

Bibliografische Beschreibung

Ehart Gabriela

Ein ganzheitliches Energiekonzept des Unternehmens Hells Ferienresort im Zillertal GmbH– 2015 - 72 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2016

Referat

Ziel der Diplomarbeit ist es, einen Einblick in die umgesetzten Maßnahmen zur Energieoptimierung des Unternehmens Hells Ferienresorts im Zillertal GmbH zu geben. Der Fokus liegt in der technischen Erläuterung der einzelnen Maßnahmen in den Bereichen der zentralen Pelletsheizung, der thermischen Solaranlage, der Photovoltaikanlage sowie der Anschaffung der Elektroautos. Im nächsten Schritt sollen mittels Wirtschaftlichkeitsberechnungen der tatsächliche Nutzen der Energieoptimierung dargestellt werden.

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Rahmen der Absolvierung des Studienganges Wirtschaftsingenieurwesen am Studien- und Technologie Transfer Zentrum Weiz GmbH als Organisationsträger und in Kooperation mit der Hochschule Mittweida zur Erlangung des akademischen Titels Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) verfasst.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Alois Hell, dem Eigentümer der Firma Hells Ferienresort Zillertal GmbH, recht herzlich für die Ermöglichung und die sehr gute Zusammenarbeit bedanken. Ihm gebührt meine Hochachtung ein solches Projekt umgesetzt zu haben und somit einen Teil unserer Umwelt zu erhalten.

Desweiteren bedanke ich mich bei Herrn DI Harald Dummer für die ständige Kooperationsbereitschaft und die gewährten Einblicke in seine Tätigkeit als Energieberater.

Mein besonderer Dank gilt anschließend meinem Diplomarbeitsbetreuer Herrn Professor Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling für die umfassende und wertvolle Unterstützung die wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Ich danke weiteres allen Bekannten und Verwandten, die Ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben und mich während dieser Periode tatkräftig unterstütz haben.

Munderfing, am 29.Jänner 2016

Gabriela Ehart

Inhalt

Bibliografische Beschreibung	I
Referat	I
Vorwort	II
Inhalt	III
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Die Einleitung	1
1.1 Die Problemstellung	2
1.2 Die Zielsetzung	3
1.3 Die Ist-Situation	4
1.3.1 Die Kennzahlen des Wärme und Kühlbedarfs.....	4
1.3.2 Die Allgemeine Beschreibung der Verbraucher.....	5
1.3.3 Die Kennzahlen des aktuellen Stromverbrauchs	7
2 Das ganzheitliche Energiekonzept	8
2.1 Die zentrale Pelletsheizung	8
2.1.1 Die Hauptbestandteile der zentralen Pelletsheizung	9
2.1.1.1 Das Verfahren.....	9
2.1.1.2 Der Brenner	9
2.1.1.3 Die Wärmeübertragung und Speicherung	11
2.1.1.4 Messung, Steuerung und Regelung.....	12
2.1.1.5 Die Sicherheitseinrichtungen	14
2.1.1.6 Die Automatisierung, Betreuung und Wartung	14
2.1.1.7 Der Brennstoffbezug	15
2.1.1.8 Die Lagerung und Austragung	15
2.1.2 Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Pelletsheizung.....	16
2.1.2.1 Die Förderungen der Pelletsheizung.....	16
2.1.2.2 Die Gewinnvergleichsrechnung.....	17
2.1.2.3 Die Rentabilitätsrechnung.....	19
2.1.2.4 Die Amortisationsrechnung	20
2.1.3 Die Umweltverträglichkeit	21
2.2 Die thermische Solaranlage	22
2.2.1 Die Einsatzgebiete.....	23
2.2.2 Die Bauarten und Anlagentechnologien	23
2.2.3 Die Bestandteile einer thermischen Solaranlage.....	24

2.2.3.1	Die Kollektoren.....	24
2.2.3.2	Der Solarspeicher	26
2.2.3.2.1	Das Wärmespeichermedium	26
2.2.3.2.2	Die verschiedenen Speicherbauarten	27
2.2.3.2.3	Die Wärmeverluste von Speichern	28
2.2.3.3	Die Solarflüssigkeit	29
2.2.3.4	Die Rohrleitungen	30
2.2.3.4.1	Das Low Flow Konzept	30
2.2.3.4.2	Das High Flow Konzept	30
2.2.4	Die Wirtschaftlichkeit der thermischen Solaranlage	31
2.2.4.1	Die Förderung der thermischen Solaranlage	31
2.2.4.2	Die Gewinnvergleichsrechnung.....	32
2.2.4.3	Die Rentabilitätsrechnung der thermischen Solaranlage.....	33
2.2.4.4	Die Amortisationszeitberechnung der thermischen Solaranlage.....	35
2.2.5	Die Umweltverträglichkeit	35
2.3	Die Photovoltaikanlage	36
2.3.1	Die Fachbegriffe einer Photovoltaikanlage.....	37
2.3.1.1	Die Nennleistung und der Maximum-Power-Point	37
2.3.1.2	Der Wirkungsgrad	38
2.3.1.3	Die Verluste.....	39
2.3.1.4	Die energetische Amortisationszeit	39
2.3.1.5	Das Nutzungspotential	40
2.3.2	Die Standortwahl und Verschattungen.....	41
2.3.3	Die Energiespeicherung und netzgekoppelte Systeme.....	43
2.3.4	Die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage	45
2.3.4.1	Die Förderung der Photovoltaikanlage	45
2.3.4.2	Die Gewinnvergleichsrechnung.....	46
2.3.4.3	Die Rentabilitätsrechnung.....	48
2.3.4.4	Die Amortisationszeit	49
2.3.5	Die Umweltauswirkungen	50
2.3.5.1	Die Umweltauswirkungen von Photovoltaikanlagen bei der Produktion und während des Betriebs.....	50
2.3.5.2	Verfügbarkeit der Materialien	51
2.3.5.3	Recycling von Materialien	52
2.3.5.4	Energierücklaufzeit und Erntefaktor	53
2.4	Die Elektromobilität	54
2.4.1	Hintergrundidee für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen.....	54
2.4.2	Die Auflistung verschiedener Hersteller	55
2.4.3	Die Entscheidungstheorie	55
2.4.3.1	Die Entscheidungsmethode Goal-Programming	57
2.4.3.2	Entscheidungsmethode Zielgewichtung	58
2.4.3.3	Die Entscheidung des Fahrzeugtyps.....	59
2.4.4	Das Konzept der Mietfahrzeuge.....	60

2.4.5	Die Umweltauswirkung.....	60
3	Der Schluss.....	61
3.1	Die Ergebnisse der Heizanlage und der Solaranlage.....	61
3.2	Die Ergebnisse der Photovoltaikanlage und der Elektrofahrzeuge.....	62
3.3	Die Zusammenfassung aller Ergebnisse.....	63
	Literaturverzeichnis	65
	Selbstständigkeitserklärung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logo Fa. Wohlfühlcamping Hell	1
Abbildung 2: Unterschubrostfeuerung für Pellets.....	11
Abbildung 3: Hydraulisches Anschlussschema für einen Wärmespeicher in einem kombinierten Holz-Solar-Heizsystem.....	12
Abbildung 4: Schematischer Aufbau einer Solaranlage	22
Abbildung 5: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Flachkollektors.....	25
Abbildung 6: Typische Silizium-Solarzelle	36
Abbildung 7: Kennlinie einer Solarzelle	38
Abbildung 8: Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche in Deutschland und Österreich	40
Abbildung 9: Problematik der Nahverschattung.....	42
Abbildung 10: Vermeidung von Eigenverschattungen	43
Abbildung 11: Prinzipschaltbild mit Einsatz eines Zweirichtungszälers.....	44
Abbildung 12: Foto Renault ZOE.....	60
Abbildung 13: Klimaaktiv Partner Auszeichnung, von links nach rechts DI Harald Dummer, Gabriela Ehart, Umweltminister Andrä Rupprechter, Alois Hell, Karin Hell	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Energiebedarf Bestand und Neubau	4
Tabelle 2: Übersicht der beheizten Flächen	4
Tabelle 3: Leistungsübersicht der einzelnen Bereiche.....	5
Tabelle 4: Leistungsübersicht Nachheizregister Lüftungsanlage	6
Tabelle 5: Angaben zur Pelletsheizung	17
Tabelle 6: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung von der Pelletsheizung.....	18
Tabelle 7: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung der Pelletsheizung.....	19
Tabelle 8: Wärmekapazität und spezifische Dichte unterschiedlicher Wärmespeichermedien	26
Tabelle 9: Angaben zur thermischen Solaranlage	32
Tabelle 10: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung der thermischen Solaranlage	33
Tabelle 11: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung der thermischen Solaranlage.....	34
Tabelle 12: Erreichte Wirkungsgrade von Solarzellen bei Standardtestbedingungen	38
Tabelle 13: Angaben zur Photovoltaikanlage.....	46
Tabelle 14: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung	47
Tabelle 15: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung.....	48
Tabelle 16: Entscheidungsmatrix Elektrofahrzeuge	56
Tabelle 17: Nutzwertanalyse nach Goal-Programming	57
Tabelle 18: Nutzwertanalyse nach Zielgewichtung	59
Tabelle 19: Kostenvergleichsrechnung neue Heizungsanlage zu Gasheizung	62

Abkürzungsverzeichnis

AC	Wechselstrom
Afa	kalkulatorische Abschreibung
AM	Air Mass
Aufl.	Auflage
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DC	Gleichstrom
Dipl.	Diplom
E-Mobilität	Elektromobilität
EVA	Ethyl-Vinyl-Acetat
Fa.	Firma
FH	Fachhochschule
g	Gramm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h/a	Stunden pro Jahr
I	Strom
ikalk	kalkulatorische Zinsen
K	Kelvin
kg	Kilo Gramm
kJ	Kilo Joule
KPC	Kommunalkredit Public Consulting

kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt Stunde
kWp	Kilo Watt Peak
L_c	Generatorverluste
LKW	Lastkraftwagen
L_s	Systemverluste
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
MPP	Maximum-Power-Point
n	negativ
NiCd	Nickel Cadmium
p	positiv
P	Leistung
PU	Polyurethan
RL	Rücklauf
STC	Standard-Test-Consulting
therm.	thermisch
U	Spannung
usw.	und so weiter
Vgl.	Vergleichbar
VL	Vorlauf
VW	Volkswagen
Wh/a	Watt Stunden pro Jahr
Wp	Watt Peak

z.B. zum Beispiel

ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1 Die Einleitung

Die Firma Hells Ferienresort Zillertal ist ein 5 Hektar großer Campingplatz mit einem Ganzjahresbetrieb. Er umfasst 200 Stellplätze für Wohnmobile bzw. Zelte, 10 Ferienwohnungen und 4 Ferienbungalows. Weitere Einrichtungen sind ein Sanitärgebäude, zwei separate Gebäude für die Rezeption und das Büro sowie ein Restaurant, welches das ganze Jahr verpachtet ist.

Bei der Firma Hells Ferienresort Zillertal handelt es sich um ein traditionelles Familienunternehmen, bei welchem Herr Alois Hell als Geschäftsführer, seine Frau Karin Hell im Büro sowie drei Reinigungskräfte, zwei Büroangestellte und ein Hausmeister beschäftigt sind. Die drei Reinigungskräfte und eine Bürofachkraft sind Teilzeitbeschäftigte, die zweite Büroangestellte sowie der Hausmeister Vollzeit. Herrn Hell und seiner Familie ist die Umwelt von außerordentlicher Wichtigkeit. Sein Motto lautet: „Versuchen wir unser schönes Land Tirol auch noch für unsere Kinder so schön wie heute zu erhalten“.

Durch bereits in der Vergangenheit geleistete Aktionen ist die Firma Hells Ferienresort Zillertal Träger des Umweltzeichens für Tourismusbetriebe.

Ein zusätzliches Anliegen von Herrn Hell ist es, die CO₂ Belastung, welche sein Unternehmen verursacht, so gering wie möglich zu halten. Aus diesem Grund hat er sich für eine komplette Energieoptimierung entschieden. Diese beinhaltet die Installation einer thermischen Solaranlage, die Umrüstung der bestehenden Heizung, eine Photovoltaikanlage, eine Elektrotankstelle und Elektroautos zur Miete für Campinggäste.



Abbildung 1: Logo Fa. Wohlfühlcamping Hell

1.1 Die Problemstellung

Aufgrund der immer stärker werdenden Nachfrage nach einem Wellnessbereich ist die Fa. Hells Ferienresort Zillertal gezwungen, neue Angebote für die Gäste zu schaffen. Ein „normaler Campingplatz“ ist heutzutage einfach nicht mehr ausreichend.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass viele Familien nicht mehr interessiert sind, ein Zelt aufzustellen und mit einfachsten Mittel eine Woche bei Hitze, Wind und Regen zu verbringen. Dazu kommt noch der starke Winter in Tirol. Den Campern ist es schlicht weg zu kalt und die Anzahl der Dauercamper mit Wohnmobilen ist zu gering um das ganze Jahr gute Umsätze generieren zu können. Somit werden in der Tiroler Haupttourismuszeit zu niedrige Gewinne erzielt.

Eine Erweiterung des Angebotes durch ein neues Hallenbad, einen Wellnessbereich mit Sauna sowie Apartments mit 4-Stern Kategorie beinhalten neben den hohen Investitionskosten ebenfalls sehr hohe Erhaltungskosten. Alleine die beheizte Fläche wird nach dem Umbau das Dreifache betragen.

Dies führt zu einem erheblichen Problem da der bisherige Energiebedarf für Heizung und Warmwasser bereits bei 514.800 kWh liegt. Derzeit wird mit einem flüssiggasbetriebenen Gaskessel und einer 25 kW Ölheizung der gesamte Energiebedarf erzeugt. Die geplante Investition würde einen zusätzlichen Energiebedarf von 170.897 kWh verursachen. Dieser Bedarf kann mit der bisherigen Flüssiggas- sowie der Ölheizung nicht mehr abgedeckt werden, da diese bereits zu 100% ausgelastet sind.

Ein weiterer Nachteil der bestehenden Heizanlage ist der schwer zu kalkulierende Gas- sowie Ölpreis. Zusätzlich macht Herrn Hell die CO₂ Belastung, die sein Unternehmen verursacht Sorgen, welche durch weitere Investitionen stark steigen würde.

Zu diesen Problemen kommt noch der Urlaubertransfer hinzu. Viele Camper fahren für einen kurzen Einkauf mit den großen Wohnmobilen in die nahegelegene Stadt. Das verursacht neben einem großen Zeitaufwand für die Gäste eine weitere CO₂ Belastung für den Ort.

1.2 Die Zielsetzung

Ziel ist es, das bestehende Angebot um ein Hallenbad, einen Wellnessbereich, eine Sauna und Apartments der 4-Sterne Kategorie zu erweitern. Im Zuge dessen, sind eine neue Rezeption sowie ein Büro im Konzept enthalten. Um den ständig steigenden Nebenkosten entgegen zu wirken, soll ein ganzheitliches Energiekonzept verfolgt werden, welches auf geringste CO₂ Ausstöße und Energieverbrauch ausgelegt ist.

Um die durch den Umbau entstandenen sowie den bereits von den vorhandenen Anlagen verursachten hohen Heiz- und Warmwasserkosten entgegen zu wirken, soll eine thermische Solaranlage mit ca. 300 m² auf dem Neubau installiert werden. Aufgrund der Gastesaisonalität fällt der größte Energiebedarf (Warmwasser) im Sommer an. Dies deckt sich ideal mit der zur Verfügung stehenden Einstrahlung der Sonne. Die Abnahme einer großen thermischen Anlage ist somit gewährleistet.

Eine Umrüstung der bestehenden Flüssiggas- und Ölheizung auf eine zentrale Pelletsheizung mit 400 kW, in Verbindung mit einem Scheitholzkessel mit 100 kW, soll den gesamten Wärmedarf des Unternehmens abdecken. Beide Heizquellen sollten sich im gleichen Heizhaus befinden damit für die Versorgung nur eine Fernleitung zwischen dem neuen Technikraum und dem Hallenbad verlegt werden muss.

Die verbleibende Gasheizung soll nach dem Umbau nur mehr für die Notversorgung im Falle eines Problems, z.B.: Schneckenbruch der Pelletsaustragung, dienen. Ziel ist es, die gesamte Energie anstatt wie bisher mit Flüssiggas zu 100% aus erneuerbaren Energiequellen zu gewinnen.

Das Energiekonzept umfasst zusätzlich die Gewinnung von Strom aus Photovoltaikanlagen mit 40 kWp. Elektroautos zur Miete und eine dazu gehörende Elektrotankstelle sollen die CO₂ Emissionen der Campinggäste im Straßenverkehr reduzieren. So werden zum Beispiel die Wohnmobile der Gäste nicht mehr für lokale Fahrten benutzt.

Ziel ist es, auf die einzelnen Punkte der geplanten Energieoptimierung einzugehen und nach erfolgreicher Umsetzung des ganzheitlichen Energiekonzeptes einen Vorher-Nachher Vergleich zu erstellen. Es soll aufgezeigt werden, wie hoch die tatsächlichen Einsparungen sind.

1.3 Die Ist-Situation

Im Jahr 2013 hatte der Campingplatz 65.073 Übernachtungen zu verzeichnen. 12.920 davon entfallen auf Dauercamper.

Der gesamte Energiebedarf von Heizung und Warmwasser wurde mit einem flüssiggas-betriebenen Gaskessel sowie einer 25 kW Ölheizung erzeugt.

Der bisherige Gasverbrauch betrug 40.000 kg Flüssiggas sowie 3.000 Liter Heizöl. Ohne eine Maßnahme im Bereich der Energieoptimierung würde für die Neubauten Hallenbad, Büro, Rezeption und 4-Stern Apartments ein erheblicher Heizenergiebedarf hinzukommen.

Anlage	Energiebedarf in kWh
Bestand (Campinganlage, Restaurant usw.)	514.800
Neubau Hallenbad	125.112
Neubau Apartments/Büro/Rezeption	45.785
Summe	715.697

Tabelle 1: Übersicht Energiebedarf Bestand und Neubau

1.3.1 Die Kennzahlen des Wärme und Kühlbedarfs

Im Jahr 2013 wurden 40.000 kg Flüssiggas sowie 3.000 Liter Heizöl für die Warmwasserbereitung und die Heizung verbraucht.

In den nachfolgenden Tabellen werden der Wärme- und Kühlbedarf der bereits bestehenden Anlagen sowie der Bedarf für die geplanten Investitionen dargestellt. Diese Kennzahlen bilden in weiterer Folge die Grundlage für die Dimensionierung des ganzheitlichen Energiekonzeptes.

Bereich	Fläche
Hallenbad Wasserfläche	17x7x1,37 m
Kinderbecken Wasserfläche	5x4x0,2 m
Beheizte Fläche Altbau	3.578 m ²
Beheizte Fläche Neubau	2.060 m ²
Beheizte Fläche Gesamt	5.638 m²

Tabelle 2: Übersicht der beheizten Flächen

Bereich	Leistung in kW
Unterverteiler Waschraum	100
Unterverteiler Restaurant	86,1
Bestand Camping	25
Rezeption / Büro	25
statische Heizlast Neubau	56,1
Lüftung Fitnessraum	40
Unterverteiler Hallenbad	140,58
Warmwasserbereitung	120 (Spitze 400)
Freischwimmbad nur im Sommer	87,5
Summe	680,28

Tabelle 3: Leistungsübersicht der einzelnen Bereiche

1.3.2 Die Allgemeine Beschreibung der Verbraucher

Bei der Firma Wohlfühlcamping Hell konnten fünf Arten von Verbrauchern identifiziert werden:

1. Lüftungen:

Die Erfahrungen zeigen, dass der Energiebedarf von Lüftungssystemen oft vielfach unterschätzt wird. Rund ein Drittel des Stromverbrauchs benötigen elektrische Antriebe. Zirka 20 % davon werde für Ventilatoren- und Lüftungssysteme eingesetzt. Studien zeigten, dass das Optimierungspotenzial bei bestehenden Systemen oft bei über 50 % der eingesetzten Energie liegt.¹

Die folgenden Bereiche werden in drei unterschiedlichen Nachheizregistern zugeordnet:

Nachheizregister 1 ist mit den Temperaturen VL/ RL 55°/35° ausgelegt.

Nachheizregister 2 ist mit den Temperaturen VL/ RL 50°/35° ausgelegt.

Nachheizregister 3 ist mit den Temperaturen VL/ RL 60°/40° ausgelegt.

¹ Vgl. Klima:aktiv energieeffiziente betriebe: Vom Ventilator verweht

Bereich	Leistung in kW	Nachheizregister
Fitness	40	1
Hallenbad	50	1
Mietbadezimmer	6	1
Vitalbereich	7	1
Keller & Sauna	31,6	2
Waschkabine / WC / Dusche	41,5	2
Küche	44,3	3
Restaurant	24,3	3
Gesamtleistung	244,7	

Tabelle 4: Leistungsübersicht Nachheizregister Lüftungsanlage

2. Heizungen

Die optimale Einstellung der Heizung, der Pumpen und der Thermostatventilen kann zwischen 10 bis 20 % der Heizenergie einsparen und zwar ohne nennenswerte Kosten. Eine weitere Einsparmöglichkeit in Altbauten besteht durch den sogenannten hydraulischen Abgleich. Beim hydraulischen Abgleich wird jeder Heizkörper oder Heizkreis einer Flächenheizung auf einen bestimmten Durchfluss des warmen Wassers eingestellt. Damit wird erreicht, dass bei einer bestimmten Vorlauftemperatur, jedes Zimmer genau mit der Wärmemenge versorgt wird, die es benötigt. Der Rücklauf jedes Heizkörpers weist bei exakter Einstellung die gleiche Rücklauftemperatur auf. Fehlt der hydraulische Abgleich, sind die Volumenströme zu hoch. Der Energieverbrauch steigt dadurch um bis zu 30 %.²

Fußbodenheizungen:

- Die Fußbodenheizungen in Neubau sind mit einer Leistung von 107,68 kW auf VL/RL 40°/30° C dimensioniert.
- Die Fußbodenheizungen im Bestand sind mit einer Leistung von 39,4 kW auf VL/RL 45°/35° C dimensioniert.

² Vgl. Ministerium für ein Lebenswertes Österreich: Heizen mit Wert

Radiatorenheizungen:

- Die Radiatoren im Bestand werden mit einer Temperatur von VL/RL 60°/40° C versorgt. Die Gesamtleistung beträgt 23 kW.

3. Freischwimmbad

Das Freischwimmbad ist von Mai bis September in Betrieb. Das Heizregister mit 87,5 kW wurde mit einer Temperatur von VL/RL 50°/35° C dimensioniert.

4. Hallenbad Nachheizung

Das Badewasser wird mit einer Leistung von 40 kW und den Temperaturen VL/RL 50°/30° C beheizt.

5. Warmwasserbereitung

Diese ist mit 400 kW und VL/RL 70°/27° C dimensioniert.

1.3.3 Die Kennzahlen des aktuellen Stromverbrauchs

Im Jahr 2013 wurde ein Gesamtstromverbrauch von 249.541 kWh verursacht.

Zu beachten ist, dass bei dem Gesamtstromverbrauch kein Grüner- bzw. Öko-Strom und auch kein selbst erzeugter Strom inkludiert sind. Unter Grünem- bzw. Öko-Strom versteht man, dass der Strom ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wurde. Das sind zum Beispiel, Wind- und Wasserkraftwerke, Biomasseanlagen, Erdwärme- oder Klärgasanlage und natürlich auch Photovoltaikfelder. Ziel ist es, dass das Klima geschützt und der Verbrauch fossiler, endlicher Ressourcen reduziert wird.³

Um eine bessere Vorstellung von 249.541 kWh zu bekommen, werden in folgender Rechnung die Stromkosten für das Jahr 2013 berechnet.

$$\text{Stromkosten im Jahr 2013} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 249.541 \text{ kWh} = 27.449,51 \text{ €}$$

Um den Stromverbrauch pro Übernachtung zu erhalten wurde wie folgt gerechnet.

$$\text{Kennzahl Stromverbrauch} = \frac{249.541 \text{ kWh}}{65.073 \text{ Übernachtungen}} = 3,83 \frac{\text{kWh}}{\text{Übernachtung}}$$

³ Vgl. <http://www.gruenerstromlabel.de/faq/gruener-strom-label/> 24.03.2015, 10:23Uhr

2 Das ganzheitliche Energiekonzept

In den folgenden Punkten wird auf das ganzheitlich Energiekonzept der Firma Hells Ferienresort Zillertal eingegangen. Im ersten Abschnitt wird die Umstellung von der bisherigen flüssiggasbetrieben Heizung auf eine zentrale Pelletsheizung betrachtet und die spezifischen Eigenschaften erläutert.

Anschließend wird die thermische Solaranlage erläutert, welche eine erhebliche Verbesserung im Bereich der Warmwasserabdeckung realisieren soll.

Um der ebenfalls sehr hohen Stromkostenbelastung entgegen zu wirken, wird in weiterer Folge die Photovoltaikanlage näher betrachtet. Zusätzlich soll der durch die Anlage generierte Strom für die Betankung von Elektroautos genutzt werden. Die Wahl des optimalsten Elektrofahrzeuges wird mittels den Entscheidungsmethoden Goal-Programming und Zielgewichtung ermittelt.

Des weiteren wird unter Berücksichtigung des Förderzuschusses die Wirtschaftlichkeit der Investitionen betrachtet und mit einbezogen.

2.1 Die zentrale Pelletsheizung

Im Jahr 2013 wurden 40.000 kg Flüssiggas sowie 3000 Liter Heizöl benötigt. Um den schwer zu kalkulierenden und ständig steigenden Preisen entgegenzuwirken, hat sich Herr Hell zur Umrüstung auf eine zentrale Pelletsheizung entschieden. Ein weiteres Kriterium für diese Heizvariante war das Holz eine einheimische Energiequelle ist, welche in Krisenzeiten in Österreich ebenfalls zur Verfügung stehen würde.

Ein weiterer Pluspunkt ist der Energiegehalt des Brennstoffes Holz. Dieser schneidet im Vergleich zu anderen Energieträgern sehr gut ab.

Zusätzlich war dem Unternehmen der Aspekt der Umweltbilanz wichtig. Für die Gewinnung und Verfeuerung ist sehr wenig Hilfsenergie notwendig. Außerdem werden bei der Gewinnung und dem Transport nur wenige Umweltschadstoffe freigesetzt. Die bestehenden Nachteile der relativ hohen Emissionen von Stickoxiden, Kohlenmonoxid, Staub und Asche werden durch die geringen Emissionen an Schwefeldioxid und Schwermetallen wieder ausgeglichen. Weiters von Vorteil ist die fast neutrale Kohlendioxid-Bilanz.⁴

⁴ Vgl. Ebert, Hans-Peter: Heizen mit Holz in allen Ofenarten. – 11. Aufl. – Staufen bei Freiburg: Ökobuch, 2006; Seite 12-13.

2.1.1 Die Hauptbestandteile der zentralen Pelletsheizung

In den folgenden Punkten wird näher auf die einzelnen Hauptbestandteile einer zentralen Pelletsheizung eingegangen. Hierbei werden das Verfahren, die Funktion des Brenners, die Wärmeübertragung und die dazugehörige Speicherung erläutert. Zusätzlich werden die Steuerelemente, die Sicherheitseinrichtungen, sowie die Lagerung und der Brennstoffbezug näher betrachtet.

2.1.1.1 Das Verfahren

Bei der Pelletsheizung wird der Brennstoff periodisch angeliefert und mittels einer Zuführ- einrichtung automatisch aus dem Pelletslager entnommen und in Höhe des Bedarfs in die Brennkammer eingebracht. Die daraus resultierende Hitze erwärmt das Wasser aus dem Heizkreislauf im Kessel der Pelletsheizung. Dieses erwärmte Wasser wird anschließend zur Wärmeverteilung genutzt. Um geringe Wärmeverluste zu erhalten wird ein Warmwasserspeicher in das Heizsystem integriert welcher die erzeugte Wärme bis zu dem Zeitpunkt speichert an dem sie benötigt wird.

2.1.1.2 Der Brenner

Bei der Verbrennung laufen verschiedene Teilschritte physikalischer und chemischer Prozesse teils hintereinander und teils parallel im Brenner der zentralen Pelletsheizung ab. Die wichtigsten Schritte sind:⁵

- Erwärmung des Brennstoffs
- Trocknung des Brennstoffes (bei richtiger Lagerung der Pellets nicht erforderlich)
- Pyrolytische Zersetzung durch Temperatureinwirkung
- Vergasung des festen Kohlenstoffs
- Oxidation der brennbaren Gase
- Wärmeabgabe der Flamme

⁵ Vgl. Kaltschmitt, Martin: Hartmann, Hans: Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse. – 2. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2009; Seite 464.

Im Brenner werden die automatisch zugeführten Pellets verbrannt. Dies geschieht entweder durch automatisches Entzünden oder durch ein dauerhaft erhaltenes Glutbett im Brennraum. Die Art der Zufuhr und der Verbrennung der Pellets wird in unterschiedliche Techniken unterteilt. Derzeit sind folgende Arten am Markt erhältlich:⁶

- Rationsfeuerung
- Düsenrotfeuerung
- Unterschubfeuerung
- Vorschubrostfeuerung
- Zyklonfeuerung
- Vorschub mit Feuermulde
- Weitere Systeme und Kombinationen daraus

Die integrierte Steuerungs- und Regeltechnik ermöglicht eine schrittweise Verbrennung der Pellets, die zur aktuellen Wärmeabdeckung benötigt werden. Um die erzeugte Wärme nicht in den Heizraum abzugeben, müssen zentrale Heizkessel dementsprechend verkleidet und gedämmt werden. Mittels Wasserwärmeüberträger, welcher an dem Heizkreislauf angeschlossen ist, wird der Wärmetransport realisiert.⁷

Im folgenden Abschnitt wird auf die Unterschubfeuerung näher eingegangen, da die Entscheidung für diese Variante gefallen ist.

Die Abbildung 2 zeigt das Prinzip der Pelletsfeuerung. Über eine Schnecke werden die Pellets der Anlage zugeführt. Unter Zuführung der Primärluft startet die Verbrennung in der hierfür vorgesehenen Brennpfanne. In der Brennkammer erfolgt nicht nur der weitere Verbrennungsverlauf sondern auch die Zufuhr der Sekundärluft welche für die Nachbrennung notwendig ist. Vor der automatischen Ascheaustragung sorgt ein aktiver Ausbrandrost für einen guten Ausbrand. Die dadurch entstehende Rostasche wird in einem dafür vorgesehen Behälter gesammelt und kann zu einem späteren Zeitpunkt entleert werden. Das ausgemauerte Strahlungsgewölbe trennt die Brennkammer vom nachgeschalteten Warmwassererzeuger. Die im Rauchgas enthaltene Wärme wird mittels Wärmetauscher auf das Heizwasser übertragen.⁸

⁶ Vgl. Döring, Stefan: Pellets als Energieträger. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2011; Seite 180.

⁷ Vgl. Döring, Stefan: Pellets als Energieträger. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2011; Seite 180.

⁸ Vgl. Döring, Stefan: Pellets als Energieträger. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2011; Seite 183.

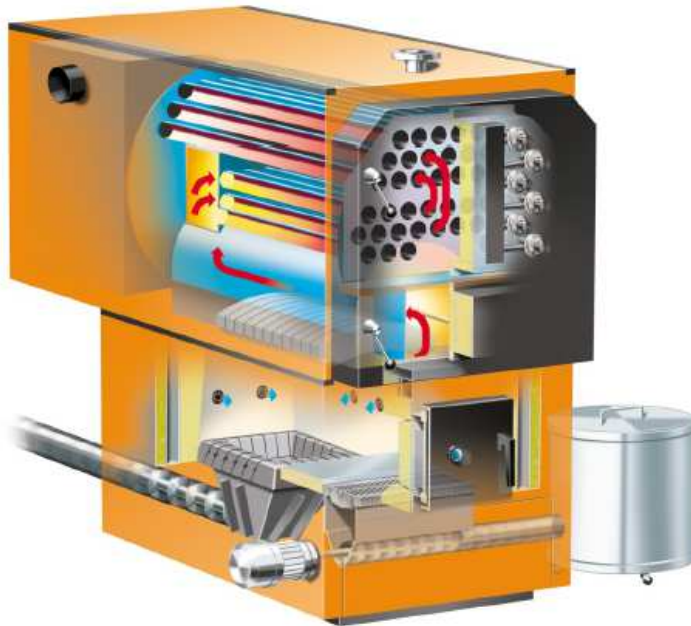


Abbildung 2: Unterschubrostfeuerung für Pellets⁹

2.1.1.3 Die Wärmeübertragung und Speicherung

Mittels Wasserwärmeüberträger, der an dem Heizkreislauf angeschlossen ist, wird der Wärmetransport realisiert und das Wärmemedium an die entsprechenden Heizkörper über Rohrleitungen übertragen.

Im Unternehmen Hells Ferienresort existiert eine relativ hohe Heizlastvariabilität. Das bedeutet, dass zu den Morgen- und Abendstunden die meisten Gäste Brauchwasser benötigen und somit ein sehr großer Warmwasserbedarf vorhanden ist. Aus diesem Grund muss die Verbrennung dann gestoppt bzw. verringert werden, wenn die Wärmenachfrage unter die niedrigste im Dauerbetrieb erzielbare Leistung fällt. Dies geschieht durch eine Unterbrechung der Luft bzw. Brennstoffzufuhr. Um jedoch innerhalb kürzester Zeit wieder genügend Warmwasser zur Verfügung zu haben, wird bei der Heizanlage mit Wärmespeichern (Pufferspeichern) gearbeitet, welche in Kombination mit der erzeugten Solarwärme verwendet werden. Die Einschichtung der Solarwärme erfolgt durch vier Puffer mit jeweils 7000 Liter Volumen und zwei Edelstahlspeicher mit je 3000 Liter Inhalt. Die verwendeten Speicher werden während der Speicherbeladung und Entnahme von einem zirkulierenden Wärmeträgermedium durchflossen. Um eine gleichmäßige Temperaturschichtung zu erhalten, ist der heiße Zulauf im oberen Bereich des Speichers so gestaltet, dass eine Bildung von Turbulenzen vermieden wird.

⁹ Vgl. Döring, Stefan: Pellets als Energieträger. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2011; Seite 183.

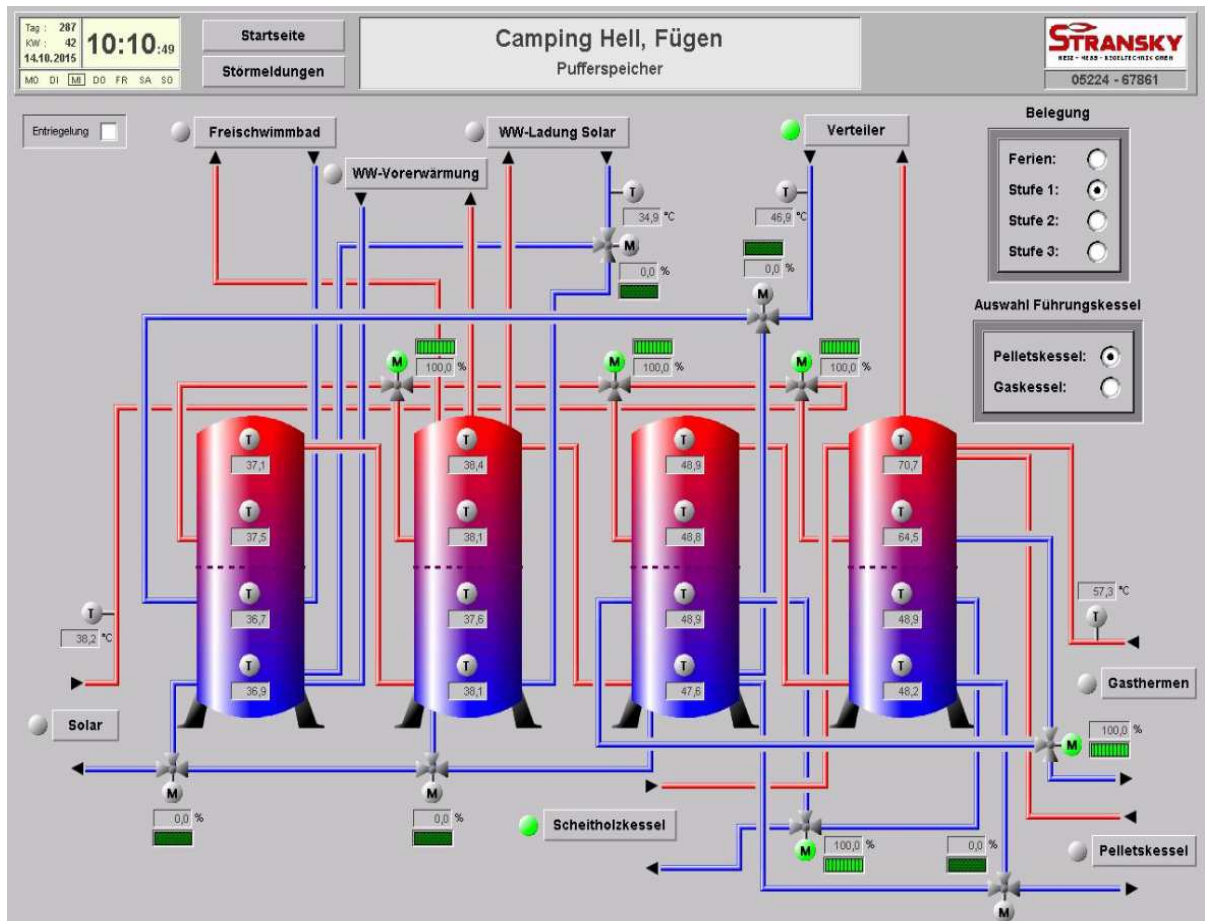


Abbildung 3: Hydraulisches Anschlussschema für einen Wärmespeicher in einem kombinierten Holz-Solar-Heizsystem¹⁰

2.1.1.4 Messung, Steuerung und Regelung

Das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden verpflichtet dazu, dafür Sorge zu tragen, dass bei Heizungs-, raumluftechnischen, Kühl-, Beleuchtungs- sowie Warmwasserversorgungsanlagen nicht mehr Energie verbraucht wird, als zur bestimmungsgemäßen Nutzung erforderlich ist. Weiteres wird die Begrenzung der Warmwassertemperatur sowie die Einrichtung der Regelung und Steuerung der Wärme- und Kälteversorgungssysteme vorgeschrieben.¹¹

Aus diesem Grund wird mittels Leistungsregelung die vom Heizkessel gelieferte Wärmemenge an den tatsächlich benötigten Wärmebedarf angepasst. Ziel ist es, die gewünschte

¹⁰ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse. – 2. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2009; Seite 489.

¹¹ Vgl. EnEG (idF v. 22.07.1976) §2 ABS. I und II.

Raumtemperatur mit so geringen Verlusten wie möglich konstant zu halten. Um dies zu realisieren, muss die vom Heizkessel gelieferte Wärmemenge die Heizlast sein, welche durch den Wärmeaustausch zwischen Raum und Umgebung verursacht wird. Diese benötigte Heizlast ist in erster Linie von der Außentemperatur abhängig, welche je nach Jahreszeit sowie während eines Tages (Nacht, Tag) ständig schwankt. Daraus ergibt sich, dass auch der wirkliche Wärmebedarf des Gebäudes kein Festwert ist, sondern ebenfalls eine veränderliche Größe. Dabei bestehen zwischen der Außen-, der Raum- und der Vorlauf-temperatur der Heizung feste Zusammenhänge. So ergibt sich bei einer konstanten Raumtemperatur und einer bestimmten Außentemperatur eine definierte Vorlauf-temperatur deren Einhaltung die Regelungseinrichtungen gewährleisten muss.¹²

Variiert die Außentemperatur während des Tages so muss es möglich sein, die den Heizkörpern zugeführte Wärmemenge zu ändern. Denn nur dadurch kann dem ständig schwankenden Wärmebedarf entgegengewirkt werden und eine konstante Raumtemperatur erhalten bleiben. Diese Angleichung der Wärmemenge wird durch eine Anpassung der Vorlauf-temperatur bei gleich bleibender Umlaufmenge realisiert. Die verwendete Steuerung muss also bei einer Schwankung der Außentemperatur die Vorlauf-temperatur anpassen, dies geschieht mittels Steuerung der Wärmeerzeugung im Heizkessel durch Erhöhen oder Verringern der Feuerleistung.¹³

Um so wenig Energie wie möglich zu verbrauchen, höchste Wirtschaftlichkeit, geringen Brennstoffverbrauch, geringsten Bedienungsaufwand sowie eine gesunde, gleichmäßig und behagliche Raumtemperatur zu erhalten, wird mit selbsttätigen Regelungseinrichtungen gearbeitet. Es wird eine Regelungskombination verwendet, welche aus der Regelung der Vorlauf- sowie der Raumtemperatur besteht. Das Regelgerät erfasst die Vorlauf-temperatur und hält sie durch Ausregelung der Kesseltemperaturschwankungen völlig konstant. Zusätzlich wird eine Umschaltung des Messwertes der Außentemperatur gemacht. Dies ermöglicht Schwankungen der Raumtemperatur auszuschließen.¹⁴

Zu einer solchen Regelanlage gehören ein Thermostat sowie Kesseltemperaturregler, welche bei Abweichung vom eingestellten Sollwert Impulse an ein Stellglied senden. Diese werden vom Thermostat unmittelbar oder mit einer Hilfskraft über einen Schalter oder Stellmotor betätigt. Das Stellglied kann die Frischluftklappe oder ein Brennermotor bei Gasfeuerung sein. Für ein einwandfreies Arbeiten der Regelungseinrichtung sind die rich-

¹² Vgl. Laasch, Thomas: Laasch, Erhard: Haustechnik. – 13. Aufl. – Wiesbaden: Springer, 2013; Seite 677-680.

¹³ Vgl. Laasch, Thomas: Laasch, Erhard: Haustechnik. – 13. Aufl. – Wiesbaden: Springer, 2013; Seite 677-680.

¹⁴ Vgl. Laasch, Thomas: Laasch, Erhard: Haustechnik. – 13. Aufl. – Wiesbaden: Springer, 2013; Seite 676-684.

tige Auslegung, das einwandfreie Arbeiten der Heizungsanlage sowie die richtige Abstimmung Beider aufeinander notwendig.¹⁵

2.1.1.5 Die Sicherheitseinrichtungen

Pelletsheizungen verfügen über eine Rückbrandsicherung, die einen Rückbrand in den Zubring- bzw. Lagerbereich verhindert. Außerdem wird das Austreten giftiger oder brennbarer Gase in den Heizungsraum mittels Unterdruckregelung im Feuerraum verhindert. Eine weitere Sicherheitseinrichtung ist der Temperaturlimitierer im Heizkessel, welcher bei Erreichen der eingestellten maximalen Grenztemperatur die Wärmezufuhr stoppt und erst nach einer wesentlichen Abkühlung die Anlage wieder für den Normalbetrieb freigibt. Ein zusätzlicher Sicherheitsaspekt ist das Ausdehnungsgefäß am höchsten Punkt der Anlage. Dieses sollte nach Möglichkeit senkrecht über dem Kessel montiert werden. Das Ausdehnungsgefäß nimmt die Druckerhöhung auf, welche durch die Erwärmung des Heizwassers und die daraus resultierende Vergrößerung des Volumens verursacht wird.

2.1.1.6 Die Automatisierung, Betreuung und Wartung

Herrn Hells Heizungsanlage arbeitet nahezu vollautomatisch, das bedeutet, dass er lediglich regelmäßige Reinigungs- und Wartungsarbeiten in Auftrag geben muss. Die Reinigungsarbeiten, unter welche die Aschentsorgung fällt, erledigt Herr Hell selbst bzw. lässt diese von seinem Hausmeister erledigen. Die Wartungs- und Servicearbeiten werden einmal im Jahr vom Heizungstechniker durchgeführt. Die Kosten dafür betragen 500 € pro Jahr. Ein zusätzlicher Betreuungsaufwand besteht in der regelmäßigen Befüllung seines Pelletslagers. Außerdem soll das Pelletslager regelmäßig komplett entleert sowie gereinigt werden. Der Grund für die regelmäßige Reinigung ist der durch die Einblasung sowie Fördertechnik entstehende Feinanteil, welcher sich im unteren Bereich des Lagers absetzt.

Zum Betreuungsaufwand gehört, wie bei jeder anderen Heizung ebenfalls, die Reinigung der Rauchabzüge welche vierteljährlich vom Rauchfangkehrer durchgeführt werden.

¹⁵ Vgl. Laasch, Thomas: Laasch, Erhard: Haustechnik. – 13. Aufl. – Wiesbaden: Springer, 2013; Seite 676-684.

2.1.1.7 Der Brennstoffbezug

Das Unternehmen Hells Ferienresort bezieht im Jahr ca. 70.000 kg Pellets. Das Kilo kostet 0,23 Euro. Die Pellets werden per LKW angeliefert und automatisch vom Lieferanten ins Pelletslager befördert. Aus umwelttechnischen Aspekten bezieht Herr Hell die Pellets aus der Region um lange und somit CO₂ intensive Anfahrten zu verhindern.

Zusätzlich zu den Pellets verbrennt das Unternehmen Stückholz, welches noch in großen Mengen vom Umbau des Gebäudes vorhanden ist. Es wird geschätzt dass, das vorhandene Holz noch für die nächsten zwei Jahre reichen wird. Nach dieser Zeit hat Herr Hell die Möglichkeit Bäume vom eigenen Gelände zu roden und der Verbrennung zu zuführen. Durch das regelmäßige schneiden der Bäume vermutet er in den nächsten 4 Jahren kein Stückholz fremdbeziehen zu müssen.

2.1.1.8 Die Lagerung und Austragung

Bei der Lagerung von Pellets ist besonders darauf zu achten, einen trockenen Lagerraum bzw. ein trockenes Lagersilo zu schaffen. Der Grund dafür ist, dass Pellets hygroskopisch, also wasseranziehend, sind. Bei Kontakt mit feuchten Wänden oder Oberflächen quellen die Pellets auf und können somit nur mehr schlecht bzw. gar nicht verwendet werden. Aufgrund der Brand- und Explosionsgefahr sind Elektroinstallationen im Lagerraum verboten.¹⁶

Die Lagerung der Pellets findet bei Herrn Hell in einem 5,4 Meter breiten, 4,2 Meter tiefen und 4,5 Meter hohen Raum statt. In diesem Raum wurde ein Schrägboden integriert welcher eine Neigung von 45° besitzt. Diese Neigung wird benötigt um das selbstständige nachrutschen der Pellets zu gewährleisten. Um die Reibung zwischen Pellets und Oberfläche zu verringern wurde die Oberfläche des Schrägbodens so glatt wie möglich gehalten. Als Austragungssystem dient eine flexible Förderschnecke. Diese befindet sich am Boden des Lagerraums und ist nach dessen Längsachse ausgerichtet.

¹⁶ Vgl. Döring, Stefan: Pellets als Energieträger. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2011; Seite 158-162.

2.1.2 Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Pelletsheizung

Um die Wirtschaftlichkeit der durchgeführten Maßnahmen im Bereich der Pelletsheizung darzustellen, erläutere ich im ersten Schritt die erhaltenen Förderungen des Landes näher. In weiterer Folge wird eine Gewinnvergleichsrechnung durchgeführt. Hierbei soll ermittelt werden ob mit der Investition in eine neue Pelletsheizung wirklich eine Einsparung erzielt werden konnte. Im Anschluss soll mittels Rentabilitätsrechnung überprüft werden, ob die theoretisch angenommene Rentabilität auch erreicht wurde. Das Kapitel der Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird mit der Amortisationsrechnung abgeschlossen.

2.1.2.1 Die Förderungen der Pelletsheizung

Vom Ministerium für ein lebenswertes Österreich steht eine Förderung für Betriebe zur Eigenversorgung im Bereich der Holzheizungen zur Verfügung. Mit dieser Umweltförderung ist es möglich bis zu 35 % der Investitionskosten zurück zu erhalten. Gefördert werden Kesselanlagen mit mindestens 400 kW Nennwärmeleistung und Mikronetze zur innerbetrieblichen Wärmeversorgung, die mit Holzpellets, Hackgut aus fester Biomasse oder Stückholz betrieben werden. Die Förderung umfasst Investitionen für Holzheizungen zur zentralen Wärmeversorgung eines oder mehrere betriebseigener Gebäude. Die Förderung können alle Betriebe, sonstige unternehmerisch tätige Organisationen sowie Vereine und konfessionelle Einrichtungen beantragen. Aufgrund dieser Bedingungen konnte das Unternehmen Hells Ferienresort Zillertal die Umrüstung der Pelletsheizung als Förderprojekt einreichen. Nach Antragsstellung hat die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) ermittelt wie hoch die CO₂ Einsparung durch die Umrüstung sein wird und hat eine Fördersumme von 91.407 Euro festgelegt. Dieser Betrag wurde dem Unternehmen Hells Ferienresort überwiesen und kann für die nachfolgenden Berechnungen von den Anschaffungskosten abgezogen werden.¹⁷

¹⁷Vgl. http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieversorgung/holzheizung/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

2.1.2.2 Die Gewinnvergleichsrechnung

Die Gewinnvergleichsrechnung ermöglicht eine Beurteilung der Investition. Im Falle vom Unternehmen Hells Ferienresort soll diese Methode für die Pelletsheizung durchgeführt werden. Die Gewinnvergleichsrechnung berücksichtigt sowohl die Kosten der Kapitalverzinsung als auch den Periodengewinn.¹⁸

In der folgenden Tabelle 5 sind die allgemeinen Angaben zur Pelletsheizung angegeben, welche mir von Herrn Hell zur Verfügung gestellt wurden.

Positionsbezeichnung		Pelletsheizung
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	314.523
Förderung	€	91.407
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5
Auslastung	h/a	4789

Tabelle 5: Angaben zur Pelletsheizung

Für die Berechnung des Gewinns ist es von außerordentlicher Bedeutung den Ertrag zu ermitteln, welcher durch die Investition erzielt worden ist. Eine spezielle Form von Ertrag ist die Kosteneinsparung. Im Fall von Herrn Hell habe ich die Einsparung von Öl als Ertrag für die Pelletsheizung verwendet. Der Ertrag ergibt sich wie folgt:¹⁹

Ertrag = Ölpreis – Pelletspreis – Erwirtschaftung der Solaranlage

Ertrag = 79.540,85 – 16.100,00 – 27.176,02 = 36.269,90

Die angenommenen Ölkosten entstehen mit Hilfe des benötigten Energiebedarfes von 685.697 kWh für die gesamte Anlage des Ferienresorts. Bei einem Preis von 0,116 €/kWh ergibt sich somit ein Betrag von 79.540,85 €. Von diesem Betrag werden die Kosten des Jahres 2014 für den Pelletseinkauf sowie der Ertrag der thermischen Solaranlage abgezogen. Der Beitrag der thermischen Solaranlage konnte anhand des verbauten Wärmehählers ermittelt werden und betrug 234.276 kWh. Bei einem Ölpreis von 0,116 €/kWh ergibt sich somit eine Einsparung von 27.176,02 €.

¹⁸ Vgl. Bieg, Hartmut: Kußmaul, Heinz: Investition -2. Aufl. – München: Vahlen, 2012; Seite 58.

¹⁹ Vgl. Losbichler, Heimo: Grundlagen der finanziellen Unternehmensführung – Band III Cashflow, Investition und Finanzierung. -3. Aufl. – Wien: Linde, 2015; Seite 201.

Zusätzlich zum Ertrag sind die Kosten für die Ermittlung des Gewinnes erforderlich. Zu den Kosten gehören ebenfalls die Kapitalkosten, welche sich aus der Abschreibung sowie den Zinsen einer Investition zusammensetzen. Für die Berechnung der linearen Abschreibung und der kalkulatorischen Zinsen bin ich folgendermaßen vorgegangen:

$$Afa^{20} = \frac{\text{Anschaffungswert} - \text{Restwert} - \text{Förderung}}{\text{Nutzungsdauer}} = \frac{314.523 - 0 - 91.407}{20} = 11.155,80 \text{ €}$$

$$i_{\text{kalk}}^{21} = \frac{\text{Anschaffungswert} + \text{Restwert} - \text{Förderung}}{2} \times \text{Zinsen} = \frac{314.523 + 0 - 91.407}{2} \times 0,025 = 2788,95 \text{ €}$$

Der Gewinn kann, nach erfolgreicher Ermittlung der Erträge und Kosten, auf Basis der Formel Gewinn = Erträge - Kosten errechnet werden.

$$\text{Gewinn}^{22} = 36.269,90 \text{ €} - 11.155,8 \text{ €} - 2.788,95 \text{ €} - 500 \text{ €} = 21.825,15 \text{ €}$$

Erträge	€	36.269,90
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	11.155,8
kalk. Zinsen	€/Jahr	2.788,95
fixe Betriebskosten	€/Jahr	500
variable Betriebskosten	€	0
Gewinn	€	21.825,15

Tabelle 6: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung von der Pelletsheizung

Anhand der Gewinnberechnung konnte ein Betrag von 21.825,15 € ermittelt werden. Dieser kann direkt der Investition in die Pelletsheizung gutgeschrieben werden. Das bedeutet, dass Herr Hell jedes Jahr einen Gewinn von 21.825,15 € mit Hilfe der neuen Pelletsheizung erwirtschaftet.

²⁰ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 32.

²¹ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 33.

²² Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 54.

2.1.2.3 Die Rentabilitätsrechnung

Für die Berechnung der Rentabilitätskennziffer für das Investitionsobjekt Pelletsheizung wurde der Erfolg seit Inbetriebnahme im Verhältnis zum eingesetzten Kapital betrachtet. Bei der statischen Rentabilitätsvergleichsrechnung wird ausschließlich die Kapitalrentabilität zur Entscheidung über Investitionsprojekte benötigt. Ziel hierbei ist, die Maximierung dieser Größe. Zweck der Rentabilitätsvergleichsrechnung ist, die Ermittlung der monetären Vorteilhaftigkeit des Investitionsobjektes. Im Gegensatz zur vorhin durchgeführten Gewinnvergleichsrechnung kann bei einer Rentabilitätsvergleichsrechnung auch die unterschiedliche Kapitalbindung der Investitionsprojekte berücksichtigt werden.²³

Für die folgende Berechnung der Rentabilität werden die errechneten Werte der linearen Abschreibung, der kalkulatorischen Zinsen sowie des Ertrages von der Gewinnvergleichsrechnung wieder verwendet und in der Tabelle 7 zusammengefasst.

<u>Positionsbezeichnung</u>		<u>Pelletsheizung</u>
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	314.523
Förderung	€	91.407
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5
Auslastung	h/a	4789
Erträge	€	36.263,90
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	11.155,8
kalk. Zinsen	€/Jahr	2.788,95
fixe Betriebskosten	€/Jahr	500
variable Betriebskosten	€	0
Rentabilität	%	19,56

Tabelle 7: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung der Pelletsheizung

²³ Vgl. Bieg, Hartmut; Kußmaul, Heinz: Investition -2. Aufl. – München: Vahlen, 2012; Seite 58.

Für die Berechnung der Rentabilität habe ich folgende Formel angewandt:

$$\text{Rentabilität}^{24} = \frac{(\text{Ertrag} - \text{ges. Kosten})}{\frac{(\text{Anschaffungskosten} - \text{Förderung})}{2}} \times 100 = \frac{(36.263,90 - 11.155,8 - 2.788,95 - 500)}{\frac{(314.523 - 91.407)}{2}} \times 100 =$$

$$= 19,56 \%$$

Für das Ferienresort Zillertal ergibt sich somit eine Rentabilitätskennzahl von 19,56 % für die Investition in die neue Pelletsheizung. Die von Herrn Hell geforderte Mindestrentabilität von 8 % könnte somit übertroffen werden.

2.1.2.4 Die Amortisationsrechnung

Im Gegensatz zu den bisher berechneten Verfahren, der Gewinnvergleichsrechnung und der Rentabilitätsvergleichsrechnung, wird die Vorteilhaftigkeit der Investition in eine neue Pelletsheizung nicht anhand von erfolgsrechnerischen Größen, sondern durch eine Beurteilung anhand einer Zeitgröße festgelegt. Die Amortisationsrechnung gibt die Zeitdauer an, in der die Anschaffungskosten der Investition durch die daraus resultierenden Einzahlungsüberschüsse wieder zurückerwirtschaftet werden. Die Zeitspanne wird als Amortisationsdauer, Kapitalrückfluss- oder Kapitalwiedergewinnungszeit aber auch als Pay-off-Periode bezeichnet.²⁵

Für die Berechnung der Amortisationszeit wird wie folgt vorgegangen:

$$\text{Amortisationszeit}^{26} = \frac{\text{Anschaffungskosten} - \text{Förderung} - \text{Restwert}}{\text{Durchschnittlicher Rückfluss}} =$$

$$= \frac{\text{Anschaffungskosten} - \text{Förderung} - \text{Restwert}}{\text{Einsparung gegenüber alter Gasheizung}} = \frac{314.523 \text{ €} - 91.407 \text{ €} - 0 \text{ €}}{\text{alte Gaskosten} - \text{Pelletskosten} - \text{Erwirtschaftung thermische Solar}}$$

$$= \frac{314.523 \text{ €} - 91.407 \text{ €} - 0 \text{ €}}{79.540,85 \text{ €} - 16.100 \text{ €} - 27.176,02 \text{ €}} = \frac{223.116 \text{ €}}{36.263,90 \text{ €}} = 6,15 \text{ Jahre}$$

Die Berechnung der Amortisationszeit zeigt, dass nach ca. 6 Jahren und 2 Monaten die Investitionskosten wieder rückerwirtschaftet werden. In weiterer Folge ergibt sich ab diesem Zeitpunkt, ein jährlicher Gewinn von 36.263,90 € welcher sich durch die Einsparung zur alten Gasheizung errechnet.

²⁴ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 71.

²⁵ Vgl. Bieg, Hartmut: Kußmaul, Heinz: Investition -2. Aufl. – München: Vahlen, 2012; Seite 58.

²⁶ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 85.

2.1.3 Die Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit der Pelletsheizung lässt sich bereits während der Produktion der Pellets ermitteln. So besitzt die Herstellung der Pellets im Vergleich zur Förderung von Öl und Gas einen deutlich niedrigeren Energieaufwand. Nur rund zwei Prozent des in den Holzpellets vorhandenen Energiegehalts ist für deren Herstellung nötig. Zusätzlich werden Zwischenfälle und Störungen, wie zum Beispiel, radioaktive Verstrahlungen, welche bei fossilen Brennstoffen vorkommen können und die daraus resultierende Verschmutzung und Zerstörung der Umwelt verhindert.²⁷

Ein zusätzlicher Umweltaspekt ist die CO₂ Bilanz von Pelletsheizungen. Pellets werden zu 100 % aus Holz bzw. Holzresten hergestellt und geben bei ihrer Verbrennung nur so viel CO₂ frei, wie bei ihrer natürlichen Verrottung ohnehin entstanden wäre.²⁸

Neben der CO₂ Einsparung ist auch die Feinstaubbelastung sehr gering. Dank optimierter Pelletsqualität und der Tatsache, dass Holzpellets bei der Herstellung keine schädlichen Zusatzstoffe beigefügt werden dürfen, fallen bei ihrer Verbrennung nahezu keine Feinstaubemissionen und nur geringe Aschemengen an. Durch die kurzen Transportwege der Rohstoffe von der Pelletsproduktion bis zum Endkunden, entsteht im Vergleich zu fossilen Brennstoffen eine weitere Emissionseinsparung.²⁹

Die alte Erdgasheizung des Unternehmens Hells Ferienresort hat 219 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde Energie erzeugt.³⁰ Durch die Umstellung auf die Pelletsheizung konnten im Vergleich zur Erdgasheizung 67,42 Tonnen CO₂ eingespart werden.

CO₂-Einsparung = *erzeugte kWh der Pelletsheizung x CO₂ Belastung Gasheizung*

= 307.854 kWh x 219 Gramm = 67,42 Tonnen CO₂

²⁷Vgl. <http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/pelletheizung/pelletheizung-umwelt-und-sicherheit>
13:07 Uhr, 19.11.2015

²⁸ Vgl. Oberzig, Klaus: Strom und Wärme für mein Haus. – Berlin: Stiftung Warentest, 2013; Seite 37.

²⁹Vgl. <http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/pelletheizung/pelletheizung-umwelt-und-sicherheit>
13:07 Uhr, 19.11.2015

³⁰ Vgl. <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarenergie/umwelt> 20.10.2015, 17:41 Uhr

2.2 Die thermische Solaranlage

Um dem steigenden Aufwand im Bereich des Warmwassers sowie der Heizung entgegenzuwirken, wurde zusätzlich zur Heizungsumstellung eine ca. 300 m² große thermische Solaranlage installiert.³¹

Die thermische Solaranlage wandelt mittels Absorber die einfallende Strahlung in thermische Energie um. Bei dieser Umwandlung können Temperaturen von bis zu 300 Grad Celsius erreicht werden. Die daraus entstehende Hitze wird mit Unterstützung von Flüssigkeit über Rohrleitungen zum Speicher übertragen.³²

Die Abbildung 8 zeigt den schematischen Aufbau einer vollständigen Solaranlage. Mit Hilfe des Solarkollektors wird thermische Energie gewonnen, welche mittels Kollektorkreislauf zu dem Speicher verbracht wird. Somit wird die thermische Solaranlage als Unterstützung zur zentralen Pelletsheizung verwendet. Je nach Auslegung können Solaranlagen Deckungsanteile von bis zu 60 % erreichen.³³

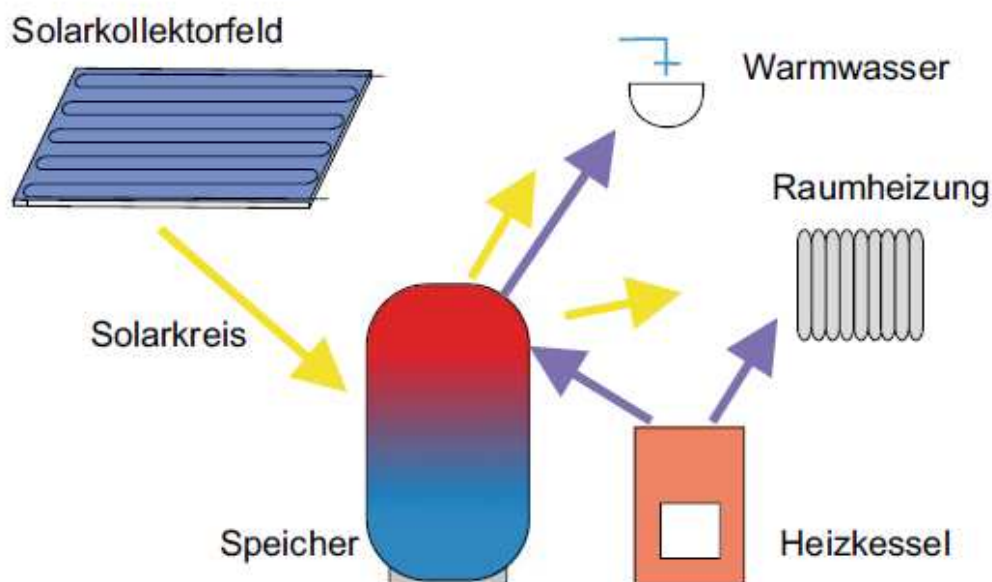


Abbildung 4: Schematischer Aufbau einer Solaranlage³⁴

³¹ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2014; Seite 3.

³² Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2014; Seite 3.

³³ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2014; Seite 3.

³⁴ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – 1. Aufl. – Berlin Heidelberg: Springer, 2014; Seite 3.

2.2.1 Die Einsatzgebiete

Thermische Solaranlagen finden in erster Linie in der Haustechnik Anwendung. Hierfür wird die gewonnene Wärme für die Brauchwassererwärmung und für das Beheizen von Räumen verwendet. Der Unterschied zwischen den beiden Einsatzgebieten ist die Größe der benötigten Kollektorfläche. Für die Unterstützung der Raumheizung wird eine größere Fläche als für die Brauchwassererwärmung benötigt.³⁵

Die thermische Solaranlage wird ebenfalls zur Produktion von Prozesswärme eingesetzt, welche zur Beschleunigung biologischer und chemischer Prozesse bei der Biomasseverarbeitung oder in der chemischen Industrie verwendet wird.³⁶

Ein weiteres Einsatzgebiet sind thermische Solarkraftwerke. Die meisten dieser Anlagen verwenden konzentrierende Kollektoren zur Fokussierung der Sonnenstrahlen auf einen Absorber, in dem Temperaturen von 390° C bis zu über 1000° C erreicht werden können. Diese Wärme wird anschließend entweder als industrielle Prozesswärme genutzt oder über Generatoren in Strom umgewandelt (solarthermische Stromerzeugung). Diese konzentrierten Anlagen sind auf direkte Sonneneinstrahlung angewiesen. Aus diesem Grund werden sie nur in sonnenreichen und trockenen Regionen, wie zum Beispiel Südspanien, eingesetzt.³⁷

2.2.2 Die Bauarten und Anlagentechnologien

Die Bauarten thermischer Solaranlagen unterscheiden sich durch verschiedene Kriterien. Im Bereich der Haustechnik wird zwischen Anlagen für die Trinkwassererwärmung und Anlagen zur Unterstützung der Raumheizung unterschieden. Das Unterscheidungskriterium ist also der Einsatzzweck. In weiterer Folge wird nach den verwendeten Kollektortypen unterschieden. Es gibt Anlagen mit Flachkollektoren, mit Vakuumröhrenkollektoren und mit luftgefüllten Kollektoren. Desweiteren unterscheidet sich die Anlagentechnologie in Schwerkraftanlagen, High-Flow-Systeme sowie Low-Flow-Systeme.³⁸

³⁵ Vgl. <http://www.nicht-fossil.de/33/thermische-solaranlagen.htm> 03.04.2015 - 16:02 Uhr

³⁶ Vgl. <http://www.nicht-fossil.de/33/thermische-solaranlagen.htm> 03.04.2015 - 16:02 Uhr

³⁷ Vgl. <http://www.nicht-fossil.de/33/thermische-solaranlagen.htm> 03.04.2015 - 16:02 Uhr

³⁸ Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Solaranlage#Bautypen_und_Anlagentechnologie 03.04.2015 – 16:34 Uhr

2.2.3 Die Bestandteile einer thermischen Solaranlage

Eine thermische Solaranlage besteht neben dem Kollektor noch aus weiteren Systemkomponenten. Diese beinhalten den Wärmetauscher, ein Wärmeträgermedium, Leitungen, Wärmespeicher, Pumpen, Antriebe sowie Mess- und Regeleinrichtungen. In den nachfolgenden Punkten wird auf diese Bestandteile näher eingegangen.

2.2.3.1 Die Kollektoren

Bei den Kollektoren gibt es unterschiedliche Kollektorarten welche sich im Wesentlichen durch das Konzentrationsverhältnis und der Temperatur am Absorber unterscheiden.

Der Schlauchmattenabsorber ist die einfachste Bauform, in der mit sehr geringem Druck Wasser oder Luft umgewälzt werden. Hierbei wird die einfallende Sonnenstrahlung nicht konzentriert. Der Medientransport erfolgt durch die im Absorber entstehenden Dichteunterschiede. Die Schlauchmatten werden in einem Temperaturbereich von 30 bis 70° C betrieben und in den meisten Fällen zur Schwimmbaderwärmung genutzt.³⁹

Eine weitere Kollektorart ist der Flachkollektor. In diesem ist der Absorber in einer Art Vitrine eingeschlossen. Das bedeutet, dass der Absorber mit Wasser durchflossen und mit einer Glasscheibe abgedeckt wird. Trotz der Glasabdeckung erreichen die Sonnenstrahlen den Absorber und das darin zirkulierende Wasser ohne größere Verluste. Ein wesentlicher Vorteil dieser Abdeckung ist, dass der Wärmeverlust durch Konvektion stark verringert wird, da die Luft den Absorber nicht mehr direkt umströmen und somit abkühlen kann. Zusätzlich reduziert die Glasabdeckung die Wärmerückstrahlung des Absorbers. Der Grund dafür ist, dass die Wärmerückstrahlung langwelliger als die Einstrahlung ist und somit vom Glas in umgekehrter Richtung nur sehr wenig durchgelassen wird. Um Abstrahl- und konvektive Verluste so gering wie möglich zu halten, wird der Flachkollektor auf der Rückseite durch eine Wärmedämmung geschützt. Die Wärmeverluste werden durch das Anbringen einer zweiten bzw. dritten Glasschicht noch weiter reduziert. Allerdings verringert dies auch die Lichtdurchlässigkeit und somit den solaren Strahlungsgewinn am Absorber. Der typische Einsatzbereich der Flachkollektoren liegt bei 30-120 °C.⁴⁰

In Bezug auf den Absorptionseffekt sind der Flachkollektor und der Röhrenkollektor grundsätzlich identisch. Jedoch besteht der Hauptunterschied bei der Wärmedämmung. Beim Röhrenkollektor ist der Absorber in eine evakuierte Glasröhre eingebaut, dies ist

³⁹ Vgl. Stieglitz, Robert; Heinzl, Volker: Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendung. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 85-86.

⁴⁰ Vgl. Quasnig, Volker: Regenerative Energiesysteme – Technologie, Berechnung, Simulation. – 5. Aufl. – München: Hanser, 2007; Seite 90-95.

vergleichbar mit dem Prinzip einer Thermoskanne. Aufgrund der guten Wärmedämmeigenschaft des Vakuums sind die Wärmeverluste wesentlich geringer als bei Flachkollektoren. Der typische Einsatzbereich der Vakuumröhrenkollektoren liegt zwischen 150 – 160° Celsius.⁴¹

In der folgenden Abbildung 5 wird der Aufbau eines Flachkollektors dargestellt, da die Wahl auf diese Variante gefallen ist.

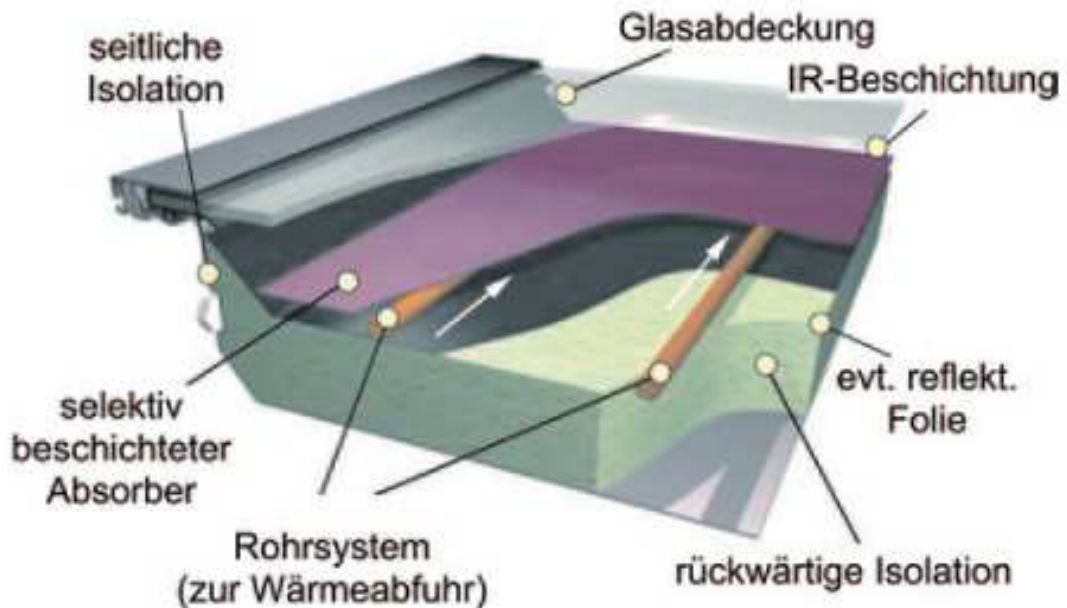


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Flachkollektors⁴²

Prinzipiell besteht der Aufbau eines Flachkollektors aus folgenden Bestandteilen:⁴³

- einer optisch transparenten Abdeckung welche der Sonne zugewandt ist
- einer meist selektiv beschichteten Absorberplatte
- einem Wärmeabfuhrsystem
- einer thermischen Isolierung
- einer Umschließung in der die optisch transparente Abdeckung integriert ist

⁴¹ Vgl. Stieglitz, Robert; Heinzel, Volker: Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendung. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 87-88.

⁴² Vgl. Stieglitz, Robert; Heinzel, Volker: Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendung. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 90.

⁴³ Vgl. Stieglitz, Robert; Heinzel, Volker: Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendung. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 89.

2.2.3.2 Der Solarspeicher

Aufgrund der Ungleichheit zwischen Strahlungsangebot und Wärmenachfrage ist ein Speicher notwendig. Die erzielte Wärme wird meist in den Mittags- bzw. Nachmittagsstunden erzeugt, allerdings erst abends oder morgens benötigt. Die Aufgabe des Speichers ist also, die im Kollektor mittels Solarstrahlung erzeugte Wärme zwischen zu speichern bis diese vom Konsumenten benötigt wird. Um dies zu gewährleisten muss ein Speicher aus einem Wärmespeichermedium, einer festen Umhüllung mit Wärmedämmmaterial und Einrichtungen zur Wärmezufuhr und -abfuhr bestehen.⁴⁴ In den folgenden Punkten wird auf die verschiedenen Kriterien eines Speichers eingegangen um einen Überblick über die verschiedenen Eigenschaften und Zusammensetzungen zu erhalten.

2.2.3.2.1 Das Wärmespeichermedium

Für die richtige Auswahl des Wärmespeichermediums ist die Wärmekapazität ein wichtiges Kriterium. Unter der Wärmekapazität versteht man, die Wärmemenge die zur Temperaturerhöhung einer bestimmten Stoffmenge um 1 K notwendig ist. Die Tabelle 8 veranschaulicht den Unterschied der verschiedenen Wärmespeichermedien bei einer Temperatur von 20 °C. Weitere Kriterien sind die Verfügbarkeit sowie die Verträglichkeit mit anderen Materialien sowie die Umweltverträglichkeit.⁴⁵

Speichermedium	Wärmekapazitäten kJ/(m³K)	Dichte in kg/m³
Wasser	4175,0	998
Kies, Sand	1278-1420	1800-2000
Granit	2063,0	2750
Ziegelstein	1176-1596	1400-1900
Eisen	3655,0	7860
Öl	1360-1620	850-900
Kies-Wasser	2895,0	2200

Tabelle 8: Wärmekapazität und spezifische Dichte unterschiedlicher Wärmespeichermedien⁴⁶

⁴⁴ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 203.

⁴⁵ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 203-204.

⁴⁶ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 205.

2.2.3.2.2 Die verschiedenen Speicherbauarten

Je nach Anwendung unterscheidet man verschiedene Speichervarianten, welche in weiterer Folge unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen. Sie sollten kostengünstig sein, die hygienischen Vorgaben erfüllen sowie dauer temperatur- und druckfest sein.⁴⁷ In den folgenden Punkten wird auf den Pufferspeicher, den Langzeitspeicher, den bivalenten Speicher sowie den Kombispeicher näher eingegangen um die wesentlichen Unterschiede zu erkennen.

2.2.3.2.2.1 Der Pufferspeicher

Pufferspeicher werden bei Stückholz- und Festbrennstoffkesseln eingesetzt. Diese sollen bei vollständigem Abbrand des Brennstoffes die entstandene thermische Energie puffern. Daher auch der Name Pufferspeicher. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Kombination mit Frischwasserstationen bei welchen der Pufferspeicher zur hygienischen Trinkwassererwärmung genutzt wird. Pufferspeicher sind mit sauerstoffreichem Betriebswasser gefüllt, welches man als Heizwasser bezeichnet. Dieses Heizwasser benötigt im Gegensatz zu wassergefüllten Speichern keinen Korrosionsschutz. Bei Pufferspeichern erfolgt eine direkte Be- und Entladung da eine Trennung zum Heizkreislauf notwendig ist. Dies vermeidet Energieverluste in einem Wärmeüberträger.⁴⁸ Herr Hell hat sich für vier Stück mit je 7000 Liter Volumen dieser Speicher entschieden.

2.2.3.2.2.2 Der Langzeitspeicher

Langzeitspeicher, welche man auch als Saisonalspeicher bezeichnet, werden in solaren Nahwärmenetzen eingesetzt. Sie bestehen meistens aus Stahl, Kunststoff oder Beton und werden aus Platzgründen häufig unterirdisch verbaut. Die Größe dieser Speicher beträgt zwischen 100 bis 10.000 m³. Die Speicherdauer der Wärme kann mehrere Monate betragen.⁴⁹

⁴⁷ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – Berlin: Springer, 2014; Seite 50.

⁴⁸ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – Berlin: Springer, 2014; Seite 50.

⁴⁹ Vgl. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar-Solare-Langzeitspeicher_2343255.html 15.05.2015

2.2.3.2.2.3 Der bivalente Speicher

Unter bivalenten Speichern versteht man, Speicher die die Energie von zwei unterschiedlichen Wärmeerzeugern speichern können. In den meisten Fällen wird zusätzlich zum Solarkreis eine Einrichtung zum Nachheizen mittels einer anderen Energiequelle installiert. Dies kann zum Beispiel eine konventionelle Erdgasheizung, eine Wärmepumpe oder ein Biomasseheizkessel sein. Die zusätzliche Nachheizung wird im oberen Teil des Speichers angebracht und wird immer dann verwendet wenn die Sonne nicht genügend Energie liefert um den Warmwasserbedarf abzudecken. Alternativ kann auch ein elektrischer Heizstab verwendet werden, welcher allerdings sehr ineffizient und umweltfeindlich ist.⁵⁰

2.2.3.2.2.4 Der Kombispeicher

Der Kombispeicher oder auch Tank-in-Tank-Speicher genannt besteht aus einem Pufferspeicher in welchem ein kleinerer Trinkwasserspeicher integriert ist. Dieser Trinkwasserspeicher muss innen korrosionsgeschützt sein und wird durch das umgebene Pufferwasser beheizt. Eine weitere Ausführung des Kombispeichers ist, dass der Trinkwasserspeicher durch ein Edelstahlwellrohr ersetzt wird, welches spiralförmig im Pufferspeicher verlegt wird. Ein Nachteil des Kombispeichers ist, dass das Trinkwasservolumen selten 50-80 Liter übersteigt und somit bei einer größeren benötigten Menge das Trinkwasser im Durchlauf auf die benötigte Temperatur gebracht werden muss. Aus diesem Grund konnte diese Art von Speicher bei Herrn Hell nicht angewandt werden, da in den Hauptstoßzeiten ein erheblich größerer Brauchwasserverbrauch gegeben ist.⁵¹

2.2.3.2.3 Die Wärmeverluste von Speichern

Um die Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten werden große Speicher, wie bei Herrn Hell, mit einer abnehmbaren PU-Weichschaumisolierung gedämmt. Weiteren Einfluss auf die Wärmeverluste eines Speichers hat die Größe des Speichers, die Dämmstärke und die Anzahl der Rohranschlüsse. Die Wärmeverluste werden prinzipiell unterschieden zwischen Wärmeverluststrom, welcher in Watt angegeben wird, und dem Bereitschaftswärmeaufwand. Unter Wärmeverluststrom versteht man die Wärme, die der Speicher pro Tag beständig an die Umgebung abgibt. Unter dem Bereitschaftswärmeaufwand versteht man hingegen die Energiemenge, die der Speicher pro Tag an die Umge-

⁵⁰Vgl. <http://www.solaranlage-ratgeber.de/solarthermie/solarthermie-technik/solarthermie-speicher>

15.05.2015, 16:47 Uhr

⁵¹ Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – Berlin: Springer, 2014; Seite 51.

bung verliert. Bei diesen beiden Größen wird die Energiemenge in kWh angegeben, welche ein Speicher während 24 Stunden bei einer Temperaturdifferenz von 45 K zwischen Speicher und Umgebung verliert.⁵²

2.2.3.3 Die Solarflüssigkeit

Die Solarflüssigkeit ist das Wärmeträgermedium welches eine Reihe von Anforderungen erfüllen muss. Diese sind⁵³:

- hohe spezifische Wärmekapazität
- gute Fließ- und Strömungseigenschaften
- kein Gefrieren oder Sieden im Betriebstemperaturbereich
- keine Begünstigung von Korrosion im Leitungssystem
- keine Brennbarkeit
- Ungiftigkeit und biologische Abbaubarkeit

Reines Wasser würde die meisten dieser Anforderung erfüllen, kann allerdings aufgrund der niedrigen Temperaturen im Winter in Mittel- und Nordeuropa nicht verwendet werden. In unseren Breitengraden findet deshalb ein Gemisch aus Wasser und Frostschutz Einsatz. Dieser Mischung wird in den meisten Fällen noch ein Korrosionsschutzmittel beigelegt da eine reine Mischung aus Wasser und Frostschutzmittel korrosiver wirkt und somit die Leitungen in Mitleidenschaft ziehen würde. Nachteile dieser Mischung sind allerdings im Vergleich zu Wasser die geringere spezifische Wärmekapazität, die höhere Viskosität sowie die verringerte Oberflächenspannung. Das Resultat daraus ist, dass diese Mischung durch Poren dringen kann welche für Wasser undurchdringlich wären. Weiteres erhöhen sich die Druckverluste und der Wärmeübergang verschlechtert sich. Aus diesen Gründen ist es wichtig, dass die wesentlichen Systemkomponenten wie Pumpen, Leitungsquerschnitte und Wärmeüberträger an dieses Gemisch angepasst werden.⁵⁴

⁵² Vgl. Schabbach, Thomas: Leibbrandt, Pascal: Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird. – Berlin: Springer, 2014; Seite 54-57.

⁵³ Vgl. Kaltschmitt, Martin: Streicher, Wolfgang: Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 203.

⁵⁴ Vgl. Kaltschmitt, Martin: Streicher, Wolfgang: Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 203.

2.2.3.4 Die Rohrleitungen

Das Material der Rohrleitungen ist in erster Linie von der Anlagengröße und dem Absorbiermaterial abhängig. In den meisten Fällen werden Rohre aus hartem oder weichem Kupfer oder Wellrohre aus Edelstahl verwendet. Diese beiden Varianten zeichnen sich vor allem durch die Temperaturbeständigkeit aus. Rohrleitungen aus Kupfer bzw. Edelstahl können bei Temperaturen von über 90° C verwendet werden. Ein weiteres Kriterium der Rohrleitungen ist die Durchlaufmenge sowie die Durchlaufgeschwindigkeit. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen dem Low Flow und dem High Flow Konzept.⁵⁵ Um den Unterschied der beiden Konzepte zu veranschaulichen wird in den folgenden beiden Punkten näher auf diese eingegangen.

2.2.3.4.1 Das Low Flow Konzept

Unter dem Low Flow Konzept versteht man einen langsamen Durchfluss durch die Rohrleitungen. Bei diesem Konzept sind Durchflüsse zwischen 10 bis 15 l / h m²_{Kollektorfläche} üblich. Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens ist, dass bereits durch einen einzigen Durchlauf durch den Kollektorkreislauf der Wärmeträger um die gewünschte Temperaturdifferenz erwärmt werden kann. Ein zusätzlicher Vorteil sind die geringeren Druckverluste in den Rohrleitungen. Allerdings entsteht durch die höheren Temperaturen im Kollektor auch ein höherer Wärmeverlust in diesem. Zusätzlich werden bei dem Low Flow Konzept externe Wärmeüberträger in Verbindung mit mehreren Einspeisehöhen im Speicher benötigt. Diese vermehrten Anschlüsse am Speicher verursachen allerdings wieder Wärmeverluste. Aufgrund des Wunsches von Herrn Hell so wenige Verluste wie möglich zu generieren hat er sich für das High Flow Konzept entschieden.⁵⁶

2.2.3.4.2 Das High Flow Konzept

Im Gegensatz zum Low Flow Konzept sind bei dem High Flow Konzept Durchflüsse von 30 bis 50 l / h m²_{Kollektorfläche} üblich. Das bedeutet, dass das Wärmeträgermedium in einer großen Menge und mit höherer Geschwindigkeit durch den Kollektorkreislauf fließt. Ein wesentlicher Nachteil bei diesem Konzept ist der Druckabfall in den Leitungen. Um diesen entgegenzuwirken werden Rohre mit großem Querschnitt verwendet. Jedoch ergibt sich dadurch eine erschwerte Regelung, da die träge Masse des Rohrleitungsnetzes mit dem

⁵⁵ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 213-214.

⁵⁶ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 213-214.

Querschnitt zunimmt. Außerdem vergrößert sich dadurch die Leitungsoberfläche wodurch wiederum höhere Wärmeverluste erzeugt werden. Um diesen Wärmeverlusten entgegenzuwirken müssen die Leitungen des Kollektorkreislaufes gedämmt werden. Als Dämmmaterial kann Mineralwolle, Rohrschalen aus Polyurethan oder Schaumgummi verwendet werden. Trotz Wärmedämmung bleibt ein Rest an Wärmeverlusten in den Leitungen. Diese sind bei gängigen solarthermischen Anlagen zur Warmwasseraufbereitung etwa 10 bis 15 % der vom Kollektor abgegebenen Energie.⁵⁷

2.2.4 Die Wirtschaftlichkeit der thermischen Solaranlage

Bei der thermischen Solaranlage wird ebenfalls eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Zu Beginn wird auf die erhaltenen Förderungen eingegangen. Im Anschluss wird mit den Methoden Gewinnvergleichsrechnung, Rentabilitätsrechnung sowie Amortisationszeitberechnung geprüft ob die Investition in eine thermische Solaranlage sinnvoll war.

2.2.4.1 Die Förderung der thermischen Solaranlage

Im Bereich der Solarthermie gab es ein Förderungsprogramm des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung. Dieses Programm diente als Initialzündung für eine breite Umsetzung von hocheffizienten Solarwärmeanlagen. Gefördert wurden sämtliche natürliche und juristische Personen zur Ausübung gewerblicher Tätigkeiten (zum Beispiel, Produktionsbetriebe, Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe, Fernwärmenetzbetreiber, Energieversorgungsunternehmen und Tourismusbetriebe). Voraussetzung dafür war eine innovative solarthermische Anlage mit einer Kollektorfläche zwischen 100 und 2000 m². Mit Hilfe dieser Förderung erhielt Herr Hell 146.804 Euro retour. Dieser Förderbetrag kann somit bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt werden.⁵⁸

⁵⁷ Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. -5. Aufl. – Berlin: Springer, 2014; Seite 213-214.

⁵⁸ Vgl. http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieversorgung/solare_gro_anlagen/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

2.2.4.2 Die Gewinnvergleichsrechnung

Mit Hilfe der Gewinnvergleichsrechnung soll ermittelt werden, wie viel Gewinn nur der thermischen Solaranlage zugerechnet werden kann. Durch die verbauten Wärmezähler ist eine eindeutige Zuordnung zur thermischen Solaranlage möglich. Aus der Gegenüberstellung der Erlöse und der Kosten der Situation vor und nach der Realisierung des Investitionsobjektes entsteht ein Gewinn oder im schlimmsten Fall ein Verlust, welcher der Investition zugerechnet werden kann.⁵⁹

Um mit der Berechnung des Gewinnes beginnen zu können sind die Angaben von Tabelle 9 erforderlich. Diese Daten wurden mir von Herr Hell übermittelt und bilden die Basis der Berechnungen.

<u>Positionsbezeichnung</u>		<u>thermische Solaranlage</u>
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	377.609
Förderung	€	146.804
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5
Auslastung	h/a	2.455

Tabelle 9: Angaben zur thermischen Solaranlage

So wie im Kapitel 2.1.2 Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Pelletsheizung werden auch bei der thermischen Solaranlage als Erstes die Erträge ermittelt. Diese konnten mit Hilfe des Wärmezählers, welcher direkt bei der Anlage verbaut worden ist, ermittelt werden. Anhand dieses Zählers wurden der thermischen Solaranlage 234.276 kWh zugeordnet. Bei einem Einkaufspreis von 0,116 €/kWh für das bisher verwendete Gas ergibt sich ein Ertrag von 27.176,02 Euro.

Desweiteren ist es notwendig die Kapitalkosten für diese Investition zu ermitteln. Für die Berechnung der linearen Abschreibung sowie der kalkulatorischen Zinsen habe ich folgende Formel verwendet:

$$Afa^{60} = \frac{\text{Anschaffungswert} - \text{Restwert} - \text{Förderung}}{\text{Nutzungsdauer}} = \frac{377.609 - 0 - 146.804}{20} = 11.540,25 \text{ €}$$

⁵⁹ Vgl. Perridon, Louis; Steiner, Manfred; Rathgeber, Andreas: Finanzwirtschaft der Unternehmung, -16. Aufl. – München: Vahlen, 2014; Seite 39-40.

⁶⁰ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 32.

$$i_{\text{kalk}}^{61} = \frac{\text{Anschaffungswert} + \text{Restwert} - \text{Förderung}}{2} \times \text{Zinsen} = \frac{377.609 - 0 - 146.804}{2} \times 0,025 = 2.885,06 \text{ €}$$

Der Gewinn kann nach erfolgreicher Ermittlung der Erträge und Kosten mit Hilfe der Formel Gewinn = Erträge - Kosten errechnet werden.

$$\text{Gewinn}^{62} = 27.176,02 \text{ €} - 11.540,25 \text{ €} - 2.885,06 \text{ €} - 500 \text{ €} = 12.250,71 \text{ €}$$

Erträge	€	27.176,02
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	11.540,25
kalk. Zinsen	€/Jahr	2.885,06
fixe Betriebskosten	€	500
variable Betriebskosten	€	0
Gewinn	€	12.250,71

Tabelle 10: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung der thermischen Solaranlage

Mit Hilfe der Gewinnvergleichsrechnung konnte ein Betrag von 12.250,71 € ermittelt werden welcher durch die Investition in die thermische Solaranlage erwirtschaftet wurde. Für Herrn Hell bedeutet das, dass mit der Integration dieser Anlage pro Jahr ein Gewinn von 12.250,71 € erzielt wird.

2.2.4.3 Die Rentabilitätsrechnung der thermischen Solaranlage

Im Rahmen von Investitionsprogrammentscheidungen kann es sinnvoll sein, die vorhin durchgeführte Gewinnvergleichsrechnung zu einer Rentabilitätsrechnung zu erweitern. Hierbei soll überprüft werden ob die vor der Investition angenommen Rentabilität auch wirklich erreicht oder sogar übertroffen wurde. Umso größer die Rentabilität desto besser ist die Investition.⁶³

Für die folgende Berechnung der Rentabilität werden die errechneten Werte der linearen Abschreibung, der kalkulatorischen Zinsen sowie des Ertrages von der Gewinnvergleichsrechnung wieder verwendet und in der Tabelle 11 zusammengefasst.

⁶¹ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 33.

⁶² Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 54.

⁶³ Vgl. Perridon, Louis; Steiner, Manfred; Rathgeber, Andreas: Finanzwirtschaft der Unternehmung. -16. Aufl. – München: Vahlen, 2014; Seite 41-43.

<u>Positionsbezeichnung</u>		<u>thermische Solaranlage</u>
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	377.609
Förderung	€	146.804
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5
Auslastung	h/a	2.455
Ertrag		
	€	27.176,0
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	11.540,25
kalk. Zinsen	€/Jahr	2.885,06
fixe Betriebskosten	€	500
variable Betriebskosten	€	0
Rentabilität		
	%	10,62

Tabelle 11: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung der thermischen Solaranlage

Für die Berechnung der Rentabilität wurde wie im Kapitel 2.1.1.3 folgende Formel verwendet.

$$\text{Rentabilität}^{64} = \frac{(\text{Ertrag} - \text{ges. Kosten})}{\left(\frac{\text{Anschaffungskosten} - \text{Förderung}}{2}\right)} \times 100 = \frac{(27.176,0 - 11.540,25 - 2.885,06 - 500)}{\left(\frac{377.609 - 146.804}{2}\right)} \times 100 =$$

$$= 10,62 \%$$

Für das Ferienresort Zillertal ergibt sich somit eine Rentabilitätskennzahl von 10,62 % für die Investition in eine thermische Solaranlage. Die von Herrn Hell geforderte Mindestrentabilität von 7 % könnte somit übertroffen werden.

⁶⁴ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 71.

2.2.4.4 Die Amortisationszeitberechnung der thermischen Solaranlage

Für die thermische Solaranlage soll ebenfalls ermittelt werden wie lange es dauert, bis die eingesetzten liquiden Mittel an das Unternehmen Hells Ferienresort zurückgeflossen sind und damit weder unternehmerischem Risiko noch eventuellen Liquiditätsproblemen ausgesetzt sind.⁶⁵

Für die Berechnung der Amortisationszeit wird wie folgt vorgegangen:

$$\text{Amortisationszeit} \stackrel{66}{=} \frac{\text{Anschaffungskosten} - \text{Restwert} - \text{Förderung}}{\text{Durchschnittlicher Rückfluss}} = \frac{377.609\text{€} - 0\text{€} - 146.804\text{€}}{27.176\text{€}} = 8,49 \text{ Jahre}$$

Die Berechnung der Amortisationszeit ergibt, dass nach ca. 8 Jahren und 5 Monaten die Investitionskosten wieder erwirtschaftet werden. In weiterer Folge stellt sich nach Ablauf dieser Zeit ein jährlicher Gewinn von 27.176 € ein welcher vom Unternehmen anderweitig verwendet werden kann.

2.2.5 Die Umweltverträglichkeit

Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern, wie der alten Gasheizung, steht die Solarenergie unbegrenzt zur Verfügung. Die Ressourcen sind unerschöpflich und positiv für die Umwelt. Bei der Umwandlung von Sonneneinstrahlung in Wärme werden weder Gase, wie bei der Verbrennung, oder Atommüll in Atomkraftwerken, erzeugt. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass eine thermische Solaranlage aus ungefährlichen Stoffen hergestellt wird. Der Hauptbestandteil, ist der Kollektor, dieser besteht aus Glas und wird im Regelfall mit Wasser befüllt. Zusätzlich kommt bei diesen Anlagen die Kohlendioxid Einsparung hinzu, welches unter anderem für die Erwärmung und das Abschmelzen der Polkappen verantwortlich gemacht wird. Die alte Erdgasheizung vom Unternehmen Hells Ferienresort hat 219 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde erzeugt.⁶⁷ Durch die Umrüstung auf eine thermische Solaranlage konnten 51,31 Tonnen CO₂ eingespart werden.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{-Einsparung} &= \text{erzeugte kWh der therm. Solaranlage} \times \text{CO}_2 \text{ Belastung Gasheizung} \\ &= 234.276 \text{ kWh} \times 219 \text{ Gramm} = 51,31 \text{ Tonnen} \end{aligned}$$

⁶⁵ Vgl. Perridon, Louis; Steiner, Manfred; Rathgeber, Andreas: Finanzwirtschaft der Unternehmung. -16. Aufl. – München: Vahlen, 2014; Seite 43-47.

⁶⁶ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 85.

⁶⁷ Vgl. <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarenergie/umwelt> 20.10.2015, 17:41 Uhr

2.3 Die Photovoltaikanlage

Das Wort Photovoltaik beinhaltet die griechischen Wörter für Licht (Photo) und der Maßeinheit für die elektrische Spannung (Volt). Dieser Name erläutert bereits den Vorgang Strahlungsenergie in elektrische Energie umzuwandeln. Die somit gewonnene elektrische Energie kann leicht in nahezu jede andere Energieform umgewandelt werden.⁶⁸

Die Funktionsweise einer Solarzelle sowie deren Aufbau werden in der Abbildung 6 veranschaulicht. Die Solarzelle verfügt, wie eine Photodiode, über einen pn-Übergang welcher unsymmetrisch dotiert ist. Unten befindet sich die p-Basis und oben der hoch dotierte n-Emitter. Wird die Zelle mit Licht durchdrungen, erzeugt jedes absorbierte Photon ein Elektron-Loch-Paar. Die Teilchen werden vom Feld der Raumladungszone getrennt und zu den Kontakten befördert. Die Löcher werden dabei zum unten liegenden Rückkontakt und die Elektronen durch den Emitter zu den Frontkontakten befördert. Die Kontakte werden als schmale Metallstreifen ausgeführt, welche die erzeugten Elektronen zur Stromsammelschiene, auch Busbar bezeichnet, abtransportieren. Wird ein Verbraucher an beide Pole der Solarzelle angeschlossen so kann dieser die erzeugte Energie aufnehmen.⁶⁹

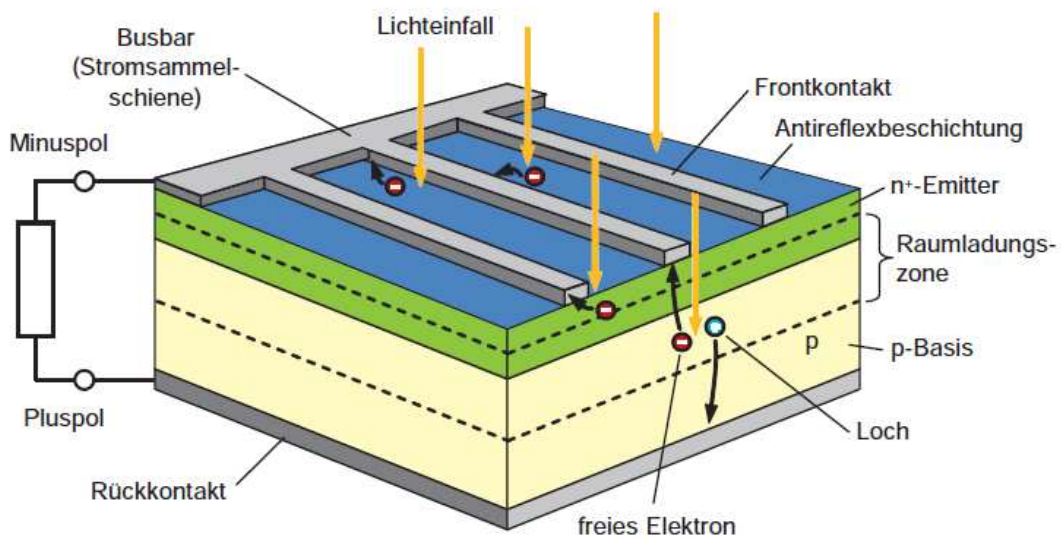


Abbildung 6: Typische Silizium-Solarzelle⁷⁰

⁶⁸ Vgl. Wesselak, Viktor: Voswinckel, Sebastian: Photovoltaik – Wie Sonne zu Strom wird. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 1-2.

⁶⁹ Vgl. Wagemann, Hans-Günther: Eschrich, Heinz: Photovoltaik – Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften, Solarzellenkonzepte und Aufgaben. -2. Aufl. – Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2010; Seite 43-53.

⁷⁰ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 84.

2.3.1 Die Fachbegriffe einer Photovoltaikanlage

In den nachfolgenden Punkten beziehe ich mich auf verschiedene Fachbegriffe mit welchen man bei der Anschaffung einer Photovoltaikanlage konfrontiert wird. Zuerst werden die Nennleistung sowie der Maximum-Power-Point erläutert. Im Anschluss der Wirkungsgrad sowie die damit resultierenden Verluste näher betrachten. Desweiteren wird die energetische Amortisationszeit beschrieben sowie berechnet. Nach der Begriffserläuterung wird noch auf das Nutzungspotential einer Photovoltaikanlage näher eingegangen.

2.3.1.1 Die Nennleistung und der Maximum-Power-Point

Für Herrn Hell sowie für die Besitzer einer Photovoltaikanlage ist es besonders interessant zu wissen, welche Leistung und welche Energiemenge im Laufe eines Jahres erbracht bzw. eingespeist wurden. Um die Leistung eines Solarmoduls zu ermitteln wird dieses unter Standardtestbedingungen (Standard-Test-Conditions, kurz STC) gemessen. Um eine Vergleichsbasis der unterschiedlichen Solarmodule zu erreichen wurden drei Randbedingungen festgelegt. Diese sind:

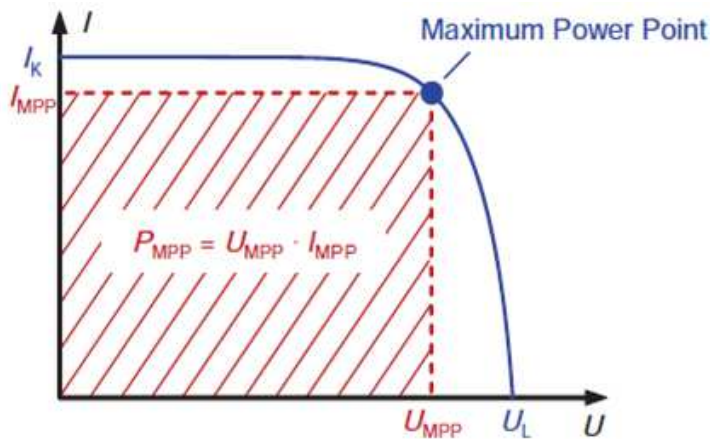
1. Volle Sonneneinstrahlung (Bestrahlungsstärke $E=E_{STC}=1000 \text{ W/m}^2$)
2. Temperatur des Solarmoduls: $\vartheta_{\text{Modul}}=25^\circ\text{C}$
3. Standard-Lichtspektrum AM 1,5

Als Nennleistung des Moduls wird die Leistung bezeichnet, welche bei diesem Testverfahren erbracht wird. Die Einheit dieser Leistung ist Watt-Peak (Wp). Die Ergänzung Peak gibt an, dass es sich um die Spitzenleistung des Moduls unter optimalen Bedingungen handelt.⁷¹

Im realen Alltag sind jedoch nicht immer die optimalen Bedingungen gegeben und aus diesem Grund gibt eine Solarzelle je nach aktuellem Arbeitspunkt unterschiedlich viel Leistung ab. Den Betriebspunkt an dem die maximale Leistung abgegeben wird bezeichnet man als Maximum Power Point (MPP). Die Leistung jedes Arbeitspunktes ist jeweils von der Fläche des Stromes und der Spannung abhängig ($U \cdot I$). Um den MPP zu erreichen muss diese Fläche maximal sein. In der Abbildung 7 wird dies dargestellt. Die zum MPP gehörenden Strom- und Spannungswerte werden mit den Kürzeln I_{MPP} und U_{MPP} bezeichnet.⁷²

⁷¹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 31.

⁷² Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 93.

Abbildung 7: Kennlinie einer Solarzelle⁷³

Im Betrieb sollte also versucht werden immer am oder möglichst nahe am Maximum-Power Point zu arbeiten. Dies ermöglicht die höchst mögliche Leistung.

2.3.1.2 Der Wirkungsgrad

Die Formel des Wirkungsgrades $\eta_{\text{Modul}} = \frac{P_{\text{STC}}}{P_{\text{Opt}}} = \frac{P_{\text{STC}}}{E_{\text{STC}} \cdot A}$ gibt das Verhältnis aus gelieferter elektrischer Nennleistung P_{STC} bezogen auf die einfallende optische Leistung P_{Opt} an. Die optische Leistung kann mittels der Bestrahlungsstärke E_{STC} multipliziert mit der Modulfläche A ermittelt werden.⁷⁴

In der folgenden Tabelle 12 ist ersichtlich, dass die derzeitigen Wirkungsgrade der unterschiedlichen Module zwischen 10 und 25 % liegen.

<u>Solarzelle</u>		<u>Wirkungsgrad</u>
mono-Si	%	25,0
poly-Si	%	20,4
GaAS	%	28,1
InP	%	22,1
CdTE	%	16,7
CIGS	%	19,4
amorphes Si	%	10,1

Tabelle 12: Erreichte Wirkungsgrade von Solarzellen bei Standardtestbedingungen

⁷³ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 92.

⁷⁴ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 31.

Wichtig bei der Betrachtung des Wirkungsgrades einer Photovoltaikanlage ist, dass es sich hierbei immer um den Wert bei optimalen Testbedingungen handelt. Es sind also die Ergebnisse welche bei dem Standard-Test-Conditions (STC) ermittelt worden sind.⁷⁵

2.3.1.3 Die Verluste⁷⁶

Verluste einer Photovoltaikanlage können viele unterschiedliche Ursachen und Ursprünge besitzen. Prinzipiell unterscheidet man zwischen Generatorverlusten L_C und Systemverlusten L_S .

Generatorverluste L_C können zum Beispiel wie folgt verursacht werden:

- Die Module haben eine geringere Leistung als im Datenblatt angegeben ist
- Die Modultemperatur ist größer als 25° C und somit größer als bei dem STC
- Die Module sind verschmutzt oder teilverschattet
- Die Module werden nicht im MPP (Maximum-Power-Point) betrieben
- Es entstehen ohmsche Verluste in den DC-Leitungen

Systemverluste L_S welche in erster Linie von den Wechselrichtern hervorgerufen werden können folgende Gründe haben:

- Der Wirkungsgrad des Wechselrichters ist kleiner als 100%
- Der Wechselrichter ist unterdimensioniert
- Es entstehen ohmsche Verluste in den AC-Leitungen

2.3.1.4 Die energetische Amortisationszeit

Die energetische Amortisationszeit wird sehr häufig bei Photovoltaikanlagen angegeben. Darunter versteht man die Zeit die vergeht bis man das eingesetzte Kapital wieder eingenommen hat. Somit ergibt sich, dass ab diesem Zeitpunkt ein Gewinn erzielt wird. Die Berechnung der Amortisationszeit $T_{\text{Amortisation}}$ ergibt sich durch Division der Investitionssumme K_0 durch den jährlichen Überschuss $K_{\text{Überschuss}}$. Unter dem jährlichen Überschuss versteht man die Differenz aus jährlichen Einnahmen und Betriebskosten.⁷⁷

⁷⁵ Vgl. Wesselak, Viktor; Voswinckel, Sebastian: Photovoltaik – Wie Sonne zu Strom wird. – Berlin Heidelberg: Springer, 2012; Seite 39-41.

⁷⁶ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 249.

⁷⁷ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 244.

Um also zu wissen ab wann die Photovoltaikanlage einen Gewinn erzielt, ist die Berechnung der Amortisationszeit erforderlich. Diese kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden.⁷⁸

$$T_{\text{Amortisation}} = \frac{K_o}{K_{\text{ein}} - K_{\text{Betrieb}}} = \frac{K_o}{K_{\text{Überschüss}}}$$

Im Falle von Herrn Hells Anlage erfolgt die Berechnung der Amortisationszeit im Kapitel 2.3.4 Wirtschaftlichkeit.

2.3.1.5 Das Nutzungspotential

Für die Bestimmung des Nutzungspotentials ist in erster Linie wichtig zu wissen wie hoch die jährliche Einstrahlungsmenge ist. Diese gibt an wie viele Kilo Watt pro Quadratmeter bei einer horizontalen Einstrahlung am gewünschten Standort zu erwarten sind.⁷⁹ Die jährliche Einstrahlungsmenge kann von Karten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik(ZAMG) abgelesen werden.

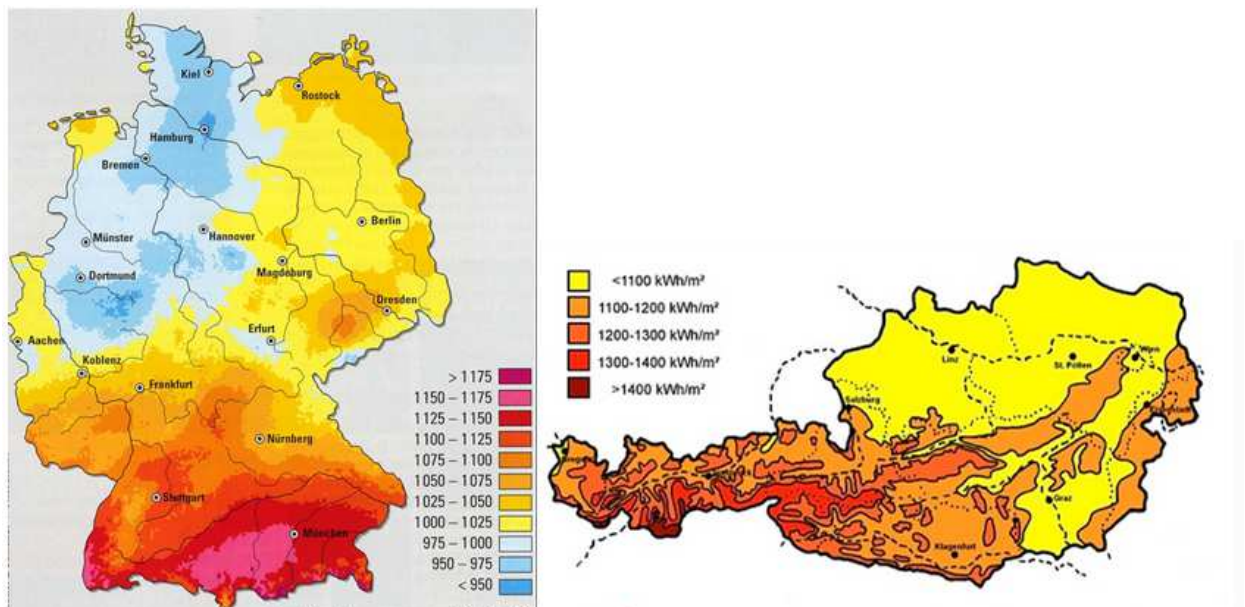


Abbildung 8: Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche in Deutschland und Österreich⁸⁰

⁷⁸ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 244.

⁷⁹ Vgl. Seltmann, Thomas: Photovoltaik – Strom ohne Ende. -4. Aufl. – Berlin: Solarpraxis, 2009; Seite 42-45.

⁸⁰ Vgl. <http://www.activity-photovoltaik.de/technik/allgemein/sonneneinstrahlung-in-meiner-region.html> und http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/photovoltaik_grundlagen/energie_aus_sonnenstrahlung.html
26.08.2015 - 17:08 Uhr

Das Nutzungspotential der Photovoltaiktechnik ist enorm groß. Rein theoretisch würde eine Fläche von 800 km x 800 km in der Sahara-Wüste ausreichen um den Primärenergiebedarf der gesamten Menschheit zu decken. In der Realität wird dies allerdings nicht möglich sein, da es keinen Sinn machen würde die gesamte Energieproduktion an einem Ort zu konzentrieren und hierbei Probleme mit der Energieübertragung entstehen würden.⁸¹

Betrachtet man die jährliche Einstrahlungsmenge Deutschlands, ca. 100 kW/m², könnte man mit der Fläche der Bundesrepublik ein theoretisches Potenzial von 375x10¹² kWh erreichen. Dies wäre etwa das 100-fache des gesamten Primärenergiebedarfs des Landes. Tatsächlich nutzbar ist von diesem großen Angebot natürlich nur ein kleiner Teil. Das liegt zum einen daran, dass man nicht ganz Deutschland mit Solarmodulen bedecken möchte und zum anderen wandeln Solarmodule nur einen Teil der Strahlungsenergie in elektrische Energie um. Mögliche sinnvolle Standorte sind deshalb Dachflächen, Fassaden oder Freiflächen. Diese drei Möglichkeiten würden bereits eine Summe der nutzbaren Strahlungsenergie von 916 Tausend Wh/a ergeben.⁸²

2.3.2 Die Standortwahl und Verschattungen

Um die Investitionsentscheidung für eine Photovoltaikanlage treffen zu können, ist die Auswahl eines geeigneten Standortes von außerordentlicher Bedeutung. Hierfür sollten gewissen Rahmenbedingungen im wesentlichen beachtet werden. Einer der Hauptpunkte ist die jährliche Einstrahlung am Installationsort. Dieser kann in Deutschland von 900 bis 1150 kWh/(m²*a) variieren. Der höchste Ertrag wird also an einem Ort mit der größten jährlichen Einstrahlung erreicht. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Neigung und Ausrichtung bei Dachanlagen. Ein Optimum an Ertrag wird hierbei bei einer Ausrichtung nach Süden und bei einer Neigung von etwa 35 Grad erreicht. Eine Neigung von unter 30 Grad würde die Verluste des Ertrages auf bis zu 10 % erhöhen da eine ausreichende Reinigung durch das Regenwasser nicht mehr gewährleistet wäre. Verschmutzungen, wie zum Beispiel Vogelkot, Staub und dergleichen, könnten somit nicht mehr ohne Fremdeingriff beseitigt werden. Eine Ausrichtung nach Südwest würde eine Verringerung des Ertrages um 5 % verursachen und eine Ausrichtung nach Norden um 20 %.⁸³

⁸¹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 258-260.

⁸² Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 258-260.

⁸³ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 235-237.

Zusätzlich zu diesen beiden Punkten muss geprüft werden, ob eine Verschattung der Anlage auftreten kann. Diese hätte eine starke negative Auswirkung auf den Ertrag zur Folge. Unter einer Verschattung versteht man, zum Beispiel Bäume, Gebäude oder andere Module die einen Schatten auf die Photovoltaikanlage werfen. Prinzipiell wird zwischen Nahverschattungen und Eigenverschattungen unterschieden.⁸⁴

- **Nahverschattungen:**

Unter Nahverschattungen versteht man in erster Linie nahe Objekte, wie Dachgruben oder Schornsteine, welche eine harten Kernschatten werfen und somit eine völlige Abschattung der betroffenen Module verursachen. Zur Nahverschattung zählen allerdings auch weit entfernte Objekte, welche diffuse Schatten erzeugen und somit zu keiner völligen Abschattung der Module führen. Einige Sonderfälle die genau untersucht werden müssen, sind zum Beispiel Antennenrohre, Blitzschutzanlagen oder Feuerleitungen, welche in gewissen Fällen einen Kernschatten erzeugen können. In der nachfolgenden Abbildung 9 ist zu erkennen, dass die Bildung eines Kernschattens vom Abstand zu den Modulen abhängig ist. Im ersten Fall ist der Gegenstand relativ nahe vor dem Solarmodul positioniert und ein breiter Kernschatten trifft aus diesem Grund auf die Photovoltaikanlage. Bei der zweiten Abbildung wurde der Gegenstand nach hinten versetzt und somit konnte der Kernschatten aufgelöst werden.⁸⁵

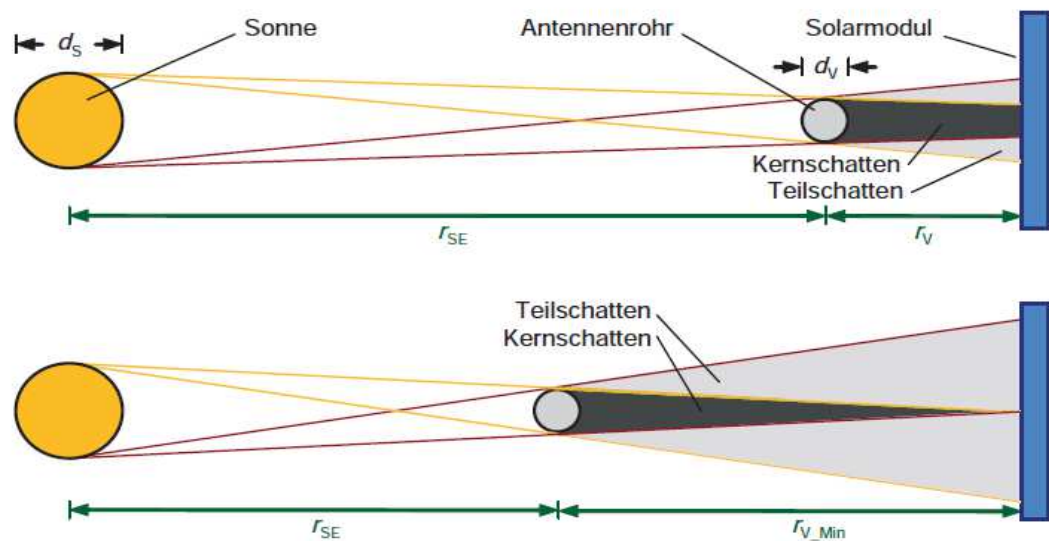


Abbildung 9: Problematik der Nahverschattung⁸⁶

⁸⁴ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 235-237.

⁸⁵ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 236-237.

⁸⁶ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 238.

- **Eigenverschattungen:**

Unter der Eigenverschattung versteht man, dass gegenseitige Verschatten der Modulreihen welche bei Flachdach- oder Freiflächenanlage vorkommen kann. Um das zu vermeiden, müssen Mindestabstände eingehalten werden. Als Faustregel gilt hier, dass zur Mittagszeit am 21. Dezember keine Verschattung auftreten darf. Daraus ergibt sich jedoch leider, dass nur ein Teil der zu Verfügung stehenden Fläche genutzt werden kann. In der folgenden Abbildung 10 wird die Vermeidung von Eigenverschattungen dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, dass auch am kürzestem Tag im Jahr keine Verschattung auftreten soll.⁸⁷

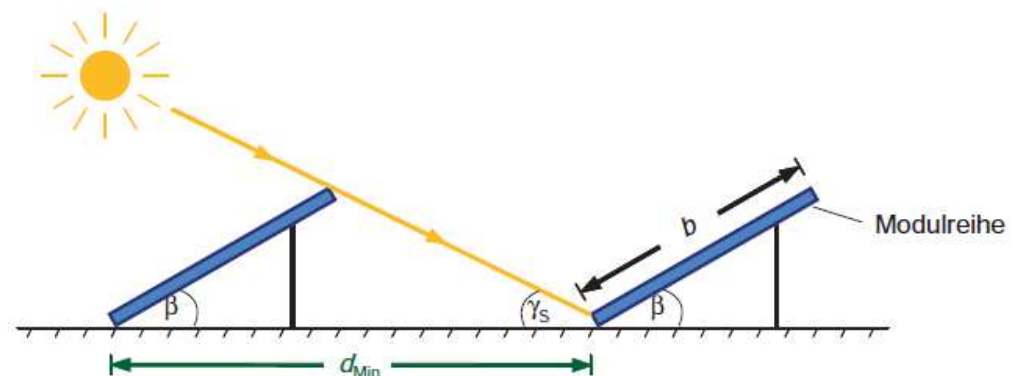


Abbildung 10: Vermeidung von Eigenverschattungen⁸⁸

2.3.3 Die Energiespeicherung und netzgekoppelte Systeme

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Photovoltaiktechnologie ist die Speicherung der erzeugten Energie im Falle eines Überschusses. Diese soll natürlich nicht verloren gehen und für einen späteren Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Um dies zu ermöglichen gibt es zwei Möglichkeiten, die Erste ist ein autarkes System, auch Inselanlage genannt, in welchem die Energie in Akkus gespeichert wird bis ein Verbraucher diese benötigt. Diese Variante wird in den meisten Fällen für Ferienhäuser oder Gebäude in Ländern verwendet, welche keinen Stromanschluss an ein öffentliches Stromnetz besitzen.

Die zweite Lösung, für welche sich auch Herr Hell entschieden hat, ist das netzgekoppelte System. Hierbei wird der erzeugte Strom in das öffentliche Netz eingespeist. Für den eingespeisten Strom bekommt Herr Hell vom Netzbetreiber pro kWh einen Betrag erstattet.

⁸⁷ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 238-239.

⁸⁸ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 239.

Da der Preis des eingespeisten Stromes niedriger als der des Bezogenen ist, ist es sinnvoll so viel wie möglich selbst zu verbrauchen. Um eine genaue Abrechnung des bezogen und des eingespeisten Stromes zu erhalten, wird ein Einbau eines Zweirichtungszählers erforderlich. Um zusätzlich den gesamten erzeugten Solarstrom messen zu können, ist ein Solarstromzähler erforderlich.⁸⁹ In der folgenden Abbildung 11 ist ein Prinzipschaltbild einer netzgekoppelten Anlage dargestellt wie sie auch bei Herrn Hell installiert wurde.

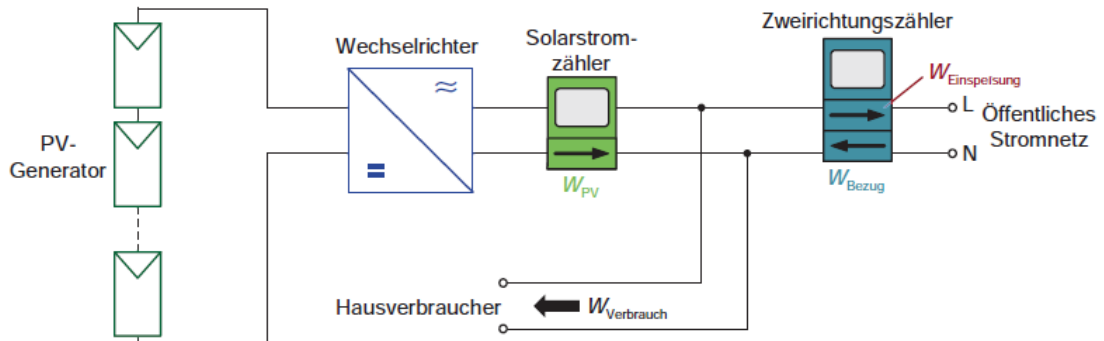


Abbildung 11: Prinzipschaltbild mit Einsatz eines Zweirichtungszählers⁹⁰

Weiteres ist in der Abbildung 11 ein Wechselrichter eingezeichnet, welcher neben den Solarmodulen eines der Herzstücke einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage darstellt. Die wichtigsten Aufgaben eines Wechselrichters sind:

- das Umwandeln des erzeugten Gleichstroms in einen möglichst sinusförmigen Wechselstrom
- das Erreichen eines hohen Wirkungsgrades (>95 %) sowohl bei Teillast- wie im Spitzenlastbereich
- das Einspeisen des Stromes synchron mit der Netzfrequenz
- die Regelung des MPP
- die Überwachung des Netzes auf Spannungen, Frequenz und Netzimpedanz, um einen unbeabsichtigten Inselbetrieb zu vermeiden
- die Maßnahmen zum Personenschutz
- die Bereitstellung von aktuellen Zustandsdaten der Anlagen (Leistung, Strom, Spannung, Fehlercodes) über eine externe Datenschnittstelle

⁸⁹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 182-183.

⁹⁰ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 183.

Bei größeren Anlagen wird in der Praxis meist nicht ein Wechselrichter für alle Strings verwendet sondern pro String ein eigener. Dadurch kann jeder String einzeln MPP-geregelt werden und ist somit einfacher zu überwachen. Ein weiterer Vorteil ist, dass im Falle einer unterschiedlichen Verschattung der einzelnen Strings keine Mismatching-Verluste (Unter Mismatching-Verluste versteht man den Leistungsverlust in Reihe geschalteter Photovoltaik-Module.) entstehen. Zusätzlich ist es möglich eine genaue Auswertung in Bezug auf den erzeugten Strom der einzelnen Strings zu machen.⁹¹

2.3.4 Die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage

Ebenso wie in den Kapiteln zur Erneuerung der Pelletsheizung und der thermischen Solaranlage soll bei der Photovoltaikanlage eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstellt werden. Im ersten Punkt wird auf die erhaltenen Förderungen näher eingegangen und im Anschluss mittels Gewinnvergleichsrechnung, Rentabilitätsrechnung und Amortisationszeitberechnung auf den Bereich der Investitionsrechnungen.

2.3.4.1 Die Förderung der Photovoltaikanlage

Im Bereich der Photovoltaikanlage gibt es eine Förderung des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung. Teilnahmeberechtigt sind die sieben bestehenden Modellregionen sowie Organisationen, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, die im Rahmen der Ausschreibung im Sinne des Ausschreibungsgegenstandes zur weiteren Entwicklung der Modellregion bzw. Zusammenarbeit der jeweiligen Betreibergesellschaft beitragen könne. Die Ausschreibung fokussiert sich auf die Themenfelder der Bewusstseinsbildung, der Interoperabilität von Ladestationen und dem Roll-out von Elektrofahrzeugen für private Nutzer.

Das Unternehmen Hells Ferienresort konnte durch die Anschaffung im Bereich der Photovoltaikanlage, der Elektrotankstellen sowie der beiden Elektrofahrzeuge die Anforderungen erfüllen und somit eine Förderhöhe von 16.175 Euro erzielen.⁹²

⁹¹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite184.

⁹²Vgl.http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/verkehr_und_mobilitt/modellregion_elektromobilitaet/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

2.3.4.2 Die Gewinnvergleichsrechnung

Mit Hilfe der Gewinnvergleichsrechnung wird überprüft ob mit der Investition überhaupt ein Gewinn erzielt wurde. Dabei werden die aus der Investition resultierenden Erträge berücksichtigt, welche die Wirtschaftlichkeit der Investition bestimmen. Eine wichtige Voraussetzung für die Gewinnvergleichsrechnung ist es, die Erträge einer Investition sinnvoll zuzuordnen. Eine spezielle Form von Erträgen stellen die aus den Investitionen entstandenen Kosteneinsparungen dar. Im Falle der Photovoltaikanlage von Herrn Hell entstehen zwei Arten von Erträgen. Zum einen die erzeugte kWh welche an den Energieanbieter verkauft wurde und zum anderen die kWh welche nicht gekauft werden musste sondern selbst erzeugt und verwendet wurde. Neben den Erträgen werden auch die Kosten welche mit der Investition verbunden sind berücksichtigt.⁹³

In der folgenden Tabelle 13 sind die allgemeinen Angaben zur Pelletsheizung angegeben welche mir von Herrn Hell zur Verfügung gestellt worden sind.

Positionsbezeichnung		Photovoltaikanlage
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	57.666
Förderung	€	16.175
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5

Tabelle 13: Angaben zur Photovoltaikanlage

Für die Berechnung des Gewinns ist es von außerordentlicher Bedeutung den Ertrag zu ermitteln, welcher durch die Investition erzielt wurde. Mit Hilfe des Stromzählers konnte für das Jahr 2014 ermittelt werden, dass die Photovoltaikanlage 43.203,13 kWh erzeugt hat. Dieser erzeugte Strom wurde vom Ferienresort komplett selbstverbraucht sodass eine Einspeisung ins öffentliche Stromnetz nicht erforderlich war. Mit Hilfe der Photovoltaikanlage ersparte sich das Unternehmen pro kWh 0,11 Cent welche bei Strombezug vom Netzanbieter verrechnet worden wäre. Der Investition kann somit ein Ertrag von 4.752,34 € zugeschrieben werden. Den Ertrag habe ich folgendermaßen ermittelt.

$$\text{Ertrag} = \text{Preis pro kWh} \times \text{erzeugter kWh} = 0,11 \text{ €} \times 43.203,13 \text{ kWh} = \underline{4.752,34 \text{ €}}$$

⁹³ Vgl. Losbichler, Heimo: Grundlagen der finanziellen Unternehmensführung – Band III Cashflow, Investition und Finanzierung. -3. Aufl. – Wien: Linde, 2015; Seite 201-205.

Zusätzlich zum Ertrag sind die Kosten für die Ermittlung des Gewinnes erforderlich. Zu den Kosten gehören die Kapitalkosten welche sich aus der Abschreibung sowie den Zinsen einer Investition zusammensetzen. Für die Berechnung der linearen Abschreibung und der kalkulatorischen Zinsen bin ich folgenermaßen vorgegangen:

$$Afa^{94} = \frac{\text{Anschaffungswert} - \text{Restwert} - \text{Förderung}}{\text{Nutzungsdauer}} = \frac{57.666 - 0 - 16.175}{20} = 2.074,55 \text{ €}$$

$$i_{\text{kalk}}^{95} = \frac{\text{Anschaffungswert} + \text{Restwert} - \text{Förderung}}{2} \times \text{Zinsen} = \frac{57.666 + 0 - 16.175}{2} \times 0,025 = 518,64 \text{ €}$$

Der Gewinn kann nach erfolgreicher Ermittlung der Erträge und Kosten mit Hilfe der Formel Gewinn = Erträge - Kosten errechnet werden.

$$\text{Gewinn}^{96} = 4.752,34 \text{ €} - 2.074,55 \text{ €} - 518,64 \text{ €} = 2.159,15 \text{ €}$$

Erträge		
Erträge durch Selbstverbrauch	€/Jahr	4.752,34
Erträge durch Verkauf	€/Jahr	0
Erträge gesamt	€/Jahr	4.752,34
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	2.074,55
kalk. Zinsen	€/Jahr	518,64
fixe Betriebskosten	€	0
variable Betriebskosten	€	0
Gewinn	€	2.159,15

Tabelle 14: Aufstellung der Gewinnvergleichsrechnung

Mit Hilfe der Gewinnberechnung ist somit ein Betrag von 2.159,15 € ermittelt worden welcher direkt der Investition Photovoltaikanlage angerechnet werden kann. Das bedeutet, dass Herr Hell jedes Jahr einen Gewinn von 2.159,15 € mit Hilfe der neuen Photovoltaikanlage erwirtschaftet.

⁹⁴ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 32.

⁹⁵ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 33.

⁹⁶ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 54.

2.3.4.3 Die Rentabilitätsrechnung

Im Gegensatz zur Gewinnvergleichsrechnung erlaubt die Rentabilitätsrechnung eine Aussage über die absolute Wirtschaftlichkeit einer Investition. Dieses Rechenverfahren kann zum Vergleich verschiedener Investitionsvarianten aber auch zur Prüfung einer einzelnen Investition, wie im Falle der Photovoltaikanlage, vom Unternehmen Hells Ferienresort verwendet werden. Die Rentabilität wird im Allgemeinen als der durchschnittliche Gewinn einer Periode in Relation zum durchschnittlich gebundenen Kapital betrachtet.⁹⁷

Für die Berechnung der Rentabilität werden die errechneten Werte der linearen Abschreibung, der kalkulatorischen Zinsen sowie des Ertrages von der Gewinnvergleichsrechnung erneut verwendet und in der Tabelle 15 zusammengefasst.

<u>Positionsbezeichnung</u>		<u>Photovoltaikanlage</u>
Allgemeine Angaben		
Anschaffungskosten	€	57.666
Förderung	€	16.175
Restwert	€	0
Nutzungsdauer	Jahre	20
Zinssatz	%	2,5
Erträge		
Erträge durch Selbstverbrauch	€/Jahr	4.752,34
Erträge durch Verkauf	€/Jahr	0
Erträge gesamt	€/Jahr	4.752,34
Kostenaufstellung		
kalk. Abschreibung	€/Jahr	2.074,55
kalk. Zinsen	€/Jahr	518,64
fixe Betriebskosten	€	0
variable Betriebskosten	€	0
Rentabilität	€	10,41

Tabelle 15: Aufstellung der Rentabilitätsrechnung

⁹⁷ Vgl. Losbichler, Heimo: Grundlagen der finanziellen Unternehmensführung – Band III Cashflow, Investition und Finanzierung. -3. Aufl. – Wien: Linde, 2015; Seite 205-207.

Für die Berechnung der Rentabilität habe ich folgende Formel angewandt:

$$\text{Rentabilität}^{98} = \frac{(\text{Ertrag} - \text{ges. Kosten})}{\frac{(\text{Anschaffungskosten} - \text{Förderung})}{2}} \times 100 = \frac{(4.752,34 - 2.074,55 - 518,64)}{\frac{(57.666 - 16.175)}{2}} \times 100 =$$

$$= 10,41 \%$$

Für das Ferienresort Zillertal ergibt sich somit eine Rentabilitätskennzahl von 10,41 % für die Investition in eine Photovoltaikanlage. Die von Herrn Hell geforderte Mindestrentabilität von 5 % könnte somit übertroffen werden.

2.3.4.4 Die Amortisationszeit

Die Amortisationsrechnung, auch Pay-back-Methode oder Kapitalwiedergewinnungsrechnung genannt, gibt an, innerhalb welchen Zeitraumes das investierte Kapital wieder in das Unternehmen zurückfließt. Im Umkehrschluss kann die Amortisationsdauer oder kritische Nutzungsdauer darüber Auskunft geben, wie lange eine Investition genutzt werden muss, damit ein Liquiditätsüberschuss erzielt wird. Ziel ist es, die Amortisationsdauer so kurz wie möglich zu halten. Dies hat zur Folge, dass das mit der Investition verbunden Risiko gering gehalten wird und das Geld schneller reinvestiert werden kann.⁹⁹

Die Photovoltaikanlage von Herrn Hell erzeugte eine jährliche Energiegewinnung von 43.203,12 kWh. Die Anlage kostete abzüglich öffentlicher Förderungen 41.491,00 €. Bei einem Strompreis von 0,11 Cent pro kWh entspricht dies einer jährlichen Ersparnis von 4.752,34 €. Dieser Betrag ergibt sich, da der Strom nicht mehr zugekauft, sondern durch die Photovoltaikanlage selbst produziert wird. Für die Berechnung der Amortisationszeit wird die folgende Formel verwendet:

$$\text{Amortisationszeit}^{100} = \frac{\text{Anschaffungskosten} - \text{Fördereung} - \text{Restwert}}{\text{Durchschnittlicher Rückfluss}} =$$

$$= \frac{57.666 \text{ €} - 16.175 \text{ €} - 0 \text{ €}}{4.752,34 \text{ €}} = 8,73 \text{ Jahre}$$

Die Berechnung der Amortisationszeit ergibt, dass nach ca. 8 Jahren und 6 Monaten die Investitionskosten wieder erwirtschaftet sind.

⁹⁸ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 71.

⁹⁹ Vgl. Losbichler, Heimo: Grundlagen der finanziellen Unternehmensführung – Band III Cashflow, Investition und Finanzierung. -3. Aufl. – Wien: Linde, 2015; Seite 158-160.

¹⁰⁰ Vgl. Urbatsch, René-Claude: Skriptum Investitionsentscheidungsrechnung. - Stand 2013; Seite 85.

2.3.5 Die Umweltauswirkungen

Prinzipiell wird die Photovoltaikanlage als erneuerbare und umweltschonende Technologie bezeichnet. Im Falle des Endverwenders, ist diese Aussage mit Sicherheit richtig. Anstatt den Strom von einem Atomkraftwerk zu beziehen wird dieser selbst erzeugt und ist somit im Sinne der Menschen sauber und rein.

Welche Auswirkungen hat jedoch die Herstellung dieser Module auf die Umwelt und in welcher Menge stehen die dafür benötigten Materialien zur Verfügung?

Was passiert mit den Modulen nach ihrer Lebensdauer? Wie werden diese recycelt?

Wie viel Energie benötigt die Herstellung dieser Module? Ist diese unter Umständen größer als die während der Lebensdauer erzeugte Energie?

Befürworter der fossilen Energieerzeugung verwenden diese offenen Fragen oft gegen eine Photovoltaikanlage. Aus diesem Grund wird in den folgenden Seiten näher auf diese Problematik eingegangen.

2.3.5.1 Die Umweltauswirkungen von Photovoltaikanlagen bei der Produktion und während des Betriebs

Zur Produktion von Solarzellen und –modulen werden Cadmium-Tellurid und Silizium eingesetzt, welche eine unterschiedliche Auswirkung auf unsere Umwelt haben.¹⁰¹

- **Cadmium-Tellurid:**

Der Ausgangsstoff Cadmium ist ein giftiges Schwermetall, welches krebserregend ist. Aus diesem Grund ist es besonders umweltgefährdend und sollte möglichst nicht in diese gelangen. Für die Herstellung von Solarmodulen ist allerdings eine Verbindung von Cadmium und Tellur erforderlich, welches eine positive Auswirkung auf das Cadmium hat. Diese Verbindung ist sehr stabil und wasserunlöslich. Ein weiterer Vorteil dieser Verbindung ist, dass es erst bei über 1000° C schmilzt. Im normalen Betrieb einer Photovoltaikanlage ergibt sich somit keine Gefährdung der Umwelt. Anders sieht dies im Falle eines Brandes aus. Die dabei auftretenden Temperaturen können die Verbindung schmelzen und somit Cadmium in die Umgebung abgeben. Dies ist allerdings aufgrund der geringen Menge an verwendetem Cadmium sehr gering. Für die Herstellung werden ca. 7 g benötigt. Dies entspricht ungefähr dem Cadmiumgehalt von zwei NiCd-Akkus. Zusätzlich muss beachtet werden, dass im Falle eines Brandes ebenfalls viele andere giftige Stoffe

¹⁰¹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 139.

erzeugt werden und das Cadmium somit nur eines unter vielen Problemen wäre.¹⁰²

- **Silizium**

Das Silizium ist im Vergleich zum Cadmium ungiftig und in Form von Quarzsand in beliebigen Mengen verfügbar. Das Problem bei Silizium liegt in der Herstellung. Für die Gewinnung werden eine Reihe von ätzenden Chemikalien, wie zum Beispiel Trichlorsilan, Kalilauge, Flusssäure, Phosphor- und Borsäure eingesetzt. Um diesen umweltschädlichen Chemikalien entgegen zu wirken bieten immer mehr Chemiefirmen Aufbereitungsanlagen für diese Materialien an um somit die Recyclingquote zu erhöhen. Zusätzlich dazu versuchen Konzerne diese Nebenstoffe im eigenen Unternehmen weiterzuverwenden.¹⁰³

2.3.5.2 Verfügbarkeit der Materialien

Bei der Umweltverträglichkeit spielt auch die Verfügbarkeit der benötigten Stoffe eine wichtige Rolle. Es ist von großer Bedeutung für die Photovoltaiktechnik, dass die benötigten Materialien in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. Ansonsten wäre es nicht möglich ein langfristiges, weltweites Energieversorgungskonzept auf Basis der Photovoltaiktechnologie zu erbauen.¹⁰⁴

Bei den Solarzellen gibt es im Wesentlichen zwei unterschiedliche Produkte. Die erste Variante sind Solarzellen aus Silizium. Hierbei wird Silizium als Hauptbestandteil verwendet, welches das zweithäufigste Element in der Erdkruste ist und relativ einfach aus Quarzsand gewonnen werden kann.¹⁰⁵

Die zweite Variante von Solarzellen besteht aus der Verbindung Cadmium-Tellurid. Bei dieser Verbindung ist das seltener vorkommende Element Tellur. Dieses findet man auf der Erde fast so selten wie Gold. Die Schätzungen zur gesamt verfügbaren Menge liegen weltweit bei ca. 21.000 Tonnen. Bei der Produktion von einem Quadratmeter Modulfläche werden ca. 7g Tellur benötigt. Jedoch könnte dieser Anteil auf bis zu 50g pro Quadratme-

¹⁰² Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 139.

¹⁰³ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 140.

¹⁰⁴ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 141-142.

¹⁰⁵ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 141-142.

ter steigen wenn man in Zukunft den Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen noch steigern möchte.¹⁰⁶

Zusammengefasst kann man sagen, dass die Silizium-Technologie langfristig gesehen die mit der höheren Verfügbarkeit ist. Weiteres wird die Cadmium-Tellurid Variante teurer werden, da mit steigender Nachfrage, die Verfügbarkeit der Rohstoffe sinkt und somit der Preis für Tellur stark ansteigen wird.

2.3.5.3 Recycling von Materialien

Ein weiterer wichtiger Faktor ist das Recycling der Materialien. Es soll immerhin kein Produkt als umweltfreundlich bezeichnet werden welches nach Ablauf der Lebensdauer nicht recycelt werden kann. Als Beispiel kann die Atomenergie betrachtet werden, bei welcher bis zum heutigen Tag keine Endlösung der radioaktiven Abfälle gefunden wurde.

Das Recycling von Modulen aus Silizium erfolgt folgendermaßen:

Als erstes werden die Module auf 500° C erhitzt damit sich der Verbund aus Ethyl-Vinyl-Acetat (EVA-Verbund) auflöst. Im Anschluss werden die Zellen vereinzelt und durch Ätzung von Dotierstoffen gereinigt. Danach wird der Waferbruch (Grundplatte für elektronische Bauelemente) im Ingot eingeschmolzen und im Blockgussverfahren zu neuen Wafer gemacht. Die dadurch anfallenden Stoffe wie Glas, Kupfer und Silizium werden wiederverwendet und in Summe wird eine Recyclingquote von über 90 % erreicht.¹⁰⁷

Bei den Cadmium-Tellurid Modulen wird eine Recyclingquote von ca. 95 % des Cadmiums erreicht. Dies erfolgt in erster Linie durch ein Rücknahmesystem welches die Firma First Solar ermöglicht. Diese Firma stellt sicher, dass alle verkauften Module nach der Lebenszeit, bei einem Defekt oder Bruch zurückgegeben werden und somit recycelt werden können.¹⁰⁸

¹⁰⁶ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 141-142.

¹⁰⁷ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 140.

¹⁰⁸ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 139.

2.3.5.4 *Energierücklaufzeit und Erntefaktor*

Unter der Energierücklaufzeit versteht man die Zeitdauer, die eine Solarstromanlage arbeiten muss, bis sie so viel Energie erzeugt hat, wie für ihre Herstellung benötigt wurde.¹⁰⁹

Häufig wird behauptet, dass für die Herstellung wesentlich mehr Energie benötigt wird als diese tatsächlich im Betrieb erzeugen kann. Aus diesem Grund wurde bereits im Jahr 2006 eine Studie von Herrn Erik Alsema erstellt. Welcher bei einer Aufdachanlage in Deutschland eine Energierücklaufzeit von ca. 3 Jahren ermittelt hat. Er kam also zu dem Schluss, dass eine Photovoltaikanlage bereits nach 3 Jahren so viel Energie erzeugt hat wie diese in der Produktion benötigte. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 25 Jahren ist dies ein sehr gutes Ergebnis.¹¹⁰

Zusätzlich zur Energierücklaufzeit konnte der Erntefaktor, welcher angibt wie viel Energie eine Solarstromanlage im Laufe ihrer Lebenszeit erzeugt, im Vergleich zur benötigten Herstellungsenergie ermittelt werden. Dieser lag zum damaligen Zeitpunkt bei 8,6. Die Anlage erzeugte also im Laufe ihrer Betriebszeit das Achtfache der für die Herstellungskosten benötigten Energie.¹¹¹

Durch die ständige Weiterentwicklung dieser Technologie werden derzeit bereits Energierücklaufzeiten von 1,3 Jahren erreicht, welche einen Erntefaktor von 19 besitzen. Eine weitere Verbesserung dieser Faktoren wird sich in Zukunft noch durch das Recyclingverfahren ergeben. Derzeit kann dieses noch nicht mit einberechnet werden, da erst in ca. 10-20 Jahre größere Mengen zu recyceln sind und somit in die Produktion in größeren Mengen mit eingebracht werden können.¹¹²

¹⁰⁹ Vgl. http://www.energiesparhaus.at/energie/pv_energiamort.htm/ 25.08.15, 17:15 Uhr

¹¹⁰ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 142-145.

¹¹¹ Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 142-145.

¹¹² Vgl. Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. -2. Aufl. – München: Carl Hanser, 2013; Seite 142-145.

2.4 Die Elektromobilität

Das Thema Elektromobilität gewinnt derzeit immer mehr an medialer Aufmerksamkeit und wird in der Bevölkerung immer stärker diskutiert. Diese alternative Antriebsmöglichkeit gewinnt aufgrund der schwindenden Ressourcen sowie der Einsparung klimaschädlicher Gase (CO₂) an Bedeutung.¹¹³

Bereits im Jahr 2009 wurde in Kärnten ein Projekt namens e:MOTION gestartet, welches zum Ziel hatte, die CO₂ Einsparung gegenüber Fahrzeugen mit fossilen Brennstoffen zu ermitteln. Diese Aktion wurde vom Klima- und Energiefond Österreich für 24 Monate gefördert und sollte in weiterer Folge als Anreiz für weitere Projekte im Bereich der E-Mobilität stehen.¹¹⁴

2.4.1 Hintergrundidee für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen

Herrn Hell sind die Themen Energieoptimierung und CO₂-Emissionseinsparung von außerordentlicher Bedeutung. Aus diesem Grund möchte er nicht nur im Bereich Heizung und Stromverbrauch eine Reduzierung erreichen sondern auch im Bereich der Elektromobilität eine Reduzierung verwirklichen. Ein Hauptproblem in seinen Augen ist der Urlaubstransfer. Darunter versteht man, dass Campinggäste für kurze Strecken zum Drogerie- oder Lebensmittelmarkt mit den Wohnmobilen fahren um dort Besorgungen zu tätigen. Dies verursacht neben dem großen Zeitaufwand für den Abbau der Vorzelte und des Ausparkens zusätzlich eine hohe CO₂ Belastung für den Ort. Um seinen Gästen einen weiteren Service bieten zu können und zusätzlich eine Emissionseinsparung zu erhalten hat sich Herr Hell für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen entschieden.

¹¹³ Vgl. Kampker, Achim; Vallee, Dirk; Schnettler, Armin: Elektromobilität Grundlagen einer Zukunftstechnologie. – Berlin: Springer, 2013; Seite 15.

¹¹⁴ Vgl. Becks, Thomas; Doncker, Rik De; Karg, Ludwig; Rehtanz, Christian; Reinhardt, Andreas-Michel; Wil-lums, Jan-Olaf: Wegweiser Elektromobilität. – Berlin: VDE, 2010; Seite 171.

2.4.2 Die Auflistung verschiedener Hersteller

Diesen medialen Aufschwung haben mittlerweile auch die verschiedenen Fahrzeughersteller festgestellt und dementsprechend reagiert. Nachstehend folgt eine Auflistung der verschiedenen Hersteller aus welchen, in weiterer Folge, das optimale Fahrzeug für Herrn Hell ausgewählt wurde.

Zur Auswahl standen die folgenden Fahrzeugtypen:

- 1) VW e-Golf mit Serienausstattung
- 2) VW e-up mit Serienausstattung
- 3) Citroen C-ZERO Seduction
- 4) Renault ZOE Q210
- 5) Smart fortwo electric drive

2.4.3 Die Entscheidungstheorie

Die Entscheidungstheorie befasst sich, wie im Wort bereits enthalten, mit dem Treffen von Entscheidungen. Dabei wird aus einer Menge mit möglichen Alternativen eine Handlungsalternative ausgewählt, welche zur Lösung des Entscheidungsproblems dient.¹¹⁵

Für die Auswahl des am besten für die Firma Hells Ferienresort Zillertal GmbH geeigneten Fahrzeuges könnte mit unterschiedlichen Entscheidungsregeln gearbeitet werden. Zum einen stehen Entscheidungsregeln unter Risiko und zum anderen Entscheidungsregeln unter Sicherheit zur Verfügung.

Unter Entscheidungsregeln unter Risiko, auch stochastische Entscheidungen genannt, versteht man, dass sämtliche Elemente der Entscheidung bekannt sind, allerdings die Umweltsituationen eine Änderung aufweisen. Es ist somit nicht mehr möglich, mit Sicherheit zu sagen, welche Umweltsituation eintreten wird.¹¹⁶

Im Vergleich dazu sind bei deterministischen Entscheidungssituationen, also Entscheidungen unter Sicherheit, alle Informationen sicher und es existiert eine fest definierte Menge an zulässigen Handlungsalternativen.¹¹⁷

¹¹⁵ Vgl. Domschke, Wolfgang: Scholl, Armin: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. – 3. Auflage - Berlin: Springer, 2005; Seite 47.

¹¹⁶ Vgl. Bardmann, Manfred: Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre. 1. Auflage– Wiesbaden: Gabler Verlag, 2011; Seite 252.

¹¹⁷ Vgl. Klein, Robert: Scholl, Armin: Planung und Entscheidung. 2. Auflage– München: Vahlen Verlag, 2011; Seite 38.

Zur Bestimmung des Fahrzeuges für die Campinggäste wird zum einem mit dem Verfahren Goal-Programming und zum anderen mit dem Verfahren Zielgewichtung gearbeitet. Beide sind Entscheidungsmethoden unter Sicherheit. Eine Ausarbeitung mit zwei unterschiedlichen Methoden soll die Eindeutigkeit bzw. die Gleichheit der Fahrzeuge darstellen.

Bei der Auswahl des Elektroautos waren Herrn Hell und seiner Familie die Kriterien Anschaffungspreis, Leistung, Reichweite, CO₂ Ausstoß, Garantiezeit sowie maximale Anzahl an Sitzplätzen wichtig. Was die Ausstattung betrifft war Ihnen nur wichtig, dass das zukünftige Fahrzeug über eine Klimaanlage, einen Radio sowie Airbags verfügt. Weil jedes der möglichen Fahrzeuge dieses in der Serienausstattung integriert hat werden diese nicht separat in den Entscheidungstheorien angeführt.

Für die Bestimmung des Elektrokraftfahrzeuges für das Unternehmen Hells Ferienresort wurde folgende Entscheidungsmatrix ermittelt.

Aktion / Zielwerte	Preis (€)	Leistung (PS)	Reichweit (km)	CO₂-Ausstoß (g/km)	Sitzplätze	Garantie (Jahre)
VW-e Golf	36.200	115	190	0	5	2
VW e-up	25.800	82	160	0	2	2
Citroen C-ZERO	29.640	67	150	0	4	2
Renault ZOE	21.390	59	210	0	5	4
Smart fortwo electric drive	24.590	47	145	0	2	2

Tabelle 16: Entscheidungsmatrix Elektrofahrzeuge¹¹⁸

¹¹⁸ Quelle: Preislisten der Fahrzeughersteller

2.4.3.1 Die Entscheidungsmethode Goal-Programming

Bei dem Verfahren Goal-Programming, auch Satisfizierungsregel genannt, werden gewünschte Ergebnisse vorgegeben. In diesem Fall von Herrn Hell. Diese werden im Anschluss mit den tatsächlichen Werten verglichen und somit kann eine mögliche Abweichung ermittelt werden. Ausgewählt wird dann die Alternative deren Summe der absoluten Abweichung am niedrigsten ist.¹¹⁹ Die Vorgabewerte wurden wie folgt festgelegt:

$v_1 = \text{Preis} = 15.000 \text{ €}$

$v_4 = \text{CO}_2\text{-Ausstoß} = 0 \text{ g/km}$

$v_2 = \text{Leistung} = 65 \text{ PS}$

$v_5 = \text{Sitzplätze} = 5$

$v_3 = \text{Reichweite} = 200 \text{ km}$

$v_6 = \text{Garantie} = 3 \text{ Jahre}$

Aktion / Zielwerte	Preis (€)	Leistung (PS)	Reichweite (km)	CO ₂ -Ausstoß (g/km)	Sitzplätze	Garantie (Jahre)	Nutzwert
VW-e Golf	21.200	50	10	0	0	1	21.261
VW e-up	10.800	17	40	0	3	1	10.861
Citroen C-ZERO	14.640	2	50	0	1	1	14.694
Renault ZOE	6.390	6	0	0	0	0	6.396
Smart fortwo	9.590	17	55	0	3	1	9.666

Tabelle 17: Nutzwertanalyse nach Goal-Programming¹²⁰

¹¹⁹ Vgl. Domschke, Wolfgang; Scholl, Armin: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. – 3. Auflage - Berlin: Springer, 2005; Seite 58.

¹²⁰ Vgl. Stelling, Johannes: Kostenmanagement und Controlling. – 3. Auflage - München: Oldenbourg, 2009; Seite 323.

Obwohl bei dem Renault ZOE eine Differenz bei der Reichweite von 10 und bei der Garantie eine Differenz von 1 ermittelt wurde, wird der Wert Null in die Nutzwertanalyse eingetragen da es sich hierbei um positive Vorteile handelt welche keine negative Auswirkung zur Folge haben.

Der Renault ZOE ist das Optimum mit einer absoluten Differenzsumme (Nutzwert) von 6.396.

2.4.3.2 Entscheidungsmethode Zielgewichtung

Bei dem Verfahren der Zielgewichtung, auch Maximierungsregel genannt, werden Gewichte für die einzelnen Eigenschaften festgelegt. Also wie wichtig ist Herrn Hell zum Beispiel die Reichweite des Elektrofahrzeugen oder wie wichtig ist der Anschaffungspreis usw.. Im Anschluss wird die Nutzensumme gebildet. Zu wählen ist dann die Alternative mit der größten gewichteten Nutzensumme.¹²¹

Für die Entscheidungsmethode Zielgewichtung wird mit derselben Entscheidungsmatrix wie bei dem Verfahren Goal-Programming gearbeitet.

Die Gewichtungen der nachstehenden Eigenschaften wurden wie folgt vorgegeben:

$g_1 = \text{Preis} = 0$ (weil dieser so gering wie möglich sein soll);

$g_2 = \text{Leistung} = 0,1$

$g_3 = \text{Reichweite} = 0,4$

$g_4 = \text{CO}_2\text{-Ausstoß} = 0,1$

$g_5 = \text{Sitzplätze} = 0,2$

$g_6 = \text{Garantie} = 0,2$

¹²¹ Vgl. Stelling, Johannes: Kostenmanagement und Controlling. – 3. Auflage - München: Oldenbourg, 2009; Seite 322.

Aktion / Zielwerte	Preis (€)	Leistung (PS)	Reichweit (km)	CO2-Ausstoß (g/km)	Sitzplätze	Garantie (Jahre)	Nutzwert
VW-e Golf	0	11,5	76	0	1	0,4	88,9
VW e-up	0	8,2	64	0	0,4	0,4	73
Citroen C-ZERO	0	6,7	60	0	0,8	0,4	67,9
Renault ZOE	0	5,9	84	0	1	0,8	91,7
Smart fortwo	0	4,76	58	0	0,4	0,4	63,56

Tabelle 18: Nutzwertanalyse nach Zielgewichtung¹²²

Der Renault ZOE ist das Optimum mit einer gewichteten Nutzenzsumme (Nutzwert) von 91,7.

2.4.3.3 Die Entscheidung des Fahrzeugtyps

Sowohl die Entscheidungstheorie Goal-Programming als auch die Zielgewichtung kommen auf das Ergebnis, dass der Renault ZOE für das Unternehmen Hells Ferienresort Zillertal GmbH das am besten geeignete Fahrzeug ist. Aus diesem Grund hat sich das Unternehmen dazu entschieden zwei dieser Fahrzeuge zu leasen.

¹²² Vgl. Stelling, Johannes: Kostenmanagement und Controlling. – 3. Auflage - München: Oldenbourg, 2009; Seite 323.

2.4.4 Das Konzept der Mietfahrzeuge

Für die Gäste von Hells Ferienresorts Zillertal stehen die beiden Elektrofahrzeuge rund um die Uhr zur Verfügung. Das Ausleihen funktioniert sehr einfach. Der Kunde meldet sich bei der Rezeption und gibt an, an welchem Tag und für wie lange er ein Fahrzeug benötigt. Für die Gäste stehen folgende Pakete zur Auswahl.

1. 3 Stunden für 15 Euro
2. 6 Stunden für 30 Euro
3. 9 Stunden für 40 Euro
4. 1 Tag für von 08:00 bis 20:00 Uhr für 50 Euro
5. 3 Tage für 140 Euro
6. 7 Tage für 240 Euro

Alle Preise sind bereits inklusive Umsatzsteuer und beinhalten eine Vollkaskoversicherung. Im Schadensfall sind jedoch 400 Euro Selbstbehalt vom Gast zu bezahlen. Um die Fahrt mit dem Elektroauto noch zu vereinfachen, hat Herr Hell für seine Gäste ein Informationsblatt erstellt. Auf welchem der richtige Umgang mit einem Elektrofahrzeug erklärt wird. Dabei wird darauf hingewiesen vorausschauend zu fahren und Verbraucher wie z.B.: die Klimaanlage, nicht auf maximaler Stufe zu betreiben um die Reichweite zu erhöhen

2.4.5 Die Umweltauswirkung

Durch die Anschaffung der beiden Fahrzeuge wurde bereits eine Senkung der CO₂ Belastung erzielt. Die Gäste von Herrn Hell und seiner Familie fahren nun nicht mehr mit den eigenen Wohnmobilen zum Einkaufen sondern nutzen die CO₂ neutralen Elektrofahrzeuge.



Abbildung 12: Foto Renault ZOE¹²³

¹²³ Vgl. <http://myrenaultzoe.com/index.php/zoe-description/charging/> 08.05.2015, 14:27 Uhr

3 Der Schluss

Im folgenden Kapitel soll ein Überblick über die geleisteten Investitionen und den daraus resultierenden Ergebnisse geschaffen werden. Zuerst wird auf die Ergebnisse der Heizungsumstellung, welche die Investition in eine Pelletsheizung und in die thermische Solaranlage beinhaltet, näher eingegangen. Danach werden die Ergebnisse der Photovoltaikanlage und der Anschaffung der beiden Elektrofahrzeuge zusammengefasst.

3.1 Die Ergebnisse der Heizanlage und der Solaranlage

Mit Hilfe der Kostenvergleichsrechnung wird aufgezeigt, wie hoch der wirtschaftliche Erfolg in Hinsicht auf die Umrüstung der bestehenden Gasheizung zur neuen Heizungsanlage ist.

Die Kostenvergleichsrechnung stellt die Kosten von der bestehenden Gasheizung und der neuen Zentralheizung, welche sich aus der Pelletsheizung und der thermischen Solaranlage zusammensetzt, gegenüber. Die kostengünstigere Anlage soll somit ermittelt werden. In dem Kostenvergleich wurden alle durch das jeweilige Projekt verursachten Kosten einbezogen. Ausgenommen wurden diejenigen Kostenarten, welche für alle vergleichbaren Alternativen die gleiche Höhe aufwiesen, da diese sich nicht auf das Vergleichsergebnis auswirkten.¹²⁴

Positionsbezeichnung		neue Zentralheizung	Gasheizung
Betriebskosten			
Anschaffungskosten	€	453.921	80.000
Restwert	€	0	0
Nutzungsdauer	Jahre	20	20
Zinssatz	%	2,5	2,5
Kapitalkosten			
kalk. Abschreibung	€ / Jahr	22.696,05	4.000
kalk. Zinsen	€ / Jahr	5.674,01	1.000
Kapitalkosten gesamt	€ / Jahr	28.370,06	5.000

¹²⁴ Vgl. Blohm, Hans; Lüder, Klaus; Schaefer, Christina: Investition – Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs. – München: Vahlen, 2013; Seite 130-131.

Kostenvergleich			
kalk. Abschreibung	€/Jahr	22.696,05	4.000
kalk. Zinsen	€/Jahr	5.674,01	1.000
sonstige Fixkosten	€/Jahr	1.000	500
fixe Kosten gesamt	€/Jahr	29.370,06	5.500
Materialkosten (Strom+Material)	€/Jahr	16.100	82.040,85
Gesamtkosten pro Jahr	€/Jahr	45.470,06	87.540,85
Kostendifferenz	€/Jahr	42.070,99	

Tabelle 19: Kostenvergleichsrechnung neue Heizungsanlage zu Gasheizung

Bei der Kostenvergleichsrechnung ergibt sich eine Differenz von 42.070,99 Euro pro Jahr. Das bedeutet, dass sich das Unternehmen Hells Ferienresort GmbH im Vergleich zu den bisherigen Kosten 42.070,99 Euro erspart welche für andere Investitionen verwendet werden können.

Zusätzlich zur Kosteneinsparung konnte mit Hilfe der Umrüstung der Heizungsanlage eine CO₂ Einsparung in Höhe von 118,73 Tonnen realisiert werden. Diese ergibt sich indem die Summe aus der CO₂ Einsparung der Pelletsheizung und der thermischen Solaranlage gebildet wird.

$$\text{CO}_{2\text{gesamt}} = 67,42 \text{ Tonnen CO}_2 + 51,31 \text{ Tonnen CO}_2 = 118,73 \text{ Tonnen CO}_2$$

3.2 Die Ergebnisse der Photovoltaikanlage und der Elektrofahrzeuge

Dank der neu installierten Photovoltaikanlage wurde im vergangenen Jahr 2014 43.203,13 kWh Strom erzeugt. Mit Hilfe der Gewinnvergleichsrechnung konnte ermittelt werden, dass durch diese Investition ein Gewinn von 2.159,15 Euro jährlich realisiert wird.

In Österreich belaufen sich die CO₂ Emissionen für die Stromerzeugung auf 167g pro kWh.¹²⁵ Unter Verwendung der Photovoltaikanlage konnte das Unternehmen Hells Ferienresort eine Einsparung des CO₂ Ausstoßes von 7,22 Tonnen erwirtschaften und somit einen wichtigen Schritt zur Verbesserung der Umwelt beitragen.

¹²⁵ Vgl. <http://oesterreichsenergie.at/daten-fakten/statistik/stromerzeugung.html/> 23.11.15, 17:20 Uhr

Desweiteren hat die Anschaffung der zwei Elektrofahrzeuge wesentlich zur CO₂ Reduzierung beigetragen. Seit der Anschaffung im März 2015 haben die beiden Fahrzeuge 13.760 Kilometer zurückgelegt. Für die Berechnung der CO₂ Reduktion habe ich einen Kleinwagen mit 1,0 Liter Benzinmotor angenommen welcher zum heutigen Stand einen CO-Ausstoß von 100g pro Kilometer hat¹²⁶. Dies ergibt eine CO₂ Einsparung im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrzeug von 1,376 Tonnen.

In Summe konnte das Unternehmen somit 8,6 Tonnen CO₂ einsparen. Dies wurde alleine durch die Investition in eine Photovoltaikanlage und zwei Elektrofahrzeuge ermöglicht.

3.3 Die Zusammenfassung aller Ergebnisse

Dem Unternehmen Hells Ferienresort ist es gelungen, sein Angebot für die Gäste zu erweitern. Die Zufriedenheit seiner Gäste lässt sich auch anhand der Gästerauslastung ablesen. Diese betrug 62.453 Nächtigungen im Zeitraum von 1.10.14 bis 30.09.15.

Trotz der Investitionen in neue Gebäude und in einen Wellnessbereich ist es dem Unternehmen Hells Ferienresort gelungen den damit einhergehenden Kosten im Bereich der Wärme- und Energiebereitstellung entgegenzuwirken.

Durch die Umstellung auf eine Pelletsheizung sowie eine thermischen Solaranlage kann die Wärmebereitstellung ohne Probleme ermöglicht werden. Zusätzlich wurden enorme Kosten im Vergleich zur alten Gasheizung eingespart.

Die Energiebereitstellung hinsichtlich des Stromes konnte mit Hilfe der Photovoltaikanlage ermöglicht werden. Die gesamten erzeugten kWh kann das Unternehmen wie geplant für den Eigenverbrauch verwenden. Hinzu kommt, dass der selbst erzeugte Strom für die Betankung der beiden Elektrofahrzeuge genutzt wird.

Für Herrn Hell haben sich die Investitionen trotz der hohen Belastungen hinsichtlich Zeit, Geld und Nerven auf alle Fälle gelohnt. Die durchgeführten Berechnungen haben ergeben, dass sich die Kosten wesentlich gesenkt und somit ein guter Gewinn mit Hilfe der Investitionen realisieren lässt. Die kompletten Anschaffungen sollten sich in weniger als 9 Jahren für das Unternehmen amortisiert haben.

Zusätzlich zu den wirtschaftlichen Fakten ist Herrn Hell die Umweltbelastung, welche sein Unternehmen verursacht, von außerordentlicher Bedeutung. Die durch die Investitionen

¹²⁶ Vgl. <http://www.ford.de/verbrauchswerte/> 23.11.15, 17:12 Uhr

resultierende CO₂ Einsparung in der Höhe von 127,33 Tonnen pro Jahr ist für Herrn Hell ein riesengroßer Erfolg.

Hinzu kommt, dass das Unternehmen ein Vorbild für seine Gäste geworden ist. Sehr viele sind an seinem ganzheitlichen Energie Konzept interessiert und möchten näheres zu den realisierten Projekten erfahren. Aus diesem Grund bietet Herr Hell seit dem Frühjahr 2015 jeden Mittwoch Führungen an welche jeweils von 20-25 Gästen besucht werden. Mit Hilfe dieser Aufklärung hat ein erstes Umdenken seiner Gäste begonnen und eine Umweltschonendere Haltung Einzug in den Köpfen der Menschen begonnen.

Ein weiterer positiver Effekt, welcher durch das ganzheitliche Energiekonzept erreicht wurde, ist die Auszeichnung als Klimaaktiv Partner. Das Unternehmen Hells Ferienresort Zillertal GmbH hat aufgrund der durchgeführten Projekte vom österreichischen Umweltminister Andrä Rupprechter eine Auszeichnung in Wien erhalten und darf sich seit Mitte 2015 als Klimaaktiv Partner ausweisen.



Abbildung 13: Klimaaktiv Partner Auszeichnung, von links nach rechts DI Harald Dummer, Gabriela Ehart, Umweltminister Andrä Rupprechter, Alois Hell, Karin Hell

Literaturverzeichnis

Bardmann, Manfred

Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre

1. Auflage

Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2011

Becks, Thomas / Doncker, Rik De / Karg, Ludwig / Rehtans, Christian /**Reinhardt, Andreas-Michael / Willums, Jan-Olaf**

Wegweiser Elektromobilität

VDE-Verlag, Berlin, 2010

Bieg, Hartmut / Kußmaul, Heinz

Investition

2. Auflage

Franz Vahlen-Verlag, München, 2012

Blohm, Hans / Lüder, Klaus / Schaefer, Christina

Investition – Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs und Investitionsrechnung

Franz Vahlen-Verlag, München, 2013

Domschke, Wolfgang / Scholl, Armin

Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre

3. Auflage

Springer-Verlag, Berlin, 2005

Döring, Stefan

Pellets als Energieträger

1. Auflage

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011

Ebert, Hans-Peter

Heizen mit Holz in allen Ofenarten

11. Auflage

Ökobuch-Verlag, Staufen bei Freiburg, 2006

Kaltschmitt, Martin / Hartmann, Hans / Hofbauer, Hermann

Energie aus Biomasse

2. Auflage

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009

Kaltschmitt, Martin / Streicher, Wolfgang / Wiese, Andreas

Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte

5. Auflage

Springer-Verlag, Berlin, 2014

Kampker, Achim / Valle, Dirk / Schnettler, Armin

Elektromobilität – Grundlagen einer Zukunftstechnologie

Springer-Verlag, Berlin, 2013

Klein, Robert / Scholl, Armin

Planung und Entscheidung

2. Auflage

Vahlen-Verlag, München, 2011

Laasch, Thomas / Laasch, Erhard

Haustechnik

13. Auflage

Springer-Verlag, Wiesbaden, 2013

Losbicherler, Heimo

Grundlagen der finanziellen Unternehmensführung

Band III: Cashflow, Investition und Finanzierung

3. Auflage

Linde-Verlag, Wien, 2015

Mertens, Konrad

Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis

2. Auflage

Carl Hanser-Verlag, München, 2013

Oberzig, Klaus

Strom und Wärme für mein Haus – Neubau und Modernisierung

Stiftung Warentest, Berlin, 2013

Perridon, Louis / Steiner, Manfred / Rathgeber Andreas

Finanzwirtschaft der Unternehmung

16. Auflage

Franz Vahlen-Verlag, München, 2014

Quaschnig, Volker

Regenerative Energiesysteme – Technologie, Berechnung, Simulation

5. aktualisierte Auflage

Carl Hanser-Verlag, München, 2007

Schabbach, Thomas / Leibbrandt, Pascal

Solarthermie – Wie Sonne zu Wärme wird

1. Auflage

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

Seltmann, Thomas

Photovoltaik: Strom ohne Ende – Netzgekoppelte Solarstromanlagen optimal bauen und nutzen

4. vollständig überarbeitete Auflage

Solarpraxis-AG, Berlin, 2009

Stelling, Johannes

Kostenmanagement und Controlling

3. Auflage

Oldenbourg-Verlag, München, 2009

Stieglitz, Robert / Heinzl, Volker

Thermische Solarenergie – Grundlagen, Technologie, Anwendung

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012

Urbatsch, René-Claude

Skriptum Investitionsrechnung

Stand 2013

Wagemann, Hans-Günther / Eschrich, Heinz

Photovoltaik – Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften, Solarzellenkonzepte und Aufgaben

2. überarbeitete Auflage

Vieweg+Teubner -Verlag, Wiesbaden 2010

Wesselak, Viktor / Voswinckel, Sebastian

Photovoltaik - Wie Sonne zu Strom wird

Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2012

Sonstige Quellen

CITROEN Österreich Ges.m.b.H, Wienerbergstraße 11, 1100 Wien

CITROEN C-ZERO / Preise, Ausstattungen und Technik

Jänner 2014

Energieeffizienzgesetz

EnEG (idF v. 22.07.1976) §2 ABS. I und II

Klima:aktiv

Energieeffiziente Betriebe – Vom Ventilator verweht

In: Ich bin Klima:aktiv

Austria Energy Agency, Wien, 2014

Ministerium für ein Lebenswertes Österreich

Heizen mit Wert

In: Unternehmen Energiewende

Niederösterreichisches Pressehaus, St. Pölten, 2014

Porsche Austria GmbH & Co OG / Produktmanagement VW PKW

Der e-Golf / Preise Ausstattung Technische Daten

Ausgabe: April 2015

YVW 000000 83041

Porsche Austria GmbH & Co OG / Produktmanagement VW PKW

Der neue e-up / Preise Ausstattung Technische Daten

Ausgabe: April 2015

YVW 000000 82701

Renault Österreich GmbH, Laaer Bergstraße 64, 1101 Wien

RENAULT ZOE

Preise gültig ab 15.04.2015 / Daten stand 17.04.2015

smart – eine Marke der Daimler AG, Mercedesstraße 137, 70327 Stuttgart

smart fortwo & smart BRABUS / elektric drive / Die Preise

Gültig ab 15.01.2015

Internetverzeichnis

<http://www.gruenerstromlabel.de/faq/gruener-strom-label/> 24.03.2015, 10:23Uhr

http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieversorgung/holzheizungen/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/pelletheizung/pelletheizung-umwelt-und-sicherheit> 13:07 Uhr, 19.11.2015

<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/pelletheizung/pelletheizung-umwelt-und-sicherheit> 13:07 Uhr, 19.11.2015

<http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarenergie/umwelt> 20.10.2015, 17:41 Uhr

<http://www.nicht-fossil.de/33/thermische-solaranlagen.htm> 03.04.2015 - 16:02 Uhr

http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Solaranlage#Bautypen_und_Anlagentechnologie
03.04.2015 – 16:34 Uhr

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar-Solare-Langzeitspeicher_2343255.html 15.05.2015

<http://www.solaranlage-ratgeber.de/solarthermie/solarthermie-technik/solarthermie-speicher> 15.05.2015, 16:47 Uhr

http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieversorgung/solare_groanlagen/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

<http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarenergie/umwelt> 20.10.2015, 17:41 Uhr

<http://www.activity-photovoltaik.de/technik/allgemein/sonneneinstrahlung-in-meiner-region.html> 26.08.2015 - 17:08 Uhr

http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/photovoltaik_grundlagen/energie_aus_sonnenstrahlung.html 26.08.2015 - 17:08 Uhr

http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/verkehr_und_mobilitt/modellregion_elektromobilitt/ 16:33 Uhr, 18.10.2015

<http://myrenaultzoe.com/index.php/zoe-description/charging/> 08.05.2015, 14:27 Uhr

<http://oesterreichsenergie.at/daten-fakten/statistik/stromerzeugung.html/> 23.11.15, 17:20 Uhr

<http://www.ford.de/verbrauchswerte/> 23.11.15, 17:12 Uhr

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist.

Insbesondere dass ich alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, durch Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Ich versichere, dass die von mir eingereichte schriftliche Version mit der digitalen Version der Arbeit übereinstimmt

Munderfing, am 29.Jänner.2016

Gabriela Ehart