

Kollegium Spiritus Sanctus Brig

Maturaarbeit 2023/24

Wie rentabel ist eine private Solaranlage?

Eine ökonomische Analyse

Von:

Amherd Ivan, 5G

Eingereicht im Fachbereich Wirtschaft und Recht

Betreut durch:

Ritz Adrian

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	3
2. Einleitung	4
3. Was ist eine Solaranlage?	5
4. Aufbau und Funktionsweise einer Solarzelle	5
5. Geschichte der Photovoltaik in der Schweiz	6
6. Wie viel kostet eine Solaranlage?	7
7. Unterschiedliche Arten von Solarmodulen	9
8. Lebensdauer einer Solaranlage	10
9. Welche Faktoren beeinflussen die Rentabilität einer Solaranlage?	11
9.1. Einfluss des Strompreises	11
9.2. Einfluss des Standorts	13
9.3. Einfluss des Eigenverbrauchs	14
9.4. Einfluss der Finanzierung und Förderungen	14
10. Strompreise Unterschiede Anbieter	15
11. Investitionsrechnungen	16
11.1. Amortisationsrechnung	21
11.2. Rentabilitätsrechnung	22
12. Verschiedene Szenarien	23
12.1. Vergleich Gamsen mit sonnigeren Standorten	23
12.2. Massive Veränderung des Strompreises	23
12.3. Eigenverbrauch erhöhen	24
13. Schlussfolgerung	25
14. Danksagung	26
15. Literaturverzeichnis	27
16. Abbildungsverzeichnis	30
17. Tabellenverzeichnis	31
18. Anhang	32
18.1. Interview	32
18.2. Steuerberechnung	35
18.3. Excel-Tabellen Investitionsrechnungen	36
19. Authentizitätserklärung	37

1. Vorwort

Im Herbst 2021 hatte sich mein Vater dazu entschieden, eine Solaranlage auf unserem Dach installieren zu lassen. Ein paar Wochen nach dieser Entscheidung kam die Firma Gattlen mit der Hebebühne und langen Leitern daher. Innerhalb weniger Tage wurde die Photovoltaikanlage (PV-Anlage) auf unserem Dach installiert. In den ersten Wochen achtete ich mich nicht auf das neue Konstrukt. Ich bekam es nicht einmal zu sehen – erst wenn ich von Weitem unser Hausdach begutachtete, fielen mir die Module auf. Ich verspürte eine gewisse Neugier und wollte mehr über diese Neuheit erfahren. Mittels einer App lässt sich eine Vielzahl an Daten zur Anlage anzeigen. Mein Vater zeigte mir voller Stolz die zur Verfügung gestellten Informationen. Zum Beispiel wie viele Kilowattstunden (kWh) die Anlage innerhalb eines Tages produziert hat oder wie viel CO₂ bereits eingespart wurden. Es war faszinierend zu sehen, wie unsere neue Anlage etwas zur erneuerbaren Stromproduktion und der Reduktion der Umweltbelastung beitrug.

Fast täglich tauschten sich mein Vater und ich über die aktuellen Zahlen unserer Solaranlage aus. Daraus entstanden spannende Gespräche. Mit dieser Arbeit habe ich die Chance erhalten, unsere eigene Anlage auszuwerten und noch mehr über Solaranlagen zu erfahren.

Nach der Entscheidung für mein Thema konnte ich schon einzelne Artikel über Solaranlagen auf die Seite legen und ich habe mich auch über die Unterlagen zu unserer Anlage informiert.

Dadurch erhielt ich die perfekte Gelegenheit, eine Kostenanalyse durchzuführen und das erworbene Wissen praktisch anzuwenden.

Im Rahmen dieser Arbeit werfe ich einen genaueren Blick auf die privaten Solaranlagen. Ich möchte zeigen, was eine PV-Anlage überhaupt ist und wie sie funktioniert. Darüber hinaus widme ich mich der Entwicklung der Solaranlagen in der Schweiz und was für eine Lebensdauer sie besitzen.

Ein entscheidender Aspekt bei der Installation einer PV-Anlage sind die anfänglichen Investitionskosten. Solaranlagen sind oft mit hohen Investitionskosten verbunden. Daher konzentriere ich mich in dieser Arbeit besonders auf die Rentabilität. Ich möchte damit die Frage beantworten, ob sich eine private Solaranlage überhaupt lohnt und wie lange es dauert, bis sich die Investition amortisiert. Dazu werde ich auch auf den Einfluss von lokalen Faktoren eingehen.

2. Einleitung

Strom ist ein wichtiger Bestandteil unseres täglichen Lebens. Viele sind sich gar nicht bewusst, wie vielfältig und bedeutend dessen Einsatzbereiche sind. Für grundlegende Tätigkeiten wie Kochen, Waschen und Heizen aber auch für moderne Anwendungen wie Fortbewegung, Beleuchtung und das Aufladen von technischen Geräten, ist Strom heute unverzichtbar.¹ Es ist bemerkenswert, wie sehr wir auf Strom angewiesen sind, und dass uns dies oft gar nicht bewusst ist.

In einer Zeit, in der sich unser Energiesystem im Umbruch befindet, sorgt Strom immer wieder für Gesprächsstoff in den Schweizer Medien. Eine der häufigsten Fragen ist dabei, wie wir bis 2050 klimaneutral werden können. Die Antwort liegt darin, dass wir gezwungen sind, von fossilen Energieträgern wegzukommen, und vermehrt auf Wind- und Wasserkraft, Solarenergie und Wasserstoff setzen müssen.² So können wir beispielsweise davon ausgehen, dass mittel- und längerfristig Autos grösstenteils mit Strom und Wasserstoff unterwegs sein werden. Dadurch wird der Stromverbrauch massiv zunehmen. Und genau in diesem Punkt liegt das nächste Problem: wie kann die Schweiz eine ausreichende Stromversorgung gewährleisten? Aktuell sind wir stark vom Ausland abhängig, was der Konflikt zwischen Russland und der Ukraine verdeutlicht hat. Dazu kommt, dass die Schweiz mittelfristig ihre Atomkraftwerke herunterfahren möchte, wobei die Kernenergie im Jahr 2022 einen Anteil von rund 35% an der Gesamtstromerzeugung der Schweiz hatte.³ Insgesamt lässt sich sagen, dass auf der einen Seite viel Strom gebraucht, während auf der anderen zu wenig produziert wird. Durch diesen Nachfrageüberschuss werden die Marktpreise in die Höhe getrieben.

Eine Option, die Stromversorgung der Schweiz zu verbessern, sind Solaranlagen, entweder durch öffentliche Solarparks oder durch private Anlagen.

Vor ein paar Monaten wurde im Wallis ein Dekret über ein beschleunigtes Bewilligungsverfahren bei Photovoltaik-Grossanlagen verabschiedet und dem Volk zur Abstimmung vorgelegt. Das Dekret hätte beispielsweise ermöglicht, den Bau von öffentlichen Solarparks zu beschleunigen (z.B. Grengiols-Solar). Allerdings wurde diese Vorlage von der Stimmbevölkerung abgelehnt. Das siegreiche NEIN-Komitee argumentierte unter anderem damit, dass das Produktionspotential von Solaranlagen auf bestehender Infrastruktur nicht ausgenützt sei. Man sollte dieses Potential nutzen, statt die Natur und Landschaft mit viel Infrastruktur zu verbauen. Ein Blick auf die Oberwalliser Hausdächer zeigt, dass das Produktionspotential von Solaranlagen auf Hausdächern noch lange nicht ausgeschöpft ist. Einerseits hätte die öffentliche Hand die Möglichkeit, grosse Dachflächen mit Solaranlagen auszustatten. Andererseits könnten private Haushalte einen Beitrag dazu leisten.⁴ Doch lohnt es sich, aus wirtschaftlicher Sicht, in eine private Solaranlage zu investieren?

¹ (Bundesamt für Energie, 2021)

² (Speicher, 2023)

³ (Statista Research Department, 2023)

⁴ (Kanton Wallis, 2023)

3. Was ist eine Solaranlage?

Eine Solaranlage ist eine Installation, welche die Energie der Sonne nutzt, um elektrische Energie oder Wärme zu erzeugen. Es wird zwischen zwei Arten von Solaranlagen unterschieden.

Zum einen gibt es Photovoltaikanlagen, welche das Sonnenlicht in elektrischen Strom umwandeln. Der erzeugte Strom kann unmittelbar verwendet, in einem Stromspeicher zwischengespeichert oder als Überschussstrom in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Der zweite Typ ist die solarthermische Anlage. Hierbei wird die Sonnenenergie in thermische Energie, d.h. in Wärme, umgewandelt. Diese Wärme kann zum Heizen, Duschen oder zum Baden verwendet werden.⁵

Beide Varianten helfen, die Umwelt zu schonen und die eigenen Energiekosten zu senken.

Diese Arbeit befasst sich nur mit Photovoltaikanlagen.

4. Aufbau und Funktionsweise einer Solarzelle

Für das Umwandeln der Sonnenstrahlen (sog. Photonen) in Strom sind die Solarzellen verantwortlich. Sie bilden die kleinste Einheit der Solaranlage und bestehen aus dem Halbleitermaterial Silizium. Doch warum fällt hier die Wahl auf Silizium? Silizium ist ein unedles Metall und leitet so die Elektronen perfekt. Und Strom ist bekanntlich das Fließen von Elektronen.

Die Silizium-Solarzelle besteht insgesamt aus drei Schichten. Die oberste Lage bildet die n-dotierte Schicht. Sie besteht aus den Stoffen Silizium und Phosphor.

Die p-dotierte Schicht befindet sich am unteren Ende der Zelle und besteht aus einer Silizium-Bor-Mischung.

Zwischen den beiden Lagen befindet sich eine sogenannte Grenzschicht. Durch diese kann das Sonnenlicht in die Zelle eindringen. Silizium reagiert auf das Eindringen des Sonnenlichts, indem es Elektronen loslöst und Löcher bildet. Es entsteht dadurch eine Spannung, die umso grösser ist, je stärker das Sonnenlicht scheint. An der n-dotierten Schicht bildet sich dadurch eine negative Ladung, wobei an der p-dotierten Schicht eine positive Ladung entsteht. Die Elektronen wandern nun vom Minuspol zum Pluspol – es fließt ein Gleichstrom. Damit die Elektronen abfließen können und somit zu den Ver-

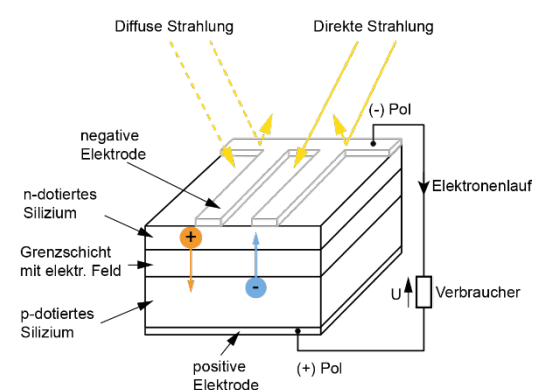


Abbildung 1: Aufbau einer Solaranlage

⁵ (New Energie, 2023)

brauchern gelangen, sind auf der Vorder- und Rückseite metallische Kontakte angebracht. Diese sind über ein Kabel miteinander verbunden und schliessen den Stromkreis.⁶

Zusätzlich bedarf es der Abschirmung der Solarzellen mittels einer Glasschicht, um sie vor Umwelteinflüssen zu schützen. Des Weiteren ist die Implementierung einer Hauptschaltung erforderlich, um die Ströme der einzelnen Solarzellen zusammenzuführen.

Um den erzeugten Strom ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen, wird der Gleichstrom mithilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt.⁷

Den Verbrauchern steht schliesslich Strom zur Verfügung, den sie selbst brauchen, einspeisen oder verkaufen können.

5. Geschichte der Photovoltaik in der Schweiz

Durch eine Fortbildungsreise in den USA lernte der Ingenieur Markus Real die Photovoltaik kennen und brachte sie in die Schweiz. So erfolgte im Jahr 1979 die Installation der ersten PV-Anlage auf einem Unterstand im Kanton Aargau. Sie wurde ausgerechnet vom Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung, das später unter dem Namen Paul-Scherrer-Institut bekannt wurde, montiert und galt als erste netzgekoppelte Solarstromanlage Europas. Die Anlage hatte eine bescheidene Leistung von zwei Kilowatt. Von dieser Anlage erfuhr die Öffentlichkeit allerdings erstmal nichts. Drei Jahre später gelangte ein Projekt in Canobbio im Kanton Tessin an die Öffentlichkeit. Diese Anlage hatte bereits eine Leistung von zehn Kilowatt.

Ebenfalls im Jahr 1982 kündigte Markus Real seinen Job beim Paul-Scherrer-Institut und gründete die Firma Alpha Real AG. Sein Ziel war es, die Photovoltaik und die Windkraft weiterzuentwickeln. Im Jahr 1986 konnte die Firma die erste Solarstromanlage auf einem Schweizer Privathausdach installieren. In der Folgezeit wurden Personen gesucht, die bereit waren, einen Betrag von 41'000 CHF in eine Drei-Kilowatt-Anlage zu investieren. Diese Personen wurden gefunden und damit war man einen Schritt näher, die breite Masse anzusprechen.

Zwischenzeitlich wurde die Tour de Sol, ein Solarauto-Rennen, vom Solarpionier Josef Jenni organisiert. Er wollte damit die Solartechnik im Land bekannter machen und ein Zeichen setzen für mehr Umweltschutz.

Um die Photovoltaik auf weitere Dächer in der Schweiz zu bringen, brauchte es attraktive Angebote. So beschlossen die Stadtwerke Burgdorf im Kanton Bern, eine Einspeisevergütung einzuführen, welche pro eingespeiste Kilowattstunde eine Vergütung von einem Schweizer Franken zahlt.

⁶ (EnBW, 2022)

⁷ (Würsten, 2012)

Im Jahr 1992 bauten die Elektrowatt AG und die Bernische Kraftwerke AG auf dem Mont Soleil im Berner Jura eine Anlage mit 500 Kilowatt. Es war seinerzeit die grösste Solaranlage Europas.

Die Schweiz war über Jahre hinweg führend bei der Nutzung von Solarenergie. Pro Kopf gerechnet erzeugte die Schweiz auch mehr Solarstrom als Deutschland. Dies änderte sich im Jahr 2000, als Deutschland das Erneuerbare-Energien-Gesetz mit kostendeckenden Vergütungen einführte.

Heute ist es so, dass Solarstrom sogar billiger als der Strom aus dem Netz ist. 1983 musste man noch 17'500 CHF für ein Kilowatt-Solarsystem aufbringen. 2010 kostete es nur noch 2'500 CHF. Die Leistung aller Schweizer Solaranlagen hat die Marke von über zwei Gigawatt überschritten.⁸ Der Solarstrom deckt nun 5% des Gesamtverbrauchs. Doch im Vergleich zu anderen Ländern wird in der Schweiz zu wenig Strom aus Sonnenenergie gewonnen. Somit ist der Markt noch lange nicht gesättigt.⁹

6. Wie viel kostet eine Solaranlage?

Aufgrund der starken Zunahme an Solaranlagen sind die Preise mit der Zeit gesunken, allerdings sind diese aufgrund der stark gestiegenen Nachfrage kürzlich wieder gestiegen.

Die Preise sind vor allem abhängig von der Grösse der Anlage und der Montageart. Bei der Montageart sind verschiedene Varianten zu unterscheiden.

Einerseits die Aufdach-Montage, bei der die Solarmodule auf das vorhandene Dach montiert werden. Dies ist die gängigste Art, eine Solaranlage zu montieren. Dabei werden Metallschienen auf dem Dach angebracht. Diese dienen der Befestigung der Solarzellen, die zuvor in einen Metallrahmen eingepasst wurden. Die Vorteile sind dabei, dass der Eingriff in die Bausubstanz kaum nennenswert ist und sich die Solarmodule leicht austauschen oder abbauen lassen, ohne dabei grössere Spuren zu hinterlassen. Ein weiteres Plus betrifft der resultierende Abstand, der dazu führt, dass Luft zwischen Dach und Aufbau hindurch zirkulieren und so für eine natürliche Kühlung sorgen kann.

Andererseits gibt es die Indach-Montage. Sie wird häufig angewendet, wenn für den Neubau eines Hauses die Photovoltaik-Anlage bereits eingeplant ist. Hierbei werden die Solarmodule bereits durch Einhängen in ein Schienennetz in das Dach integriert. Der grösste Nutzen ist, dass die Module im Gegensatz zu der Aufdach-Anlage nicht aus der Dachhaut hervorragen. Dazu kommt noch, dass eine Indach-Montage resistenter gegen Sturmböen ist, da weder die Konstruktion noch die Verkabelungen gelockert werden können. Der grosse Nachteil: Eine Indach-Montage ist massiv teurer und ist in höheren Lagen aus statischer Sicht nicht möglich.¹⁰ Bei der Indach-Anlage gibt

⁸ (Janzing , 2018)

⁹ (WWF)

¹⁰ (Solaranlage-Ratgeber.de-Team, 2023)

es mehrere Varianten: Solarmodule, welche rahmenlos sind – diese sind jedoch etwas teurer. Dafür gibt es hier auch Halbmodule. Der Nachteil ist hier, dass die Leistungen dieser Module denjenigen der Standardmodule hinterher hinken, da diese nur alle 3-5 Jahre durch weiter optimierte Module am Markt abgelöst werden. Bei Indach-Systemen mit Standardmodulen (mit Rahmen) kann man immer die marktüblichen Module verwenden. Das System ist auch rund 50-70% günstiger als mit rahmenlosen Modulen.

Ausserdem lohnt sich, immer zuerst den Dachzustand zu betrachten. Wenn das Dach bereits älter ist, sollte eine Sanierung des Daches in Betracht gezogen werden. So käme dann eher eine Indach-Anlage infrage.¹¹

Die Preise der Bauteile werden grösstenteils durch den Weltmarkt festgelegt. In der Schweiz jedoch üben die Lohnkosten der spezialisierten Fachkräfte, die diese Bauteile einbauen, einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtkosten aus.

Jede private Solaranlage ist ein Unikat, denn fast jedes Hausdach ist anders. Sprich in der Grösse, der Neigung, dem Material und der Form. So müssen die Solaranlagen an diese Gegebenheiten angepasst werden, was sich wiederum in anderen Kosten widerspiegeln kann. Um sich den Preis einer Solaranlage trotzdem vorstellen zu können, wird als Beispiel eine durchschnittliche Anlage genommen.

Ein typisches Einfamilienhaus verbraucht in der Regel etwa 4'500 Kilowattstunden Strom pro Jahr. Für solche Wohngebäude würde in der Regel eine Solaranlage mit einer Leistung von 8 bis 10 Kilowatt-Peak (kWp) empfohlen. Dabei handelt es sich um die theoretische Spitzenleistung. In diesem Szenario wird üblicherweise etwa 30% des erzeugten Stroms selbst genutzt, während die verbleibenden 70% an das örtliche Elektrizitätswerk verkauft werden.

Pro installiertem Kilowatt-Peak kann man eine geschätzte jährliche Erzeugung von ungefähr 900 Kilowattstunden erwarten. Bei einer Anlage mit 8 Kilowatt-Peak ergibt dies eine jährliche Energieproduktion von 7'200 Kilowattstunden. Die Kosten für eine solche Photovoltaik-Anlage in der Schweiz belaufen sich auf etwa 20'000 CHF inkl. Montage, wobei es regional Unterschiede gibt, insbesondere zwischen Städten und Bergregionen.

Nach Berücksichtigung staatlicher Fördermittel und Einmalvergütungen würde sich der Gesamtpreis auf rund 15'000 CHF reduzieren. Die Gesamtkosten für die Solaranlage umfassen nicht nur die Preise für die auf dem Dach montierten Solar-Module, sondern auch die Ausgaben für Wechselrichter, Montagesysteme, Steuerung und Zähler, sowie die Kosten für die Installation und Inbetriebnahme.

¹¹ (Gattlen, 2023)

Bevor beispielsweise eine Aufdachanlage installiert wird, ist es notwendig, das Dach zu reinigen. Die Dachreinigung sollte von einem professionellen Fachbetrieb durchgeführt werden. So gehen insgesamt 30% der Gesamtkosten auf den Einbau und die Inbetriebnahme zurück. Abbildung 2 zeigt die Aufschlüsselung der Kosten einer durchschnittlichen Solaranlage.

PV-Bestandteil	Kosten
Photovoltaik-Module	CHF 7'200 - 9'000
Wechselrichter (leistungsabhängig)	CHF 3'400 - 4'250
Steuerung (auf Wunsch auch aufwendiger und teurer)	CHF 2'000 - 2'500
Montagesystem und Kleinteile	CHF 1'800 - 2'250
Einbau durch Fachbetrieb	CHF 5'600 - 7'000
Addierte Photovoltaik-Kosten	CHF 20'000 - 25'000
Preis-Senkung durch Förderung (Einmalvergütung)	- CHF 4'120 - 4'800

Abbildung 2: Kostenaufschlüsselung einer Solaranlage

Zusätzliche Kosten würden für einen Stromspeicher oder eine optimierte Steuerung anfallen, wobei ein Stromspeicher zwischen 10'000 und 13'000 CHF kostet. Die optimierte Steuerung bewirkt, dass der Eigenverbrauch um 10 bis 20% angehoben werden kann. Dadurch muss weniger Geld für den Strombezug von Energiewerken ausgegeben werden.¹²

7. Unterschiedliche Arten von Solarmodulen

Solarpanels werden unterschieden in kristalline Module und Dünnschichtmodule.

Dünnschichtmodule werden auch als amorphe Module bezeichnet. Im Vergleich zu den kristallinen Modulen haben sie einen geringeren Wirkungsgrad von 6 bis 10 Prozent. So ist es nicht sinnvoll, diese Art von Modulen auf kleineren Dächern und Flächen zu installieren. Der grösste Vorteil ist der Kostenfaktor. Sie sind massiv günstiger als die kristallinen Module. Dazu bringen sie bei diffusen Lichtverhältnissen gute Erträge. Dennoch sollten amorphe Solarpanels nur bei grösseren Flächen eingesetzt werden.

Die kristallinen Module bilden die Hauptgruppe für monokristalline und polykristalline Solarpanels. Sie bestehen vor allem aus Silizium. Monokristalline Solarmodule haben einen Wirkungsgrad, der knapp 20% höher ist als der ihrer Artgenossen. Sowohl Dünnschichtmodule als auch polykristalline Solarmodule werden aus Siliziumblöcken hergestellt, die aus mehreren Kristallen bestehen. Im Gegensatz dazu werden monokristalline Solarmodule aus einem einzigen Siliziumblock gezogen, der aus einem einzigen Kristall besteht. Dieser Herstellungsprozess bietet den Vorteil, dass es weniger Kristallübergänge gibt, was zu weniger Energieverlusten und damit einem höheren Wirkungsgrad führt. Es ist jedoch anzumerken, dass die Gewinnung solcher grossen einzelnen Kristalle aufwendiger ist, was monokristalline Module im Vergleich zu Dünnschicht- und polykristallinen Modulen teurer macht.

¹² (Beckmann, 2023)

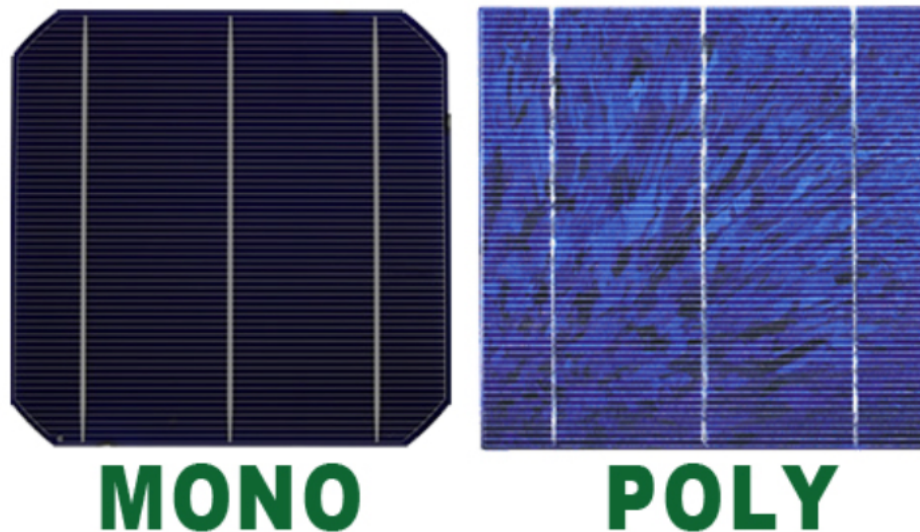


Abbildung 3: Mono- und polykristalline Solarzelle

Auf privaten Hausdächern werden vor allem die monokristallinen Solarzellen verwendet, da sie wie bereits angesprochen einen hohen Wirkungsgrad besitzen. Doch was ist unter diesem Wirkungsgrad zu verstehen? Der Wirkungsgrad beschreibt, wie viel Prozent der Energie vom Sonnenlicht schlussendlich in Strom umgewandelt wird. Je höher diese Prozentzahl, desto mehr Sonnenlicht wird in Strom umgewandelt.¹³

Vor zwei Jahren hatten monokristalline Solarmodule einen Wirkungsgrad von rund 18-20%. Mit der neuen Halbzellentechnologie kommt man auf 21-23% Wirkungsgrad. Der Leistungszuwachs der Module ist nicht mehr so stark wie noch vor ein paar Jahren. Da wurde teils pro Quartal eine neue Leistungsklasse herausgegeben. Im Moment wird so jährlich die Klasse verbessert. Die Module werden aber auch immer grösser, und damit auch leistungsstärker. Prognosen zeigen, dass der Wirkungsgrad in den nächsten fünf Jahren auf rund 25% ansteigt.¹⁴

8. Lebensdauer einer Solaranlage

Eine Solaranlage ist vergleichbar mit einem Mobiltelefon. In diesen sind Akkus verbaut, die regelmässig aufgeladen werden müssen. Durch das ständige Aufladen und Entladen kommt es zu unzähligen Elektronenverschiebungen. Dadurch nimmt die maximale Leistungsfähigkeit bei jedem Elektronentransfer ein wenig ab. Zwar wird eine Solaranlage nicht mit Strom aufgeladen, doch auch hier werden, wie im Kapitel 4 beschrieben, Elektronen verschoben. So ist auch eine Solaranlage nicht lebenslänglich funktionstüchtig. Bei der Solaranlage spricht man von einer Leistungsdegradation. Darunter ist zu verstehen, dass mit zunehmendem Alter der Wirkungsgrad der PV-Anlage abnimmt.¹⁵

¹³ (photovoltaik-firma.de)

¹⁴ (Gattlen, 2023)

¹⁵ (www.solaranlage.eu)

Dazu kommen noch weitere Faktoren, die das Altern beschleunigen, aber nicht in der Degradation berücksichtigt sind. Dies sind beispielsweise Temperaturschwankungen, denn je höher der Temperaturgradient zwischen Sommer und Winter, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Verbindungen zwischen den einzelnen Solarmodulen beschädigt werden. Ein weiterer entscheidender Punkt sind die UV-Strahlen. Denn diese können die Solarmodule gelbbraun verfärben. Dieser Vorgang wird als Browning bezeichnet und kann dazu führen, dass die Solarzellen das Licht nicht mehr vollständig absorbieren. Des Weiteren bilden die Hotspots der Solarzellen ein potenzielles Problem. Solarzellen werden üblicherweise in Reihe geschaltet, um die Gesamtspannung zu erhöhen. Wenn jetzt ein Solarmodul keinen Strom produziert, weil das Panel im Schatten liegt, bildet es einen Widerstand zu den übrigen Zellen und erwärmt sich stark. Dadurch sinkt die Zelleistung oder wird langfristig sogar zerstört.¹⁶

Ohne Berücksichtigung der Umwelteinflüsse beträgt die durchschnittliche Lebensdauer bei amorphen Solarzellen rund 20 bis 25 Jahre und bei kristallinen Solarzellen rund 30 Jahre. Auskunft über die Lebensdauer können auch die Garantien der einzelnen Hersteller geben. Wobei anzumerken ist, dass die Lebensdauer noch viel länger sein kann. Jedoch setzt dann die PV-Anlage nicht mehr so effizient Sonnenlicht in Strom um.¹⁷ Der Wirkungsgrad kann je nach Modultyp unterschiedlich schnell abnehmen. Bei kristallinen Solarpanels beträgt die Leistungsminderung über einem Zeitraum von 20 bis 25 Jahren etwa 10 bis maximal 15 Prozent und nimmt weiter linear ab. Dünnschichtmodule hingegen können im ersten Jahr bereits eine Leistungsminderung von 25 Prozent aufweisen, altern aber in den folgenden Jahren kaum noch.¹⁸

9. Welche Faktoren beeinflussen die Rentabilität einer Solaranlage?

9.1. Einfluss des Strompreises

Der Strompreis hat einen wesentlichen Einfluss auf die Rentabilität einer privaten Solaranlage. Dabei ist die Rede vom Verbraucherpreis und dem Rückliefertarif. Unter dem Verbraucherpreis versteht man den Preis, zu dem der Endverbraucher vom Stromanbieter Strom bezieht. Dieser setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- Energie
- Netznutzung
- Abgaben

Seit dem Jahr 2021 sind die Marktpreise für elektrische Energie stark gestiegen. Dafür gibt es mehrere Gründe: Einerseits die Energiewende. Es wird beispielsweise durch

¹⁶ (Solaranlage-Ratgeber.de-Team, 2023)

¹⁷ (www.rechnerphotovoltaik.de)

¹⁸ (Solaranlage-Ratgeber.de-Team, 2023)

die Abschaltung der Atomkraftwerke weniger Strom bei gleicher oder sogar höherer Nachfrage produziert.

Daneben spricht man von der Merit-Order. Diese Regel gibt die Reihenfolge vor, in der die Kraftwerke an der Strombörse agieren. Zuerst kommen die Kraftwerke, die billigen Strom produzieren, um die Nachfrage zu decken (z.B. Windkraft). Der Preis für Strom wird durch das zuletzt geschaltete Kraftwerk bestimmt, welches oft das Teuerste ist. Durch den Konflikt zwischen Russland und der Ukraine stiegen die Sorgen vor ausbleibenden Gaslieferungen aus Russland. Die Preise für die Gaskraftwerke gingen dadurch massiv in die Höhe. Gleichzeitig explodierte auch der Strompreis, da die Gaskraftwerke nach der Merit-Regel nun an letzter Position sind. Es ist noch anzumerken, dass der Gaspreis wiederum vom Ölpreis abhängig ist. Wenn also die Ölpreise hoch sind, steigen ebenso der Gas- und damit der Strompreis.¹⁹

Die Netznutzung bezieht sich auf die Kosten, die dem Kunden für den Transport und die Verteilung von Strom vom Kraftwerk bis zu seinem Haus in Rechnung gestellt werden. Dieser Tarif umfasst die Kosten für den Bau, Betrieb und Unterhalt der Stromnetze, das Informationswesen für die Abrechnung der Kosten und die allgemeinen Systemdienstleistungen (diese sind für den Ausgleich zwischen Verbrauch und Produktion zuständig).

Die Abgaben werden durch den Bund und das Gemeinwesen erhoben. Die Bundesabgaben werden zur schweizweiten Förderung von erneuerbaren Energien eingesetzt, wobei das Gemeinwesen z.B. Konzessionsgebühren für die Sondernutzung von öffentlichem Grund zur Verlegung von Stromleitungen erhebt.²⁰

Für einen Solaranlagenbesitzer spielt der Rückliefertarif (Einspeisevergütung) ebenso eine wichtige Rolle. Damit wird die effektiv in das Netz eingespeiste Energiemenge vergütet. Wer also 10kW pro Stunde produziert und davon 75% wieder ins öffentliche Stromnetz einspeist, bekommt pro Kilowattsunde vom Stromanbieter einen gewissen Betrag gutgeschrieben. Dieser Betrag ist tiefer als der Verbraucherpreis, da bei der Einspeisung die Netznutzung und die Abgaben nicht vergütet werden. Zusätzlich kann man seine Solaranlage auf natürlichen Strom zertifizieren lassen (Herkunftsnachweis, kurz HKN). So steigert man den Marktwert und profitiert von einem höheren Vergütungssatz.

Bei einem Anstieg des Verbraucherpreises steigt auch der Rückliefertarif. Der Stromproduzent erhält dann mehr Geld für den eingespeisten Strom.²¹

Das Fazit: Umso höher diese beiden Preise sind, desto rentabler ist die private Solaranlage.

¹⁹ (Magoley, 2022)

²⁰ (Maag, 2021)

²¹ (EnBAG iischi energie, 2023/2024)

9.2. Einfluss des Standorts

Der Standort ist ein entscheidender Faktor für die Rentabilität einer PV-Anlage.

Wenn ein Blick auf die Strompreise geworfen wird, ist zu beobachten, dass diese je nach Region erheblich variieren. Hierbei spielt die Netznutzung eine grosse Rolle. In abgelegenen Regionen ist ein grösserer Aufwand nötig, um die Stromversorgung zu gewährleisten. Auch Unterschiede im Konsumverhalten der Endverbraucher führen zu unterschiedlichen Netzkosten. Je höher die Nachfrage der Endverbraucher, desto höher kann der Strompreis in einer Gemeinde anfallen. Aber auch die Effizienzunterschiede der Netzbetreiber haben einen Einfluss auf den Strompreis.²²

Das Schweizer Flachland ist geprägt von langen Nebelperioden, vor allem im Herbst und Winter. Diese Nebelperioden sind alles andere als förderlich für die Stromproduktion. Die Alpenregionen sind mit vielen Sonnenstunden hingegen besser geeignet. Zusätzlich kann der Schnee im Winter die Stromproduktion fördern, indem er das Sonnenlicht reflektiert und so mehr Sonnenlicht auf die Zellen gelangt.²³ Im Wallis liegt der spezifische Solarertrag bei 1'000-1'250kWh/kWp. Im Flachland hingegen ist dieser deutlich unter 1'000kWh/kWp. Dort beträgt der Solarertrag im Schnitt 850kWh/kWp.²⁴

Der Schnee kann aber auch negativ sein. Nehmen wir dazu als Beispiel die Ortschaft Glis. Da Glis während dem Winter fast keine Sonnenstunden hat, verbleibt allfälliger Schnee länger auf den Dächern. Die Solaranlage wird dadurch bedeckt und kann die wenigen Sonnenstunden nicht zur Stromproduktion nutzen.

Auch Verschattungseffekte können die Rentabilität beeinträchtigen, da sie den Solarertrag erheblich mindern können. Hindernisse wie Bäume, Berge, Gebäude oder andere Strukturen werfen Schatten auf die Solarmodule, was wiederum die Leistung dieser Module verringert und die Gesamteffizienz der Solaranlage beeinträchtigt. Daher ist es entscheidend, eine sorgfältige Standortanalyse durchzuführen, um mögliche Verschattungsprobleme zu erkennen und, sofern möglich zu, minimieren.²⁵

Die Ausrichtung des Hauses zur Sonne und die Neigung des Daches haben einen Einfluss auf die Rentabilität. Die ideale Ausrichtung des Hauses wäre 0° zum Süden. So können die Panels das Maximum an Sonnenstrahlen aufnehmen. Hierbei handelt es sich um die absolute Ideal-Situation, die in der Praxis nur in wenigen Fällen so erreichbar oder umsetzbar ist. Bei der Dachneigung gilt die Regel: Je weiter weg von der Sonne, desto steiler sollte das Dach sein. Die Sonneneinstrahlung ist im Norden der Schweiz flacher als im Süden. Die optimale Neigung der nach Süden ausgerichteten Solarmodule wäre in der Schweiz zwischen 25° und 40°.²⁶

²² (Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom), kein Datum)

²³ (energiezukunft, kein Datum)

²⁴ (Gattlen, 2023)

²⁵ (Shepetunova, 2023)

²⁶ (energieheld schweiz, kein Datum)

9.3. Einfluss des Eigenverbrauchs

Der Eigenverbrauch des selbst produzierten Solarstroms in einem privaten Haushalt kann erheblich zur jährlichen Rendite der Solaranlage beitragen. Indem der erzeugte Solarstrom direkt vor Ort verwendet wird, sinkt der Bedarf an Strom aus dem öffentlichen Netz. Dies resultiert in einer Reduktion der Stromkosten, da der selbst erzeugte Solarstrom in der Regel kostengünstiger ist als der gekaufte Netzstrom.

Um zu verdeutlichen, wie der Eigenverbrauch die Rentabilität beeinflusst, hier ein Beispiel: Angenommen, eine Solaranlage mit einer installierten Leistung von 10 kWp erzeugt jährlich 10'000 kWh Solarstrom. Der aktuelle Strompreis liegt bei 0,25 CHF pro kWh, und der Einspeisetarif bei 0,10 CHF pro kWh. Ohne Eigenverbrauch würde die gesamte erzeugte Energie ins öffentliche Netz eingespeist und vergütet.

Wenn jedoch 50 % des erzeugten Solarstroms vor Ort genutzt werden, verringert sich entsprechend der Bezug von Strom aus dem Netz. Der Eigenverbrauch beläuft sich in diesem Fall auf 5'000 kWh. Die Einsparung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Strompreis und der Einspeisevergütung pro kWh, multipliziert mit der Menge des selbst genutzten Solarstroms.

Einsparung durch Eigenverbrauch: 5'000 kWh (Eigenverbrauch) x (0,25 CHF/kWh – 0,10 CHF/kWh) = 750 CHF

In diesem Szenario würde die Nutzung des selbst erzeugten Solarstroms zu einer jährlichen Einsparung von 750 CHF führen. Diese Einsparung trägt zur Steigerung der Rentabilität der Solaranlage bei, da der Bezug von Strom aus dem Netz reduziert wird und somit die Gesamtkosten gesenkt werden.²⁷

9.4. Einfluss der Finanzierung und Förderungen

Die Kosten für Solaranlagen sind seit dem Ausbruch der Corona-Pandemie gestiegen. Wie im Kapitel 6. erwähnt, beläuft sich der Preis einer durchschnittlichen Solaranlage auf ungefähr 20'000 CHF. Diese Summe stellt eine erhebliche Investition dar. Es gibt jedoch verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten, um diese Ausgaben zu bewältigen. Personen mit ausreichendem Eigenkapital können dieses Eigenkapital verwenden, um die Solaranlage zu finanzieren. Damit hat die Person die volle Kontrolle über das Projekt. Allerdings kann es einige Zeit dauern, bis die Investition amortisiert ist. Es ist wichtig, die eigene finanzielle Situation vor dem Kauf zu studieren.

Jene, die nicht über ausreichend Eigenkapital verfügen, können einen Solarkredit in Anspruch zu nehmen. Banken und Kreditinstitute bieten verschiedene Darlehen und Kreditooptionen an, um die hohen Investitionskosten zu decken.

Ein Nachteil bei der Aufnahme eines Solarkredits sind die jährlichen Zinszahlungen, die sich negativ auf die Rentabilität der Anlage auswirken können. Andererseits hat man mehr Eigenkapital für andere Investitionen zur Verfügung. Es besteht ebenfalls

²⁷ (Shepetunova , 2023)

ein gewisses Risiko bei dieser Finanzierungsform. Um dieses Risiko zu umgehen, entscheiden sich einige Personen dafür, die Solaranlage zu mieten oder zu leasen.²⁸

Das Mieten oder Leasen einer Solaranlage ermöglicht es, die anfänglichen Investitionskosten zu senken. Dies kann besonders attraktiv für diejenigen sein, die eine geringere finanzielle Belastung wünschen. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Modelle über einen längeren Zeitraum hinweg teurer sein könnten. Dies gilt es zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Zusammenfassung Finanzierungsmethoden

	Eigenkapital	Solarkredit	Leasen/Mieten
Vorteile	- Keine Fremdverschuldung nötig - Günstigste Methode	- Bei wenig vorhandenen liquiden Mitteln wird Kauf dadurch ermöglicht	- Investitionskosten in die Anlage fallen weg - Abgesichert gegen Reparaturen
Nachteile	- Hoher Bestand an EK notwendig - Führt zum sofortigen Abfluss grosser finanzieller Mittel	- Jährliche Zinszahlungen - Fremdverschuldung	- Anlage gehört bis Vertragsende dem Mieter - Insgesamt höhere Gesamtkosten
Häufigkeit	häufig	häufig	selten

Quelle: Capaul, 2020, S.403 & Helion²⁹

Da die Photovoltaik einen wichtigen Beitrag zur Energiewende in der Schweiz leistet, werden in der Schweiz Solaranlagen mit der Einmalvergütung gefördert.

10. Strompreise Unterschiede Anbieter

Wie im Kapitel 9.2. erwähnt, können die Strompreise stark variieren - bedingt durch verschiedene Faktoren. Diese Unterschiede resultieren aus den topografischen Gegebenheiten des Versorgungsgebiets, dem unterschiedlichen Konsumverhalten der Endverbraucher sowie den Effizienzunterschieden der Netzbetreiber. Ein weiterer Faktor, der zu Differenzen im Energietarif führt, ist die Art des ökologischen Produktmixes oder der Anteil an Eigenproduktion. Netzbetreiber, die vorteilhafte Bezugsverträge im Energieeinkauf haben, können Energie zu günstigeren Preisen anbieten im Vergleich zu Unternehmen mit einem höheren Anteil an teurer Eigenproduktion. Zusätzlich gibt es erhebliche Unterschiede in den Vertriebsmargen der Netzbetreiber. Eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen auch die Steuern und Abgaben an die Gemeinden, die von Netzbetreiber zu Netzbetreiber erheblich variieren können, landesweit.³⁰

²⁸ (Mühlbauer, 2023)

²⁹ (Helion Energy AG, kein Datum)

³⁰ (Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom), kein Datum)

11. Investitionsrechnungen

Die für die Investitionsrechnungen untersuchte private Solaranlage befindet sich auf einem Einfamilienhaus in Gamsen. Dieser Standort ist nicht ideal für eine Solaranlage. Zwar hat es im Sommer viele Sonnenstunden, jedoch gibt es im Winter Tage, an denen die Sonne nur 30 Minuten scheint.

Insgesamt wurden 40 Module auf dem Dach montiert, was einer ausgelegten Fläche von knapp 73 m² entspricht. Bei den Modulen handelt es sich um monokristalline Solarzellen vom Hersteller Suntech Power. Die Anlage hat einen potenziellen Kilowatt-Peak von 14.4 kW. Das Haus ist um 336° Richtung Norden und 156° Richtung Süden ausgerichtet. Die Dachneigung beträgt 15° und ist etwas flacher als der Idealwert. Da auf der Südseite des Daches Warmwassermodule angebracht sind, wurden auf dieser Seite weniger Solarmodule angebracht als auf der Nordseite. Die Anlage wurde nachgerüstet und nicht beim Neubau ins Dach integriert. Die Installation der Solaranlage erfolgte im Herbst 2021. Zur Vereinfachung werden die letzten Monate des ersten Jahres in den Investitionsrechnungen nicht berücksichtigt.

Im folgenden Teil werden die Investitionen für die oben beschriebene Solaranlage aufgezeigt. Anschliessend wird die Investitionsrechnung analysiert und daraus die Amortisationszeit berechnet. Letztendlich wird die Rentabilität der PV-Anlage bewertet.

Die Kosten der Anlage stellen sich folgendermassen zusammen:

Tabelle 2: Kostenzusammenstellung

Kostenzusammenstellung	
Vorbedingungen	- CHF
PV-Aufdach	15'840.00 CHF
Transport und Montage	9'270.00 CHF
Engineering und Inbetriebnahme	1'723.00 CHF
Batteriespeicher (optional)	- CHF
Elektroladestation (optional)	- CHF
Total PV-Anlage (exkl. MwSt.)	26'833.00 CHF
5% Rabatt	- 1'341.65 CHF
2% Skonto	- 509.83 CHF
Vorfinanzierung Einmalvergütung	- 5'730.73 CHF
Abrundungsrabatt	- 680.69 CHF
7.7% MwSt.	1'429.95 CHF
Total (inkl. 7.7% MwSt.)	20'000.05 CHF

In diesem Fall bestehen die totalen Kosten der PV-Anlage aus dem Preis der Module, dem Transport, der Montage und der Inbetriebnahme. Es resultiert ein Betrag von

knapp 27'000 CHF. Die Kosten würden höher anfallen, wenn auch noch ein Batteriespeicher und/oder eine Elektroladestation installiert worden wären. Von diesen knapp 27'000 CHF werden der Rabatt von 5%, das Skonto von 2% und die Einmalvergütung abgezogen. Dazu kommt noch der Abrundungsrabatt. Schlussendlich wird die Mehrwertsteuer von 7.7% verrechnet. Das ergibt einen gerundeten Betrag von 20'000 CHF.

Durch die Kostenrechnung wird der Cashflow ermittelt, indem die Aufwendungen und Investitionen von den Erträgen subtrahiert werden. Dieser Wert wird durch eine schrittweise Aufschlüsselung aller Komponenten erhalten.

Von den oben genannten 20'000 CHF werden nun 3'535 CHF als Steuerersparnis abgezogen.³¹ Für die Rechnung der Steuerersparnis wurde ein steuerbares Einkommen von 80'000 angenommen, welches oberhalb des Durchschnittseinkommens liegt.³² Abzüglich der Steuerersparnis beläuft sich die Investition auf 16'465 CHF.

Für die nachfolgenden Jahre fallen keine Investitionskosten mehr an, wodurch auch keine Steuern mehr gespart werden können. Darum bleiben die entsprechenden Felder in Tabelle 3 leer.

Tabelle 3: Investitionen

Investitionen (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Investition (abzgl. Einmalvergütung)	-20'000									
Steuerersparnis	3'535									
Total Investitionen abzgl. Steuerersparnis	-16'465	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bei einer Solaranlage ist der jährliche Aufwand nicht immer gleich. Vielleicht hat man über mehrere Jahre keinen Aufwand, doch dann fällt in einem Jahr plötzlich der Wechselrichter aus, da dieser täglich sehr viel Energie umrichten muss und so starken Schwankungen ausgesetzt ist. So kann der Wechselrichter nach 15-20 Jahren defekt gehen und es entstehen in einem Jahr grosse Kosten.³³ Um solche Aussetzer zu vermeiden, wird normalerweise ein gewisser Prozentsatz vom Gesamtbetrag ausgerechnet, der die jährliche Wartung deckt. Dieser Prozentsatz liegt bei ca. einem Prozent des Investitionsbetrags. Damit ist die jährliche Wartung konstant und beträgt in diesem Beispiel 200 CHF pro Jahr ($20'000 \times 0.01 = 200$ CHF). Folglich beträgt der Aufwand jährlich 200 CHF.³⁴

Tabelle 4: Aufwände

Aufwände (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Jährliche Wartung	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Totale Aufwände	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200

Die Erträge werden in den nachfolgenden Etappen schrittweise berechnet.

³¹ (Eidgenössische Verwaltung, 2023)

³² (Schöchli, 2023)

³³ (Gattlen, 2023)

³⁴ (solarenergie.de, 2021)

Da sich die Anlage im Bezirk Brig befindet, wird der Strom vom Anbieter «iischi Energie – EnBAG» bezogen. Das Unternehmen publizierte im Jahr 2022 folgende Strompreise (der Verkaufspreis entspricht der Einspeisevergütung):

Tabelle 5: Strompreise

Strompreise (pro kWh)	2022
Preis Bezug Wintertarif	0.19 CHF
Preis Bezug Sommertarif	0.15 CHF
Preis Verkauf Wintertarif	0.11 CHF
Preis Verkauf Sommertarif	0.08 CHF

Quelle: EnBAG Preisblatt 2022

Die folgenden produzierten Strommengen wurden im Jahr 2022 verkauft oder im eigenen Haushalt verbraucht. Dabei machte der Eigenverbrauch durchschnittlich 18% der insgesamt erzeugten Strommenge aus. Der Eigenverbrauch ist nicht in jedem Monat gleich. In den Wintermonaten fällt der Eigenverbrauch viel höher aus als im Sommer, besonders weil im Winter die Stromproduktion massiv tiefer und der Verbrauch viel höher ist. So liegt in den Wintermonaten der Eigenverbrauch teilweise sogar über 50%.

Es fällt auf, dass im Sommer eine enorme Menge an Strom eingespeist werden kann. Der Eigenverbrauch bewegt sich im Sommer zwischen 10 und 20%.

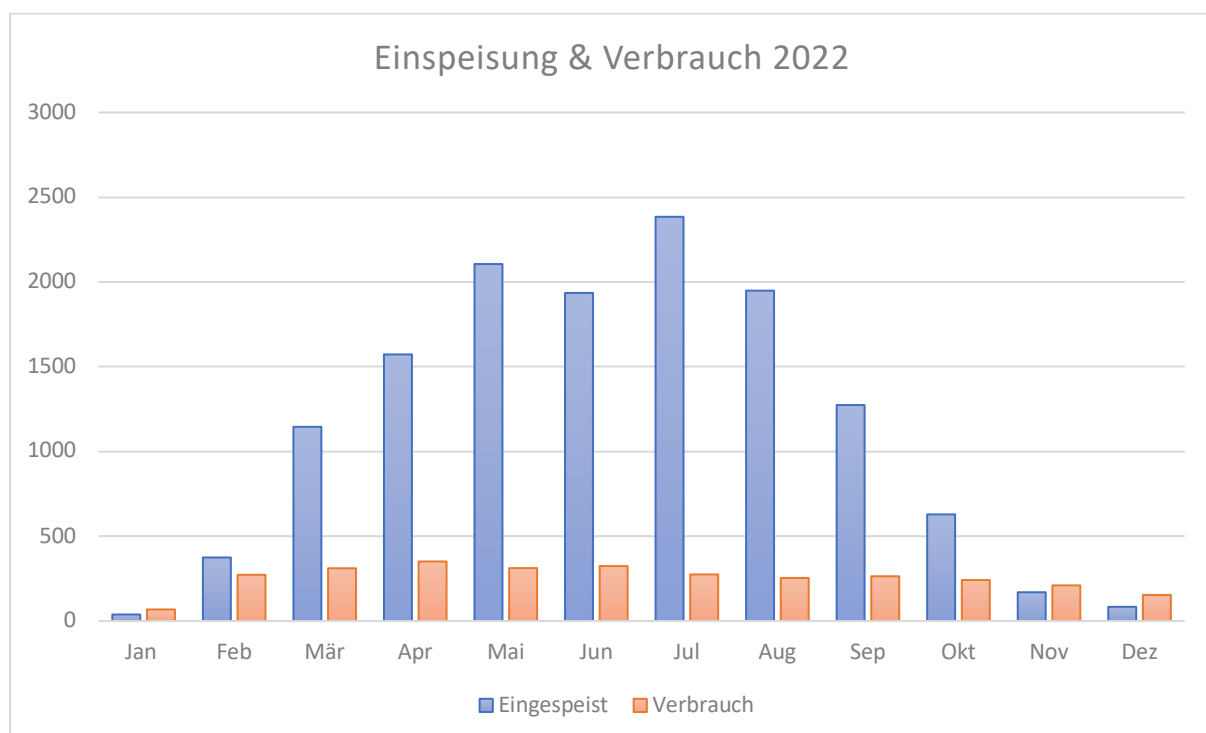


Abbildung 4: Einspeisung & Eigenverbrauch in kWh pro Monat im Jahr 2022

Tabelle 6: Verkauf & Verbrauch Total 2022

Verkauf & Verbrauch (in kWh)	2022
Verkauf Wintertarif	2'439.93
Verkauf Sommertarif	11'220.09
Eigenverbrauch Wintertarif	1'256.61
Eigenverbrauch Sommertarif	1'778.91

Basierend auf den Strompreisen sowie den Werten für die verkaufte und selbst verbrauchte Strommenge können nun die Erträge berechnet werden. Einerseits aus dem verkauften Strom, der durch die Multiplikation des Rückliefertarifs mit den eingespeisten Kilowattstunden berechnet wird. Andererseits aus dem selbst verbrauchten Strom (Eigenverbrauch), der hingegen durch die Multiplikation des Bezug-Strompreises mit dem Eigenverbrauch kalkuliert wird.

In beiden Fällen wird zwischen dem Winter- und dem Sommertarif unterschieden. Im Winter sind die Preise generell höher, da einerseits mehr Strom nachgefragt und andererseits weniger Strom produziert wird. Im vorliegenden Fall besitzt das Einfamilienhaus eine elektrische Wärmepumpe und braucht damit viel Strom zum Heizen und für das Warmwasser im Winter. Die Nachfrage nach Strom ist hiermit im Winter höher. Dazu kommt noch, dass die PV-Anlage im Winter nur sehr wenig Strom produzieren kann. Dafür ist hingegen der Einspeisetarif im Winter höher. Der Wintertarif gilt während den Monaten Oktober bis März, während der Sommertarif die Monate April bis September abdeckt.

Die Multiplikation der verschiedenen Werte ergeben die untenstehenden Erträge:

Tabelle 7: Erträge

Erträge	2022
Verkauf Winter (Rückliefertarif)	268 CHF
Verkauf Sommer (Rückliefertarif)	926 CHF
Ertrag aus Eigenverbrauch Winter (Bezugstarif)	241 CHF
Ertrag aus Eigenverbrauch Sommer (Bezugstarif)	262 CHF
Total Erträge	1'697 CHF

Die Einnahmen aus dem Verkauf und dem Eigenverbrauch von Strom beliefen sich im Jahr 2022 auf 1'697 CHF.

Das Jahr 2022 lässt sich somit wie folgt zusammenfassen:

Tabelle 8: Investitionsrechnung Jahr 2022

Investitionen	2022
Investition (abzgl. Einmalvergütung)	- 20'000 CHF
Steuerersparnis	3'535 CHF
Total Investitionen abzgl. Steuerersparnis	- 16'465 CHF
Aufwände	2022
Jährliche Wartung	- 200 CHF
Totale Aufwände	- 200 CHF

Erträge	2022
Verkauf Winter (Rückliefertarif)	268 CHF
Verkauf Sommer (Rückliefertarif)	926 CHF
Ertrag aus Eigenverbrauch Winter (Bezugstarif)	241 CHF
Ertrag aus Eigenverbrauch Sommer (Bezugstarif)	262 CHF
Total Erträge	1'697 CHF

Total Cashflow	- 14'968 CHF
-----------------------	---------------------

Durch die Addition der obigen Werte ergibt sich ein negativer Cashflow von -14'968 CHF. Der Grund, wieso der Cashflow so stark im Minus ist, sind besonders die hohen Investitionskosten.

Um die Amortisationszeit zu berechnen, müssen auch die nachfolgenden Jahre betrachtet werden.

Aufgrund der Schwankungen der Strompreise ändern sich die Kosten jährlich. Damit ist der Strompreis in der Investitionsrechnung variabel. Die Strompreise für die Jahre 2023 und 2024 konnten den Preislisten der EnBAG entnommen werden. Da für die nachfolgenden Jahre noch keine Preise bekannt sind, müssen Annahmen getroffen werden. Für unsere Analyse wird eine jährliche Steigerung von 5% angenommen.

Tabelle 9: Strompreise & Verbrauch

Veränderung Strompreis				5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Strompreise & Verbrauch	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Preis Bezug Wintertarif (CHF pro kWh)	0.19	0.34	0.37	0.39	0.40	0.42	0.45	0.47	0.49	0.52
Preis Bezug Sommertarif (CHF pro kWh)	0.15	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31	0.32	0.34	0.35
Preis Verkauf Wintertarif (CHF pro kWh)	0.11	0.23	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33
Preis Verkauf Sommertarif (CHF pro kWh)	0.08	0.16	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23
Verkauf Wintertarif (kWh)	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440	2'440
Verkauf Sommertarif (kWh)	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220	11'220
Eigenverbrauch Wintertarif (kWh)	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257	1'257
Eigenverbrauch Sommertarif (kWh)	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779	1'779

Quelle: (EnBAG iischi energie, 2023/2024)

Der Eigenverbrauch bleibt über den gesamten Zeitraum konstant und es wird immer gleich viel Strom verkauft. Die Erträge werden dabei auf die gleiche Art und Weise wie im ersten Jahr berechnet.

11.1. Amortisationsrechnung

Die Amortisationszeit beschreibt, wie lange es dauert, bis die eingesetzten Mittel wieder zurückbezahlt sind. Um die Amortisationszeit zu ermitteln, wird der Break-Even-Point (=Gewinnschwelle) ermittelt, an dem Verluste und Gewinne identisch sind. Die durchschnittliche Amortisationszeit einer Anlage mit einer Leistung von 8-15 kWp beträgt zehn bis zwölf Jahre.³⁵

Die Amortisationsrechnung zu unserem Beispiel ist in der Tabelle 10 unten dargestellt. Dabei wird der Cashflow vom ersten Jahr mit den nachfolgenden Jahren addiert. Sobald der kumulative Cashflow positiv ist, wurde der Break-Even-Point überschritten. In der Zeile „Total Cashflow kumuliert“ sind die ersten fünf Jahre in roter Farbe angegeben. Die rote Farbe steht hierbei für den Verlust, denn die Summe der ersten fünf Jahre ergibt einen negativen Wert von -2'170 CHF. Nimmt man nun noch das sechste Jahr (2027) dazu, hat ergibt sich erstmals einen Gewinn (s. grüne Farbe). Dieser beträgt 1'436 CHF. Damit ist die Solaranlage nach sechs Jahren amortisiert und es wurde bereits ein kleiner Gewinn erzielt. Wobei in diesem Fall noch zu ergänzen ist, dass ohne die massive Strompreissteigerung im Jahr 2023 die Anlage erst ein paar Jahre später amortisiert wäre.

Die exakte Amortisationszeit dieser Anlage würde 5.5 Jahre betragen.

Tabelle 10: Amortisationsrechnung

Investitionen (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Investition (abzgl. Einmalvergütung)	-20'000									
Steuerersparnis	3'535									
Total Investitionen abzgl. Steuerersparnis	-16'465	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aufwände (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Jährliche Wartung	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Totale Aufwände	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Erträge (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Verkauf Winter (Rückliefertarif)	268	564	564	593	622	653	686	720	756	794
Verkauf Sommer (Rückliefertarif)	926	1'814	1'814	1'905	2'000	2'100	2'205	2'316	2'431	2'553
Ertrag aus Eigenverbrauch Winter (Bezugstarif)	241	427	461	484	508	534	560	588	618	649
Ertrag aus Eigenverbrauch Sommer (Bezugstarif)	262	427	448	471	494	519	545	572	601	631
Total Erträge	1'697	3'233	3'288	3'452	3'625	3'806	3'996	4'196	4'406	4'626
Total Cashflow	-14'968	3'033	3'088	3'252	3'425	3'606	3'796	3'996	4'206	4'426
Total Cashflow kumuliert	-14'968	-11'934	-8'847	-5'594	-2'170	1'436	5'233	9'229	13'435	17'861

³⁵ (Kümpel, 2023)

11.2. Rentabilitätsrechnung

Doch wie rentabel ist nun eine private Solaranlage? Diese Frage wird nachfolgend analysiert.

Bei der Rentabilitätsrechnung wird das eingesetzte Kapital berücksichtigt. Die durchschnittliche Rendite bei einer Solaranlage beträgt 10%.³⁶ Das heisst 10% des eingesetzten Kapitals kommen jedes Jahr zurück.

Um die Rentabilität im vorliegenden Beispiel zu berechnen, wurde wie folgt der jährliche Gewinn ermittelt:

Die kalkulatorischen Zinsen setzen sich aus dem Zinssatz der langfristigen Bundesobligationen und einem Risikozuschlag zusammen. Das ergibt einen kalkulatorischen Zinssatz von etwa 5%. Diese 5% werden dann mit dem durchschnittlich gebundenen Kapital (=Investitionsbetrag / 2) multipliziert. Bei dem Investitionsbetrag von 16'465 CHF resultieren jährliche kalkulatorische Zinsen von 412 CHF.

Wenn der Investitionsbetrag durch die durchschnittliche Nutzungsdauer von 25 Jahren geteilt wird, erhält man die jährlichen Abschreibungen. Diese belaufen sich auf 659 CHF.

Zusätzlich werden noch der jährliche Erlös und der jährliche Aufwand berücksichtigt. Basierend auf diesen Daten kann der jährliche Gewinn berechnet werden, indem der jährliche Aufwand, die kalkulatorischen Zinsen und die Abschreibungen vom jährlichen Erlös abgezogen werden.

Mithilfe des berechneten Gewinns kann nun die Rentabilität berechnet werden. Dabei wird der jährliche Gewinn durch das durchschnittlich gebundene Kapital geteilt.³⁷

Für das erste Jahr (2022) resultierte eine Rentabilität von 5.2%. Aufgrund der massiven Strompreissteigerung liegt die Rentabilität im Jahr 2023 bei 23.8%. In den Folgejahren sollte die Rentabilität nicht mehr so stark steigen, falls die Prognosen zutreffen.

Die durchschnittliche Rentabilität liegt bei dieser Anlage bei 28.7% (über zehn Jahre gerechnet).

Tabelle 11: Rentabilitätsrechnung

Rentabilitätsrechnung (CHF)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Jährlicher Erlös	1'697	3'233	3'288	3'452	3'625	3'806	3'996	4'196	4'406	4'626
Jährlicher Aufwand	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
kalkulatorische Zinsen (5%)	-412	-412	-412	-412	-412	-412	-412	-412	-412	-412
Abschreibungen (25 Jahre)	-659	-659	-659	-659	-659	-659	-659	-659	-659	-659
Jährlicher Gewinn	427	1'963	2'018	2'182	2'355	2'536	2'726	2'926	3'136	3'356
Rentabilität	5.2%	23.8%	24.5%	26.5%	28.6%	30.8%	33.1%	35.5%	38.1%	40.8%

³⁶ (Solar Direktinvestment GmbH, 2023)

³⁷ (Capaul & Steingruber, 2020)

12. Verschiedene Szenarien

12.1. Vergleich Gamsen mit sonnigeren Standorten

Wie im Kapitel Investitionsrechnung beschrieben, ist Gamsen nicht der ideale Standort für eine Solaranlage. Im Folgenden wird der Standort Gamsen mit einem sonnigeren Standort verglichen.

Der sonnigere Standort für den Vergleich ist Hegdorn. Dieser befindet sich etwas oberhalb von Naters. An diesem Standort wurde von der Ewald Gattlen AG ein Modell von einem Neubau erstellt, welcher fast genau die gleichen Eigenschaften wie das Haus in Gamsen aufweist. Das heisst, die Ausrichtung des Hauses zur Sonne und die Neigung des Daches sind identisch mit den Werten in Gamsen. Ebenso wurden 40 Solarmodule auf dem Dach installiert, was einer Fläche von knapp 72m² entspricht. Dabei gibt es nur minimale technische Unterschiede bei der Fläche und dem Kilowatt-Peak.

Der Standort in Hegdorn hat den Vorteil, dass die Sonne am Morgen viel früher kommt. Allerdings hat Hegdorn den Nachteil, dass im Sommer am Abend die Sonne bereits früh weg ist. Der spezifische Solarertrag in Hegdorn liegt bei 1'092kWh/kWp. In Gamsen liegt dieser knapp darunter bei 1'065kWh/kWp, was einem Ertragsunterschied von nur 3% entspricht. Damit zeigt sich aber, dass mit ein paar zusätzlichen Sonnenstunden der Ertrag gesteigert werden kann. Im Winter ist der Solarertrag nicht so entscheidend, da der Solarertrag sowieso nicht so hoch ist. Auch wenn man Referenzanlagen vergleicht, ist der Unterschied sehr gering.

An anderen Walliser Standorten kann der Unterschied dann doch schon beträchtlich sein. So beispielsweise in Guttet, wo eine Ertragssteigerung gegenüber Gamsen von fast 15% zu erwarten ist. Dieses Szenario würde bedeuten, dass die Anlage bereits nach fünf Jahren gezahlt ist, wenn der Stromanbieter der gleiche wäre. Somit wäre Guttet ein idealer Standort für eine private Solaranlage.

Tabelle 12: Standortvergleich

	Gamsen	Hegdorn	Guttet
Solarertrag kWh/kWp	1'065	1'092	1'225
Ertragsunterschiede im Vergleich zu Gamsen	-	+3%	+15%
Amortisationszeit	~ 5.5 Jahre	~ 5.3 Jahre	~ 5.0 Jahre

12.2. Massive Veränderung des Strompreises

Im Februar 2022 brach der Konflikt zwischen der Ukraine und Russland aus. Da die Strompreise immer im Vornherein bestimmt werden, stellte der Konflikt die Strompreise im Folgejahr völlig auf den Kopf. Insgesamt gab es einen Anstieg der Strompreise um fast 80%.

In den nachfolgenden Jahren ist der Strompreis zwar immer noch verhältnismässig stark gestiegen, aber nicht mehr so dramatisch. Doch was wäre, wenn der Strompreis jedes Jahr stark steigen würde? Wie gross ist der Einfluss auf die Amortisationszeit und die Rentabilität der Solaranlage?

Nehmen wir an, dass der Strompreis nach dem Jahr 2023 jedes Jahr um 20% steigen würde. Damit wäre die Anlage bereits nach 4.6 Jahren gezahlt. Bei einer jährlichen Steigerung von 40% wäre die Anlage bereits nach 3.5 Jahren amortisiert.

Es ist festzuhalten, dass der Strompreis einen grossen Einfluss auf die Amortisation einer PV-Anlage hat.

12.3. Eigenverbrauch erhöhen

Normalerweise wird ein Eigenverbrauch von 30-40% empfohlen. Bei der Beispielanlage liegt dieser mit 18% klar unter der Empfehlung. Ein Batteriespeicher würde die Möglichkeit bieten, den Eigenverbrauch zu erhöhen. Abhängig von der Speicherkapazität, der Stromspeicher-Art, der maximalen Entladetiefe, der Zyklenzahl sowie dem Leistungsverlust bewegen sich die Kosten für einen Batteriespeicher zwischen 10'000 CHF und 20'000 CHF.³⁸

Konkret würde das bedeuten, dass wir wieder eine gewaltige Investition tätigen müssten. Dazu kommt noch, dass beim Nachrüsten des Batteriespeichers, dieser nicht von den Steuern abgezogen werden kann. Trotzdem ist momentan die Nachfrage nach Batteriespeichern sehr hoch, und in Kombination mit den knappen Rohmaterialien bewegen sich die Preise in einem hohen Bereich.

Zudem kommt, dass das Wallis im Vergleich zu anderen Kantonen niedrige Strompreise hat. Dadurch ist der Batteriespeicher teils nicht wirtschaftlich, wodurch sich die Amortisationszeit erhöht. Die Strompreise sind aber am Steigen, wodurch der Batteriespeicher interessant werden könnte.³⁹

Durch die Erhöhung des Eigenverbrauchs muss weniger Strom aus dem Netz bezogen werden, wodurch der Autarkiegrad zunimmt. Damit ist man weniger abhängig von einem Stromanbieter.

³⁸ (energieheld, 2023)

³⁹ (Gattlen, 2023)

13. Schlussfolgerung

Jede Solaranlage ist ein Unikat. Durch die unterschiedlichen Arten von Modulen gibt es für jeden Käufer ein geeignetes Solarsystem. Die Solarsysteme werden immer besser, der Wirkungsgrad nimmt zu.

Die Rentabilität und Amortisation einer Solaranlage hängen von verschiedenen Faktoren ab. Vor allem die Strompreise haben einen erheblichen Einfluss auf diese beiden Werte, was die Berechnungen der Anlage in Gamsen gezeigt haben. Ohne diesen enormen Strompreis-Sprung im Jahr 2023 wäre die Amortisationszeit der Anlage drei bis vier Jahre länger.

Grundsätzlich lohnt sich eine Investition in eine private Solaranlage in den meisten Fällen. Wenn wenig Eigenkapital vorhanden ist, gibt es verschiedene Finanzierungsmethoden, die eine Investition erleichtern. Dabei ist ein Photovoltaik-System eine sichere Geldanlage. Schliesslich ist diese Kapitalanlage nicht massiven Schwankungen ausgesetzt. Und bereits nach einigen Jahren ist der Break-Even-Point erreicht und Gewinne können erzielt werden. Durch die lange Lebensdauer einer Solaranlage lassen sich so mindestens über ein Jahrzehnt Erträge erzielen. Dies macht sie zu einer ertragsstarken Investition. Ausserdem leistet eine Investition in eine PV-Anlage auch einen Beitrag für eine ökologisch nachhaltige Energieproduktion.

Die Investition in einen Batteriespeicher stellte sich unrentabler als angenommen heraus. Die Preise sind dabei verhältnismässig hoch, wodurch sich die Amortisationszeit erhöht, und die Rentabilität verringert. Auf lange Sicht würde der Kauf eines Batteriespeichers aufgrund der Eigenverbrauchserhöhung eher Sinn machen.

Meiner Meinung nach tragen Solaranlagen einen wichtigen Teil dazu bei, bis 2050 klimaneutral zu werden und die Stromversorgung zu gewährleisten. Gemäss Jan Gattlen, Geschäftsführer der Ewald Gattlen AG, ist das Marktpotential riesig. Die Investitionen sind anfangs zwar gross, doch es handelt sich um rentable Investitionen. Selbst wenn der Standort eines Hauses suboptimal ist, wie in unserem Beispiel, gibt es oft Möglichkeiten, die Rentabilität von Solaranlagen zu optimieren. Technologische Fortschritte, verbesserte Solarmodule und Speichertechnologien bieten Lösungen, um auch in sonnenärmeren Gebieten von den Vorteilen der Solarenergie zu profitieren.

Laut Jan Gattlen sehen die nächsten Jahre im Bereich der Solarenergie wie folgt aus: «Die Preise für Solaranlagen sind langsam wieder am Sinken. Die grösseren Anlagen möchte der Bund noch mehr fördern. Dies wird nochmals einen Schub im Markt geben. Auch werden seitens der Kantone noch PV-Anlagen vorgeschrieben. Das würde Gebäude mit mehr als 300m² Gebäudefläche betreffen. Das grosse Problem wird sein, die Arbeitskräfte für die Installation zu finden. Ab August 2024 wird erstmals eine Solartechnik-Lehre angeboten. Bislang konnte man den Beruf nur durch Weiterbildungen erlernen.»⁴⁰ Für die Ewald Gattlen AG wird damit die Arbeit nicht ausgehen.

⁴⁰ (Gattlen, 2023)

14. Danksagung

Zum Abschluss meiner Arbeit möchte ich folgenden Personen einen grossen Dank aussprechen: Adrian Ritz, welcher mich bei der Arbeit als Betreuer tatkräftig unterstützte. Jan Gattlen, mit dem ich ein hilfreiches Interview führen durfte und von dessen Fachwissen ich profitieren konnte, gewährte mir einen wertvollen Einblick in die Welt der Solaranlagen. Ein herzliches Dankeschön möchte ich auch all denjenigen aussprechen, die sich die Zeit genommen haben, diese Arbeit auf mögliche Fehler und Ungenauigkeiten zu überprüfen. Ihre Beiträge zur Kontrolle haben dazu beigetragen, diese Arbeit zu verfeinern und zu verbessern. Ebenso an meine Eltern, die mir bei der Überarbeitung Tag und Nacht zur Verfügung standen.

15. Literaturverzeichnis

- Beckmann, L. (2023). *www.energieheld.ch*. Abgerufen am September 2023 von <https://www.energieheld.ch/solaranlagen/photovoltaik/kosten>
- Bundesamt für Energie. (August 2021). *pubdb.bfe.admin.ch*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiavOXaqMuAAxWFhf0HHTX7CSwQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fpubdb.bfe.admin.ch%2Fde%2Fpublication%2Fdownload%2F10559&u sg=AOvVaw35lGBBQGywsUpvpV3bm3iU&opi=89978449>
- Capaul, R., & Steingruber, D. (2020). *Betriebswirtschaft verstehen*. St. Gallen: Cornelsen.
- Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom). (kein Datum). *www.elcom.admin.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.elcom.admin.ch/elcom/de/home/themen/strompreise/elektrizitaets tarife.html>
- Eidgenössische Verwaltung. (2023). *swisstaxcalculator.estv.admin.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://swisstaxcalculator.estv.admin.ch/#/calculator/income-wealth-tax>
- EnBAG iischi energie. (Oktober 2023/2024). *www.enbag.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.enbag.ch/loesungen/strom/stromloesungen/#strompreise>
- EnBW. (11. August 2022). *www.enbw.com*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.enbw.com/blog/energiewende/solarenergie/was-passiert-eigentlich-in-der-solarzelle/#:~:text=Die%20Solarzelle%20funktioniert%20relativ%20einfach,do tierten%20Halbleiter%20der%20Solarzelle%20statt>
- energieheld. (2023). *www.energieheld.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.energieheld.ch/solaranlagen/stromspeicher>
- energieheld schweiz. (kein Datum). *www.energieheld.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von [https://www.energieheld.ch/solaranlagen/optimale-dachausrichtung#:~:text=Ausrichtungen%20und%20Effizienz&text=Es%20hat %20sich%20aber%20gezeigt,kann%20\(Quelle%3A%20Electrosuisse\)](https://www.energieheld.ch/solaranlagen/optimale-dachausrichtung#:~:text=Ausrichtungen%20und%20Effizienz&text=Es%20hat %20sich%20aber%20gezeigt,kann%20(Quelle%3A%20Electrosuisse))
- energiezukunft. (kein Datum). *www.energiezukunft.eu*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/solarenergie-im-hochgebirge-lohnt-sich/#:~:text=Fazit%3A%20Je%20höher%20die%20Lage,nochmals%20auf%20die%20Solarzellen%20geleitet>

- Fronius. (kein Datum). *www.solarweb.com*. Von <https://www.solarweb.com> abgerufen
- Gattlen, J. (23. 10 2023). Interview über private Solaranlagen (s. Anhang). (I. Amherd, Interviewer)
- Hekler , A., Renken, C., & Corti, P. (kein Datum). *www.swissolar.ch*. Abgerufen am November 2023 von https://www.swissolar.ch/01_wissen/solares-bauen/10325-handlungsanweisung_wirtschaftlichkeit-bipv_ohne-anhang_20201221.pdf
- Helion Energy AG. (kein Datum). *www.helion.ch*. Abgerufen am November 2023 von <https://www.helion.ch/de/solaranlage/kosten/finanzierung/>
- iischi Energie - EnBAG. (1. Januar 2023). *www.enbag.ch*. Von https://www.enbag.ch/?action=get_file&id=40&resource_link_id=2a8 abgerufen
- Janzing , B. (15. Februar 2018). *www.energie-experten.ch*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/die-geschichte-der-photovoltaik.html#:~:text=Ganz%20unscheinbar%20hatte%20die%20solare,di e%20erste%20netzgekoppelte%20Solarstromanlage%20Europas.>
- Kümpel, N. (7. Juli 2023). *www.wegatech.de*. Von <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/kosten-und-wirtschaftlichkeit/amortisation/#:~:text=Übliche%20Photovoltaikanlagen%20a uf%20dem%20Einfamilienhaus,Amortisation%20aber%20auch%20mehr%20 Stromkosten.> abgerufen
- Kanton Wallis. (10. September 2023). *www.3906.ch*. Abgerufen am November 2023 von https://www.3906.ch/_docn/4649458/Broschüre_10._September_2023.pdf
- Mühlbauer, C. (22. September 2023). *www.aroundhome.de*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.aroundhome.de/solaranlage/wirtschaftlichkeit/>
- Maag , C. (16. Dezember 2021). *www.energie-experten.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/wie-setzt-sich-der-strompreis-zusammen.html>
- Magoley, N. (27. August 2022). *www1.wdr.de*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www1.wdr.de/nachrichten/gaspreis-an-strompreis-gekoppelt-100.html>
- New Energie. (31. Juli 2023). *www.new-energie.de*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.new-energie.de/privatkunden/strom/solaranlage/funktionsweise#:~:text=Eine%20Solaranlage%20wandelt%20Sonnenlicht%20in,Strom%20und%20Wärme%20s elbstständig%20decken.>

photovoltaik-firma.de. (kein Datum). *photovoltaik-firma.de*. Abgerufen am September 2023 von <https://photovoltaik-firma.de/solaranlage/solarmodule>

Schöchli, H. (3. Juni 2023). *www.nzz.ch*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.nzz.ch/wirtschaft/bei-den-hochloehnen-in-der-schweiz-ging-die-post-ab-ld.1740725?reduced=true>

Shepetunova, K. (4. Juli 2023). *solarwissen.selfmade-energy.com*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://solarwissen.selfmade-energy.com/wie-hoch-ist-die-jaehrliche-rendite-einer-solaranlage/>

Solar Direktinvestment GmbH. (11. April 2023). *www.pv-magazine.de*. Abgerufen am November 2023 von <https://www.pv-magazine.de/unternehmensmeldungen/die-rendite-solaranlage-veraendert-sich-kaum-investitionen-in-pv-anlagen-lohnen-sich-immer-noch/#:~:text=Ein%20neu%20gebautes%20Photovoltaik%20Direktinvestment,zu%2010%25%20pro%20Jahr%20abwerfen>

Solaranlage-Ratgeber.de-Team. (10. März 2023). *www.solaranlage-ratgeber.de*. Abgerufen am September 2023 von <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wartung/lebensdauer-einer-photovoltaikanlage>

Solaranlage-Ratgeber.de-Team. (31. März 2023). *www.solaranlage-ratgeber.de*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-installation/aufdach-indachmontage-solardachziegel>

solarenergie.de. (20. Januar 2021). *solarenergie.de*. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://solarenergie.de/photovoltaikanlage/absicherung/wartung#:~:text=eignen%20sich%20besser,-,Wartungskosten%20einer%20Solaranlage,und%2050%20Euro%20pro%20Jahr>

Speicher, C. (25. Juli 2023). *www.nzz.ch*. Abgerufen am 2023 August von <https://www.nzz.ch/wissenschaft/schweizer-stromnetz-ohne-ausbau-ist-die-energie-wende-nicht-zu-schaffen-ld.1746798>

Statista Research Department. (20. Juli 2023). *de.statista.com*. Abgerufen am August 2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29583/umfrage/anteil-der-atomenergie-an-der-stromerzeugung-in-schweiz-seit-1998/>

Würsten, F. (10. Oktober 2012). *www.simplyscience.ch*. Abgerufen am August 2023 von <https://www.simplyscience.ch/teens/wissen/wie-entsteht-strom-aus-sonnenlicht>

WWF. (kein Datum). www.wwf.ch. Abgerufen am August 2023 von [https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/solarenergie-der-schluesel-zur-erfolgreichen-energiewende#:~:text=Im%20Vergleich%20mit%20Deutschland%20und,9%20Prozent%2C%20Stand%202021\).](https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/solarenergie-der-schluesel-zur-erfolgreichen-energiewende#:~:text=Im%20Vergleich%20mit%20Deutschland%20und,9%20Prozent%2C%20Stand%202021).)

www.rechnerphotovoltaik.de. (kein Datum). www.rechnerphotovoltaik.de. Abgerufen am Oktober 2023 von <https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/planung/lebensdauer>

www.solaranlage.eu. (kein Datum). www.solaranlage.eu. Abgerufen am September 2023 von <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/solarmodule/degradation>

www.solaranlage-ratgeber.de. (kein Datum). www.solaranlage-ratgeber.de. Von <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wartung/lebensdauer-einer-photovoltaikanlage> abgerufen

16. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau einer Solaranlage	5
https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d11756-2/*/*Solarzelle.html?op=Wiki.getwiki	
Abbildung 2: Kostenaufschlüsselung einer Solaranlage.....	9
https://www.energieheld.ch/solaranlagen/photovoltaik/kosten	
Abbildung 3: Mono- und polykristalline Solarzelle	10
https://www.brenner-energie.de/aktuelles-artikel/monokristallin-vs-polykristallin-eine-frage-des-geschmacks	
Abbildung 4: Einspeisung & Eigenverbrauch in kWh pro Monat im Jahr 2022.....	18
https://www.solarweb.com/	
Abbildung 5: Jan Gattlen	32
https://www.gattlen-e.ch/wolkenhaus/	
Abbildung 6: Resultat Steuerberechnung 60'000 CHF	35
https://swisstaxcalculator.estv.admin.ch/ - /home	
Abbildung 7: Resultat Steuerberechnung 80'000 CHF	35
https://swisstaxcalculator.estv.admin.ch/ - /home	

17. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung Finanzierungsmethoden	15
Tabelle 2: Kostenzusammenstellung	16
Tabelle 3: Investitionen	17
Tabelle 4: Aufwände	17
Tabelle 5: Strompreise	18
Tabelle 6: Verkauf & Verbrauch Total 2022	19
Tabelle 7: Erträge	19
Tabelle 8: Investitionsrechnung Jahr 2022	20
Tabelle 9: Strompreise & Verbrauch	20
Tabelle 10: Amortisationsrechnung	21
Tabelle 11: Rentabilitätsrechnung	22
Tabelle 12: Standortvergleich	23

Alle Tabellen wurden mit Excel erstellt (Zugriff auf die Excel-Tabellen über QR-Code im Anhang), wobei die Grundwerte, wie zum Beispiel die Anzahl Kilowattstunden oder der Eigenverbrauch, von der folgenden Website entnommen wurden: (personalisiert auf unsere Anlage)

https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d11756-2/*/*Solarzelle.html?op=Wiki.getwiki
<https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d10483/Solarzelle-Solarzelle.png>

18. Anhang

18.1. Interview

Befragter: Jan Gattlen, Geschäftsleiter der Ewald Gattlen AG

Interviewer: Ivan Amherd

Datum: 23.10.2023



Abbildung 5: Jan Gattlen

Wer ist Jan Gattlen?

Jan Gattlen ist der Geschäftsführer und Projektleiter der Ewald Gattlen Gebäudetechnik AG. Er absolvierte im Jahr 2006-2009 die Lehre als Heizungsinstallateur EFZ und hängte danach die technische Berufsmatura an. An der Uni studierte er danach Gebäudetechnik und erlangte den Titel Bachelor of Science in Gebäudetechnik. Danach leitete er verschiedene Projekte und machte die NDS in Betriebswirtschaft. Seine Kernkompetenzen liegen in Energiekonzepten, Integrale Gebäudetechnik, Planung von Solar- und Lüftungsanlagen, GEAK-Analyse und die Projektleitung von Grossanlagen. Bei der Ewald Gattlen AG ist er schon seit Juli 2006.

Welchen Einfluss hat der Batteriespeicher auf die Amortisationszeit? Denn die Investitionskosten für eine Batterie sind ja doch schon enorm.

Die Nachfrage der Batteriespeicher ist hoch, die Rohmaterialien sind sehr begehrt und knapp. Dadurch sind die Batteriepreise momentan hoch. Zudem kommt, dass wir im Wallis günstige Strompreise haben. Dadurch ist der Batteriespeicher teils nicht wirtschaftlich, wodurch sich die Amortisationszeit erhöht. Die Strompreise sind aber am Steigen, wodurch der Batteriespeicher plötzlich interessant werden kann.

Wie vergleicht sich die Rentabilität / Amortisationsdauer einer Anlage an einem sonnigeren Standort mit demjenigen in Gamsen? (Modell erstellen) Falls möglich: Vergleichshaus mit gleichen Eigenschaften (Neigung, Ausrichtung, Anzahl Solarmodule)

Siehe Berechnung im Anhang. Mit der Lage in Hegdorn (Sehr sonnig frühmorgens, abends früher Sonne weg). Ausrichtung und Neigung wurde gleich belassen. Wichtig ist der spez. Solarertrag dieser liegt in Hegdorn bei 1'092kWh/kWp. In Gamsen bei 1'065kWh/kWp.

Es ist ein Ertragsunterschied von rund 3%. Dies kann zurückgeführt werden auf die längere Sonneneinstrahlung abends. Ebenso ist im Winter der Solarertrag nicht so entscheidend, da der Solarertrag sowieso nicht hoch ist. Auch wenn man Referenzanlagen miteinander vergleicht, ist der Unterschied sehr gering.

Im Wallis liegt der spez. Solarertrag bei 1'000-1'250kWh/kWp. In der Deutschschweiz ist dieser deutlich unter 1'000kWh/kWp (Ø850kWh/kWp).

Welche Vor- und Nachteile haben Solaranlagen, die direkt ins Dach integriert sind?

Es gibt Aufdach- und Indach-Systeme. Bei bestehenden Gebäuden wird eher das Aufdachsystem angestrebt, da es nicht ökologisch ist, ein neueres Dach bereits zu sanieren.

Es muss immer der Dachzustand angeschaut werden, wenn das Dach schon älter ist, sollte man eine Dachsanierung in Betracht ziehen, somit dann auch eine Indachanlage. Durch eine Indach-Anlage kann man die alternative Dacheindeckung unter der Anlage einsparen. Es gibt bei der Indachanlage mehrere Varianten. Solarmodule, welche rahmenlos sind, sind etwas teurer. Dafür gibt es hier auch Halbmodule. Nachteil ist hier, dass die Leistungen der Module nicht immer wieder angepasst werden, sondern das System 3-5 Jahre auf dem Markt ist und erst dann wieder eine Optimierung herausgegeben wird. Bei Indach-Systemen mit Standardmodulen (mit Rahmen) kann man immer die marktüblichen Module verwenden. Das System ist auch rund 50-70% günstiger als mit rahmenlosen Modulen. Dafür aber in erhöhten Lagen aus statischer Sicht nicht verbaubar.

Wie sieht es mit den aktuellen Lieferzeiten von Solaranlagen aus?

Unser Unternehmen bestellt jeweils in Container die Module. So haben wir immer ausreichend an Lager. Preis ist etwas besser, aber wenn man den Lagerplatz miteinrechnet, ist dies wieder ähnlich, wie wenn man die Module direkt bestellen würden. Einzelne Hersteller von Wechselrichter haben noch Lieferprobleme (Bsp. Fronius aus Österreich). Auch der amerikanische WR-Hersteller SolarEdge hat immer noch sehr Mühe. Während Corona war der einzige Lieferant, mit verlässlichen Lieferterminen die Fa. Huawei aus China. Viele Installateure, wie auch wir, haben dann das Produktsortiment von Huawei aufgenommen. Restmaterial ist wieder gut verfügbar.

Wie sieht die Marktentwicklung von Solaranlagen über die nächsten Jahre aus?

Die Preise sind langsam wieder am Sinken. Die grösseren Anlagen möchte der Bund noch mehr fördern. Dies wird nochmals einen Schub im Markt geben. Auch wird seitens der Kantone noch PV-Anlagen vorgeschrieben (Bsp. Gebäude mit mehr als 300m² Gebäudefläche). Die Arbeit wird nicht ausgehen.

Problem wird sein, die Arbeitskräfte für die Installation zu finden. Ab August 2024 wird erstmals eine Solarteuer-Lehre angeboten. Bislang konnte man den Beruf nur durch Weiterbildungen erlernen.

Um viel Prozent nimmt der Wirkungsgrad in den nächsten Jahren zu? (Prognose)

Schwierig zu sagen. Vor 2 Jahren hatten die Solarmodule rund 18-20% Wirkungsgrad. Mit der neuen Halbzellentechnologie kommt man so auf 21-23% Wirkungsgrad. Die Leistungen der Module steigen nicht mehr so wie vor ein paar Jahren. Da wurde teils pro Quartal eine neue Leistungsklasse herausgegeben. Im Moment wird so jährlich die Klasse verbessert. Die Module werden aber auch immer grösser, damit auch leistungsstärker.

Ich denke der Wirkungsgrad wird in den nächsten fünf Jahren auf rund 25% steigen. Mehr erwarte ich hier nicht.

Stimmt meine Rentabilitätsrechnung?

Die Rentabilität sollte so nicht schlecht stimmen. Ich habe die Anlage in meiner statischen Wirtschaftlichkeitsberechnung auch kurz nachgerechnet. Ich komme so auf 6.3 Jahre Amortisation. Strompreise von 2023 (ohne Strompreisteuerung). Ich denke die Preise werden ab nächstem Jahr nicht mehr allzu sehr steigen. Falls doch, noch besser für die Solar-Stromproduzenten.

Kann man in der Investitionsrechnung von einer durchschnittlichen jährlichen Wartung von 200 CHF ausgehen? (manche Jahre gibt es ja gar keine Wartung und in anderen fällt zum Beispiel der Wechselrichter aus)

Grundsätzlich ist eine PV-Anlage wartungsfrei. Für die Amortisation würde ich ca. 200Fr. pro Jahr einrechnen. Der Wechselrichter muss täglich sehr viel Energie umrichten und muss starke Schwankungen aufnehmen. Der Wechselrichter kann nach 15-20 Jahren defekt gehen. So hat man den Wechselrichter im Lebenszyklus einer Solaranlage gedeckt. Wir rechnen immer mit 1 Rp./kWh für Unterhaltskosten.

18.2. Steuerberechnung

[← Zurück zum Steuerrechner](#)

Resultat Steuerberechnung



Voraussichtliche Steuerbelastung für 2022: 5'145 CHF

Steueraufteilung

☐ Detaillierte Ansicht einblenden / ausblenden

Kantonssteuer	2'448 CHF
Gemeindesteuer	2'673 CHF
Kirchensteuer	0 CHF
Personalsteuer	24 CHF
Direkte Bundessteuer	0 CHF
Total Steuern	5'145 CHF

Dies entspricht etwa 8.57 % Ihres steuerbaren Einkommens.

Ausgangslage

Wohnort	3900 Brig VS
Zivilstand	Verheiratet
Kinder	2
Konfession	Römisch-katholisch
Konfession steuerpflichtige Person 2	Römisch-katholisch
Steuerbares Einkommen Kanton	60'000 CHF
Steuerbares Einkommen Bund	60'000 CHF
Steuerbares Vermögen	200'000 CHF

Anmerkung:

Sie haben die Möglichkeit, Ihre Ausgangslage für spätere Berechnungen lokal in einem Cookie zu speichern. Die Daten werden dabei in Ihrem Browser gespeichert.



[Ausgangslage lokal speichern](#)

Abbildung 6: Resultat Steuerberechnung 60'000 CHF

[← Zurück zum Steuerrechner](#)

Resultat Steuerberechnung



Voraussichtliche Steuerbelastung für 2022: 8'680 CHF

Steueraufteilung

☐ Detaillierte Ansicht einblenden / ausblenden

Kantonssteuer	4'133 CHF
Gemeindesteuer	3'954 CHF
Kirchensteuer	0 CHF
Personalsteuer	24 CHF
Direkte Bundessteuer	569 CHF
Total Steuern	8'680 CHF

Dies entspricht etwa 10.85 % Ihres steuerbaren Einkommens.

Ausgangslage

Wohnort	3900 Brig VS
Zivilstand	Verheiratet
Kinder	2
Konfession	Römisch-katholisch
Konfession steuerpflichtige Person 2	Römisch-katholisch
Steuerbares Einkommen Kanton	80'000 CHF
Steuerbares Einkommen Bund	80'000 CHF
Steuerbares Vermögen	200'000 CHF

Anmerkung:

Sie haben die Möglichkeit, Ihre Ausgangslage für spätere Berechnungen lokal in einem Cookie zu speichern. Die Daten werden dabei in Ihrem Browser gespeichert.



[Ausgangslage lokal speichern](#)

Abbildung 7: Resultat Steuerberechnung 80'000 CHF

Aus den obigen zwei Abbildungen wurde die Steuerersparnis berechnet. Dabei wurde der tiefere Wert 5'145 CHF vom höheren Wert 8'680 CHF subtrahiert. Daraus ergibt sich eine Steuerersparnis von 3'535 CHF. Diese Steuerersparnis wurde bei der Investitionsrechnung gebraucht.

18.3. Excel-Tabellen Investitionsrechnungen

Zur Berechnung der Amortisationszeit, der Rentabilität und den verschiedenen Szenarien wurden mehrere Excel-Tabellen aufgestellt. Der untenstehende QR-Code sowie die URL geben Zugriff auf die Tabellen, um die berechneten Werte nachvollziehen zu können.



https://myeduvs-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/ad-rian_ritz_edu_vs_ch/EathQSEFCyFAnmb4wZgg7QABBlxjAL93kMzS5ES-Gfa27IA?e=qlmGO6

19. Authentizitätserklärung

Ich bezeuge mit meiner Unterschrift, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und erlaubte Hilfen von Drittpersonen korrekt veranschaulicht habe. Informationen, die ich wörtlich oder sinngemäss von anderen Publikationen oder Quellen, unter anderem aus dem Internet oder mithilfe künstlicher Intelligenz (KI), verfasst habe, sind klar, wiederauffindbar zitiert und machen nur einen geringen Anteil der Arbeit aus. Die in meiner Arbeit benützten Hilfsmittel entsprechen der Wahrheit, sind vollständig aufgelistet und auf diese Weise noch nicht veröffentlicht worden. Mir ist bewusst, dass ich unter Umständen zu den von mir gebrauchten Hilfsmitteln Stellung nehmen muss.

Ort und Datum: Orig., den 30.11.2023

Unterschrift der Schülerin/des Schülers: 