



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Solarstrom für E-Bikes im Allgäu, Auslegung einer Inselanlage mit Speicher sowie Erstellung eines Marketingkonzeptes

Bachelorarbeit
im Studiengang Umwelttechnik

vorgelegt von

Alena Cicak
Matrikelnummer: 1964203

Hamburg

am 28.01.2014

1. Gutachter:	Prof. Dr. Heiner Kühle	(HAW Hamburg)
2. Gutachter:	Dipl. -Chem. Cord Röpken	(B.A.U.M. Consult AG)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1. Einleitung.....	1
2. Motorunterstützte Fahrräder.....	3
2.1. Pedelecs und E-Bikes.....	3
2.2. Wirtschaftliche Entwicklung und Ausblick.....	3
2.3. Risiken.....	4
2.4. Technik.....	4
2.4.1. Motorposition und Steuerungstechnik.....	5
2.4.2. Akkumulator.....	6
2.5. Reichweite und Ladedauer.....	7
3. Tourismus und Photovoltaikanlage im Allgäu.....	11
3.1. E-Bike-Tourismus.....	11
3.2. E-Bikes im Allgäu.....	12
3.3. E-Bike Aufkommen bei der geplanten Photovoltaikanlage.....	14
4. Auslegung der Photovoltaik-Inselanlage.....	17
4.1. Photovoltaik-Inselsysteme.....	17
4.2. Stromspeicher.....	18
4.3. Auslegung der Anlagengröße.....	19
4.3.1. Verbraucher.....	19
4.3.2. Kapazität des Stromspeichers.....	21
4.3.3. Anzahl der Module.....	23
5. Marketingkonzept.....	26
5.1. Situationsanalyse.....	26
5.2. Zielformulierung.....	32
5.3. Marketingstrategie.....	32
5.4. Marketinginstrumente.....	34
5.4.1. Produktpolitik.....	35
5.4.2. Preispolitik.....	35
5.4.3. Kommunikationspolitik.....	37
5.4.4. Distributionspolitik.....	39
6. Diskussion und Fazit.....	42

7. Zusammenfassung.....	44
8. Literaturverzeichnis.....	45
Anhang	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nabenmotor im Vorderrad, Quelle: Donner (2010, 40)	5
Abbildung 2: Nabenmotor im Hinterrad, Quelle: Donner (2010, 40)	5
Abbildung 3: Mittelmotor, Quelle: Donner (2010, 41).....	6
Abbildung 4: Nachhaltigkeit, Quelle: eigene Darstellung aus Freericks, Hartmann und Stecker (2010, 245).....	11
Abbildung 5: MOVELO Region im Allgäu, Quelle: Moveolo (2013, 3).....	13
Abbildung 6: Mögliche Standorte für die Photovoltaikanlage, Quelle: B.A.U.M. (2013).....	14
Abbildung 7: Das Rappental, Quelle: Google (2013).....	15
Abbildung 8: Funktionsweise der Inselanlage, Quelle: fotovoltaikanlage.net (2013) und kreis- wardorf.de (2013)	18
Abbildung 9: ReeVOLT Stromspeicher, Quelle: WEMAG (2013)	19
Abbildung 10: Dimensionierung der Anlage, Quelle: eigene Darstellung.....	25
Abbildung 11: Umfrage zur Bekanntheit von E-Bikes, Quelle: eigene Darstellung von ADFC (2011, 67)	28
Abbildung 12: Beliebtestes Rad der Deutschen, Quelle: Rose (2013, 6)	29
Abbildung 13: Energiequellen–Akzeptanz, Quelle: eigene Darstellung von EU-Kommission (2010, 160)	30
Abbildung 14: Solarenergie-Akzeptanz in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung von EU- Kommission (2010, 161).....	31
Abbildung 15: SWOT-Analyse, Quelle: eigene Darstellung.....	32
Abbildung 16: Kategorien von Fahrradurlaubern, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 10)	33
Abbildung 17: Nutzung von E-Bikes auf Radtouren, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 21)	34
Abbildung 18: Bereitschaft einen höheren Strompreis für erneuerbare Energien zu zahlen, Quelle: eigene Darstellung von VKU (2011).....	36
Abbildung 19: Akzeptanz höherer Kosten für Ökostrom, Quelle: eigenen Darstellung von TNS (2011)	37
Abbildung 20: Mediennutzung vor dem Radurlaub, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 9)	38
Abbildung 21: Pauschal gebucht oder selbst organisiert, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 23)	39
Abbildung 22: Absatzwege, Quelle: eigene Darstellung von Becker (2013, 528)	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ermittlung der Arbeit und Energie, Quelle: Warentest (2013).....	9
Tabelle 2: Ermittlung der Ladedauer, Quelle: Warentest (2013).....	10
Tabelle 3: Entfernungen der möglichen Standorte	15
Tabelle 4: Verbraucher	20
Tabelle 5: Auslegungsparameter für den PV-Stromspeicher	21
Tabelle 6: Auslegungsparameter.....	23
Tabelle 7: Strahlungswerte, Quelle: European, Commission (2013).....	23
Tabelle 8: Globalstrahlungsfaktor und Generator-Korrekturfaktor, Quelle: Häberling (2010, 518, 639)	24
Tabelle 9: Strahlungserträge	24
Tabelle 10: Ladung pro Strang.....	24
Tabelle 11: Errechnete Modul Stränge	25
Tabelle 12: Warum die Deutschen Fahrrad fahren (in Prozent mit Mehrfachnennungen), Quelle: Rose (2013, 3)	27

Abkürzungsverzeichnis

ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BAT	British American Tobacco
E-Bike	Electric Bicycle (Elektrofahrrad)
GRS	Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem
Li-Ion	Lithium-Ionen
PV	Photovoltaik
PVA	Photovoltaikanlage
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken)
TNS	Taylor Nelson Sofres
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
ZIV	Zweirad-Industrie-Verband e.V.

1. Einleitung

Der Anteil der erneuerbaren Energien ist in Deutschland im Strombereich im Jahr 2012 auf 23,4 % gestiegen, das sind 3,1 % mehr als im Vorjahr (BMU 2013, 11). Nicht nur der Anteil der regenerativen Energien steigt, auch der deutsche Stromexport ist auf einem Rekordhoch. Diese beiden Tatsachen sind direkt miteinander verknüpft. Durch die temporäre Stromerzeugung der erneuerbaren Energien werden die Überschüsse über die Stromnetze ins Ausland exportiert (Wetzel 2013). Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, dass bis spätestens 2050 der Strom zu 80 % aus regenerativer Energie stammen soll (BMU 2013, 9). Um dieses Ziel zu erreichen, müssten die Stromüberschüsse speicherbar sein, um sie dann nutzen zu können, wenn gerade kein Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht (Leopoldina 2011).

Der Alpenraum hat ein natürliches Kapital an Sonne, Wasser und Biomasse. Durch diese Ressourcen ist dieser Raum für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien prädestiniert. Dass der größte Teil der regenerativen Quellen temporär vorhanden ist, ist eine große Schwierigkeit der regenerativen Energien. Mit dem Wissen, um die Bedeutung der Speichertechnologie für die Zukunft der Stromversorgung, wurde von der EUROPÄISCHEN UNION das länderübergreifende Projekt *AlpStore* ins Leben gerufen. Die Alpenanrainerstaaten Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Österreich, Schweiz und Slowenien suchen mit 19 Projektpartnern nach Speichermöglichkeiten im Alpenraum. Der Zusammenschluss der Alpenländer dient auch dem Schutz des ökologisch sensiblen Alpenraums. Die Maßnahmen werden an die dortigen Gegebenheiten angepasst und einheitlich umgesetzt. Das Ziel des *AlpStore* Projektes ist eine möglichst emissionsarme Zukunft in den Bereichen Energieversorgung und Mobilität. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen verschiedene Speichersysteme, sowohl mobile als auch stationäre, intelligent kombiniert werden. Mit entsprechenden Untersuchungen und Pilotanlagen wird die Fragestellung, welcher Technologiemitmix für den empfindlichen Alpenraum und seine Teilregionen am besten geeignet ist, geklärt. Ein internationales Team arbeitet an Lösungen in den unterschiedlichen Bereichen der Speichertechnologie (AlpStore 2013).

Im Allgäu wird dazu das Teilprojekt *PV-Store Plus E-Bike* umgesetzt. Das Bestreben des Projektes liegt darin, die Akkus der E-Bikes mit grünem PV-Strom zu laden. Zu diesem Zweck wird eine Photovoltaik-Insulanlage mit entsprechendem Speicher aufgebaut. Das Projekt wird von der EUROPÄISCHEN UNION als Forschungsprojekt finanziert (AlpStore 2013).

Diese Arbeit *Solarstrom für E-Bikes im Allgäu, Auslegung einer Insulanlage mit Speicher sowie Erstellung eines Marketingkonzeptes* ist Teil des Implementierungskonzeptes des *PV-Store Plus E-Bike* Teilprojektes und hat zwei Ziele. Das Erste ist die Auslegung einer Photovoltaik-Insulanlage für E-

Bikes im Allgäu. Das zweite Ziel ist ein dazugehöriges Marketingkonzept. Da dies ein Forschungsprojekt ist, wird keine wirtschaftliche Betrachtung gemacht.

Diese Arbeit ist in vier Teile gegliedert:

Im ersten Teil wird auf die E-Bikes eingegangen. Diese sind der Stromabnehmer der geplanten Photovoltaikanlage. Es werden die technischen Aspekte der E-Bikes behandelt. Für die Auslegung der Inselanlage wird die Reichweite und Ladedauer der E-Bike-Akkumulatoren ermittelt.

Anschließend wird im zweiten Teil auf die Rahmenbedingungen des Standortes für die Photovoltaikanlage eingegangen. Dabei wird die Nachhaltigkeit des E-Bike-Tourismus unter Berücksichtigung des möglichen E-Bike Aufkommens untersucht.

Die Auslegung der Inselanlage erfolgt im dritten Teil. Dabei wird zunächst auf die Theorie der Photovoltaik-Inselanlage und auf den vorgesehenen Stromspeicher eingegangen. Anschließend erfolgt die Dimensionierung der Anlage.

Im vierten Teil wird das Marketingkonzept erstellt. Für die Erstellung wird zunächst die aktuelle Situation analysiert und ein Ziel formuliert. Darauf folgt eine Strategiefertigung und die Wahl der entsprechenden Instrumente zur Umsetzung.

2. Motorunterstützte Fahrräder

Bei dem Pilotvorhaben *PV-Store plus E-Bike* sind die Elektrofahräder die Hauptverbraucher. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Fahrräder mit Motorunterstützung beschrieben. Für die spätere Auslegung der Photovoltaikanlage wird auf die technischen Komponenten eingegangen.

2.1. Pedelecs und E-Bikes

Im Allgemeinen wird immer vom E-Bike, Elektrorad oder Elektrofahrrad gesprochen. Bei diesen Begriffen handelt es sich jedoch um eine spezielle Art des motorunterstützten Fahrrades. Im heutigen Sprachgebrauch haben sich diese Bezeichnungen jedoch als Oberbegriffe etabliert. Grundsätzlich werden Fahrräder mit Motorunterstützung in Pedelecs und E-Bikes unterteilt (Urlaub-Reise-News 2013).

Pedelec steht für *Pedal Electric Cycle*. Der Motor eines Pedelecs unterstützt die Tretleistung des Fahrers nur, wenn in die Pedalen getreten wird und ist auf 250 W begrenzt. Ist die Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h erreicht, schaltet sich der Motor automatisch aus. Durch diese Begrenzungen gilt das Pedelec in Deutschland und der gesamten EUROPÄISCHEN UNION als ein normales Fahrrad. Das heißt, es wird kein Führerschein oder Versicherung benötigt, noch ist ein Helm Pflicht (Elektrofahrrad 2013). Eine Ausnahme dieser Regelung gilt beim Pedelec mit Anfahr- oder Schiebehilfe. Bei diesen Pedelecs unterstützt der Motor die Tretleistung bis zu einer Geschwindigkeit von 6 km/h, ohne dass in die Pedalen getreten werden muss. Der Nachteil dieses Pedelecs ist, dass dafür ein Führerschein oder zumindest eine Mofa-Prüfbescheinigung benötigt wird (Pedelec-Portal 2012).

Als E-Bikes oder Elektrofahräder werden generell Fahrräder bezeichnet, die in Deutschland als Leichtmofa gelten. Da eine Geschwindigkeit bis zu 45 km/h möglich ist, wird beim E-Bike ein Führerschein vorausgesetzt. Es ist versicherungs- und zulassungspflichtig und es benötigt ein Verkehrskennzeichen (Pedelec-Portal 2012). Ein E-Bike hat eine Motorleistung von 500 W und fährt bis zu 20 km/h ohne Tretunterstützung (Grett, Neupert und Köstler 2011, 33).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Bezeichnungen E-Bike und Elektrofahrrad als Oberbegriffe verwendet.

2.2. Wirtschaftliche Entwicklung und Ausblick

Der Aufschwung des E-Bikes begann Anfang der neunziger Jahre. Der japanische Hersteller YAMAHA entwickelte das erste Pedelec, bei dem die Motorleistung und Muskelkraft im Verhältnis gleich sind. Das heißt, der Motor gibt nur Leistung ab, wenn in die Pedalen getreten wird. Damit erreichte das Unternehmen in Japan eine gesetzliche Gleichstellung des Pedelec mit einem herkömmlichen Fahrrad. Diese Gesetzgebung wurde zunächst von Deutschland und später von der EUROPÄISCHEN

UNION übernommen (Smolik, Bollschweiler und Ziese 2010). Der unkomplizierte Kauf und Betrieb ist der Hauptgrund, dass 90 % der verkauften E-Bikes Pedelecs sind (Grett, Neupert und Köstler 2011, 32).

Seit 2008 wächst der E-Bike Markt kontinuierlich an. Allein in Deutschland wurden 2012 rund 380.000 Elektrofahrräder verkauft. Das sind 15 % mehr als im Vorjahr. Der Aufwärtstrend liegt nicht zuletzt an den immer besser werdenden Batterie- und Antriebstechnologien (Zweirad-Industrie-Verband 2013). Auch die immer höheren Spritpreise und die zunehmende Sensibilität für das Klima und die Umwelt tragen ihren Teil zum Aufschwung der E-Bikes bei (Grett, Neupert und Köstler 2011, 21).

Der ZWEIRAD-INDUSTRIE-VERBAND E.V. (ZIV) erwartet bis 2018 einen jährlichen Absatz von 600.000 E-Bikes in der Bundesrepublik (Kolberg 2012). Im Hinblick auf die wachsende Nachfrage wird auch das Angebot an Herstellern immer größer. E-Bikes haben nahezu alle Fahrradhersteller im Angebot und auch die Automobilhersteller ziehen mit eigenen Produkten nach (Tamoschat 2012).

Das erklärte Ziel der Bundesregierung war, dass 1 Million Elektrofahrzeuge bis 2020 auf deutschen Straßen unterwegs sein sollen. Dieses Ziel wurde ohne jegliche staatliche Förderung von den E-Bikes bereits übertroffen. Anfang 2013 waren 1,3 Millionen Elektrofahrräder auf deutschen Straßen unterwegs (Zweirad-Industrie-Verband 2013).

2.3.Risiken

Mit der stetig wachsenden Zahl der Elektroräder steigen auch die damit verbundenen Verkehrsunfälle. In Baden Württemberg stieg im Jahr 2012 die Zahl der Unfälle, in denen E-Bikes involviert waren, auf 160. Im Vergleich zum Vorjahr ist das ein Anstieg von 78 %. Vor allem Autofahrer erkennen oft nicht, ob es sich bei dem auf sie zukommenden Fahrrad um ein E-Bike handelt und schätzen die Geschwindigkeit falsch ein. Laut dem AUTO CLUB EUROPA entstehen so die meisten Unfälle mit Elektrofahrrädern. Zunehmend sind auch Mängel an den E-Bikes Unfallursache (Schwaibold 2013).

Die STIFTUNG WARENTEST hat 2013 Pedelecs von 16 Herstellern getestet. Gemäß dem Test sind nur zwei bedenkenlos zu fahren. Gravierende Mängel, wie Lenker- oder Rahmenbruch sowie Versagen der Bremsen, gab es bei 9 der getesteten Elektrofahrräder (Warentest 2013). Allerdings wird der Test von Seiten der Hersteller als „Praxisfern“ bezeichnet und scharf kritisiert (Pardey 2013).

2.4.Technik

Das E-Bike unterscheidet sich vom herkömmlichen Fahrrad durch einen Elektromotor, der über einen Akkumulator (Akku) gespeist wird und der dazugehörigen Steuerungselektronik. Auch wenn die Käufer bei der Optik die Wahl haben, inwieweit das Fahrrad als E-Bike zu erkennen sein soll, die elektronischen Komponenten sind immer vorhanden (Grett, Neupert und Köstler 2011, 26).

2.4.1. Motorposition und Steuerungstechnik

Der Motor kann an drei Stellen angebracht werden, wobei jede Variante sowohl Vor- als auch Nachteile hat. Ist dieser im Vor- oder Hinterrad angebracht, so ist es ein Nabenmotor, sonst ein Mittelmotor (Donner 2010).

Die Abbildung 1 zeigt einen Nabenmotor im Vorderrad.



**Abbildung 1: Nabenmotor im Vorderrad,
Quelle: Donner (2010, 40)**

mit Gangschaltung als auch mit Rücktrittsbremse kombinierbar. Der große Nachteil ist, dass bei steilen Fahrten oder feuchtem Untergrund das Rad dazu neigt, durchzudrehen. Einem Heck- oder Mittelmotor passiert dies seltener (Grett, Neupert und Köstler 2011, 43).

In der nachfolgenden Abbildung 2 ist ein Nabenmotor im Hinterrad zu sehen. Zu erkennen ist, dass diese Variante nicht so dezent ist wie die vorherige. Zudem wird die komplizierte Verknüpfung des Motors und der Schaltung deutlich.



**Abbildung 2: Nabenmotor im Hinterrad,
Quelle: Donner (2010, 40)**

In dieser ist gut zu erkennen, dass der Motor bei dieser Variante recht unauffällig ist. Auch die Einfachheit des Aufbaus wird daraus deutlich.

Ein Nabenmotor im Vorderrad bewirkt, wenn der Akku hinten beim Gepäckträger angebracht ist, eine gute Gewichtsverteilung. Auch die Kräfte werden, durch die Motorkraft vorne und die Muskelkraft hinten, effektiv verteilt. Das Nachrüsten ist relativ einfach und es ist sowohl

Vor allem für das Fahren auf rutschigem Untergrund ist ein E-Bike mit einem Nabenmotor im Hinterrad sehr gut geeignet. Im Vergleich zum Vorderantrieb ist das Nachrüsten schwieriger und auch die Kombinationsmöglichkeiten sind geringer. Der Einbau einer Rücktrittsbremse ist beim Heckantrieb nicht möglich. Zusätzlich sollte vermieden werden, den Akku hinten anzubringen, da das Rad sonst zu hecklastig werden würde (Grett, Neupert und Köstler 2011, 44).

Um Vor- oder Hecklasten zu vermeiden, ist der Mittelmotor ideal (Grett, Neupert und Köstler 2011, 45).



Abbildung 3: Mittelmotor, Quelle: Donner (2010, 41)

Die nebendastehende Abbildung 3 zeigt eine typische Position, in der ein Mittelmotor angebracht wird. Wie zu sehen ist, ist diese im Vergleich zu den beiden vorherigen Varianten am auffälligsten.

Der niedrige Schwerpunkt sorgt bei den Fahrerinnen und Fahrern für ein sicheres Fahrgefühl. Das Nachrüsten gestaltet sich, je nach Hersteller, unterschiedlich schwierig. Wichtig bei einem Elektrofahrrad mit Mittelmotor ist, dass der Rahmen den besonderen Anforderungen dieser Motorposition standhält. Das bedeutet, die gesamte Rahmenkonstruktion muss extra für diese Motortypen gefertigt sein. Ein

herkömmlicher Fahrradrahmen würde bei der hohen Belastung schnell brechen (Grett, Neupert und Köstler 2011, 45).

Bei der Steuerungselektronik wird strikt zwischen E-Bikes und Pedelecs unterschieden. Wie in Kapitel 2.1. beschrieben, gilt ein E-Bike als Leichtmofa. Das bedeutet, dass die Leistung des Motors vom Fahrer nach Bedarf geregelt wird. Bei den Pedelecs jedoch steuern Bewegungssensoren die Motorleistung. Der Sensor erfasst, dass Kraft auf die Pedale ausgeübt wird und gibt dem Akku das Signal, den Motor mit Strom zu versorgen (Grett, Neupert und Köstler 2011, 68).

2.4.2. Akkumulator

Das Herzstück der E-Bikes und somit das teuerste Einzelteil ist der Akku (Grett, Neupert und Köstler 2011, 53). In den Anfangsstadien waren die Akkus in vielerlei Hinsicht problematisch. Batterien, die auf Blei basierten, sind nicht nur sehr schwer, auch die Umweltbelastung durch sie ist nicht zu vernachlässigen. In der EU-Verordnung 2008 wurde Cadmium aufgrund seiner toxischen Wirkung gegenüber Mensch und Umwelt in Neuprodukten verboten. Aus diesem Grund werden Nickel-Cadmium-Akkus nicht mehr in der EUROPÄISCHEN UNION eingesetzt. Ein zusätzlicher Nachteil dieser Akkus ist der ungünstige Memory-Effekt. Aus diesen Gründen wurde das Cadmium durch Metallhydrid ersetzt. Der Nickel-Metallhydrid-Akku hat eine geringere Umweltbelastung und keinen Memory-Effekt. Dem gegenüber stehen die hohe Selbstentladung und die geringere Lebensdauer (Smolik, Bollschweiler und Ziese 2010, 60).

Den Durchbruch in der Speichertechnologie gelang 1991 dem japanischen Elektrohersteller SONY, der als erstes Unternehmen Lithium-Ionen-Akkus serienmäßig herausbrachte (Smolik, Bollschweiler und Ziese 2010, 63). Circa 20 Jahre später sind Lithium-Ionen-Akkus (Li-Ion-Akku), trotz ihres relativ

hohen Anschaffungspreises, die am weitesten verbreiteten Akkutypen. Die Überlegenheit gegenüber anderen Speichertechnologien zeigt sich in vielen Eigenschaften der Li-Ion-Akkus. Sie haben eine vergleichsweise hohe Betriebsspannung und dementsprechend ein leichtes Gewicht, keinen Memory-Effekt, eine geringe bis keine Selbstentladung und zudem einen Wirkungsgrad von bis zu 96 % (Riegle 2009, 12). Der Li-Ion-Akku wird fortlaufend weiter entwickelt. Zu den Nachfolgern gehören unter anderem die Verbindungen Lithium-Polymer, Lithium-Mangan und Lithium-Eisen-Phosphat (Smolik, Bollschweiler und Ziese 2010, 64). Seit dem Jahr 2012 sind Lithium-Chemie-Akkus Standard bei Elektrofahrrädern (Elektrofahrrad 2013).

Da die Speicher auf Lithium Basis noch relativ jung sind, sind Recyclingsysteme noch im Aufbau. Ende 2010 hat der ZWEIRAD-INDUSTRIE-VERBAND mit der STIFTUNG GEMEINSAMES RÜCKNAHMESYSTEM (GRS) ein System etabliert, dem sich auch die Hersteller angeschlossen haben. Das System sieht vor, dass Akkus typunabhängig und unentgeltlich an die entsprechenden Unternehmen zurückgegeben werden können (Juric 2010). Das Recycling von Lithium Akkus lohnt sich nur begrenzt. Denn das als Grundstoff verwendete Leichtmetall kommt in der Erdkruste relativ oft vor, häufiger als Blei oder Zinn. Die Problematik liegt jedoch im Abbau, da Lithiumminerale oft fein verteilt sind (Merkel 2010). Trotz der Schwierigkeiten beim Abbau von Lithium sind die Recyclingprozesse mehr darauf ausgelegt, seltenere Stoffe wie Kobalt zurückzugewinnen (BMU 2012).

Ein besonderes Recyclingkonzept kommt vom Schweriner Kommunalversorger WEMAG AG und Partnern. Sie sind dazu übergegangen, E-Bikes Akkus, die nicht mehr die garantierte Leistung erbringen, als Hausstromspeicher zu nutzen (WEMAG 2013). Im Kapitel 4.2. wird ausführlich auf dieses Konzept eingegangen.

2.5.Reichweite und Ladedauer

Als Stromquelle für den Elektromotor ist der Akku maßgeblich für die Leistung des E-Bikes zuständig. Ist der Akku leer, so wird das Fahren wegen des zusätzlichen Gewichts von Motor und Akku mühsamer (Pedelec-Portal 2012).

Aus diesem Grund geht bei der Auslegung der Photovoltaikanlage die Reichweite des Akkus signifikant in die Berechnung ein. Die Strecke, die zurückgelegt werden kann, ist theoretisch von der Leistung des Akkus abhängig. In der Praxis sind indes andere Einflussfaktoren entscheidend, zum Beispiel der Unterstützungsgrad des Akkus, das Körpergewicht des Fahrers und das Geländeprofil. Dazu kommen noch kleinere Einflüsse wie Geschwindigkeit, Reifendruck und Windeinfluss dazukommen. Infolgedessen sind die von Herstellern angegebenen Reichweiten allenfalls als Richtwerte zu nehmen (Smolik, Bollschweiler und Ziese 2010, 75). Aus diesem Grund wird in den meisten Quellen die Reichweite in einer Spanne angegeben.

Auf der Internetseite PEDELEC-PORTAL.NET wird davon ausgegangen, dass eine Akkuladung 30-100 km hält (Pedelec-Portal 2012).

Im *Leitfaden Elektrofahrräder*, das vom OBERÖSTERREICHISCHEN ENERGIESPARVERBAND herausgegeben wurde, wird die Reichweite auf durchschnittlich 40-60 km angegeben (Energiesparverband 2009).

Die angegebenen Reichweiten unterscheiden sich in diesen beiden Quellen erheblich. Bei der minimal zu erreichenden Strecke liegt die Differenz bei 10 km und bei der höchstmöglichen Reichweite bei 40 km. Aus den Quellen ist außerdem nicht ersichtlich, wie diese Werte zustande gekommen sind.

Damit die benutzten Werte für die Auslegung repräsentativ und nachvollziehbar sind, werden als Berechnungsgrundlage die Prüfergebnisse der im Juni 2013 erschienenen Ausgabe des *Stiftung Warentest Magazins* verwendet. STIFTUNG WARENTEST und der ADAC haben in einem Gemeinschaftstest 16 Pedelects getestet. Die Akkus wurden auf ihre Reichweite und Ladedauer geprüft. Die Tests wurden von sieben Radlern durchgeführt. Von den 16 Akkus konnte einer nicht geladen werden, was dazu führte, dass dieser nicht geprüft wurde. Bei der Untersuchung der Reichweite wurden zwei Streckenprofile mit unterschiedlicher Motorunterstützung befahren. Bis zum Abschalten wurde die Ladedauer gemessen (Warentest 2013).

In der Tabelle 1 werden die Hersteller der geprüften Akkus aufgeführt. Es wurden sechs Akkus von BOSCH, drei von DERBY CYCLE, zwei von TRANZX und jeweils einer von BIKETEC AG, HI-ENERGY, KETTLER und ZHEN LONG getestet.

In der Tabelle 1 werden die Arbeit und die Energie pro Kilometer ermittelt. Aus der vom Hersteller angegebenen Spannung und Kapazität wird entsprechend die Energie berechnet.

Formel 1

$$\text{Energie in Wh} = \text{Spannung in V} \cdot \text{Kapazität in Ah}$$

Um herauszubekommen, wie viel Leistung pro Kilometer benötigt wird, muss die errechnete Leistung mit den gefahrenen Kilometern ins Verhältnis gesetzt werden.

Formel 2

$$\text{Energie pro Kilometer} = \frac{\text{Energie in Wh}}{\text{Reichweite in km}}$$

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Ergebnisse. In der letzten Zeile sind die arithmetischen Mittelwerte angegeben.

Tabelle 1: Ermittlung der Arbeit und Energie, Quelle: Warentest (2013)

Akku Hersteller	Spannung in V	Kapazität in Ah	Reichweite in km	Energie in Wh	Wh pro km
BIKETEC AG	36	12	70	432	6,2
BOSCH	36	8	55	288	5,2
BOSCH	36	8	50	288	5,8
BOSCH	36	11	60	396	6,6
BOSCH	36	11	70	396	5,7
BOSCH	36	11	55	396	7,2
BOSCH	36	11	70	396	5,7
DERBY CYCLE	36	11	75	396	5,3
DERBY CYCLE	36	11	80	396	5,0
DERBY CYCLE	36	12	45	432	9,6
HI-ENERGY	26	5	25	130	5,2
KETTLER	36	13	60	468	7,8
TRANZX	36	11	50	396	7,9
TRANZX	36	13	50	468	9,4
ZHEN LONG	37	11	40	407	10,2
Arithmetischer Mittelwert	-	-	57	379	6,6

Das ergibt eine durchschnittliche Reichweite von 57 km. Die Reichweite wird auch von Frau PROF. DR. MONIKA ECHTERMAYER, der Geschäftsführerin des MOVELO Verleihs im Allgäu, bestätigt. Sie gab eine durchschnittliche Reichweite von 60 km an (Echtermeyer 2013).

Bei der Ermittlung einer durchschnittlichen Ladedauer werden zunächst die von Stiftung Warentest gemessenen Zeiten bewertet.

Für die Auslegung der Photovoltaikanlage ist es nicht nur sehr wichtig zu wissen, wie lange ein Akku bis zur seiner vollständigen Aufladung braucht, auch wie viel Leistung pro Stunde geladen werden kann, ist unverzichtbar.

Formel 3

$$W \text{ pro Stunde} = \frac{\text{Ladedauer in Stunden}}{\text{Energie in Wh}}$$

Die folgenden Tabelle 2 zeigt die Ladedauer und die geladene Leistung pro Stunde. In der letzten Zeile sind die entsprechenden arithmetischen Mittelwerte aufgeführt.

Tabelle 2: Ermittlung der Ladedauer, Quelle: Warentest (2013)

Akku Hersteller	Ladedauer in Stunden	Energie in Wh	W pro Stunde
BIKETEC AG	3,75	432	115,20
BOSCH	2,50	288	115,20
BOSCH	2,50	288	115,20
BOSCH	3,33	396	118,80
BOSCH	3,17	396	125,05
BOSCH	3,20	396	123,75
BOSCH	3,33	396	118,80
DERBY CYCLE	4,67	396	84,86
DERBY CYCLE	4,50	396	88,00
DERBY CYCLE	7,83	432	55,15
HI-ENERGY	3,00	130	43,33
KETTLER	4,17	468	112,32
TRANZX	11,17	396	35,46
TRANZX	12,00	468	39,00
ZHENLONG	4,33	407	93,92
Arithmetisches Mittelwert	4,90	379	77,40

Im Test wurden komplett entladene Akkus aufgeladen. Die durchschnittliche Ladezeit beträgt laut dem Test 4,9 Stunden. In der Praxis werden die Akkus selten komplett entladen, die Radfahrerinnen und Radfahrer tauschen die Akkus, bevor diese leer sind.

Aus diesem Grund wird vom Erfahrungswert von Frau ECHTERMEYER ausgegangen. Ihrer Aussage nach, werden die Akkus mit einer durchschnittlichen Restladung von ca. 20–30 % zurückgegeben, das Aufladen dauert ca. 3-4 Stunden, je nach tatsächlicher Restladung (Echtermeyer 2013).

Für die Auslegung der Inselanlage im Kapitel 4.3. wird daher von 3,5 Stunden Ladezeit ausgegangen.

3. Tourismus und Photovoltaikanlage im Allgäu

In diesem Kapitel wird zunächst auf den E-Bikes-Tourismus und anschließend speziell auf den im Allgäu eingegangen. Im dritten Teil wird das E-Bike Aufkommen für die Auslegung der Photovoltaikanlage an den möglichen Standorten untersucht.

3.1.E-Bike-Tourismus

Der Tourismus im Allgäu steigt seit Jahren an. Die Region punktet mit ihrer Vielseitigkeit und Qualität (Zehnpfennig 2013). Auch der Fahrradtourismus und insbesondere der E-Bike-Tourismus sind von diesem Trend betroffen (Grett, Neupert und Köstler 2011, 120).

Das Reisen mit einem E-Bike wird auch als sanfter Tourismus bezeichnet (Elektrofahrrad 2013). Nachhaltig ist der E-Bike-Tourismus aber nur, wenn die verwendete Energie aus regenerativen Quellen stammt. Das Ziel des *PV-Store Plus E-Bike* Projektes ist es, aus diesem Grund auch die Nachhaltigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten. Darüber hinaus wird betrachtet, wie nachhaltig das Gesamtkonzept des E-Bike-Tourismus ist. Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, werden die drei Aspekte Ökologie, Wirtschaft und Soziales untersucht. Nur wenn diese drei Faktoren im Einklang sind, gilt das Konzept als nachhaltig (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 245).

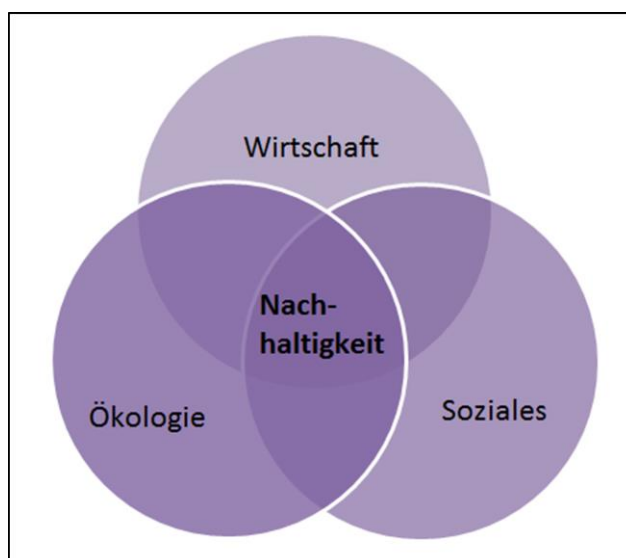


Abbildung 4: Nachhaltigkeit, Quelle: eigene Darstellung aus Freericks, Hartmann und Stecker (2010, 245)

Der Aspekt der Ökologie ist nur dann erfüllt, wenn der Eingriff ins Ökosystem so gering wie möglich ist. Zusätzlich sollten auch Eingriffe, dessen Auswirkungen das Ökosystem beeinflussen, vermieden oder möglichst klein gehalten werden (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 247).

Gerade für das sensible Ökosystem der Alpen und damit des Allgäus sollte der ökologische Faktor immer vorrangig bedacht werden (Stankiewicz 2012, 191).

Der wirtschaftliche Effekt ist vielfältig. Der Tourismus fördert die wirtschaftliche Entwicklung der Region, besonders die Gewerbe der Gastronomie, der Hotels und des Einzelhandels. Dies schafft auch mehr Arbeitsplätze und einen höheren Lebensstandard (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 254).

Der dritte zu berücksichtigende Aspekt ist der Soziale. Die sozialen Werte, wie eine gerechte Verteilung, sind da besonders wichtig. Das bezieht sich vor allem auf die Lebensqualität. Demnach

sollen Einheimische keine Nachteile vom Tourismus haben. Auch sind stabile soziale und kulturelle Strukturen wichtig (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 251).

Die Tendenz geht immer mehr zu nachhaltigen und gesundheitsorientierten Angeboten. Damit reagieren die Regionen nicht nur auf den aktuellen Trend, sondern auch auf den fortschreitenden demografischen Wandel (Schulte 2012). Bundesweit haben die touristischen Gebiete das Potenzial erkannt. Ob im Sauerland (Sauerland-Tourismus 2013), Schwarzwald (Schwarzwald-Tourismus 2013) oder dem Münsterland (Münsterland-Tourismus 2013), überall gibt es Verleihstationen für E-Bikes. Diese Regionen haben flächendeckende Netzwerke aus Akku Ladestationen und Akku Wechselstationen etabliert. Einige Orte schließen sich auch zu E-Bike Regionen zusammen (Kolberg 2012).

3.2.E-Bikes im Allgäu

Das Allgäu hat ein ausgebautes Netz aus Verleih-, Lade- und Wechselstationen (Rolfmeier 2012). MOVELO ist der europäische Marktführer im Bereich des Verleihs von Elektrorädern und der Hauptanbieter im Allgäu. Das Unternehmen ist in vier Ländern vertreten. Hauptsächlich in Deutschland und Österreich, aber auch in Norditalien und auf der spanischen Insel Mallorca. Insgesamt stellt MOVELO Tausende Elektrofahrräder zur Verfügung und betreibt Hunderte Verleih-, Lade- und Wechselstationen (Grett, Neupert und Köstler 2011, 124). Verliehen werden ausschließlich Elektrofahrräder der Marke SWISS-FLYER (Movelos 2013, 3).

Das E-Bike Netz der Allgäu Region ist auf der folgenden Abbildung 5 zu erkennen.



Abbildung 5: MOVELO Region im Allgäu, Quelle: Moveolo (2013, 3)

Auf der Karte ist gut zu erkennen, dass das Geflecht aus Verleih- und Wechselstationen relativ dicht ist. Die Stationen von anderen Anbietern sind in dieser Karte nicht verzeichnet.

Laut Frau PROF. DR. MONIKA ECHTERMEYER betragen die Abstände der Wechselstationen Ende 2013 bereits weniger als 5 km (Echtermeyer 2013).

In Abbildung 5 sind keine Ladestationen eingezeichnet. Das liegt daran, dass leere Akkus durch volle an Wechselstationen getauscht werden. Das Tauschkonzept der E-Bike-Akkus ist etabliert im Allgäu. Das hat den Vorteil, dass die Urlauber nicht Stunden warten müssen, bis ihr Akku aufgeladen ist.

Die Akkus werden zu ca. 70 % mit regenerativen Energien geladen. Die restlichen 30 % mit dem konventionellen deutschen Strom Mix (Echtermeyer 2013). Der E-Bike Verleih wird von März bis Oktober betrieben (Moveloo 2013, 23).

3.3.E-Bike Aufkommen bei der geplanten Photovoltaikanlage

Die geplante Inselanlage soll bei einer Wechselstation betrieben werden. Wie im Kapitel 2. erläutert, sind die E-Bikes die Verbraucher der Photovoltaikanlage. Aus diesem Grund soll das Elektrorad Aufkommen ermittelt werden.

Laut Frau PROF. DR. MONIKA ECHTERMAYER ist eine Vorhersage über das touristische Aufkommen auf den einzelnen Strecken schwierig zu treffen (Echtermeyer 2013). Folglich werden in dieser Arbeit die möglichen Standorte der Photovoltaikanlage und das mögliche touristische Aufkommen untersucht.

Südlich von Oberdorf erstreckt sich das Rappental, in diesem Tal stehen drei Hütten zur Auswahl, die als Standort für die Photovoltaikanlage in Frage kommen würden.

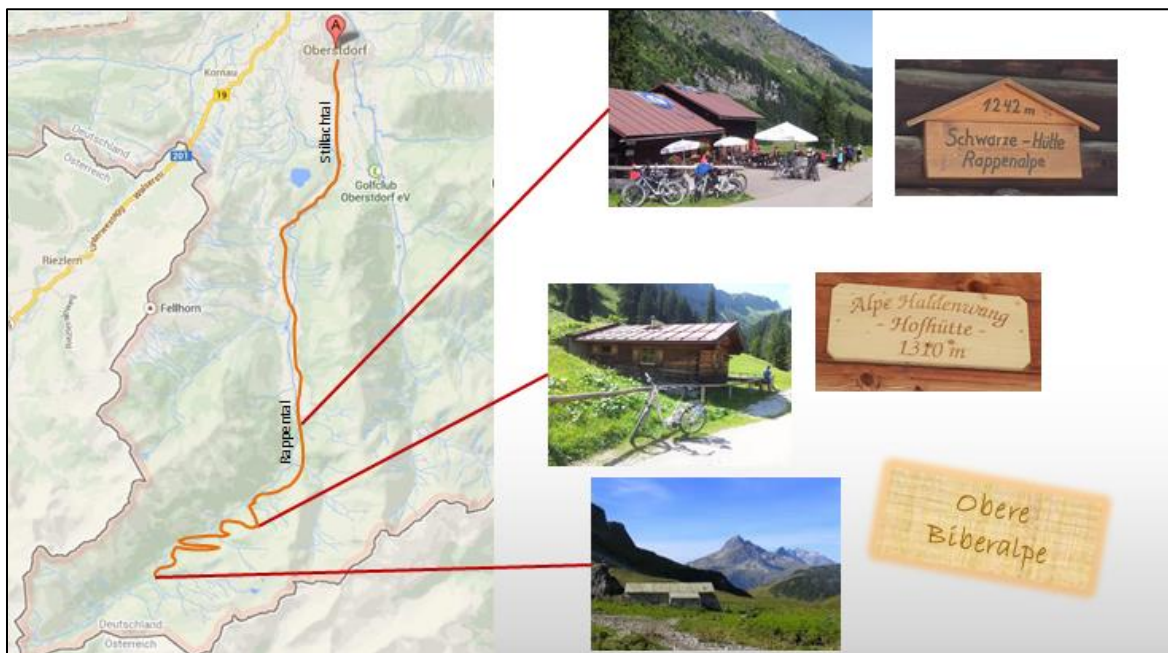


Abbildung 6: Mögliche Standorte für die Photovoltaikanlage, Quelle: B.A.U.M. (2013)

Auf der Abbildung 6 sind rechts die drei zur Auswahl stehenden Hütten zu sehen. Links ist die Landkarte, auf der die jeweiligen Standorte markiert sind (B.A.U.M. 2013). Während des Erstellens dieser Arbeit ist die Entscheidung, bei welcher Hütte die Anlage aufgebaut werden soll, nicht gefallen. Aus diesem Grund werden alle drei Lagen der Standorte untersucht.

Zu ermitteln gilt, wie sich das touristische Aufkommen in den jeweiligen Hütten unterscheidet. Zu diesem Zweck wird untersucht, welche etablierten Tourstrecken an diesen Hütten vorbeiführen.

Außerdem werden Wechselstationen in der jeweiligen Umgebung aufgeführt. Durch diese beiden Untersuchungen kann eingeschätzt werden, ob die Aufkommen hoch, mittel oder niedrig sind. Zur Veranschaulichung der Analyse wird die *google maps* Funktion des Unternehmens GOOGLE INC. genutzt.

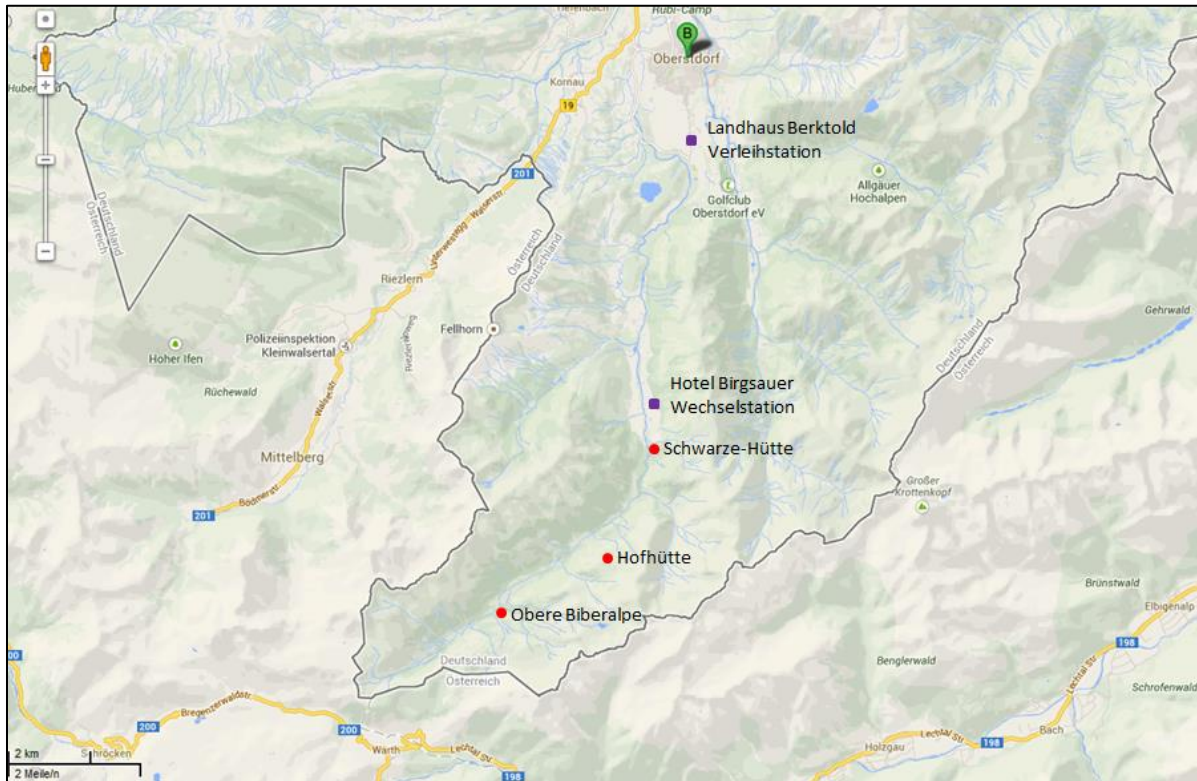


Abbildung 7: Das Rappental, Quelle: Google (2013)

In der Abbildung 7 ist ein Kartenausschnitt des südlichen Allgäus zu sehen. Die roten Punkte markieren die drei möglichen Standorte für die Inselanlagen. Die violetten Quadrate sind Wechsel bzw. Verleihstationen.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Entfernungen der Hütten zu Oberstdorf, dem Landhaus Bertold und dem Hotel Birgsauer abzulesen.

Tabelle 3: Entfernungen der möglichen Standorte

	Schwarze-Hütte	Hofhütte	Obere Biberalpe
Oberstdorf	8,1 km	11,9 km	16,8 km
Landhaus Bertold	5,9 km	9,7 km	14,6 km
Hotel Birgsauer	1,0 km	4,8 km	9,7 km

Alleine mit der Distanz der Stationen zueinander lässt sich noch keine gültige Aussage über das mögliche Besucheraufkommen machen.

Laut der *ADFC-Radreiseanalyse 2013* vom ALLGEMEINEN DEUTSCHEN FAHRRAD-CLUB (ADFC) ist der Radreiseführer vor dem Radurlaub das am dritthäufigsten genutzte Medium. Am häufigsten wird das

Internet benutzt, an zweiter Stelle die Landkarte und an vierter Stelle die Touristeninformation (Jennert und Froitzheim 2013, 9). Während des Radurlaubs hingegen wird die Landkarte am häufigsten benutzt. An zweiter und dritter Stelle sind die Touristeninformation und der Radreiseführer. An vierter Stelle werden Informationen vom Gastgeber verwendet (Jennert und Froitzheim 2013, 10).

Da eine Untersuchung der Internet Aktivitäten von Radreisenden schwer zu machen ist, werden an dieser Stelle die vorgeschlagenen Routen von verschiedenen Reiseführern untersucht. Die ALLGÄU GMBH hat für die Saison 2013 ein Serviceheft für Kunden herausgebracht. In diesem werden verschiedene Touren empfohlen. Alle Touren in diesem Heft sind nördlich von Oberstdorf (Füssen 2013). TOURISMUS OBERSTDORF hingegen hat auch eine Route in ihren Empfehlungen, die südlich von Oberstdorf verläuft. Die Route verläuft bis zum Hotel Birgsauer, wo der Wendepunkt ist (Oberstdorf-Tourismus 2013).

Die möglichen Standorte für die geplante Inselanlage liegen keine 10 km von dem Wendepunkt entfernt (vgl. Tabelle 2). Theoretisch ist also die Verschiebung des Wendepunktes dieser Route im Bereich des Möglichen. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit wird von der Hofhütte ausgegangen. Diese ist 11,9 km von Oberstdorf und 4,8 km vom Hotel Birgsauer wo der letzte Wendepunkt dieser Strecke ist, entfernt. Da ein Akku durchschnittlich 60 km hält (vgl. Kapitel 2.5.), ist eine Routen Verlängerung bis zur Hoffhütte im Bereich des Möglichen. So könnte das Besucheraufkommen steigen. Die Bereitschaft des Akkuwechsels ist abhängig von der im Vorfeld gefahrenen Strecke.

Die Auslegung, wieviel Akkus vorhanden sein sollen, ist von vielen Faktoren abhängig:

- von der im Vorfeld gefahrenen Strecke
- der Anzahl und der Frequentierung, der vorbeiführenden etablierten Routen
- der Restkapazität der Akkus
- wie und wo über die neuen Lademöglichkeiten informiert wird

Insgesamt ist daher nicht möglich, eine genaue Aussage darüber zu treffen, wie gut die Station angenommen werden wird.

Angesichts der vielen offenen Fragen wird auf die Einschätzung von Frau PROF. DR. ECHTERMEYER, die sie auf Grund ihrer Erfahrung mit dem Betrieb von zahlreichen E-Bike Stationen gemacht hat, zurückgegriffen. Ihrer Aussage nach werden, in Abhängigkeit vom E-Bike Aufkommen, meistens 5 Wechsel-Akkus vorrätig gehalten. Mit Hinblick auf die derzeit noch nicht zu beantwortenden Auslegungs-Faktoren wird dieser Erfahrungswert als Grundlage für die Auslegung genommen.

4. Auslegung der Photovoltaik-Inselanlage

Für die Auslegung einer solaren Inselanlage werden zunächst die benötigten technischen Komponenten erläutert. Anschließend wird auf das Konzept der Photovoltaik-Inselanlage und auf den vorgesehenen Stromspeicher eingegangen. Im dritten Teil des Kapitels wird die Photovoltaik Inselanlage entsprechend der angenommenen Randbedingungen dimensioniert.

4.1. Photovoltaik-Inselsysteme

Eine Photovoltaikanlage setzt sich aus mehreren Elementen zusammen. Im Solarmodul wird das Sonnenlicht in elektrische Energie umgewandelt. Zusätzlich ist immer ein Wechselrichter eingebaut, der den Gleichstrom von dem Solarmodul in nutzbaren Wechselstrom umwandelt (Mertens 2013, 29). Allgemein wird zwischen netzgekoppeltem System und Inselsystem unterschieden. Am weitesten verbreitet ist das netzgekoppelte System. Dabei wird der von der Photovoltaikanlage erzeugte Strom über den Wechselrichter ins Stromnetz gespeist. Bei dem Inselsystem hingegen sind ein Laderegler und eine oder mehrere Stromspeicher zusätzlich angeschlossen. Der im Modul erzeugte Strom wird überwiegend direkt verbraucht, wobei ein Teil gespeichert wird. Der gespeicherte Strom steht dann in der Nacht oder bei regenreichem Wetter zur Verfügung. Um den Stromspeicher vor Über- oder Tiefenendladung zu schützen, ist immer ein Laderegler eingebaut (Quaschnig 2010, 112).

In der folgenden Abbildung 8 wird der theoretische Aufbau einer Photovoltaik-Insulanlage.

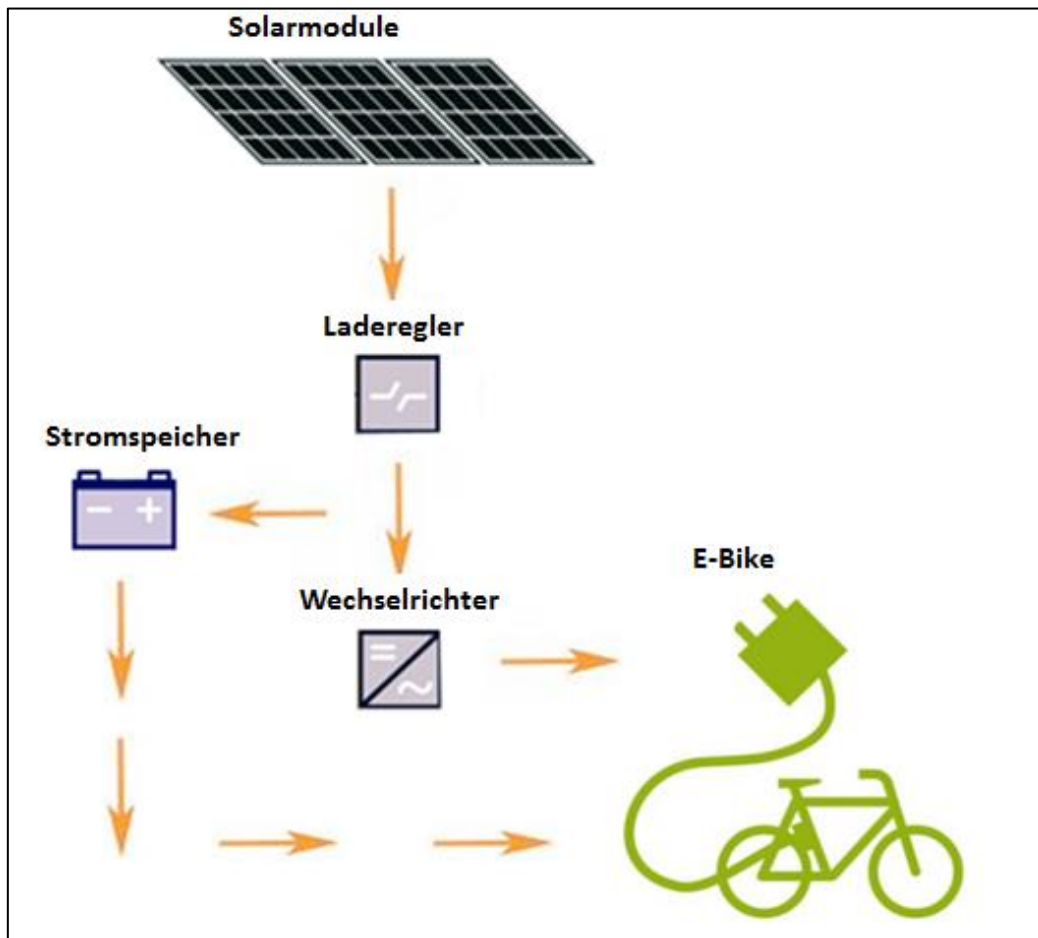


Abbildung 8: Funktionsweise der Insulanlage, Quelle: fotovoltaikanlage.net (2013) und kreiswarendorf.de (2013)

In Abbildung 8 ist das Prinzip der Insulanlage zu sehen. Im Normalbetrieb wird der erzeugte Strom direkt verbraucht und bei Bedarf der Stromspeicher geladen. Das E-Bike ist als Verbraucher dargestellt. Bei bewölktem oder regnerischem Wetter werden alle Stromverbraucher vom Stromspeicher gespeist.

Autarke PV-Inselsysteme sind vor allem in Gegenden, wo kein Netzanschluss vorhanden ist und der Stromverbrauch vergleichsweise gering ist, weit verbreitet. Viele Berghütten in der Alpenregion haben bereits installierte PV-Inselsysteme (Mertens 2013, 203).

4.2. Stromspeicher

Der Stromspeicher ist ein wichtiges Element der Insulanlage. Unter den verschiedenen Speicher-Typen ist der Blei-Speicher am weitesten verbreitet. Das liegt hauptsächlich am vergleichsweise niedrigen Preis (Mertens 2013, 203). Aber wie schon in Kapitel 2.4.2. erörtert, sind die Lithium-Ionen-Speicher bzw. Lithium-Chemie-Speicher die effektivste Alternative. Das haben auch Hersteller

erkannt. Der Markt ist in Bewegung. Immer mehr Hersteller setzen auf Li-Ion-Speicher, was zur Senkung der Preise führt (Jansa 2013).

Für das *AlpStore* Projekt wird der *ReeVOLT* Speicher von der Firma WEMAG AG verwendet (vgl. Kapitel 2.4.2.). Dabei handelt es sich um recycelte E-Bike Akkus. Die Akkus stammen aus der E-Bike-Mietflotte des Herstellers SWISS-FLYER. Wie im Kapitel 2.4.2. dargelegt, werden diese auch von MOVELO im Allgäu verwendet. Die Akkus werden nach zwei Jahren im Verleihprogramm aussortiert, da ab dieser Zeit der Hersteller keine 100 %-Leistung garantieren kann. Die Restkapazität beträgt dann noch ca. 80 %. Die aussortierten Lithium-Mangan-Akkus von PANASONIC stehen in großen Mengen zur Verfügung, das macht das Konzept sehr ressourcenschonend (WEMAG 2013).



Abbildung 9: ReeVOLT Stromspeicher, Quelle: WEMAG (2013)

Der *ReeVOLT* Stromspeicher besteht aus 16 ehemaligen E-Bike-Akkus von PANASONIC. Die Akkus sind in einem Schrank eingebaut, lassen sich aber bei Bedarf ohne Schwierigkeiten rausnehmen oder austauschen (Siehe REEVOLT Datenblatt im Anhang) (Gille 2013).

4.3. Auslegung der Anlagengröße

Die Auslegung der Photovoltaik-Inselanlage erfolgt nach dem Buch: *Photovoltaik, Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen* von HEINRICH HÄBERLING.

Es wurde ein Excel-Tool erstellt, mit dem die Auslegung erfolgt ist. Alle Parameter im Tool sind änderbar und können somit an neue Gegebenheiten angepasst werden (siehe Anhang).

4.3.1. Verbraucher

Aus dem Kapitel 2.2. wird ersichtlich, dass 90 % der E-Bikes eine Leistung von 250 W haben.

Da aber die Spannungen und Kapazitäten unterschiedlich sind, haben die Akkus der E-Bikes auch unterschiedliche Leistung. Aus diesem Grund wird mit einem Mittelwert von 77,4 W gerechnet (vgl. Kapitel 2.5. Tabelle 2).

Im Kapitel 3.3. wird die Anzahl der E-Bike-Akkus ermittelt. Zusätzlich zu den 5 E-Bike-Akkus wird von drei Lampen mit einer Leistung von jeweils 11 W ausgegangen, um die Anlage, falls nötig, beleuchten zu können.

Die benötigte Energie der jeweiligen Verbraucher (E) wird aus der Leistung (P) und der Zeit (t) errechnet.

Formel 4

$$E = P \cdot t$$

Die gesamte pro Tag benötigte Energie (E_V), ergibt sich aus der Summe der von den Verbrauchern benötigten Energien.

Formel 5

$$E_V = \sum_{i=1}^n E$$

In der Tabelle 4 sind die vorgesehenen Verbraucher aufgeführt und die Energien, die sie verbrauchen.

Tabelle 4: Verbraucher

Verbraucher	P in W	t in h	E in Wh/d
Laderegler	0,5	24	12
Lampen	11	2	22
Lampen	11	2	22
Lampen	11	2	22
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E_V			1432,5

Aus der Tabelle 4 ergeben sich 1432,5 Wh pro Tag für die vorgesehenen Verbraucher.

4.3.2. Kapazität des Stromspeichers

Um die benötigte Kapazität des Stromspeichers zu ermitteln, werden zunächst Daten des Stromspeichers und die des vorgesehenen Moduls erfasst.

Aus dem Datenblatt vom *ReeVOLT* Stromspeicher geht ein Wirkungsgrad von 90 % hervor (WEMAG 2013). Die Zyklentiefe ist nicht im Datenblatt vorhanden, aber auf Nachfrage bei der WEMAG hin, wurde ein Wert von 90 % angenommen (WEMAG 2013). Die Systemspannung von 26 Volt und der Modulstrom von 7,96 Ampere sind dem Datenblatt des Moduls von SOLAR WORLD zu entnehmen (SolarWorld 2012). Die Anlage wird so ausgelegt, dass der PV-Speicher 2 Tage ohne Sonneneinstrahlung den Strombedarf decken kann (Müller 2013). Da die Benutzung der Anlage für 7 Tage in der Woche ausgelegt werden soll, wird eine Häufigkeit von 1 angenommen.

Tabelle 5: Auslegungsparameter für den PV-Stromspeicher

Bezeichnung	Formelzeichen	Betrag	Einheit
Systemspannung	U_S	26	V
Zyklentiefe	t_z	90	%
Wirkungsgrad	η_{Ah}	90	%
Tage die der Akku hält	n_A	2	Tage (d)
Häufigkeit der Benutzung von Verbraucher E_V ($0 \leq h_B \leq 1$, auf die Wochentage bezogen)	h_B	1,00	-
Modulstrom	I_{Mo}	7,96	A

Zunächst wird der durchschnittliche tägliche Energieverbrauch (E_D) wie folgt berechnet:

Formel 6

$$E_D = h_B \cdot E_V$$

$$E_D = 1 \cdot 1432,5 \frac{\text{Wh}}{\text{d}} = \underline{\underline{1432,5 \frac{\text{Wh}}{\text{d}}}}$$

Der tägliche durchschnittliche Energieverbrauch wird durch die Systemspannung (U_S) dividiert, so wird der tägliche Ladeverbrauch (Q_D) erhält.

Formel 7

$$Q_D = \frac{E_D}{U_S}$$

$$Q_D = \frac{1432,5 \frac{\text{Wh}}{\text{d}}}{26 \text{ V}} = \underline{\underline{55,10 \frac{\text{Ah}}{\text{d}}}}$$

Aus den ermittelten Daten wird die benötigte Kapazität des Stromspeichers berechnet. Nachfolgend wird die nutzbare Speicherkapazität (K_N) ermittelt.

Aufgrund des Energiesatzes gilt:

Formel 8

$$U_S \cdot K_N = n_A \cdot E_V$$

Dieser wird nach K_N aufgelöst:

Formel 9

$$K_N = \frac{n_A \cdot E_V}{U_S}$$

$$K_N = \frac{2 \cdot 1432,5 \text{ Wh/d}}{26 \text{ V}} = \underline{\underline{110,20 \text{ Ah}}}$$

Damit ergibt sich eine nutzbare Kapazität von 110,20 Ah.

Für die Berechnung der minimal erforderlichen Kapazität (K) wird die Endladung bis zur Zyklentiefe t_z begrenzt.

Formel 10

$$K = \frac{n_A \cdot (E_V + E_0)}{U_S \cdot t_z}$$

$$K = \frac{2 \cdot 1432,5 \text{ Wh/d}}{26 \text{ V} \cdot 0,9} = \underline{\underline{122,44 \text{ Ah}}}$$

Es ergibt sich, dass der Stromspeicher immer eine minimale Kapazität von 122,44 Ah haben muss.

Um die Ladungsbilanz des Speichers im Gleichgewicht zu halten, muss dem Speicher täglich eine Ladung Q_L zugefügt werden.

Formel 11

$$Q_L = \frac{Q_D}{\eta_{Ah}}$$

$$Q_L = \frac{55,10 \frac{Ah}{d}}{0,9} = \underline{61,22 \frac{Ah}{d}}$$

Demnach sollten der Stromspeicher täglich mit 61,22 Ah geladen werden.

4.3.3. Anzahl der Module

Für die Berechnung des PV-Generators und damit der Größe der Photovoltaikanlage, werden in der nachfolgenden Tabelle 6 zusätzliche Parameter eingeführt.

Tabelle 6: Auslegungsparameter

Bezeichnung	Formelzeichen	Einheit
Einstrahlung der Globalstrahlung	H	kWh/m ²
Globalstrahlungsfaktor	R(β , γ)	-
Generator-Korrekturfaktor	k _G	-

Als Bezugsort wird die ca. 50 km entfernte Stadt München gewählt, für die es aufgrund jahrelanger Messungen solide Werte gibt. Es gibt jedoch je nach Quelle kleine Abweichungen (European, Commission 2013) (Häberling 2010, 630).

Für das *PV-Store plus E-Bike* Projekt wird nur der für den Tourismus relevante Zeitraum von März bis Oktober betrachtet (siehe Kapitel 3.2.). Für diese Arbeit werden die Strahlungswerte (H) von *PVGIS* übernommen. *PVGIS* ist ein von der EUROPÄISCHEN UNION zur freien Verfügung gestelltes Tool mit Einstrahlungsdaten von ganz Europa.

Tabelle 7: Strahlungswerte, Quelle: European, Commission (2013)

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
H in kWh/m ²	3,83	5,16	5,17	5,29	5,27	4,88	4,08	2,93

Aus Tabelle 7 wird deutlich, dass die sonnenreichen Monate April bis August eine Einstrahlung um 5 kWh/m² haben. Dem gegenüber steht der Oktober mit einer Einstrahlung von nur knapp 3 kWh/m². Das macht einen Unterschied von 2 kWh/m².

Für den Globalstrahlungsfaktor ($R(\beta, \gamma)$) und den Generator-Korrekturfaktor (k_G) werden die Daten aus dem Buch *Photovoltaik* von HEINRICH HÄBERLIN übernommen.

Tabelle 8: Globalstrahlungsfaktor und Generator-Korrekturfaktor, Quelle: Häberling (2010, 518, 639)

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
$R(\beta, \gamma)$	1,19	1,08	1,01	0,98	1,00	1,05	1,16	1,27
k_G	0,81	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,82

Der Strahlungsertrag (Y_R) wird wie folgt berechnet:

Formel 12

$$Y_R = \frac{R(\beta, \gamma) \cdot H}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}$$

Damit ergeben sich je Monat die Werte, die in Tabelle 9 abzulesen sind.

Tabelle 9: Strahlungserträge

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Y_R in h/d	4,56	5,57	5,22	5,18	5,27	5,12	4,73	3,72

Mit dem Strahlungsertrag wird die Ladung Modul (Q_S) ermittelt.

Formel 13

$$Q_S = k_G \cdot I_{M0} \cdot Y_R$$

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse pro Monat aufgeführt.

Tabelle 10: Ladung pro Strang

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
Q_S in Ah/d	29,39	36,82	34,91	34,66	35,24	34,26	31,65	24,29

Aus dem Strahlungsertrag (Q_S) und dem Ladungsbedarf (Q_L) wird die benötigte Anzahl von Modulen berechnet.

Formel 14

$$n_{SP}' = \frac{Q_L}{Q_S}$$

In der folgenden Tabelle sind die benötigten Module für die jeweiligen Monate aufgeführt. Zusätzlich werden die ergebnen Dezimalzahlen aufgerundet (n_M).

Tabelle 11: Errechnete Modul Stränge

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
$n_{SP'}$	6,25	4,99	5,26	5,30	5,21	5,36	5,80	7,56
n_M	7	5	6	6	6	6	6	8

Wie Tabelle 11 zu entnehmen ist, werden die benötigten Module für jeden Monat separat errechnet. Es wird deutlich, dass in den Monaten Mai bis September 6 Module für die Stromerzeugung gebraucht werden. Ebenso ist erkennbar, dass die Anlage mit 8 Modulen ausgestattet werden muss, um im Oktober die gewünschte Energie erhalten zu können. Im April werden lediglich 5 gebraucht und im März 7. Die nachfolgende Abbildung 10 zeigt die entsprechende Dimensionierung.

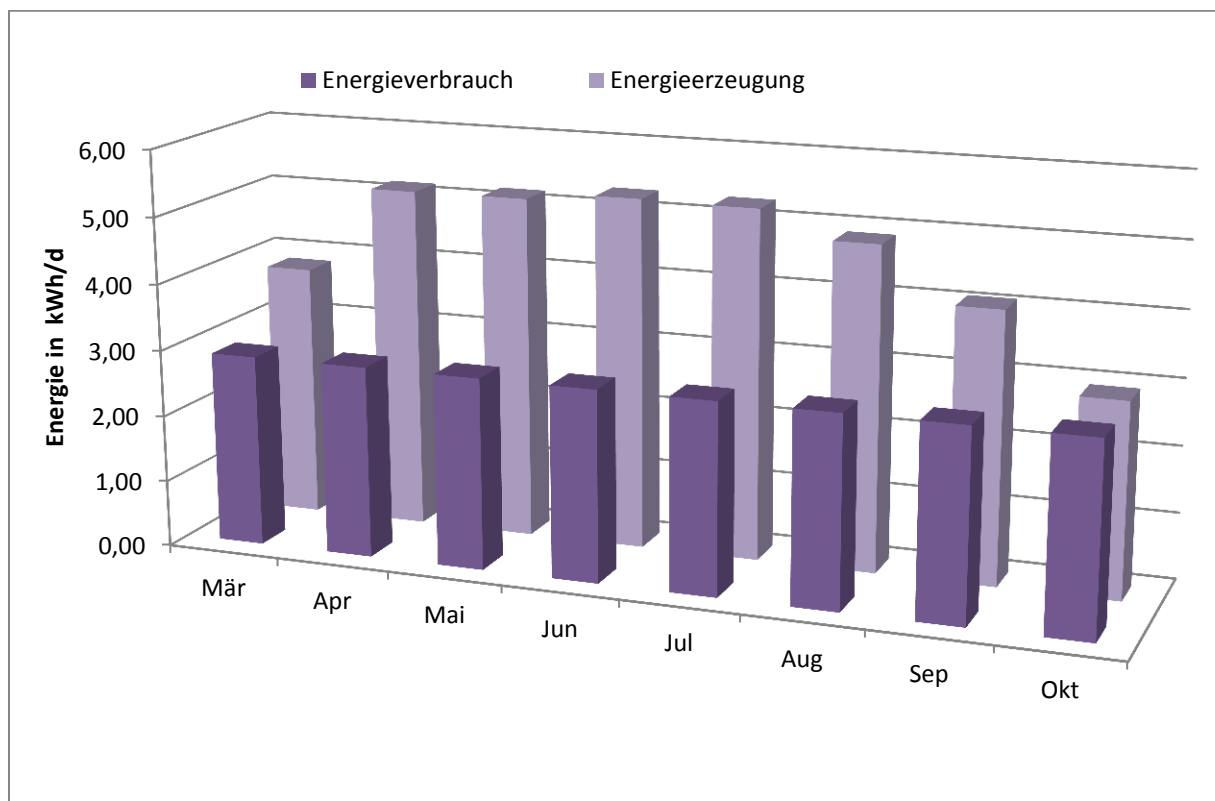


Abbildung 10: Dimensionierung der Anlage, Quelle: eigene Darstellung

In Abbildung 10 ist der Energieverbrauch im Vergleich zur Stromerzeugung aufgezeigt. Zu erkennen ist, dass der gesamte Energieverbrauch über den entsprechenden Zeitraum gedeckt ist. Zusätzlich ist auch ersichtlich, dass die Energieerzeugung in den Monaten März bis September höher ist als der Verbrauch.

5. Marketingkonzept

Das Marketingkonzept wird für die Nutzung von *Solarstrom für E-Bikes im Allgäu* erstellt. Zunächst wird eine Situationsanalyse erstellt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Zielformulierung. Im dritten Teil des Marketingkonzeptes wird eine geeignete Strategie angefertigt. Im letzten Abschnitt wird auf entsprechende Instrumente zur Umsetzung des Konzeptes eingegangen.

5.1. Situationsanalyse

Die Situationsanalyse wird auch als SWOT-Analyse bezeichnet. In der Regel werden die Potenziale, die Kunden und die Umwelt untersucht. Bei der Potenzialanalyse werden die Erfolgspotenziale für die Zielerreichung aufgeführt. Es wird eine Stärken-Schwächen und eine Chancen-Risiken-Analyse erstellt. Für eine vollständige Untersuchung ist ein Überblick über das gesamte Wettbewerbsfeld sinnvoll. Darüber hinaus werden die Bedürfnisse der Kunden untersucht (Wesselmann und Hohn 2012, 23).

Im Kapitel 3.1. wurde ausführlich auf den E-Bike-Tourismus eingegangen. Darin wird deutlich, dass der E-Bike-Tourismus Teil des verantwortungsvollen Tourismus ist. Zu diesem zählt der Ökotourismus, Geotourismus, Naturtourismus, naturnaher Tourismus und der nachhaltige Tourismus. Diese Arten des Tourismus nehmen besonders Rücksicht auf Mensch und Umwelt. Das Potenzial ist bereits erkannt und die Nachfrage steigt zunehmend an (Danielle und Sonderegger 2009, 18).

Die Menschen benutzen das Fahrrad nicht nur im Urlaub. Laut der BRITISH AMERICAN TOBACCO (BAT) Stiftung für Zukunftsfragen ist das Fahrradfahren bei den Deutschen die zweitbeliebteste Freizeitaktivität im Freien. An erster Stelle steht generelles Gesundheit fördern (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 195). Auch auf dem Sportmarkt ist das Fahrradfahren sehr beliebt. Bei den aktiv betriebenen Sportarten außerhalb eines Vereins ist das Fahrradfahren Spitzenreiter (Freericks, Hartmann und Stecker 2010, 222)

Der Frage, warum das Fahrradfahren bei den deutschen Bürgern so beliebt ist, ist die ROSE VERSAND GMBH in ihrer Studie *Fahrradfahren in Deutschland 2013* nachgegangen.

In Tabelle 12 ist das Ergebnis der Umfrage aufgelistet.

Tabelle 12: Warum die Deutschen Fahrrad fahren (in Prozent mit Mehrfachnennungen), Quelle: Rose (2013, 3)

Ist gesund	86%
Umweltfreundlich	62%
Kostet nichts (außer der Anschaffung)	54%
Geht oft schneller, kein Status	47%
Muss keinen Parkplatz suchen	45%
Als Sport	43%
Ist entspannter als Autofahren	21%
Wegen steigender Benzinkosten	17%
Habe keinen Führerschein/kein Auto	11%

Der Studie nach fahren die meisten Menschen Fahrrad, weil es gesund ist. An zweiter Stelle mit 62 % ist der Grund, dass es umweltfreundlich ist. Von den befragten Personen gaben 54 % an, dass sie Fahrrad fahren, weil es außer dem Anschaffungspreis keine weiteren Kosten verursacht.

Wie im Kapitel 2.2. beschrieben, steigt der Absatz der E-Bikes. Auch der Bekanntheitsgrad ist groß. Das ergab auch eine Umfrage von 2000 Personen zwischen 14 und 69 Jahren. Die Umfrage wurde im *Fahrrad-Monitor Deutschland 2011* vom ADFC veröffentlicht.

Das Ergebnis der Befragung ist der Abbildung 11 zu entnehmen.

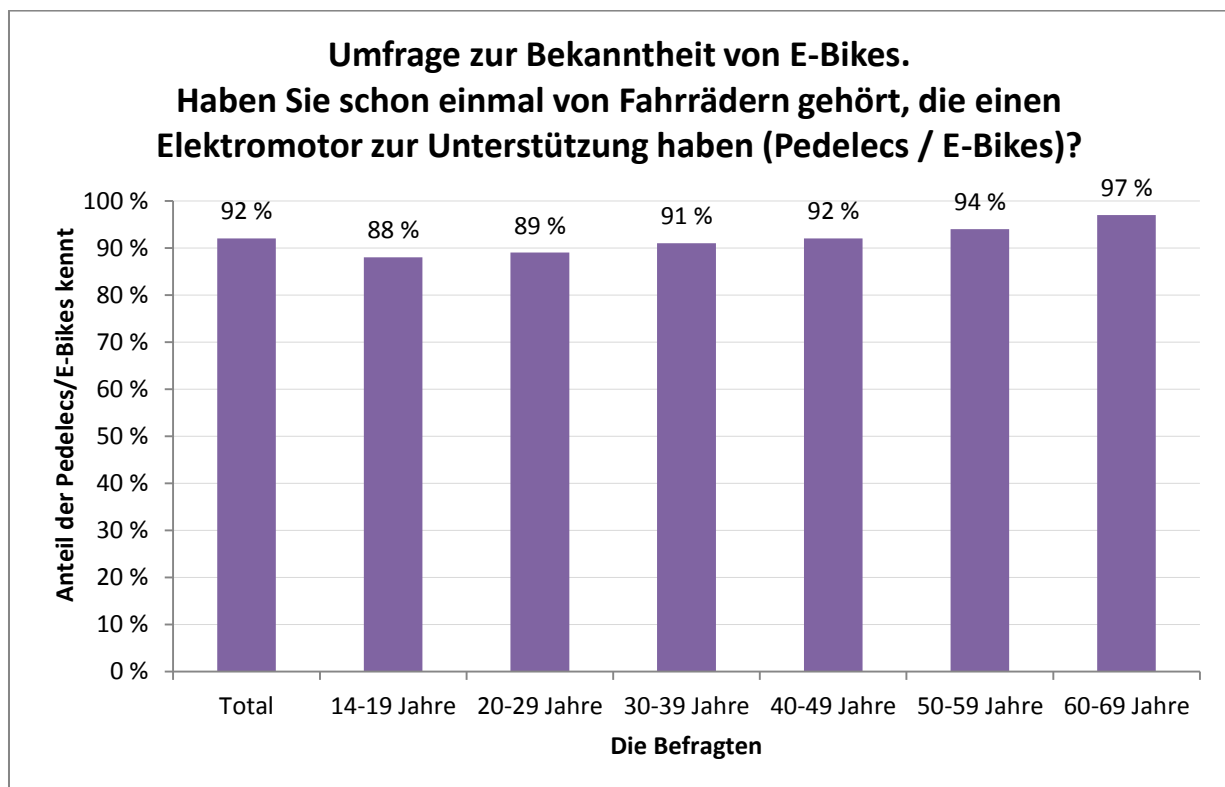


Abbildung 11: Umfrage zur Bekanntheit von E-Bikes, Quelle: eigene Darstellung von ADFC (2011, 67)

Laut der Studie ist das E-Bike mit 88 % bei den 14- bis 19-jährigen am wenigsten bekannt. Im Gegensatz zu den 60 bis 69 Jährigen, bei denen ist das E-Bike mit 97 % am bekanntesten. Aus der Studie geht auch hervor, dass der Bekanntheitsgrad des Elektrofahrrades mit zunehmendem Alter der Menschen steigt.

Das E-Bike ist nicht nur bekannt, sondern laut der Studie *Fahrradfahren in Deutschland 2013*, ist es das beliebteste Rad der Deutschen. Dies wird in der Abbildung 12 deutlich.

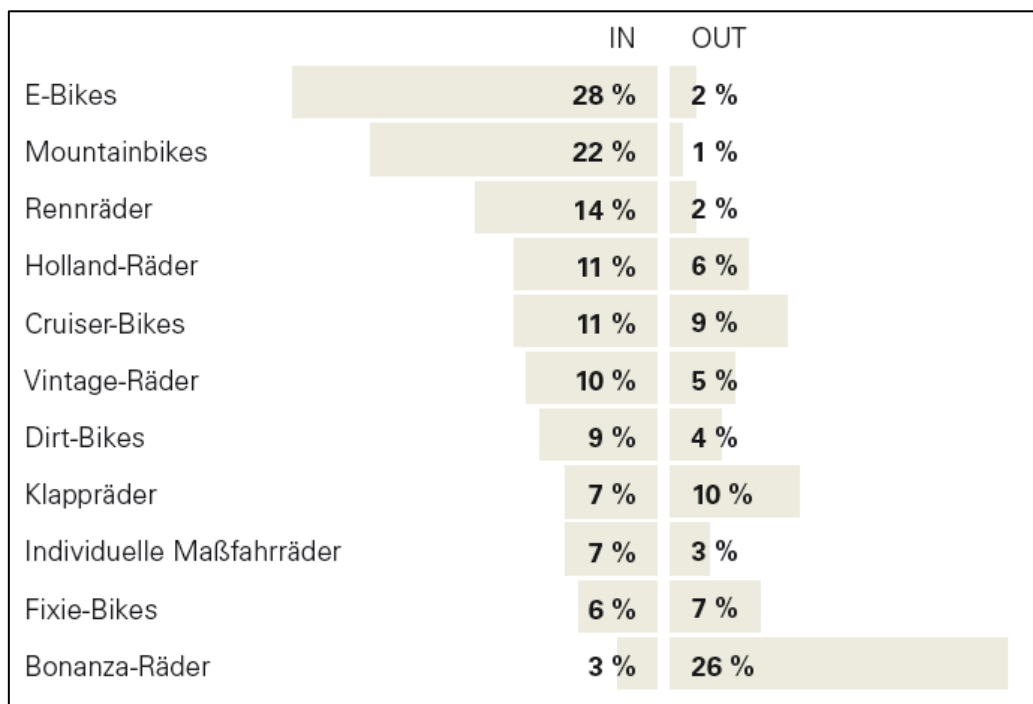


Abbildung 12: Beliebtestes Rad der Deutschen, Quelle: Rose (2013, 6)

Der Umfrage zufolge sind 28 % der Meinung, dass das E-Bike im Trend ist. Im Vergleich halten nur 2 % das Elektrofahrrad für nicht angesagt. In Hinblick auf die steigenden Absatzzahlen (siehe Kapitel 2.2.) wird das E-Bike beliebt bleiben.

Nachdem die Situation des E-Bikes analysiert wurde, wird im Folgenden auf den Solarstrom eingegangen. Momentan sind 70 % des Stroms für E-Bikes im Allgäu aus regenerativer Quelle, die restlichen 30 % kommen aus dem konventionellen deutschen Strom Mix (vgl. Kapitel 3.2.).

Aus mehreren Studien geht hervor, dass Solarstrom bei den Bürgern akzeptiert und gewollt ist.

Die EUROPÄISCHE KOMMISSION hat im Mai 2011 eine Studie durchgeführt, in der unter anderem nach der Akzeptanz verschiedener Energiequellen gefragt wurde.

Das Ergebnis der Befragung ist der nachfolgenden Abbildung 13 zu entnehmen.

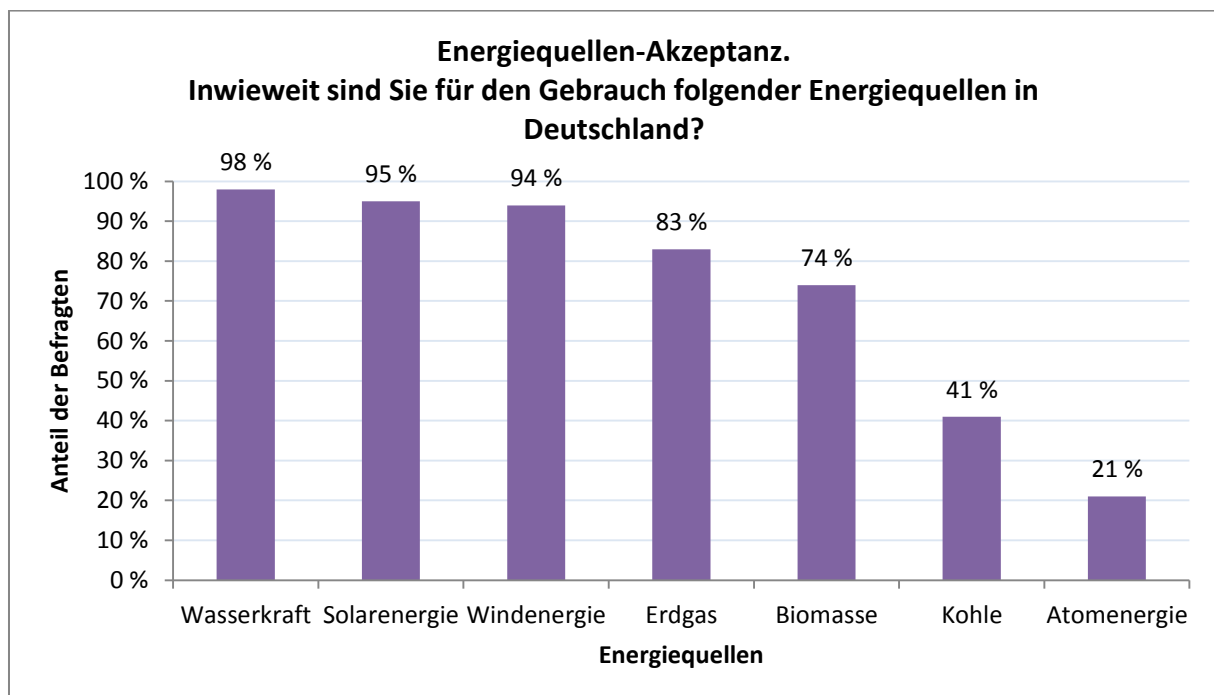


Abbildung 13: Energiequellen-Akzeptanz, Quelle: eigene Darstellung von EU-Kommission (2010, 160)

Von den 1622 befragten Personen akzeptiert eine Mehrheit von 95 % die Solarenergie. Einzig die Wasserkraft hat einen höheren Zuspruch. Aus der Studie wird auch deutlich, dass die erneuerbaren Energien einen großen Anklang finden. Einzig die Biomasse wird nur zu 74 % akzeptiert.

In der gleichen Studie wurde auch gefragt, inwieweit die befragten Personen für oder gegen Solarstrom sind.

In Abbildung 14 ist das Ergebnis der Befragung dargestellt.

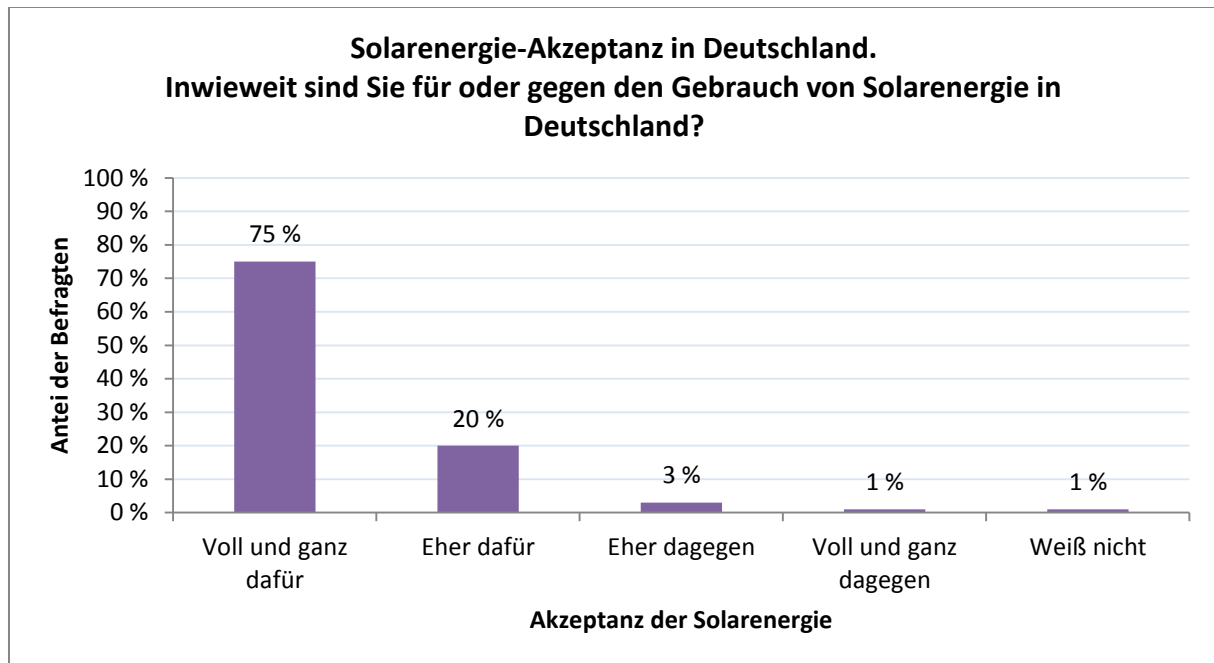


Abbildung 14: Solarenergie-Akzeptanz in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung von EU-Kommission (2010, 161)

Demnach sind 75 % voll und ganz für den Gebrauch von Solarstrom. Von den befragten Personen sind 20 % eher dafür. Daraus ergeben sich 95 %, die für den Gebrauch von Sonnenenergie sind. Demgegenüber sind 4 % dem Solarstrom gegenüber skeptisch.

Aus der durchgeführten Situationsanalyse ergibt sich folgendes Bild:

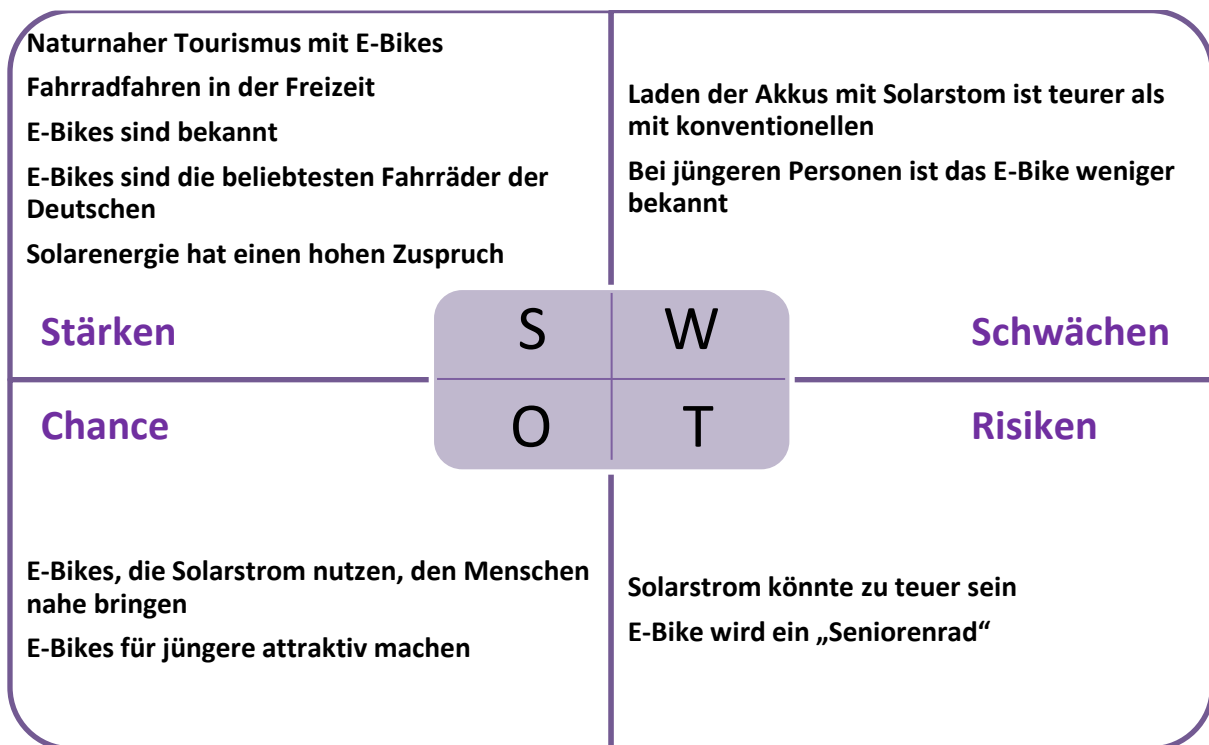


Abbildung 15: SWOT-Analyse, Quelle: eigene Darstellung

5.2.Zielformulierung

Auf Grundlage der Situationsanalyse wird das Ziel formuliert (Wesselmann und Hohn 2012, 31). Ein klar definiertes Zielsystem ist wesentlicher Bestandteil des Marketingkonzeptes. Die Anpassung der Strategie und die Festlegung von Zielen stehen in enger Verbindung (Meffert, Burmann und Kirchgeorg 2012, 142).

Das Ziel des Marketingkonzeptes ist es, dass die E-Bike-Touristen sich bewusst für Solarstrom entscheiden.

5.3.Marketingsstrategie

Die Marketingstrategie setzt das Vorgehen fest, wie das Marketingziel erreicht werden soll. Das Marketingkonzept wird nach den zu erreichenden Zielgruppen ausgerichtet. Elementare Fragen einer Marketingstrategie sind, welche Zielgruppen sollen erreicht werden und wie sollen diese erreicht werden (Wesselmann und Hohn 2012, 73).

Das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung steigt. Das führt dazu, dass Touristen sich bewusst für umweltschonenden Urlaub entscheiden. Gerade Naturtouristen haben im Allgemeinen ein höheres Bildungsniveau als durchschnittliche Touristen. Darüber hinaus steigt das Einkommen mit der Höhe der Bildung. Das bewirkt, dass mehr Geld ausgegeben wird. Das Durchschnittsalter in der Bevölkerung steigt durch den demografischen Wandel. Das führt dazu, dass die Reisenden älter

werden. Auch haben sie dann ein höheres Interesse an der Natur und die Bereitschaft, mehr Geld auszugeben als jüngere Menschen (Danielle und Sonderegger 2009, 142).

Naturtouristen und ältere Personen, die der Natur wohl gesonnen sind, sind zwei relativ große Gruppen. Aus diesen beiden Gruppen ergibt sich die Zielgruppe, die Radtouristen. Bei diesen wird zwischen Streckenradler, Regio-Radler und Urlaubsradler unterschieden. In der Abbildung 16 wird der Radurlaub charakterisiert.

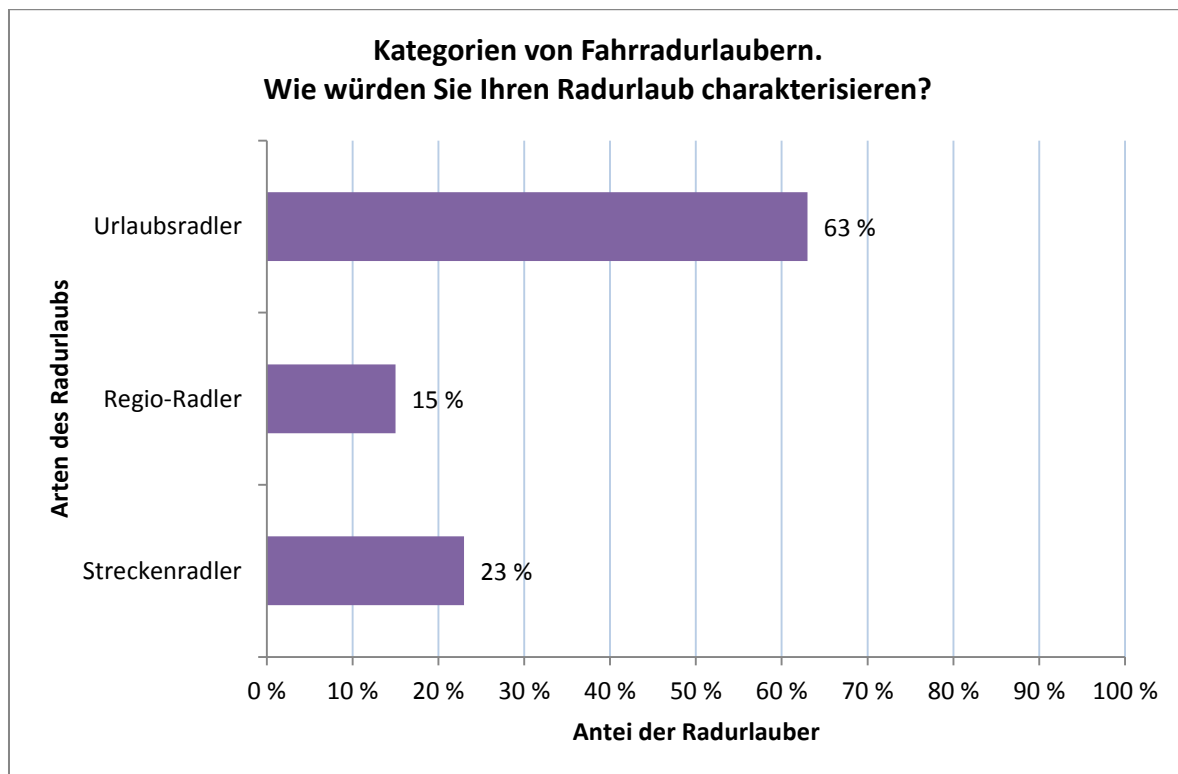


Abbildung 16: Kategorien von Fahrradurlaubern, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 10)

Wie aus der *ADFC-Radreiseanalyse 2013* deutlich wird, sind 63 % der Radurlauber Urlaubsradler. Das Fahrradfahren ist bei diesen Urlaubern ein Nebenmotiv, es ergänzt den Haupturlaub. Streckenradler sind 23 % der Befragten, diese Radler sind auf Radfernwegen unterwegs und haben wechselnde Unterkünfte. Die Regio-Radler kommen auf 15 %. Im Vergleich zu den Streckenradlern aber haben diese Radler eine feste Unterkunft. Bei den beiden letzteren Gruppen ist das Fahrradfahren selbst die Hauptmotivation.

Um ein klares Bild der Fahrradurlauber zu erhalten, wird in der Abbildung 17 die jeweilige Anzahl der E-Bikes in den Kategorien Streckenradler, Regio-Radler und Urlaubsradler angezeigt.

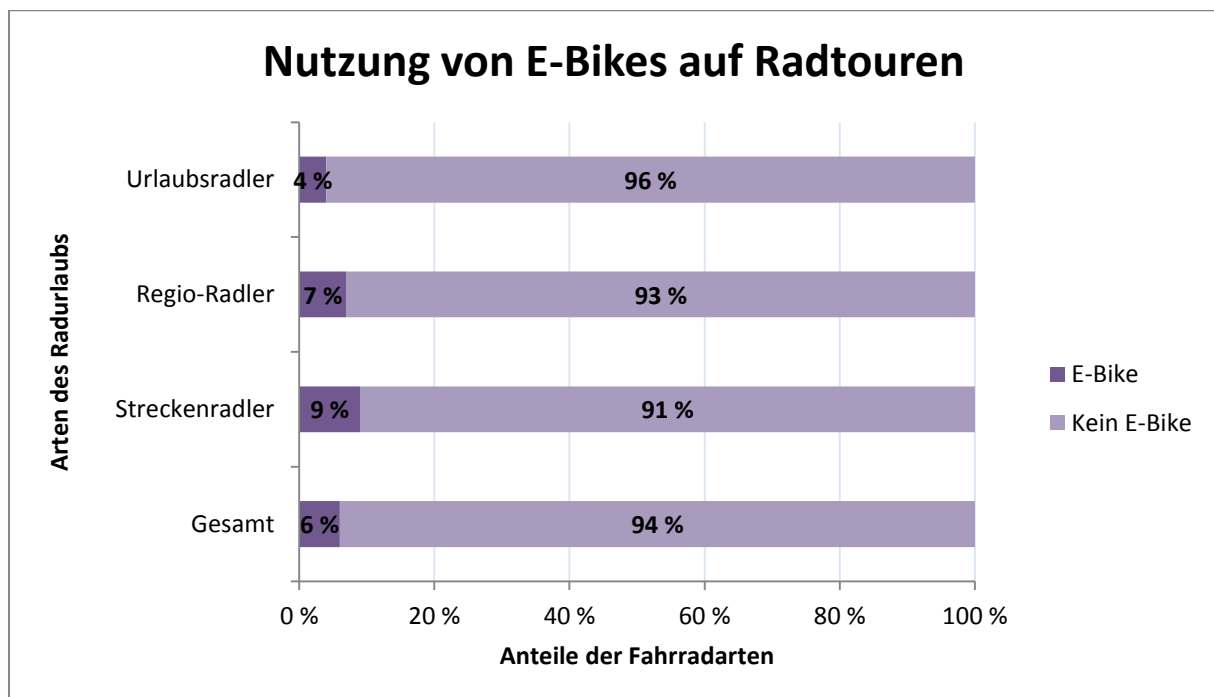


Abbildung 17: Nutzung von E-Bikes auf Radtouren, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 21)

Wie Abbildung 17 zu entnehmen ist, werden E-Bikes am häufigsten bei Streckenradlern verwendet. Mit 7 % sind Regio-Radler am zweithäufigsten vertreten. Bei Urlaubsradlern sind es lediglich 4 %. Daraus lässt sich schließen, dass E-Bikes hauptsächlich von Urlaubern gefahren werden, bei denen das Fahrradfahren die Hauptmotivation ist.

Die Strategie wird demnach auf die Radurlauber ausgerichtet. Ein besonderer Fokus wird auf die Urlaubsradler gesetzt. Diese Gruppe ist die größte des Fahrradtourismus und benutzt am seltensten das Elektrofahrzeug.

Das für die Erreichung der Zielgruppe erforderliche Instrument wird im Kapitel 5.4.3. ermittelt.

5.4. Marketinginstrumente

Nachdem Ziel und Strategie festgelegt sind, wird im Marketinginstrument auf die konkrete Umsetzung eingegangen. Das Marketinginstrument wird auch als Marketing-Mix bezeichnet. Unterteilt wird es in Produktpolitik, Preispolitik, Kommunikationspolitik und Distributionspolitik (Wesselmann und Hohn 2012, 102).

5.4.1. Produktpolitik

In der Regel wird zwischen materiellen und immateriellen Gütern sowie zwischen Gebrauchs- und Verbrauchsgütern unterschieden (Wesselmann und Hohn 2012, 102). Der zu vermarktende Solarstrom ist ein immaterielles Verbrauchsgut. Bei der Produktgestaltung wird auf zwei Fragen eingegangen. Zum einen, wie die Eigenschaften des Produktes vom Kunden bewertet werden und wie er sie wahrnimmt. Zum anderen, welche Eigenschaften des Produktes entscheidungsrelevant sind (Wesselmann und Hohn 2012, 112).

Die Produktpolitik für den Solarstrom erfolgt herkunftsorientiert (Meffert, Burmann und Kirchgeorg 2012, 301). Das bedeutet, die Herkunft des Stroms wird in den Vordergrund gestellt. Bei dem Produkt Strom ist die Stromquelle ein wichtiges Entscheidungskriterium. Der Solarstrom wird überwiegend positiv bewertet (siehe Kapitel 5.1.). Diese Wahrnehmung ist entscheidend. Dadurch entwickelt der Kunde ein positives Gefühl gegenüber dem Produkt. Dies passiert aufgrund der Herkunft des Stroms. Damit der hier genutzte Solarstrom sich qualitativ vom herkömmlichen Strom unterscheiden lässt, ist eine Markenbildung empfehlenswert.

Ein Markenzeichen sollte wiedererkennbar, einfach, unverwechselbar, positiv, gut aussprechbar und dauerhaft sein (Wesselmann und Hohn 2012, 124). Die Marke sollte mit einem zugehörigen Logo oder Symbol versehen werden. Dazu sollte ein wiedererkennbarer Slogan gehören. Ein möglicher Leitspruch wäre: „Die Sonne fährt mit“. Ein anderer: „Mit der Sonne unterwegs“. Damit wird sowohl Bezug zur Solarenergie also auch zur Fortbewegung mit den E-Bikes genommen.

5.4.2. Preispolitik

Als Preis wird hauptsächlich das Entgelt für die Inanspruchnahme einer Leistung bezeichnet (Wesselmann und Hohn 2012, 131). Preisentscheidungen sind sehr kompliziert und mit hohen Unsicherheiten verbunden. Falsche Preisentscheidungen können zu gravierenden Konsequenzen führen (Kuß und Tomczak 2001, 194). Es gilt vorwiegend das Verhältnis zwischen Preis und Leistung (Wesselmann und Hohn 2012, 135). Zwei Optionen sind möglich. Eine bessere Leistung oder ein höherer Nutzen des Produktes, durch welchen das Unternehmen einen höheren Preis verlangen kann oder durch einen niedrigeren Preis und gleiche Leistung wie die Konkurrenz um einen Wettbewerbsvorteil zu erreichen (Kuß und Tomczak 2001, 194). Welche Option für den Solarstrom am effektivsten ist, wird nachfolgend analysiert.

In Abbildung 18 wird aufgezeigt, wie hoch die Bereitschaft ist, für Ökostrom mehr zu zahlen.

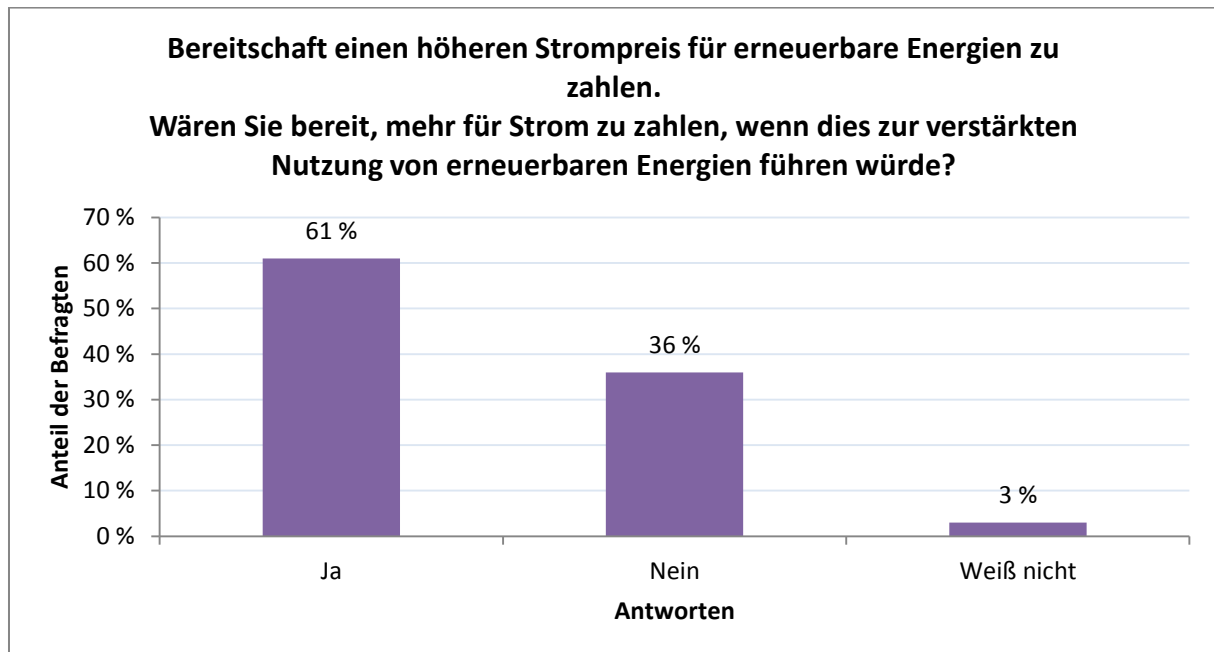


Abbildung 18: Bereitschaft einen höheren Strompreis für erneuerbare Energien zu zahlen, Quelle: eigene Darstellung von VKU (2011)

Die vom VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN (VKU) veröffentlichte Studie zum Thema Energiewende bezieht sich auf den im Haushalt verwendeten Strom. Da es keine entsprechende Studie gibt, wird folglich angenommen, dass die Bereitschaft erneuerbare Energien für den Hausstrom zu verwenden äquivalent ist zur Bereitschaft auch in anderen Sektoren Ökostrom zu benutzen. Der Befragten nach sind 61 % bereit mehr für erneuerbare Energien zu zahlen.

Das Marktforschungsinstitut TAYLOR NELSON SOFRES (TNS) hat eine Studie durchgeführt, in der gefragt wurde, wie hoch die Akzeptanz ist, für Ökostrom Mehrkosten in Kauf zu nehmen. In der nachfolgenden Abbildung 19 wird das Ergebnis der Befragung aufgezeigt.

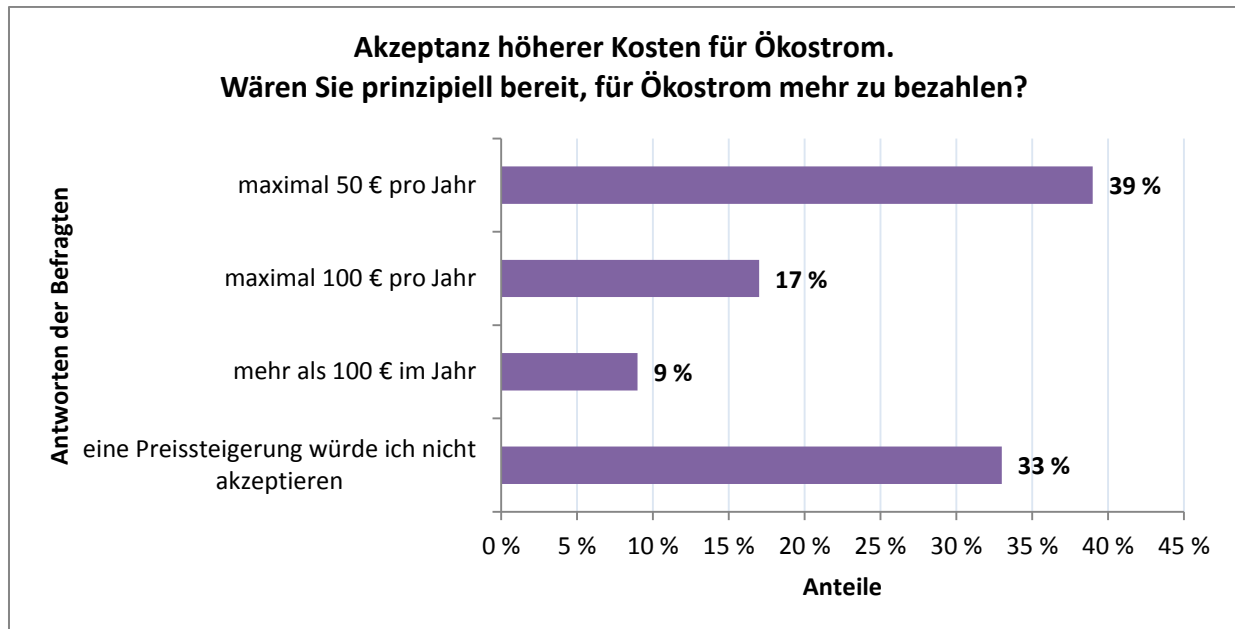


Abbildung 19: Akzeptanz höherer Kosten für Ökostrom, Quelle: eigenen Darstellung von TNS (2011)

Von den 1000 Befragten sind 39 % bereit, maximal 50 € mehr im Jahr für Ökostrom zu zahlen. Bei höheren Beträgen sind weniger bereit, einen höheren Preis zu zahlen. Von den befragten Personen sind 33 % nicht gewillt, mehr zu zahlen. Bei der Studie von VKU waren es 36 %, die eine Preissteigerung nicht akzeptieren.

5.4.3. Kommunikationspolitik

Wichtige Instrumente für die Kommunikationspolitik sind die persönliche Kommunikation, Werbung, Öffentlichkeitsarbeit, Sponsoring, Event-Marketing und Messen und Ausstellungen (Wesselmann und Hohn 2012, 144).

Um das effektivste Kommunikationsinstrument zu bestimmen, wird zunächst auf die Mediennutzung der Hauptzielgruppe geschaut.

Dafür wird in der folgenden Abbildung 20 eine Studie des ADFC herangezogen.

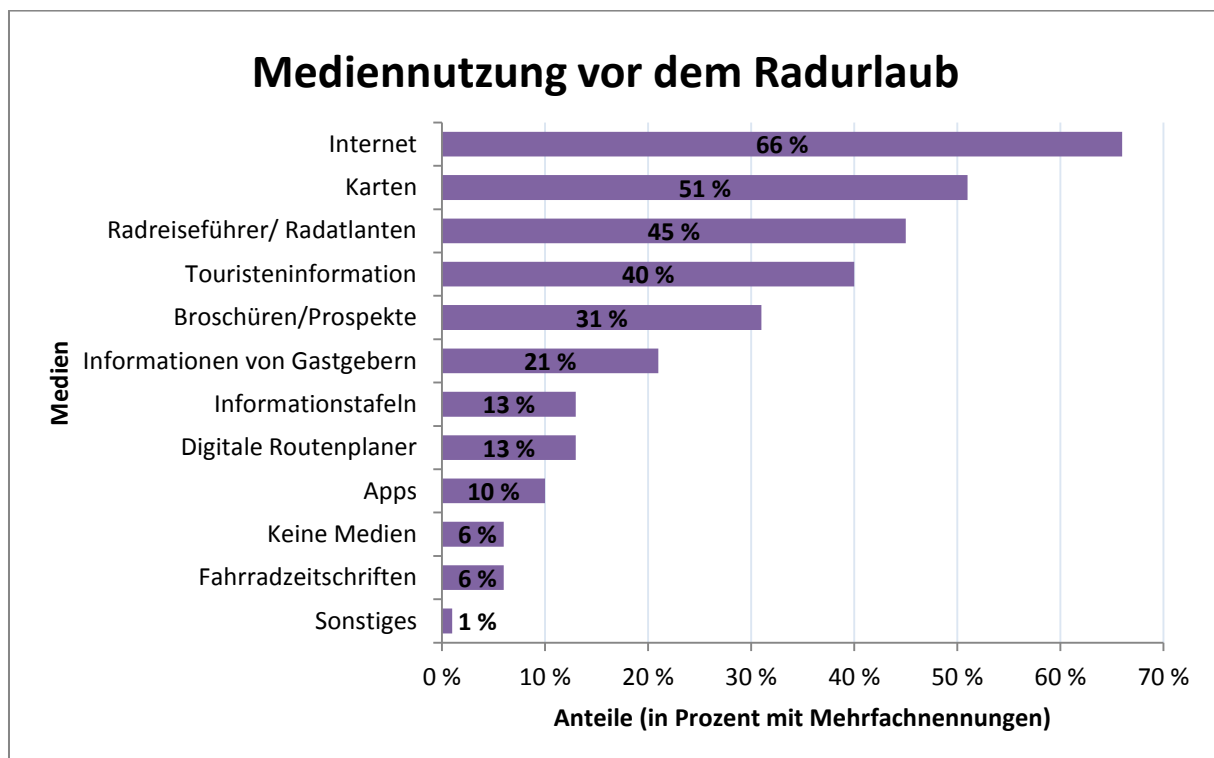


Abbildung 20: Mediennutzung vor dem Radurlaub, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Frotzheim (2013, 9)

Demnach ist das Internet mit 66 % das am meisten benutzte Medium, um sich vor dem Radurlaub zu informieren. An zweiter Stelle folgt die Landkarte. Reiseführer, Touristeninformation und Broschüren nehmen die nachfolgenden Plätze ein.

Das Internet bietet für die Kommunikationspolitik viele Vorteile. Unter anderen ist die Informationsbereitstellung zeit- und raumunabhängig, Bereitstellung von beliebig vielen Informationen bei minimalen Kosten und zielgruppengenaue Angebote durch Minimierung von Streuverlusten. Die Kunden haben die Vorteile einer hohen Transparenz. Sie sind unabhängig von lokalen Vertriebsstrukturen und sie haben die Möglichkeit, sich einfach und schnell mit anderen Personen über die Angebote auszutauschen (Wesselmann und Hohn 2012, 158).

Wie Radurlauber ihre Reisen arrangieren wird in der nachfolgend Abbildung 21 aufgezeigt. Der Unterschied ist, ob die Reisenden eine Pauschalreise buchen oder alles selbst organisieren.

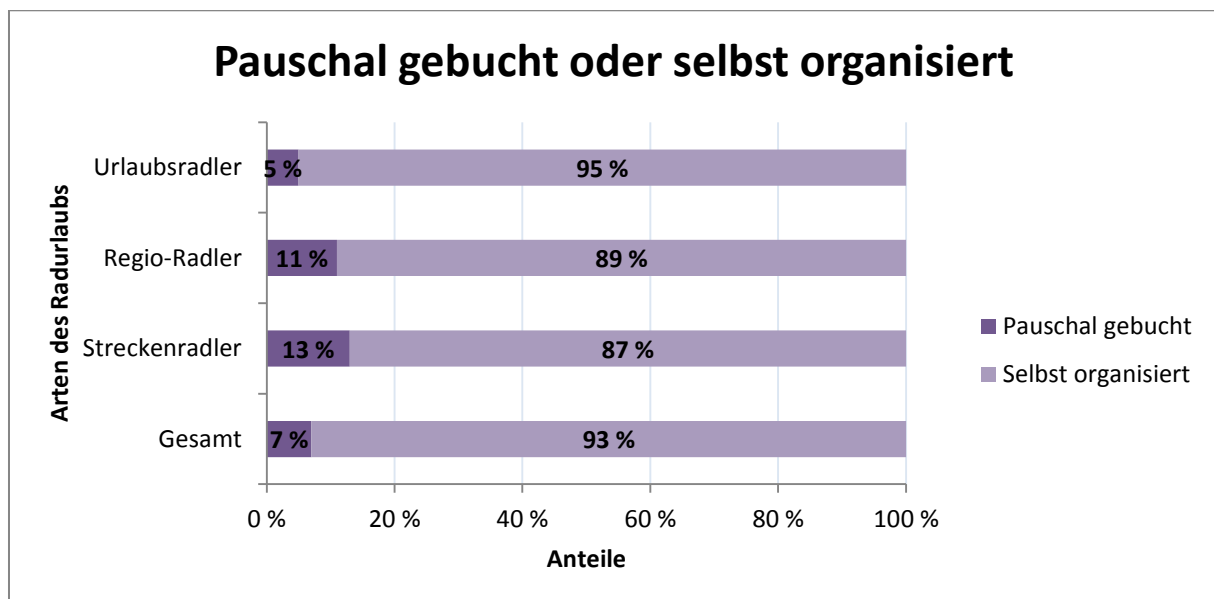


Abbildung 21: Pauschal gebucht oder selbst organisiert, Quelle: eigene Darstellung von Jennert und Froitzheim (2013, 23)

Die große Mehrheit der Radurlauber organisiert seinen Radurlaub selbst. Wie der *ADFC Radreiseanalyse 2013* zu entnehmen ist, buchen insgesamt nur 7 % der befragten Personen eine Pauschalreise. Die restlichen 93 % organisieren ihren Radurlaub selbst. Bei dem hohen Anteil der selbst organisierten Radreisen punktet das Internet mit seiner Transparenz und Ungebundenheit an lokalen Institutionen noch zusätzlich.

5.4.4. Distributionspolitik

Die Distributionspolitik umfasst alle Entscheidungen und Aktivitäten, die im Hinblick auf dem Weg des Produktes von Hersteller bis zum Verwender stehen (Wesselmann und Hohn 2012, 187). Die Distributionspolitik unterscheidet zwei Komponenten, die akquisitorische und die physikalische Distribution. Bei der akquisitorischen Distribution handelt es sich um die Organisation der rechtlichen, ökonomischen, informatorischen und sozialen Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren. Auch werden die Tätigkeiten und Vertriebsleistung unter diesen Akteuren aufgeteilt.

Zur physikalischen Distribution zählen alle Aktivitäten, die bei der Güterübertragung wichtig sind. Die Wahl der Transportmittel, die Lagerung und die Auslieferung sind einige dieser Aktivitäten. Auch die Auftrags eingehung und -abwicklung zählen zu den physikalischen Distributionen (Kuß und Tomczak 2001, 202).

Bei den Absatzwegen wird zwischen direktem und indirektem Absatzweg unterschieden, wie der Abbildung 22 zu entnehmen ist.

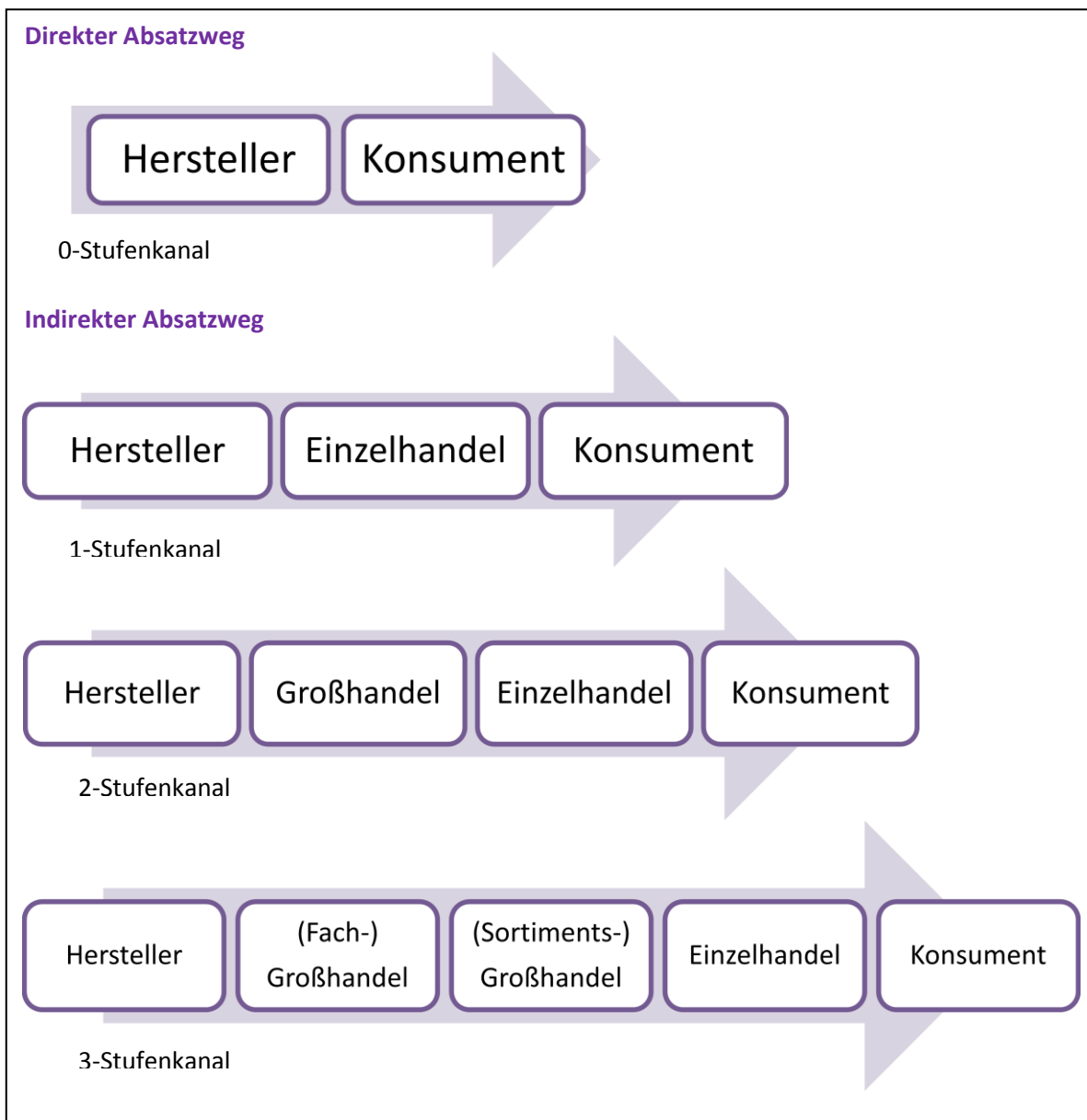


Abbildung 22: Absatzwege, Quelle: eigene Darstellung von Becker (2013, 528)

Bei dem direkten Absatzweg wird das Produkt vom Hersteller direkt an den Kunden verkauft, ohne unternehmensfremde Absatzorgane. Beim indirekten Absatzweg hingegen sind zwischen Hersteller und Kunden unternehmensfremde Absatzorgane. Der Absatzweg muss in erster Instanz kundenorientierten Ansprüchen genügen.

Der Solarstrom für E-Bikes im Allgäu wird über den direkten Weg abgesetzt. Da die Photovoltaikanlage den Strom produziert und dieser gleich von den E-Bike-Akkus geladen werden, sind keine Zwischenhändler notwendig.

Die Vorteile des direkten Absatzweges sind zum einen die unmittelbare Kontrolle des Absatzgeschehens und zum anderen die direkte Kommunikation, mit den Endabnehmer. Außerdem müssen keine Erträge an die Zwischenhändler gezahlt werden. Als Nachteil gilt der absatzorganisatorische Aufwand (Wesselmann und Hohn 2012, 188).

Der zusätzliche Vorteil des Solarstroms aus einer Inselanlage für E-Bikes ist, ist der nicht vorhandene Transport. Die Kunden kommen mit leeren E-Bike-Akkus und tauschen diese gegen vollgeladene aus. Es gibt somit keine physikalische Anlieferung.

6. Diskussion und Fazit

Die Fahrräder mit Motorunterstützung sind seit Jahren im Aufwärtstrend. Die E-Bikes werden nicht nur privat gefahren, der E-Bike-Tourismus ist in ganz Deutschland am Wachsen. Dieser bietet eine Kombination aus Sport, Natur und Fortbewegung. Gerade der Natur-Tourismus wird immer gefragter. Das liegt vor allem daran, dass das Bewusstsein der Menschen gegenüber der Umwelt steigt. Dies führt dazu, dass Touristen sich bewusst für nachhaltigen Urlaub entscheiden.

Die Ökologie im Alpenraum und damit auch im Allgäu ist sehr sensibel und braucht besonderen Schutz. Durch den im Allgäu sehr ausgeprägten Natur-Tourismus wird die zu schützende Natur wirtschaftlich genutzt. Damit wird die Natur ein wirtschaftliches Gut, das seinen Wert bei unnatürlicher Veränderung verliert. Daraus resultiert die Priorität, das Landschaftsbild nicht zu verändern. Da aber für die E-Bikes Strom gebraucht wird, stellt das Einhalten dieser Priorität eine große Herausforderung dar. Die Verlegung von Stromnetzen würde das Landschaftsbild erheblich verändern. Ein Generator ist zwar unauffällig, aber nicht regenerativ. Die Alternative sind Inselanlagen mit regenerativen Quellen. Windkraftanlagen würden das Landschaftsbild erheblich beeinflussen. Daraus resultiert, dass die Photovoltaik-Inselanlage am unauffälligsten ist.

Die Auslegung der Photovoltaik-Inselanlage hat ergeben, dass für die Monate Mai bis September 6 Module benötigt werden, um den Strombedarf zu decken, im April werden 5 gebraucht, im März 7 und im Oktober 8 Module. Der E-Bike-Tourismus findet überwiegend im Sommer statt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Urlauber bei Regen oder Schnee eine Radtour machen wollen, ist sehr gering. Daraus resultiert, dass die Besucherzahl proportional zum Sonnenschein steigt bzw. bei schlechtem oder regnerischem Wetter sinkt. Aus diesem Grund werden 6 Module für ausreichend gehalten. Da die Auslegung aufgrund vieler Annahmen gemacht worden ist, kann eine endgültige Aussage über die benötigte Größe erst nach der Installation der Anlage gemacht werden. Sollte das E-Bike Aufkommen höher sein als angenommen, gibt es zwei Möglichkeiten, die Anlage zu vergrößern. Die Erste ist, mehr Module zu installieren. Dadurch würde mehr Strom erzeugt werden. Die zweite Möglichkeit ist, den Speicher zu vergrößern. Auf diese Weise wäre mehr Strom vorrätiger genutzt werden kann.

Aus der Situationsanalyse des Marketingkonzeptes geht hervor, dass das Interesse der Bevölkerung an Nachhaltigkeit steigt. Dies bezieht sich auf mehrere Bereiche des Lebens, unter anderem den Urlaub, die Fortbewegung und die Quelle des gebrauchten Stromes. Aus dem Teil der Bevölkerung, die Nachhaltigkeit bevorzugen, sind die Radurlauber die bevorzugte Zielgruppe. Die Radurlauber werden nochmal in drei Kategorien unterteilt in Urlaubsradler, Regio-Radler und Streckenradler. Die überwiegenden Radurlauber sind Urlaubsradler. Diese benutzen das E-Bike vergleichsweise am

seltensten, weshalb ein zusätzlicher Fokus auf den Urlaubsrädler liegen sollte. Die Radurlauber benutzen das Internet als Hauptinformationsquelle vor dem Radurlaub. Infolgedessen sollte gezielt im Internet Werbung für *Solarstrom für E-Bikes im Allgäu* gemacht werden.

Bei dem Preis für Solarstrom stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl. Da die Bereitschaft mehr für Strom zu zahlen, wenn es sich um Solarstrom handelt, generell vorhanden ist, kann ein höherer Preis angesetzt werden als bei dem konventionellen Strom. Sollte der Aufpreis für Solarstrom von den Kunden als zu hoch erachtet werden, besteht die Möglichkeit, dass sie auf konventionellen Strom zurückgreifen. Um dies zu vermeiden, kann für den Solarstrom ein gleicher oder niedriger Preis festgelegt werden. Dadurch hätte der Sonnenstrom einen Wettbewerbsvorteil.

Damit ergeben sich für das Marketingkonzept folgende Schlussfolgerungen:

- Das Ziel ist, dass die E-Bike-Touristen sich bewusst für Solarstrom entscheiden.
- Das E-Bike ist bekannt und beliebt.
- Der E-Bike-Tourismus ist in ganz Deutschland gefragt.
- Der Solarstrom ist akzeptiert und gewollt.
- Die Bereitschaft einen Aufpreis für Solarstrom zu zahlen ist vorhanden.
- Die zu erreichende Zielgruppe sind die Radurlauber.
- Das favorisierte Werbemedium zur Erreichung der Zielgruppe ist das Internet.

Die Schlussfolgerungen des Marketingkonzeptes sind viel versprechend, ebenfalls ist die Photovoltaik-Insulanlage für die Stromerzeugung im Allgäu die beste Alternative. Damit ist das Gesamtfazit zur *Solarstrom für E-Bikes im Allgäu* positiv.

7. Zusammenfassung

Diese Arbeit ist Teil des Implementierungskonzeptes des *AlpStore* Projektes. Für das dazugehörige Teilprojekt *PV-Store Plus E-Bike* wird im Rahmen dieser Arbeit ein Marketingkonzept für Solarstrom im Allgäu für E-Bikes erstellt. Ebenso wird eine Photovoltaik-Inselanlage für E-Bikes im Allgäu dimensioniert.

Im ersten Teil wird auf die motorunterstützten Fahrräder eingegangen. Der Unterschied zwischen Pedelecs und E-Bikes wird erklärt. Es werden die technischen und wirtschaftlichen Bereiche erläutert, wobei ein besonderes Augenmerk auf die E-Bike-Akkumulatoren gelegt wird. Für die Auslegung der Inselanlage werden die Reichweite und die Ladedauer der E-Bike-Akkumulatoren ermittelt.

Auch wird für die Auslegung der Inselanlage und dem Erstellen des Marketingkonzeptes im zweiten Teil auf den E-Bike-Tourismus eingegangen. Zudem wird die Nachhaltigkeit dieser Tourismusart analysiert. Die möglichen Standorte der Photovoltaikanlage werden untersucht, ergänzend auch das mögliche E-Bike Aufkommen.

Im dritten Teil wird die Photovoltaik-Inselanlage ausgelegt. Im Vorfeld wird der Aufbau eines solchen Systems erläutert und der Stromspeicher eingeführt. Dieser basiert auf recycelten E-Bike-Akkumulatoren. Die Inselanlage und die Größe des Stromspeichers werden für die im Vorfeld ermittelten Verbraucher dimensioniert. Als Ergebnis werden für die jeweiligen Betriebsmonate eine entsprechende Anzahl von Modulen und die Größe des Stromspeichers errechnet.

Im vierten Teil wird das Marketingkonzept erstellt. Dieses ist in vier Stufen aufgeteilt. Zunächst wird die Ausgangssituation und dazu eine SWOT-Analyse angefertigt. Diese dient als Grundlage für das weitere Vorgehen. Das Ziel des Marketingkonzeptes ist die Vermarktung von *Solarstrom für E-Bikes im Allgäu*. Im dritten Teil wird auf Grundlage der Situationsanalyse und des Zieles eine Strategie entwickelt. Dabei werden die Zielgruppen ermittelt. Im Marketinginstrument, dem vierten Teil des Konzeptes, wird auf Instrumente für die Umsetzung eingegangen. Zu diesen zählen die Produktpolitik, Preispolitik, Kommunikationspolitik und die Distributionspolitik.

Der Solarstrom und die E-Bikes haben in der Bevölkerung einen hohen Zuspruch. Dies hat einen positiven Einfluss auf das Marketingkonzept. In diesem werden die Radurlauber als bevorzugte Zielgruppe erachtet. Die privilegierte Werbequelle zur Erreichung dieser Zielgruppe ist das Internet. Bei der Auslegung der Photovoltaik-Inselanlage für die angenommenen Verbraucher wird für die entsprechenden Monate eine unterschiedliche Anzahl von Modulen gebraucht um die Akkus ausreichend und schnell genug laden zu können. Im April werden 5 Module benötigt, in den Monaten Mai bis September 6, in März 7 und in Oktober 8 Module. Da in der Vor- und Nachsaison mit weniger Urlaubern gerechnet wird, werden 6 Module für ausreichend erachtet.

8. Literaturverzeichnis

- ADFC. „Umfrage zur Bekanntheit von E-Bikes 2011.“ *Fahrrad-Monitor Deutschland 2011*, 20. Dezember 2011: 67.
- AlpStore. *www.alpstore.info*. 1. Mai 2013. <http://www.alpstore.info/> (Zugriff am 15. Oktober 2013).
- . *www.alpstore.info*. 1. Mai 2013. <http://www.alpstore.info/Pilots.html> (Zugriff am 15. Oktober 2013).
- B.A.U.M. *PV-Store plus E-Bike*. Münschen, 15. Oktober 2013.
- Becker, Jochen. *Marketingkonzepte*. München: Franz Vahlen GmbH, 2013.
- BMU. *Ergebnisbroschüre Erneubar mobiel*. Broschüre, Berlin: Laserline, 2012.
- BMU. *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Bericht, Berlin: Bonifatius GmbH, 2013.
- Danielle, Giovanni, und Roger Sonderegger. *Kompaktwissen Naturtourismus*. Zürich: Rügger, 2009.
- Donner, Jochen. „Antrieb und Motoren.“ *E-Bike Motoren*, 20. Januar 2010: 40.
- Echtermeyer, Monika, Interview geführt von Alena Cicak. *Prof. Dr.* (27. Oktober 2013).
- Elektrofahrrad. *www.das-elektrofahrrad.net*. 1. Januar 2013. <http://www.das-elektrofahrrad.net/elektrofahrrad-im-urlaub-touren-mit-dem-e-bike/> (Zugriff am 11. Dezember 2013).
- Energiesparverband. *Elektrofahrräder*. Leitfaden, Linz: Land Oberösterreich, 2009.
- EU-Kommission. *SPECIAL EUROBAROMETER 364*. Studie, Europa: EU, 2010.
- European, Commission. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>. 2013.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=de&map=europe> (Zugriff am 4. Dezember 2013).
- fotovoltaikanlage. *fotovoltaikanlage.net*. 15. September 2013.
<http://fotovoltaikanlage.net/de/node/1116> (Zugriff am 1. Dezember 2013).
- Füssen, Antonia. *Radrunde Allgäu*. Serviceheft, Kempten: Holzer Druck und Media, 2013.
- Gille, Denny. „Alter Akku wird Stromspeicher.“ *Erneuerbare Energien. Das Magazin*, 7. Oktober 2013.
- Google. *www.google.de*. 10. Dezember 2013. <https://maps.google.de/maps?hl=de> (Zugriff am 22. Dezember 2013).

- Grett, Peter, Hannes Neupert, und Werner Köstler. *E-Bikes und Pedelecs Technik-Typen-Kaufberatung von Elektrofahrrädern*. München: Bruckmann, 2011.
- Häberling, Heinrich. *Photovoltaik. Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen*. Fehrlatorf: Electrosuisse, 2010.
- Jansa, Thomas. „Stromspeicher für Photovoltaikanlagen.“ Leitfaden, 2013.
- Jennert, Reimund, und Thomas Froitzheim. *ADFC Radreiseanalyse 2013*. Bericht, Berlin: Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club, 2013.
- Juric, Sarah. *www.elektrobike-online.com*. 4. Dezember 2010. <http://www.elektrobike-online.com/news/akku-entsorgung-e-bike-pedelec-hersteller-schliessen-sich-ruecknahmesystem-an.474245.410636.htm> (Zugriff am 16. Oktober 2013).
- Kolberg, Reiner. „Zweiräder als Wegbereiter für eMobilität.“ *Neue Mobilität*, 12. Juli 2012: 46.
- kreis-warendorf. *www.kreis-warendorf.de*. 15. Juli 2008. <http://www.kreis-warendorf.de/w1/20717.0.html> (Zugriff am 1. Dezember 2013).
- Kuß, Alfred, und Torsten Tomczak. *Marketingplanung*. Wiesbaden: Gabler, 2001.
- Leopoldina, Nationale Akademie der Wissenschaften. *Energiepolitische und forschungspolitische Empfehlungen nach den Ereignissen in Fukushima*. Bericht, Berlin: H. Heenemann GmbH & Co. KG, 2011.
- Meffert, Heribert, Christoph Burmann, und Manfred Kirchgeorg. *Marketing.Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung*. Wiesbaden: Springer, 2012.
- Merkel, Wolfgang. „So wertvoll ist das leichteste Metall der Erde.“ *Die Welt*, 2010.
- Mertens, Konrad. *Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*. München: Carl Hanser, 2013.
- Movelo. *Leichter treten durch E-Power*. Regionalflyer, Kempten: Movelo, 2013.
- Müller, Peter. *www.sturmwetter.de*. 15. August 2013. <http://www.sturmwetter.de/texte/statistik0713.htm> (Zugriff am 15. Dezember 2013).
- Münsterland-Tourismus. *www.muensterland-tourismus.de*. 2013. <http://www.muensterland-tourismus.de/174863/e-bikes-muensterland> (Zugriff am 30. Oktober 2013).
- Oberstdorf-Tourismus. „Radkarte.“ Information, Oberstdorf, 2013.

- Pardey, Hans-Heinrich. „Hersteller wehren sich gegen Stiftung Warentest.“ *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2013.
- Pedelec-Portal. *www.pedelec-portal.net*. 18. Mai 2012. <http://www.pedelec-portal.net/pedelec-elektrofahrrad-e-bike-s-pedelec-worin-liegen-eigentlich-die-unterschiede/002408> (Zugriff am 11. Dezember 2013).
- . *www.pedelec-portal.net*. 24. Januar 2012. <http://www.pedelec-portal.net/fahrrad-mit-hilfsmotor-pedelec---wie-funktioniert-es/0074> (Zugriff am 20. Oktober 2013).
- Quaschnig, Volker. *Erneuerbare Energien und Klimaschutz*. München: Carl Hanser, 2010.
- Riegle, Thomas. *Akkus und Ladegeräte. Grundlagen, Ladep Praxis und Pflege*. Baden-Baden: Verlag für Technik und Handwerk, 2009.
- Rolfsmeier, Manfred. *www.derwesten.de*. 10. April 2012. <http://www.derwesten.de/auto/e-bike-boom-haelt-in-deutschland-an-id6533507.html> (Zugriff am 22. Oktober 2013).
- Rose, Versand GmbH. „Fahrradfahren in Deutschland 2013.“ Studie, Deutschland, 2013.
- Sauerland-Tourismus. *www.sauerland.com*. 2013. <http://www.sauerland.com/Sauerland-entdecken/Radfahren2/E-Bike-Mit-Schub-durchs-Sauerland/News2/Neu-Aufladestationen-fuer-E-Bike> (Zugriff am 30. Oktober 2013).
- Schulte, Ute. „eMobilität im Tourismus.“ *Neue Mobilität*, 4. Juli 2012: 27.
- Schwaibold, Frank. „Zahl der Unfälle mit E-Bikes nimmt stark zu.“ *Stuttgarter Nachrichten*, 2013.
- Schwarzwald-Tourismus. *www.schwarzwald-tourismus.info*. 2013. <http://www.schwarzwald-tourismus.info/Entdecken/Rad-und-MTB/e-bike> (Zugriff am 30. Oktober 2013).
- Smolik, C, M Bollschweiler, und V Ziese. *Das Elektrorad*. Bielefeld: BVA Bielefelder Verlag, 2010.
- SolarWorld. „Sunmodule SW 240.“ Datenblatt, 2012.
- Stankiewitz, Karl. *Wie der Zirkus in die Berge kam. Die Alpen zwischen Idylle und Rummelplatz*. München: Oekom, 2012.
- Tamoschat, Maren. *www.themenportal.de*. 11. Juli 2012. <http://www.themenportal.de/reise-deutschland/mit-dem-e-bike-unterwegs-durch-deutschland-50379> (Zugriff am 20. Oktober 2013).
- TNS. „Akzeptanz höherer Kosten für Ökostrom.“ Studie, Deutschland, 2011.

- Urlaub-Reise-News. *www.urlaub-und-reise-news.de*. 7. Oktober 2013. (http://www.urlaub-und-reise-news.de/reiseNews-Mit-dem-E-Bike-unterwegs_12398.html (Zugriff am 11. Dezember 2013)).
- VKU. „Meinungen zum Thema Energiewende.“ Studie, Deutschland, 2011.
- Warentest. „Das Risiko fährt mit.“ *Stiftung Warentest*, 15. Juni 2013: 70-78.
- WEMAG, Interview geführt von Alena Cicak. (10. Januar 2013).
- WEMAG. „Datenblatt ReeVOLT.“ Datenblatt, Schwerin, 2013.
- . *www.wemag.com*. 24. Juni 2013.
http://www.wemag.com/ueber_die_wemag/presse/pressemeldungen/2013/06_24_reevolt-stromspeicher-photovoltaik.html (Zugriff am 1. Dezember 2013).
- Wesselmann, Stefanie, und Bettina Hohn. *Public Marketing*. Wiesbaden: Springer, 2012.
- Wetzel, Daniel. „Deutschland exportiert so viel Strom wie nie zuvor.“ *Die Welt*, 2013.
- Zehnpfennig, Simone. <http://medien.allgaeu.info>. 11. Februar 2013.
http://medien.allgaeu.info/allgaeu_news/wellness_news/Allgaeuer_Tourismusbilanz_2012_Grund_zur_Freude.html (Zugriff am 28. Oktober 2013).
- Zweirad-Industrie-Verband. *E-Bikes weiterhin mit Rückenwind unterwegs*. Berlin: ZIV, 2013.

Anhang

Datenblatt des Stromspeichers



Technische Daten

Parameter	Wert
System	
Leistung	5.000 VA
Kapazität	2,5 kWh (garantierter Wert für 16 Akkus)
Wirkungsgrad (typisch)	90 %
Abmessungen (LxBxH)	60 cm x 60 cm x 84 cm
Gewicht (mit/ohne Akkus)	105 kg / 60 kg
Wechselstrom	
Eingang	230 V / 50 Hz / 25 A
Ausgang	230 V / 50 Hz / 25 A / Inselnetzfähig
Anschlüsse Eingang, Ausgang	2 x 5 m Installationsleitung, 4 mm ²
Steckdose (integriert)	230 V / 50 Hz / 10 A / Schuko
Gleichstrom	
Nennspannung	26 V
Nennstrom Laden	16 x 4 A
Nennstrom Entnahme	16 x 10 A
Akkus	
Typ	Panasonic NKY224B02, 26 V, 10 Ah
Anzahl	16 (im laufenden Betrieb austauschbar)
Schnittstellen	
Bedienoberfläche	7" Touch-Display True Color
Fernzugriff / Internet	RJ45 / WiFi (optional)
Steuer- und Meldekontakt	Programmierbares Relais
Extern Ein/Aus	Anschluss externer Schalter
Normen	
EN 60335-1, EN 60335-2-29, EN 55014-1, EN 55014-2, EN 61000-3-3	

Druckfehler, Irrtum und jederzeitige Änderung vorbehalten.

Ihr Vertriebs- und Servicepartner

WEMAG AG
Obotritenring 40
19053 Schwerin

Tel.: 0385.755-3078
E-Mail: hausgemacht@wemag.com
Internet: www.wemag.com

WEMAG

Datenblatt der Module

Sunmodule⁺ SW 240/245/250 poly

VERHALTEN BEI STANDARDTESTBEDINGUNGEN (STC)*

		SW 240	SW 245	SW 250
Maximalleistung	P_{max}	240 Wp	245 Wp	250 Wp
Leerlaufspannung	U_{oc}	37,2 V	37,5 V	37,6 V
Spannung bei Maximalleistung	U_{mpp}	30,2 V	30,8 V	30,8 V
Kurzschlussstrom	I_{sc}	8,44 A	8,49 A	8,64 A
Strom bei Maximalleistung	I_{mpp}	7,96 A	7,96 A	8,12 A

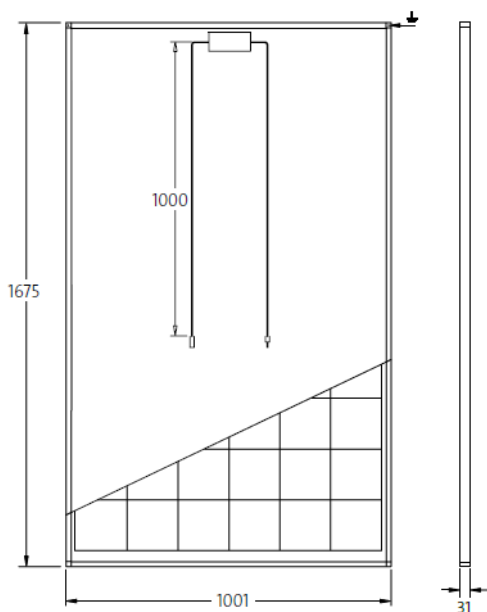
Messtoleranz (P_{max}) rückföhrbar auf TÜV Rheinland: +/- 2% (TÜV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

VERHALTEN BEI 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 240	SW 245	SW 250
Maximalleistung	P_{max}	174,2 Wp	176,4 Wp	180,4 Wp
Leerlaufspannung	U_{oc}	33,7 V	33,7 V	33,9 V
Spannung bei Maximalleistung	U_{mpp}	27,4 V	27,7 V	27,8 V
Kurzschlussstrom	I_{sc}	6,80 A	6,84 A	6,96 A
Strom bei Maximalleistung	I_{mpp}	6,37 A	6,37 A	6,50 A

Geringe Wirkungsgradreduktion im Teillastverhalten bei 25°C: bei 200 W/m² werden 95% (+/- 2%) des STC Wirkungsgrades (1000 W/m²) erreicht.



ABMESSUNG

Länge	1675 mm
Breite	1001 mm
Höhe	31 mm
Rahmung	silber eloxiertes Aluminium
Gewicht	21,2 kg

VERWENDETE MATERIALIEN

Zellen pro Modul	60
Zelltyp	Polykristallin
Zellabmessungen	156 mm x 156 mm
Vorderseite	4 mm gehärtetes Glas (EN 12150)

THERMISCHE KENNGRÖSSEN

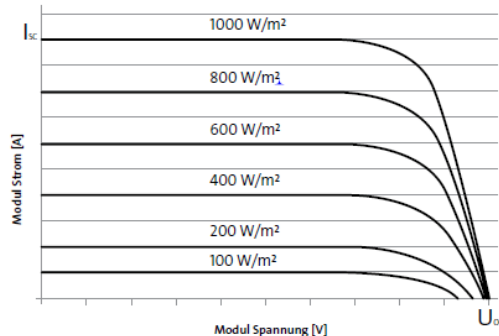
NOCT	46 °C
TK I_{sc}	0,081 %/K
TK U_{oc}	-0,37 %/K
TK P_{mpp}	-0,45 %/K

WEITERE ANGABEN

Leistungssortierung	-0 Wp / +5 Wp
Anschlussdose	IP65
Stecker	MC4 / KSK4

KENNGRÖSSEN ZUR OPTIMALEN SYSTEMEINBINDUNG

Max. Systemspannung SK II	1000 V
Rückstrombelastbarkeit	16 A
Auflast / dyn. Last	5,4 / 2,4 kN/m ²
Anzahl Bypassdioden	3
zulässige Betriebstemperatur	-40°C bis +85°C



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic Inspection
- Power ControlMed



Die SolarWorld AG behält sich Spezifikationsänderungen vor. Dieses Datenblatt entspricht den Vorgaben der EN 50380.

Dieses Datenblatt ist auch als englische Fassung erhältlich.

1) UL Listing marktabhängig

Auslegung im Tool

Verbraucher

Verbraucher	P [W]	t [h]	E
Laderegler	0,5	24	12
Lampen	11	2	22
Lampen	11	2	22
Lampen	11	2	22
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E-Bike-Akku	77,4	3,5	270,9
E _v = ∑ E gesch. Verbr. =			1432,5

Ort und Zeit für die Auslegung

Ort:	München	Monat:	Mai - Oktober
------	---------	--------	---------------

Auslegungsparameter

Systemspannung U _s =	26	V
Akku-Zykklentiefe t _Z =	0,9	
Ah-Wirkungsgrad η _{Ah} =	0,9	
Autonomiedauer n _A =	2	d
Benutzungshäufigkeit h _B	1,00	

Auslegungen

Mittl. tägl. ED=h _B *EV+E ₀ =	1432,50	Wh/d
Mittl. tägl. QD=ED/US=	55,10	Ah/d
Nutzbare Akku-Kapazität KN=n _A *(EV+E ₀)/US=	110,19	Ah
Minimale Akku-Kapazität K=KN/t _Z =n _A *(EV+E ₀)/(US*t _Z)=	122,44	Ah
Erforderliche tägliche Ladung QL=QD/η _{Ah}	61,22	Ah/d

Auslegungsparameter

Modul:	SW poly 240	
PM ₀ =	240	W
Systemspannung US=	26	V
Modulstrom:	7,96	A
γ=	0	°
β=	45	°

Auslegungen

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Erf.täg. Ladung QL	0,00	0,00	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	0,00	0,00	Ah/d
QPV=QL-QH=	0,00	0,00	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	183,65	0,00	0,00	Ah/d

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
H	1,67	2,66	3,83	5,16	5,17	5,29	5,27	4,88	4,08	2,93	1,91	1,42	kWh/m2
R (β, γ)	1,47	1,35	1,19	1,08	1,01	0,98	1,00	1,05	1,16	1,27	1,38	1,48	
HG=R(β, γ)*H	0,00	0,00	4,56	5,57	5,22	5,18	5,27	5,12	4,73	3,72	0,00	0,00	kWh/m2
YR=HG/1kWm-2=	0,00	0,00	4,56	5,57	5,22	5,18	5,27	5,12	4,73	3,72	0,00	0,00	h/d

kG	0,69	0,73	0,81	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,82	0,75	0,66	
QS=kG*IMo*YR=	0,00	0,00	29,39	36,82	34,91	34,66	35,24	34,26	31,65	24,29	0,00	0,00	Ah/d

nSP'=QPV/QS	0,00	0,00	6,25	4,99	5,26	5,30	5,21	5,36	5,80	7,56	0,00	0,00	Module
nM=	0	0	7	5	6	6	6	6	6	8	0	0	Module

Erforderliche Anzahl Parallelstränge: Maximum (nSP'), aufgerundet auf ganze Zahlen:	nSP=	8
---	------	---