen, welche durch ihre Einfachheit und daraus folgenden minimalen Energiebedarf bestechen.

Zunächst soll aber noch eine Grundsatzfrage angesprochen werden: Wieviel Wasser braucht der Bergwanderer? In der Vergangenheit wurde von den Alpenvereinen eine rigorose Sparpolitik betrieben, Duschen wurden entfernt, nur noch Waschbecken belassen, schließlich wären AV-Hütten kein Hotel.

Der Stadtmensch, der sich in der Alpen-Sportarena aufhält, möchte allerdings kaum auf diesen Komfort verzichten, es gab daher einige Klagen.

In den Alpenvereinen gab es darüber teils heftige Diskussionen, und in der Zwischenzeit hat sich eine gewisse Grundhaltung durchgesetzt: In Gebieten mit Wasserreichtum können durchaus Duschen eingebaut werden. Es geht dabei ja nicht nur um den Komfort, sondern auch um die Hygiene. Es für ist Schlafräume durchaus verträglicher, wenn ein verschwitzter Bergsteiger die Möglichkeit hat, sich ordentlich zu reinigen, Hüttenschlafsack hin oder her.

Wo also die Möglichkeiten gegeben sind, ist angemessener Verbrauch durchaus kein Luxus. Außerdem stehen Wasserspareinsätze zu Verfügung, mit denen der Wasserdurchfluß durch Luftbeimischung um 50 % gedrosselt wird.

In diesem Zusammenhang möchte ich noch auf eine Kritik seitens des Ökoinstitutes Neustift eingehen. Bei einer Untersuchung wurde bemängelt, daß Regenwassernutzung auf Hütten wohl unbekannt ist. Ich glaube, daß das Ökoinstitut sehr wohl zwischen wasserreichen- und wasserarmen Gebieten unterschieden hat, die Aussage wurde jedoch allgemein verstanden. Daher möchte ich nochmals betonen, Regenwasser- und Grauwassernutzung stellen einen großen baulichen Aufwand dar, und in Gebieten mit Wasserreichtum lohnt sich dieser Aufwand nicht. Das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand muß einfach vertretbar sein.

### 6.1 Grundsätzliches zur Wasserversorgung

Es gibt in Südtirol sehr viele Hütten, die im Quellgebiet von mehr oder weniger ergiebigen Bächen liegen. Dort gibt es kein Problem mit der Wassergewinnung und dem nötigen Vordruck, der mit ca. 2-3 bar für Hütten durchaus ausreichend ist.

Andere Hütten dagegen liegen oberhalb dieser Quellen und müssen daher ihr Wasser aus Seen oder Bächen gewinnen.

Dabei finden i.d.R. Pumpen Verwendung, die im besten Fall richtig dimensioniert sind und damit verhältnismäßig wenig Strom brauchen. Der Wirkungsgrad der heute handelsüblich erhältlichen Pumpen liegt bei unter 50 % (Motor mit Laufrad). Jedes Watt zuviel kann durch exakte Dimensionierung gespart werden.

Es soll hier nicht weiter auf die Dimensionierung der einzelnen Komponenten einer Wasserversorgungsanlage eingegangen werden, wichtige Details sollen aber genannt werden:

#### 6.1.1 Pumpen

Aus der Vielzahl an Pumpen ( Kreiselpumpen, Membranpumpen, Kolbenpumpen) finden v.a. **Kreiselpumpen** Verwendung. Diese gibt es entweder als Pumpen mit im Gehäuse integrierten Motoren (Naßläufer), als auch mit außenliegenden Motoren (Trockenläufer). Ein gutes Beispiel für Naßläufer sind die Tauchpumpen, durch die integrierten Motoren läßt sich diese kompakte Bauform erst erreichen.

Kreiselpumpen haben einen entscheidenden Nachteil: Sie sind nur in geringem Maße selbstansaugend, d.h. man muß auf den Zulauf bzw. den Vordruck achten. Ist der Vordruck nämlich zu gering, tritt ein Phänomen auf, das Kavitation genannt wird: Wasser verdampft auf Meereshöhe bei 100 °C, auf Schutzhütten bekannterweise bei ca. 90 °C, da der Luftdruck ja abnimmt. Auf der Saugseite der Kreiselpumpe nimmt der Luftdruck durch die Saugwirkung ebenfalls ab, im Extremfall derart, daß das Wasser in kleinen Bläschen verdampft. Beim Durchgang durch das Laufrad steigt der Druck wieder, und die Bläschen werden schlagartig zusammengedrückt. Diese kleinen Implosionen schädigen das Laufrad und können es sogar zerstören.

Dies läßt sich vermeiden, wenn die Haltedruckhöhe der Pumpe, NPSHR genannt, (Net Positive Suction Haed), kleiner ist als jene der Anlage, NPSHA genannt. Die Angaben zum NPSHR gibt der Hersteller.

Der NPSHA errechnet sich über eine vereinfachte Formel:

$$NPSHA = z + \alpha - h_r$$

- z in m Abstand Saugwasserspiegel–Oberkante 1. Laufrad (vertikale Kreiselpumpe)  
Abstand Saugwasserspiegel–Pumpenwelle (horizontale Kreiselpumpen)
- $\alpha$  empirisch ermittelter Faktor aus Tabelle 15
- $h_r$  in m Verlusthöhe (Druckverlust) der Saugleitung

Höhe müNN	Temp. °C	5	10	15	20
0		10,22	10,171	10,14	10,084
250		9,95	9,896	9,865	9,809
500		9,67	9,621	9,59	9,534
1000		9,12	9,071	9,04	8,984
1500		8,57	8,521	8,49	8,434
2000		8,02	7,971	7,94	7,884
2500		7,47	7,421	7,39	7,334
3000		6,92	6,871	6,84	6,784

Tabelle 15:  $\alpha$ -Werte für NPSHA-Berechnung [26], Werte über 2000 m sind interpoliert

### 6.1.2 Rohrleitungen

Es bestehen zunächst keine allzu großen Anforderung an die Rohrleitungen innerhalb und außerhalb der Hütten. Zugelassen sind fast alle Materialien, von verzinktem Stahl über Kupfer, PVC bis PE.

Dennoch sind einige Randbedingungen, besonders hinsichtlich der Wasserqualität, zu beachten, die den Einsatz bestimmter Materialien beschränken.

- Verzinkte Stahlrohre dürfen nicht gebogen werden, sonst bricht der Zinkmantel und damit der Korrosionsschutz auf
- Kupferrohre dagegen reagieren empfindlich auf saure Umgebung, ab einem PH-Wert unter 7 lösen sich Kupferionen, die - in Abhängigkeit von der Menge - gesundheitsschädlich sein können
- Edelstahlrohre dagegen reagieren empfindlich bei mehr als 200 mg/l Chlorionen im Wasser (DIN 50930).
- Kunststoffleitungen sind in der Handhabung sicher unproblematisch, es muß beim Verlegen jedoch besonders auf die thermisch verursachte Längenänderung geachtet werden. Leitungen, die im Sommer verlegt werden, dürfen nicht straff gezogen werden, ansonsten reißen im Winter unter Umständen die Verbindungen auseinander. Die Empfindlichkeit gegen Frost scheint gering, liegen doch im Talboden seit Jahrzehnten PE-Bewässerungsleitungen. Bei den im Wohnungsbau verwendeten PE-X-Leitungen (hochvernetztes PE) dagegen sind in letzter Zeit Befürchtungen aufgetreten, Kunststoffbestandteile könnten über längere Zeit an das Wasser abgegeben werden. Dazu laufen derzeit jedoch noch die Untersuchungen, es gibt auch keinerlei Empfehlung, dieses Material nicht mehr zu verwenden.

Generell gilt auch beim Trinkwassernetz: eine genaue Dimensionierung, die ohne viel Aufwand durchgeführt werden kann (DIN 1988) verringert den Einsatz an Rohrmaterial und daraus resultierend Material- und v.a. Transportkosten.

### 6.1.3 Wasseraufbereitung

Wasser ist ein Lebensmittel und muß entsprechende Qualitäten aufweisen. Es muß bakteriologisch rein, farb- und geruchlos sein sowie keine sonstigen anorganischen Verunreinigungen aufweisen.

Bergquellwasser dürfte in Südtirol diese Voraussetzungen spielend erfüllen. Es kann natürlich eine Verunreinigung durch Sand o.ä. auftreten. Dies läßt sich durch den Einbau einer Beruhigungsstrecke (Becken) innerhalb der Fassung weitgehend vermeiden. Im Anschluß sollte aber im Gebäude ein Siebfilter eingebaut werden. Die **Maschenweite der Siebe** sollte 80 – 100  $\mu$ m nicht unterschreiten, um Verkeimung zu verhindern. Diese Siebe müssen in periodischen Abständen gereinigt (gespült) werden. Sehr gut bewährt haben sich in diesem Zusammenhang rückspülbare Filter in Kombination mit rotierenden Bürsten. Je nach Verschmutzung wird periodisch die Rückspülung betätigt und dabei das Sieb gründlich gereinigt.

Filterkerzen aus Gewebe sind ebenfalls geeignet, im Betrieb jedoch teurer, da diese bei Verschmutzung regelmäßig durch neue ersetzt werden müssen.

Bei **organischer Belastung**, also Bakterien und Keimen dagegen ist die Aufbereitung aufwendiger: Neben der mechanischen Reinigung ist eine chemisch-bakteriologische Reinigung durchzuführen. Dies kann durch Chlorung, Ozonung oder UV-Bestrahlung erfolgen.

**Chlorung** ist zwar das immer noch gebräuchlichste Verfahren zur Desinfektion und kann auch mit relativ einfachen Mitteln bewerkstelligt werden. Die Zuverlässigkeit ist hoch und der Nachweis des Chlors im Wasser einfach. Dennoch macht chloriertes Wasser auf einer Alpinhütte keinen besonders guten Eindruck.

**Ozonung** ist an einen hohen technischen Aufwand gekoppelt und verlangt besondere Sorgfalt. Das Gas Ozon ist in starker Konzentration giftig und vernichtet zuverlässig Bakterien, Viren und andere organische Bestandteile. Auch nichtorganische Bestandteile können aufgespalten werden. Es muß aber gewährleistet sein, daß an der Wasserentnahmestelle nur mehr geringste Spuren des Ozons auftreten. Insgesamt ist v.a. der Energieaufwand zur Ozonerzeugung für die Verwendung auf Hütten zu hoch.

**UV-Bestrahlung** stellt einen inzwischen sehr oft verwendeten Kompromiß dar. Durch die UV-Strahlung werden die Bakterien abgetötet oder zumindest in Ihrer Vermehrung gehemmt. Technisch findet die UV-Bestrahlung mittels stabförmig angeordneten UV-Lampen statt. Dies kann eine oder auch mehrere sein, wichtig ist, daß das vorbeiströmende Wasser weitgehend frei von trübenden Bestandteilen ist und so dicht wie möglich an der Lampe vorbeifließt. Steht nun das Wasser hinter einer UV-Anlage (z.B. Reservoir), dann können sich Keime unter Umständen wieder vermehren. Daher sollten UV-Strahler in der Hauszuleitung hinter vorhanden Speichern angeordnet sein. Die Strahlungsintensität nimmt mit der Zeit ab, daher wird ein Austausch nach ein bis zwei Jahren empfohlen [26].

Was bleibt, ist die **Kalkproblematik**. Man kann Wasser im häuslichen Bereich durchaus erfolgreich entkalken, z.B. durch die dosierte Beigabe von Phosphaten Man kann auch die kalkbildenden Calcium- und Magnesiumionen mit einem Ionenaustauscher entfernen. Als Ionenaustauscher wird Salz verwendet, das darin enthaltene Natrium nimmt die Stelle des Kalziums (Ca) und Magnesiums (Mg) ein, es kann sich somit keine Kalkschicht mehr bilden, da Ca und Mg im Ionenaustauscher „gefangen sind“.

Eine dünne Kalkschicht ist übrigens sehr nützlich, sie schützt die darunterliegende Rohrleitung vor Korrosion. Entkalkt man nun aber das Wasser auf die genannte Weise, befindet sich anschließend Phosphat oder Salz im Wasser, für den Hüttengast ebenfalls wenig erbaulich.

Man kann Kalk aber auch konstruktiv begegnen: In Rohren mit einer glatten Innenoberfläche setzt sich Kalk nur erschwert ab. PE-X, Kupfer und Edelstahl sind hier sehr gut geeignet.

Schließlich gibt es noch die umstrittenen physikalischen Wasserbehandlungsgeräte, die mittels Magnetfeldern oder Verwirbelungen den Kalk umwandeln sollen.

Mehrere Untersuchungen, u.a. an der Fachhochschule München, haben keine Wirksamkeit der Geräte nachweisen können. Dennoch liegen eine Vielzahl an dokumentierten Fällen vor, in denen diese Geräte funktioniert haben. Ein entscheidender Faktor ist wohl der kontinuierliche Durchfluß und die Situation hinter dem Gerät. Folgen z.B. noch Pumpen, dann wird die kalkschützende Wirkung aufgehoben. Der DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.), ohne dessen Prüfsiegel oftmals kein Rohr oder keine Armatur eingebaut werden dürfen, prüft ebenfalls die Wirksamkeit der genannten Geräte. Zur Zeit (Ende 1999) erfüllen nur deren drei die Anforderungen. Das wirksamste Gerät ist jedoch sehr teuer und verfügt über ebenfalls teure Kartuschen, die regelmäßig gewechselt werden müssen.

### 6.1.4 Speicher

Immer wenn Wasser hochgepumpt werden muß, ist ein Speicher notwendig, dies auch, um einen erforderlichen Druck von 1–2 bar zu gewährleisten. Dafür wird der Speicher oberhalb der Hütte plaziert. Die Befüllung erfolgt über eine Pumpe, die wiederum ein Signal von einem Wasserstandsmelder erhält. Sinkt der Wasserstand im Speicher unter ein best. Limit (z.B. 1/3), füllt die Pumpe den Speicher voll.

Es empfiehlt sich zusätzlich eine einfache Schaltung, die ggf. vorhandenen Überstrom in die Pumpe speist und damit dem Speicher unabhängig vom Wasserstand füllt. Damit kann vermieden werden, daß die Pumpe in Starklastzeiten anspringt und wertvollen Strom benötigt.

Der Speicher kann aus verschiedenen Materialien ausgeführt werden, Kunststoff, Edelstahl oder dem bewährten Stahlbeton. Bei der Neuerrichtung muß geprüft werden, ob ein Bau vor Ort (Beton) oder aber ein Transport eines vorgefertigten Behälters günstiger ist. Selbstverständlich muß der Speicher leicht zu reinigen sein (glatte Oberflächen). Der Gesetzgeber schreibt eine ausreichende Belüftung vor, um Schwitzwasserbildung zu vermeiden. Dieses Schwitzwasser, das sich an den Wänden niederschlägt, könnte ja verunreinigt ins Trinkwasser zurückfallen. Es gibt Speicher, bei denen war das über 100 Jahre der Fall, von Gesundheitsfolgen ist nichts bekannt.

Ein Speicher soll in der Lage sein, Verbrauchsschwankungen auszugleichen und eine Reserve aufzuweisen. Bei solchen kleinen Behältern wie es hier der Fall ist, reicht jedoch ein Volumen, welches dem Tagesbedarf entspricht, ggf. können noch 20 % als Sicherheit für Störungen aufgeschlagen werden.

Die Brixner Hütte hatte z.B. 1999 einen durchschnittlichen Verbrauch von  $6,4 \text{ m}^3/\text{Tag}$ . Auf der Radlseehütte dagegen wurden täglich rund  $2 \text{ m}^3$  verbraucht, während der Bauarbeiten waren dies ca.  $3 \text{ m}^3$ . Die Brixner Hütte erhält Wasser aus einer Quelle (die Bierkühlung erfolgt mit Fließwasser !), die Radlseehütte dagegen muß pumpen.

Auf der Radlseehütte müßte der Speicher demnach eine Größe zwischen  $2$  und  $2,5 \text{ m}^3$  aufweisen. Wenn die Befüllung in Schwachlastzeiten erfolgt, also am Vor- und Nachmittag, dann braucht die Pumpe nachts nicht anspringen, somit steht der vorhandene Batteriespeicher fast ausschließlich zur Versorgung von Licht und Kleingerät zu Verfügung.

## 6.2 Hydraulische Widder

Eine faszinierend einfache, über 100 Jahre alte Technik stellen die hydraulischen Widder dar. Auch in Südtirol fanden diese Geräte (v.a. im Pustertal und im Vinschgau) Verwendung. Die Funktionsweise ist relativ einfach:

Wenn fließendes Wasser abrupt, d.h. schlagartig zum Stillstand gebracht wird, entsteht ein Druckschlag, der ein Mehrfaches des herrschenden Leitungsdrukkes beträgt. Was im Normalfall für Leitungen und Anschlüsse sehr gefährlich ist - man denke an den Druckleitungsschaden in Bozen vor wenigen Jahren - wird in diesem Fall genutzt. Ein mit einer Schwingfeder gekoppeltes Ventil wird von der Wasserströmung (Treibwasser) geöffnet, daraufhin aber wieder geschlossen. Die Federkraft ist dabei auf die Strömung abgestimmt.

Durch das schlagartige Schließen pflanzt sich ein Druckschlag nach hinten fort. Dabei öffnet sich ein einfaches Rückschlagventil und gibt den Weg in den sog. Windkessel, einen Druckbehälter, frei. Von diesem Windkessel aus führt eine Förderleitung zum Behälter (oder Brunnen, etc. ). Bei jedem Druckschlag strömt damit eine bestimmte Wassermenge in die Förderleitung, und das kontinuierlich, Tag für Tag, rund um die Uhr.

Die geförderte Wassermenge ist abhängig von der Treibwassermenge und dem dazugehörigen Gefälle. Je größer diese beiden Faktoren, desto mehr Wasser wird gefördert.

Laut Herstellerangaben können Höhenverhältnisse von  $1:4$  bis  $1:20$  erreicht werden. Dabei können  $1/5$  bis  $1/40$  der Treibwassermenge nach oben gebracht werden.

Bsp.: Bei einem Höhenunterschied von  $4 \text{ m}$  und einer Treibwassermenge von  $10 \text{ l/min}$  können  $2 \text{ l/min}$   $16 \text{ m}$  weit nach oben (das sind  $12 \text{ m}$  über der Treibwasserfassung !) gepumpt werden.

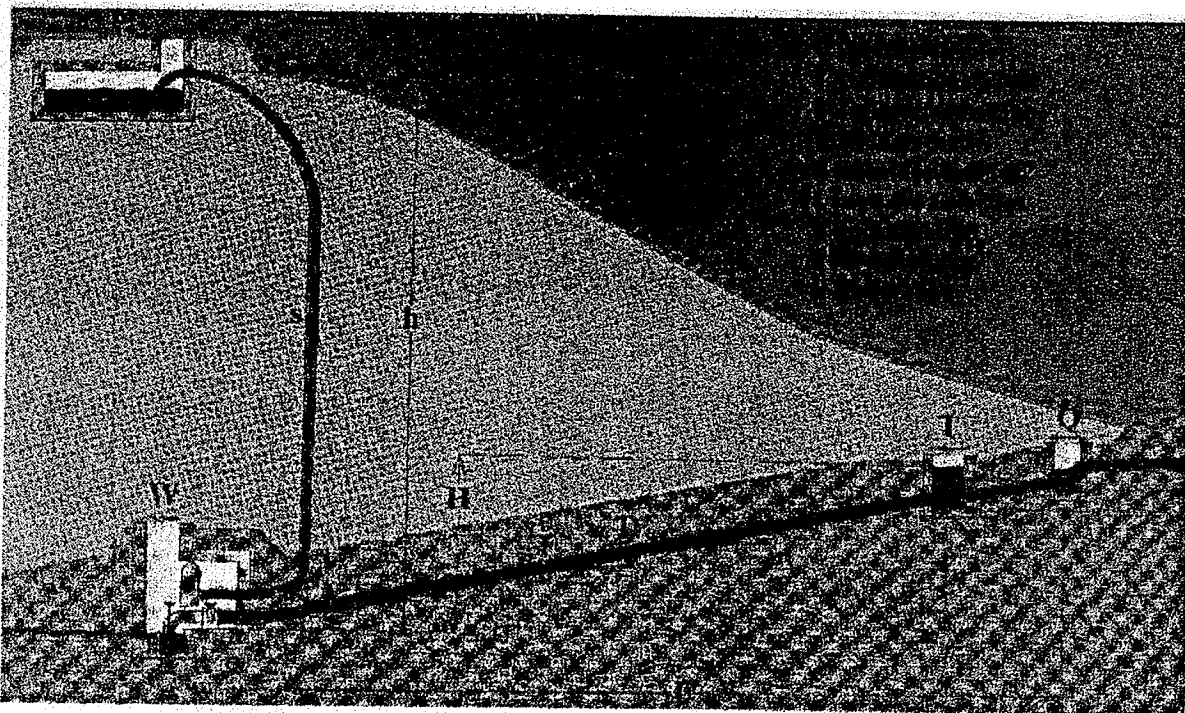


Abbildung 40: Aufbau einer Widderanlage [27]



Kein Vorteil ohne Nachteil, das gilt auch hier. Das Schließen des Ventils verursacht natürlich rund um die Uhr Geräusche. Durch Anordnung des Widders in einen eingedeckten Schacht (wird aus Frostschutzgründen empfohlen) läßt sich dieses Geräusch drastisch reduzieren.

Die geringe Fördermenge wird durch die kontinuierliche Pumparbeit ausgeglichen, selbstverständlich sollte der Wasserbehälter über eine gewisse Versorgungsreserve verfügen.

Ein weiterer „Nachteil“ ist der **Preis**:

Dieser beträgt für den kleinsten Widder (Treibwasserdurchfluß 3-6 l/min) 1.150 €,

für den größten Widder (Treibwasserdurchfluß 280-700 l/min) 7.409 € (jeweils ohne MwSt)

Für einen hydraulischen Widder spricht andererseits die lange Lebensdauer (mehrere Jahrzehnte ohne Unterbrechung) und natürlich die praktisch nicht existierenden Betriebskosten. Auf jeden Fall stellt eine solche Anlage eine Alternative dar, die von Fall zu Fall geprüft werden sollte, die auch rechnerisch belegt werden kann. Es gibt nur noch sehr wenige Firmen, die hydraulische Widder produzieren, bei meinen Recherchen habe ich nur deren zwei gefunden, daher seien sie nachfolgend auch genannt:

- Weinmann Sondermaschinen und Steuerungsbau GmbH, D-91217 Hersbruck; <http://www.weinmann-online.de>

- Einsiedler Karl Solar- u. Erdwärmetechnik, A-4631 Krenglbach; Tel.: 07242/43284

Schließlich gibt es auch noch einige hochalpine Hütten, welche auf Gletscherschmelzwasser angewiesen sind, oder gar nur über Wassertransporte versorgt werden können. Auf diesen Hütten besteht natürlich ein sehr starkes Interesse, Wasser zu sparen, wo dies nur möglich ist.

### 6.3 Möglichkeiten zum Wassersparen

Zunächst lassen sich mit geringstem Aufwand **Wasserspareinsätze** in die Armaturen einschrauben. Diese eignen sich für Waschbecken und Duschen. In der Küche dagegen sind diese Einsätze wenig sinnvoll: Ein 20-Liter-Topf muß gefüllt werden. Es nützt niemandem, wenn er das in der doppelten Zeit wird, weil aus dem Wasserhahn nur die Hälfte kommt.

Bei **WC-Spülungen** sollte auf Begrenzungsvorrichtungen geachtet werden. Diese bestehen aus einfachen Gewichten, die an den Spülhebel angebracht werden, und damit für ein schnelleres Schließen des Ablaufes sorgen. Wird mehr Spülwasser benötigt, muß der Hebel länger gedrückt werden. Weiters läßt sich die Wassermenge im Spülkasten reduzieren, indem man einen Volumenkörper einbringt (z.B. Ziegelstein) und damit das Wasservolumen verringert. Man kann aber auch einfach den Wasserstand im Spülkasten senken, indem man den Schließpunkt des Schwimmerventils ändert.

**Wichtig** bei solchen nachträglichen Maßnahmen ist die **Kontrolle der ausreichenden Spülwirkung**. Die Fäkalien müssen nämlich nicht nur aus der Kloschüssel gespült werden, sondern auch durch das nachfolgende Rohr. Bei den früher üblichen 9-l Spülkästen kann man mit 6 l gerade noch zurecht kommen.

Neuere WC-Spülkästen sind bereits ab Werk mit **Wasserstop-Tasten** ausgestattet, außerdem wird das Spülvolumen ständig verringert. Auch die WC-Schüsseln werden diesem verringertem Wasserstrom angepaßt. Üblich sind heute 6 l. Es gibt auch 3 l-Spülungen, allerdings muß hier ein Zwischenbehälter in die nachfolgende Leitung eingefügt werden. Dieser sammelt 3 Spülungen, bei der 4. Spülung läuft das Schmutzwasser über ein Überlaufrohr in den folgenden Kanal ab. Da das Rohr bis zum Boden des Behälters reicht, wird dieser richtiggehend leeresaugt.

Damit bleiben zum Spülen des Kanals insgesamt ausreichende 12 l.

#### 6.3.1 Regenwassernutzung

Dies lohnt sich dort, wo wirklich nur wenig oder gar kein Wasser zu Verfügung steht.

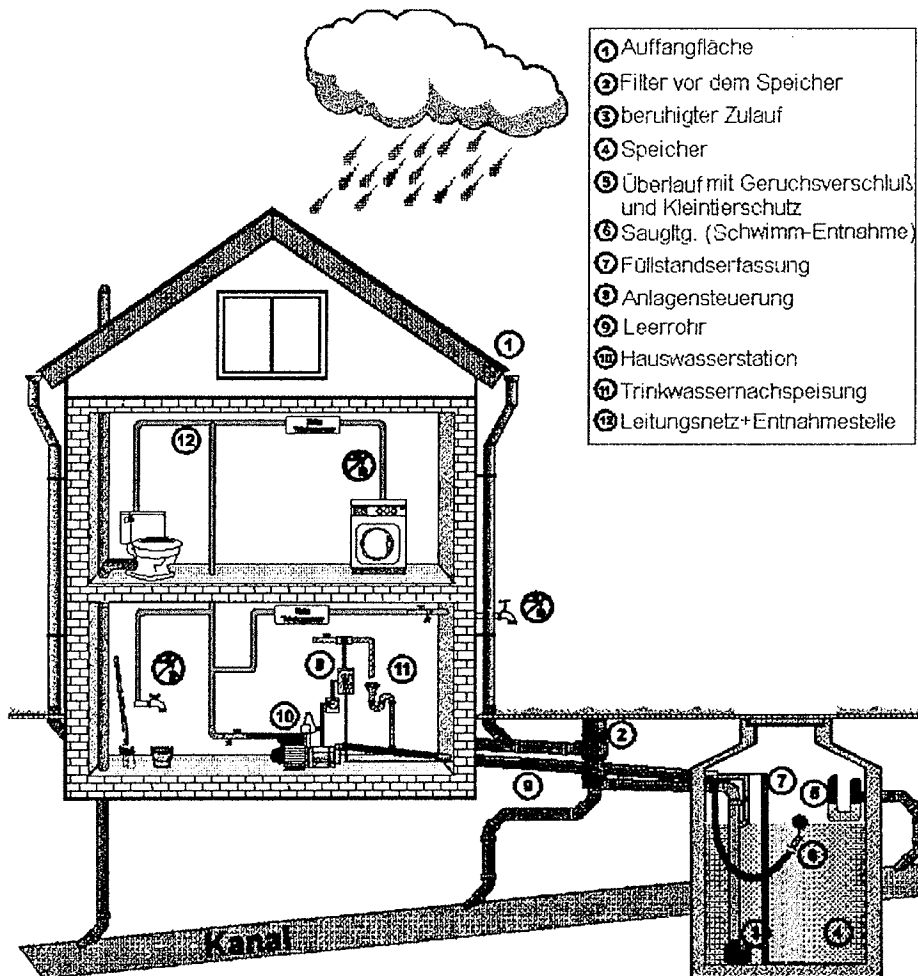


Abbildung 41: Regenwassernutzungsanlage [28]

Die vorangehende Abbildung 41 zeigt den wesentlichen Aufbau einer Regenwassernutzungsanlage. Wichtig ist dabei die strikte Trennung zwischen Trink- und Regenwasser. Die abgebildete Trinkwassernachspeisung entspricht nicht mehr dem Stand der Dinge, heute wird an der Hauswasserstation direkt eingespeist, und zwar über einen Rohrtrenner, der bei Regenwasserbetrieb das Trinkwassernetz zuverlässig abtrennt (Bakterien!). Für Schutzhütten würde sich aus Gründen des Energiesparens vielleicht eine andere Art der Aufstellung des Regenwasserbehälters empfehlen: oberhalb der Hütte, um natürlichen Druck zu erhalten. Dann könnte auf eine Druckerhöhungspumpe verzichtet werden. Besonders bei Hütten in Hanglage ist es einfach, die Regenrinne mit geringem Gefälle zum Hang zu verlängern und den Behälter zu speisen. Wenn WCs und Entnahmestellen nicht gerade im Dachgeschoß liegen, kann das Wasser durch den Naturdruck in die Hütte strömen. Es gibt entsprechende Niederdruckventile für WCs, man kann sie aber auch einfach aufbohren. Auf eine Rattenklappe kann auf über 2000 m wohl verzichtet werden. Bitumendächer sind übrigens ungeeignet als Regenwassersammler. Bei Kupferdächern muß darauf geachtet werden, daß nachfolgend keine verzinkten Leitungen folgen, sonst kann es wegen der mitgespülten Kupferionen zu Lochfraß kommen.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch ein Untersuchungsergebnis aufgeführt: Wird bei geöffnetem WC-Deckel die Spülung betätigt, dann gelangen kleine Spritzer bis zu 2 m weit auf die umgebenden Einrichtungsgegenstände, u.a. auch auf ggf. vorhanden Waschbecken, Zahnbürsten u.ä.. Diese Gefahr betrifft aber doch eher Bäder in Wohnbauten als WCs auf Schutzhütten

Leider ist die Luft auch in den Bergen nicht mehr so sauber, wie sie einmal war und der Regen wäscht entsprechend Salze, Säuren und Stäube aus ihr heraus. Daher ist Regenwasser auch nur bedingt für Waschmaschinen geeignet. Für WC-Spülung, Bodenwischen und Bewässerung ist es jedoch durchaus angebracht.

## 6.4 Wasserentsorgung

Zur Wasserentsorgung soll im Rahmen dieser Arbeit in nur geringem Maß Stellung bezogen werden, sind doch alle Hütten des AVS mit Kläreinrichtungen ausgestattet. Dabei wurde sehr viel technisches Neuland betreten, mehrere Variationen eingesetzt.

Allein auf den drei Referenzhütten kamen drei verschiedene Wasseraufbereitungssysteme zum Einsatz. Es wurden teilweise ganze Kläranlagen auf den Berg verfrachtet: Vorklärbecken, Tropfkörper und Nachklärbecken. Allerdings stellte sich bei solchen Anlagen eine gewisse Schwierigkeit bei der Reinigung von Absetzstoffen heraus. Anders als die Vorbilder im Tal verfügen diese Becken über keine Räumschilde und Pumpen, die den Schlamm entfernen. Auch die am Berg herrschenden Temperaturen stören den bakteriologischen Reinigungsprozess doch sehr. Das besonders, wenn die Beheizung der Anlage ausfällt.

Auch der Umgang mit den festen Bestandteilen im Abwasser ist manchmal kritisch: Das händische Entleeren der Filtersäcke, die bei einer andern Anlage den Feststoff zurückhalten stellt eine große Belastung für den Hüttenwirt dar. Sollte dieser es überdies mit der Hygiene nicht allzu genau halten, verunreinigt er natürlich auch die Lebensmittel mit denen er Kontakt hat (Küche).

Was sich augenscheinlich am besten bewährt hat, ist die Aufstellung einer Feststoffabscheiderpresse, welche die Feststoffe über eine Schnecke in einen bereitgestellten Sack, Kübel oder Schubkarren fördert. Übrig bleibt mechanisch vorgereinigtes Abwasser, das nun nachfolgend versickert werden kann. Die chemische Belastung dieses Abwassers hängt in erster Linie von den verwendeten Reinigungsmitteln ab. Hier wird sich die sukzessive Einführung des Umweltsiegels auf den Hütten sicher positiv auswirken.

Daß die genannte Versickerung im Einzugsgebiet von Quellen oder im karstigen Gebiet natürlich nicht durchgeführt werden kann, scheint selbstverständlich. In diesem Fall gibt es eine sehr kostspielige Lösung, die z.B. auf der Schlüterhütte in Villnöss ausgeführt wurde: Im Zuge des Baus einer Zufahrt wurde ein Abwasserrohr bis ins Tal gelegt. Die Feststoffe werden nach wie vor in der Hütte getrennt. Zumindest kann aber das Restwasser über ein Rohr aus den sensiblen Bereichen entfernt werden.

## 7 Kosten/Wirtschaftlichkeit

Hier seien nochmals die Kosten für die Erstellung der Energieversorgungsanlagen zusammengefaßt. Sie beinhalten Transport, Einbau und Inbetriebnahme der Anlagen und stammen aus der Abrechnung des AVS:

Anlage	Kosten (ohne MwSt.)
Generator mit Kühlwasserwärmerückgewinnung	688 €/kWel
Photovoltaikanlage	29.610 €/kWp
Wasserkraftanlage	11.362 €/kW
Solare Warmwasserbereitung	3.357 €/m <sup>2</sup>

Über den bekannten Stromverbrauch ließe sich nun ein Leistungspreis ermitteln. Leider liegt nur ein einziger geschätzter Wert von der Tiefrastenhütte vor: 12.000 kWh/a

Da jedoch nicht bekannt ist, wie sich die Laufzeiten von Wasserkraftwerk und Dieselgenerator zusammensetzen, ist eine Umlegung nicht möglich. Beispielhaft soll daher der bekannte Verbrauch auf die Brixner Hütte umgelegt werden. Diese Hütte ist zwar kleiner als die Tiefrastenhütte, dafür wird mit Strom durchaus großzügig umgegangen.

Dort wird außerdem fast ausschließlich über das Wasserkraftwerk Energie gewonnen. Die Betriebszeit des Diesellaggregates ist mit wenigen Stunden/Jahr vernachlässigbar gering.

### 7.1 Berechnung der Stromgestehungskosten [29]

**Kapitalgebundene Kosten** bei einer Nutzungsdauer  $t = 20$  Jahren, und einem Habenzinssatz  $p = 5\%$ ,  
Investition  $I = 170.599,14$  €:

$$K = I \cdot \frac{(1+p)^t \cdot p}{(1+p)^t - 1} \quad \text{Daraus ergibt sich: } K = 8.530 \text{ €/Jahr}$$

**Verbrauchsgebundene Kosten** (also z.B. Stromverbrauch) fallen durch elektrische Verbraucher im Schaltschrank an, diese sind jedoch derart gering, daß sie hier unberücksichtigt bleiben sollen.

**Verbrauchsgebundene Kosten**, also Wartung und Reparatur, diese liegen bei 1-2 % der Investitionskosten. Der Ansatz erfolgt hier mit 1 %, das entspricht somit 1.706 €/Jahr

Jährliche Gesamtkosten:                    8.530 €  
    1.760 €  
**Summe 10.290 €**

**Bei verbrauchten 12.000 kWh würde somit eine kWh Strom 0,86 € (86 Cent) kosten.**

Wenn man dagegen die vom E-Werk auf der Brixner Hütte theoretisch produzierte Energiemenge von  $15 \text{ kW} \cdot 5,5 \text{ Monate} \cdot 31 \text{ Tage} \cdot 24 \text{ h}$ , also 73.260 kWh, in Ansatz bringt, lägen die Stromgestehungskosten für diese Hütte bei 14 Cent/kWh

Zum Vergleich: Eine ENEL-Mittelspannungs-Freileitung kostet ca. 41.300 bis 46.480 €/km. Muß aus Landschaftsschutzgründen die Leitung unterirdisch verlegt werden, kostet dies ca. 72.300 bis 77.470 €/km.

Der Auftraggeber muß schließlich 70 % der Gesamtkosten tragen (Auskunft ENEL 31.01.00). Dazu kommen die normal jährlich anfallenden Kosten: Grundgebühr und natürlich der Leistungspreis von ca. 13 Cent/kWh.

Ohne jetzt nochmals die Gestehungskosten zu berechnen, ist ersichtlich, daß sich das Wasserkraftwerk lohnen kann, besonders, wenn es **optimiert** genutzt wird.

Hier hinkt der Vergleich zugegebenermaßen, da die effektiven Daten der Brixner Hütte nicht verfügbar sind.

Mit allen anderen Komponenten kann ebenso eine Gestehungskostenermittlung durchgeführt werden und ein Vergleich zwischen verschiedenen Alternativen erstellt werden.

Voraussetzung dafür ist jedoch eine genaue Erfassung von Verbräuchen und Laufzeiten der Anlagen.

## 8 Schluß

Jede Schutzhütte liegt in einer andern Umgebung, die verschiedenen Standorte lassen sich, wenn überhaupt, nur schwer vergleichen. Dennoch macht es aus der Sicht eines übergeordneten Betreibers durchaus Sinn, gewisse Standardisierungen vorzunehmen, beispielsweise in der Photovoltaik. Dadurch lassen sich einige Kosten einsparen.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit war es schwierig, Kosten auf Verbräuche umzulegen. Dies liegt daran, daß es auf den Hütten nur vereinzelt entsprechende Zähler gibt.

Daher ist der erste Schritt in Richtung Optimierung eine Aufnahme des Ist-Zustandes. Diese Voraussetzungen müssen vom Betreiber geschaffen werden. Ansonsten läuft man Gefahr, an den Gegebenheiten vorbeizuplanen.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist und bleibt der Hüttenwirt. Er muß von vornherein in die Entscheidungen miteingebunden werden, schließlich hat er jeden Tag Kontakt mit den neuen Errungenschaften. Es muß zusätzlich bedacht werden, daß nicht jeder Hüttenwirt technisch versiert und auch interessiert an den Anlagen ist. Daher muß versucht werden, einfache und bewährte Techniken einzusetzen, die v.a. wenig wartungsintensiv sind.

Es gibt verschiedene Bestrebungen, die Energiekosten dem Hüttenwirt in Rechnung zu stellen, wie es auch bei normalen Pachtverträgen üblich ist. Auch aus diesem Grund muß eine genaue Datenermittlung durchgeführt werden. Der Hüttenwirt muß wiederum diese Kosten an den Hüttengast weitergeben. Dies sollte als zusätzlicher Anreiz dienen, Energie zu sparen.

Hier beginnt ein weiteres Problem, dessen Lösung nicht in der Hand der Alpenvereine liegt: Private Hütten. Es ist keinem gedient, wenn eine AV-Hütte mit großem Aufwand auf technisch neuesten Stand gebracht wird, und gleichzeitig 100 m weiter unten eine private Hütte ähnliche Dienste mit ungleich weniger Aufwand anbieten darf. Es ist heute leider schwer genug, Gäste auf die Hütten zu bekommen, und den Hüttenwirten gebührt dafür Anerkennung. Wenn jedoch durch einseitige (angewandte) Vorschriften den privat geführten Hütten der Betrieb erleichtert wird, dann geht das ausschließlich auf Kosten des AV, der ja über das Hüttenwesen hinaus, wie Eingangs schon erwähnt, bestrebt ist, den Freizeitbetrieb am Berg in geordneten Bahnen verlaufen zu lassen. Der Gerechtigkeit halber muß jedoch an dieser Stelle gesagt werden, daß den privaten Hütten in der Regel nicht so große Zuschüsse wie den AV-Hütten gewährt werden.

Es scheint mir also klar, daß auch die Rahmenbedingungen stimmen müssen, um praktizierten Umwelt- und Ressourcenschutz am Berg zu ermöglichen. Ohne das sprichwörtliche Zusammensetzen aller Beteiligten (AVS, Hüttenwirte, Gemeinden und die Landesregierung als Gesetz- und Geldgeber) wird das nicht zu bewerkstelligen sein.

## 9 Quellenangabe

- [1] Wärmeschutzverordnung-WärmeschutzV der BRD vom 16.08.1999 – BGBl I S. 2121 vom 24.08.1994
- [2] Dr. Georg W. Seuning, Dr. Helmut Feltl, Dipl.-Ing. (FH) Richard Kramer : Hinweise zum Energiesparen, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 6. überarbeitete Auflage 1996
- [3] Baupraxis Niedrigenergie-Häuser in NRW, Wissenschaftliche Begleituntersuchung von 31 Niedrigenergie-Häusern in NRW, Abschlußbericht Energieagentur NRW, 1998
- [4] Fa. Henatherm Luft- und Wärmetechnik GmbH, Rheinstr. 41, D-56355 Nastätten
- [5] Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 97/98, R. Oldenbourg Verlag München, 1997
- [6] Öko-Test 8/96, S. 58
- [7] Michael & Scharping: Detmolder Liste, Niedrig-Energie-Institut GbR, Detmold  
<http://www.impulsprogramm.de>
- [8] Ecotron Systemtechnik Herstellungs- und Vertriebs GmbH, Rosenheimer Str. 41 a-c, D-83043 Bad Aibling
- [9] Skript zur Vorlesung rationelle Energiewandlung, E-Technik Uni Kassel  
<http://www.re.e-technik.uni-kassel.de>
- [10] <http://www.biodiesel.de>
- [11] Ladener, Heinz: Solaranlagen: Planung, Bau & Selbstbau von Solarsystemen zur Warmwasserbereitung und Raumheizung Ökobuchverlag Staufen, 1. Auflage 1996
- [12] Prof. Dr.-Ing J. Schmid: Vorlesungsskript Energiemanagement in Gebäuden Institut für Elektrische Energietechnik und Rationelle Energiewandlung, Universität Gesamthochschule Kassel, 1998
- [13] W. Palz, J. Greif, Commission of the European Communities (Eds), European Solar Radiation Atlas, Springer-Verlag, Heidelberg 3rd Edition 1996
- [14] W. Grammer KG Solar-Luft-Technik, Wernher v. Braun-Str. 6, D-92224 Amberg, [www.bs.grammer.de](http://www.bs.grammer.de)
- [15] Eder, Michael: Heizen mit der Sonne, Handbuch zur Planung und Ausführung von solaren Heizsystemen für Einfamilienhäuser, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE, Gleisdorf 1. Auflage 1997
- [16] [www.bhkw.de](http://www.bhkw.de)
- [17] Dipl. Ing.(FH) Gerd Heilscher, Skript Regenerative Energien II, Fachhochschule München 1998
- [18] Meßdaten der Firmen Leitner Hubert KG, Rienzfeldstr. 47, I-39031 Bruneck , [www.Leitner.dnet.it](http://www.Leitner.dnet.it), sowie ist EnergieCom GmbH, Stadtjägerstr. 11, D-86152 Augsburg
- [19] Photovoltaisch versorgte Geräte und Kleinsysteme, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg, 2. Auflage 1993
- [20] Ladener, Heinz: Solare Stromversorgung für Geräte, Fahrzeuge und Häuser Ökobuchverlag Staufen, 1.Auflage 1986
- [21] H. Döring, A. Jossen, V. Späth, D. Köstner, J. Garche: Chemische und physiko-chemische Analyse des inneren Zustandes von solarspezifisch getesteten PV-Batterien und Zyklenlebensdauertest von PV-Batterien, Abschlußbericht im Auftrag des BMBF (Förderkennzeichen 0329644), 1997
- [22] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE, [www.datenwerk.at/arge\\_ee/homepage.htm](http://www.datenwerk.at/arge_ee/homepage.htm)
- [23] <http://satellight.entpe.fr>
- [24] Standardisierungskonzept für Photovoltaik-Anlagen zur Versorgung von Alpenvereinshütten, DAV-Referat Hütten und Wege, 1998
- [25] [http://www.bionetz.de/wind\\_0100\\_010.htm](http://www.bionetz.de/wind_0100_010.htm)
- [26] Dipl.-Ing. Johann Mutschmann, Dipl.-Ing. Fritz Stimmelmayer, Taschenbuch der Wasserversorgung Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart, 11. überarbeitete und aktualisierte Auflage 1995
- [27] Weinmann Sondermaschinen und Steuerungsbau GmbH, Eichelgasse 8, D-91217 Hersbruck
- [28] <http://www.oekologische-innovationstechnik.de/Regenwassernutzung/Regenwassernutzung.html>
- [29] Prof. Dr. Roland Kraus: Skript Betriebskosten, Wirtschaftlichkeits- und Investitionsrechnung, Fachhochschule München 1998

## 10 Anhang

### A 1 Weiterführende Internet-Adressen (URL)

Das Internet bietet eine Fülle von Informationen zu jedem Themenbereich, man muß sie nur finden. Dazu kommt daß sich die Adresse oftmals ändert. Hier sollen nur einige wenige aufgeführt werden, von denen jedoch angenommen werden kann, daß die Adressen auch mittel- bis langfristig noch bestehen.

#### Energiesparen, versch. Themengebiete:

[http://www.datenwerk.at/arge\\_ee](http://www.datenwerk.at/arge_ee) (ARGE Erneuerbare Energie)  
<http://www.impulsprogramm.de>  
<http://www.enea.it> (Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente)  
<http://www.boxer.de>  
<http://www.bauprofis.com>

#### Regenerative Energien:

<http://emsolar.ee.tu-berlin.de> (Institut für Elektrische Energietechnik, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien)  
<http://www-lse.e-technik.fh-muenchen.de> (Labor für Solartechnik und Energietechnische Anlagen, FB 04 Elektrotechnik)  
[http://www.zsw\\_bw.de](http://www.zsw_bw.de) (Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg)

#### Solarenergie:

<http://www.ise.fhg.de> (Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme)  
<http://www.ises.org> (International Solar Energy Society)  
<http://www.isesitalia.org>  
<http://www.solarserver.de>  
<http://www.satellight.entpe.fr> Solarstrahlungsdaten für Europa

#### Windenergie:

<http://www.windmesse.de>

#### BHKW-Technik:

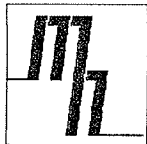
<http://www.bhkw.de>  
<http://www.bhkw-infozentrum.de>

#### Südtirolspezifische Daten

<http://www.provinz.bz.it/energieeinsparung> (Landesamt für Energieeinsparung mit Informationen zu finanzieller Förderung, technischen Anforderungen u.ä.)  
<http://www.provinz.bz.it/umwelt.htm> (Hydrologisches Landesamt, Statistiken zu Klima, Temperatur und Niederschläge über die vergangenen Jahre)  
<http://www.habit.org> Südtiroler Hausbau-Informationszentrum mit umfassenden Klimadaten



## A 2 Berechnung der U-Werte der Bauteile der „Schönblickhütte“ innerhalb der Wärmebedarfsberechnung mit mh-Software



Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 1

### Wärmebedarfsberechnung DIN 4701

Postleitzahl:	39040
Ort:	Schönblick
Grundrisstyp:	Einzelhaustyp
Art der Lage:	Freie Lage
Art der Gegend:	Windstark
Lüftungswärmebedarf für Gebäudetyp:	max.Schacht/Geschoß
Aussenlufttemperatur:	-10.0 °C
Aussenlufttemp.-Korrektur:	0.0 K
Norm-Aussenlufttemperatur:	-10.0 °C
Temp. während Kälteperiode:	5.0 °C
Länge des Gebäudes:	8.00 m
Breite des Gebäudes:	6.00 m
Bodenfläche des Gebäudes:	48.00 m <sup>2</sup>
Höhe des Gebäudes:	3.00 m
Grundwassertemperatur:	6.0 °C
Grundwassertiefe:	3.0 m
Wärmeleitfähigkeit Erde:	1.20 W/mK
Grenzwert Kellerdämmung:	0.50 W/m <sup>2</sup> K
Hauskenngrösse:	3.10



Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

Anlage: bsphü\_2

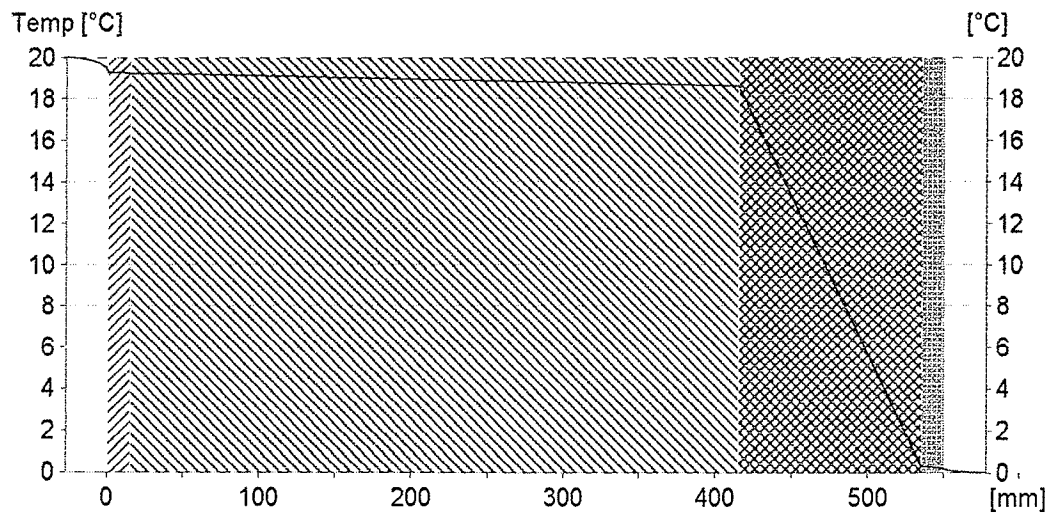
WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701

Seite: 2

## Außenwand

Kurzbez.: AWD1 Bauteil : Granit+Dämmung+Mörtel

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	15.0	0.870	0.017	19.3	19.2	726	2227	0.52
2 Granit, Basalt, Marmor	400.0	3.500	0.114	19.2	18.6	726	2144	0.00
3 Faserdämmst. DIN18165, Wlfr. 035	120.0	0.035	3.429	18.6	0.3	625	625	0.12
4 Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	15.0	0.870	0.017	0.3	0.2	489	621	0.52

k-Wert 0.27 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.56 [kg/m²]  
Verdunstungswassermenge 2.10 [kg/m²]



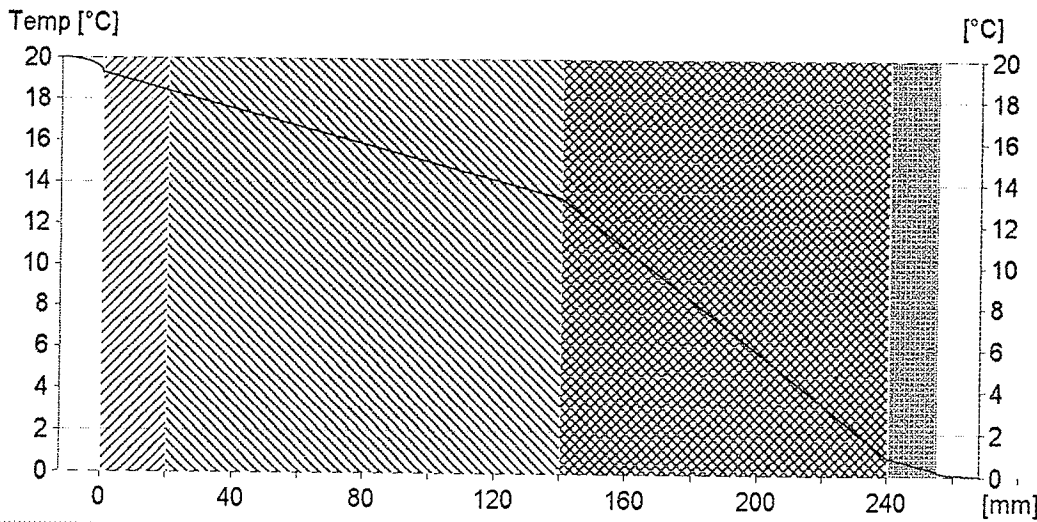
Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 3

Kurzbez.: AWD2 Bauteil : Holzbohlen+Dämmg+Schindeln

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440 Verdunstungsp. 2160
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	

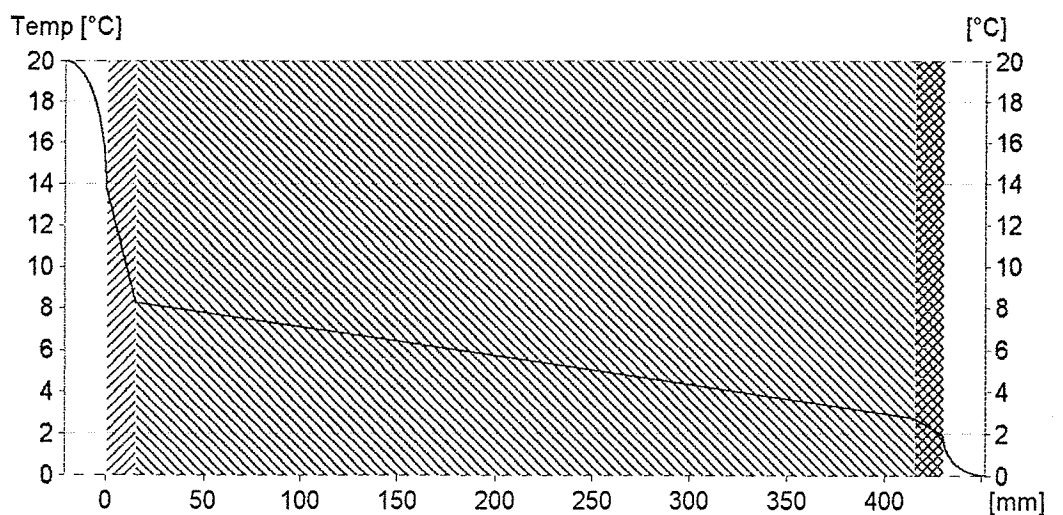
Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Fichte, Kiefer, Tanne	20.0	0.130	0.154	19.3	18.4	1083	2119	0.80
2 Fichte, Kiefer, Tanne	120.0	0.130	0.923	18.4	13.3	564	1525	4.80
3 Faserdämmst. DIN18165, Wlfgr. 045	100.0	0.045	2.222	13.3	0.9	554	651	0.10
4 Fichte, Kiefer, Tanne	15.0	0.130	0.115	0.9	0.2	489	621	0.60

k-Wert 0.28 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.00 [kg/m²]  
Verdunstungswassermenge 0.00 [kg/m²]



Kurzbez.: AW\_1 Bauteil : Granit+Mörtel 40cm

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Fichte, Kiefer, Tanne	15.0	0.130	0.115	13.8	8.2	806	1091	0.60
2 Granit, Basalt, Marmor	400.0	3.500	0.114	8.2	2.7	806	745	0.00
3 Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	15.0	0.870	0.017	2.7	1.9	489	702	0.52

k-Wert 2.40 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.00 [kg/m²]  
 Verdunstungswassermenge 0.00 [kg/m²]



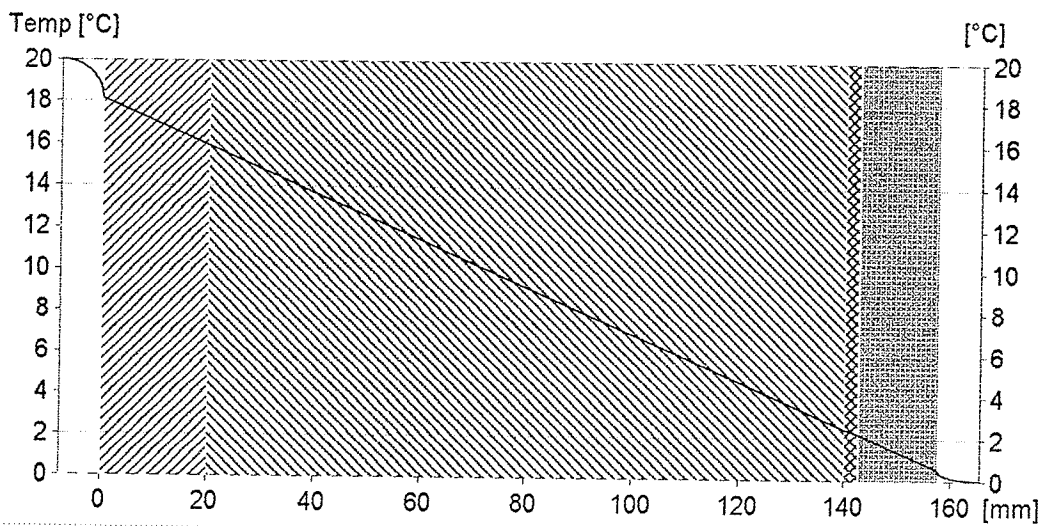
Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 5

Kurzbez.: AW\_2 Bauteil : Holzbohlen+Schindeln 14cm

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode Verdunstungsp. 1440 2160
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Fichte, Kiefer, Tanne	20.0	0.130	0.154	18.1	15.9	1106	1805	0.80
2 Fichte, Kiefer, Tanne	120.0	0.130	0.923	15.9	2.5	730	730	4.80
3 Bitumendachbahnen DIN 52128	2.5	0.170	0.015	2.5	2.3	490	719	200.0
4 Fichte, Kiefer, Tanne	15.0	0.130	0.115	2.3	0.6	489	637	0.60

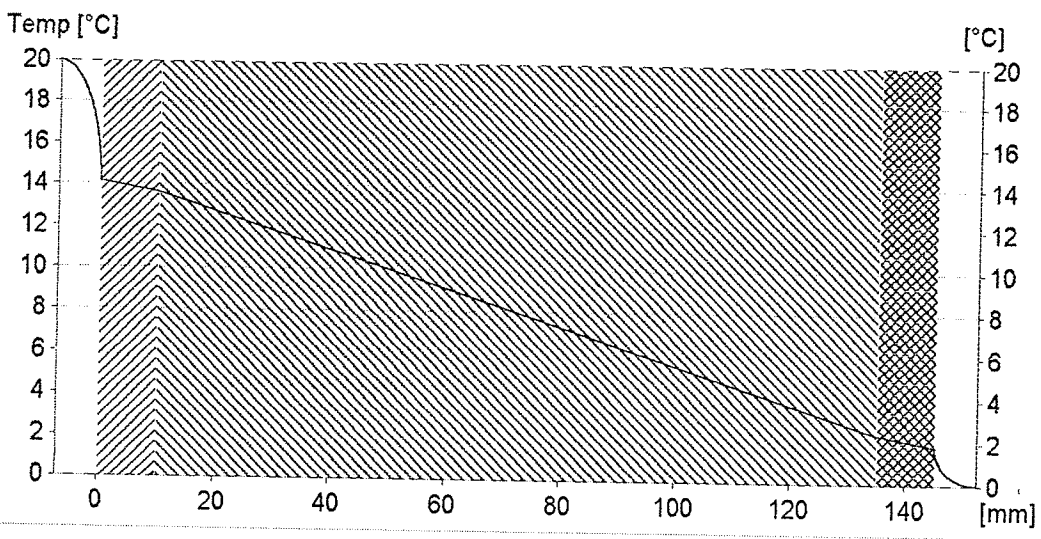
k-Wert 0.73 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.07 [kg/m²]  
Verdunstungswassermenge 0.11 [kg/m²]



## Innenwand

Kurzbez.: IW\_1 Bauteil : Ziegelwand 15cm

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	10.0	0.870	0.011	14.1	13.6	1047	1560	0.35
2 Vollziegel DIN 105 1200	125.0	0.500	0.250	13.6	2.3	611	723	1.25
3 Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	10.0	0.870	0.011	2.3	1.8	489	696	0.35

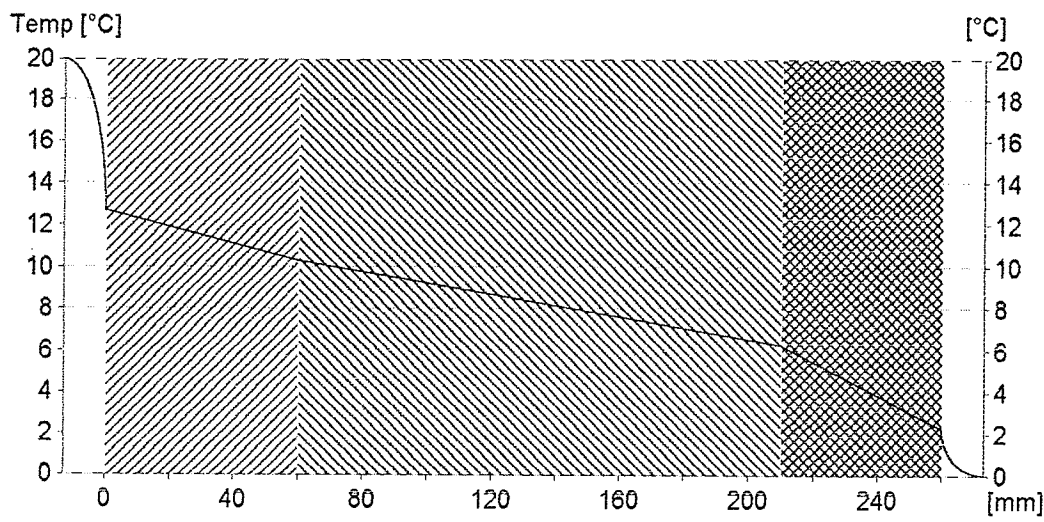
k-Wert 2.26 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.00 [kg/m²]  
 Verdunstungswassermenge 0.00 [kg/m²]



## Fußboden/Decke

Kurzbez.: FBE Bauteil : Fußboden, erdberührt+ungedämmt

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter t [°C]	phi [%]	Sommer t [°C]	phi [%]	Dauer [h]
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Zementestrich	60.0	1.400	0.043	12.7	10.3	1111	1253	2.10
2 Normalbeton DIN 1045	150.0	2.100	0.071	10.3	6.3	489	954	22.50
3 Lose Schüttg. Sand, Kies, Spl. tr.	50.0	0.700	0.071	6.3	2.2	489	719	0.00

k-Wert 2.81 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.03 [kg/m²]  
 Verdunstungswassermenge 0.02 [kg/m²]



Sachbearbeiter: H. Pardatscher

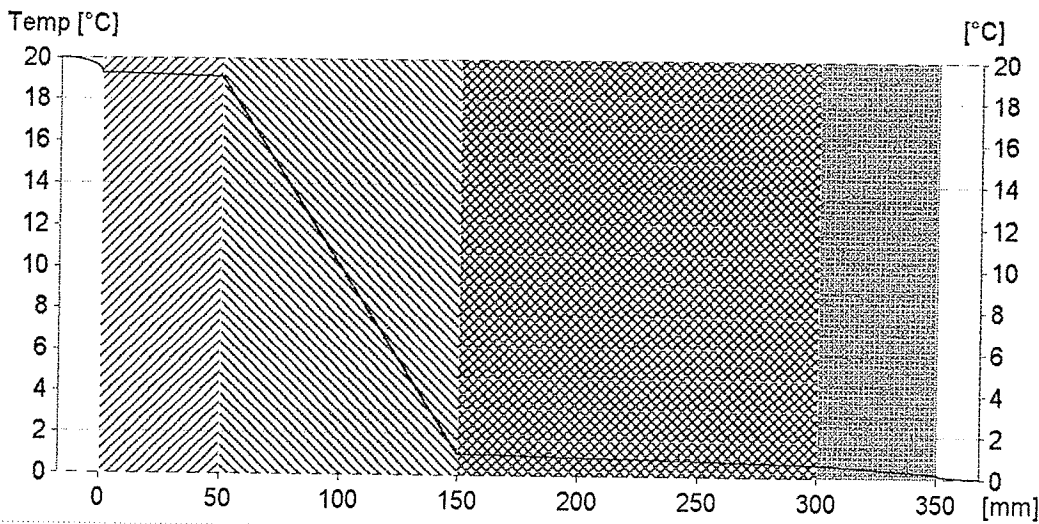
29.03.2000

Anlage: bsp\_hü\_2

WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 8

Kurzbez.: FBED Bauteil : Fußboden, erdberührt+gedämmt

Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter t [°C]	phi [%]	Sommer t [°C]	phi [%]	Dauer [h]
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Zementestrich	50.0	1.400	0.036	19.3	19.1	1120	2211	1.75
2 PS-Hartsch.DIN18164,Wlfr.030	100.0	0.030	3.333	19.1	1.0	1120	657	0.00
3 Normalbeton DIN 1045	150.0	2.100	0.071	1.0	0.6	489	639	22.50
4 Lose Schüttg.Sand,Kies,Spl.tr.	50.0	0.700	0.071	0.6	0.2	489	621	0.00

k-Wert 0.27 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.58 [kg/m²]  
Verdunstungswassermenge 0.27 [kg/m²]





Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

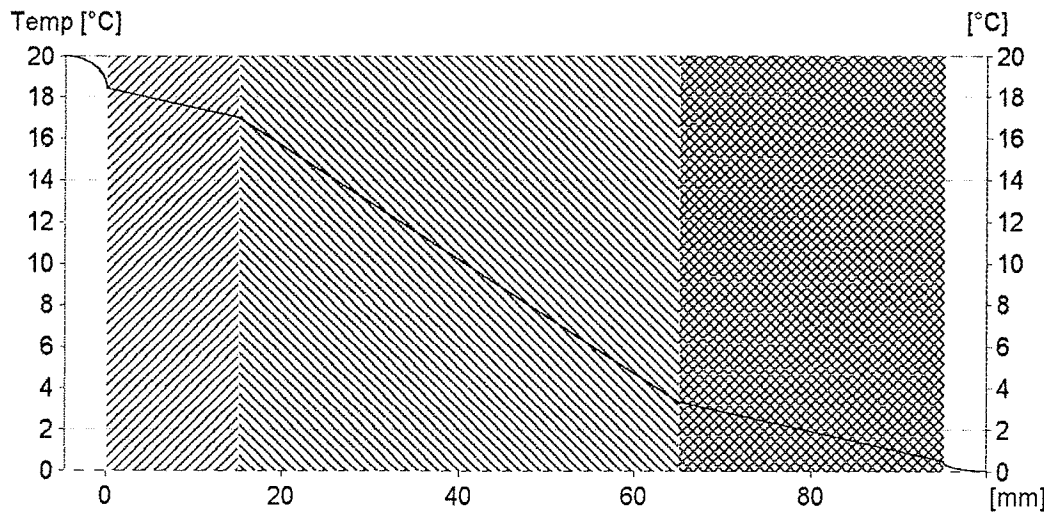
Anlage: bsphü\_2

WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 9

Kurzbez.: TD

Bauteil : Trenndecke, Holzbalken

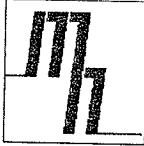
Temperaturverlauf  
Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	Verdunstungsp. 2160

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Fichte, Kiefer, Tanne	15.0	0.130	0.115	18.4	17.0	807	1936	0.60
2 Faserdämmst. DIN18165, Wlfr. 045	50.0	0.045	1.111	17.0	3.3	776	776	0.05
3 Fichte, Kiefer, Tanne	30.0	0.130	0.231	3.3	0.5	489	633	1.20

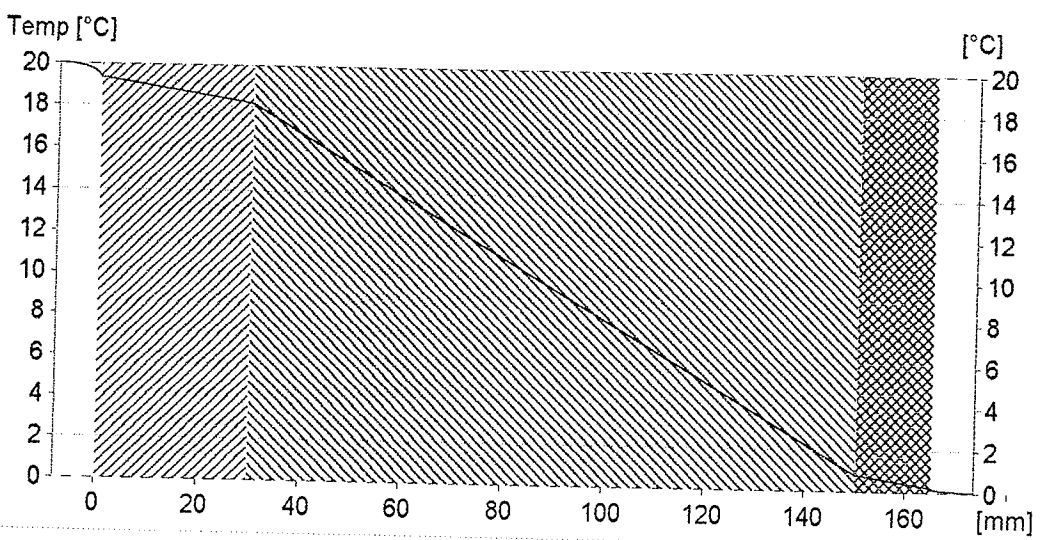
k-Wert 0.61 [W/m²K]      Tauwassermenge 0.35 [kg/m²]  
 Verdunstungswassermenge 1.44 [kg/m²]



Sachbearbeiter: H. Pardatscher  
 Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 10  
 29.03.2000

Kurzbez.: TDD Bauteil : Trenndecke, Holzbalken, Dämmg.

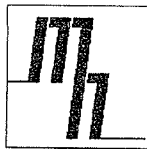
Temperaturverlauf  
 Tauperiode



	R [mK/W]	Winter		Sommer		Dauer [h]
		t [°C]	phi [%]	t [°C]	phi [%]	
Innen	0.13	20.0	50	12.0	70	Tauperiode 1440 Verdunstungsp. 2160
Aussen	0.04	0.0	80	12.0	70	

Baustoffe	Dicke [mm]	Lambda [W/mK]	R-Lambda [m²K/W]	tIn [°C]	tAu [°C]	p [Pa]	pSatt [Pa]	Sd [m]
1 Fichte, Kiefer, Tanne	30.0	0.130	0.231	19.3	18.2	695	2087	1.20
2 Faserdämmst. DIN18165, Wlfrgr. 035	120.0	0.035	3.429	18.2	0.8	647	647	0.12
3 Fichte, Kiefer, Tanne	15.0	0.130	0.115	0.8	0.2	489	620	0.60

k-Wert 0.25 [W/m²K]  
 Tauwassermenge 0.13 [kg/m²]  
 Verdunstungswassermenge 1.47 [kg/m²]



Sachbearbeiter: H. Pardatscher

29.03.2000

Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 11

## Fenster/Türen

Kurzbez.: AFWS Bauteil : Wärmeschutzverglasung

Abmessungen	Breite	:	1.20 m			
	Höhe	:	1.30 m			
Fugenzahl	waagrecht	:	3			
	senkrecht	:	2			
	Länge	:	6.20 m			
Rahmen	Rahmenanteil	:	30.0 %			
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	0.900 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)	Rolladen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)
	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für Kühllast	Durchlaßfaktor	:	1.00	Konvektivanteil	:	0.0 %
für DIN4701	Sonnenkorrektur	:	0.00 K			
k-Wert	Gesamt	:	1.20 W/m <sup>2</sup> K			

Kurzbez.: AF\_1 Bauteil : Isolierglasfenster, 20 Jahre

Abmessungen	Breite	:	1.20 m			
	Höhe	:	1.30 m			
Fugenzahl	waagrecht	:	3			
	senkrecht	:	2			
	Länge	:	6.20 m			
Rahmen	Rahmenanteil	:	30.0 %			
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	1.500 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)	Rolladen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)
	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für Kühllast	Durchlaßfaktor	:	1.00	Konvektivanteil	:	0.0 %
für DIN4701	Sonnenkorrektur	:	0.00 K			
k-Wert	Gesamt	:	2.50 W/m <sup>2</sup> K			



Sachbearbeiter: H. Pardatscher

Anlage: bsp\_hü\_2

WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 12

29.03.2000

**Kurzbez.: AT      Bauteil : Holztür ungedämmt**

Abmessungen	Breite	:	1.10 m		
	Höhe	:	2.00 m		
Fugenzahl	waagrecht	:	2		
	senkrecht	:	2		
	Länge	:	6.20 m		
Rahmen	Rahmenanteil	:	100.0 %		
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	1.500 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)	Rolladen	: 0.000 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)
	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	: 0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für Kühllast	Durchlaßfaktor	:	0.00	Konvektivanteil	: 0.0 %
für DIN4701	Sonnenkorrektur	:	0.00 K		
k-Wert	Gesamt	:	2.50 W/m <sup>2</sup> K		

**Kurzbez.: ATD      Bauteil : Holztür gedämmt**

Abmessungen	Breite	:	1.10 m		
	Höhe	:	2.00 m		
Fugenzahl	waagrecht	:	2		
	senkrecht	:	2		
	Länge	:	6.20 m		
Rahmen	Rahmenanteil	:	100.0 %		
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	0.900 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)	Rolladen	: 0.000 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup> Pa(2/3)
	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	: 0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für Kühllast	Durchlaßfaktor	:	0.00	Konvektivanteil	: 0.0 %
für DIN4701	Sonnenkorrektur	:	0.00 K		
k-Wert	Gesamt	:	1.60 W/m <sup>2</sup> K		



Sachbearbeiter: H. Pardatscher  
 Anlage: bsphü\_2 WÄRMEBEDARFSBERECHNUNG NACH DIN 4701 Seite: 13  
 29.03.2000

**Kurzbez.: AVHT Bauteil : Außen-Vollholztür**

Abmessungen	Breite	:	1.10 m			
	Höhe	:	2.00 m			
Fugenzahl	waagrecht	:				
	senkrecht	:				
	Länge	:	0.00 m			
Rahmen	Rahmenanteil	:	0.0 %			
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m*Pa(2/3)	Rolladen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m*Pa(2/3)
für Kühllast	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für DIN4701	Durchlaßfaktor	:	0.00	Konvektivanteil	:	0.0 %
	Sonnenkorrektur	:	0.00 K			
k-Wert	Gesamt	:	2.30 W/m <sup>2</sup> K			

**Kurzbez.: IT Bauteil : Innentür Holz**

Abmessungen	Breite	:	0.85 m			
	Höhe	:	2.00 m			
Fugenzahl	waagrecht	:	2			
	senkrecht	:	2			
	Länge	:	5.70 m			
Rahmen	Rahmenanteil	:	100.0 %			
Durchlaßkoeffizienten	Fugen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m*Pa(2/3)	Rolladen	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*m*Pa(2/3)
für Kühllast	Rolladendurchführung	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)	Permanentlüfter	:	0.000 m <sup>3</sup> /h*Pa(2/3)
für DIN4701	Durchlaßfaktor	:	0.00	Konvektivanteil	:	0.0 %
	Sonnenkorrektur	:	0.00 K			
k-Wert	Gesamt	:	2.00 W/m <sup>2</sup> K			

# A 3 Wärmebedarfsausweis nach §12 der Wärmeschutzverordnung für die „Schönblickhütte“ vor und nach dem Umbau

H. Pardatscher

Wärmebedarfsausweis nach § 12 Wärmeschutzverordnung

Diplomarbeit  
Beispielhütte (Bestand)

Bauteil	HR/Wert	Ort	Fläche	k-Wert/k <sub>eq</sub>	g-Wert	S <sub>F</sub>	K-Faktor	QT	I	Qs
AW Granit	Süd	EG	15,64	2,5				39,100		
AW Holz	Nord	EG	17,84	0,73				13,023		
AW Holz	Ost	EG	12,6	0,73				9,198		
AW Holz	West	EG	12,6	0,73				9,198		
AAB 0,5	Decke	EG	48	0,61			0,5	14,640		
AD			0	0			0,8	0,000		
AG	Boden		48	3,01			0,5	72,240		
AF k <sub>F</sub> =	Nord 2,6	EG	3,12	1,7	0,9	0,95		5,444		
	Süd	EG	3,12	0,4	0,9	2,4		1,373		
	West	EG	3,12	1,1	0,9	1,65		3,479		
	Ost	EG	3,12	1,1	0,9	1,65		3,479		
AT		EG	2,2	2,3				5,060		
Ist		A	169,4 m <sup>2</sup>	Wärmeübertragende Umfassungsfläche						
Ist		V	125,8 m <sup>3</sup>	Beheiztes Bauwerksvolumen						
Ist		AV	1,35 1/m							
Soll	Q <sub>H</sub>		116,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Maximaler zusätzlicher Jahres-Heizwärmebedarf						
Soll	Q <sub>H</sub>		116,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Maximaler zusätzlicher Jahres-Heizwärmebedarf						
Ist	VL		100,61 m <sup>3</sup>	Anrechenbares Luftvolumen						
Ist	AN		40,24 m <sup>2</sup>	Nutzfläche						
Ist	QH		14386 kWh/a	Jahres-Heizwärmebedarf						
Ist	Q <sub>H</sub>		114,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Berechneter Jahres-Heizwärmebedarf						
Ist	Q <sub>H</sub>		357,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Berechneter Jahres-Heizwärmebedarf						
Ist	QT		14804 kWh/a	Transmissionswärmebedarf						
Ist	QT		117,71 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Berechneter Jahres-Transmissionswärmebedarf						
Ist	QL		2299 kWh/a	Lüftungswärmebedarf						
Ist	QI		1006 kWh/a	Nutzbare interne Wärmegewinne						
Ist	Qs		0 kWh/a	Nutzbare solare Wärmegewinne (hier durch k <sub>eq</sub> berücksichtigt !)						

Bauteil	HR/Wert	Ort	Fläche	k-Wert/k <sub>eq</sub>	g-Wert	K-Faktor	QT	I	Qs
AW Granit	Süd	EG	15,64	0,27			4,223		
AW Holz	Nord	EG	17,84	0,28			4,995		
AW Holz	Ost	EG	12,6	0,28			3,528		
AW Holz	West	EG	12,6	0,28			3,528		
AAB 0,5	Decke	EG	48	0,25		0,5	6,000		
AD			0	0		0,8	0,000		
AG	Boden		48	0,27		0,5	6,480		
AF k <sub>F</sub> =	Nord 1,2	EG	3,12	0,7	0,55	0,95	2,114		
	Süd	EG	3,12	-0,1	0,55	2,4	-0,374		
	West	EG	3,12	0,3	0,55	1,65	0,913		
	Ost	EG	3,12	0,3	0,55	1,65	0,913		
AT		EG	2,2	1,6			3,520		
Ist	A		169,4 m <sup>2</sup>	Wärmeübertragende Umfassungsfläche					
Ist	V		125,8 m <sup>3</sup>	Beheiztes Bauwerksvolumen					
Ist	AV		1,35 1/m						
Soll	Q <sub>H</sub>		30,0 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Maximal zulässiger Jahres-Heizwärmebedarf					
Soll	Q <sub>H</sub>		93,7 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Maximal zulässiger Jahres-Heizwärmebedarf					
Ist	VL		100,61 m <sup>3</sup>	Anrechenbares Luftvolumen					
Ist	AN		40,24 m <sup>2</sup>	Nutzfläche					
Ist	QH		3772 kWh/a	Jahres-Heizwärmebedarf					
Ist	Q <sub>H</sub>		30,0 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Berechneter Jahres-Heizwärmebedarf					
Ist	Q <sub>H</sub>		93,7 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Berechneter Jahres-Heizwärmebedarf					
Ist	QT		3010 kWh/a	Transmissionswärmebedarf					
Ist	Q <sub>T</sub>		23,94 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Berechneter Jahres-Transmissionswärmebedarf					
Ist	QL		2299 kWh/a	Lüftungswärmebedarf					
Ist	QI		1006 kWh/a	Nutzbare interne Wärmegewinne					
Ist	Qs		0 kWh/a	Nutzbare solare Wärmegewinne (hier durch k <sub>eq</sub> berücksichtigt !)					

# A 4 Bestandsaufnahme der elektr. Verbraucher auf der Tiefrastrastenhütte

Tiefrastrastenhütte

HüNN:

2312

Ausrichtung:

NNW-SSO

Baujahr:

1975-78

Betrieb: Mai-Anf. Nov

## Elektrische Verbraucher:

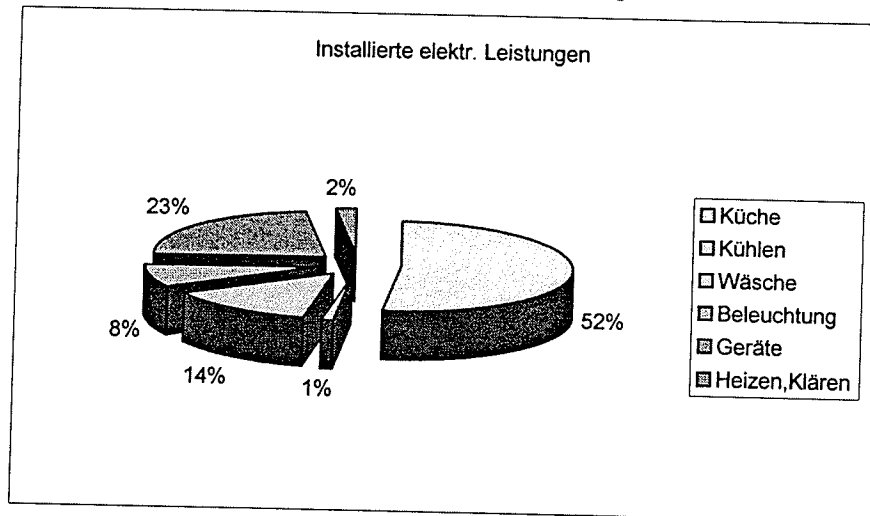
Bezeichnung	Spannung	Strom	Leistung	Anzahl	Gesamtleistung
Gefriertruhe Bauknecht GT 350 Autom	220		300	1	300
Kühlschrank Liebherr ***	220		150	1	150
Kühlschrank	220		80	1	80
Gläserspülmaschine Colged	220		4000	1	4000
Spülmaschine Colged 6 kw heiz, 4 kw	220		6000	1	6000
Kochplatte	220		1500	1	1500
Kochplatte	220		1600	1	1600
Kaffeemaschine	220		1200	1	1200
Wasserkocher	220		2200	1	2200
Mikrowelle	220		1100	1	1100
Friteuse	220		4000	1	4000
Küchenmaschine	220		600	1	600
Fleischwolf	220		735	1	735
Wurstschneidemaschine 3 PS	220		2206	1	2206
Abzugshaube	220		450	1	450
Getränkeautomat	220		1196	1	1196
dazu Pumpen	220		25	2	50
Trockner Miele Novotronic T455 C	220		3060	1	3060
WM Miele Novotronic W715	220		3200	1	3200
Staubsauger Miele	220		1200	1	1200
Glühlampen 25 w	220		25	4	100
Glühlampen 40 W	220		40	41	1640
Glühlampen 60 W	220		60	27	1620
Glühlampen 75 W	220		75	1	75
Neonröhren 36 W	220		36	6	216
Fernseher	220		55	1	55
Telefonladestation	12	0,5	6	1	6
Radio	220		15	1	15
Registrierkasse	24	1	24	1	24
WW-Umwältpumpe Salmson 45-100 W	220		60	1	60
WW-Heizpatronen Master-Slave	220		2000	2	4000
Konvektoren Master-Slave	220		2000	6	12000
2 Öfen zuschaltbar (2000+1500 W)	220		3500	1	3500
<b>Kläranlage</b>					
Elektronik	220		150	1	150
Antrieb Schneckenförderung	220		370	1	370
<b>Seilbahn</b>					
Antrieb 7,5 PS	220		5516	1	5516
Bremsmotor	220		130	1	130
<b>Elektrogeneratoren:</b>					<b>64614</b>
Dieselaggregat 15kVA	380/220		10000	1	
E-Werk	220/380	23	15000	1	

**Watt ges.  
installierte  
Leistung**



Küche	23296
Kühlen	530
Wäsche	6260
Beleuchtung	3651
Geräte	10487
Heizen/Klären	890

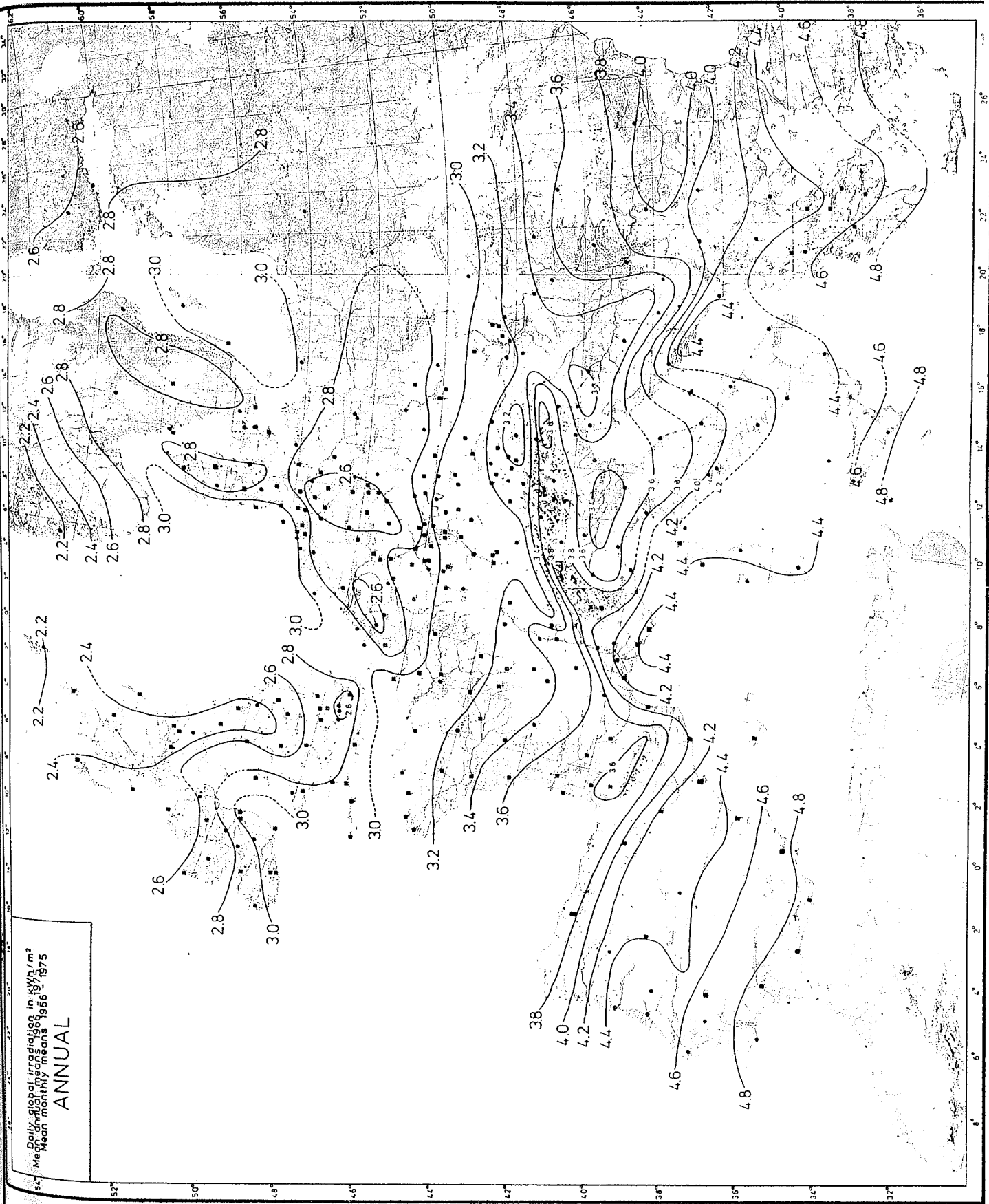
45114 W könnten max. beansprucht werden (GLZ=1),  
da Heizung u. WW Lastgeregelt sind



bei GLZ= 0,6

effektive Gesamtlast: 27068 kW

# A 5 Mittlere tägliche Globalstrahlung über Europa [13]



Daily global irradiation, in kWh/m<sup>2</sup>  
Mean annual means 1966/1975  
ANNUAL

## Strahlungsdaten Bozen [13]

Monatliche Mittelwerte d. Einstrahlung in Wh/m<sup>2</sup>d

<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>März</i>	<i>April</i>	<i>Mai</i>	<i>Juni</i>	<i>Juli</i>	<i>Aug</i>	<i>Sep</i>	<i>Okt</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Summe</i>
1.224	1.920	3.168	4.416	4.872	5.376	5.472	4.896	3.936	2.640	1.392	1.032	40.344

## Strahlungsdaten Weihenstephan [13]

Monatliche Mittelwerte d. Einstrahlung in Wh/m<sup>2</sup>d

<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>März</i>	<i>April</i>	<i>Mai</i>	<i>Juni</i>	<i>Juli</i>	<i>Aug</i>	<i>Sep</i>	<i>Okt</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Summe</i>
1.080	1.824	2.952	4.104	5.064	5.376	5.472	4.608	3.696	2.232	1.176	840	38.424

Fachhochschule  
München  
Bibliothek

**f-CHART**

Solare Brauchwasserbereitung

**Schulversion**

**Angaben zum Projekt**

Projektname/Standort : AVS1  
 Wetterdatensatz : 85 Freising-Weißenstephan  
 Geographische Breite : 48,40 Grad  
 Höhe über NN : 467 m

**Angaben zur Kollektoranlage**

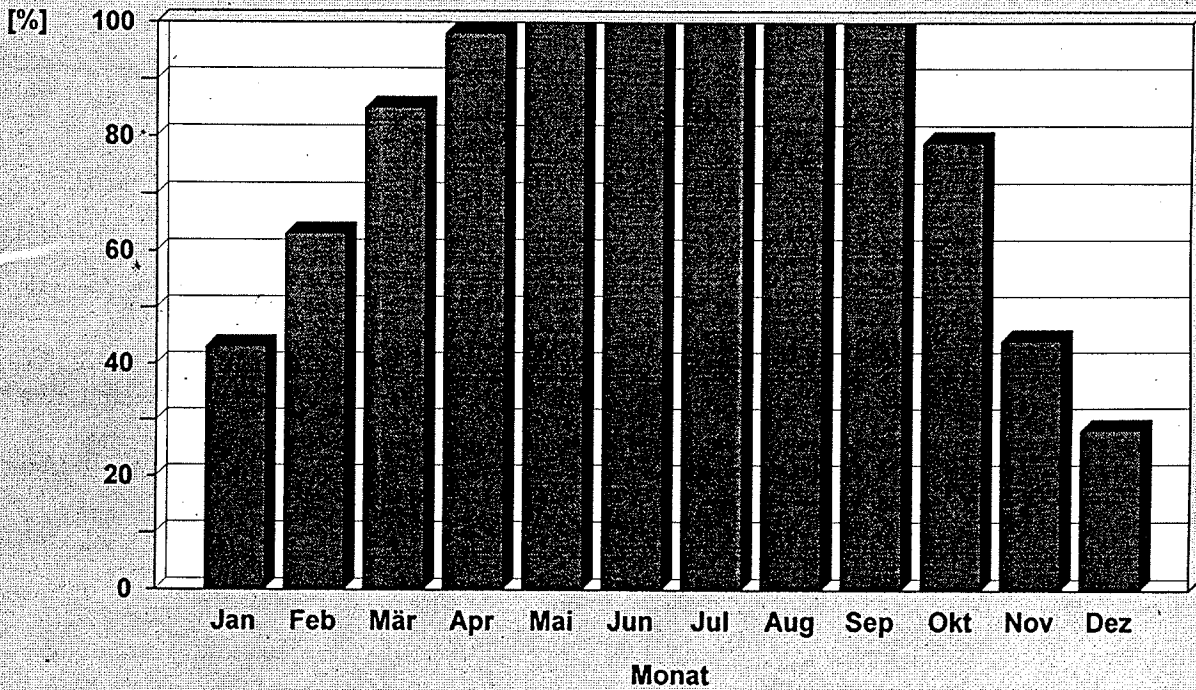
Kollektorfläche (Apertur) : 14,9 m<sup>2</sup>  
 Modulanzahl : 3 Stück  
 Hersteller/Lieferant : PARADIGMA Ritter Energie u. Umwelt  
 Modellbezeichnung : SOLAR 500 TINOX  
 - Art der Abdeckung : 1-fach verglast  
 - Konversionsfaktor : 0,779  
 - Verlustfaktor 1 : 2,64 W/(m<sup>2</sup>K)  
 - Verlustfaktor 2 : 0,0220 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)  
Quelle: TZS Stuttgart (ITW) 9.96  
 Kollektorneigung : 45,0 Grad  
 Kollektorausrichtung : 0,0 Grad  
 Kollektordurchsatz gesamt : 594,0 Liter/h  
 Kollektordurchsatz spezifisch : 40,0 Liter/(m<sup>2</sup>h)

**Angaben zur Brauchwasseranlage**

Speicherinhalt : 750 Liter  
 Kaltwassertemperatur : 10,0 °C  
 Warmwassertemperatur : 45,0 °C  
 Warmwasserbedarf : 360 Liter/d  
 Verluste im Brauchwassersystem : 8 %  
 Nachheizsystem : Ölheizung mit Heizöl EL  
 Anlagengüte der Nachheizung : neues System (Stand der Technik)  
 Nutzungsgrad der Nachheizung : 74 %

**Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke**  
**FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München**

### Solare Deckungsrate



### Energiedaten

Monat	Solarstrahlung kWh	Wärmebedarf kWh	Zusatzenergie kWh	Sonnenenergie kWh	Wirkungsgrad	Deckungsrate
Januar	860	490	280	210	0,24	0,43
Februar	1.067	443	162	281	0,26	0,63
März	1.605	490	73	417	0,26	0,85
April	1.840	474	12	463	0,25	0,98
Mai	2.196	490	0	490	0,22	1,00
Juni	2.188	474	0	474	0,22	1,00
Juli	2.321	490	0	490	0,21	1,00
August	2.064	490	0	490	0,24	1,00
September	1.851	474	0	474	0,26	1,00
Oktober	1.351	490	104	386	0,29	0,79
November	807	474	266	208	0,26	0,44
Dezember	663	490	354	136	0,20	0,28
Jahr	18.813	5.770	1.250	4.520	0,24	0,78

Diese Werte sind Mittelwerte über einen Zeitraum von mehreren Jahren.

Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke

FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München



### Angaben zum Projekt

Projektname/Standort : AVS1  
Wetterdatensatz : 85 Freising-Weihenstephan  
Geographische Breite : 48,40 Grad  
Höhe über NN : 467 m

### Angaben zur Kollektoranlage

Kollektorfläche (Apertur) : 14,9 m<sup>2</sup>  
Modulanzahl : 3 Stück  
Hersteller/Lieferant : PARADIGMA Ritter Energie u. Umwelt  
Modellbezeichnung : SOLAR 500 TiNOX  
- Art der Abdeckung : 1-fach verglast  
- Konversionsfaktor : 0,779  
- Verlustfaktor 1 : 2,64 W/(m<sup>2</sup>K)  
- Verlustfaktor 2 : 0,0220 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)  
Quelle: TZS Stuttgart (ITW) 9.96  
Kollektorneigung : 90,0 Grad  
Kollektorausrichtung : 0,0 Grad  
Kollektordurchsatz gesamt : 594,0 Liter/h  
Kollektordurchsatz spezifisch : 40,0 Liter/(m<sup>2</sup>h)

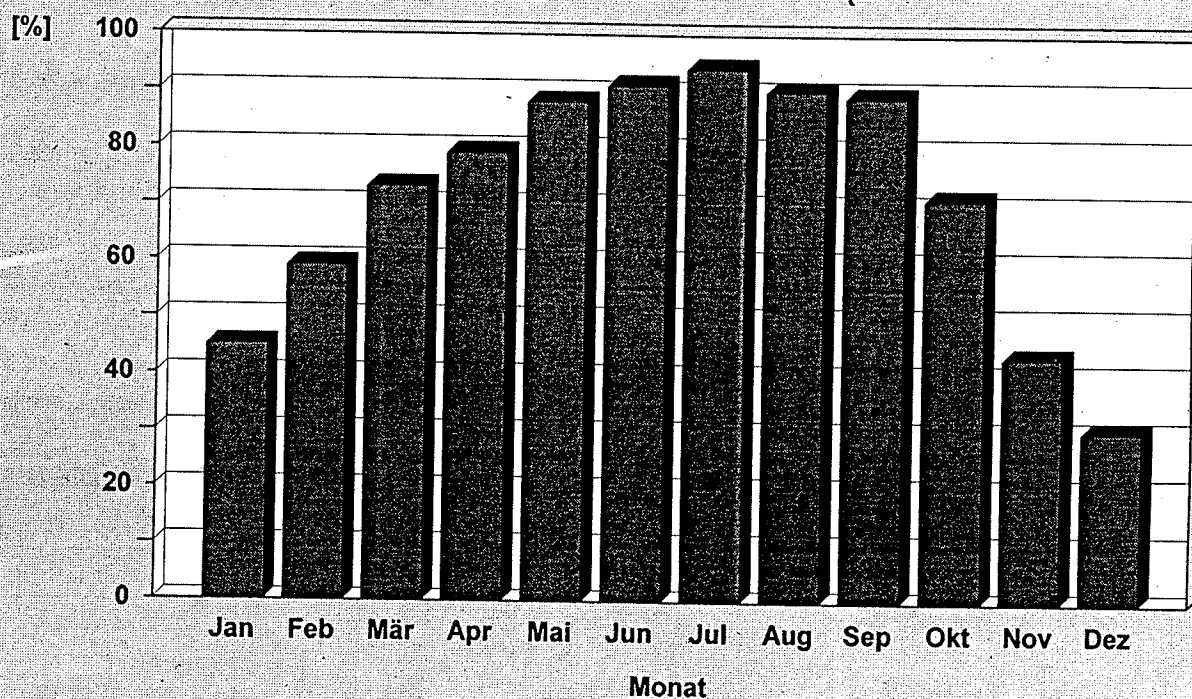
### Angaben zur Brauchwasseranlage

Speicherinhalt : 750 Liter  
Kaltwassertemperatur : 10,0 °C  
Warmwassertemperatur : 45,0 °C  
Warmwasserbedarf : 360 Liter/d  
Verluste im Brauchwassersystem : 8 %  
Nachheizsystem : Ölheizung mit Heizöl EL  
Anlagengüte der Nachheizung : neues System (Stand der Technik)  
Nutzungsgrad der Nachheizung : 74 %

**Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke**

**FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München**

### Solare Deckungsrate



### Energiedaten

Monat	Solarstrahlung kWh	Wärmebedarf kWh	Zusatzenergie kWh	Sonnenenergie kWh	Wirkungsgrad	Deckungsrate
Januar	873	490	272	218	0,25	0,45
Februar	986	443	184	259	0,26	0,59
März	1.333	490	133	357	0,27	0,73
April	1.381	474	99	375	0,27	0,79
Mai	1.549	490	61	429	0,28	0,88
Juni	1.515	474	45	429	0,28	0,91
Juli	1.607	490	30	460	0,29	0,94
August	1.495	490	51	439	0,29	0,90
September	1.463	474	54	421	0,29	0,89
Oktober	1.201	490	142	349	0,29	0,71
November	783	474	273	202	0,26	0,43
Dezember	676	490	345	145	0,21	0,30
Jahr	14.863	5.770	1.687	4.083	0,27	0,71

Diese Werte sind Mittelwerte über einen Zeitraum von mehreren Jahren.

Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke  
FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München

### Angaben zum Projekt

Projektname/Standort : AVS1  
Wetterdatensatz : 85 Freising-Weihestephan  
Geographische Breite : 48,40 Grad  
Höhe über NN : 467 m

### Angaben zur Kollektoranlage

Kollektorfläche (Apertur) : 14,9 m<sup>2</sup>  
Modulanzahl : 3 Stück  
Hersteller/Lieferant : PARADIGMA Ritter Energie u. Umwelt  
Modellbezeichnung : SOLAR 500 TiNOX  
- Art der Abdeckung : 1-fach verglast  
- Konversionsfaktor : 0,779  
- Verlustfaktor 1 : 2,64 W/(m<sup>2</sup>K)  
- Verlustfaktor 2 : 0,0220 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)  
Quelle: TZS Stuttgart (ITW) 9.96

Kollektorneigung : 45,0 Grad  
Kollektorausrichtung : 30,0 Grad  
Kollektordurchsatz gesamt : 594,0 Liter/h  
Kollektordurchsatz spezifisch : 40,0 Liter/(m<sup>2</sup>h)

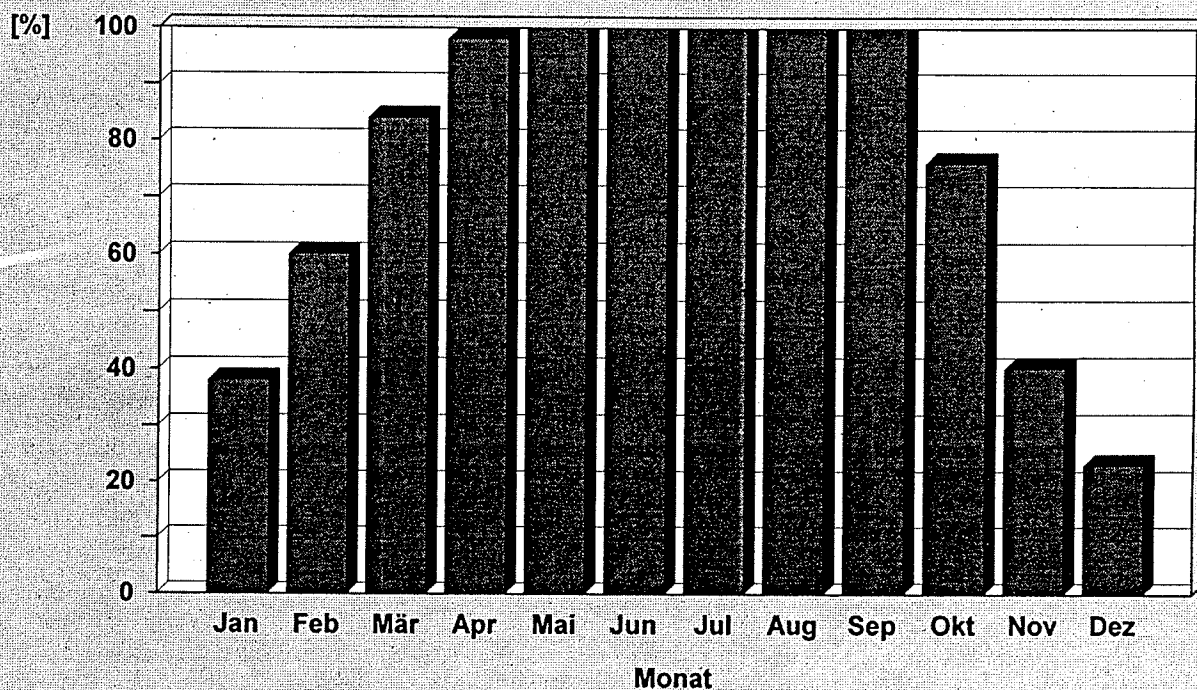
### Angaben zur Brauchwasseranlage

Speicherinhalt : 750 Liter  
Kaltwassertemperatur : 10,0 °C  
Warmwassertemperatur : 45,0 °C  
Warmwasserbedarf : 360 Liter/d  
Verluste im Brauchwassersystem : 8 %  
Nachheizsystem : Ölheizung mit Heizöl EL  
Anlagengüte der Nachheizung : neues System (Stand der Technik)  
Nutzungsgrad der Nachheizung : 74 %

**Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke**  
**FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München**



### Solare Deckungsrate



### Energiedaten

Monat	Solarstrahlung kWh	Wärmebedarf kWh	Zusatzenergie kWh	Sonnenenergie kWh	Wirkungsgrad	Deckungsrate
Januar	802	490	304	186	0,23	0,38
Februar	1.011	443	178	264	0,26	0,60
März	1.562	490	80	410	0,26	0,84
April	1.841	474	11	463	0,25	0,98
Mai	2.208	490	0	490	0,22	1,00
Juni	2.203	474	0	474	0,22	1,00
Juli	2.338	490	0	490	0,21	1,00
August	2.071	490	0	490	0,24	1,00
September	1.821	474	0	474	0,26	1,00
Oktober	1.293	490	119	371	0,29	0,76
November	760	474	287	188	0,25	0,40
Dezember	618	490	376	114	0,18	0,23
Jahr	18.528	5.770	1.356	4.414	0,24	0,77

Diese Werte sind Mittelwerte über einen Zeitraum von mehreren Jahren.

Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke  
FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München

### Angaben zum Projekt

Projektname/Standort : AVS1

Wetterdatensatz : 85 Freising-Weihenstephan

Geographische Breite : 48.40 Grad

Höhe über NN : 467 m

### Angaben zur Kollektoranlage

Kollektorfläche (Apertur) : 14.9 m<sup>2</sup>

Modulanzahl : 3 Stück

Hersteller/Lieferant : PARADIGMA Ritter Energie u. Umwelt

Modellbezeichnung : SOLAR 500 TINOX

- Art der Abdeckung : 1-fach verglast

- Konversionsfaktor : 0.779

- Verlustfaktor 1 : 2.64 W/(m<sup>2</sup>K)

- Verlustfaktor 2 : 0.0220 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)

Quelle: TZS Stuttgart (ITW) 9.96

Kollektorneigung : 90.0 Grad

Kollektorausrichtung : 30.0 Grad

Kollektordurchsatz gesamt : 594.0 Liter/h

Kollektordurchsatz spezifisch : 40.0 Liter/(m<sup>2</sup>h)

### Angaben zur Brauchwasseranlage

Speicherinhalt : 750 Liter

Kaltwassertemperatur : 10.0 °C

Warmwassertemperatur : 45.0 °C

Warmwasserbedarf : 360 Liter/d

Verluste im Brauchwassersystem : 8 %

Nachheizsystem : Ölheizung mit Heizöl EL

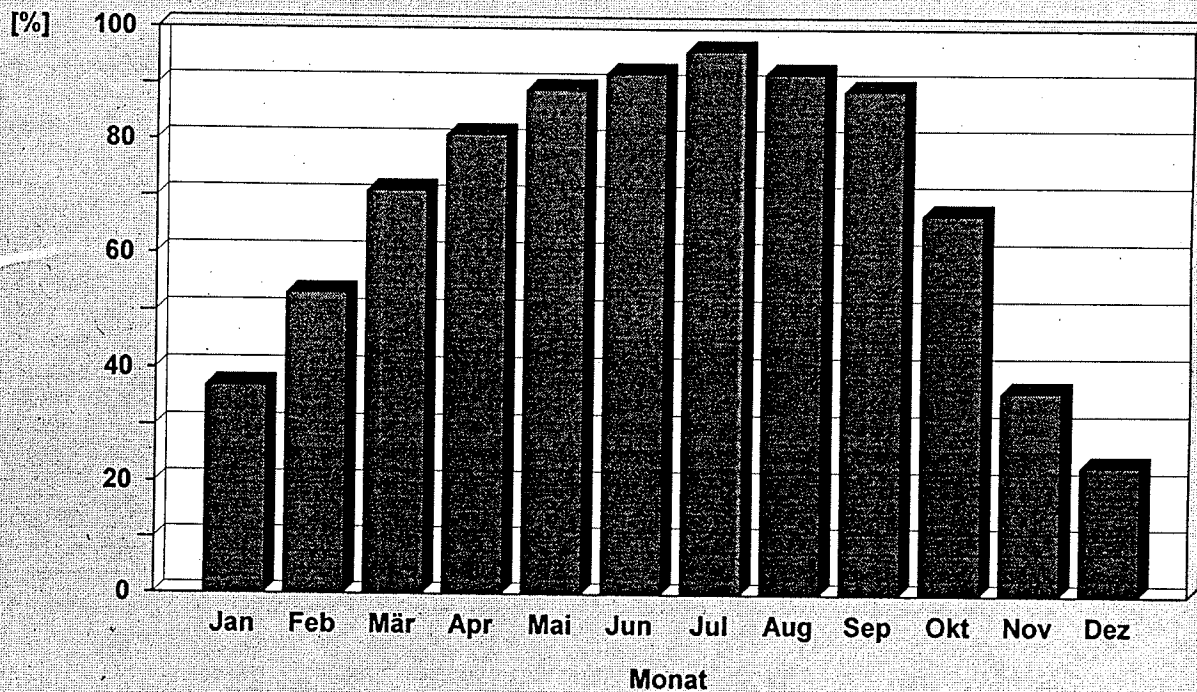
Anlagengüte der Nachheizung : neues System (Stand der Technik)

Nutzungsgrad der Nachheizung : 74 %

Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke

FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München

### Solare Deckungsrate



### Energiedaten

Monat	Solarstrahlung kWh	Wärmebedarf kWh	Zusatzenergie kWh	Sonnenenergie kWh	Wirkungsgrad	Deckungsrate
Januar	791	490	307	184	0,23	0,37
Februar	911	443	209	234	0,26	0,53
März	1.288	490	142	348	0,27	0,71
April	1.400	474	92	382	0,27	0,81
Mai	1.591	490	52	438	0,27	0,89
Juni	1.550	474	36	439	0,28	0,92
Juli	1.652	490	20	471	0,28	0,96
August	1.534	490	41	449	0,29	0,92
September	1.455	474	52	422	0,29	0,89
Oktober	1.126	490	164	326	0,29	0,67
November	717	474	302	172	0,24	0,36
Dezember	614	490	375	115	0,19	0,23
Jahr	14.628	5.770	1.790	3.980	0,27	0,69

Diese Werte sind Mittelwerte über einen Zeitraum von mehreren Jahren.

Schulversion Einzelplatzlizenz - Gebrauch nur für Schulungszwecke

FH München, FB04, SE-Labor - D-80335 München



# A 7 Ergebnisse der PVS-2000®-Simulation zur PV-Anlage

## PVS 2.000

### Kurzreport



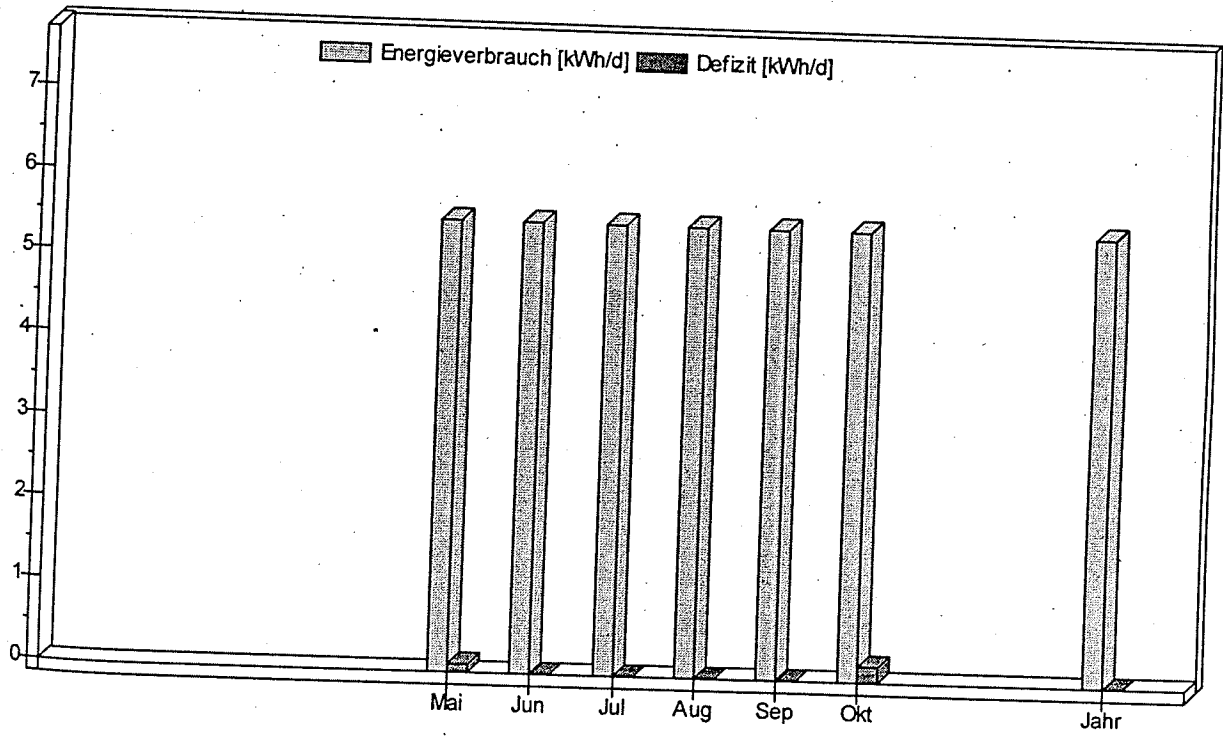
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Solargenerator	Gesamtleistung 2200 W
Generator 1	Orientierung 0°, Anstellwinkel 45°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	16.5 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Defizit	7.8 kWh
Solare Deckungsrate	99.6%



# PVS 2.000

## Präsentation



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

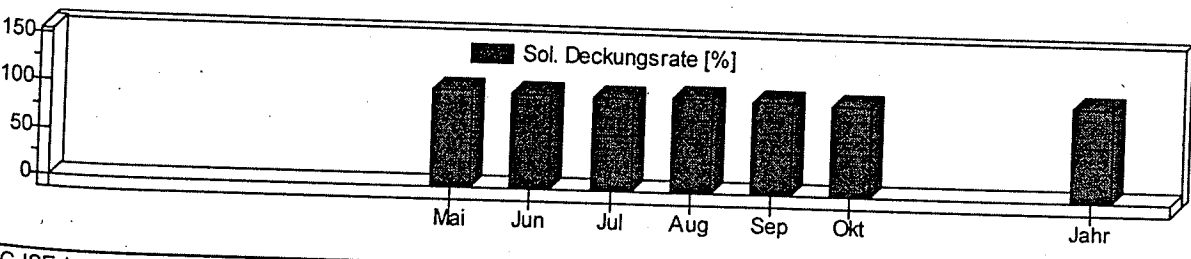
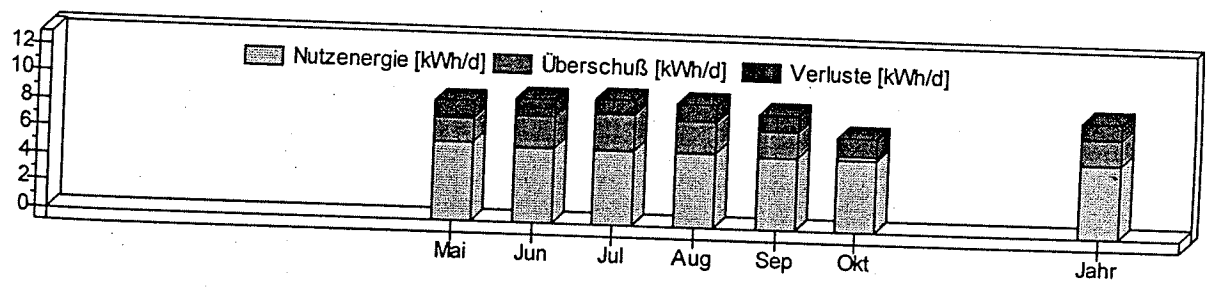
**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage** Inselanlage  
 Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
 Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
 Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
 Montage: Montage auf Dach, Orientierung 0°, Anstellwinkel 45°  
 Generator 2:  
 Modul:  
 Montage:  
 Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
 Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
 Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
 Zusatzgenerator:

**Verbrauch**  
 Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
 Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

**Resultate**

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Defizit					8.7	9.0	9.2	9.1	8.5	7.0			8.6
Überschuß					0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2			0.0
Nutzenergie					1.8	2.4	2.6	2.4	1.8	0.2			1.9
Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten					5.7	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4			5.5



# PVS 2.000

## Anlagenverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt**  
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort**  
Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

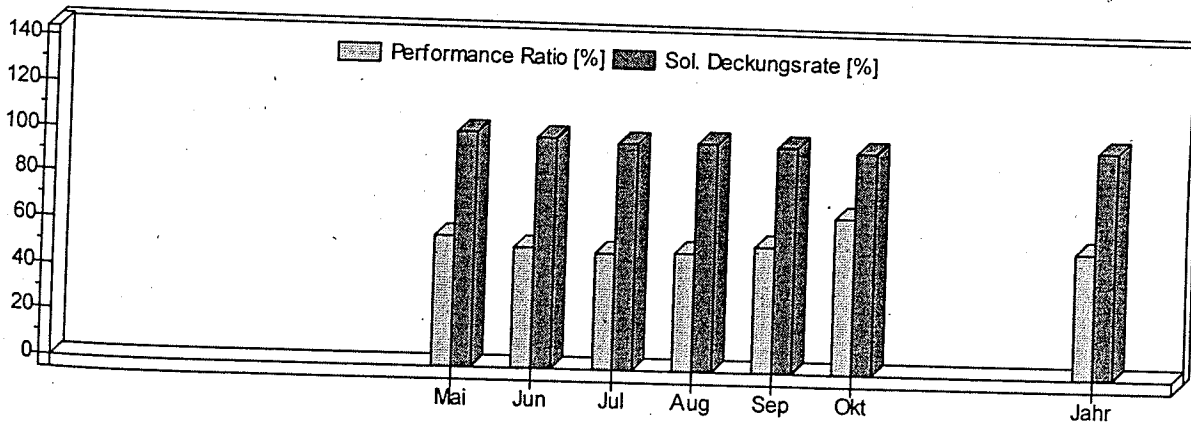
**Anlage**  
Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Montage auf Dach, Orientierung 0°, Anstellwinkel 45°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
Zusatzgenerator:

**Verbrauch**  
Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal													
Modulebene					4.9	5.4	5.5	5.0	3.9	2.6			4.6
Performance Ratio					4.6	4.8	5.0	4.9	4.5	3.6			4.6
Final Yield [h/d]					56.5	52.0	49.9	51.1	55.1	68.2			54.8
Wirkungsgrad PV					2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4			2.5
Wirkungsgrad WR					11.0	10.8	10.7	10.8	10.9	11.3			10.9
Sol. Deckungsrate					92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4			92.4
Einstrahlung in [kWh/m <sup>2</sup> d], Wirkungsgrade in [%];					102.8	100.3	99.0	99.7	98.7	96.9			99.6

Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Batterieverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

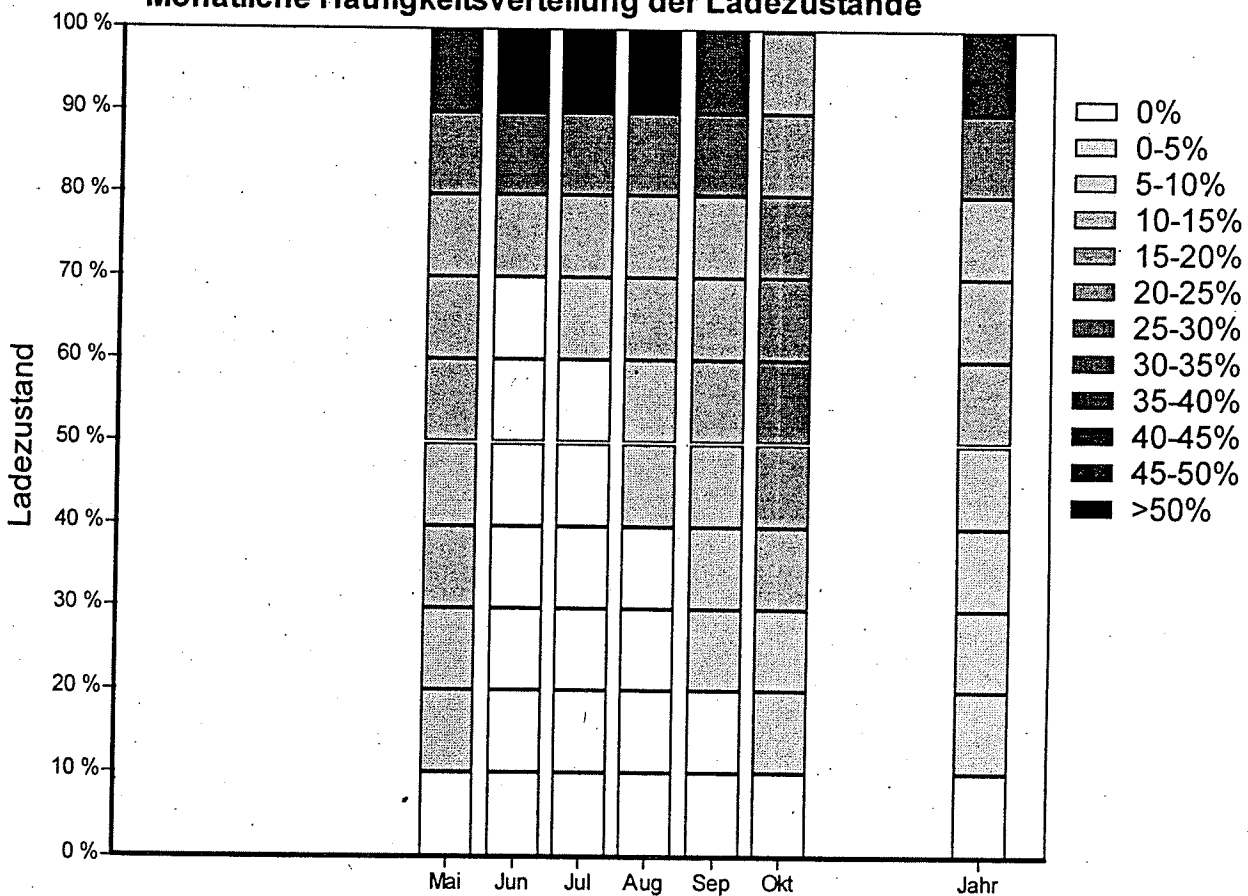
**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Batteriespeicher 16.5 kWh  
Entladegrenze 20 %

**Monatliche Häufigkeitsverteilung der Ladezustände**



# PVS 2.000

## Variation Neigungswinkel



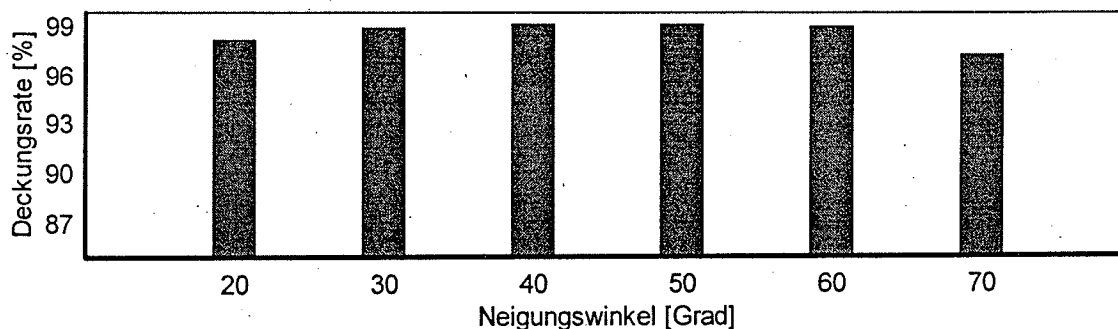
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Neigungswinkel

Neigungswinkel [Grad]	20	30	40	50	60	70
Einstrahlung [kWh/m <sup>2</sup> d]	4.77	4.75	4.63	4.43	4.15	3.80
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1559	1550	1514	1452	1365	1255
Nutzenergie	995	1002	1006	1008	1005	988
Energiedefizit	17	11	7	7	10	26
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	82	82	83	83	83	81
Energie-Überschuß	348	326	281	212	122	29
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	98.3	99.0	99.3	99.3	99.1	97.4
Performance Ratio [%]	51.5	52.1	53.6	56.1	59.8	64.2
Final Yield [h/d]	2.46	2.48	2.49	2.49	2.48	2.44





# PVS 2.000

## Variation der Batteriegröße



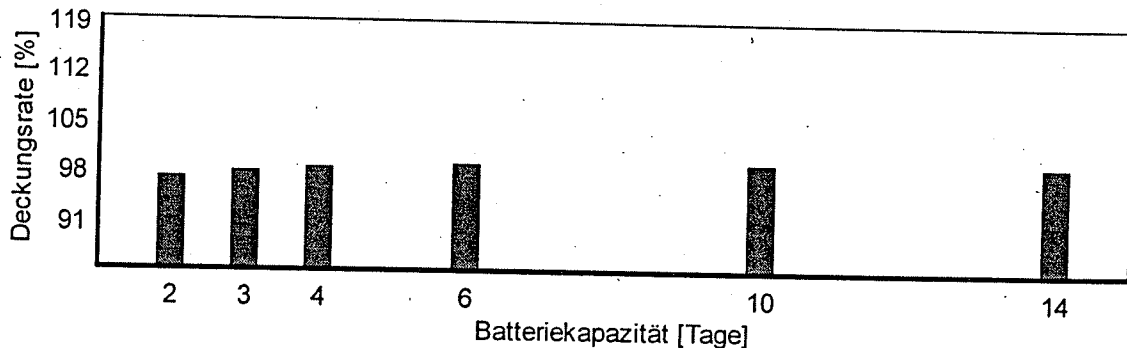
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt**  
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Batteriegröße (bezogen auf Verbrauch im Mai)

Batteriegröße [Tage]	2	3	4	6	10	14
Nennkapazität [kWh]	11.6	17.4	23.2	34.8	58.0	81.2
Einstrahlung [kWh/m <sup>2</sup> d]	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1486	1486	1486	1486	1486	1486
Nutzenergie	992	998	1001	1006	1017	1028
Energiedefizit	22	14	9	2	0	0
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	81	82	83	83	83	83
Energie-Überschuß	271	262	258	251	236	222
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	97.9	98.7	99.1	99.8	100.0	100.0
Performance Ratio [%]	53.9	54.3	54.4	54.7	55.3	55.9
Final Yield [h/d]	2.45	2.47	2.47	2.49	2.51	2.54



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

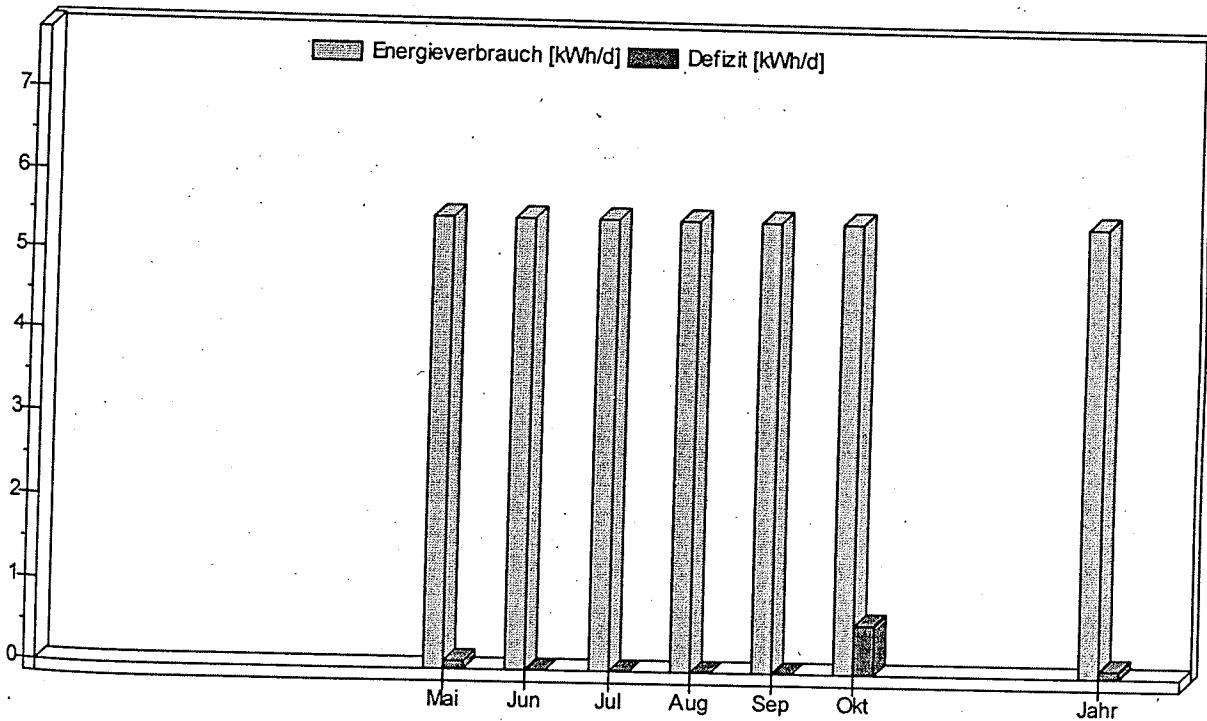
## Kurzreport

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

## Resultate

Solargenerator	Gesamtleistung 2200 W
Generator 1	Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	16.5 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Defizit	23.0 kWh
Solare Deckungsrate	97.7%



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

## Präsentation

### Projekt

Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

### Anlage

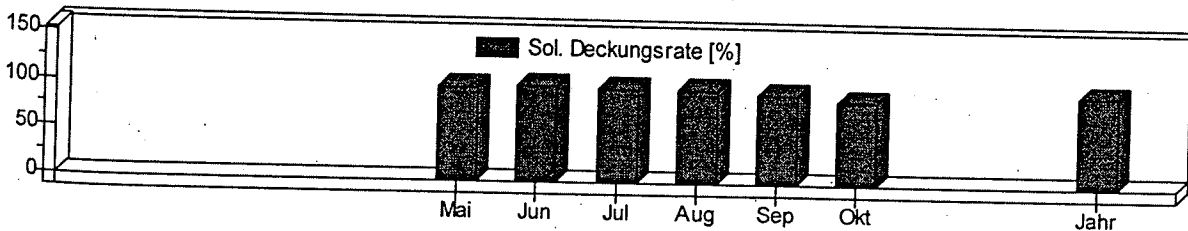
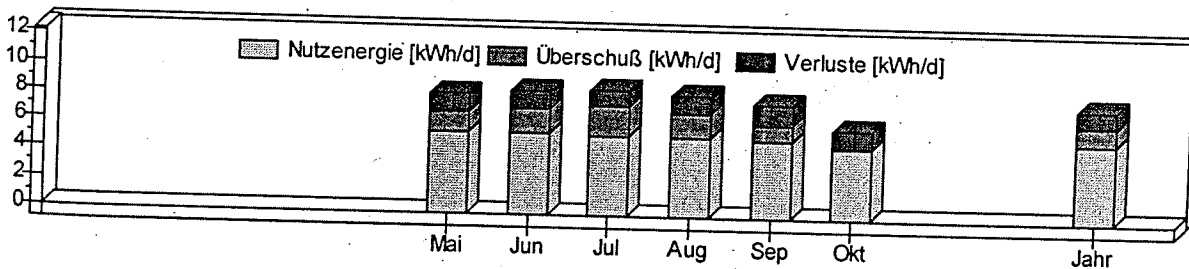
Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
Zusatzgenerator:

### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Defizit					8.2	8.5	8.7	8.4	7.7	6.2			8.0
Überschuß					0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6			0.1
Nutzenergie					1.4	1.7	2.0	1.7	1.2	0.0			1.3
Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten					5.6	5.6	5.5	5.5	5.3	4.9			5.4



# PVS 2.000

## Batterieverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

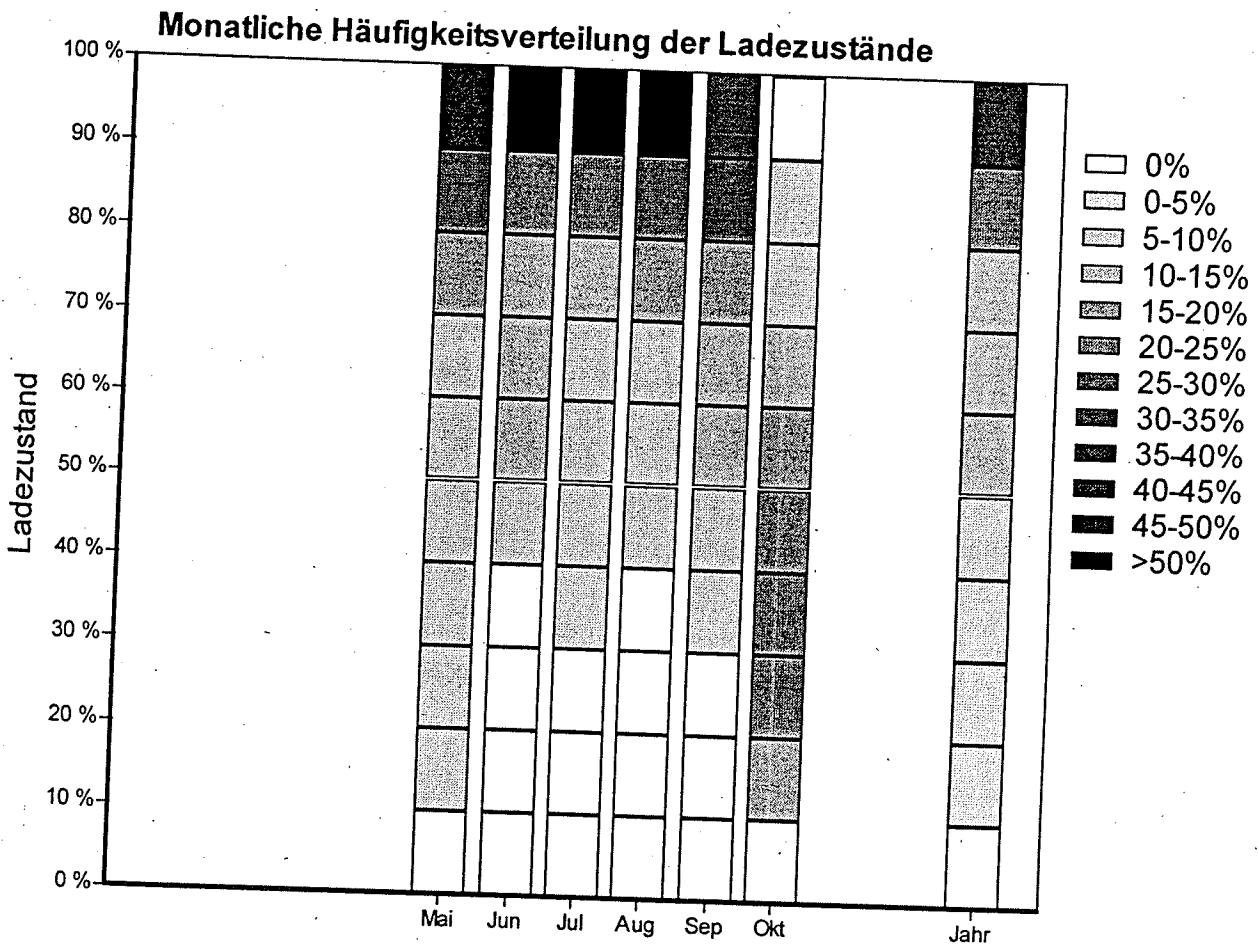
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Batteriespeicher 16.5 kWh  
Entladegrenze 20 %



# PVS 2.000

## Anlagenverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage** Inselanlage  
 Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
 Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
   Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
   Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
 Generator 2:  
   Modul:  
   Montage:  
 Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
 Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
 Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
 Zusatzgenerator:

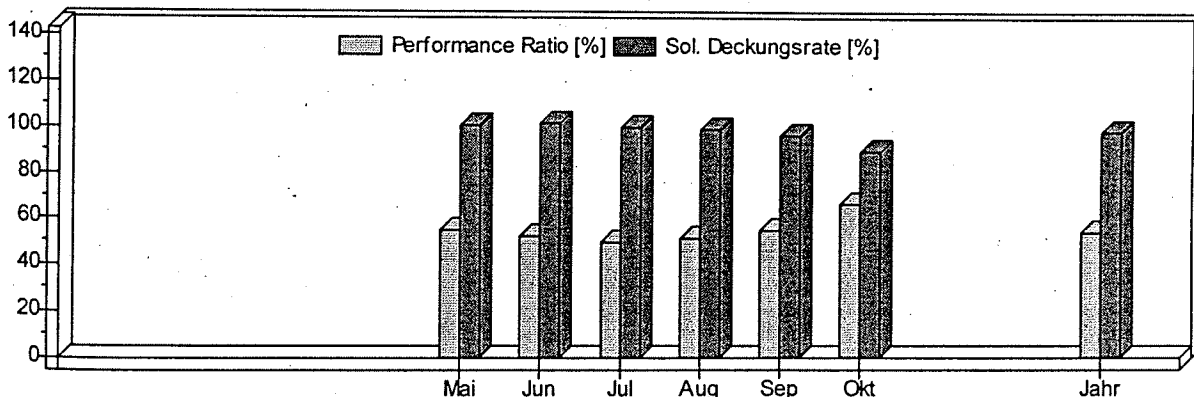
### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
 Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal					4.9	5.4	5.5	4.9	3.9	2.6			4.5
Modulebene					4.6	4.8	5.0	4.8	4.4	3.4			4.5
Performance Ratio					55.2	52.7	50.3	51.7	55.0	66.4			54.6
Final Yield [h/d]					2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.2			2.4
Wirkungsgrad PV					10.4	10.2	10.1	10.1	10.2	10.6			10.3
Wirkungsgrad WR					92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4			92.4
Sol. Deckungsrate					100.4	101.9	99.7	99.3	96.1	89.2			97.7

Einstrahlung in [kWh/m<sup>2</sup>d], Wirkungsgrade in [%]; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Variation Neigungswinkel



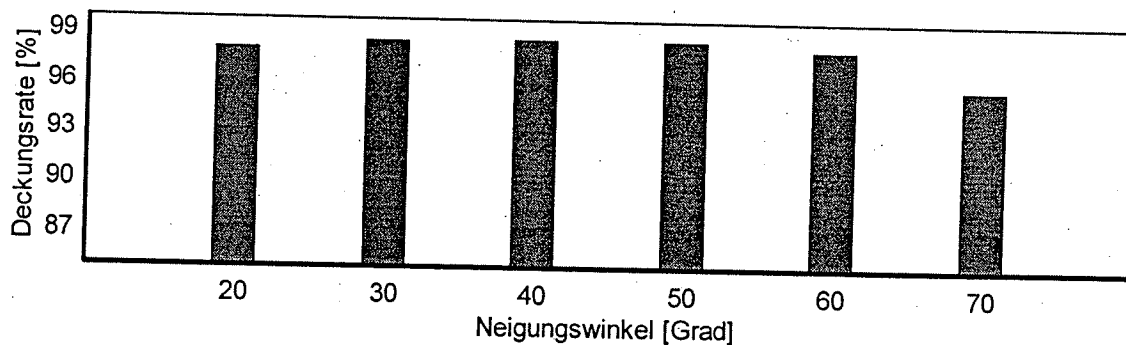
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt**  
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Neigungswinkel

Neigungswinkel [Grad]	20	30	40	50	60	70
Einstrahlung [kWh/m²d]	4.72	4.68	4.56	4.36	4.09	3.76
<b>Energiebilanz [kWh]:</b>						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1544	1530	1490	1428	1344	1239
Nutzenergie	993	997	1000	999	994	971
Energiedefizit	18	14	12	12	17	41
<b>Verluste [kWh]:</b>						
Wechselrichter-Verluste	82	82	82	82	82	80
Energie-Überschuß	332	307	260	194	112	33
<b>Beurteilungsparameter:</b>						
Solare Deckungsrate [%]	98.2	98.7	98.8	98.8	98.3	96.0
Performance Ratio [%]	52.0	52.6	54.1	56.6	60.0	63.8
Final Yield [h/d]	2.45	2.46	2.47	2.47	2.46	2.40



# PVS 2.000

## Variation der Batteriegröße



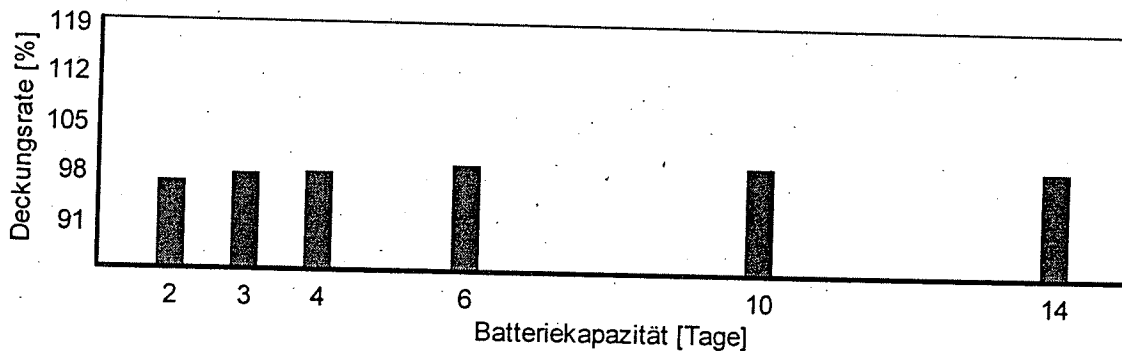
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Batteriegröße (bezogen auf Verbrauch im Mai)

Batteriegröße [Tage]	2	3	4	6	10	14
Nennkapazität [kWh]	11.6	17.4	23.2	34.8	58.0	81.2
Einstrahlung [kWh/m <sup>2</sup> d]	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1458	1458	1458	1458	1458	1458
Nutzenergie	986	996	1000	1005	1016	1027
Energiedefizit	29	17	12	3	0	0
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	81	82	82	83	83	83
Energie-Überschuß	244	231	225	217	203	188
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	97.2	98.3	98.8	99.7	100.0	100.0
Performance Ratio [%]	54.6	55.1	55.3	55.6	56.2	56.8
Final Yield [h/d]	2.44	2.46	2.47	2.48	2.51	2.54



# PVS 2.000

## Kurzreport



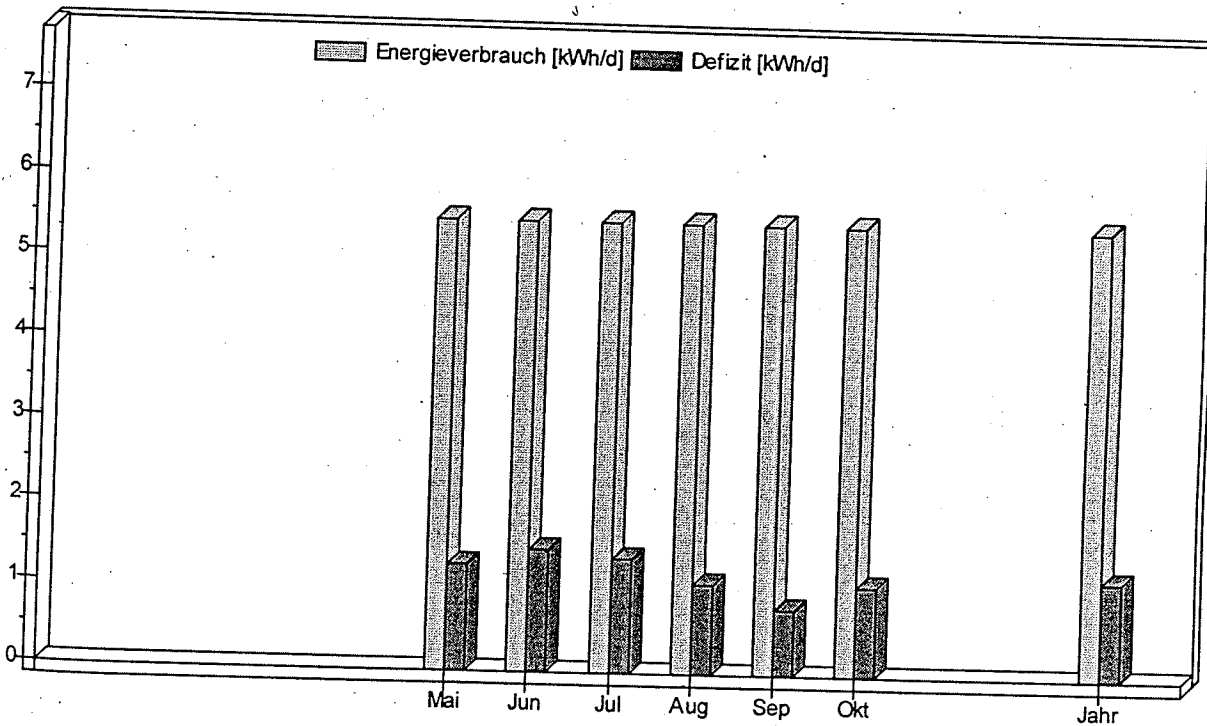
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Solargenerator	Gesamtleistung 2200 W
Generator 1	Orientierung 0°, Anstellwinkel 90°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	16.5 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Defizit	221.0 kWh
Solare Deckungsrate	78.0%





# PVS 2.000

## Präsentation



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage** Inselanlage  
 Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
 Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
 Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
 Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 0°, Anstellwinkel 90°  
 Generator 2:  
 Modul:  
 Montage:  
 Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
 Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
 Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
 Zusatzgenerator:

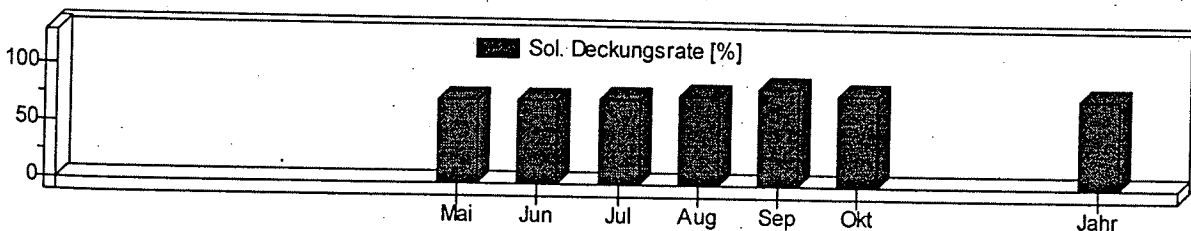
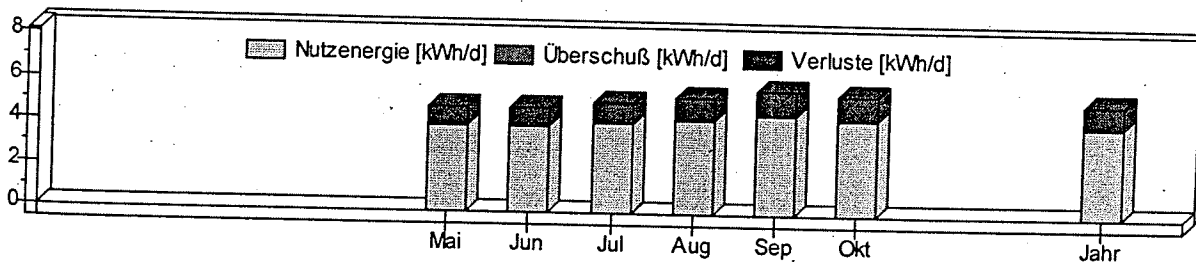
## Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
 Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

## Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Defizit					4.9	4.9	5.1	5.4	5.9	5.6			5.3
Überschuß					1.3	1.5	1.4	1.1	0.8	1.1			1.2
Nutzenergie					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
					4.0	4.0	4.2	4.4	4.7	4.5			4.3

Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Batterieverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

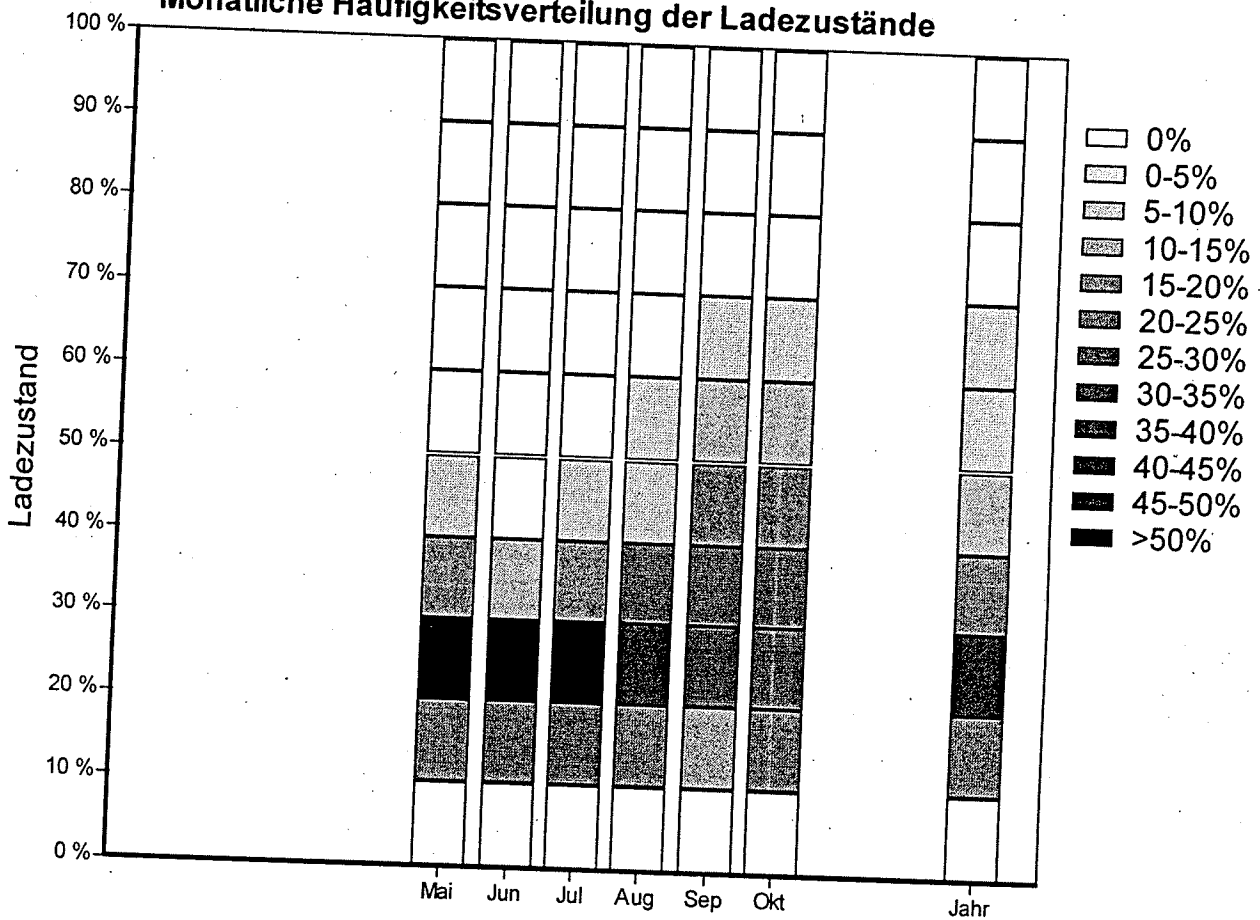
### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

## Resultate

Batteriespeicher 16.5 kWh  
Entladegrenze 20 %

Monatliche Häufigkeitsverteilung der Ladezustände



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

## Anlagenverhalten

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

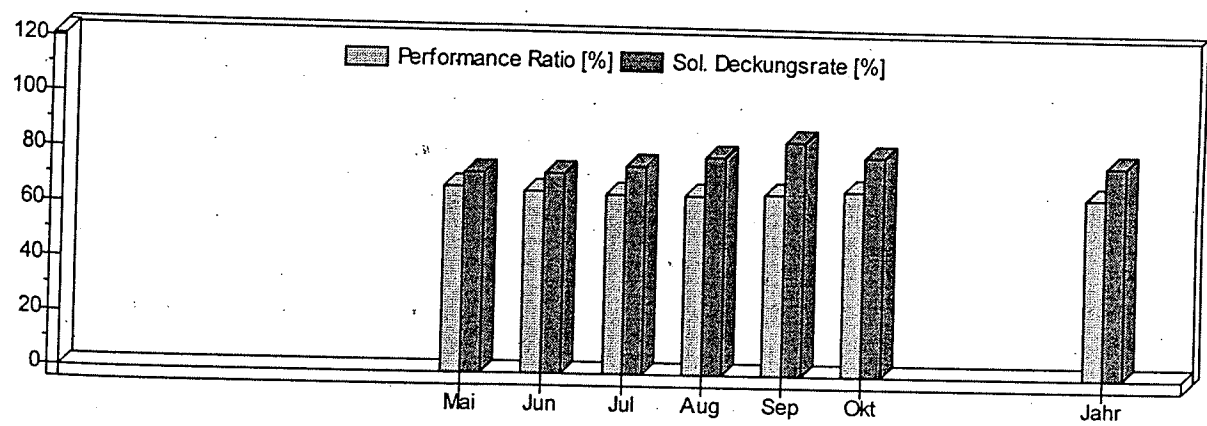
**Anlage** Inselanlage  
 Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
 Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
 Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
 Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 0°, Anstellwinkel 90°  
 Generator 2:  
 Modul:  
 Montage:  
 Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
 Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
 Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
 Zusatzgenerator:

**Verbrauch**  
 Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
 Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

**Resultate**

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal					4.9	5.4	5.5	4.9	3.9	2.7			4.5
Modulebene					2.7	2.7	2.9	3.0	3.2	3.0			2.9
Performance Ratio					67.6	66.7	66.0	65.8	66.3	67.6			66.6
Final Yield [h/d]					1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0			2.0
Wirkungsgrad PV					10.5	10.4	10.3	10.3	10.5	10.7			10.4
Wirkungsgrad WR					92.5	92.4	92.5	92.5	92.5	92.5			92.5
Sol. Deckungsrate					72.9	73.1	75.8	79.7	86.0	80.8			78.0

Einstrahlung in [kWh/m<sup>2</sup>d], Wirkungsgrade in [%]; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Variation der Batteriegröße



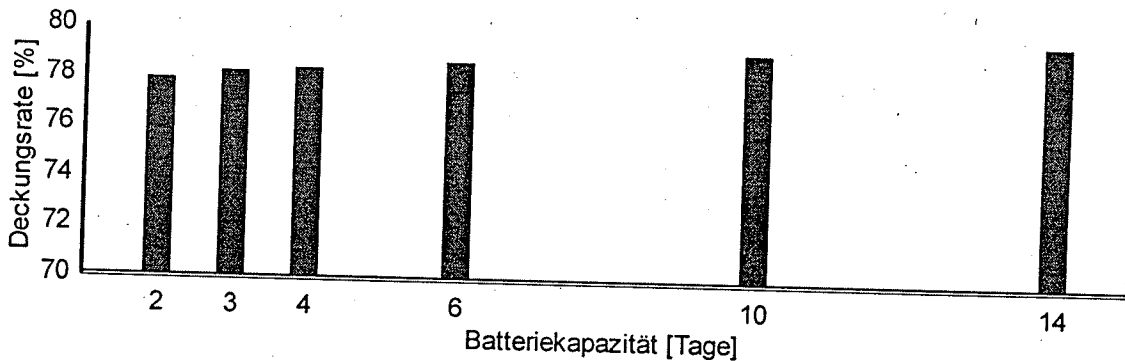
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Batteriegröße (bezogen auf Verbrauch im Mai)

Batteriegröße [Tage]	2	3	4	6	10	14
Nennkapazität [kWh]	11.6	17.4	23.2	34.8	58.0	81.2
Einstrahlung [kWh/m²d]	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	974	974	974	974	974	974
Nutzenergie	787	789	789	789	789	789
Energiedefizit	225	221	219	216	210	203
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	64	64	65	65	65	66
Energie-Überschuß	3	0	0	0	0	0
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	77.9	78.2	78.4	78.7	79.3	80.0
Performance Ratio [%]	66.5	66.7	66.6	66.6	66.6	66.6
Final Yield [h/d]	1.94	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95



# PVS 2.000

## Variation Neigungswinkel



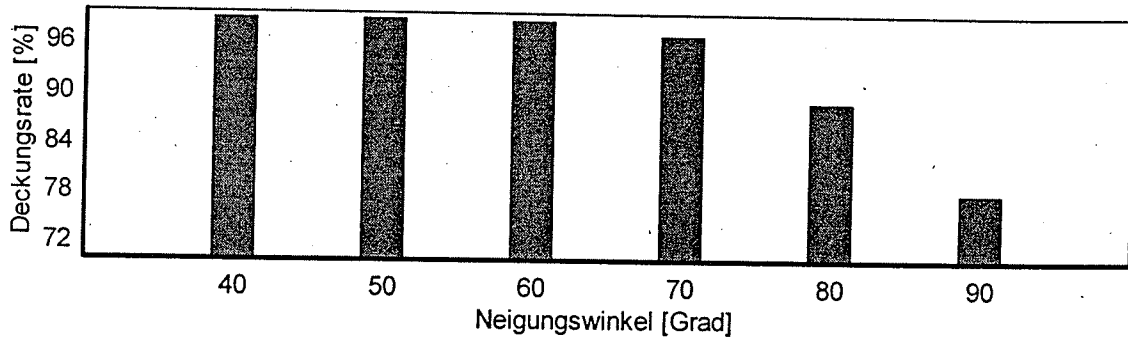
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Neigungswinkel

Neigungswinkel [Grad]	40	50	60	70	80	90
Einstrahlung [kWh/m²d]	4.63	4.43	4.15	3.80	3.39	2.93
<b>Energiebilanz [kWh]:</b>						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1512	1451	1365	1256	1125	976
Nutzenergie	1007	1008	1006	988	905	791
Energiedefizit	8	8	10	27	110	222
<b>Verluste [kWh]:</b>						
Wechselrichter-Verluste	83	83	82	81	74	64
Energie-Überschuß	279	211	122	29	4	0
<b>Beurteilungsparameter:</b>						
Solare Deckungsrate [%]	99.2	99.2	99.1	97.3	89.2	78.2
Performance Ratio [%]	53.8	56.2	59.9	64.3	66.0	66.6
Final Yield [h/d]	2.49	2.49	2.49	2.44	2.23	1.95



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

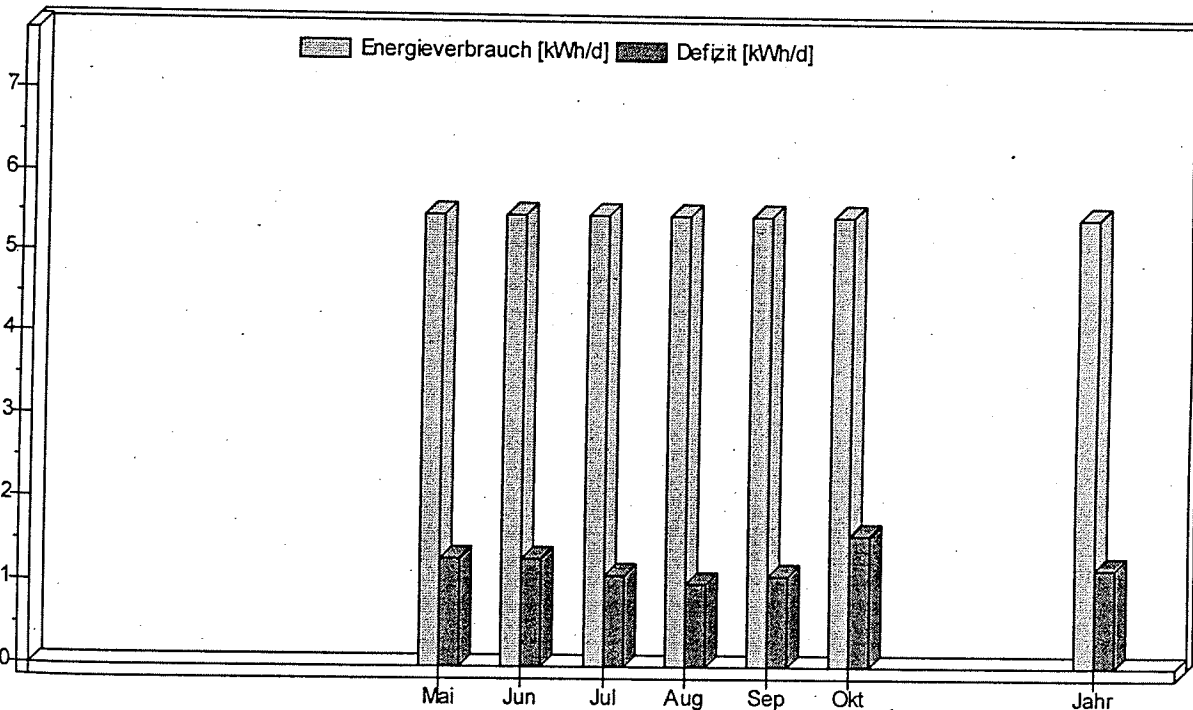
## Kurzreport

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

## Resultate

Solargenerator	Gesamtleistung 2200 W
Generator 1	Orientierung 30°, Anstellwinkel 90°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	16.5 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Defizit	224.2 kWh
Solare Deckungsrate	77.6%



# PVS 2.000

## Präsentation



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage** Inselanlage

Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W

Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2

Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad

Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 90°

Generator 2:

Modul:

Montage:

Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW

Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %

Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %

Zusatzgenerator:

## Verbrauch

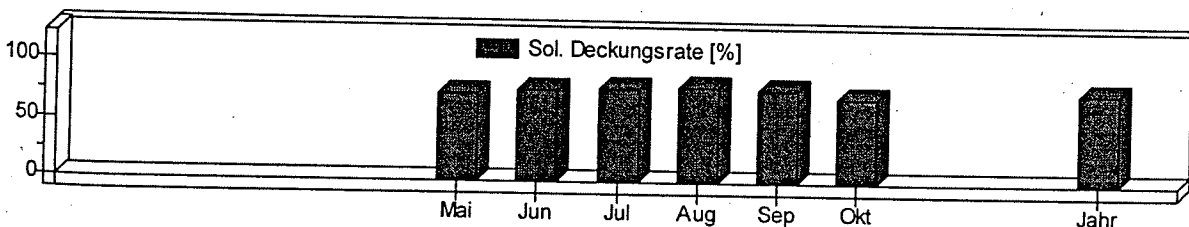
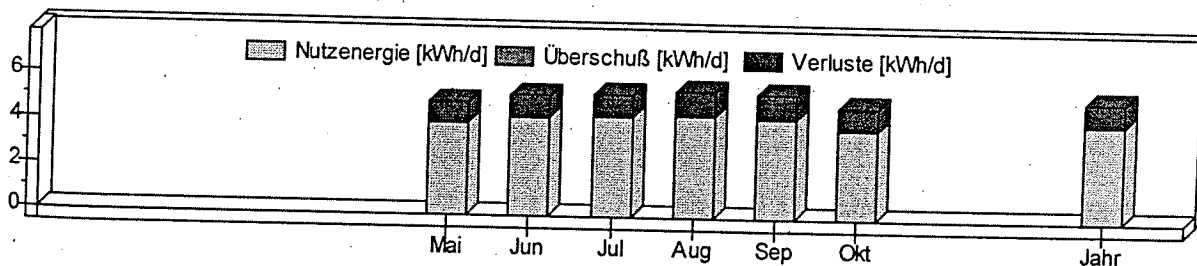
Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag

Profil: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

## Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Defizit					5.1	5.2	5.4	5.6	5.5	5.0			5.3
Überschuß					1.3	1.3	1.1	1.0	1.1	1.6			1.2
Nutzenergie					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
					4.1	4.3	4.4	4.5	4.4	4.0			4.3

Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Anlagenverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt**  
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort**  
Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage**  
Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 13.6 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 2200 W  
Generator 1: 20 Module, Fläche 13.6 m<sup>2</sup>, Nennleistung 2200 W, Reflektivität 0.2  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 90°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 16.5 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
Zusatzgenerator:

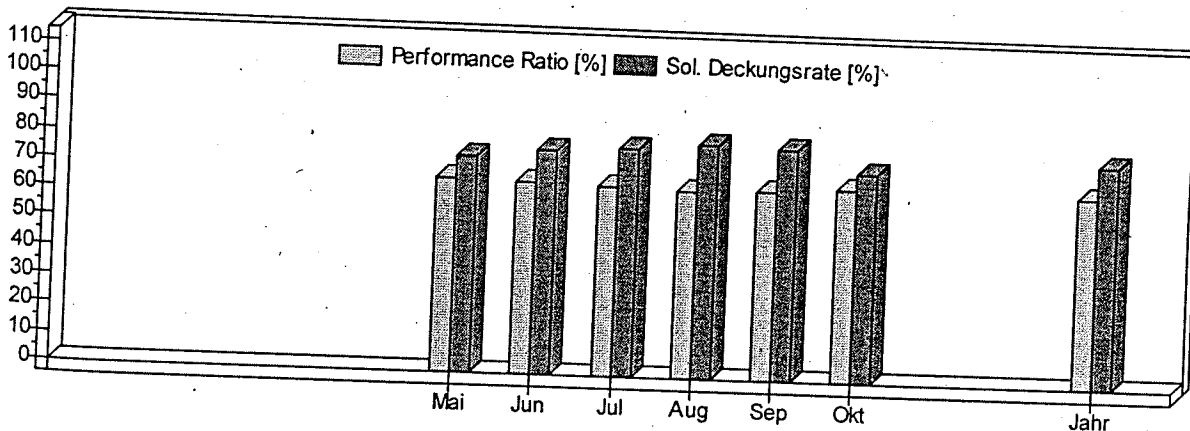
### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profil: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal					4.9	5.4	5.5	4.9	3.9	2.6			4.5
Modulebene					2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	2.7			2.9
Performance Ratio					67.3	66.4	65.7	65.3	65.6	66.8			66.1
Final Yield [h/d]					1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8			1.9
Wirkungsgrad PV					10.5	10.3	10.3	10.3	10.4	10.7			10.4
Wirkungsgrad WR					92.4	92.4	92.4	92.4	92.5	92.4			92.4
Sol. Deckungsrate					74.6	77.4	79.3	81.4	80.3	72.5			77.6

Einstrahlung in [kWh/m<sup>2</sup>d], Wirkungsgrade in [%]; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten





# PVS 2.000

## Batterieverhalten



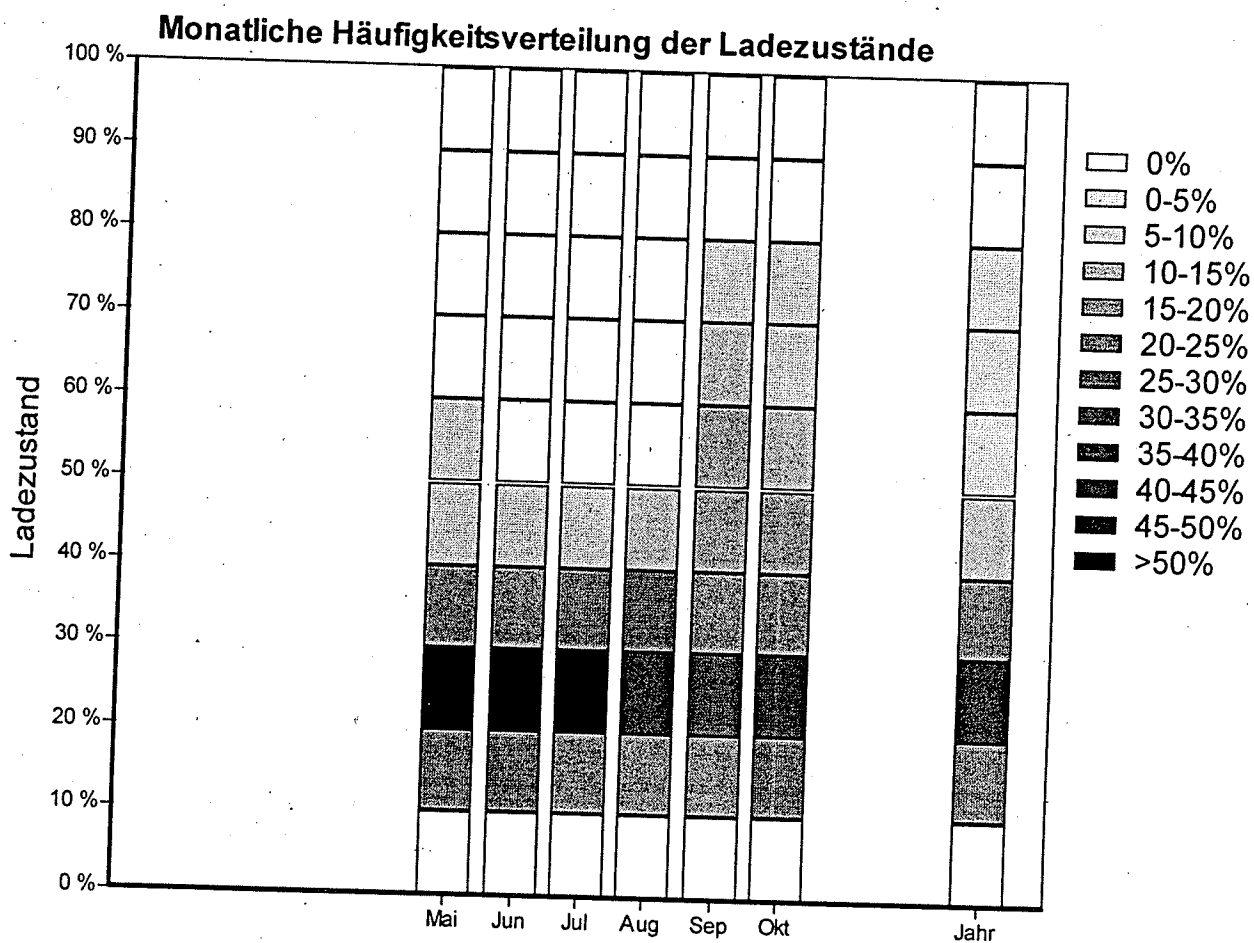
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Batteriespeicher 16.5 kWh  
Entladegrenze 20 %



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

## Variation Neigungswinkel

### Projekt

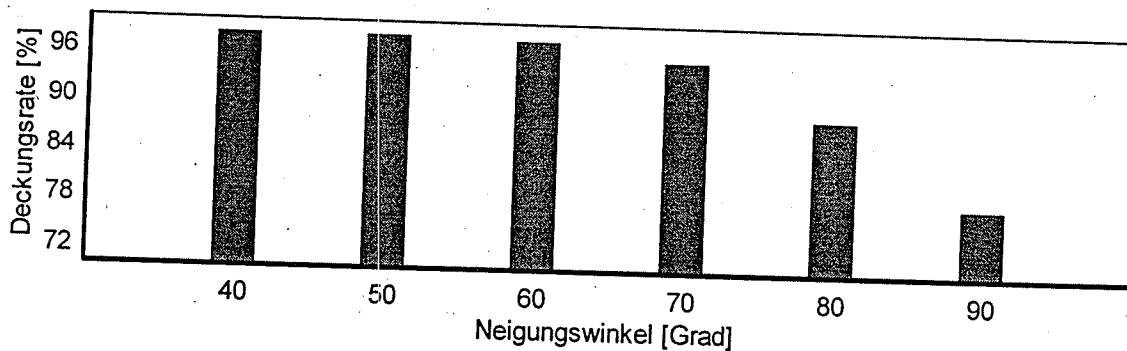
Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Neigungswinkel

Neigungswinkel [Grad]	40	50	60	70	80	90
Einstrahlung [kWh/m²d]	4.56	4.36	4.09	3.76	3.37	2.95
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	1489	1428	1344	1238	1116	979
Nutzenergie	997	996	991	967	899	791
Energiedefizit	16	18	22	46	114	221
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	82	82	81	80	74	65
Energie-Überschuß	263	198	115	37	0	0
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	98.4	98.2	97.8	95.5	88.8	78.2
Performance Ratio [%]	54.0	56.4	59.8	63.6	65.9	66.2
Final Yield [h/d]	2.46	2.46	2.45	2.39	2.22	1.96



# PVS 2.000

## Variation der Batteriegröße



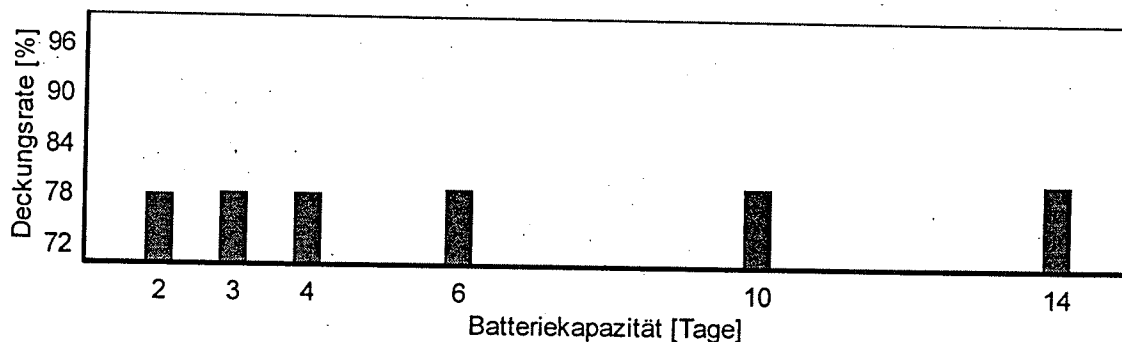
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagensimulation (Ermittlung des Solarertrags)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

Standort : BOLZANO  
Anlagentyp : Wechselstrom-Inselsystem  
Berechnungsart : Simulation  
Zeitraum : Mai bis Oktober (2 Jahre)  
Variation : Batteriegröße (bezogen auf Verbrauch im Mai)

Batteriegröße [Tage]	2	3	4	6	10	14
Nennkapazität [kWh]	11.6	17.4	23.2	34.8	58.0	81.2
Einstrahlung [kWh/m²d]	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96
Energiebilanz [kWh]:						
Gesamtverbrauch	1015	1015	1015	1015	1015	1015
Erzeugte Energie	982	982	982	982	982	982
Nutzenergie	794	794	794	794	794	794
Energiedefizit	220	218	217	214	207	201
Verluste [kWh]:						
Wechselrichter-Verluste	65	65	65	66	66	67
Energie-Überschuß	0	0	0	0	0	0
Beurteilungsparameter:						
Solare Deckungsrate [%]	78.3	78.5	78.6	79.0	79.6	80.2
Performance Ratio [%]	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2
Final Yield [h/d]	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96



# PVS 2.000

## Kurzreport



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
 Dachauer Str. 268a  
 80992 München

### Projekt

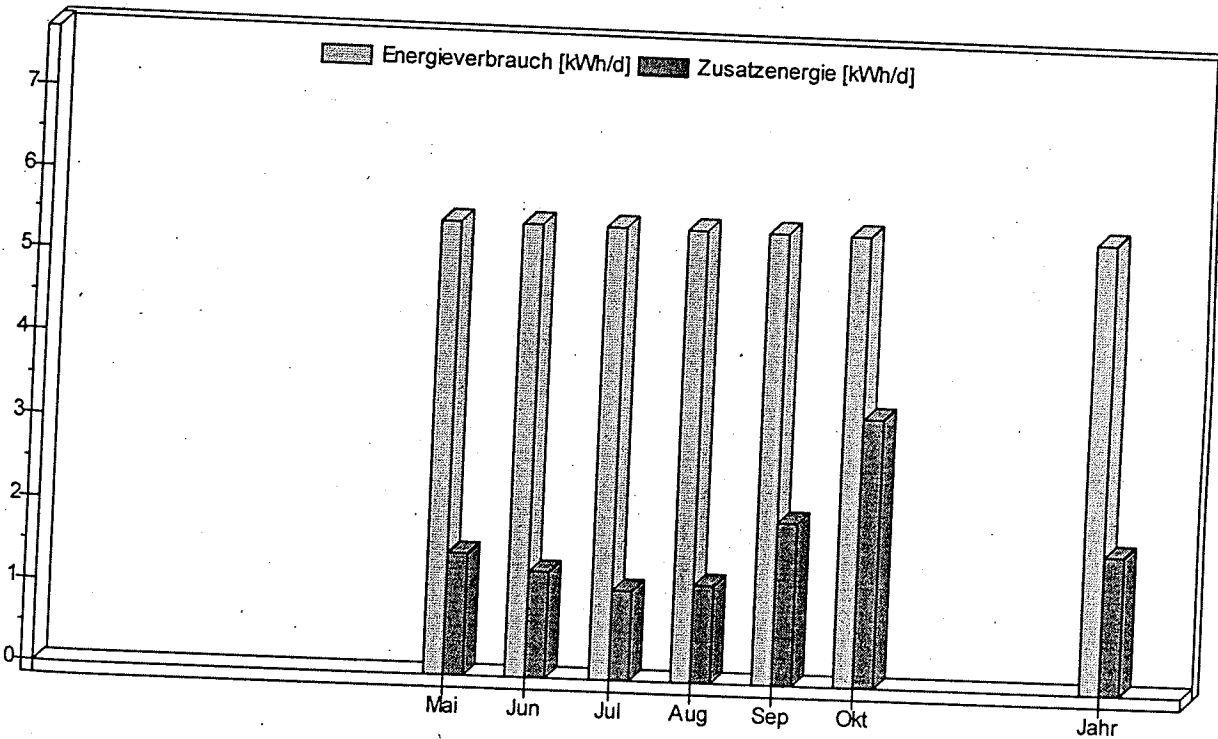
Inselanlage mit Zusatzgenerator  
 AVS2  
 Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Solargenerator	1.5 kW
Generator 1	Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	17.4 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Zusatzenergie	316.7 kWh
Solare Deckungsrate	79.9%



# PVS 2.000



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

## Präsentation

### Projekt

Inselanlage mit Zusatzgenerator  
AVS2  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

### Anlage

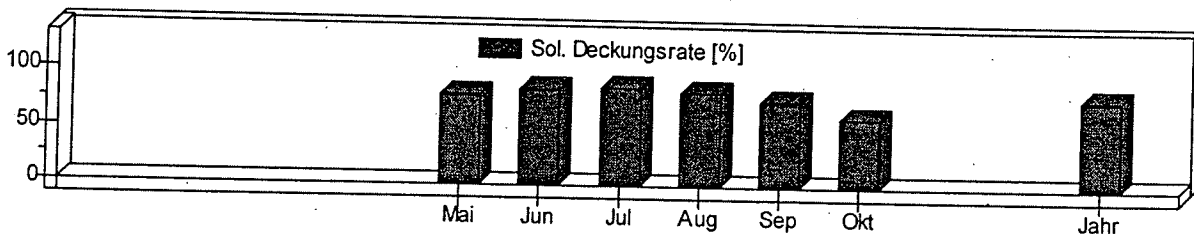
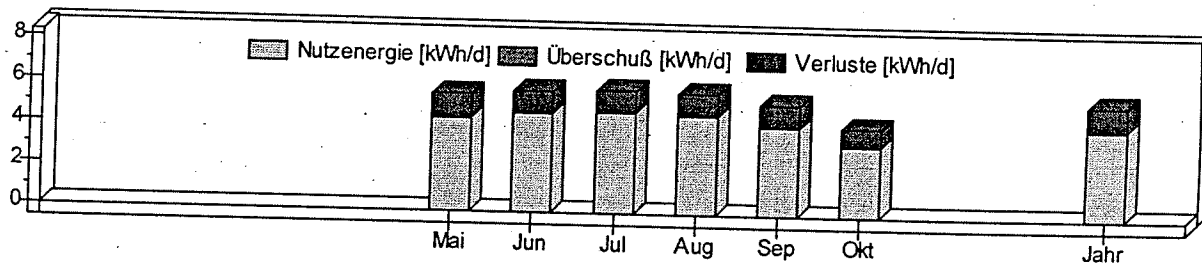
Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 11.9 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 1.5 kW  
Generator 1: Reflektivität 0.2  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 17.4 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 30 %  
Zusatzgenerator: Nennleistung: 3 kW, Wirkungsgrad: 80 %

### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Zusatzenergie					5.6	5.8	6.0	5.8	5.3	4.3			5.5
Überschuß					1.5	1.3	1.1	1.2	2.0	3.3			1.7
Nutzenergie					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten					4.5	4.7	4.8	4.7	4.3	3.4			4.4



# PVS 2.000

## Anlagenverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

Inselanlage mit Zusatzgenerator  
AVS2  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

### Anlage

Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 11.9 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 1.5 kW  
Generator 1: Reflektivität 0.2  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 17.4 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 30 %  
Zusatzgenerator: Nennleistung: 3 kW, Wirkungsgrad: 80 %

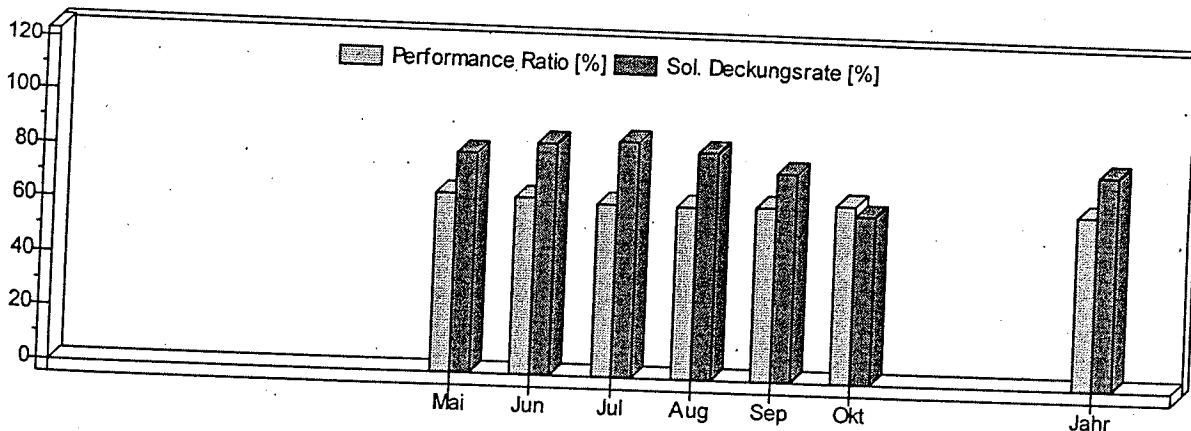
### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profil: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal													
Modulebene					4.9	5.4	5.5	5.0	3.9	2.7			4.6
Performance Ratio					4.5	4.8	5.0	4.8	4.4	3.4			4.5
Final Yield [h/d]					66.3	65.3	64.2	64.1	64.7	66.6			65.1
Wirkungsgrad PV					3.0	3.1	3.2	3.1	2.8	2.3			2.9
Wirkungsgrad WR					10.4	10.2	10.1	10.1	10.2	10.6			10.3
Sol. Deckungsrate					92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.3			92.4
Einstrahlung in [kWh/m <sup>2</sup> d], Wirkungsgrade in [%];					81.2	85.9	87.7	84.7	77.5	62.4			79.9

Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Batterieverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

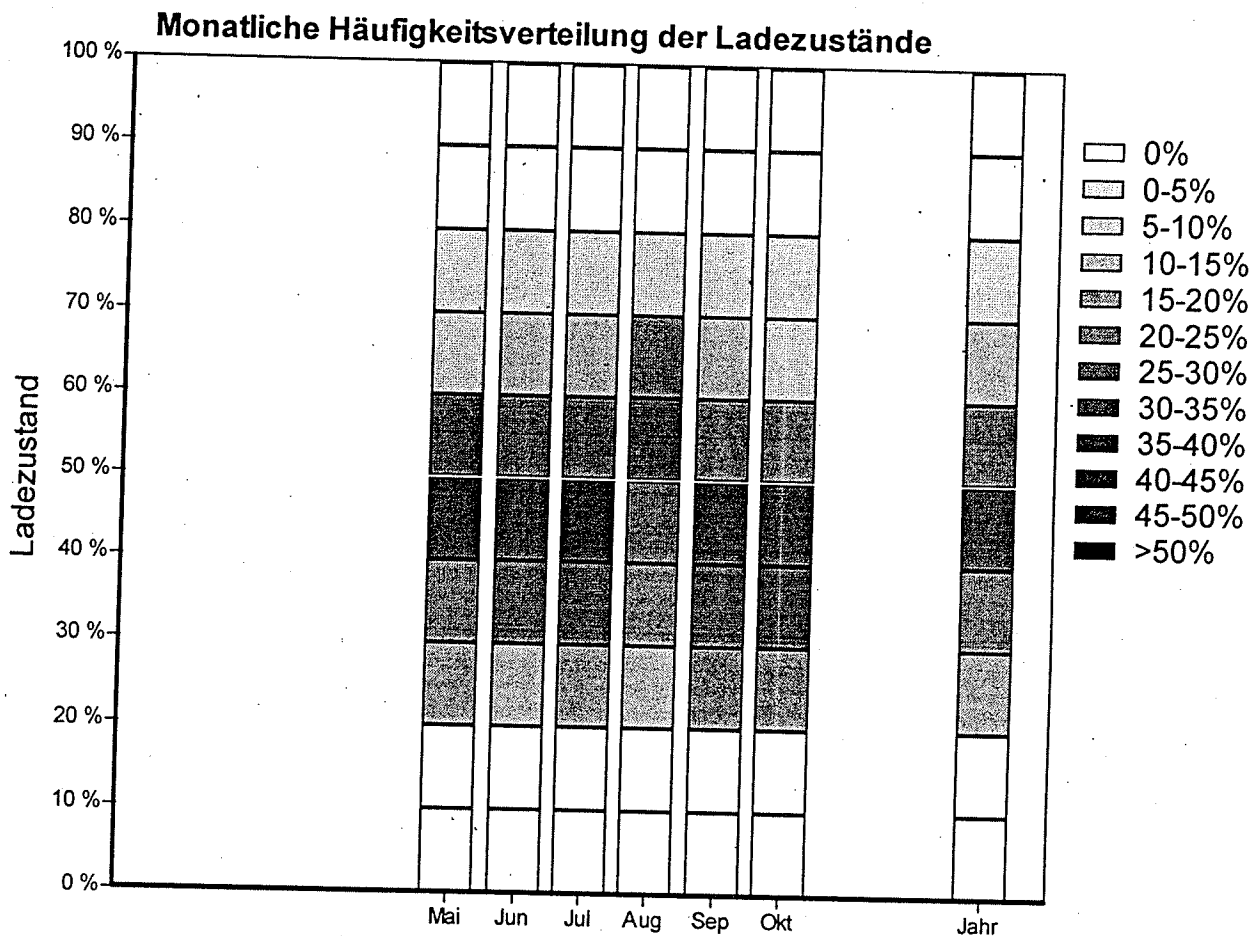
Inselanlage mit Zusatzgenerator  
AVS2  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Batteriespeicher 17.4 kWh  
Entladegrenze 20 %



# PVS 2.000

## Kurzreport



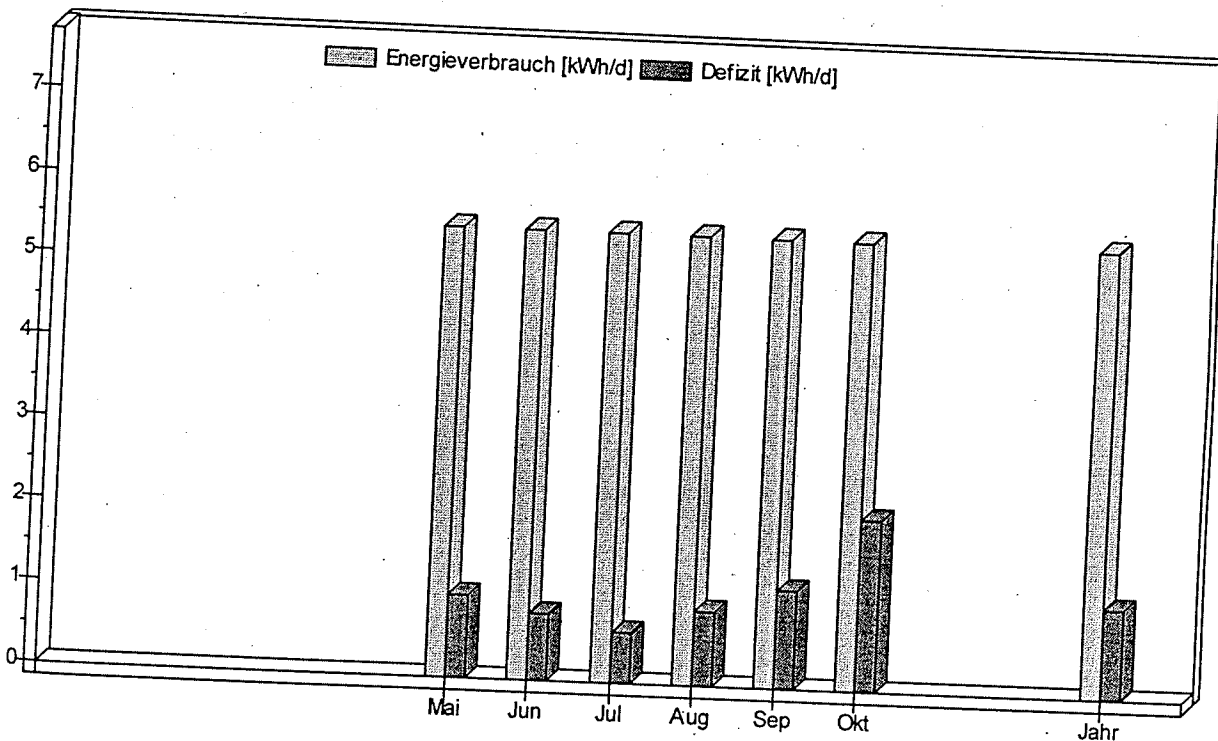
Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Solargenerator	1.5 kW
Generator 1	Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°
Generator 2	
Wechselrichter	1.5 kW
Batteriespeicher	17.4 kWh
Energieverbrauch	1014.8 kWh
Defizit	203.0 kWh
Solare Deckungsrate	79.6%





# PVS 2.000

## Präsentation



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

**Projekt** Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

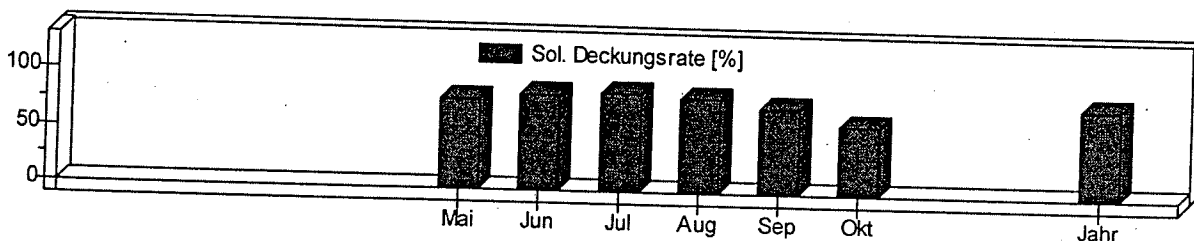
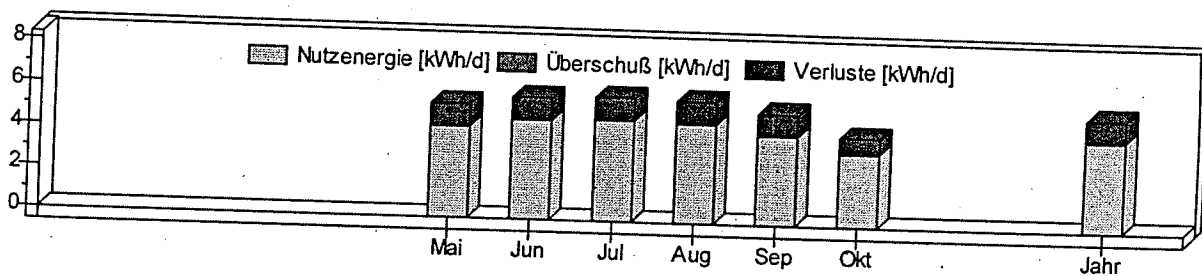
**Standort** Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

**Anlage** Inselanlage  
 Solargenerator: Gesamtfläche 12.2 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 1.5 kW  
 Generator 1: Reflektivität 0  
 Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
 Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
 Generator 2:  
 Modul:  
 Montage:  
 Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
 Batterie: Nennkapazität: 17.4 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
 Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
 Zusatzgenerator:

**Verbrauch**  
 Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
 Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Energieverbrauch													
Erzeugte Energie					5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5			5.5
Defizit					5.5	5.8	5.9	5.7	5.3	4.3			5.4
Überschuß					1.0	0.8	0.6	0.9	1.2	2.1			1.1
Nutzenergie					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0
Energien in kWh/d; Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten					4.4	4.7	4.8	4.7	4.3	3.5			4.4



# PVS 2.000

## Anlagenverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy, Abschattung: nein

### Anlage

Inselanlage  
Solargenerator: Gesamtfläche 12.2 m<sup>2</sup>, Gesamtleistung 1.5 kW  
Generator 1: Reflektivität 0  
Modul: M110F, 110 W, 12.7% Wirkungsgrad  
Montage: Dach/Fassaden-Integration, Orientierung 30°, Anstellwinkel 45°  
Generator 2:  
Modul:  
Montage:  
Wechselrichter: SunPower (S3000), 93.00% Nennwirkungsgrad, Nennleistung 1.5 kW  
Batterie: Nennkapazität: 17.4 kWh, Wirkungsgrad: 80 %, Anfangsladezustand: 50 %  
Laderegler: Entladegrenze: 20 %, Erhöhung des Batterieladezustands um 20 %  
Zusatzgenerator:

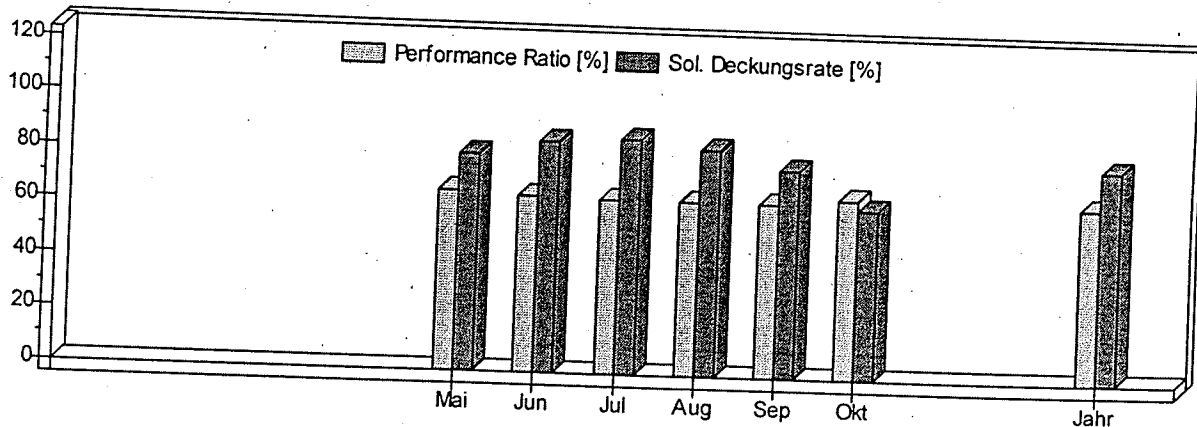
### Verbrauch

Daten: Jahresverbrauch 1014.8 kWh entsprechend 5.5 kWh/d durchschnittlich pro Tag  
Profile: Beleuchtung; 8 Verbraucher: Sparlampe Vorraum, Sparlampe Außen, Sparlampe Aufenthaltsraum

### Resultate

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Einstrahlung horizontal													
Modulebene					4.9	5.4	5.6	4.9	4.0	2.6			4.6
Performance Ratio					4.3	4.7	4.8	4.7	4.2	3.3			4.3
Final Yield [h/d]					66.7	65.4	64.5	64.6	65.0	67.3			65.5
Wirkungsgrad PV					2.9	3.0	3.1	3.0	2.8	2.2			2.8
Wirkungsgrad WR					10.4	10.2	10.1	10.1	10.3	10.6			10.3
Sol. Deckungsrate					92.4	92.5	92.5	92.5	92.5	92.6			92.5
Einstrahlung in [kWh/m <sup>2</sup> d], Wirkungsgrade in [%];					80.3	85.5	87.6	84.2	77.3	62.9			79.6

Summenabweichungen resultieren aus Anlagenverlusten



# PVS 2.000

## Batterieverhalten



Dipl. Ing. (FH) Harald Pardatscher  
Dachauer Str. 268a  
80992 München

### Projekt

Inselanlage ohne Zusatzgenerator  
AVS1  
Anlagendimensionierung (Auslegung der Modulfläche)

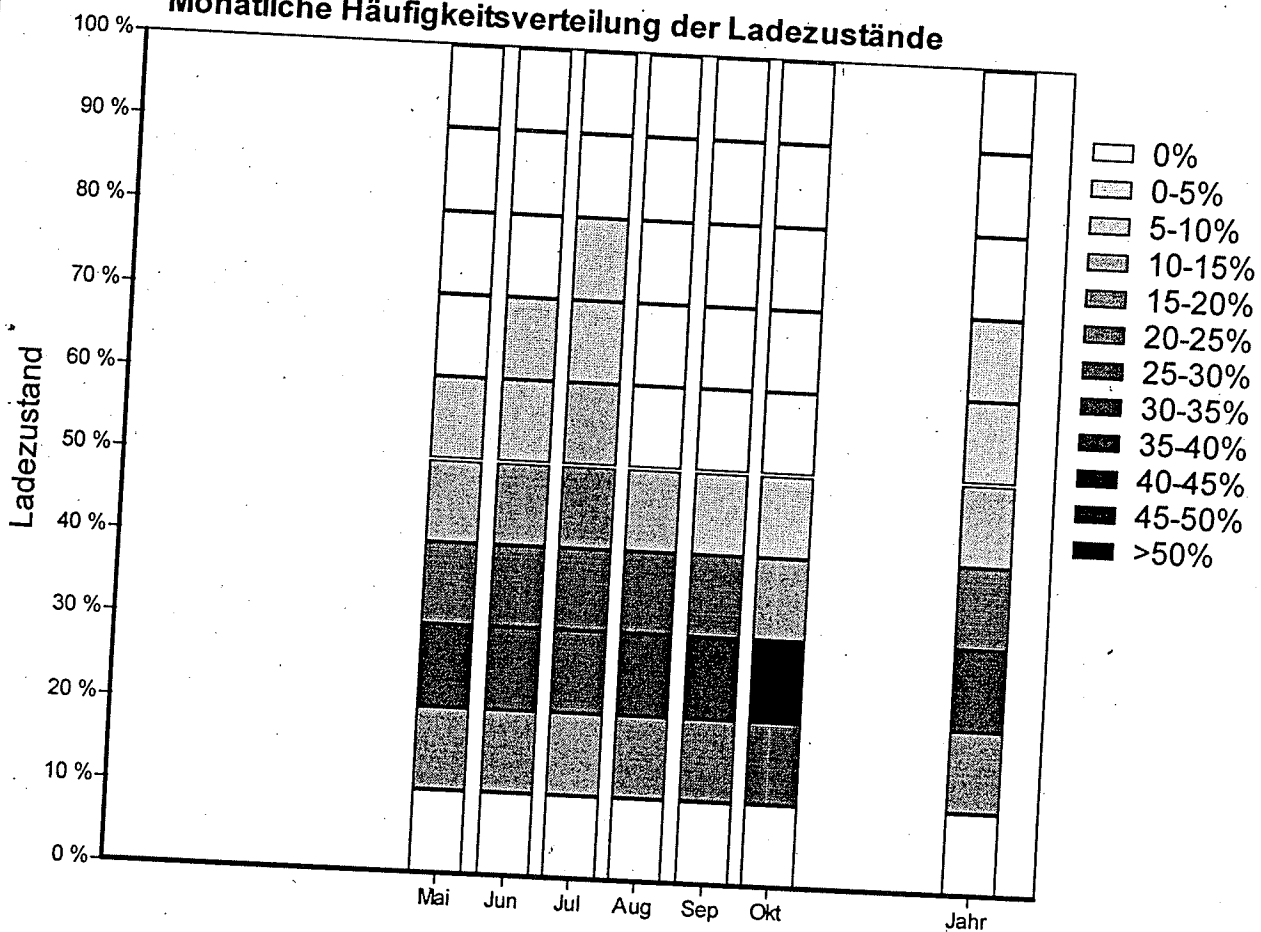
### Standort

Südtirol-BOLZANO, Italy

### Resultate

Batteriespeicher 17.4 kWh  
Entladegrenze 20 %

Monatliche Häufigkeitsverteilung der Ladezustände



## Praktizierter Umweltschutz im Bereich von Hütten und Wegen

### Standardisierungskonzept für Photovoltaik-Anlagen zur Versorgung von Alpenvereinshütten



Winterraum der Breslauer Hütte mit Photovoltaik-Anlage auf dem Dach

Die ersten photovoltaisch versorgten Alpenvereinshütten sind bereits über ein Jahrzehnt in Betrieb. Mit ihnen und den in nachfolgenden Jahren auf weiteren Hütten entstandenen Photovoltaik(PV)-Anlagen konnten zwischenzeitlich vielfältige Betriebserfahrungen gesammelt werden. Diese sind hoch zu bewerten, da die Einsatzorte mit ihren exponierten Lagen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der eingesetzten technischen Produkte stellen.

Ein Standardisierungskonzept, bei dessen Entwicklung qualifizierte Anlagenplaner und -bauer mitgewirkt haben, soll helfen, aus dem umfangreichen Erfolgspotential idealtypische Anlagensysteme zu formulieren. Hierdurch soll die Photovoltaik für ihre künftige Anwendung und Nutzung übersichtlicher, wartungsfreundlicher und noch betriebssicherer werden. Nicht zuletzt konnten durch diese Standardisierungsvorgaben erhebliche Kostensenkungen erreicht werden.

Das Standardisierungskonzept will das in deutschen Fachkreisen vorhandene Wissen über die Planung und den technisch richtigen

Aufbau von PV-Anlagen zur Versorgung von Berghütten zusammenfassen und weitergeben. Hierzu haben die Firmen Ennos GmbH Freiburg, das Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme (ISE) Freiburg, die Isar-Amperwerke München, das Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) und das Institut für Elektrische Energietechnik, Rationelle Energiewandlung (IEE) Kassel, das Solarzentrum Nürnberg, das Technische Büro Becker (TBB) München und Dipl. Ing. Franz Hofmann, München, ihr Wissen in einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhaben zusammengetragen.

#### Definition zukünftiger Anlagenkonzepte

Während in einer kleinen Schutzhütte täglich nur Bruchteile von Kilowattstunden (kWh) benötigt werden, sind für große und ganzjährig bewirtschaftete Hütten auch über 100 kWh pro Tag für die Versorgung bereitzustellen. Es hat sich daher als sinnvoll erwiesen, die Versorgungsaufgaben in die nachfolgenden Anlagen-Kategorien A bis D zu gliedern:

#### Kategorie A (bis 1-kWp-Photovoltaik)

- Selbstversorger-Hütte
- kein Motorgenerator (ausschließlich Versorgung durch PV)
- ohne Seilbahn
- 24-V<sub>DC</sub>-Systemspannung
- nur DC-Beleuchtung, eventuell mit UV-Wasserentkeimung oder Kommunikationseinrichtung

#### Kategorie B (bis 2-kWp-Photovoltaik)

- kleinere Hütte mit Bewirtschaftung
- zusätzlich Motorgenerator bis 5 kVA
- 48-V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung
- Wechselrichter bis 2-kW-Nennleistung
- Nachladung der Batterien über Motorgenerator möglich

#### Kategorie C (bis 5-kWp-Photovoltaik)

- größere Hütte mit Bewirtschaftung
- zusätzlich Motorgenerator bis 20 kVA
- 48-V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung
- Wechselrichter bis 4 kW (eventuell mehrere Wechselrichter)
- Wechselstromnetz
- Nachladung der Batterien über Motorgenerator möglich

#### Kategorie D (über 5-kWp-Photovoltaik)

- große Hütte mit mehreren Drehstromverbrauchern
- Drehstromnetz/Wechselstromnetz
- mehrere Wechselrichter im 3-Phasen-Betrieb oder ein 3-Phasen-Wechselrichter
- 48-V<sub>DC</sub>-Batterie-Nennspannung
- Zusatzstromerzeuger über 20 kVA
- Nachladung der Batterien über Motorgenerator möglich

#### Aufbauhinweise

Für einen problemlosen Anlagenbetrieb sind folgende Hinweise im Aufbau zu beachten:

1. Die gesamte gleichspannungsseitige Installation ist isoliert aufzubauen. Bei einem Isolationsfehler bleibt das System funktionsfähig. Dies erhöht die Verfügbarkeit. Zur Erkennung eines möglichen Isolationsfehlers wird eine Isolationsüberwachung empfohlen.

2. Wegen der Lichtbogengefahr ist bei einer Batterie-Nennspannung ab 48 V bzw. bei Leerlaufspannungen des Solargenerators über 60 V<sub>DC</sub> bei Standard Test Bedingungen (STC) auf der Gleich-

spannungsseite die erd- und kurzschlusssichere Verlegung gefordert. Der Einsatz von Modulen mit der Schutzklasse II ist erst ab einer Leerlaufspannung über 120 V<sub>DC</sub> notwendig.

3. Bei der Parallelschaltung von mehreren Strings mit Modulen, die nicht für Schutzklasse II zertifiziert sind, müssen die Strangleitungen für den gesamten Kurzschlussstrom des Solargenerators ausgelegt werden. Alternativ sind Strangsicherungen einzusetzen.

4. Bei Betrieb eines 12-V-Gerätes (Radio, Funkgerät) sind diese zwingend über einen Spannungswandler mit Potentialtrennung zu betreiben. Da die Antenne geerdet ist, würde dies sonst zu einem Isolationsfehler führen.

5. Aus Gründen der Versorgungssicherheit muß eine Möglichkeit der Direktversorgung des Hausnetzes über den Zusatzgenerator vorgesehen werden. Diese ist bevorzugt durch eine manuelle Umschaltmöglichkeit sicherzustellen.

6. Bei Einsatz von 2 Wechselrichtern mit 2 getrennten Wechselstromnetzen muß eine Trennung der Nulleiter in der Wechselstromverteilung stattfinden. Für jedes Hausnetz ist jeweils ein eigenständiger FI-Schutzschalter einzusetzen.

#### Einzelkomponenten

Im Standardisierungskonzept sind Empfehlungen zu den Einzelkomponenten und deren Einsatz in einer PV-Anlage aufgeführt. Sie sollen Fehler vermeiden und die Zuverlässigkeit der PV-Stromanlagen erhöhen.

Die Einzelkomponenten sind im folgenden:

1. Solargenerator mit Modulen, Generatorunterkonstruktion, Strangverteiler und Leitungen
2. Gleichstromhauptleitung
3. DC-Hauptverteiler
4. Überspannungsschutzkasten (ÜSS)
5. Solarladeregler
6. Batterieanlage
7. Wechselrichter
8. AC-Verteiler
9. Ladegerät
10. Potentialausgleich

Das Standardisierungskonzept für Photovoltaik-Anlagen zur Versorgung von Alpenvereinshütten liegt als gesamtes Werk dem Referat Hütten und Wege vor und kann bei Interesse angefordert werden.

Peter Weber, Referat Hütten und Wege

# A 9 Winddaten des Standortes Rieserferner mit anschließender Berechnung der erzielbaren Leistung

Windmessungen am Standort Rieserferner					
Meßzeitraum: 14.07.-24.08.98					
Meßort: Rieserfernerhütte					
	$V_{mitt.}$	5,93	$V_{mitt.}$	4,73	
	$V_{max}$	14,3	$V_{max}$	15,4	
			$V_{mitt.}$	4,3	
			$V_{max}$	12,9	
Klasse 0	3,5	Klasse 0	5,6	Klasse 0	3,5
Klasse 1	8,1	Klasse 1	11,9	Klasse 1	18,3
Klasse 2	8,5	Klasse 2	10,8	Klasse 2	16,1
Klasse 3	10,7	Klasse 3	15,5	Klasse 3	14,0
Klasse 4	10,4	Klasse 4	14,1	Klasse 4	10,5
Klasse 5	10,2	Klasse 5	10,6	Klasse 5	10,0
Klasse 6	11,8	Klasse 6	10,5	Klasse 6	7,6
Klasse 7	11,9	Klasse 7	8,0	Klasse 7	8,8
Klasse 8	8,5	Klasse 8	5,2	Klasse 8	7,0
Klasse 9	5,3	Klasse 9	3,2	Klasse 9	3,3
Klasse 10	3,6	Klasse 10	2,0	Klasse 10	0,7
Klasse 11	3,9	Klasse 11	0,8	Klasse 11	0,0
Klasse 12	2,6	Klasse 12	1,0	Klasse 12	0,3
Klasse 13	0,8	Klasse 13	0,5	Klasse 13	0,0
Klasse 14	0,2	Klasse 14	0,1	Klasse 14	0,0
Klasse 15	0,0	Klasse 15	0,2	Klasse 15	0,0
Klasse 16	0,0	Klasse 16	0,0	Klasse 16	0,0
Klasse 17	0,0	Klasse 17	0,0	Klasse 17	0,0
Klasse 18	0,0	Klasse 18	0,0	Klasse 18	0,0
Klasse 19	0,0	Klasse 19	0,0	Klasse 19	0,0
Klasse 20	0,0	Klasse 20	0,0	Klasse 20	0,0
Meßdauer	11280 min	Meßdauer	10020 min	Meßdauer	11640 min
Flaute	3808 min	Flaute	710 min	Flaute	610 min
Meßdauer	7,83 Tage	Meßdauer	6,96 Tage	Meßdauer	8,08 Tage
Flaute	2,64 Tage	Flaute	0,49 Tage	Flaute	0,42 Tage

$V_{mitt.}$	2,77		$V_{mitt.}$	3,39		$V_{mitt.}$	1,97	
$V_{max}$	8,6		$V_{max}$	8,8		$V_{max}$	7,3	
Klasse 0	11,5		Klasse 0	20,6		Klasse 0	22,6	
Klasse 1	33,1		Klasse 1	16,2		Klasse 1	34,1	
Klasse 2	18,5		Klasse 2	13,2		Klasse 2	20,9	
Klasse 3	13,1		Klasse 3	16,3		Klasse 3	13,2	
Klasse 4	8,5		Klasse 4	11,4		Klasse 4	7,1	
Klasse 5	6,8		Klasse 5	8,8		Klasse 5	1,5	
Klasse 6	5,3		Klasse 6	2,3		Klasse 6	0,3	
Klasse 7	2,8		Klasse 7	0,4		Klasse 7	0,0	
Klasse 8	0,5		Klasse 8	0,0		Klasse 8	0,0	
Klasse 9	0,0		Klasse 9	0,0		Klasse 9	0,0	
Klasse 10	0,0		Klasse 10	0,0		Klasse 10	0,0	
Klasse 11	0,0		Klasse 11	0,0		Klasse 11	0,0	
Klasse 12	0,0		Klasse 12	0,0		Klasse 12	0,0	
Klasse 13	0,0		Klasse 13	0,0		Klasse 13	0,0	
Klasse 14	0,0		Klasse 14	0,0		Klasse 14	0,0	
Klasse 15	0,0		Klasse 15	0,0		Klasse 15	0,0	
Klasse 16	0,0		Klasse 16	0,0		Klasse 16	0,0	
Klasse 17	0,0		Klasse 17	0,0		Klasse 17	0,0	
Klasse 18	0,0		Klasse 18	0,0		Klasse 18	0,0	
Klasse 19	0,0		Klasse 19	0,0		Klasse 19	0,0	
Klasse 20	0,0		Klasse 20	0,0		Klasse 20	0,0	
Meßdauer	8700	min	Meßdauer	9900	min	Meßdauer	9960	min
Flaute	1280	min	Flaute	770	min	Flaute	1870	min
Meßdauer	6,04	Tage	Meßdauer	6,88	Tage	Meßdauer	6,92	Tage
Flaute	0,89	Tage	Flaute	0,53	Tage	Flaute	1,30	Tage

Gesamtüberblick:						
$V_{\text{mitt.}}$	3,85					
$V_{\text{max}}$	11,22					
Klasse 0	11,22					
Klasse 1	20,28					
Klasse 2	14,67					
Klasse 3	13,80					
Klasse 4	10,33					
Klasse 5	7,98					
Klasse 6	6,30					
Klasse 7	5,32					
Klasse 8	3,53					
Klasse 9	1,97					
Klasse 10	1,05					
Klasse 11	0,78					
Klasse 12	0,65					
Klasse 13	0,22					
Klasse 14	0,05					
Klasse 15	0,03					
Klasse 16	0,00					
Klasse 17	0,00					
Klasse 18	0,00					
Klasse 19	0,00					
Klasse 20	0,00					
Meßdauer	61500 min	1025,00 h		42,71 Tage		
Flaute	9048 min	150,80 h		6,28 Tage		
<b>Umrechnung von % in h</b>						
Klasse 0	114,97 h					
Klasse 1	207,90 h					
Klasse 2	150,33 h					
Klasse 3	141,45 h					
Klasse 4	105,92 h					
Klasse 5	81,83 h					
Klasse 6	64,58 h					
Klasse 7	54,50 h					
Klasse 8	36,22 h					
Klasse 9	20,16 h					
Klasse 10	10,76 h					
Klasse 11	8,03 h					
Klasse 12	6,66 h					
Klasse 13	2,22 h					
Klasse 14	0,51 h					
Klasse 15	0,34 h					
Klasse 16	0,00 h					
Klasse 17	0,00 h					
Klasse 18	0,00 h					
Klasse 19	0,00 h					
Klasse 20	0,00 h					

### Leistungskennlinie eines Windgenerators am Standort Rieserferner

$\rho_{\text{Luft}} =$	1,2	kg/m <sup>3</sup>	Faktor zur Höhenkorrektur $a =$	0,28	$a = 0,16$ glattes Gelände
Rotor-Durchmesser:	1,65	m			0,28 wenig Hindernisse
					0,4 hohe Hindernisse
cpGenerator:	23	% (max=59.3 !)	Nabenhöhe	12,25	m
	(Angabe/Schätzung)				

Geschw. m/s	Leistung [kW]	h/Meßzeit	%	Energie [kWh]	korr. Geschw m/s	Leistung [kW]	Energie [kWh]
0	0,00	114,97	11,42	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	207,90	20,66	0,06	1,06	0,00	0,07
2	0,00	150,33	14,94	0,35	2,12	0,00	0,42
3	0,01	141,45	14,06	1,13	3,18	0,01	1,34
4	0,02	105,92	10,52	2,00	4,23	0,02	2,37
5	0,04	81,83	8,13	3,02	5,29	0,04	3,58
6	0,06	64,58	6,42	4,11	6,35	0,08	4,88
7	0,10	54,50	5,42	5,51	7,41	0,12	6,54
8	0,15	36,22	3,60	5,47	8,47	0,18	6,49
9	0,22	20,16	2,00	4,33	9,53	0,25	5,14
10	0,29	10,76	1,07	3,17	10,58	0,35	3,76
11	0,39	8,03	0,80	3,15	11,64	0,47	3,74
12	0,51	6,66	0,66	3,40	12,70	0,60	4,03
13	0,65	2,22	0,22	1,44	13,76	0,77	1,71
14	0,81	0,51	0,05	0,41	14,82	0,96	0,49
15	1,00	0,34	0,03	0,34	15,88	1,18	0,40
16	1,21	0,00	0,00	0,00	16,94	1,43	0,00
17	1,45	0,00	0,00	0,00	17,99	1,72	0,00
			100,00				

$\Sigma$  1006,38 Stunden  $\Sigma$  37,90 kWh/Meßzeit  $\Sigma$  44,95 kWh/Meßzeit

entspricht 41,93 Tage  $\Rightarrow$  1,07 kWh/Tag

Hütte geöffnet an: 165 Tagen/Saison  $\Rightarrow$  176,87 kWh/Saison

Möglicher Energieertrag bei Einsatz eines fit-300-Generators



# Strom und Wasser sparen lohnt sich

## Besonders sparsame Haushaltsgeräte 1999

Eine Verbraucherinformation

Kühl- und Gefriergeräte, Wasch- und Spülmaschinen sowie Wäschetrockner sind Anschaffungen für viele Jahre. Neben guter Leistung sollen sie vor allem zuverlässig sein und eine lange Lebensdauer haben. Außerdem sollen sie sparsam sein. Ein niedriger Strom- oder Wasserverbrauch bewirkt nicht nur weniger Umweltbelastung, sondern spart auch Betriebskosten. Bei vielen Geräten sind die Betriebskosten in ihrer Lebensdauer deutlich höher als ihr Kaufpreis. Besonders sparsame Geräte können deshalb im Lauf der Jahre wesentlich mehr an Strom- und Wasserkosten einsparen, als sie bei der Anschaffung teurer sind.

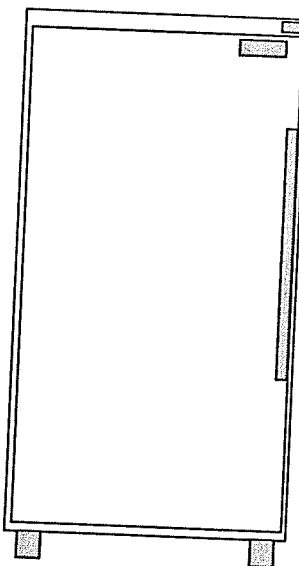
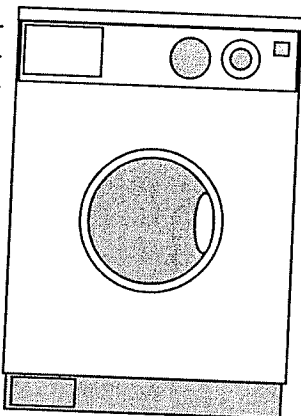
In Deutschland werden 1999 im Handel etwa 2300 Kühl- und Gefriergeräte, 680 Waschmaschinen, 530 Spülmaschinen, 200 Wäschetrockner und 75 Waschtrockner angeboten. Darunter gibt es einige besonders sparsame Modelle, viele mit mittleren und ebenfalls viele mit sehr hohen Strom- und Wasserverbräuchen.

Die Verbrauchsunterschiede erscheinen oft als "Stellen hinter dem Komma". Man sollte sich aber nicht täuschen: Bei Waschmaschinen kostet jede halbe Kilowattstunde Stromverbrauch pro Wäsche in 15 Jahren 351 DM,

und ein um 20 Liter höherer Wasserverbrauch kostet in 15 Jahren vermeidbare 374 DM. Tischkühlschränke ohne

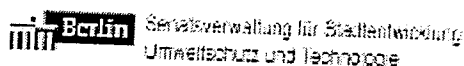
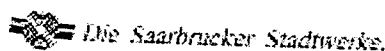
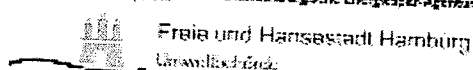
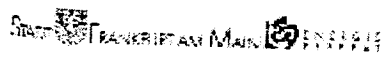
Sternfach verbrauchen z.B. zwischen 0,29 und 0,81 kWh pro Tag. Diese Differenz von 0,52 kWh pro Tag macht in 15 Jahren 854 DM zusätzliche Stromkosten aus. Das ist wesentlich mehr als die ca. 300 DM, die ein besonders sparsames Gerät beim Kauf mehr kostet.

In diesem Falblatt sind besonders sparsame Modelle üblicher Bauarten und Größenklassen zusammengestellt. Es soll Menschen, die auf niedrigen Strom- und Wasserverbrauch achten wollen, als Orientierung beim Gerätekauf dienen.



Sparsamkeit und Euro-Label	Seite	2
Kühlschränke	Seite	3
Gefriergeräte	Seite	9
Waschmaschinen	Seite	11
Waschtrockner	Seite	12
Trockner	Seite	13
Spülmaschinen	Seite	14
Impressum / Erläuterungen	Seite	16

Die Erarbeitung dieses Falblatts wurde finanziert durch:



## Effizienz beim Kühlen, Waschen, Spülen und Trocknen. Was sagen die EURO-Label aus?

Gefriergeräte, Waschmaschinen, Trockner oder Spülmaschinen ohne Taschenrechner und Rechenanleitung auf Anhieb erkennen zu können. Selbst mit Verbrauchsangaben ist es oft schwierig, Geräte unterschiedlicher Bauart, Größe oder Leistung zu vergleichen. Das Euro-Label ist hierfür eine scheinbar einfache Lösung. Es besteht nur aus einem einzigen Buchstaben zwischen **A** und **G**. **A**-Geräte sollen außerordentlich sparsam sein, **G**-Geräte dagegen grauenvoll verschwenderisch und solche mit **B** bis **F** liegen irgendwo dazwischen.

Daß **A** sparsamer ist als **B**, gilt allerdings nur, wenn man Geräte gleicher Bauart vergleicht. Vergleicht man bei **Kühl- und Gefriergeräten** jedoch z.B. Kühlschränke ohne Sternefach mit welchen mit (\*/\*\*\*)-Fach oder Gefrierschränke mit Gefriertruhen, hilft es nicht. Denn die Anforderungen an die ABC-Abstufung sind je nach Geräteart verschieden. Mancher **B**-Gefrierschrank braucht mehr Strom als eine **D**-Truhe gleicher Größe. Innerhalb der **A**-Gruppe gibt es auch oft eine große Bandbreite von Verbräuchen. Mit **A** dürfen sich nämlich alle schmücken, die weniger als 55 Prozent des marktdurchschnittlichen Verbrauches ihrer Bauart verbrauchen. Es genügt also nicht, nur auf **A** zu achten; man muß auch innerhalb der **A**-Klasse noch schauen, welche Geräte besonders sparsam sind.

Energie Waschmaschine	
Hersteller Modell	
Niedriger Energieverbrauch	<b>A</b>
Hoher Energieverbrauch	X.YZ
Washwirkung	AB CDEFG
Schleudervirkung	AB CDEFG
Schleuderkraft (U/min)	1100
Füllmenge kg	xy
Wasserverbrauch l	xyz
Geräusch (dB(A))	xy
Waschen	xyz
Schleudern	

Euro-Label für Waschmaschinen

Bei **Waschmaschinen** gibt es ein dreifaches **A...G** Euro-Label: für den Energieverbrauch, die Washwirkung und die Schleudervirkung. Der Wasserverbrauch wird hingegen nicht gewürdigt, sondern lediglich in Litern angegeben. Gute Geräte sollten wenig Energie brauchen und sauber waschen. Eine gute Schleudervirkung ist wichtig, wenn die Wäsche im Trockner getrocknet wird, da sie den Stromverbrauch fürs Trocknen senkt.

Bei **Wäschetrocknern** unterscheidet das Euro-Label zwischen Abluft- und Kondensationstrocknern. Ablufttrockner pusten die feuchte Luft über einen Schlauch nach draußen, während Kondensationstrockner die Feuchtigkeit an kalten Flächen auskondensieren lassen und in einem Auffangbehälter sammeln und keinen Luftschlauch nach außen benötigen. Kondensationstrockner brauchen etwas mehr Strom. Alle normalen Abluft- oder Kondens-Trockner erreichen derzeit nur die Energieeffizienzklassen **C** oder schlechter. Besonders sparsam entsprechend **A** sind nur wenige Trockner mit andersartiger Trockentechnik wie Gasbeheizung, Wärmepumpe oder mit reinem Kaltluftbetrieb.

Bei **Waschtrocknern** (= Waschmaschinen, die auch Trocknen) bewertet das Euro-Label die Energieeffizienz anhand des Gesamt-Stromverbrauch für Waschen und Trocknen mit **A...G** und daneben die Washwirkungsklasse mit **A...G**. Der bei vielen Geräten recht hohe Gesamt-Wasserverbrauch für das Waschen und für das mittels Wasserkühlung erfolgende Kondens-Trocknen wird dagegen nur in Litern angegeben. Auf den Wasserverbrauch muß man daher gesondert achten, zumal die Kühlwasserverbräuche allein für das Trocknen von 5 kg Wäsche zwischen 18 und 80 (!) Litern liegen.

Bei **Spülmaschinen** sind Euro-Label ab Herbst 1999 Pflicht. Sie enthalten separate **A...G**-Werte für die Energieeffizienz, für die Reinigungswirkung und für die Trocknungswirkung. Auch hier wird der Wasserverbrauch nicht mit **A..G** bewertet, sondern nur in Litern angegeben. Anders als bei Waschmaschinen können sich hier die Hersteller das deklarierte Spülprogramm frei aussuchen. Insofern sollte man hier außer auf die Energieeffizienz immer auch auf die gute Reinigungswirkung achten.

Viele Verbraucher wünschen sich ein möglichst einfaches Hilfsmittel, um stromsparende Kühl- und

Energie	
Hersteller Modell	
Niedriger Verbrauch	<b>A</b>
Hoher Verbrauch	XYZ
Energieverbrauch kWh/Jahr	XYZ
Nutzhalt Kühleinl Nutzhalt Gefriereteil	xyz xyz
Geräusch	xyz

Euro-Label für Kühl- und Gefriergeräte

Energie Trockner	
Hersteller Modell	
Niedriger Energieverbrauch	<b>A</b>
Hoher Energieverbrauch	X.YZ
Energieverbrauch kWh/Trockenprogramm	X.YZ
Füllmenge kg	X.Y
Ablufttrockner	
Kondensationstrockner	←
Geräusch (dB (A))	xyz

Euro-Label für Trockner

## Besonders sparsame Kühlschränke ohne Sternefach

### Tisch-/Unterbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b>									
Quelle Privileg 155 (04 52 35)									
Bosch KTR 1670	150	0,29	105,9	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	ohne	476,-
Siemens KT 16 RS0	153	0,31	113,2	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	61,0	ohne	509,-
AEG Öko Santo S.1669 TK/ 1673TK/ 1683TK/ 1689 TK	150	0,35	128,1	A	85,0	60,0	60,0	ohne	577,-
Blomberg KT 11600	150	0,35	128,1	A	85,0	60,0	60,0	ohne	577,-
Electrolux ER 6637 T	150	0,35	128,1	A	85,0	59,5	60,0	ohne	577,-
Zanussi ZFT 165 RM	150	0,35	128,1	A	85,0	59,5	60,0	ohne	577,-
Liebherr KTe 1840	174	0,42	152,9	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	62,0	ohne	688,-
Miele K 2316 S	174	0,42	153,3	A	85,0	56,0	60,0	ohne	690,-
<b>Mittlerer Verbrauch (115 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,53	192,3	--	--	--	--	--	865,-
	--	0,81	295,7	E	--	--	--	--	1330,-

### Standgeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b>									
Bosch KDR 4000									
Siemens KD 40R00	381	0,35	128,1	A	195,0	66,0	66,0	ohne	577,-
Quelle Privileg 275 (05 90 42)	381	0,35	128,1	A	195,0	66,0	66,0	ohne	577,-
Foron KS 2672 R	260	0,35	128,1	A	160,0	60,0	60,0	ohne	577,-
Quelle Privileg 319 (05 89 98)	239	0,36	129,9	A	122,0	76,0	76,0	ohne	585,-
	305	0,37	135,1	A	180,0	60,0	60,0	ohne	608,-
<b>Mittlerer Verbrauch (85 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,54	196,9	--	--	--	--	--	886,-
	--	1,10	401,5	D	--	--	--	--	1807,-

(1) Tischgerät unterbaufähig, nach Abnahme der Arbeitsplatte 82 cm hoch.

## Im Kühlen am sparsamsten

Auf den Stromverbrauch von Kühl- und Gefriergeräten wirken sich die Gerätetechnik, die Isolation des Gehäuses und die Effizienz des Kälteaggregats sowie der Aufstellort und die Art der Benutzung aus. Grundsätzlich gilt die Aussage "je kühler der Aufstellort, desto geringer der Energieverbrauch", wobei man allerdings die Klimaklasse des Gerätes beachten muß. Geräte der Klimaklasse N sind für Umgebungstemperaturen von 16°C bis 32°C, Geräte der Klimaklasse SN für 10°C bis 32°C ausgelegt. Die untere Temperatur der Klimaklasse sollte nicht unterschritten werden, da der Geräte-Thermostat sonst unkorrekt arbeitet und die Innentemperatur wie auch der Stromverbrauch stärker schwanken als beabsichtigt. Bei Geräten, die im kalten Keller oder in einem Nebenraum mit weniger als 16°C Raumtemperatur aufgestellt werden sollen, sollte daher auf Klimaklasse SN geachtet werden. Bei höheren Umgebungstemperaturen als vorgesehen nimmt der Stromverbrauch teils sehr stark zu. Aufstellplätze neben Herd, Spülmaschine, Heizung oder mit direkter Sonnenbestrahlung sind daher ungünstig.

Wichtig ist auch, daß viel Luft an die wärmetauschenden Flächen des Gerätes gelangen kann, die meist hinten, manchmal aber auch seitlich liegen. Dafür müssen ausreichend bemessene Lüftungsöffnungen oben und unten vorgesehen und freigehalten werden.

Den nutzungsbedingten Stromverbrauch kann man dadurch gering halten, daß man die Türe möglichst selten öffnet und Speisen erst nach dem Abkühlen in das Gerät hineinstellt. Dadurch gelangt auch weniger feuchtwarme Raumluft bzw. Wasserdampf in das Gerät, so daß seltener abgetaut werden muß.

# Besonders sparsame Kühlschränke ohne Sternfach

## Einbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom- Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Einbau-Unterbaugeräte<sup>(1)</sup></b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
AEG Öko-Santo 1544 iU	140	0,37	134,0	A	82,0	60,0	57,0	ohne	603,-
Juno JKU 6035	139	0,37	134,0	A	82,0	60,0	55,0	ohne	603,-
Seppelfricke UKSI 140.20	139	0,37	134,0	A	82,0	60,0	55,0	ohne	603,-
<b>Mittlerer Verbrauch (35 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,52	191,0	--	--	--	--	--	959,-
	--	0,70	255,9	C	--	--	--	--	1151,-
<b>Einbaugeräte, 83 cm hoch</b>									
<b>Besonders sparsam: kein Gerät <sup>(2)</sup></b>									
<b>Mittlerer Verbrauch (2 Modelle):</b>									
	--	0,57	207,1	--	--	--	--	--	932,-
<b>Einbaugeräte, 89 cm hoch</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Imperial KIL 3140 E	131	0,28	102,2	A	87,0	55,7	54,4	ohne	460,-
Bosch KFR 1840 / KFR 7040	150	0,37	135,1	A	88,0	56,0	55,0	ohne	608,-
Bosch KIR 1840 / 1874 / 7040	150	0,37	135,1	A	88,0	56,0	55,0	ohne	608,-
Gaggenau IK 411-115	150	0,37	135,1	A	87,4	53,8	53,3	ohne	608,-
Küppersbusch IKE 179-4	150	0,37	135,1	A	87,4	53,8	53,3	ohne	608,-
Miele K 521 E / K 521 i	150	0,37	135,1	A	88,0	56,0	55,0	ohne	608,-
Neff KI 121 / KI 125	150	0,37	135,1	A	87,6	53,8	53,3	ohne	608,-
Siemens KF 18R40 / KF 18RF4	150	0,37	135,1	A	88,0	56,0	55,0	ohne	608,-
Siemens KI 18R40 / 18R74 / 18RF4	150	0,37	135,1	A	88,0	56,0	55,0	ohne	608,-
Küppersbusch IKE 169-4	155	0,37	136,2	A	87,3	55,7	54,5	ohne	613,-
<b>Mittlerer Verbrauch (105 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,50	183,0	--	--	--	--	--	823,-
	--	0,75	274,1	D	--	--	--	--	1234,-
<b>Einbaugeräte, 103 cm hoch</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Imperial KIL 3160 E	154	0,28	102,2	A	102,2	55,7	54,4	ohne	460,-
<b>Mittlerer Verbrauch (34 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,47	171,3	--	--	--	--	--	771,-
	--	0,68	248,9	C	--	--	--	--	1120,-
<b>Einbaugeräte, 124 cm hoch</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
AEG Öko Santo 1872 i	168	0,24	88,0	A	123,0	56,0	55,0	ohne	396,-
Imperial KIL 3200 E	191	0,32	116,8	A	121,6	55,7	54,4	ohne	526,-
Küppersbusch IKE 239-4	219	0,40	144,2	A	122,1	55,7	54,5	ohne	649,-
<b>Mittlerer Verbrauch (57 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
	--	0,51	185,3	--	--	--	--	--	834,-
	--	0,79	288,0	C	--	--	--	--	1296,-
<b>Einbaugeräte, 140 cm hoch</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Liebherr Kle 2860	261	0,46	167,2	A	139,7	57,0	55,0	ohne	752,-
Miele K 851 i	261	0,46	167,9	A	139,7	56,0	55,0	ohne	756,-
<b>Mittlerer Verbrauch (5 Modelle):</b>									
		0,65	237,5	--	--	--	--	--	1069,-

(1) Unterbaugerät mit eigenem Sockel, das mit einer Möbelfront versehen werden muß.  
(2) Einbaugeräte (89 cm) oder Tisch-/Unterbaugeräte gleicher Höhe sind sparsamer.

## Besonders sparsame Kühlschränke mit (\*\*\*)- oder (\*/\*\*\*)-Fach (-18°C)

<u>Tisch-/Unterbaugeräte</u>											
Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b>											
Quelle Privileg 150 (04 52 45)	140	122	18	0,39	142,0	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	ohne	639,-
AEG Öko-Santo S. 1573 TK / 1579 TK	144	125	19	0,46	167,9	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	ohne	756,-
AEG Öko-Santo S. 1583 TK / 1589 TK	144	125	19	0,46	167,9	A	85,0	60,0	60,0	ohne	756,-
Blomberg KT 11500	144	125	19	0,46	167,9	A	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	ohne	756,-
<b>Mittlerer Verbrauch (123 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	0,67	245,8	--	--	--	--	--	1106,-
	--	--	--	1,04	379,6	F	--	--	--	--	1708,-

<u>Standgeräte</u>											
Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b>											
Zanussi ZA 23	216	199	17	0,52	189,8	A	140,0	59,5	60,0	ohne	854,-
AEG Öko-Santo 2373 KA	216	199	17	0,52	190,2	A	140,0	60,0	60,0	ohne	856,-
Quelle Privileg 225	216	199	17	0,52	190,2	A	140,0	60,0	60,0	ohne	854,-
Liebherr KS 2444	223	192	31	0,66	240,2	A	125,0	60,0	63,1	ohne	1081,-
Liebherr KS 2944	273	242	31	0,78	284,0	A	144,7	60,0	63,1	ohne	1278,-
<b>Mittlerer Verbrauch (36 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	0,73	267,9	--	--	--	--	--	1205,-
	--	--	--	0,95	346,0	C	--	--	--	--	1557,-

(1) Tischgerät unterbaufähig, nach Abnahme der Arbeitsplatte 82 cm hoch.

### Wieviel Sterne wofür?

In Kühl- und Gefriergeräten gibt es sieben verschiedene Temperaturzonen, die sich für das Kühlen, Lagern oder Gefrieren unterschiedlicher Lebensmittel eignen. Das **klassische Kühlfach mit +5°C** Innentemperatur hält Milchprodukte, Wurst und Käse einige Tage frisch. Es werden auch Geräte angeboten, die zusätzlich oder an Stelle des Kühlfachs als **Sonderfächer ein Kellerfach mit +8°C bis +14°C** und/oder ein **Frischfach mit ca. 0°C** haben. Diese Fächer haben bei verschiedenen Herstellern unterschiedliche Namen, die leicht zu Verwechslungen führen. Fragen Sie deshalb nach den tatsächlichen Temperaturen dieser Fächer. Ob solche Fächer für einen Hausgewohnheiten ab. Ein Kellerfach eignet sich besonders zur Lagerung von Obst und Gemüse und zur Getränke Kühlung. Das Frischfach, das von manchen Herstellern auch Kaltlagerfach genannt wird, eignet sich besonders zum vorübergehenden Lagern von Fleisch, Wurst, Pilzen und Waldfrüchten. Da die Gezonengeräte im Regelfall höhere Stromverbräuche als klassische reine Kühlschränke, Kühlschränke mit (\*\*\*)-Fach, (\*\*\*/\*)-Fach oder Kühl-Gefrier-Kombinationen.

Neben den Kühl- und Sonderfächern gibt es **Eis- und Sternefächer** mit einem bis vier Sternen. **Eisfächer** sind oft nicht genau definiert. Sofern sie keine (\*) Bezeichnung haben, sollte man davon ausgehen, daß sie im Bereich um 0° liegen. Sie eignen sich somit nicht zum Lagern, schon gar nicht zum Einfrieren von Tiefkühlkost. **(\*)-Fächer mit -6°C** Innentemperatur und **(\*\*)-Fächer mit -12°C** Innentemperatur eignen sich zum kurzfristigen Lagern von Tiefkühlkost vor dem Verbrauch im Zeitraum von einem bis mehreren Tagen. Frische Kost einfrieren kann man mit Ihnen nicht. Wer Gefriergut länger lagern will, benötigt mindestens ein **(\*\*\*)-Fach mit -18°C** oder ein **(\*/\*\*\*)-Fach mit ebenfalls -18°C**. Der Unterschied zwischen (\*\*\*)- und (\*/\*\*\*)-Fächern liegt dabei nicht in der Temperatur, sondern im Gefriervermögen. Nur (\*/\*\*\*)-Fächer können frische Ware ausreichend schnell einfrieren, ohne daß das bereits Gefrorene antaut. Beachten Sie hierbei die Herstellerangabe zum Gefriervermögen in kg pro Tag.

# Besonders sparsame Kühlschränke mit (\*\*\*)- oder (\*/\*\*\*)-Fach (-18°C)

## Einbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Einbau-Unterbaugeräte<sup>(1)</sup></b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
AEG Öko-Santo 1444 iU	122	105	17	0,51	186,9	A	82,0	60,0	57,0	ohne	841,-
Seppelfricke UKSI 134.20	122	105	17	0,51	186,9	A	82,0	60,0	55,0	ohne	841,-
Juno JKU 6435	121	104	17	0,51	186,9	A	82,0	60,0	55,0	ohne	841,-
<b>Mittlerer Verbrauch (32 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>											
	--	--	--	0,71	259,7	--	--	--	--	--	1169,-
	--	--	--	1,12	408,8	C	--	--	--	--	1840,-
<b>Einbaugeräte. 83 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam: kein Gerät<sup>(2)</sup></b>											
<b>Mittlerer Verbrauch (2 Modelle):</b>											
	--	--	--	0,80	291,8	--	--	--	--	--	1313,-
<b>Einbaugeräte. 89 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
Bauknecht KVIC 1356 / 2	136	118	18	0,51	186,2	A	87,4	57,0	55,0	ohne	838,-
<b>Mittlerer Verbrauch (91 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>											
	--	--	--	0,65	235,8	--	--	--	--	--	1061,-
	--	--	--	0,88	321,2	C	--	--	--	--	1445,-
<b>Einbaugeräte. 103 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
Imperial KIL 3144 E	139	124	15	0,47	171,6	A	102,2	55,7	54,4	ohne	772,-
Körting KCI 1040	137	120	17	0,50	182,9	A	102,5	57,0	55,0	ohne	823,-
Bauknecht KVIC 1659 / 2	161	143	18	0,51	186,2	A	102,1	57,0	55,0	ohne	838,-
<b>Mittlerer Verbrauch (24 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>											
	--	--	--	0,64	232,3	--	--	--	--	--	1046,-
	--	--	--	0,91	332,9	B	--	--	--	--	1498,-
<b>Einbaugeräte. 124 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
AEG Öko-Santo 1672 i	145	128	17	0,42	152,9	A	122,0	56,0	55,0	ohne	688,-
Imperial KIL 3184 E	174	155	19	0,54	197,1	A	121,6	55,7	54,4	ohne	887,-
EBD EKS 2203 I (***)	195	175	20	0,63	230,0	B	122,5	54,0	55,0	ohne	1035,-
Bauknecht KVIC 2059 / 2	202	184	18	0,64	234,0	A	122,1	57,0	55,0	ohne	1053,-
<b>Mittlerer Verbrauch (68 Modelle):</b>											
<b>Hoher Verbrauch:</b>											
	--	--	--	0,76	275,5	--	--	--	--	--	1240,-
	--	--	--	1,14	416,1	E	--	--	--	--	1872,-
<b>Einbaugeräte. 140 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam: kein Gerät<sup>(2)</sup></b>											
<b>Mittlerer Verbrauch (3 Modelle):</b>											
	--	--	--	0,76	277,2	--	--	--	--	--	1247,-
<b>Einbaugeräte. 160 cm / 180 cm hoch</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
Siemens KI 26V74	253	209	44	0,78	285,1	A	159,0	56,0	55,0	ohne	1283,-
<b>Mittlerer Verbrauch (160 cm / 4 Modelle):</b>											
<b>Mittlerer Verbrauch (180 cm / 4 Modelle):</b>											
	--	--	--	0,99	361,7	--	--	--	--	--	1628,-
	--	--	--	1,24	451,4	--	--	--	--	--	2031,-

(1) Unterbaugerät mit eigenem Sockel, das mit einer Möbelfront versehen werden muß.  
 (2) Vergleichbare Geräte anderer Bauformen oder ähnlicher Größen sind deutlich sparsamer

# Besonders sparsame Kühl-Gefrier-Kombinationen<sup>(1)</sup>

<u>Tisch-/Unterbaugeräte</u>										
Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b> Quelle (17 48 64)	140	122	18	0,69	251,9	B	85,0 <sup>(2)</sup>	60,0	60,0	ohne 1133,-
<b>Mittlerer Verbrauch</b> (4 Modelle):	--	--	--	1,07	391,5	--	--	--	--	1762,-

<u>Standgeräte</u>										
Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Bis 200 Liter:</b>										
<b>Besonders sparsam:</b> Liebherr KD 2142	193	153	40	0,72	262,1	A	130,0	55,3	61,5	ohne 1179,-
AEG Öko-Santo 2143 DT	195	151	44	0,72	263,2	A	124,0	54,0	57,0	ohne 1184,-
<b>Mittlerer Verbrauch</b> (23 Modelle):	--	--	--	0,89	323,7	--	--	--	--	1457,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	1,06	386,9	C	--	--	--	1741,-
<b>201-250 Liter:</b>										
<b>Besonders sparsam:</b> AEG Öko-Santo S. (2273 / 2279) DT	209	165	44	0,70	255,9	A	136,0	60,0	60,0	ohne 1151,-
Forn KV 2246 E	219	187	32	0,74	270,1	A	142,5	60,0	65,0	ohne 1215,-
Quelle Privileg 245 (04 52 50)	241	197	44	0,75	274,1	A	154,0	60,0	60,0	ohne 1234,-
Bosch KKE 2601	244	190	54	0,77	281,1	A	155,0	66,0	62,0	ohne 1265,-
Siemens KK 26E01	244	190	54	0,77	281,1	A	155,0	66,0	62,0	ohne 1265,-
<b>Mittlerer Verbrauch</b> (125 Modelle):	--	--	--	1,01	370,3	--	--	--	--	1666,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	1,30	474,5	C	--	--	--	2135,-
<b>250-400 Liter</b>										
<b>Besonders sparsam:</b> Quelle Privileg 313 (04 52 10) <sup>(3)</sup>	287	190	97	0,60	219,0	A	200,0	60,0	60,0	ohne 986,-
Küppersbusch KE 320-4-2 T	280	190	90	0,73	265,0	A	175,0	66,0	62,0	ohne 1192,-
Electrolux ER 8195 B	285	188	97	0,83	301,9	A	180,0	59,5	60,0	ohne 1358,-
Quelle Privileg 313 (05 90 44)	287	190	97	0,85	309,9	A	200,0	60,0	60,0	ohne 1394,-
Quelle Privileg 305 (02 53 52)	289	212	77	0,85	309,9	A	185,0	60,0	60,0	ohne 1394,-
Bosch KKE 3601	327	237	90	0,88	320,8	A	195,0	66,0	62,0	ohne 1444,-
Siemens KK 36E01	327	237	90	0,88	320,8	A	195,0	66,0	62,0	ohne 1444,-
<b>Mittlerer Verbrauch</b> (329 Modelle):	--	--	--	1,22	445,7	--	--	--	--	2005,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	2,35	858,1	F	--	--	--	3862,-

(1) Kühl-Gefrier-Kombinationen sind Geräte mit Kühlfach und (\*/\*\*/\*\*\*\*)-Fach sowie evtl. Keller- oder Frischfach.  
 (2) Tischgerät unterbaufähig, bei abgenommener Arbeitsplatte 82 cm hoch.  
 (3) Gerät mit Vakuumisolierung und zwei getrennten Kompressoren.

## Abtauen, No-Frost, oder Low-Frost

In Kühl- und Gefriergeräten bildet sich Eis, wenn feuchte Luft beim Öffnen einströmt oder feuchte Speisen eingelagert werden. Wenig Eis schadet nicht, doch viel Eis erhöht den Stromverbrauch. Dann muß abgetaut werden. **No-Frost-Geräte** verhindern die Eisbildung durch permanenten Luftstrom mit einem kleinen Gebläse. Dies ist komfortabel, benötigt aber für den Ventilator 10 bis 30 Prozent mehr Strom. **Low-Frost-Geräte** mit einem Trockenluft-Sack verringern ohne zusätzlichen Stromverbrauch das Einsaugen von Außenluft bzw. das Herausdrücken von Innenluft während der Temperaturwechsel.



# Besonders sparsame Kühl-Gefrier-Kombinationen

## Einbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Kühl Fach (+5°C) (Liter)	Gefrier Fach (-18°C) (Liter)	Strom Verbr. (kWh/ Tag)	Strom Verbr. (kWh/ Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>123 cm hoch</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Bosch KIL 18D1	170	147	23	0,50	182,9	A	119,0	66,0	55,0	ohne 823,-
Bosch KIL 2440 / 2460 / 2474 / 7240	200	183	17	0,65	236,9	A	123,0	56,0	55,0	ohne 1066,-
Neff KD 340	200	183	17	0,65	236,9	A	123,0	56,0	55,0	ohne 1066,-
Siemens KI 24L60 / 24LF4 / 24L70 / 24L74	200	183	17	0,65	236,9	A	123,0	56,0	55,0	ohne 1066,-
AEG Öko-Santo 2242 i	213	167	46	0,76	277,0	A	122,1	56,0	55,0	ohne 1066,-
<b>Mittlerer Verbrauch (36 Modelle):</b>	--	--	--	0,86	313,5	--	--	--	--	1411,-
<b>Hoher Verbrauch</b>	--	--	--	1,15	420,1	C	--	--	--	1891,-
<b>140 cm hoch</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
IAR Siltal FI 9254	216	170	46	0,77	280,0	A	138,5	54,0	54,1	ohne 1260,-
<b>Mittlerer Verbrauch (3 Modelle):</b>	--	--	--	1,04	378,3	--	--	--	--	1702,-
<b>160 cm hoch</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Neff KT 421	225	181	44	0,75	273,8	A	145,0	53,8	53,3	ohne 1232,-
Bosch KIV 2474 / Siemens KI 24V74	225	181	44	0,75	274,1	A	145,0	56,0	55,0	ohne 1234,-
Neff KT 441	253	209	44	0,78	284,7	A	158,5	53,8	53,3	ohne 1281,-
Bosch KIV 2674	253	209	44	0,78	285,1	A	159,0	56,0	55,0	ohne 1283,-
IAR Siltal FI 9304	256	210	46	0,78	286,2	A	158,5	54,0	54,1	ohne 1288,-
<b>Mittlerer Verbrauch (61 Modelle):</b>	--	--	--	1,08	392,3	--	--	--	--	1765,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	1,32	482,2	C	--	--	--	2170,-
<b>180 - 200 cm hoch</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Liebherr KIK 3163	279	237	42	0,83	303,0	A	177,2	57,0	55,0	ohne 1363,-
AEG Öko-Santo S.2972i / Blomberg KFI 52900	280	210	70	0,86	313,9	A	177,5	56,0	55,0	ohne 1413,-
Quelle Matura 8295i (18 55 11)	280	210	70	0,86	313,9	A	178,0	56,0	55,0	ohne 1413,-
Juno JKG 7400	293	216	77	0,90	328,1	A	175,0	59,5	60,0	ohne 1477,-
Neff KI 732	310	236	74	0,90	328,5	A	197,4	66,0	55,0	ohne 1478,-
Bosch KIE 32D1 / Siemens KI 32ED1	310	236	74	0,90	328,9	A	198,0	66,0	55,0	ohne 1480,-
Gaggenau IC 970-132	310	236	74	0,90	328,9	A	196,0	65,5	54,2	ohne 1480,-
<b>Mittlerer Verbrauch (65 Modelle):</b>	--	--	--	1,14	414,8	--	--	--	--	1867,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	1,80	657,0	D	--	--	--	2957,-

## Gefriertruhe, Gefrierschrank, oder Gefrierkombination ?

Um Lebensmittel einzufrieren oder zu lagern, gibt es verschiedene Geräte. Jedes hat Vor- und Nachteile.

**Truhen** sind geräumig und verbrauchen wenig Strom. Ihr Deckel schließt mit eigenem Gewicht. Deshalb kann auch durch mürbe Dichtungen kaum Kälte ausströmen. Sie benötigen viel Stellfläche.

**Gefrierschränke** passen eher in eine Küche. Schubladen erleichtern die geordnete Lagerhaltung und lassen sich leicht befüllen. Ihr Stromverbrauch ist bei gleichem Volumen höher als bei Truhen.

**Kombinierte Kühl- und Gefriergeräte** gibt es mit Gefriervolumina von 35 bis 130 Litern. Sie haben Vorzüge, wenn man keinen Keller oder in der Küche nur einen Aufstellplatz zur Verfügung hat. Es gibt auch Geräte mit zusätzlichen Sonderfächern. Ihr Kaufpreis und Verbrauch ist allerdings höher. Sie sind damit von allen Gefriermöglichkeiten die teuersten.



# Besonders sparsame Gefrierschränke

### Tisch-/Unterbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Besonders sparsam:</b>									
Quelle Priv. 110 Lux. (00 28 32)									
Zanussi ZVF 120 RM	96	0,49	178,9	A	85,0	60,0	60,0	ohne	805,-
AEG Öko Arctis Super 1283 / 1289 GS	98	0,56	204,0	A	85,0	59,5	60,0	ohne	918,-
Blomberg GT 11000	96	0,56	204,0	A	85,0	60,0	60,0	ohne	918,-
Electrolux EU 6337 T	96	0,56	204,0	A	85,0	60,0	60,0	ohne	918,-
Quelle Priv. 100 Lux. (00 28 36)	96	0,56	204,0	A	85,0	60,0	60,0	ohne	918,-
Bosch GSL 1202 / 8502 und Siemens GS 12SO2 / 14SF2	97	0,57	208,1	A	85,0	60,0	60,0	ohne	918,-
<b>Mittlerer Verbrauch (83 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>	---	0,83	301,3	---	---	---	---	---	1356,-
	---	1,45	528,9	G	---	---	---	---	2380,-

### Standgeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Bis 200 Liter:</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Quelle Priv. Öko (01 24 44)									
Quelle Priv. 216 (06 13 68)	182	0,57	208,1	A	126,0	66,0	69,0	ohne	936,-
Electrolux EU 7119 C	195	0,67	244,9	A	160,0	60,0	60,0	ohne	1102,-
Bosch GSL 8006 / GSS 2201	196	0,70	255,9	A	160,0	59,5	60,0	ohne	1151,-
Siemens GS 22KF1 / GS 22S01	187	0,70	255,9	A	135,0	66,0	66,0	ohne	1151,-
AEG Öko Arctis Super GS 2240 / 2249 / 2269 / 2273	187	0,70	255,9	A	135,0	66,0	66,0	ohne	1151,-
<b>Mittlerer Verbrauch (86 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>	---	0,88	321,5	---	---	---	---	---	1447,-
	---	1,55	566,1	F	---	---	---	---	2548,-
<b>Über 200 Liter:</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Liebherr GSP 2766	219	0,54	197,1	A	144,7	66,0	68,3	ohne	867,-
Quelle Priv. Öko (01 24 66)	223	0,61	223,0	A	144,0	66,0	69,0	ohne	1004,-
Blomberg GSS 300 A-Plus	250	0,72	262,1	A	164,0	65,5	65,0	ohne	1179,-
Quelle Priv. Öko (01 24 69)	255	0,72	263,1	A	162,0	66,0	69,0	ohne	1184,-
Bosch GSS 3201	263	0,82	298,9	A	175,0	66,0	66,0	ohne	1345,-
Siemens GS 32S01	263	0,82	298,9	A	175,0	66,0	66,0	ohne	1345,-
AEG Öko Arctis 3140 GS / 3173 GS	267	0,83	301,1	A	173,5	65,5	69,0	ohne	1355,-
Liebherr GSS 3666	297	0,88	320,8	A	184,1	66,0	68,3	ohne	1444,-
AEG Öko Arctis Super 3640 GS / 3673 GS	307	0,90	328,1	A	193,5	65,5	69,0	ohne	1477,-
<b>Mittlerer Verbrauch (107 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>	---	1,05	381,9	---	---	---	---	---	1719,-
	---	2,14	781,1	G	---	---	---	---	3515,-

### Einbaugeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)	
<b>Einbau-Unterbaugeräte</b>										
<b>Relativ sparsam<sup>(1)</sup></b>										
AEG Öko Arctis 1244 iU	UGE	100	0,64	234,0	B	82,0	60,0	57,0	ohne	1053,-
Juno JGU 6425 und Seppelfricke UGSI 104.20	UGE	100	0,64	234,0	B	82,0	60,0	57,0	ohne	1053,-
<b>Mittlerer Verbrauch (35 Modelle):</b>										
<b>Hoher Verbrauch:</b>	---	0,75	274,3	---	---	---	---	---	1235,-	
	---	1,09	397,9	D	---	---	---	---	1790,-	

(1) Nur relativ sparsam, da vergleichbar große Geräte in anderer Bauform oder größere Geräte sparsamer.

## Besonders sparsame Gefrierschränke (Fortsetzung)

### Einbaugeräte (Fortsetzung)

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)	
<b>Einbaugeräte 89 cm hoch</b>										
<b>Relativ sparsam<sup>(1)</sup></b>										
Imperial GIL 3104 E	EG	76	0,54	197,1	A	87,0	55,7	54,4	ohne	887,-
Liebherr GI 1023	EG	76	0,54	197,1	A	87,4	57,0	55,0	ohne	887,-
Miele F 423 i	EG	76	0,54	197,1	A	87,4	56,0	55,0	ohne	887,-
<b>Mittlerer Verbrauch (83 Modelle):</b>										
<b>Hoher Verbrauch:</b>										
		--	0,76	278,6	--	--	--	--	--	1254,-
		--	1,05	383,3	D	--	--	--	--	1725,-
<b>Einbaugeräte 124 - 140 cm hoch</b>										
<b>Relativ sparsam<sup>(1)</sup></b>										
AEG Öko Actis Super 1372 i	EG	112	0,68	247,8	B	122,1	56,0	55,0	ohne	1115,-
Liebherr GI 1923 / Miele F 456 i	EG	151	0,80	292,0	B	139,7	57,0	55,0	ohne	1314,-
<b>Mittlerer Verbrauch (3 Modelle):</b>										
		--	0,76	277,2	--	--	--	--	--	1248,-

(1) Nur relativ sparsam, da vergleichbar große Geräte in anderer Bauform oder größere Geräte sparsamer.

## Besonders sparsame Gefriertruhen

### Standgeräte

Hersteller, Modell	Nutz Volumen gesamt (Liter)	Strom Verbr. (kWh/Tag)	Strom Verbr. (kWh/Jahr)	Euro Label (A..G)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	FKW ?	Strom-Kosten in 15 Jahren (DM)	
<b>Bis 200 Liter:</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Quelle Priv. 111 Öko (01 53 48)	106	0,42	152,9	A	85,0	72,0	65,0	ohne	688,-	
Liebherr GTS 1862	166	0,45	163,9	A	90,5	87,5	70,0	ohne	737,-	
Bauknecht GTMH 1950/2	177	0,49	179,9	A	88,5	95,5	66,0	ohne	810,-	
AEG Öko Arctis S.2085 GT / Electrolux EC 1924 S	182	0,50	182,9	A	87,0	105,0	66,5	ohne	823,-	
<b>Mittlerer Verbrauch (74 Modelle):</b>										
<b>Hoher Verbrauch:</b>										
		--	0,72	262,6	--	--	--	--	--	1182,-
		--	1,68	612,8	G	--	--	--	--	2758,-
<b>201-300 Liter:</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Liebherr GTS 2262 / 2263 sowie Miele GT 220 ES	205	0,49	178,9	A	90,5	100,0	70,0	ohne	802,-	
Liebherr GTS 2662 / 2663 sowie Miele GT 260 ES	245	0,53	193,1	A	90,5	113,5	70,0	ohne	869,-	
Liebherr GTS 3162 / 3163 sowie Miele GT 310 ES	291	0,61	222,0	A	90,5	129,0	70,0	ohne	999,-	
<b>Mittlerer Verbrauch (85 Modelle):</b>										
<b>Hoher Verbrauch:</b>										
		--	0,78	285,0	--	--	--	--	--	1283,-
		--	1,36	496,0	G	--	--	--	--	2232,-
<b>301-400 Liter:</b>										
<b>Besonders sparsam:</b>										
Miele GT 370 ES	352	0,70	255,5	A	90,5	137,5	70,0	ohne	1150,-	
Liebherr GTS 3763	352	0,72	262,1	A	90,5	137,5	75,0	ohne	1179,-	
Bauknecht GTMH 3859/S/SPC	365	0,75	274,1	A	88,5	162,5	66,0	ohne	1234,-	
<b>Mittlerer Verbrauch (42 Modelle):</b>										
<b>Hoher Verbrauch:</b>										
		--	0,99	361,9	--	--	--	--	--	1629,-
		--	1,60	584,0	F	--	--	--	--	2628,-

## Besonders sparsame Waschmaschinen

### Frontlader ohne Warmwasseranschluß 4,5 - 5 kg

#### Tisch-/Unterbaugeräte

Hersteller, Modell	Wasch Volumen (kg)	Schleuder Drehzahl (1/min)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser- kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie Waschen	Waschen	Schleudern						
<b>Mit Waschwirkung "A", Schleudernwirkung "A" und Energieeffizienz "A":</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
AEG Öko-Lavamat 86720 / 86820 update	5,0	1600	A	A	A	0,89	39	85,0	60,0	60,0	1355,-
Quelle Matura 8926 Fuzzy (05 27 19)	5,0	1600	A	A	A	0,89	39	85,0	60,0	60,0	1355,-
Blomberg Opal WA 3321 / 3341	5,0	1500	A	A	A	0,95	49	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	56,6	1584,-
Bosch WFP 3330	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	58,0	1584,-
Miele Brilliant 1600/Econic 1600/Exquisit 1485	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0	59,5	56,6	1584,-
Miele Meteor 2086 WPS // Senator 160/165	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0	59,5	56,6	1584,-
Miele Superior 1620 /1650 // W 941 WPS MIC	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0	59,5	56,6	1584,-
Miele W 360 / 363 / 377 / 935 WPS	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	56,6	1584,-
Miele W 939 / 980 / /985 / 986 / 989 WPS	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	56,6	1584,-
Miele W 989 i WPS	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	85,0	59,5	56,6	1584,-
Siemens WM 71730	5,0	1600	A	A	A	0,95	49	82,0 <sup>(2)</sup>	59,5	58,0	1584,-
<b>Mittlerer Verbrauch (23 Modelle):</b>	—	—	—	—	—	0,94	48	—	—	—	1548,-
<b>Andere:</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
Quelle Privileg 9630 / 9650 T (05 62 03 / 05)	5,0	1300/1500	A	A	B	0,90	34	85,0	60,0	60,0	1268,-
Zanker Lavita LF 2541	5,0	1500	A	A	B	0,94	34	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,6	1296,-
AEG Öko-Lavamat 84720 / 85729 update	5,0	1400/1500	A	A	B	0,89	39	85,0	60,0	60,0	1355,-
Bauknecht WA 3573 / 3773 S WS	5,0	1200/1400	A	A	B	0,95	39	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	58,0	1397,-
Quelle Privileg 9511 (05 62 06)	5,0	1100	A	A	B	0,90	41	85,0	60,0	60,0	1399,-
Quelle Privileg 9513 / 9515 (05 62 07 / 10)	5,0	1300/1500	A	A	B	0,90	41	85,0	60,0	60,0	1399,-
<b>Mittlerer Verbrauch (396 Modelle):</b>	—	—	—	—	—	1,08	57	—	—	—	1835,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	—	—	E	—	—	1,45	90	—	—	—	2345,-

(1) Tischgerät, unterbaufähig, nach Abnahme der Arbeitsplatte 82 cm hoch.  
 (2) Unterbaugerät ohne Arbeitsplatte, einbaufähig

## Besonders sparsame Waschmaschinen

### Front- und Toplader mit Warmwasseranschluß

#### Alle Bauformen

Hersteller, Modell	Bau Form	Wasch Volumen (kg)	Schleuder Drehzahl (1/min)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser- kosten in 15 Jahren (DM)
				Energie Waschen	Waschen	Schleudern						
<b>Besonders sparsam:</b>												
AEG Öko-Lavamat 72610 HC update	TG	5,0	1200	A	A	B	0,94 <sup>(2)</sup>	49	85,0	60,0	60,0	1577,- <sup>(3)</sup>
Blomberg Opal WA 3341	TGU	5,0	1500	A	A	A	0,95 <sup>(2)</sup>	49	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	59,5	1584,- <sup>(3)</sup>
Miele W 979 Allwater	TG	5,0	1600	A	A	A	0,95 <sup>(2)</sup>	49	85,0	59,5	60,0	1584,- <sup>(3)</sup>
<b>Mittlerer Verbrauch (4 Modelle):</b>	—	—	—	—	—	—	0,95 <sup>(2)</sup>	57	—	—	—	1708,- <sup>(3)</sup>
<b>Hoher Verbrauch:</b>	—	—	—	B	—	—	1,60 <sup>(2)</sup>	59	—	—	—	1954,- <sup>(3)</sup>

(1) Tischgerät, unterbaufähig, nach Abnahme der Arbeitsplatte 82 cm hoch.  
 (2) Verbrauchs- und Kostenangaben bei Kaltwasser-Nutzung. Bei Warmwasser-Nutzung reduziert sich der Stromverbrauch um 30-50 %.

## Besonders sparsame Waschmaschinen

### Toplader ohne Warmwasseranschluß 4,5 - 5,0 kg

Hersteller, Modell	Wasch Volumen (kg)	Schleuder Drehzahl (1/min)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser- kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie	Waschen	Schleudern						
<b>Mit 5,0 kg:</b>											
<b>Relativ sparsam:</b>											
Miele Econic 2200/ Senator 220/ W 151 WPS	4,5	1300	A	A	B	0,95	49	90,0	45,0	60,0	1584,-
Miele W 153 F / W 155 WPS	4,5	1400	A	A	B	0,95	49	90,0	45,0	60,0	1584,-
<b>Mittlerer Verbrauch (31 Modelle):</b>	--	--	--	--	--	1,02	56	--	--	--	1754,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	--	--	1,30	75	--	--	--	2317,-
<b>Mit 4,5 kg:</b>											
<b>Besonders sparsam:</b>											
AEG Öko-Lavamat 41050 / 41159 elektronik	4,5	1000/1100	A	A	C	0,83	45	85,0	40,0	60,0	1425,-
AEG Öko-Lavamat 41250 / 41350 elektronik	4,5	1200/1300	A	A	B	0,83	45	85,0	40,0	60,0	1425,-
Quelle Privileg 812 S Fuzzy (02 47 36)	4,5	1200	A	A	B	0,83	45	85,0	40,0	60,0	1425,-
Zanker Lavita LT 2040 / 2240	4,5	1000/1200	A	A	B	0,83	45	85,0	40,0	60,0	1425,-
<b>Mittlerer Verbrauch (143 Modelle):</b>	--	--	--	--	--	1,11	62	--	--	--	1933,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	--	--	1,38	85	--	--	--	2560,-

## Besonders sparsame Waschtrockner

### ohne Warmwasseranschluß 4,5 - 5,0 kg

Hersteller, Modell	Wasch Vol. (kg)	Trock. Vol. (kg)	Schleuder Drehzahl (1/min)	Eurolabel			Strom Verbr. Wasch (kWh)	Wasser Verbr. Wasch (Liter)	Strom Verbr. Trock (kWh)	Wasser Verbr. Trock (Liter)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser- kosten in 15 Jahren (DM)
				Energie	Waschen	Schleudern								
<b>Alle Bauformen</b>														
<b>Mit 5,0 - 5,5 kg:</b>														
<b>Besonders sparsam:</b>														
Miele WT 945 / WT 946 WPS	5,0	2,50	1500	B	A	0,95	56	2,90	18	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	60,0	4163,-	
Miele WT 946 i WPS	5,0	2,50	1500	B	A	0,95	56	2,90	18	82,0 <sup>(2)</sup>	59,5	58,0	4163,-	
Miele Econic WT 1500/Senator WT 150	5,0	2,50	1500	B	A	0,95	56	2,90	18	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	60,0	4163,-	
Miele Superior Duo 1500	5,0	2,50	1500	B	A	0,95	56	2,90	18	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	60,0	4163,-	
AEG Öko-Lavamat 1571 Turbo el	5,0	2,50	1500	B	A	1,15	45	2,90	40	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	4434,-	
Zanker WTF 2460	5,5	3,00	1400	C	B	1,25	60	3,60	35	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,6	5183,-	
AEG Öko-Lavamat 1480 Turbo sens	5,5	3,00	1400	C	A	1,25	50	3,60	45	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	5183,-	
Bauknecht WTE 9732/1 A WS	5,0	2,50	1400	B	B	1,10	59	2,85	45	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	60,0	4720,-	
<b>Mittlerer Verbrauch (50 Geräte):</b>	--	--	--	--	--	1,10	57	3,31	51	--	--	--	5133,-	
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	D	--	1,20	78	4,00	80	--	--	--	6608,-	
<b>Mit 4,5 kg:</b>														
<b>Relativ sparsam:</b>														
Juno JWT 8011	4,5	2,25	1200	C	A	1,20	51	3,00	48	83,0 <sup>(2)</sup>	60,0	55,0	4802,-	
AEG Öko-Lavamat 1271 Vi Turbo el	4,5	2,30	1200	D	A	1,10	41	3,40	50	82,0 <sup>(2)</sup>	59,5	54,0	4863,-	
Zanker WTT 2250	4,5	2,30	1200	C	B	1,20	60	2,72	54	85,0 <sup>(3)</sup>	45,0	60,0	4886,-	
AEG Öko-Lavamat 4891 Turbo sens	4,5	2,25	1300	C	B	1,20	60	3,72	54	85,0 <sup>(3)</sup>	45,0	60,0	4886,-	
<b>Mittlerer Verbrauch (16 Geräte):</b>	--	--	--	--	--	1,11	55	3,40	66	--	--	--	5430,-	
<b>Hoher Verbrauch:</b>	--	--	--	E	--	1,20	65	4,00	89	--	--	--	6220,-	

Anmerkungen zu dieser Seite siehe Seite 13.

## Besonders sparsame Wäschetrockner

### Trommel- und Schranktrockner

#### alle Bauformen

Hersteller, Modell	Bau-Form	Trocken Volumen (kg)	Trocken Dauer (min)	Euro-label Energie (A...G)	Strom Verbr (kWh)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom Kosten in 15 Jahren (DM)
<b>Ablufttrockner:</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
Miele T 478 G (gasbetrieben)	TGU <sup>(1)</sup>	5,0	51	A	0,25 <sup>(4)</sup>	85,0 <sup>(1)</sup>	59,5	60,0	176,- <sup>(4)</sup>
TPS biotroc 202	Trockenschrank <sup>(5)</sup>	4,0	360	A <sup>(6)</sup>	0,72	140,0	60,0	46,0	505,-
TPS biotroc 202 SD / 222 S	Trockenschrank <sup>(5)</sup>	5,0	420	A <sup>(6)</sup>	0,84	152,0	62,0	46,0	590,-
<b>Relativ sparsam:<sup>(7)</sup></b>									
45 Modelle von 12 Herstellern (s.u.)	TG und TGU	5,0	---	C	3,30	---	---	---	2317,-
<b>Mittlerer Verbrauch (87 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
<b>Luft-Kondensertrockner:</b>									
<b>Besonders sparsam:</b>									
AEG Öko-Lavatherm WP <sup>(8)</sup> (mit Wärmepumpe)	TG	5,0	100	A	1,75	85,0	60,0	60,0	1229,-
Ecodyer 502 b <sup>(8)</sup> (mit Wärmepumpe)	TGU	5,0	97	A	1,80	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	1264,-
<b>Relativ sparsam:<sup>(7)</sup></b>									
Miele T 270/273/277 C	TGU	5,0	89	C	3,40	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	2387,-
54 Modelle von 9 Herstellern (s.u.)	TG und TGU	5,0	---	C	3,50	---	---	---	2457,-
<b>Mittlerer Verbrauch (88 Modelle):</b>									
<b>Hoher Verbrauch:</b>									
<b>5,0</b>									

(1) Tisch-Gerät unterbaufähig. Nach Abnehmen der Arbeitsplatte 82 cm hoch.

(2) Unterbaugerät einbaufähig.

(3) Toplader

(4) Zusätzlich 0,43 m<sup>3</sup> Gasverbrauch pro Trockengang "Baumwolle schranktrocken" bei mit 800 U/min geschleuderter Wäsche. Bei einem Gaspreis von 0,056 DM/kWh entstehen in 15 Jahren bei 3 x Trocknen pro Woche zusätzliche Gaskosten von 592 DM.

(5) Angaben für Trockendauer, Stromverbrauch und Kosten gelten für Kaltluftbetrieb. Im Warmluftbetrieb ist die Trockendauer kürzer (120 bzw. 85 min) und der Stromverbrauch deutlich höher (3,60 bzw. 3,70 kWh). Die Verbrauchsmessungen sind mit denen von Trommelrocknern nicht vergleichbar. Im Kaltluftbetrieb sind sie aber in jedem Falle extrem sparsam.

(6) Eurolabel-Einstufung gilt nur für Kaltluftbetrieb und ist in Anlehnung an Trommelrockner berechnet.

(7) Nur relativ sparsam, da andere Trockentechniken oder Geräte teils deutlich sparsamer.

(8) Wärmepumpe enthält als Kältemittel FKW R134a.

## Gastrockner, Wärmepumpen-Trockner, Trockenschränke

Die meisten Wäschetrockner liegen in ihren Stromverbräuchen nicht sehr weit auseinander. Nur wenige Sondergeräte haben deutlich niedrigere Energieverbräuche. Dies sind der gasbetriebene Ablufttrockner von Miele (der insgesamt fast 50 % Energie und Betriebskosten spart), die bei-

den Luft-Kondens-Trockner mit Wärmepumpe von AEG und Ecodyr und die Schranktrockner, in denen die Wäsche energiesparend mit Kaltluft auf einem inneren Gestänge getrocknet werden kann.

Wer keinen Gasanschluß, aber eine Abluftleitung nach außen hat und die noch hohen Anschaffungskosten der Wärmepumpen-Trockner scheut, sollte sich einen der sparsameren Ablufttrockner kaufen. Ablufttrockner für 5 kg Wäsche und mit 3,3 kWh Stromverbrauch gibt es von AEG, Bauknecht, Blomberg, Bosch, Constructa, Foron, Indesit, Miele, Quelle, Siemens, Whirlpool und Zanker. Ablufttrockner mit höheren Stromverbräuchen als 3,3 kWh bei 5 kg Volumen, sind nicht empfehlenswert.

Sparsame normale Kondensationstrockner (ohne Abluftleitung) verbrauchen 3,4 bis 3,5 kWh Strom für 5 kg Wäsche im Programm "Baumwolle schranktrocken" und werden von AEG, Bauknecht, Bosch, Constructa, Miele, Neff, Quelle, Siemens und Whirlpool angeboten. Auch hier sind Geräte mit höherem Stromverbrauch nicht empfehlenswert.

## Besonders sparsame Spülmaschinen 12-14 Maßgedecke, 60 cm breit

Hersteller, Modell	Bau-Form	Volumen (Maßgedecke)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Warm Wasser Anschl. max. (°C)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser Kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie	Reinigen	Trocknen							
<b>Besonders sparsam:</b>												
Bosch SGS 0902 / 5902 / 6922	TGU	12	A	B	C	1,05	12,0	60	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	1602,-
Miele G (674 / 681 / 683 / 686) SC	TG	12	A	B	B	1,05	13,0	60	85,0	60,0	60,0	1634,-
Miele G 681 SCU	UG	12	A	B	B	1,05	13,0	60	82,0	60,0	57,0	1634,-
Miele G 681	TG	12	A	B	C	1,05	13,0	60	85,0	60,0	60,0	1634,-
AEG Öko-Favorit 80800	TGU	12	A	A	A	1,05	14,0	60	85,0 <sup>(1)</sup>	60,0	60,0	1665,-
Miele Brilliant Sup. 2041 SC /2041 SC	TG	12	A	B	D	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
Miele Econic 2141 SC // G 640 / 641	TG	12	A	B	D	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
Miele G 646 / 648 / 651 / 656	TG	12	A	B	C	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
Miele G (646 / 648 / 651 / 656 / 691) SC	TG	12	A	B	B	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
Miele G 651 / G 656 SCU	UG	12	A	B	B	1,05	14,0	60	82,0	60,0	57,0	1665,-
Miele Meteor 2146 SC // Mondia 2046	TG	12	A	B	B/C	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
Miele Senator 2146 SC / 2151 SC	TG	12	A	B	B	1,05	14,0	60	85,0	60,0	60,0	1665,-
<b>Mittlerer Verbrauch (215 Modelle):</b>		12	-	-	-	1,32	17,1	---	---	---	---	2081,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>		12	E	-	-	1,80	21,0	---	---	---	---	2761,-

Hersteller, Modell	Bau-Form	Volumen (Maßgedecke)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Warm Wasser Anschl. max. (°C)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser Kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie	Reinigen	Trocknen							
<b>Besonders sparsam:</b>												
Miele G 884 SCi / G 891 SCi	UGE	14	A	B	B	1,05	13,0	60	84,0	60,0	57,0	1634,-
Imperial GSI 8267-2 BS	UGE	12	A	B	B	1,05	13,0	60	87,0	59,8	57,0	1634,-
Miele G 391 SC HE	UGE	12	A	B	B	1,05	13,0	60	84,0	55,0	57,0	1634,-
Miele G (681 / 683 / 684 / 686 / 691) SCi	UGE	12	A	B	B	1,05	13,0	60	82,0	60,0	57,0	1634,-
Imperial GSI 8466-2 BS	UGE	14	A	B	B	1,05	14,0	60	89,0	59,8	57,0	1665,-
AEG Öko-Favorit 80950 i	UGE	12	A	A	A	1,05	14,0	60	87,0	59,5	57,0	1665,-
Imperial GSI 8265-2 / GSI 8266-2	UGE	12	A	B	C	1,05	14,0	60	87,0	59,8	57,0	1665,-
Miele G (64.../ 65.../ 85...) SCi (8 Modelle)	UGE	12	A	B	B	1,05	14,0	60	82,0	60,0	57,0	1665,-
Miele G (64.../ 65...) i (6 Modelle)	UGE	12	A	B	C	1,05	14,0	60	82,0	60,0	57,0	1665,-
Miele G 349 HE / 349 SC HE	UGE	12	A	B	C/B	1,05	14,0	60	84,0	55,0	57,0	1665,-
Miele G 6... / 8... (11 Modelle) <sup>(3)</sup>	UGE	12	A	B	D	1,05	14,0	60	82,0	60,0	57,0	1665,-
<b>Mittlerer Verbrauch (203 Modelle):</b>		-	-	-	-	1,30	16,8	---	---	---	---	2046,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>		12	E	-	-	1,75	26,0	---	---	---	---	2859,-

(1) Tischgerät unterbaufähig. Nach Abnehmen der Arbeitsplatte 82 cm hoch.  
 (2) UG = Unterbaugeräte ohne Arbeitsplatte, UGE=UG für Einbau mit Möbeltür. Höhenangabe bei UG/UGE ist Mindesthöhe.  
 (3) Modelle mit Nummern 641, 643, 644, 658, 663, 858 und 863 sowie den Endungen i, SCi, Vi und SCVi.

## Warmwasseranschluß für Wasch- und Spülmaschinen

Den meisten Strom benötigen Wasch- und Spülmaschinen zum Aufheizen des Wassers. Bei Waschmaschinen kann man ihn zum Teil einsparen, wenn man Geräte nutzt, die neben dem Kalt- einen zusätzlichen Warmwasseranschluß haben (siehe Seite 11) oder vor ihrem einzigen Zulaufschlauch mit einem Warmwasser-Mischgerät ausgerüstet werden (siehe Seite 15). Die meisten Spülmaschine kann man nur an die Warmwasserleitung anschließen. Nicht für Warmwasseranschluß zu empfehlen sind Spülmaschinen mit innerer Wärmerückgewinnung. Die Nutzung von Warmwasser ist zu empfehlen, wenn es aus Solaranlagen oder Fernwärme, aus einer modernen Zentralheizung oder aus einem geeigneten Gas-Durchlauferhitzer kommt. Die Zuleitungen sollten kurz und gut isoliert sein. Bei Waschmaschinen sollten nicht mehr als zwei, bei Spülmaschinen nicht mehr als ein Liter kaltes Wasser ausfließen, bevor warmes Wasser kommt.



## Besonders sparsame Spülmaschinen 8-9 Maßgedecke, 45 cm breit

Hersteller, Modell	Bau-Form	Volumen (Maßgedecke)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Warm Wasser Anschl. max. (°C)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser Kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie	Reinigen	Trocknen							
<b>Relativ sparsam:<sup>(1)</sup></b>												
Miele G 611SC / 621SC	TG	8	A	B	B	0,74	11,0	60	85,0	45,0	60,0	1209,-
Miele G 601SC	TG	8	A	B	D	0,74	11,0	60	85,0	45,0	60,0	1209,-
AEG Öko-Favorit 64800	TGU	9	A	A	B	0,80	13,0	60	85,0 <sup>(2)</sup>	45,0	60,0	1342,-
AEG Öko-Favorit 54700 /54709	TGU	9	A	A	C	0,80	14,0	60	85,0 <sup>(2)</sup>	45,0	60,0	1373,-
Quelle Matura 906 S (017216 / 159715)	TGU	9	B	?	?	0,90	14,0	60	85,0 <sup>(2)</sup>	45,0	60,0	1490,-
<b>Mittlerer Verbrauch (41 Modelle):</b>		-	-	-	-	1,01	15,6	—	—	—	—	1673,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>		9	E	-	-	1,30	27,0	—	—	—	—	2051,-

Hersteller, Modell	Bau-Form	Volumen (Maßgedecke)	Eurolabel			Strom Verbr (kWh)	Wasser Verbr (Liter)	Warm Wasser Anschl. max. (°C)	Höhe (cm)	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Strom- und Wasser Kosten in 15 Jahren (DM)
			Energie	Reinigen	Trocknen							
<b>Einbaugeräte<sup>(3)</sup></b>												
<b>Relativ sparsam:<sup>(1)</sup></b>												
Imperial GSVI 8246-2 BS	UGE	8	A	B	B	0,74	11,0	60	87,0	44,8	57,0	1209,-
Miele G (611 / 614 / 621/ 624) SCi	UGE	8	A	B	B	0,74	11,0	60	82,0	45,0	57,0	1209,-
Miele G (601 / 604) SCi // G 618 SCVi	UGE	8	A	B	D	0,74	11,0	60	82,0	45,0	57,0	1209,-
Miele G 811 SCi/ 814 SCi	UGE	9	A	B	B	0,80	11,0	60	84,0	45,0	57,0	1279,-
AEG Öko-Favorit 6480 i / 64850 i	UGE	9	A	A	B	0,80	13,0	60	88,0	44,6	57,0	1342,-
<b>Mittlerer Verbrauch (59 Modelle):</b>		-	-	-	-	0,98	15,2	—	—	—	—	1623,-
<b>Hoher Verbrauch:</b>		8	E	-	-	1,30	18,0	—	—	—	—	2083,-

(1) Geräte nur relativ sparsam, weil gegenüber 12-Gedecke-Geräten deutlich höhere Verbräuche pro Gedeck.

(2) Tischgerät unterbaufähig. Nach Abnehmen der Arbeitsplatte 82 cm hoch.

(3) UG = Unterbaugeräte ohne Arbeitsplatte, UGE = für Einbau mit Möbeltür. Höhenangabe jeweils Mindesthöhe.

## Vorschaltgeräte zur Nutzung von Warmwasser bei Waschmaschinen

Viele Waschmaschinen, die nur einen Kaltwasseranschluß haben, kann man mit Warmwasser versorgen, indem man vor ihren einzigen Zulaufschlauch ein Mischgerät installiert, welches Warm- und Kaltwasser selbsttätig auf die richtige Temperatur mischt. Vor dem An-

bau eines solchen Vorschaltgerätes ist zu klären, ob Zulaufschlauch, Magnetventil, Schaltprogramm und ggf. andere Komponenten der Waschmaschine dies vertragen. Bei einigen Waschmaschinen können sich bei Warmwasser-Zulauf verkürzte Programmdauern und schlechtere Waschergebnisse ergeben.

Einige Hersteller solcher Vorschaltgeräte sind nachfolgend aufgeführt:

Energie-Beratungs-Service Wilms	60596 Frankfurt, Tiroler Str. 61
Martin Elektrotechnik	97769 Bad Brückenau, Sinnau 10 b
Olf & Ringen	27412 Kirchtimke, Richtweg 4
Stemberg Elektro- und Solartechnik	32791 Lage, Im Seelenkamp 7

Die Nutzung von Warmwasser aus Sonnenenergie, Fernwärme oder aus einer modernen Gas- oder Ölheizung kann bei geeigneten Randbedingungen sowohl kostengünstiger als auch energetisch und ökologisch sinnvoller sein als die Warmwassererzeugung aus Strom.

## Berechnungshinweise

Bei der Berechnung der Betriebskosten ist ein Strompreis von 0,30 DM/kWh sowie ein Wasserpreis von 8 DM/m<sup>3</sup> zu Grunde gelegt. Für die Nutzung wurde folgendes angenommen: **Kühl- und Gefriergeräte** werden dauernd betrieben, **Waschmaschinen** dreimal pro Woche im Programm "Baumwolle 60°C"; **Wäschetrockner** dreimal pro Woche im Programm "Baumwolle schranktrocken"; **Waschtrockner** dreimal wöchentlich in der Kombination von "60°-BW"-Waschgang und Trockenprogramm "Baumwolle schranktrocken" für das gesamte Wäschvolumen; **Spülmaschinen** fünfmal wöchentlich im Normprogramm. Die Kostenangaben beziehen sich auf 15jährige Nutzung ohne Einbeziehung von Preissteigerungen.

Alle Volumenangaben, Maße und absoluten Verbrauchsangaben sind unveränderte Herstellerangaben. Waren Herstellerangaben nur in spezifischen Werten, z.B. pro 100 Liter, verfügbar, wurden sie auf absolute Werte umgerechnet. Waren bei Kühl- und Gefriergeräten nur Bruttovolumina angegeben, wurden diese auf Nutzvolumina umgerechnet.

In den Kühl- und Gefriergeräte-Tabellen steht jeweils das absolut sparsamste Modell an erster Stelle. Modelle mit höheren Verbräuchen sind nachfolgend aufgeführt, wenn sie größer sind oder nur geringe Abweichungen haben. Damit werden auch bei etwas anderen Größen und Formen sparsame Geräte erkennbar.

## Weitere Informationen

Weitere Informationen über sparsame Haushaltsgeräte können Fachhandel, Verbraucherzentralen, kommunale Energie- und Umweltberatungen, Versorgungsunternehmen, Hersteller und die Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung in Frankfurt/Main geben.

## Herstelleradressen

AEG Hausgeräte AG	90327 Nürnberg, Postfach 10 36
Bauknecht Hausgeräte GmbH	73614 Schorndorf, G. Bauknecht-Str. 1-11
Blomberg Vertriebsges. mbH	59229 Ahlen, Voltastr. 50
Bosch-Hausgeräte GmbH	81669 München, Hochstr. 17
Constructa-Neff-Vertriebs-GmbH	81669 München, Hochstr. 17
De Dietrich Hausgeräte GmbH	59229 Ahlen, Voltastr. 50
EBD Erwin Bonn Duisburg	47249 Duisburg, Kaiserswerther Str.36
Ecodyr GmbH & Co KG	45894 Gelsenkirchen, Dorstener Str. 27
Elcold => Mares GmbH	41460 Neuss, Tilsiter Str. 2
Electrolux Hausgeräte GmbH	60528 Frankfurt, Rennbahnstr. 72-74
Foron Hausgeräte GmbH	09518 Großrückerswalde, Arnfelder Str. 4
Gaggenau Hausgeräte GmbH	76552 Gaggenau, Postfach 12 01
Gorenje Vertriebs-GmbH	80339 München, Garmischer Str. 4-6
Gram Deutschland GmbH	24991 Großsoltbrück, Grünbogen 1a
IAR Sittal	47877 Willich, Gewerbegeb.Müncheide II
Imperial Werke GmbH & Co.	32257 Bünde, Installstr. 10-18
Juno-Electrolux Hausgeräte GmbH	60528 Frankfurt, Rennbahnstr. 72-74
Körting / Gorenje	80223 München, Garmischer Str.4-6
Küppersbusch Vertriebs-GmbH	45801 Gelsenkirchen, Postfach 10 01 32
Liebherr Hausgeräte GmbH	88411 Ochsenhausen, Postfach 11 61
Miele & Cie GmbH & Co.	33325 Gütersloh, Postfach 24 00
Neckermann Versand AG	60279 Frankfurt, Postfach
Neff-Constructa Vertriebs-GmbH	81669 München, Hochstr. 17
Quelle Versandhaus	90750 Fürth, Postfach
Seppelfricke GmbH	45881 Gelsenkirchen, Am Stadthafen 16
Siemens Elektrogeräte GmbH	81669 München, Hochstr. 17
TPS Textilpflegesysteme GmbH	35305 Grünberg, Laubacher Weg 18
Whirlpool-Bauknecht Hausgeräte	73614 Schorndorf, G. Bauknecht-Str. 1-11
Zanker Hausgeräte GmbH	60528 Frankfurt, Rennbahnstr. 72-74
Zanussi Elektrogeräte GmbH	60528 Frankfurt, Rennbahnstr. 72-74

**Herausgeber dieser Ausgabe:** Siehe Titelseite

**Herausgeber der Originalausgabe:** Niedrig-Energie-Institut GbR, Michael & Scharping, Rosental 21, 32756 Detmold

**Erarbeitung:** Dipl.Pol.Klaus Michael, Dipl.Umw.-Wiss.Heike Scharping, Katja Schmid, Sabrina Eichhorn und Dr.Carolin Michael im Auftrag des Bundes der Energieverbraucher e.V., Rheinbreitbach mit finanzieller Unterstützung durch die auf der Titelseite angegebenen Institutionen und Firmen.

**Datengrundlage:** Marktanalyse des NEI der zum Zeitpunkt der Domotechnica 1999 in der Bundesrepublik lieferbaren Haushaltsgroßgeräte. Die Daten der ca. 3.750 erfaßten Geräte können als DBase-III-Datenbank auf Diskette für 50 DM incl. MWSt und Versand beim Niedrig-Energie-Institut bezogen werden.

**Copyright:** Dieses Faltblatt ist im Interesse einer weiten Verbreitung zum unveränderten Nachdruck und zur Verteilung durch Dritte freigegeben. Gebietskörperschaften, Versorgungsunternehmen und Einrichtungen der Umwelt-, Energie- oder Verbraucherberatung dürfen es auch mit eigenem Briefkopf im oberen Kasten der Titelseite, jedoch ohne sonstige Änderungen oder Zusätze nachdrucken. Aktuelle Blanko-Druckvorlagen können beim Niedrig-Energie-Institut für 25 DM bezogen werden, eine PageMaker-5-Satzdatei für 50 DM. Von Nachdrucken ist je ein Belegexemplar mit Angabe der Auflagenhöhe an das Niedrig-Energie-Institut zu senden. Die Verbreitung in kostenpflichtigen Tele-Medien bedarf der schriftlichen Zustimmung des Niedrig-Energie-Instituts.

**Gewährleistung:** Marktanalyse und Faltblatt wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Für Vollständigkeit oder Richtigkeit der Daten wird jedoch keine Gewähr übernommen.

**Version:** sd 02/1999



FH München Zentrale

039000739621

