



**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
LANDSHUT**

FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

Masterarbeit zum Thema

**Konzept zur Nutzung von nachhaltiger Energie
zur Deckung von Energiebedarfen in
Haushalten im Nordirak**

vorgelegt von

Samira Arab Bafrani

aus Landshut

Eingereicht:

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Stefan-Alexander Arlt

Zweitprüfer: Prof. Dr. paed. Artem Ivanov



ERKLÄRUNG ZUR MASTERARBEIT

Name, Vorname der/des

Student(in)en: Samira Arab Bafrani

Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut

Fakultät Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen

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

.....

(Datum)

.....

(Unterschrift der/des Student(in)en)



FREIGABEERKLÄRUNG DER/DES STUDENT(IN)EN

Name, Vorname der/des

Student(in)en: Samira Arab Bafrani

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Masterarbeit in den Bestand der Hochschulbibliothek aufgenommen werden kann und

ohne Sperrfrist

oder nach einer Sperrfrist von

1 Jahr

2 Jahren

3 Jahren

5 Jahren

10 Jahren oder länger

über die Hochschulbibliothek zugänglich gemacht werden darf.

.....
(Datum)

.....
(Unterschrift der/des Student(in))

Vorwort

Aufgrund meines persönlichen Interesses an Energie, Energieversorgung und Technologie habe ich mich entschieden, meine Masterarbeit im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung zu verfassen. Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. rer. nat. Stefan-Alexander Arlt, sowie meinem Mentor, Herrn Dominik Metzger, herzlich bedanken. Ihre unermüdliche Unterstützung und wertvollen Ratschläge waren über die bloße Betreuung meiner Masterarbeit hinaus von großer Bedeutung. Sie standen mir stets mit Rat und Tat zur Seite und haben meine Arbeit bereichert.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Ehemann und meiner Familie für ihre Unterstützung und ihr Verständnis während meiner gesamten Studienzeit bedanken.

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird ein Konzept zur Deckung des Energiebedarfs eines nachhaltigen Modellhauses in Halabja, Irak, entwickelt, da die Stadt Halabja heute besonders von Stromknappheit betroffen ist. Das Konzept basiert auf einer Kombination von Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Nutzung erneuerbarer Energien. Zunächst werden die klimatischen Bedingungen in Halabja und die Anforderungen an ein nachhaltiges Modellhaus erläutert. Anschließend werden die Möglichkeiten der Energieerzeugung im Irak und in Halabja dargestellt. Im vierten Kapitel wird die Methodik zur Entwicklung des Konzepts erläutert. Dazu werden Daten zur Sonneneinstrahlung und zum Stromverbrauch bzw. Strombedarf in Halabja erhoben. Im fünften Kapitel wird das Konzept zur Deckung des Energiebedarfs vorgestellt. Das Konzept umfasst drei verschiedene Strombedarfsmuster und dazu drei Alternativen von PV-Anlagen, die sich in Größe und Nutzungsverhalten des Modellhauses unterscheiden.

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen, dass die Kombination von Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der Nutzung erneuerbarer Energien ein effektives Konzept zur Deckung des Energiebedarfs eines nachhaltigen Modellhauses darstellt. Das Konzept ist in Halabja umsetzbar und wirtschaftlich. Die Lösung zur Deckung des Gesamtverbrauchs ist ein kombiniertes System aus Photovoltaik und Solarthermie, wodurch eine Unabhängigkeit vom öffentlichen Stromnetz erreicht und gleichzeitig die Umwelt geschont wird.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Ausgangspunkt	3
2.1 Klimatische Bedingungen	4
2.2 Modellhaus	5
3 Theoretischen Grundlagen	6
3.1 Möglichkeiten der Energiegewinnung im Irak und in Halabja	6
3.2 Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. des Energieverlusts	7
3.2.1 Energieverlust minimieren: Warum Maßnahmen Sinn machen	7
3.2.2 Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs	8
3.2.3 Einige Hinweise zur Reduzierung des Stromverbrauchs	10
3.2.4 Innen- und Außenwanddämmung: Vergleich der Materialien, Vor- und Nachteile ...	11
3.3 Peak Sun Hour	13
3.4 Globalstrahlung	14
3.5 Anwendung erneuerbarer Energien als eine Lösung zur Energiegewinnung	16
3.5.1 Photovoltaik-Anlage als eine Lösung	17
3.5.2 Solarthermie-Anlage als eine Lösung	19
3.5.3 Windkraft-Anlage als eine Lösung	20
4 Methodik und Material	22
4.1 Datenerhebung	22
4.2 Darstellung der verwendeten Formeln	23
4.3 Verwendete Online-Tools	24
5 Entwicklung eines Konzepts zur Deckung des Energiebedarfs	26
5.1 Stromverbrauch in Halabja	26
5.2 Drei verschiedene Muster für den jährlichen Strombedarf in Halabja	29
5.2.1 Strombedarfsmuster 1	30
5.2.2 Strombedarfsmuster 2	31
5.2.3 Strombedarfsmuster 3	33
5.4 Übersicht über die Produkte von Photovoltaik-Anlage im Irak	38
5.5 Auslegung und Kosten einer Photovoltaik-Anlage	39
5.5.1 Alternative 1	39

5.5.2	Alternative 2.....	42
5.5.3	Alternative 3.....	43
5.6	Auslegung einer zusätzlichen Balkon-PV-Anlage für den Winterbetrieb	45
5.7	Auslegung und Kosten einer Solarthermie-Anlage	47
6	Schlussfolgerung	48
6.1	Zusammenfassung der Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs.....	48
6.2	Vgl. der Betriebsdauer von Klimaanlage, Elektro-Heizung und Elektro- Warmwasserbereitung	50
6.3	Übersicht der Energieerzeugung & Strombedarf bei allen Alternativen.....	52
6.4	Die Lösung zur Deckung des gesamten Energiebedarfs	53
7	Zusammenfassung und Ausblick	55
	Literaturverzeichnis.....	56
	Anhang	59
A.1	Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 1	59
A.2	Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 2	59
A.3	Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 3	60
A.4	Übersicht über die Produkte von Solarmodule	61
A.5	Übersicht über die Produkte von Wechselrichter.....	62
A.6	Übersicht über die Produkte von Batteriespeicher.....	63
A.7	Übersicht über die Produkte von Solarthermie-Anlage.....	64
A.8	Daten Blatt von JA Solar - JAM72S30.....	65
A.9	Designer Bericht Solar-Edge.....	66

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
EUR	Euro
IQD	Irakischen Dinar
kWh/m ²	Kilowattstunde pro Quadratmeter
mm	Millimeter
PSH	Peak Sun Hour
PV-Anlage	Photovoltaik-Anlage
u. a.	Und andere
Vgl.	Vergleich
W/m ²	Watt pro Quadratmeter
Wp	Watt Peak
WR	Wechselrichter
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein Überblick über die Stadt Halabja	3
Abbildung 2: Energiegewinnungsquellen im Irak.....	6
Abbildung 3: Aufbau einer Innenwanddämmung (Links) und Außenwanddämmung (Rechts)...	12
Abbildung 4: Vgl. der PSH-Werte in vier Ländern	14
Abbildung 5: Vgl. der durchschnittlichen jährlichen Globalstrahlung in vier Ländern	15
Abbildung 6: Globalstrahlung im Irak	16
Abbildung 7: Photovoltaischer Effekt.....	18
Abbildung 8: Darstellung des Gesamtsystems einer Photovoltaik-Anlage.....	18
Abbildung 9: Darstellung des Gesamtsystems einer Solarthermie-Anlage	20
Abbildung 10: Aufbau einer Windkraft-Anlage.....	21
Abbildung 11: Faktor aus Ausrichtung und Neigungswinkel	24
Abbildung 12: Vgl. des jährlichen Stromverbrauchs eines 5-Personen-Haushalts.....	27
Abbildung 13: Strombedarf nach 6 Kategorien in Halabja	28
Abbildung 14: Strombedarfsmuster 1 nach den Jahreszeiten	30
Abbildung 15: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 1 im Tagesverlauf.....	31
Abbildung 16: Strombedarfsmuster 2 nach den Jahreszeiten	32
Abbildung 17: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 2 im Tagesverlauf.....	33
Abbildung 18: Strombedarfsmuster 3 nach den Jahreszeiten	34
Abbildung 19: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 3 im Tagesverlauf.....	35
Abbildung 20: Vgl. der jährlichen PV-Erträge in Abhängigkeit von Ausrichtung & Neigung	36
Abbildung 21: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 1)...	40
Abbildung 22: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 2)...	42
Abbildung 23: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 3)...	44
Abbildung 24: Monatliche Erträge je nach Ausrichtung und nach Neigung.....	45
Abbildung 25: Geschätzter Energieertrag der Balkon-PV-Anlage pro Monat.....	46
Abbildung 26: Vgl. der Abschätzung der Kosten für verschiedene Maßnahmen	49
Abbildung 27: Vgl. der Betriebsdauer der Klimaanlage	50
Abbildung 28: Vgl. der Betriebsdauer der Elektro-Heizung	51
Abbildung 29: Vgl. der Betriebsdauer der Elektro-Warmwasserbereitung	52
Abbildung 30: Zusammenfassung der Stromgewinnung durch PV-Anlagen.....	53
Abbildung 31: Monatlicher Energieertrag der PV-Anlage und der Balkon-PV-Anlage	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Höchst- und Tiefsttemperatur in Halabja (2015-2022)	4
Tabelle 2: Durchschnittlicher monatlicher Niederschlag in Halabja (2015-2022)	4
Tabelle 3: Durchschnittliche Windgeschwindigkeit in Halabja (2015-2022)	5
Tabelle 4: Verbrauch von Lampen unterschiedlicher Art	10
Tabelle 5: PSH-Werte im Irak	13
Tabelle 6: Strompreis in Halabja	28
Tabelle 7: Drei verschiedene Muster des jährlichen Strombedarfs.....	29
Tabelle 8: Strombedarfsmuster 1	30
Tabelle 9: Strombedarfsmuster 2.....	32
Tabelle 10: Strombedarfsmuster 3.....	34
Tabelle 11: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge.....	40
Tabelle 12: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 1	41
Tabelle 13: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge.....	42
Tabelle 14: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 2	43
Tabelle 15: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge.....	43
Tabelle 16: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 3	44
Tabelle 17: Auslegung & Kosten der Balkon-PV-Anlage	46
Tabelle 18: Auslegung & Kosten der Solarthermie-Anlage.....	47

1 Einleitung

Seit Jahrhunderten dominieren fossile Energieträger wie Gas, Öl und Kohle die Energiemärkte. Der weltweite Energiebedarf steigt, während die vorhandenen Reserven immer knapper werden. Immer mehr Menschen erkennen die Bedeutung einer nachhaltigen Energieversorgung. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wird seit Beginn des neuen Jahrtausends die Nutzung erneuerbarer Energien stark gefördert, um auch in Zukunft eine saubere und unabhängige Energieversorgung in zu gewährleisten.

In der Republik Irak ist der Strommangel heute besonders groß. Der Irak ist mit rund 44 Millionen Einwohnern eines der bevölkerungsreichsten Länder der arabischen Welt. Halabja oder Halabdscha ist Halabja ist eine Stadt in der Republik Irak im Nordirak mit ca. 245,000 Einwohnern im Jahr 2018 [1]. In dieser Stadt fällt das öffentliche Stromnetz im Sommer und Winter regelmäßig wegen Überlastung aus, so dass die Haushalte auf Dieselgeneratoren als Alternative angewiesen sind. Dieselgeneratoren haben jedoch mehrere potenzielle Nachteile: Sie stoßen Schadstoffe und Feinstaub in die Atmosphäre aus und tragen so zur Luftverschmutzung bei. Dies hat negative Auswirkungen auf die Luftqualität und trägt somit zur Umweltverschmutzung bei. Die Schadstoffe können in der Zukunft zu verschiedenen Atemwegserkrankungen führen. Außerdem verursachen sie oft erheblichen Lärm, insbesondere in unmittelbarer Nähe des Dieselgenerators. Dies kann zu Störungen und Belästigungen führen. Neben den genannten Nachteilen ist der ständige Einsatz von Dieselgeneratoren auch mit erheblichen Kosten verbunden.

Die Grundidee dieser Masterarbeit ist, wie ein Modellhaus in Halabja mit Low-Tech und kosteneffizienten Methoden bzw. kostengünstigen Lösungen umgebaut werden kann, um die Abhängigkeit vom öffentlichen Stromnetz zu minimieren.

Außerdem ist es wichtig, den derzeitigen Energieverbrauch in Halabja zu reduzieren. Darüber hinaus soll untersucht werden, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um den Energieverbrauch deutlich zu senken. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass das Modellhaus ein umweltfreundliches Haus sein kann. Umweltfreundliche Häuser sind die Art von Häusern oder Gebäuden, die auf Umweltschutz und Energieeinsparung basieren [2] und insbesondere auf erneuerbare Energien wie Photovoltaik und Solarthermie setzen.

Zur Erstellung dieser Masterarbeit werden zunächst die theoretischen Grundlagen und Recherchen zu den klimatischen Bedingungen und der aktuellen Situation im Nordirak im Bereich des Energiebedarfs und der Energieversorgung erläutert. Danach werden weitere Informationen zu Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung gegeben. Nachfolgend wird auf die Technik und Installation der erneuerbaren Energiequellen, PV und Solarthermie eingegangen. Anschließend werden die Ergebnisse und die Vergleiche zwischen den verschiedenen Alternativen detailliert

beschrieben und schließlich wird eine optimale Lösung für ein nachhaltigeres Modellhaus entwickelt. Zuletzt wird ein Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen gegeben und ein Fazit gezogen.

In dieser Masterarbeit werden die folgenden zentralen Fragestellungen behandelt, um eine Analyse des Energiebedarfs, der Energieerzeugung und der Energienutzung in Halabja zu ermöglichen:

- Wie hoch ist der aktuelle Energiebedarf in Halabja?
- Welche Faktoren beeinflussen den Energiebedarf in dieser Region?
- Welche Möglichkeiten gibt es, um Energie zu erzeugen?
- Welchen Einfluss haben klimatische Bedingungen auf die Energieerzeugung und -nutzung
- Wie kann ein Modellhaus dazu beitragen, den Energieverbrauch zu analysieren und zu reduzieren?
- Welche erneuerbaren Energiequellen, insbesondere die Solarenergie, sind für Halabja am besten geeignet?

Diese verschiedene Fragen dienen als Leitfaden für diese Masterarbeit und ermöglichen eine gründliche Untersuchung der Energieaspekte in Halabja.

2 Ausgangspunkt

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist Halabja im Irak. Halabja ist eine Stadt in der autonomen Region Kurdistan im Irak. Sie liegt ca. 240 km nordöstlich von Bagdad und ca. 15 km von der Grenze zum Iran entfernt, dessen Hauptstadt sie ist. Die Stadt wird mehrheitlich von Kurden bewohnt. [3]. Traurige Berühmtheit erlangte die Stadt durch einen tragischen Vorfall im Jahr 1988, als das Baath-Regime unter Saddam Hussein einen Giftgasangriff verübte, bei dem etwa 5.000 Menschen ums Leben kamen [4]. Die folgenden Fotos wurden von Herrn Metzger selbst aufgenommen und geben einen Überblick über die Stadt Halabja und ihre Umgebung.



Abbildung 1: Ein Überblick über die Stadt Halabja

2.1 Klimatische Bedingungen

Die klimatischen Bedingungen in Halabja werden stark von der geographischen Lage und der Höhenlage beeinflusst. Um ein besseres Verständnis für die klimatischen Bedingungen in der Region zu bekommen, werden wir einige dieser Bedingungen weiter untersuchen. Alle Informationen stammen von der Website Weatherspark [5].

In Bezug auf die thermische Situation kann das Jahr grob in zwei Hauptzeiträume unterteilt werden. Die warme Jahreszeit und die kalte Jahreszeit. Die warme Jahreszeit dauert 3,5 Monate von Anfang Juni bis Mitte September mit einer durchschnittlichen Höchsttemperatur von ca. 39 °C. Die kalte Jahreszeit dauert 3,5 Monate von Ende November bis Mitte März mit einer durchschnittlichen Tiefsttemperatur von ca. 1°C. Tabelle 1 zeigt die Details.

Tabelle 1: Durchschnittliche Höchst- und Tiefsttemperatur in Halabja (2015-2022)

Monat	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
High/°C	10	12	17	23	30	36	39	39	34	27	18	12
Low/°C	1	2	6	10	15	20	23	22	17	12	7	3

Das Niederschlagsmuster in Halabja ist saisonal. Die meisten Niederschläge fallen in den Winter- und Frühlingsmonaten, während die Sommermonate eher trocken sind. Die Regenzeit des Jahres dauert 7 Monate, von Ende Oktober bis Mai, mit einer Niederschlagsmenge von mindestens 13,8 mm. Der regenreichste Monat ist der November mit durchschnittlich 35,4 mm Niederschlag. Der niederschlagsärmste Monat in Halabja ist der Juli mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von ca. 1,4 mm. Detaillierte Informationen sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: Durchschnittlicher monatlicher Niederschlag in Halabja (2015-2022)

Monat	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
mm	23.3	24.3	29.5	27	13.8	3.5	1.4	1.5	2.9	17.1	35.4	25

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit bezieht sich auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über offenem, ebenem Gelände. Der Wind weht während 6 Monaten, von April bis Oktober, meistens aus westlicher Richtung. Der Wind weht während 6 Monaten, von Oktober bis April, am häufigsten aus östlicher Richtung. Detaillierte Informationen enthält Tabelle 3.

Tabelle 3: Durchschnittliche Windgeschwindigkeit in Halabja (2015-2022)

Monat	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
km/h	8.5	9.2	9.7	9.8	10.1	10.8	11.2	10.9	10.3	9.6	8.9	8.4

2.2 Modellhaus

Die Häuser in Halabja sind in der Regel einstöckige Einfamilienhäuser, viele mit Flachdach. Sie haben zwei Schlafzimmer, ein Wohnzimmer und eine Küche. Das Flachdach ist etwa 100 Quadratmeter groß. Die durchschnittliche Deckenhöhe beträgt 3 Meter, und in der Regel leben 5 Personen in einem Haus. Die Häuser in Halabja stehen meist in dicht besiedelten Gebieten und die Straßen sind oft eng. Die Häuser stehen oft sehr dicht beieinander, so dass zwischen ihnen nur wenig Platz ist. Die Modellhäuser können den Menschen in Halabja helfen, sich eine bessere Zukunft aufzubauen.

3 Theoretischen Grundlagen

Das Ziel dieses Kapitels ist es, die theoretischen Grundlagen vorzustellen, auf denen diese Arbeit aufbaut. In den folgenden Abschnitten werden zunächst die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung im Irak und speziell in Halabja vorgestellt. Daraufhin werden Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs erläutert. Es folgt ein Überblick über die Menge an PSH und die Bedeutung der Globalstrahlung für die Energiegewinnung. Schließlich werden verschiedene Ansätze zur Energiegewinnung behandelt, darunter Photovoltaik (PV), Solarthermie und Windenergie. Diese Grundlagen sind entscheidend, um die Herausforderungen und Potenziale im Bereich der Energieversorgung in dieser Region besser zu verstehen und darauf aufbauend Lösungsansätze zu entwickeln.

3.1 Möglichkeiten der Energiegewinnung im Irak und in Halabja

Zunächst werden verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung bzw. der Stromerzeugung im Irak erläutert. Anschließend wird der Fokus auf die Energieerzeugungen in Halabja gelegt und die Ansätze näher erläutert. Auf diese Weise ist eine detaillierte Untersuchung der spezifischen Methoden und Technologien möglich, die in Zukunft in dieser Region zur Sicherung der Stromversorgung auf der Basis des oben beschriebenen Modellhauses eingesetzt werden können. Die Stromerzeugung im Irak im Jahr 2021 basiert im Wesentlichen auf vier Energiequellen: Gas, Öl, Wasserkraft und Solarenergie, wie in Abbildung 2 dargestellt [6].

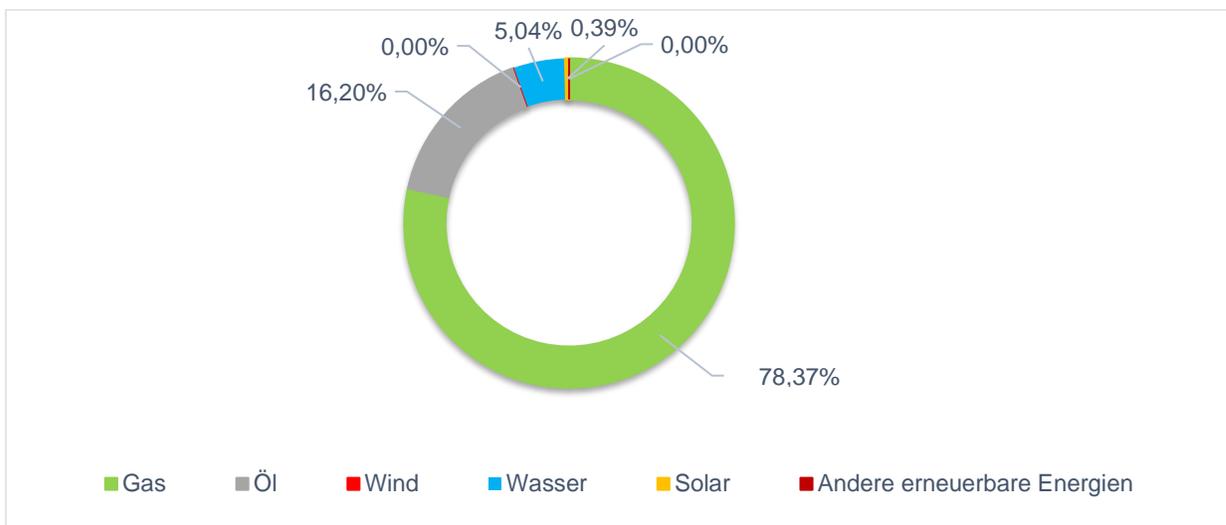


Abbildung 2: Energiegewinnungsquellen im Irak

Aktuelle Energiegewinnungsquellen bzw. Stromerzeugungsquellen in Halabja: Für die Region Halabja gibt es jedoch zwei gängige Möglichkeiten der Stromversorgung. Die erste ist das öffentliche Stromnetz. Dieses ist jedoch häufig überlastet, ist im tiefen Winter durch elektrische Heizungen und im Hochsommer durch Klimaanlageanlagen, so dass das öffentliche Stromnetz den Strombedarf nicht decken kann. Neben dem öffentlichen Stromnetz nutzen die Menschen in der Region Dieselgeneratoren zur Stromerzeugung. Diese Methode hat jedoch einige Nachteile mit sich und begrenzt die Stromstärke in der Regel auf 2 Ampere, womit nur ein Teil des Strombedarfs gedeckt werden kann. Zudem belasten die hohen Kosten die Bewohner.

3.2 Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. des Energieverlusts

In unserer heutigen Gesellschaft, die von einem stetig steigenden Energiebedarf und zunehmender Umweltbelastung geprägt ist, rückt das Thema Energieeffizienz immer stärker in den Fokus. In Kapitel 3.2 wird erläutert, warum Maßnahmen zur Energieeinsparung von grundlegender Bedeutung sind und wie sie dazu beitragen können, unsere Umwelt zu schützen und unsere finanziellen Ressourcen zu schonen. Dabei wird es sowohl mit kleinen, alltäglichen Veränderungen beschäftigen, die jeder von uns umsetzen kann, als auch mit umfassenderen baulichen Maßnahmen, die dazu beitragen, den Energieverbrauch zu reduzieren. Einige der wesentlichen Maßnahmen sind: Einsatz von Isolier- oder Doppelfenstern, Rollläden an Fenstern oder Terrassenfenstern, Austausch von Haustüren oder Abdichtung alter Türen, Schattenplatz für die Klimaanlage, Innenwanddämmung, Außenwanddämmung, Holzfensterläden, und Dachbegrünung.

3.2.1 Energieverlust minimieren: Warum Maßnahmen Sinn machen

In dieser Region ist aufgrund der vorherrschenden klimatischen Bedingungen ein hoher Energiebedarf, insbesondere für Heiz- und Kühlzwecke, erforderlich. Es ist wichtig zu betonen, dass die örtlichen Gebäude oft von schlechter Qualität sind und über keine angemessene Isolierung haben. Dies führt im Vergleich zu konventionellen Gebäuden zu erheblich höherem Energie- und Wärmeaustausch. Dieser Umstand kann größtenteils auf veraltete Gebäudestrukturen zurückgeführt werden. Die Menge des Wärmeaustauschs variiert stark und hängt von Faktoren wie dem Gebäudetyp, Baustil und dem Stand der Sanierungsmaßnahmen ab. Es ist daher schwierig, eine allgemeine Rangfolge der möglichen Ursachen aufzustellen. Dennoch können bestimmte Ursachen immer wieder identifiziert werden [7]. Dazu zählen insbesondere mangelhafte Abdichtungen von Fenstern (12%), fehlende Isolierung von Kellern (11%), unzureichende Isolierung der Außenwände (30%) und des Daches (21%) und andere [8].

Der wissenschaftliche Effekt, der für den Wärmeaustausch verantwortlich ist, ist die Wärmeleitung. Wärmeleitung ist der Transport von Wärmeenergie durch ein Material aufgrund von Temperaturunterschieden, damit erfolgt ein Temperatúrausgleich. Die Wärmeenergie fließt von einem wärmeren Körper zu einem kälteren Körper [8].

Die folgenden Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs wirken sich aus thermodynamischer oder physikalischer Sicht auf den Wärmeübergangskoeffizienten aus. Der Wärmeleitungskoeffizient ist ein Maß für die Fähigkeit eines Materials, Wärme zu leiten. Je höher der Wärmeleitungskoeffizient, desto besser leitet ein Material Wärme. Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs können den Wärmeleitkoeffizienten verringern [9]. Durch diese Maßnahmen können Energie und Geld gespart werden. Indem diese Maßnahmen umgesetzt werden, können die Bewohner dazu beitragen, den Energieverbrauch zu senken und einen positiven Beitrag zum Umweltschutz sowie zu Kosteneinsparungen zu leisten.

3.2.2 Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs

Die Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs aus thermodynamischer oder physikalischer Sicht ändern dies, indem sie die Wärmeleitung zwischen den Objekten verringern. Dies wird erreicht durch: Isolierung verhindert, dass Wärme von einem Objekt zu einem anderen fließt, Sonnenschutz wie z.B. Rollläden können die Wärmeübertragung reduzieren und die Dämmung reduziert die Wärmeleitung durch die Luft.

Isolierte Fenster: Sie werden verwendet, um die Wärmeübertragung zwischen dem Inneren eines Gebäudes und der Außenwelt zu reduzieren. Isolierte Fenster sind ein wirksames Mittel, um die Energieeffizienz eines Gebäudes zu verbessern und die Wärmeverluste zu verringern. Sie ermöglichen Energieeinsparungen von bis zu 30 Prozent [10].

Rollläden für Fenster oder Terrassenfenster: Sie können an allen Fenstern und Terrassenfenstern angebracht werden. Sie sind besonders nützlich in Bereichen mit direkter Sonneneinstrahlung und in nach Süden ausgerichteten Räumen von Vorteil, da sie die Wärmeübertragung verringern und so zur Regulierung der Innentemperatur beitragen können. Auch nachts bilden Rollläden eine zusätzliche Isolierschicht und können dazu beitragen, den Energieverbrauch des Hauses zu senken. Vor dem Fenster angebracht, wirkt der Rollladen wie eine zusätzliche Dämmschicht, die den Energieaustausch um etwa 20 Prozent reduzieren kann [11].

Austausch von Haustüren oder Abdichtung alter Türen: Durch undichte Türen geht im Winter viel Heizenergie verloren und im Sommer dringt Wärme ein. Da die Kosten für neue Türen hoch sind,

empfeht es sich, alte Türen abzudichten. Die Abdichten von Türen ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes, da sie dazu beiträgt, den Luftaustausch und damit den Wärmeverlust im Winter und den Wärmeeintrag im Sommer zu minimieren.

Schattenplatz für die Klimaanlage: Durch Schattenplätze werden Klimaanlagen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Insgesamt können Schattenplätze für Klimaanlagen die Leistung, Effizienz und Lebensdauer verbessern. In Halabja laufen die Klimaanlagen aufgrund der hohen Temperaturen im Sommer rund um die Uhr.

Unter Innenwanddämmung versteht man das Anbringen von Dämmstoffen auf der Innenseite der Außenwände eines Gebäudes. Verschiedene Materialien wie Mineralwolle, Polystyrol, Hanf, Schaumstoffe oder Holzfaserplatten stehen zur Auswahl. Schaumstoffe sind ein Dämmstoff, der häufig zur Reduzierung von Energieverlusten eingesetzt wird. Dieses Material besteht aus flexiblem Schaumstoff mit hoher Wärmedämmung. Durch seine Dämmeigenschaften reduziert er den Energieaustausch. Die Höhe der Energieeinsparung, die durch den Einsatz von Schaumstoffen erzielt werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. dem Umfang der Dämmung, der Schaumdicke und den spezifischen Bedingungen des Gebäudes. Je nach Art des verwendeten Dämmstoffs können Energieeinsparungen von 5 bis 15 Prozent des Heizenergieverbrauchs erzielt werden. Im Vergleich dazu kann eine Außenwanddämmung zu einer Einsparung von 10 bis 30 Prozent der Heizkosten führen [12].

Außenwanddämmung der Fassade: Die Fassade eines Gebäudes spielt eine entscheidende Rolle für den Wärmehaushalt des Gebäudes und über sie geht viel Energie verloren. Deshalb ist es sinnvoll, die Fassade zu dämmen. Durch eine Außenwanddämmung bleibt die Wärme im Winter länger im Haus und auch im Sommer ist eine Fassadendämmung sinnvoll. Sie trägt dazu bei, dass sich das Haus nicht so schnell aufheizt [13].

Holzklappläden sind eine verbesserte Alternative zu Rollläden. Es handelt sich um Holzklappläden, die sowohl kostengünstiger als auch einfacher als Rollläden sind, da sie in der Regel weniger aufwendig in der Herstellung und Installation sind und erscheint sie für das Modellhaus geeignet erscheinen. Ein Holzklappladen ist ein Fensterladen, der in der Regel aus zwei Teilen besteht. Der obere Teil des Klappadens ist mit Scharnieren an der Fensteröffnung befestigt und kann nach außen geklappt werden, um das Fenster zu öffnen oder zu schließen.

Dachbegrünung: Ein Gründach, auch bekannt als Dachbegrünung, kann die Umgebungstemperatur beeinflussen. Gründächer können dazu beitragen, die Temperatur auf der Dachoberfläche zu senken, indem sie Sonnenlicht absorbieren und reflektieren, die Verdunstung fördern und Wärmeenergie durch Transpiration abführen. Es kann auch im Winter positive Effekte haben. Es bietet eine zusätzliche thermische Isolierung, die dazu beitragen kann,

den Wärmeverlust eines Gebäudes zu reduzieren. Im Vergleich zu herkömmlichen Dachmaterialien kann ein Gründach tendenziell teurer sein. Die zusätzlichen Kosten ergeben sich aus den speziellen Materialien bzw. Gründachschichten, die für ein Gründach benötigt werden. Anstelle von speziellen Materialien für Gründächer können alternative Methoden zur Einsparung von Kosten eingesetzt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, große Pflanzgefäße oder Töpfe zu verwenden, um auf dem Dach Gras, Wiese oder sogar Wein anzubauen. Die Verwendung großer Töpfe oder Pflanzgefäße auf dem Dach reduziert Aufwand und Kosten für den Einbau spezieller Gründachschichten.

3.2.3 Einige Hinweise zur Reduzierung des Stromverbrauchs

Im Folgenden sind die wesentlichen Maßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauchs aufgeführt: Nutzungszeiten, Verwendung der LED-Lampen, energieeffiziente Elektroheizungen und Bewegungssensoren.

- Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung besteht darin, die Nutzungsdauer bzw. die Betriebsdauer wichtiger Haushaltsgeräte wie Staubsauger, Waschmaschine und Bügeleisen anzupassen und diese Geräte nicht mehr zu Spitzenlastzeiten zu nutzen.
- LED-Lampen (7 W) verbrauchen deutlich weniger Energie als Glühlampen (60 W) oder Halogenlampen (45 W). Sie benötigen nur einen Bruchteil der Energie, um die gleiche Helligkeit zu erzeugen [14].

Tabelle 4: Verbrauch von Lampen unterschiedlicher Art

LED-Lampe	Halogenlampe	Glühlampe
7 W	45 W	60 W

- Energieeffiziente Elektroheizung: Die Verwendung einer Elektroheizung mit geringem Stromverbrauch kann mehrere Vorteile haben. Durch die Wahl einer energieeffizienten Elektroheizung können der Stromverbrauch und damit die Kosten gesenkt werden. Moderne Elektroheizungen sind oft mit fortschrittlichen Technologien ausgestattet, die eine präzise Temperaturregelung ermöglichen. So kann die Heizung gezielt auf die gewünschte Raumtemperatur eingestellt und Energieverschwendung vermieden werden. Auf diese Weise ist die Wahl einer effizienten Elektroheizung möglich, die den individuellen Anforderungen des Haustyps gerecht wird und Energie spart.

- **Bewegungssensor:** Ein Bewegungssensor, auch bekannt als Präsenzmelder genannt, ist ein elektronisches Gerät, das in der Lage ist, Bewegungen in seiner Umgebung zu erkennen. Die Bewegungssensoren sind sehr nützlich, um automatische Reaktionen auf Bewegungen auszulösen. Der Hauptzweck eines Bewegungssensors besteht darin, Bewegungen zu erkennen und entsprechende Signale oder Informationen bereitzustellen. Die Menge an Energie, die ein Bewegungssensor speichern kann, hängt also von der Kapazität der verwendeten Stromquelle ab.

3.2.4 Innen- und Außenwanddämmung: Vergleich der Materialien, Vor- und Nachteile

Die energetische Sanierung von Gebäuden spielt eine entscheidende Rolle, um den Energieverbrauch zu senken und das Raumklima zu optimieren. Dabei stehen verschiedene Methoden der Wärmedämmung zur Verfügung. Zwei häufig verwendete Ansätze sind die Innenwanddämmung und die Außenwanddämmung. Jede dieser Techniken hat ihre eigenen Vor- und Nachteile, die bei der Wahl der Methode berücksichtigt werden sollten.

Innenwanddämmung bezeichnet die Isolierung von Gebäuden durch Anbringen von Dämmstoffen auf der Innenseite von Außenwänden. Diese Art der Dämmung kann dazu beitragen, Wärmeverluste zu reduzieren, den Energieverbrauch zu senken und den Wohnkomfort zu verbessern. Zur Auswahl stehen verschiedene Materialien wie Mineralwolle, Styropor, Hanf, Schaumstoff oder Holzfaserplatten. Die Innenwanddämmung bietet einige Vorteile: So ist die Innenwanddämmung in der Regel kostengünstiger als die Außenwanddämmung, da weniger aufwändige Arbeiten erforderlich sind. Außerdem ist die Montage der Innenwanddämmung oft einfacher und unabhängig von der Jahreszeit. Ein weiterer Vorteil ist, dass das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes bei einer Innenwanddämmung unverändert bleibt, da keine Veränderungen an der Fassade vorgenommen werden.

Die Innenwanddämmung hat jedoch auch Nachteile: Durch die Dämmung wird der nutzbare Raum im Gebäudeinneren verkleinert, da die Dämmschicht Platz an den Wänden einnimmt. Und wenn die Dampfdiffusion nicht richtig kontrolliert wird, kann es zu Kondensation in den Wänden kommen, was zu Feuchtigkeitsproblemen und Schimmelbildung führen kann [15]. Eine Innenwanddämmung ist weniger effizient als eine Außenwanddämmung, da sie nur die Wärmeverluste durch die Innenwand reduziert. Die Außenwand bleibt ungedämmt und verliert Wärme an die Außenluft. Dieser Effekt kann durch Wärmebrücken noch verstärkt werden. Wärmebrücken sind Stellen im Bauteil, an denen die Wärmeleitung besonders gut ist. Die

typischen Wärmebrücken sind Träger und Profile in Dächern, Stützen und Säulen. Diese Wärmebrücken führen zu noch höheren Wärmeverlusten [16].

Bei der Außenwanddämmung werden Dämmstoffe an der Außenfassade eines Gebäudes angebracht. Auch hier stehen verschiedene Materialien wie Polystyrol, Mineralfasern und Holzfaserplatten zur Verfügung. Die Außendämmung bietet folgende Vorteile: Eine Außenwanddämmung ist effizienter als eine Innenwanddämmung, da sie den Wärmeverlust von außen nach innen besser verhindert. Grund dafür ist der Wärmedurchgangskoeffizient, der bei einer Außendämmung niedriger ist als bei einer Innendämmung. Außerdem entstehen bei einer Außendämmung keine Wärmebrücken, da die Dämmung die gesamte Wand umschließt. Im Gegensatz zur Innenwanddämmung bleibt der Innenraum unberührt, da die Dämmung außen angebracht wird. Das bedeutet, dass das Innere des Hauses während der Sanierung unberührt und damit bewohnbar bleibt [17]. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Fassade vor Witterungseinflüssen geschützt wird, was die Lebensdauer des Gebäudes verlängern kann und darüber hinaus auch zu einer Verbesserung des Aussehens des Gebäudes führen kann. Allerdings hat die Außendämmung auch Nachteile: Sie erfordert einen höheren baulichen Aufwand, da die Fassade entfernt und später wieder angebracht werden muss.

Insgesamt hängt die Wahl zwischen Innen- und Außendämmung von verschiedenen Faktoren ab, darunter Budget, ästhetische Präferenzen, bauliche Gegebenheiten und örtliche Vorschriften. Alle Faktoren müssen berücksichtigt werden, um die optimale Dämmmethode für ein bestimmtes Gebäude zu bestimmen und die gewünschte Energieeinsparung zu erzielen. Die Abbildung 3 zeigt den Aufbau einer Innenwanddämmung und einer Außenwanddämmung [18].

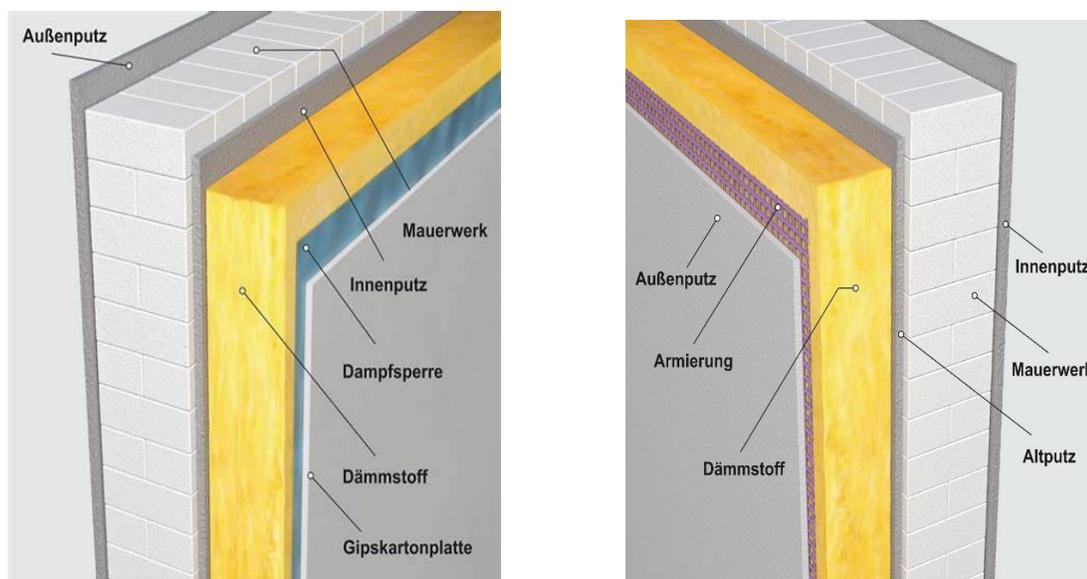


Abbildung 3: Aufbau einer Innenwanddämmung (Links) und Außenwanddämmung (Rechts)

3.3 Peak Sun Hour

Peak Sun Hour (PSH) ist ein Begriff, der in der Solarenergie verwendet wird, um die Sonneneinstrahlung zu messen und zu beschreiben. Er gibt die Anzahl der Stunden an, in denen die Sonne mit hoher Intensität scheint. Die Anzahl der PSH im Irak variiert je nach Standort und Jahreszeit. Im Allgemeinen liegt die durchschnittliche PSH bei etwa 5,3 Stunden pro Tag. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Anzahl der PSH in den Sommermonaten höher ist als in den Wintermonaten. Es gibt jedoch verschiedene Webseiten, die einen Peak Sun Hours Calculator mit Kartenfunktion anbieten, z.B. Using Solar Irradiance Meter, PVWatts Calculator und Global Solar Atlas [19]. In Tabelle 5 sind jedoch die monatlichen PSH-Werte angegeben [20].

Tabelle 5: PSH-Werte im Irak

Monat	PSH
Januar	4,31
Februar	4,99
März	5,28
April	5,50
Mai	6,00
Juni	6,16
Juli	6,10
August	6,07
September	5,51
Oktober	5,16
November	4,42
Dezember	4,07

Die in der oben genannten Quelle angegebenen PSH betragen etwa 3,5 Stunden in Deutschland, 2,6 Stunden in Norwegen und 6,8 Stunden in Ägypten. Diese Daten verdeutlichen das beträchtliche Potenzial der Solarenergie im Irak. Die Abbildung 4 zeigt die PSH-Werte in vier Ländern, alle Daten stammen aus dem PVWatts Calculator, der oben als Quelle 20 angegeben ist.

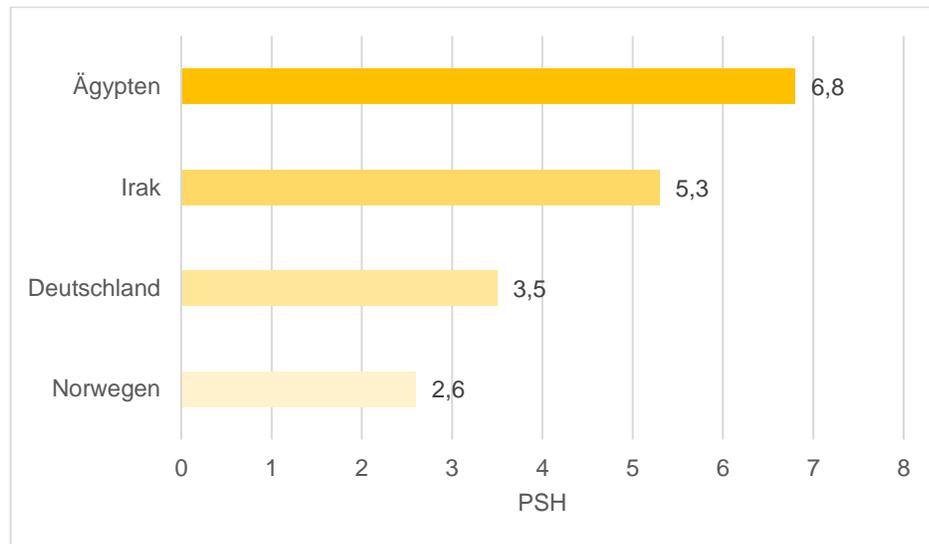


Abbildung 4: Vgl. der PSH-Werte in vier Ländern

3.4 Globalstrahlung

Die Sonne strahlt stets mit fast gleicher Kraft. Die auf die Erdoberfläche auftreffende Sonnenstrahlung wird auch als Solarkonstante bezeichnet und beträgt ungefähr 1368 W/m^2 . Darüber hinaus wird die Verfügbarkeit der Strahlung durch stärkere Absorption (längerer Weg durch die Atmosphäre) und vor allem durch tageszeitliche und jahreszeitliche Schwankungen sowie die Abschattung durch Bäume und der Gebäude beeinträchtigt. Es gibt unzählige Einflussfaktoren auf die Sonnenstrahlung, das sind die wichtigsten:

- Reflektion durch Wolken
- Streuung und Absorption durch Staub- und Schmutzpartikel
- Reflektion durch Wasser, Schnee, spiegelnde Oberflächen
- Höhe über dem Nullpunkt, desto höher die Lage, desto höher die Himmelsstrahlung
- Geographischer Breitengrad, desto näher am Pol, desto geringer die Sonnenstrahlung
- Sonnenstand, desto flacher, desto weniger Strahlung in W/m^2
- Dauer der Sonnenbestrahlung auf der Erde
- Luftverschmutzung, Partikel reflektieren die Sonnenstrahlung

Die direkte Sonnenstrahlung ist der Anteil der Strahlung, der direkt auf die Kontaktfläche trifft. Die diffuse Strahlung ist der Strahlungsanteil, der nicht direkt, sondern indirekt über reflektierende Flächen auftrifft [21].

Die Globalstrahlung wird als Momentanwert in W/m^2 gemessen. Zur Berechnung der Jahressumme der Globalstrahlung wird die Globalstrahlung am Standort mit 8760 multipliziert und durch 1000 dividiert. Dann wird die jährliche Globalstrahlung in kWh/m^2 umgerechnet. Es gibt im Internet einige gute und kostenlose Online-Tools, um die genauen Messwerte zu ermitteln, z.B. PVGIS, Deutscher Wetterdienst, Solargis und Kachelmannwetter [22].

In Deutschland liegt die mittlere jährliche Globalstrahlung zwischen 100 und 135 W/m^2 und die jährliche Globalstrahlungssumme zwischen 900 und 1.200 kWh/m^2 , im Irak dagegen bei 225 W/m^2 und die jährliche Globalstrahlungssumme bei 1.971 kWh/m^2 . Die folgende Abbildung 5 gibt einen Überblick über die jährliche Globalstrahlung verschiedener Länder und Regionen der Welt.

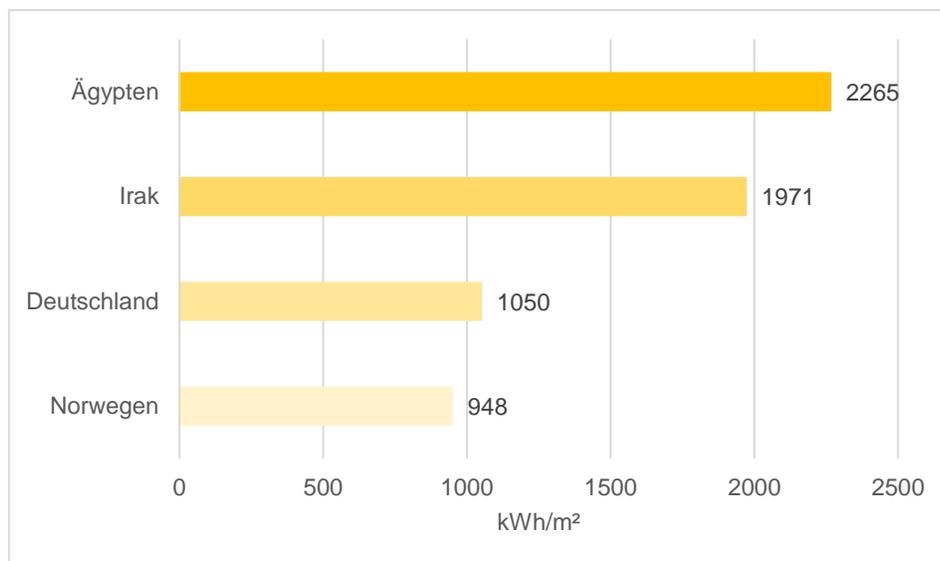


Abbildung 5: Vgl. der durchschnittlichen jährlichen Globalstrahlung in vier Ländern

Die Abbildung 6 gibt einen Überblick über die jährliche Globalstrahlung im Irak. Deutlich zu erkennen ist der Unterschied zwischen Süden und Norden zu erkennen [23]. Halabja liegt im Nordosten mit einer mittleren jährlichen Globalstrahlung von rund 1935 kWh/m².

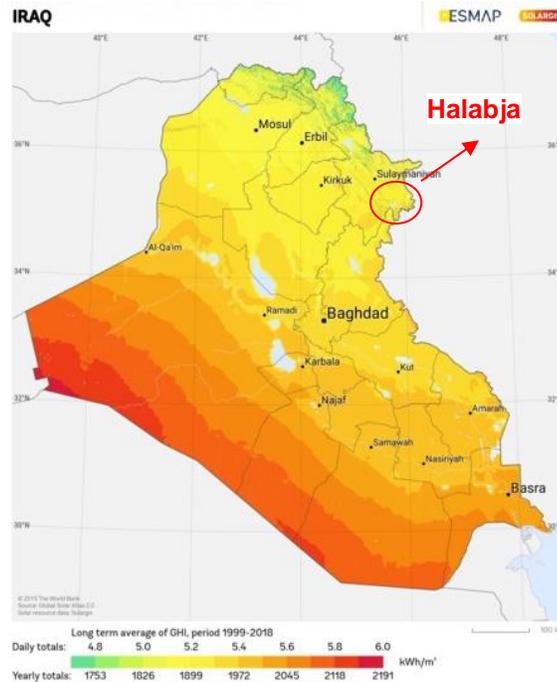


Abbildung 6: Globalstrahlung im Irak

3.5 Anwendung erneuerbarer Energien als eine Lösung zur Energiegewinnung

Erneuerbare Energien, auch regenerative Energien genannt, sind eine neue Ressource für unseren Energiebedarf. Da sie ständig neu entstehen, können sie sich also nicht nach menschlichen Zeitvorstellungen erschöpfen. Damit tragen Sie zu einer nachhaltigen und umweltschonenden Energieversorgung bei. Zu diesen Energiequellen gehören:

- Wasserkraft: Hierbei handelt es sich um die potenzielle oder kinetische Energie, die aus natürlichen Wasserströmungen gewonnen wird
- Windkraft: Diese Energiequelle nutzt die kinetische Energie natürlicher Luftströmungen
- Solarenergie: Hierbei handelt es sich um die Energie, die aus der Strahlung der Sonne gewonnen wird
- Biomasse: Diese Energiequelle nutzt die chemische Energie, die in Biomassen wie Holz gespeichert ist
- Geothermische Energie: Thermische Energie, dass durch die Erdoberfläche strömt [24]

3.5.1 Photovoltaik-Anlage als eine Lösung

Die aktuelle Rechtschreibung des Duden favorisiert die Schreibweise "Fotovoltaik", während in vielen literarischen Werken noch die ältere Variante "Photovoltaik" verwendet wird. Diese begrifflichen Unterschiede hängen meist mit der Abkürzung "PV" zusammen und gehen auf das Jahr 1920 zurück, in dem der Begriff erstmals geprägt wurde. Der Begriff setzt sich aus dem griechischen Wort "Phos" für Licht und der Maßeinheit für elektrische Spannung "Volt" zusammen [25]. Die unterschiedlichen Schreibweisen können auf regionale, sprachliche oder stilistische Präferenzen zurückzuführen sein. Während einige die moderne Form "Fotovoltaik" bevorzugen, um der aktuellen Rechtschreibung zu entsprechen, halten andere an der traditionellen Form "Photovoltaik" fest. Trotz dieser Unterschiede bleibt die Bedeutung des Begriffs unverändert und bezieht sich weiterhin auf die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen.

Der Begriff Photoeffekt beschreibt den Prozess, bei dem Photonen in Materie eindringen und ihre Energie auf Elektronen übertragen wird. Dabei wird die Energie der absorbierten Photonen in elektrische Energie umgewandelt, die dann von den Ladungsträgern in der Solarzelle genutzt werden kann. Die Solarzellen bestehen aus halbleitenden Materialien und haben die Fähigkeit, einen Teil des Photonenstroms der Sonne aufzunehmen. Durch die Einstrahlung von Sonnenenergie können in Halbleitern freie Ladungsträger erzeugt werden. Dadurch entsteht auf der einen Seite des Halbleiters ein Elektronenüberschuss (n-dotiert), während auf der anderen Seite ein Elektronenmangel (p-dotiert) auftritt. An der Grenzschicht zwischen den beiden Bereichen (p-n-Übergang) verbinden sich die überschüssigen Elektronen der n-Seite mit den Fehlstellen der p-Seite, was zur Entstehung einer neutralen Zone führt. Durch den Überschuss bzw. den Mangel an Elektronen entsteht zwischen den beiden Oberflächen ein permanentes elektrisches Feld. Einige Ladungsträger werden durch dieses elektrische Feld zu den gleichartig dotierten Zonen an den Kontakten bewegt. Dadurch entsteht eine nutzbare Potentialdifferenz, die in einem externen Stromkreis einen Strom verursacht [26]. Die Abbildung 7 zeigt den photovoltaischen Effekt in einer vereinfachten Form. In Wirklichkeit sind Solarzellen komplexer aufgebaut und bestehen aus mehreren Halbleiterschichten [27].

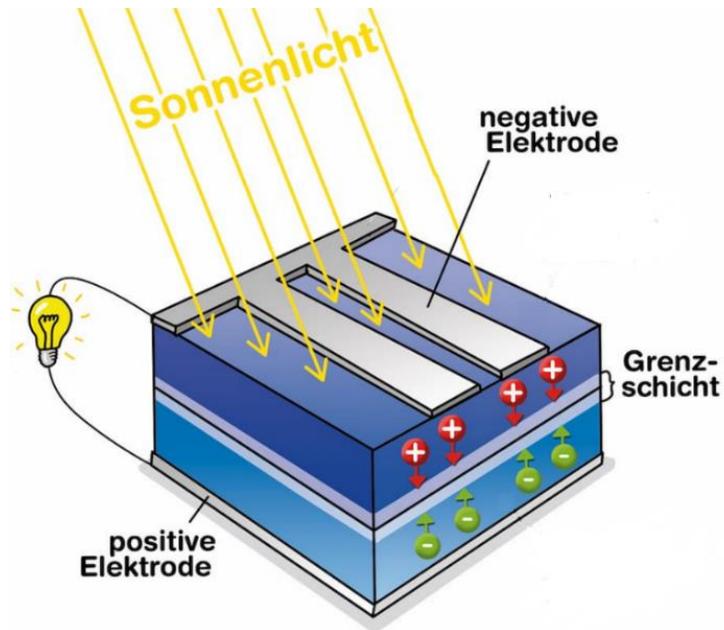


Abbildung 7: Photovoltaischer Effekt

Abbildung 8 zeigt alle Teile einer Photovoltaikanlage, die zur Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom miteinander verbunden sind.

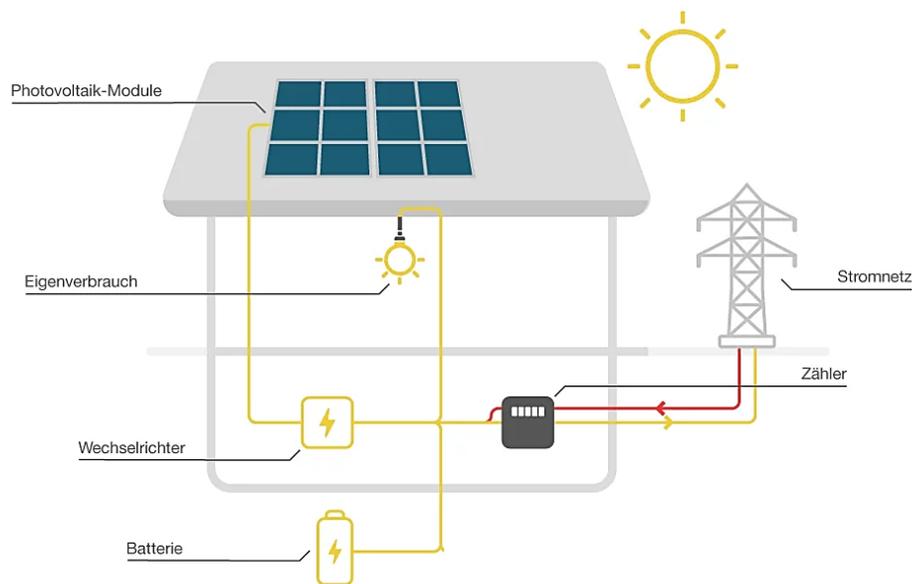


Abbildung 8: Darstellung des Gesamtsystems einer Photovoltaik-Anlage

3.5.2 Solarthermie-Anlage als eine Lösung

Nach der bereits erwähnten Photovoltaikanlage ist es ebenso spannend, über Solarthermieanlagen nachzudenken. Die Solarthermie-Anlage ist eine äußerst bedeutsame Technologie zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Sie ermöglichen es, die Wärmeenergie der Sonne einzufangen und in vielfältigen Anwendungen zu nutzen, was sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet.

Diese umweltfreundliche Technologie nutzt erneuerbare Sonnenenergie und trägt zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei. Eine solarthermische Anlage nutzt die Kraft der Sonne zur Erzeugung von Wärmeenergie. Im Gegensatz zur Photovoltaik-Anlage, bei der das Sonnenlicht in elektrische Energie umgewandelt wird, wandelt die Solarthermie das Sonnenlicht direkt in Wärme um. Sie sind eine vielversprechende Technologie, um erneuerbare Energien effizient zu nutzen und zur Verringerung der Umweltauswirkungen beizutragen.

Eine Solarthermie-Anlage besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptkomponenten bzw. Modulen: den Solarkollektoren und dem Solarspeicher. Die Solarkollektoren sind die zentrale Komponente einer thermischen Solaranlage. Sie sind so konzipiert, dass sie Sonnenstrahlen einfangen und in Wärme umwandeln können. Diese Wärmeenergie wird dann an ein Wärmeträgermedium wie Wasser oder eine Wärmeträgerflüssigkeit abgegeben. Der Solarspeicher ist eine weitere wichtige Komponente einer thermischen Solaranlage. Er dient als Zwischenspeicher für die erzeugte Wärme und stellt diese bei Bedarf zur Verfügung. Der Speicher ermöglicht es, die erzeugte Wärme zu speichern, wenn sie nicht unmittelbar benötigt wird, zum Beispiel in sonnenreichen Stunden. Auf diese Weise kann die erzeugte Wärme auch dann effizient genutzt werden, wenn die Sonne nicht scheint oder der Wärmebedarf höher ist als die aktuelle Sonneneinstrahlung. Der Solarspeicher kann verschiedene Formen haben, z.B. ein Warmwasserspeicher für die Warmwasserbereitung oder ein Pufferspeicher für die Heizungsunterstützung.

Die Solarkollektoren und der Solarspeicher sind durch ein Rohrsystem miteinander verbunden. Darin befindet sich das Transportmittel der Wärme bzw. die Solarflüssigkeit. Normalerweise besteht diese Flüssigkeit aus Wasser und Frostschutzmittel. Die Flüssigkeit wird mit Hilfe einer Solarpumpe oder eines natürlichen Kreislaufs bewegt. Es gibt verschiedene Arten und Typen von Solarthermie-Anlagen, die für verschiedene Zwecke und Anwendungen entwickelt wurden. Sie dienen z.B. der Warmwasserbereitung oder der Raumheizung. Hier sind zwei der gängigsten Arten: Flachkollektoren und Röhrenkollektoren. Röhrenkollektoren brauchen etwas weniger Platz und können etwas höhere Temperaturen erreichen. Allerdings sind Röhrenkollektoren auch teurer als Flachkollektoren [28]. Die Abbildung 9 zeigt das Gesamtsystem einer Solarthermie-Anlage.

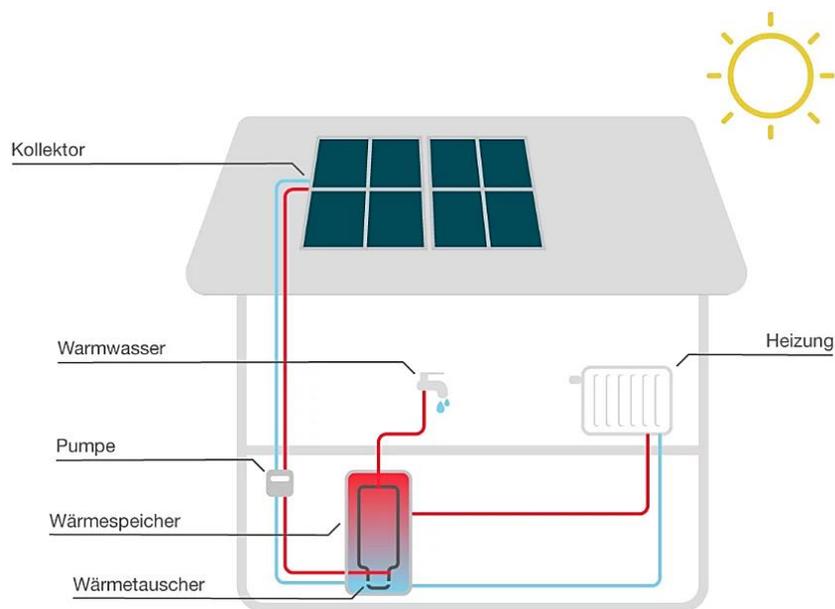


Abbildung 9: Darstellung des Gesamtsystems einer Solarthermie-Anlage

Der natürliche Kreislauf ist die Bewegung einer Flüssigkeit aufgrund thermisch bedingter Dichteunterschiede. Durch den Thermosiphon-Effekt zirkuliert die erwärmte Wärmeträgerflüssigkeit von den Kollektoren in den oberen Bereich des Speichers, wo sie die Wärme abgibt. Gleichzeitig sinkt das abgekühlte Wasser aus dem oberen Teil des Speichers zu den Kollektoren, um dort wieder erwärmt zu werden. Dieser natürliche Kreislauf wiederholt sich, solange die Sonne scheint und die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ausreicht. Die Thermosiphon-Solarthermie hat mehrere Vorteile, die sie zu einer attraktiven Wahl für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung in Haushalten machen. Beispielsweise wird keine elektrische Pumpe benötigt, um die Wärmeträgerflüssigkeit durch die Kollektoren und den Speicher zu bewegen [29]. Dadurch entfallen die Stromkosten für den Betrieb einer Pumpe, was zu Energieeinsparungen führt. Dieses System ist in der Regel einfacher zu installieren und erfordert weniger Komponenten als Systeme mit einer Pumpe. Dies kann die Installationskosten reduzieren und die Umsetzung vor Ort erleichtern. Der irakische Markt besteht hauptsächlich aus Produkten aus China und der Türkei, eine Zusammenfassung der im Irak erhältlichen Produkte findet sich in Anhang A.7.

3.5.3 Windkraft-Anlage als eine Lösung

In diesem Abschnitt wird die Funktionsweise von Windkraftanlagen näher erläutert. Die Windenergie ist eine erneuerbare Energiequelle, die die natürliche Kraft des Windes nutzt, um

elektrische Energie zu erzeugen. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, die begrenzt sind und sich erschöpfen können, ist der Wind eine unerschöpfliche Ressource. Die Windkraftanlagen, auch Windräder genannt, erzeugen Strom, indem sie die kinetische Energie des Windes in eine Drehbewegung umwandeln. Diese Drehbewegung wird dann von einem Generator in elektrische Energie umgewandelt [30]. Die erzeugte elektrische Energie wird dann in das Stromnetz eingespeist und kann zur Versorgung von Haushalten, Unternehmen und Industrie genutzt werden. Windkraftanlagen sind in der Lage, große Mengen an sauberer Energie zu erzeugen und tragen so dazu bei, die Umweltauswirkungen fossiler Brennstoffe zu reduzieren.

Die Windenergieanlagen bestehen aus vier Hauptkomponenten: Fundament, Turm, Generator und Rotor. Der Rotor ist das Herz der Anlage. Er besteht aus zwei oder drei Rotorblättern, die vom Wind angetrieben werden. Die Drehbewegung der Rotorblätter wird über ein Getriebe auf den Generator übertragen. Im Generator wird die Windenergie in elektrische Energie umgewandelt [31]. Die Abbildung 10 zeigt den schematischen Aufbau einer Windenergie-Anlage.

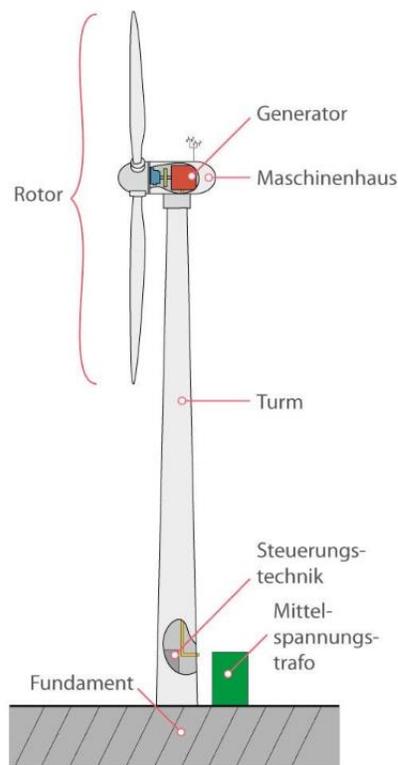


Abbildung 10: Aufbau einer Windkraft-Anlage

4 Methodik und Material

In diesem Kapitel wird die Methodik der vorliegenden Masterarbeit beschrieben. Im ersten Unterkapitel "Datenerhebung" wird detailliert beschrieben, wie die für diese Arbeit notwendigen Daten erhoben wurden. Die Datenerhebung bildet die Grundlage für die spätere Analyse und Interpretation der Ergebnisse. Im zweiten Unterkapitel "Darstellung der verwendeten Formeln" werden die Formeln zur Berechnung der verschiedenen Anforderungen vorgestellt. Das dritte Unterkapitel konzentriert sich auf die "Online-Tools", die für die Sammlung, Speicherung und Analyse der Daten verwendet wurden.

4.1 Datenerhebung

In diesem Abschnitt des Kapitels wird die angewandte Methodik vorgestellt, die für die umfassende Untersuchung des Energiebedarfs und die Entwicklung nachhaltiger Energieversorgungslösungen in Halabja, Irak, verwendet wurde. Die beschriebene Methodik bildet das solide Grundgerüst, auf dem die gesamte Analyse aufbaut. Sie ermöglicht die Bewertung verschiedener Alternativen. Daraus können Schlussfolgerungen gezogen werden. Durch die Anwendung dieser Methoden wird eine solide und fundierte Basis geschaffen, um die in dieser Masterarbeit gesetzten Ziele erfolgreich zu erreichen.

Die Methodik basiert auf Ansätzen aus dem Bereich der Energieerzeugung und -nachfrage unter Berücksichtigung spezifischer Aspekte der lokalen Gegebenheiten in Halabja. Dies gewährleistet einen umfassenden und realistischen Ansatz zur Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen, die den Bedürfnissen und Herausforderungen der Region gerecht werden. Im Folgenden werden daher die einzelnen Schritte der Methodik von der Erhebung von Primär- und Sekundärdaten bis zur Modellierung verschiedener Szenarien bzw. Konzepte für eine nachhaltige Energieversorgung detailliert dargestellt. Durch die konsequente Anwendung dieser Methodik wird eine solide Grundlage für die spätere Diskussionen und Schlussfolgerungen geschaffen, die wiederum zur Erreichung der definierten Ziele der Masterarbeit beitragen.

Die angewandte Methodik basiert auf einer breiten Datenbasis, die sowohl primäre als auch sekundäre Quellen umfasst. Zur Gewinnung primärer Datenquellen dienten direkte Kontakte und Gespräche mit Einheimischen, Fachexperten sowie umfangreiche Feldbeobachtungen. Diese Originalinformationen bieten einen direkten Einblick in den Energieverbrauch, die klimatischen Bedingungen und den Energiemarkt im Irak. In Ergänzung dazu wurden sekundäre Datenquellen herangezogen, welche aus wissenschaftlichen Studien, technischen Berichten und Fachberichten im Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz herangezogen. Diese Quellen bilden die fundierte Grundlage für die vorliegende Arbeit.

Die Erfassung und Zusammenstellung dieser verschiedenen Datenquellen ermöglichen eine umfassende Betrachtung der Thematik. Durch den direkten Kontakt vor Ort war es mir möglich, realitätsnahe Eindrücke und Hintergrundinformationen zu gewinnen, während die Einbindung von Sekundärquellen eine wissenschaftlich fundierte und breit gefächerte Informationsbasis sicherstellte. Dieser methodische Ansatz gewährleistet eine robuste und ganzheitliche Analyse der Faktoren, die den Energieverbrauch, die klimatischen Bedingungen und den Energiemarkt im Irak beeinflussen.

4.2 Darstellung der verwendeten Formeln

- Die Globalstrahlung ist die Summe der direkten Sonnenstrahlung und der diffusen Strahlung, die horizontal auf die Erdoberfläche trifft. Die Globalstrahlung wird in W/m^2 oder kWh/m^2 gemessen mit der Formel kann das berechnet werden.

$$\text{Globalstrahlung (W/m}^2\text{)} = \text{direkt} + \text{diffus}$$

- Im Durchschnitt gibt es 8760 Stunden im Jahr. Zur Berechnung der jährlichen Globalstrahlung wird die mittlere Globalstrahlung am Standort mit 8760 multipliziert und durch 1000 dividiert, um die Einheit von Watt in Kilowatt umzurechnen [32].

$$\text{Globalstrahlung (W/m}^2\text{)} * 8760 \text{ Stunden} / 1000 = \text{jährlichen Globalstrahlung (kWh/m}^2\text{/a)}$$

- Der manuelle Rechner benötigt diese Informationen, z.B. die Gesamtleistung der PV-Anlage, die jährliche Sonneneinstrahlung am Standort und den Faktor aus Ausrichtung und Neigungswinkel. Mit der folgenden Formel kann man der Ertrag einer PV-Anlage selbst berechnet werden [33].

$$\text{Jährlicher Energieertrag (kWh)} = \text{Gesamtleistung der Anlage} * \text{jährliche Sonneneinstrahlung} * \text{Faktor (\%)}$$

Die Abbildung 11 zeigt den Faktor aus Ausrichtung und Neigungswinkel. Die Berechnung der Faktor aus Ausrichtung und Neigungswinkel ist nicht ganz einfach. Hier kann diese Abbildung hilfreich sein, um den Faktor einfach abzulesen. Die Ablesung 0° bedeutet hier eine direkte Südausrichtung, 90° bedeutet eine Ost-/Westausrichtung und 180° bedeutet eine Nordausrichtung [34].

	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	
70	80	90	95	100	100	100	100	95	90	90	0°
70	80	90	95	100	100	100	100	95	90	90	±10°
70	80	90	95	100	100	100	100	95	90	90	±20°
70	80	90	95	95	100	100	98	95	90	90	±30°
70	80	90	90	95	95	98	95	95	90	90	±40°
70	80	80	90	93	95	95	95	95	90	90	±50°
65	70	80	85	90	93	95	95	95	90	90	±60°
60	70	80	80	90	90	92	93	93	90	90	±70°
60	65	70	80	85	85	90	90	90	90	90	±80°
55	60	70	70	80	80	85	90	90	90	90	±90°
48	53	60	60	70	75	85	88	90	90	90	±100°
43	48	50	50	60	70	80	85	90	90	90	±110°
40	45	48	48	55	65	75	83	88	90	90	±120°
38	43	45	48	50	60	70	83	85	90	90	±130°
38	43	45	45	48	58	68	80	85	90	90	±140°
35	40	43	43	48	55	65	78	83	90	90	±150°
33	38	43	43	48	55	65	75	83	90	90	±160°
30	35	40	40	45	53	63	73	80	90	90	±170°
30	35	40	40	45	50	60	70	80	90	90	±180°

Abbildung 11: Faktor aus Ausrichtung und Neigungswinkel

- Eine weitere Möglichkeit ist die manuelle Berechnung des geschätzten Energieertrags pro Tag mit Hilfe der PSH-Werte und der folgenden Formel [35].

$$\text{Täglicher Energieertrag} = \text{PSH} \cdot \text{Leistung der gesamten Anlage}$$

4.3 Verwendete Online-Tools

Heutzutage gibt es zahlreiche Online-Tools, die für verschiedene Zwecke verwendet werden können. Im Folgenden werden einige dieser gängigen Tools näher erläutert.

- PVWatts Calculator liefert die photovoltaischen Sonnenstunden (PSH) für einen ausgewählten Standort auf monatlicher und jährlicher Basis. Um die PSH-Werte zu erhalten, kann entweder die vollständige Adresse oder nur einfach der Name der Stadt eingegeben werden. Außerdem stehen die Daten auf dieser Website kostenlos zur Verfügung (<https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>).
- Solargis ist eine Website, die eine breite Palette von Ressourcen im Zusammenhang mit Solarenergie und erneuerbaren Energien bietet. Die Plattform stellt Solarstrahlungsdaten, Karten, GPS-Daten und viele andere relevante Informationen für fast 200 Länder zur kostenlosen Nutzung zur Verfügung. Solargis bietet den Nutzern wertvolle Informationen,

die zur Optimierung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen in verschiedenen Regionen der Welt beitragen können. Ein besonders nützliches Feature von Solargis sind die Globalstrahlungswerte (<https://solargis.com/>).

- Solar-Edge Designer ist ein einzigartiges, kostenloses Online-Planungstool, das speziell für die Optimierung des Designs und der Planung von Photovoltaikanlagen entwickelt wurde. Mit dieser leistungsstarken Software können Solaranlagenplaner ihre Projekte effizient und effektiv umsetzen. Solar-Edge Designer bietet eine Vielzahl von Funktionen und Ressourcen, mit denen Anwender die Energieproduktion ihrer Solaranlage maximieren können (<https://www.solaredge.com/de/>).

5 Entwicklung eines Konzepts zur Deckung des Energiebedarfs

In Kapitel 2 wurden verschiedene erneuerbare Energiequellen kurz beschrieben. Sowohl Wind- als auch Solarenergie sind erneuerbare Energiequellen, die keine Treibhausgase emittieren. Neben diesen Vorteilen gibt es aber auch einige Nachteile, die bei der Entscheidung berücksichtigt werden müssen. Die Windkraftanlagen können jedoch negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, wie z.B. Lärmbelästigung und Vogelschlag. Im Gegensatz dazu sind die PV-Anlagen in der Anschaffung und die Wartung günstiger als die Windkraftanlagen. In Halabja mit ausreichender Sonneneinstrahlung kann die Stromerzeugung durch Solarmodule rentabel sein. Insgesamt ist die Solarenergie für das Modellhaus die bessere Wahl, wenn Kosten, Wirtschaftlichkeit und Umweltauswirkungen berücksichtigt werden.

5.1 Stromverbrauch in Halabja

Der Begriff elektrischer Energieverbrauch bezeichnet die Menge an elektrischer Energie, die von einem bestimmten Verbraucher (z.B. Haushalt, Unternehmen etc.) in einem bestimmten Zeitraum verbraucht wird. Der individuelle Stromverbrauch oder Strombedarf wird durch den wirtschaftlichen Entwicklungsstand bzw. die Charakteristika der Lebensweise sowie durch die Effizienz der Energienutzung beeinflusst. Darüber hinaus haben auch das Klima und die Jahreszeiten einen Einfluss auf den Stromverbrauch [36]. Der geschätzte durchschnittliche Stromverbrauch bzw. Strombedarf eines irakischen 5-Personen-Haushalts in Halabja liegt bei 7147 kWh pro Jahr, während er in Deutschland in einem Einfamilienhaus bei 6300 kWh liegt, wenn auch das Warmwasser elektrisch erzeugt wird. Die Unterschiede im Stromverbrauch der Haushalte sind auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Zunächst spielt das Klima eine wichtige Rolle. Im Irak ist vor allem im Sommer eine kontinuierliche Stromversorgung notwendig, was eine Kühlung der Wohnung rund um die Uhr erfordert. Klimaanlageanlagen werden daher intensiv genutzt, um die Innenräume angenehm zu kühlen, was zu einem erhöhten Stromverbrauch führt. In Deutschland hingegen ist das Klima gemäßigter. Der Bedarf an permanenter Klimatisierung ist nicht so hoch. Allerdings wird auch in Halabja im Winter eine elektrische Heizung benötigt, um die Innenräume zu erwärmen, was zu einem erhöhten Stromverbrauch in der kalten Jahreszeit führt. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Energieeffizienz der Gebäude. Vor Ort sind viele Häuser nicht optimal isoliert oder energetisch modernisiert, was zu erhöhten Energieverlusten führt. Dies bedeutet, dass mehr Energie aufgewendet werden muss, um die Räume zu kühlen oder zu heizen, was wiederum den Stromverbrauch erhöht. In Deutschland hingegen wurden viele Gebäude im Laufe der Zeit besser isoliert und energetisch saniert, was zu einem effizienteren Stromverbrauch führt. Der Stromverbrauch in einem Mehrfamilienhaus ist in Deutschland in der Regel geringer als in einem Einfamilienhaus. Dies liegt vor allem daran, dass

die Wohnfläche in einem Mehrfamilienhaus kleiner ist. Der Stromverbrauch erhöht sich erheblich, wenn in einem Haushalt eine elektrische Warmwasserbereitung eingesetzt wird [37]. Abbildung 12 zeigt den Vergleich des jährlichen Stromverbrauchs von 5-Personen-Haushalten im Irak und in Deutschland.

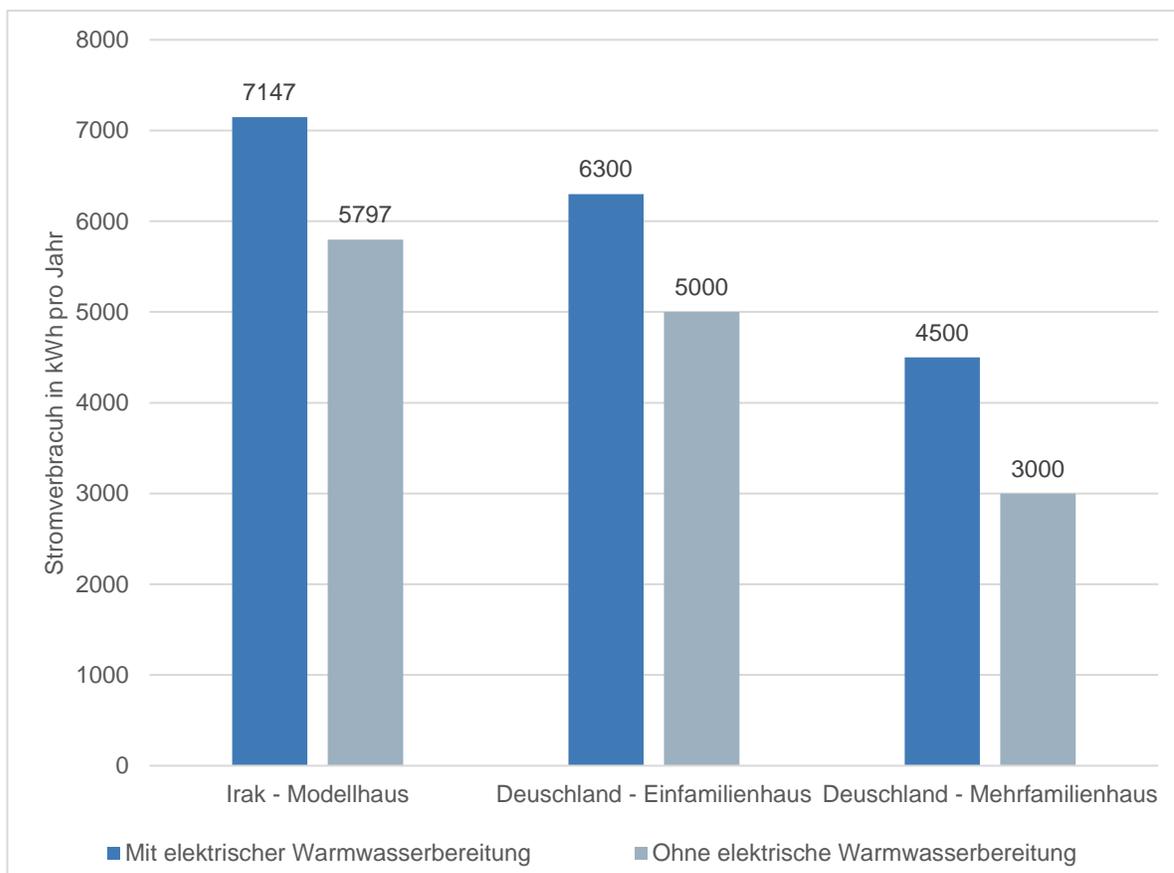


Abbildung 12: Vgl. des jährlichen Stromverbrauchs eines 5-Personen-Haushalts

Die Abbildung 13 zeigt den Strombedarf in Halabja aufgeteilt in sechs verschiedene Kategorien. Die Kategorie "Andere" umfasst Geräte wie Waschmaschine, Fernseher, Mikrowelle, Bügeleisen, Staubsauger etc. Aufgrund fehlender Ressourcen für den Strombedarf in Halabja wurden die Daten selbst erhoben und werden im nächsten Abschnitt näher erläutert.

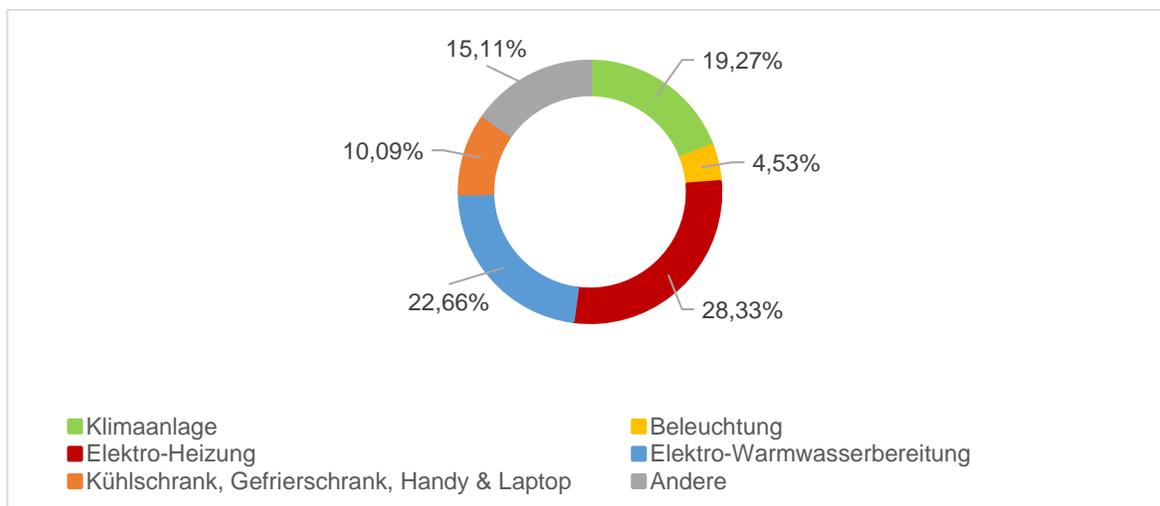


Abbildung 13: Strombedarf nach 6 Kategorien in Halabja

Der aktuelle Strompreis in Halabja, der aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, ist nicht festgelegt. Er variiert je nach Verbrauchsmenge. Mit steigendem Verbrauch erhöht sich auch der Preis entsprechend. Laut <https://www.xe.com/> beträgt der Umrechnungskurs für den Monat August 2023: 1 irakischer Dinar = 0,00076 Euro. Außerdem belaufen sich die Kosten für den Dieselgenerator auf ca. 30 bis 40 Euro pro Monat, wenn er nur 4 bis 6 Stunden pro Tag läuft. Im Vergleich zum durchschnittlichen Monatslohn (600 - 900 €) in Halabja sind die Kosten für Dieselgeneratoren nicht günstig. Tabelle 6 enthält zusätzliche Informationen über den Strompreis in Halabja.

Tabelle 6: Strompreis in Halabja

Öffentliches Stromnetz / kWh	Preis / IQD	Preis / EUR
1 - 450	18	0,014
451 - 900	24	0,018
901 - 1500	42	0,032
1501 - 2100	72	0,055
2101 - 3000	90	0,068
3001 - 5000	180	0,137
5000	240	0,182

5.2 Drei verschiedene Muster für den jährlichen Strombedarf in Halabja

Heutzutage sind die Menschen stark abhängig von elektrischer Energie für nahezu alle Aspekte des täglichen Lebens. Der steigende Strombedarf und die Auswirkungen des Klimawandels erfordern ein Umdenken in der Energienutzung. Es wird empfohlen, den jährlichen Strombedarf bzw. -verbrauch zu ermitteln und alternative für Stromerzeugungsquellen in Betracht zu ziehen. Der Strombedarf wird von verschiedenen Faktoren wie Bevölkerungsdichte, Klima und Ressourcenverfügbarkeit beeinflusst. Eine zentrale Kennzahl, die den Energiehaushalt im Irak charakterisiert, ist der jährliche Stromverbrauch von beeindruckenden 46,49 Milliarden Kilowattstunden. Diese Zahl gibt einen Hinweis auf den insgesamt hohen Strombedarf im Land [38]. Im nächsten Abschnitt werden drei verschiedene jährliche Strombedarfsmuster in dieser Region beschrieben, die im Folgenden näher erläutert werden. Es ist anzumerken, dass diese drei Strombedarfsmuster aufgrund fehlender Referenzen und Quellen erfolgreich in Zusammenarbeit mit den Leuten vor Ort und unter fachkundiger Anleitung des Betreuers (Prof. Dr. Arlt) und des Mentors (Hr. Metzger) ermittelt wurden.

Tabelle 7: Drei verschiedene Muster des jährlichen Strombedarfs

Strombedarfsmuster 1	7147 kWh
Strombedarfsmuster 2	3184 kWh
Strombedarfsmuster 3	1737 kWh

Im Modellhaus wird der Strombedarf von drei verschiedenen Mustern betrachtet, um unterschiedliche Aspekte und Anforderungen an die Stromversorgung zu berücksichtigen. Der Hauptgrund für diese Betrachtung liegt in den Beschränkungen des Budgets und in den Bedürfnissen. Das dritte Strombedarfsmuster berücksichtigt ein begrenztes Budget und konzentriert sich auf die Erfüllung der wichtigsten Bedürfnisse. Insbesondere in heißen Sommern und kalten Wintern ist das öffentliche Stromnetz oft überlastet und steht nur 6 Stunden am Tag zur Verfügung. Daher ist es von großer Bedeutung, dass wesentliche Geräte wie Kühlschrank, Klimaanlage, Elektro-Heizung und Beleuchtung in Betrieb sein können. Für das zweite Muster des Strombedarfs ist ein höheres Budget erforderlich, was es ermöglicht, einen größeren Strombedarf und einen zusätzlichen Bedarf als drittes Muster abzudecken. Dadurch wird z.B. der Betrieb von Elektroheizungen und Klimaanlagen über längere Zeiträume ermöglicht. Wenn der Preis oder das Budget keine große Rolle spielen, kann das erste Strombedarfsmuster sehr attraktiv sein, da es in der Lage ist, fast den gesamten Strombedarf zu decken.

5.2.1 Strombedarfsmuster 1

Im ersten Strombedarfsmuster wurde versucht, den gesamten Stromverbrauch auf Basis der Benutzungsstunden zu berücksichtigen. Der gesamte Strombedarf wurde saisonal erfasst. Damit kann fast der gesamte Strombedarf gedeckt werden. Dies ist in Tabelle 8 dargestellt und Anhang A.1 enthält detaillierte Informationen. Es ist wichtig zu betonen, dass dieser Ansatz eine umfassende Berücksichtigung der Nutzungsgewohnheiten und der saisonalen Schwankungen des Stromverbrauchs ermöglicht. Dies kann dazu beitragen, eine sichere Stromversorgung sicherzustellen und mögliche Engpässe zu vermeiden.

Tabelle 8: Strombedarfsmuster 1

Jahreszeiten	Strombedarf / kWh
1 Monat im Frühling	514,6
1 Monat im Sommer	591,1
1 Monat im Herbst	604,6
1 Monat im Winter	672,1
Jährlicher Strombedarf	7147

Die Abbildung 14 zeigt das Strombedarfsmuster 1 nach Jahreszeit und verschiedenen Kategorien z.B. Klimaanlage, Elektro-Heizung, Beleuchtung usw. Es ist zu erkennen, dass im Sommer die Klimaanlage und im Winter die Elektro-Heizung den größten Verbrauch verursachen.

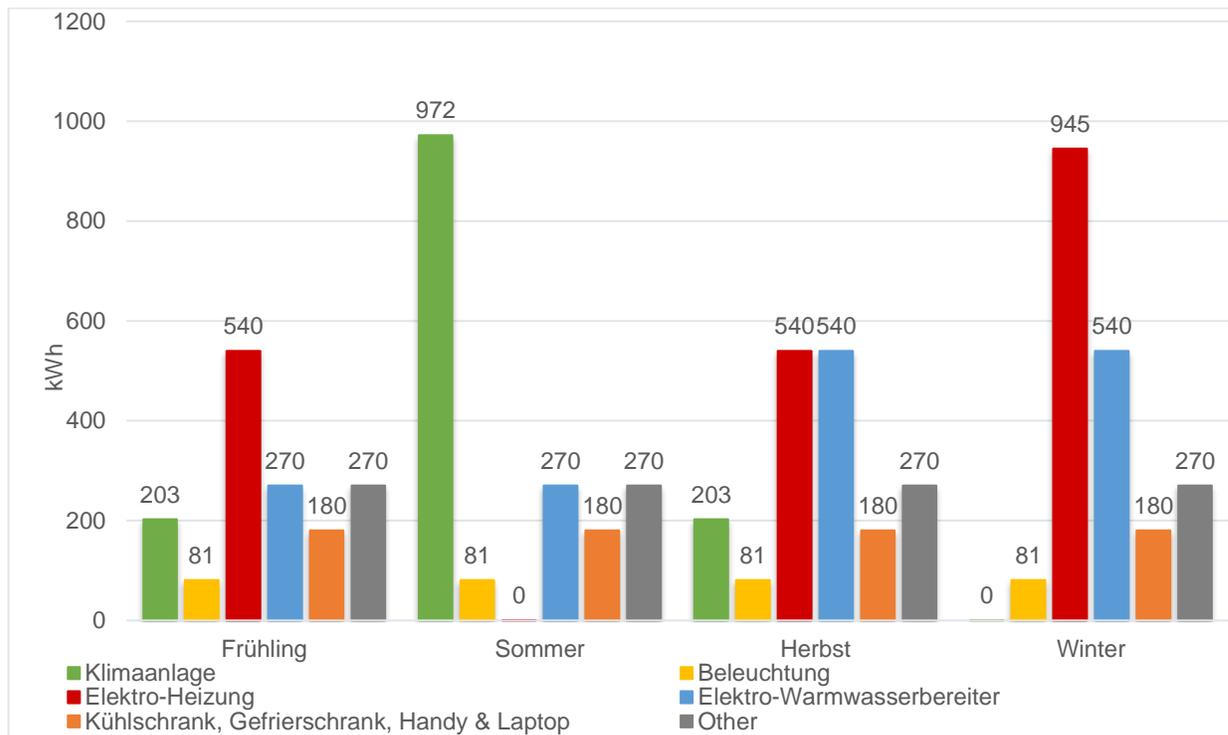


Abbildung 14: Strombedarfsmuster 1 nach den Jahreszeiten

Es gibt verschiedene Ansätze, um ein Lastprofil oder ein zeitliches Muster des Strombedarfs für ein Modellhaus pro Jahr zu erstellen. Es ist wichtig zu beachten, dass ein Lastprofil eine Annahme ist und auf Schätzungen und Beobachtungen basiert. Das tatsächliche Verbrauchsverhalten kann davon abweichen. Die Abbildung 15 zeigt das saisonale Lastprofil des Strombedarfsmusters 1 dargestellt. Wie man sieht, sind die Nachmittagsstunden im Sommer und die Abendstunden sowohl im Sommer als auch im Winter die Stunden mit dem höchsten Strombedarf.

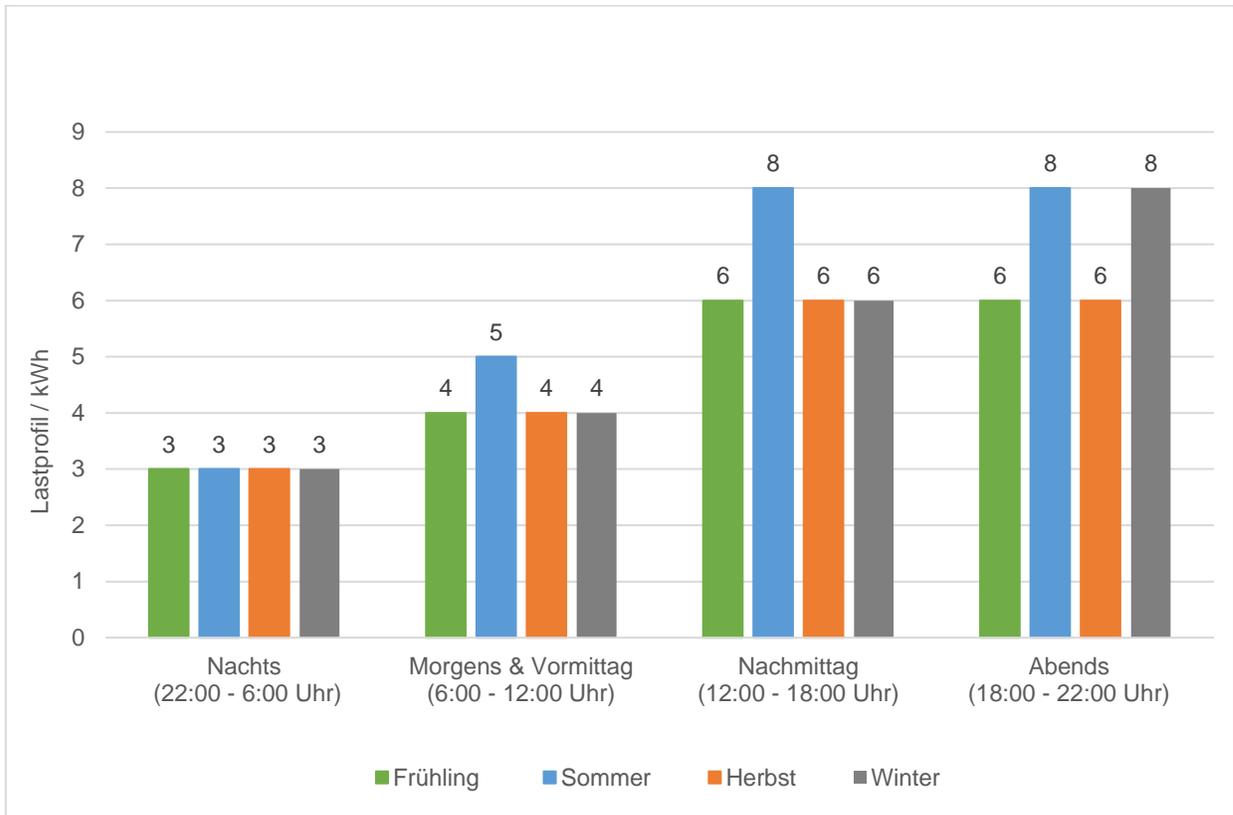


Abbildung 15: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 1 im Tagesverlauf

5.2.2 Strombedarfsmuster 2

Der jährliche Strombedarf im zweiten Muster beträgt 3184 kWh und ist deutlich niedriger als im ersten Muster, da einige energieintensive Geräte wie Elektro-Warmwasserbereitung, Waschmaschinen und andere (Mikrowellen, Staubsauger, ...) entfernt wurden. Die Kosten für das Strombedarfsmuster 2 sind niedriger als für das erste, das einen geringeren Strombedarf decken kann. Tabelle 9 zeigt das monatliche Strombedarfsmuster 2 und detaillierte Informationen sind auch in Anhang A.2 zu finden.

Tabelle 9: Strombedarfsmuster 2

Jahreszeiten	Strombedarf / kWh
1 Monat im Frühling	246,1
1 Monat im Sommer	303,1
1 Monat im Herbst	224,5
1 Monat im Winter	287,5
Jährlicher Strombedarf	3184

Die Abbildung 16 zeigt das Strombedarfsmuster 2 nach Jahreszeit. Es ist zu erkennen, dass sowohl im Sommer die Klimaanlage als auch im Winter die Elektro-Heizung für den Großteil des Verbrauchs verantwortlich sind.

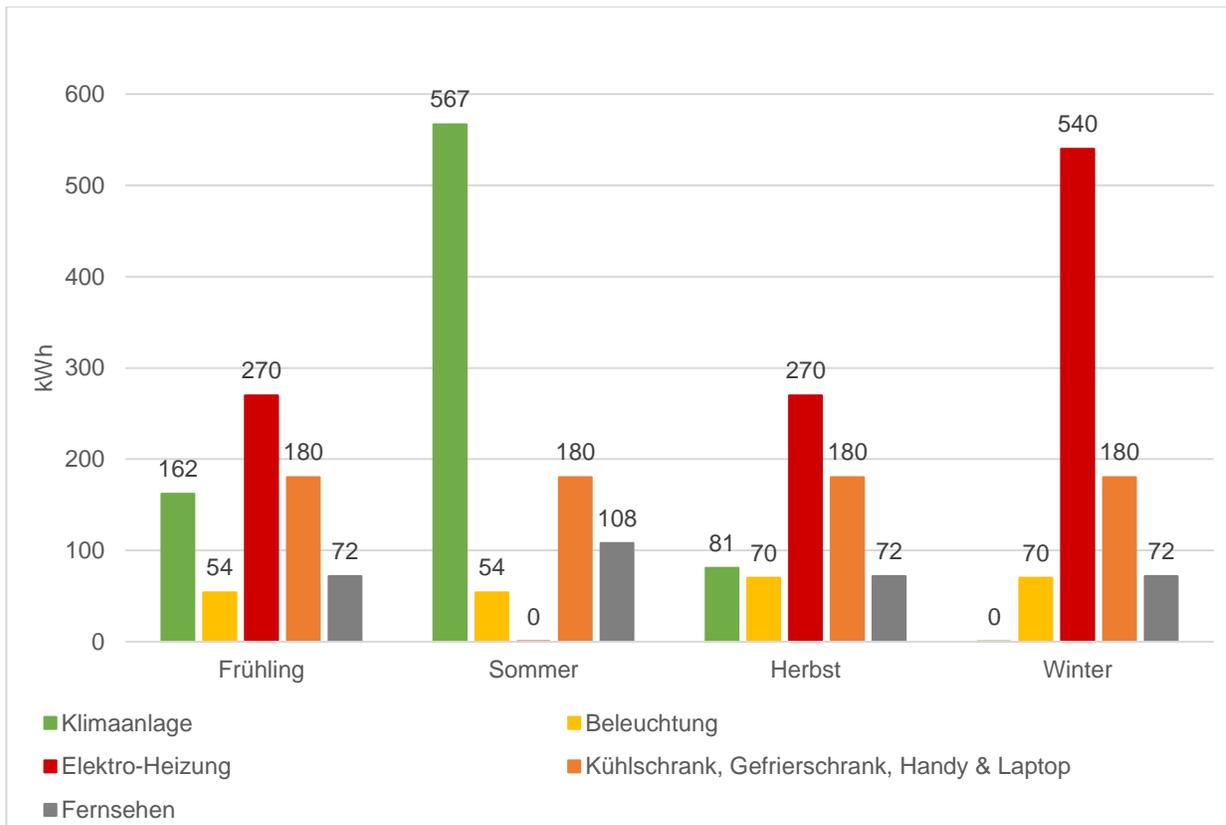


Abbildung 16: Strombedarfsmuster 2 nach den Jahreszeiten

Die Abbildung 17 zeigt das saisonale Lastprofil des zweiten Strombedarfsmusters. Hier ist der Strombedarf im Sommer nachmittags und abends am höchsten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Vergleich zum ersten Muster weniger Stunden für die Elektro-Heizung berücksichtigt wurden.

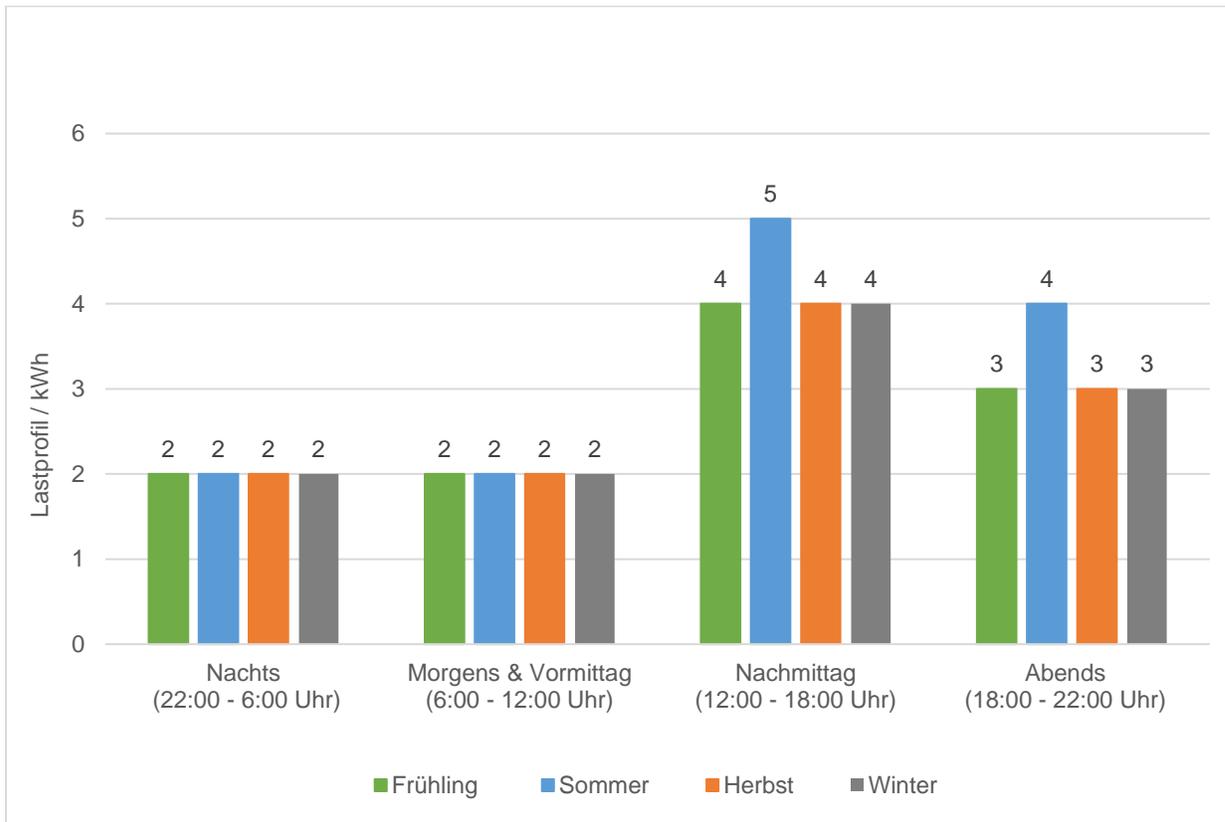


Abbildung 17: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 2 im Tagesverlauf

5.2.3 Strombedarfsmuster 3

Der jährliche Strombedarf von etwa 1737 kWh wurde berücksichtigt, was wesentlich niedriger ist als bei anderen Strombedarfsmustern. Zudem wurde auf den Einsatz von energieintensiven Geräten wie einem Elektro-Warmwasserbereitung, einer Waschmaschine, einem Fernseher und andere (Mikrowellen, Staubsauger, ...) verzichtet. In Tabelle 10 ist das monatliche Strombedarfsmuster 2 dargestellt. Weitere detaillierte Informationen sind in Anhang A.3 zu finden.

Tabelle 10: Strombedarfsmuster 3

Jahreszeiten	Strombedarf / kWh
1 Monat im Frühling	123,1
1 Monat im Sommer	177,1
1 Monat im Herbst	116,8
1 Monat im Winter	161,8
Jährlicher Strombedarf	1737

Die Abbildung 18 zeigt das Strombedarfsmuster 3 nach Jahreszeit. Im Vordergrund steht dabei nur die Deckung des notwendigen Strombedarfs.

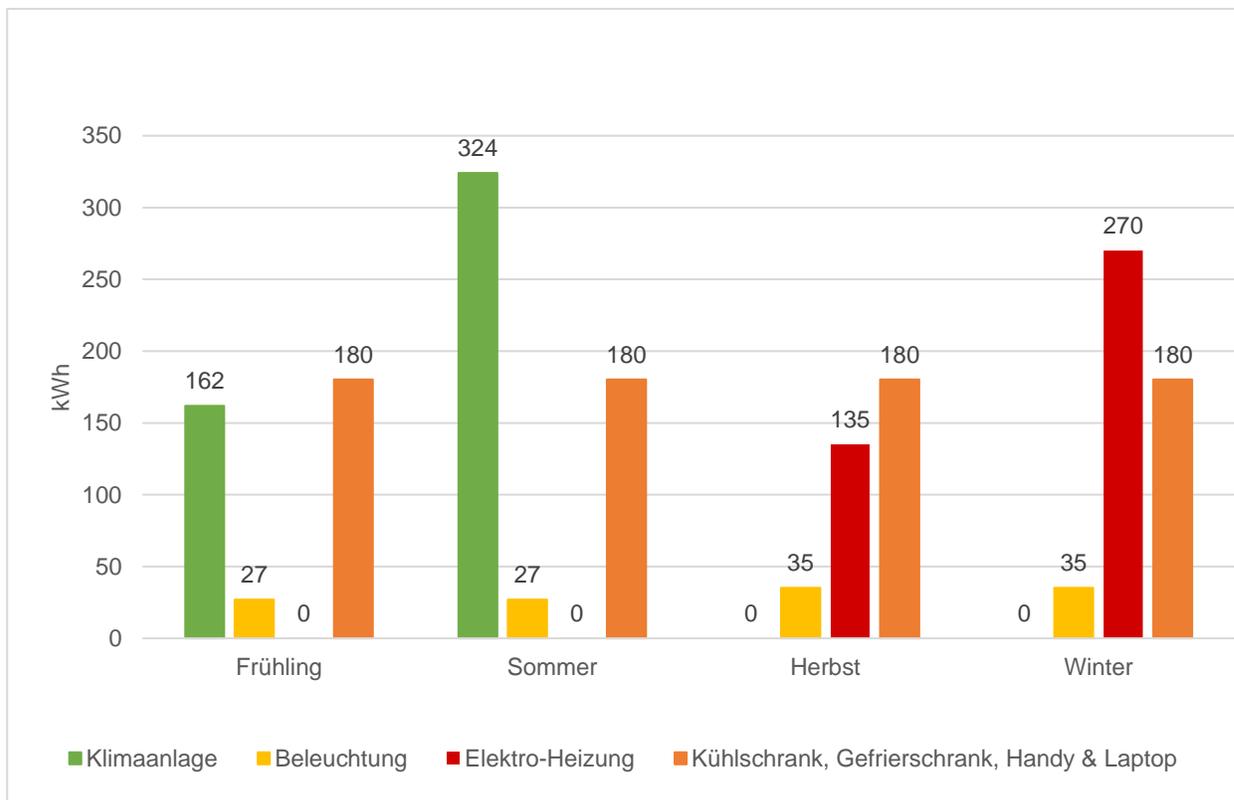


Abbildung 18: Strombedarfsmuster 3 nach den Jahreszeiten

Die Abbildung 19 zeigt das saisonale Lastprofil des zweiten Strombedarfsmusters. Hier ist der Strombedarf zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten sehr ähnlich, da der Schwerpunkt auf der Deckung des Grundbedarfs liegt und nur sehr wenige Stunden für Verbraucher wie Klimaanlage und Elektroheizungen berücksichtigt werden.

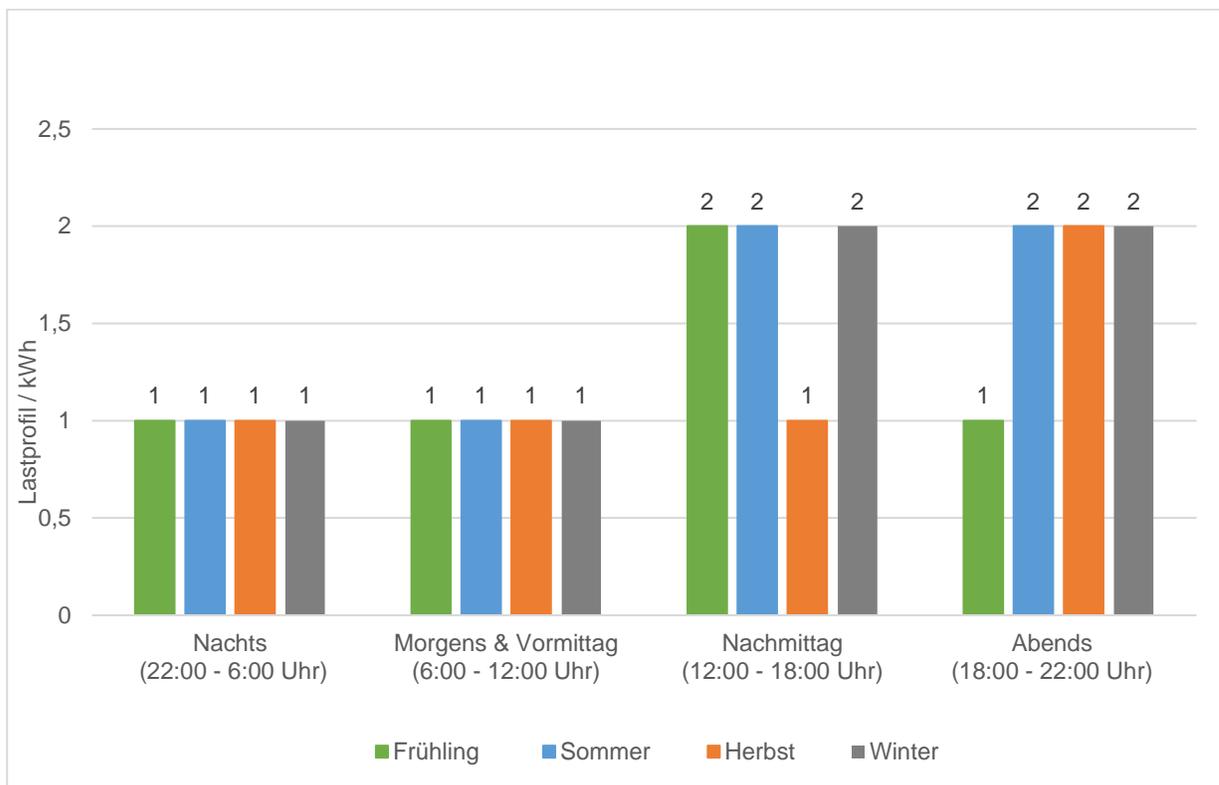


Abbildung 19: Saisonales Lastprofil des Strombedarfsmusters 3 im Tagesverlauf

5.3 Installation und Montagemöglichkeiten der PV- Anlagen

In diesem Abschnitt werden alle Fragen im Zusammenhang mit der Installation und der Auswahl von Solarmodulen behandelt, wie z.B. Dachausrichtung, Dachneigung und Montagemöglichkeit. Dachausrichtung und -neigung: Wenn die PV-Anlage nach Süden ausgerichtet ist, ist der Ertrag am höchsten. Auf der anderen Seite ist der Ertrag am geringsten, wenn die PV-Anlage nach Norden ausgerichtet ist. Man kann also sagen, dass die Südausrichtung für den vollen Ertrag und die Ost-West-Ausrichtung für einen hohen Ertrag bzw. maximalen Energieverbrauch am besten geeignet ist. Der Neigungswinkel ist der Winkel zwischen der Kollektorfläche und der Aufstellebene. Ein Neigungswinkel von 30° Grad nach Süden und 20° Grad nach West-Ost sorgt für den besten PV-Ertrag vor Ort. Nach Lastprofil und PV-Erzeugung erscheint die Südwest-Ost-Richtung besser geeignet, wobei der Südosten den Verbrauch am Morgen und der Südwesten

den Verbrauch am Abend abdeckt. Die Abbildung 20 ist von mir unter Verwendung von Informationen aus dem Solar-Edge Design Report erstellt worden. Detaillierte Informationen sind in Anhang A.9 zu finden.

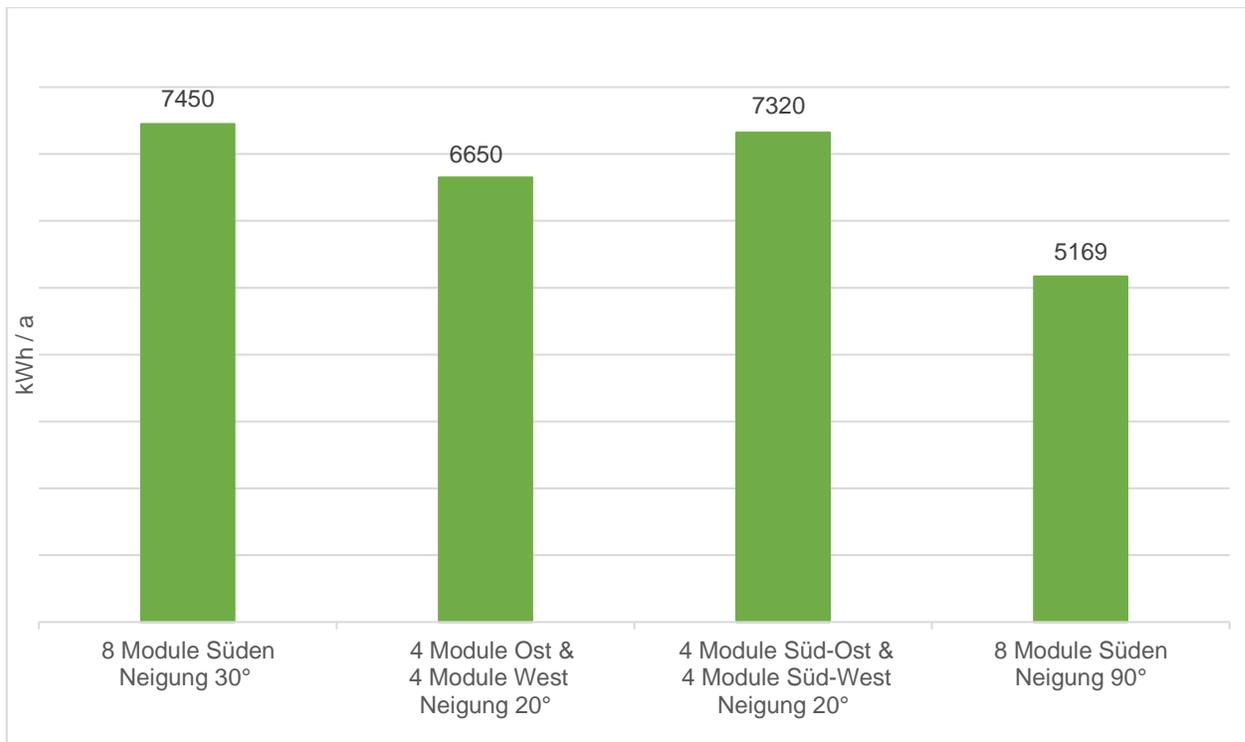


Abbildung 20: Vgl. der jährlichen PV-Erträge in Abhängigkeit von Ausrichtung & Neigung

Für die PV-Anlage können folgende Montagemöglichkeiten genutzt werden: Flachdach, Schrägdach, Hauswand/Balkon und Gründach. Auf einem begrünten Flachdach mit PV-Anlage wird aktiver Klimaschutz betrieben und das Dach vor UV-Strahlung geschützt. Außerdem werden die Umgebung und der Innenraum gekühlt, was sich positiv auf die Luftfeuchtigkeit auswirkt und im Sommer die darunter liegenden Dachgeschosse kühlt.

Kombination von Gründach und eine PV-Anlage: Die Bedeutung von Dachbegrünungen geht weit über ihre ästhetischen Qualitäten hinaus. Tatsächlich können sie bis zu 90% der Niederschläge zurückhalten, die Dachhaut vor schädlicher UV-Strahlung schützen und heimischen Tierarten wie Wildbienen, Schmetterlingen und Vögeln einen wertvollen Lebensraum bieten. Dachbegrünungen haben positive Auswirkungen auf verschiedenen Ebenen, insbesondere auf die Kühlung der Umgebung und der Innenräume. Durch die Verdunstung des in den Pflanzen gespeicherten Wassers und durch die Struktur der Dachbegrünung selbst entsteht ein Kühleffekt, der die Luftfeuchtigkeit verbessert und ein angenehmes Klima schafft. Insbesondere an heißen

Sommertagen kann eine Dachbegrünung dazu beitragen, die Temperaturen in den darunter liegenden Dachgeschossen zu senken. Zudem bieten Dachbegrünungen einen effektiven Schutz des Daches vor schädlichen Umwelteinflüssen wie UV-Strahlung, Hagel und starkem Niederschlag sowie vor den Auswirkungen von Temperaturschwankungen. Diese Schutzwirkung trägt dazu bei, die Lebensdauer der Dachabdichtung zu verlängern und damit die Wartungskosten des Gebäudes langfristig zu senken. Ein anderer wichtiger Vorteil ist, dass sich Gründächer vor allem im Sommer positiv auf den Stromertrag auswirken können. Die Erträge von PV-Modulen nehmen bei steigenden Temperaturen ab. Die genaue Abnahme hängt von verschiedenen Faktoren ab, Dazu gehören der Typ der Solarzellen und das spezifische Design des PV-Moduls. Die Zelltemperatur beträgt normalerweise 25 °C. Das bedeutet, dass jede Erhöhung der Zelltemperatur um 1 °C über 25 °C zu einem Leistungsabfall führen kann [39]. Eine Dachbegrünung kann hier Abhilfe schaffen, indem die Verdunstungskälte der Pflanzen die Erwärmung der PV-Module reduziert. Studien zeigen, dass Dachbegrünungen in den Sommermonaten einen Mehrertrag von bis zu 5% erreichen können [40]. Aber was für ein flachwurzelndes Pflanzen verwendet werden wie Sukkulenten, Gräser und Kräuter. Dann ist eine Substratschicht erforderlich, um das geeignete Substrat auf das Dach aufzubringen und den Pflanzen ausreichend Nährstoffe und eine ausreichende Drainage zu bieten. Die Dicke der Substratschicht hängt von der Art des Gründaches ab. Am Ende ist ein geeignetes Drainagesystem sinnvoll, um überschüssiges Wasser von der Dachfläche abzuleiten und ein Überlaufen des Wassers zu vermeiden. Bei der Kombinationslösung sollte die Dachneigung nicht mehr als 5 Grad betragen, um ein Abrutschen der Systeme zu vermeiden.

Gesamtverluste der PV-Anlage: Diese können mit ca. 14% angesetzt werden [41]. Diese Verluste umfassen alle Arten von Verlusten innerhalb des PV-Systems, die dazu führen, dass die tatsächlich ins Netz eingespeiste Leistung geringer ist als die von den PV-Modulen erzeugte Leistung. Die Verluste können durch verschiedene Faktoren verursacht werden, darunter Kabelverluste, Wechselrichterverluste, Abschattung, Temperaturverluste, Reflexionsverluste und Verschmutzung wie Schmutz oder Schnee auf den Modulen [42]. Im Laufe der Zeit kommt es auch zu einem gewissen Leistungsverlust der Module, so dass die durchschnittliche jährliche Stromerzeugung über die Lebensdauer der Anlage um einige Prozent geringer ausfällt als in den ersten Jahren.

5.4 Übersicht über die Produkte von Photovoltaik-Anlage im Irak

Die PV-Anlage kann in der Regel in die folgenden Abschnitte unterteilt werden wie Solarmodule bzw. PV-Module, Wechselrichter, Batteriespeicher, Eigenverbrauch und öffentliches Stromnetz. Die Solarenergie hat im Irak in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen und bietet ein enormes Potenzial für eine nachhaltige Energieerzeugung. Von Solarmodulen und Wechselrichtern bis hin zu Montagesystemen und Batteriespeichern bietet der irakische Markt eine Vielzahl von Produkten, die für den Aufbau einer effizienten PV-Anlage notwendig sind.

Solarmodule: Der Markt besteht im Allgemeinen fast ausschließlich aus zwei verschiedenen Technologieklassen: Kristallin (Monokristallin, Polykristallin) und Dünnschicht. Solarmodule können in Technologien, Werkstoffe, Wirkungsgrad, Temperaturkoeffizient, Nennleistung, Kosten und so weiter variieren. Die Nennleistung spielt eine entscheidende Rolle, da sie den Stromertrag einer Photovoltaikanlage bestimmt und in Watt Peak (Wp) angegeben wird. In Anhang A.4 sind die Produkte aufgelistet, die auf dem irakischen Markt erhältlich sind.

Wechselrichter: Ein Wechselrichter ist ein elektronisches Gerät, das Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) umwandelt. Dieser wird dann in das Stromnetz eingespeist oder zur direkten Stromversorgung von Haushalten oder anderen Gebäuden genutzt. Die PV-Anlagen erzeugen Gleichstrom, während die Haushaltsgeräte mit Wechselstrom betrieben werden. Der Wechselrichter ist daher ein wesentlicher Bestandteil einer PV-Anlage, um die erzeugte Energie in eine Form umzuwandeln, die im Haushalt oder im Stromnetz genutzt werden kann. Dadurch wird die Gesamtleistung der PV-Anlage verbessert, der Stromertrag erhöht und die maximale Energieproduktion aus der PV-Anlage erreicht. Die beiden Parameter, die berücksichtigt werden müssen, sind die Nennleistung der gesamten PV-Anlage und die maximale Eingangsleistung des Wechselrichters. Es muss sichergestellt werden, dass die maximale Eingangsleistung des Wechselrichters höher ist als die gesamte Nennleistung der PV-Anlage ist. Die Vielfalt der Wechselrichter im Irak ist beachtlich und wurde in Anhang A.5 dokumentiert.

Batteriespeicher: Die Auswahl des optimalen Batteriespeichers für eine PV-Anlage hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z.B. Energiebedarf, Budget, gewünschte Funktionen und lokale Vorschriften. Eine tabellarische Übersicht der verschiedenen Batteriespeicher mit den entsprechenden Eigenschaften wie Unternehmen, Modellnummer und Power in kWh ist in Anhang A.6 zusammengefasst.

5.5 Auslegung und Kosten einer Photovoltaik-Anlage

Bei der Auslegung einer Photovoltaikanlage müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, um eine Anlage zu dimensionieren, die den individuellen Bedürfnissen des Anlagenbetreibers entspricht. Zunächst ist der jährliche Strombedarf von großer Bedeutung, wie bereits im vorigen Abschnitt erläutert. Weitere wichtige Aspekte sind die verfügbare Fläche für die Installation der Solarmodule, der Standort der Anlage und die Leistung der Solarmodule. Die Ausrichtung und Neigung der Solarmodule müssen optimal sein, um eine möglichst hohe Sonneneinstrahlung zu gewährleisten. Auch der Standort der PV-Anlage spielt eine Rolle, da die Sonneneinstrahlung je nach geografischer Lage variiert. In den folgenden Abschnitten werden die Installation und die Kosten der drei Alternativen untersucht.

5.5.1 Alternative 1

Die Alternative 1 wird im Zusammenhang mit dem Strombedarfsmuster 1 betrachtet. Der durchschnittliche Strombedarf beträgt 7147 kWh pro Jahr. Der jährliche Energieertrag einer Photovoltaikanlage kann man sowohl manuell (Abschnitt 4.2) als auch mit der Hilfe der Online-Tools berechnet werden. Ein wichtiger Schritt bei der Planung einer PV-Anlage ist der Vergleich des geschätzten Energieertrags pro Tag mit dem Lastprofil. Der geschätzte Energieertrag pro Tag basiert auf Faktoren wie der Sonneneinstrahlung am Standort, der Größe der PV-Anlage und der Leistung des Solarpanels. Das Lastprofil hingegen gibt an, wie sich der Strombedarf über den Tag verteilt. Es berücksichtigt Spitzenlastzeiten und Schwachlastzeiten. Durch den Vergleich des geschätzten Energieertrags mit dem Lastprofil kann festgestellt werden, ob die PV-Anlage genügend Energie erzeugen kann, um den gesamten Strombedarf zu decken. Im Idealfall sollten der geschätzte Energieertrag und das Lastprofil gut aufeinander abgestimmt sein. Wenn die PV-Anlage mehr Energie erzeugt als benötigt wird, kann man die überschüssige Energie sowohl in das Stromnetz eingespeist als auch in Batterien gespeichert werden.

Die Abbildung 21 zeigt einen Vergleich zwischen dem täglichen Energieertrag der PV-Anlage in Alternative 1 und dem Lastprofil nach Jahreszeiten. Daraus ist zu schließen, dass mit der PV-Anlage in Alternative 1 der Strombedarf in allen Jahreszeiten außer im Winter gedeckt werden kann. Die Berechnung des täglichen Energieertrages wurde in Abschnitt 4.2 ausführlich erläutert.

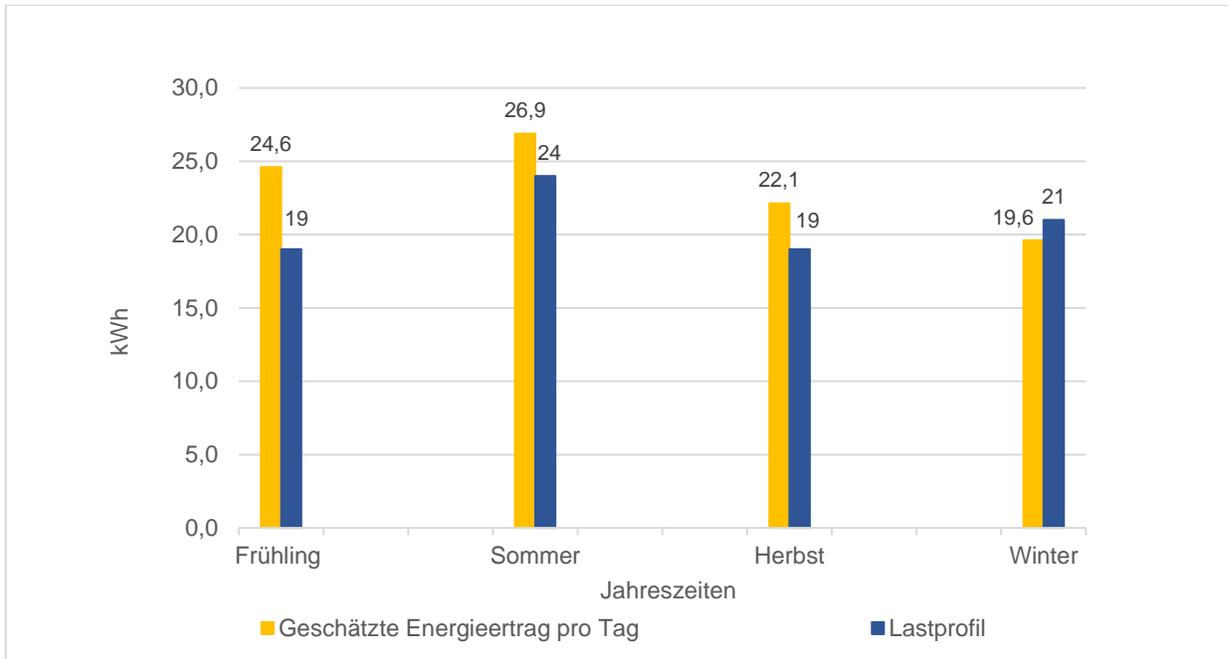


Abbildung 21: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 1)

Wie zuvor erwähnt, kann mit dem Online-Tool der jährliche Energieertrag in Abhängigkeit von der Ausrichtung und Dachneigung berechnet werden. SolarEdge Designer wird zu diesem Zweck als Online-Tool für die Planung von PV-Anlagen verwendet, wie in Abschnitt 4.3 beschrieben wurde. Tabelle 11 zeigt einige Ausgaben dieses Online-Tools. Weitere Informationen finden sich in Anhang A.9.

Tabelle 11: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge

Geschätzte Energie nach der PV-Umwandlung / kWh	8280
Jährliche einspeisbare Energiemenge/ kWh (nach den Verlusten)	7320

Auslegung und Kosten der ersten Anlage: Bei der Auslegung der ersten Alternative ist die verfügbare Ausrüstung auf dem irakischen Markt berücksichtigt, um die Gestaltung und das Design der Photovoltaikanlage zu ermöglichen. Zusätzlich zur Berücksichtigung der vorhandenen Ausstattung ist es wichtig zu beachten, dass die Auslegung der PV-Anlage nach bestimmten Kriterien erfolgt. Dazu gehören Faktoren wie die erwartete Sonneneinstrahlung, die benötigte Leistungskapazität, die Verfügbarkeit von Flächen für die Installation und die finanziellen Möglichkeiten. Die genauen Spezifikationen der Ausstattung und weitere Details der PV-Anlage hängen von den spezifischen Anforderungen und Zielen des Projekts ab. Es ist ratsam, sich an Fachleute oder Experten auf dem Gebiet der Solarenergie zu wenden, um eine detaillierte Auslegung der Anlage entsprechend den spezifischen Bedürfnissen und den verfügbaren Ressourcen vorzunehmen. Bei der Planung einer Photovoltaikanlage werden in der Regel drei Hauptkomponenten berücksichtigt: Solarmodule, Wechselrichter und Batteriespeicher.

Tabelle 12: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 1

Zeile	Modellnummer	Power / kW	Anzahl	Preis / EU
Solarmodule	JA Solar (JAM72S30-550/MR)	0,55	8	1540
Wechselrichter	SMA (Sunny Island 6.0H)	3,3	1	2490
Batteriespeicher	Victron (LiFePO4 25,6/200-a)	5,12	1	3980
Andere Kosten wie Personal, Installation, ... (6 -8%)				660
Gesamtkosten				8650

In der weiteren Untersuchung wird die JA Solar (JAM72S30-550/MR) als das Bezugsmodell herangezogen, wobei sowohl der Preis pro Watt als auch die Effizienz des Modells und die Vielfalt der verfügbaren Nennleistungen berücksichtigt wurden (Anhang A.8).

Die Größe des Wechselrichters sollte so gewählt werden, dass er die gesamte Leistung der Photovoltaikanlage umwandeln kann. Bei einer Südost- und Westausrichtung ist der Ertrag der Anlage geringer als bei einer Südausrichtung. Daher ist es nicht unbedingt erforderlich, einen Wechselrichter mit einer so hohen Leistung zu wählen. Ein Wechselrichter mit einer Leistung von ca. 3 kW würde daher auch für diese Photovoltaikanlage ausreichen. Die Größe des Batteriespeichers ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig, wie z.B. der Größe der Solaranlage, dem Strombedarf und der erwarteten Stromproduktion. Als Faustregel kann mit einer Kapazität von 1 kWh pro 1000 kWh Stromverbrauch gerechnet werden. Bei einem Haushalt mit 7147 kWh und einer Photovoltaikanlage von 4,4 kWp kann man also mit einem

Batteriespeicher von ca. 5-6 kWh etwa 30% des täglichen Stromverbrauchs unabhängig vom Stromnetz machen.

5.5.2 Alternative 2

Die erste Alternative ist für einige Haushalte möglicherweise nicht finanzierbar. In diesem Fall kann die zweite Alternative als Lösung gewählt werden, bei der der Strombedarf niedriger betrachtet wurde. Ein Strombedarf von 3184 kWh ist bereits sehr hoch. Durch energieeffiziente Maßnahmen können fast alle größeren Verbräuche abgedeckt werden. Dies hätte nicht nur eine Senkung der Kosten zur Folge, sondern wäre auch ein Beitrag zum Klimaschutz.

Tabelle 13: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge

Geschätzte Energie nach der PV-Umwandlung / kWh	4140
Jährliche einspeisbare Energiemenge/ kWh (nach den Verlusten)	3660

Die Abbildung 22 zeigt einen Vergleich des täglichen Energieertrags der PV-Anlage in Alternative 2 mit dem Lastprofil. Hier zeigt sich, dass es im Winter nicht möglich ist, den benötigten Strom bereitzustellen.

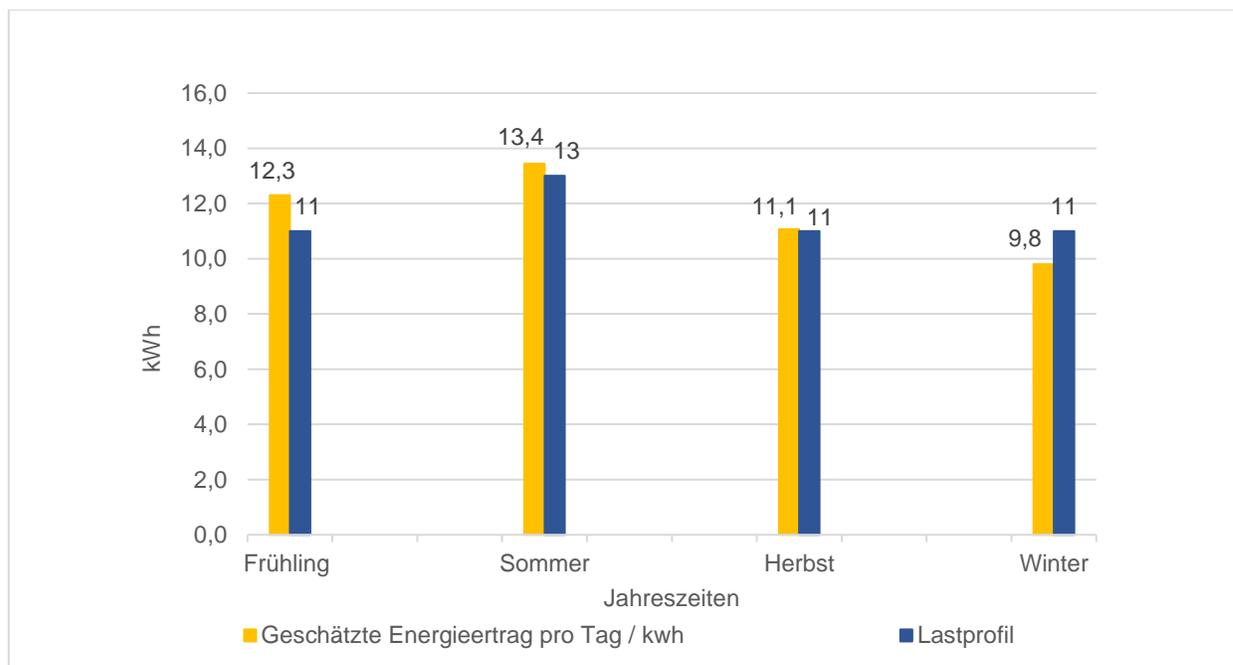


Abbildung 22: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 2)

Auslegung und Kosten der zweiten Anlage: Die Auslegung der Photovoltaikanlage der zweiten Alternative berücksichtigt die auf dem irakischen Markt erhältlichen Geräte. Damit wurde sichergestellt, dass die Anlage mit lokal verfügbaren Komponenten und Technologien realisiert werden kann. Im Vergleich zur ersten Alternative wurde eine kostengünstigere Variante mit geringerer Qualität für Wechselrichter und Batteriespeicher gewählt.

Tabelle 14: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 2

Zeile	Modellnummer	Power / kW	Anzahl	Preis / EU
Solarmodule	JA Solar (JAM72S30-550/MR)	0,55	4	770
Wechselrichter	Faradayelect (F Series)	2,2	1	350
Batteriespeicher	Faradayelect (FSE12-200)	2,4	1	326
Andere Kosten wie Personal, Installation, ... (6 -8%)				116
Gesamtkosten				1562

Mit einem Batteriespeicher von ca. 2-3 kWh kann der Nachtbedarf gedeckt werden. Dies ermöglicht eine effiziente Nutzung der Solarstromerzeugung, da überschüssige Energie tagsüber gespeichert und in den Nachtstunden genutzt werden kann. Durch den Einsatz eines solchen Batteriespeichers kann der Eigenverbrauch erhöht und der Strombezug aus dem Netz reduziert werden, was zu einer größeren Unabhängigkeit von externen Energiequellen führt.

5.5.3 Alternative 3

Die dritte Alternative ist die kostengünstigste. Sie hat einen durchschnittlichen Strombedarf von 1737 kWh pro Jahr, und verfügt nur über zwei Solarmodule, die nur einen sehr geringen Teil des Energiebedarfs decken können.

Tabelle 15: Ausgaben des Online-Tools für die jährlich einspeisbare Energiemenge

Geschätzte Energie nach der PV-Umwandlung / kWh	2070
Jährliche einspeisbare Energiemenge/ kWh (nach den Verlusten)	1830

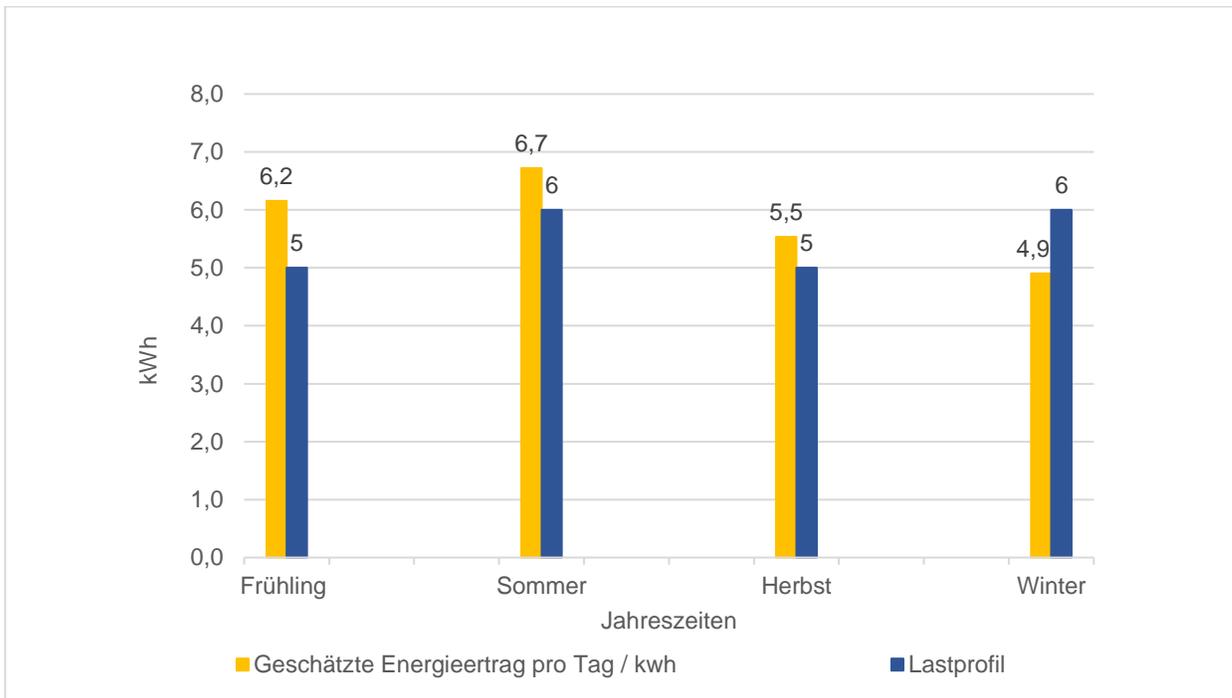


Abbildung 23: Vgl. des geschätzten Energieertrags pro Tag & des Lastprofils (Alternative 3)

Auslegung und Kosten der dritten Anlage: Unter Berücksichtigung der kostengünstigsten Geräte, die auf dem irakischen Markt erhältlich sind, wurde die dritte Alternative wie folgt ausgelegt. Um auch den Nachtbedarf abzudecken, wird ein Batteriespeicher mit einer Kapazität von ca. 2 kWh eingesetzt.

Tabelle 16: Auslegung & Kosten einer PV-Anlage für Strombedarfsmuster 3

Zeile	Modellnummer	Power / kW	Anzahl	Preis / EU
Solarmodule	JA Solar (JAM72S30-550/MR)	0,55	2	385
Wechselrichter	Faradayelect (F Series)	1,2	1	205
Batteriespeicher	Faradayelect (FSE12-200)	2,4	1	326
Andere Kosten wie Personal, Installation, ... (6 -8%)				73
Gesamtkosten				990

Die Abbildung 24 zeigt eine Zusammenfassung der monatlichen Erträge der PV-Anlagen in den verschiedenen Jahreszeiten. Im Juni und Juli ist die Energieproduktion am höchsten, im Dezember und November am niedrigsten.

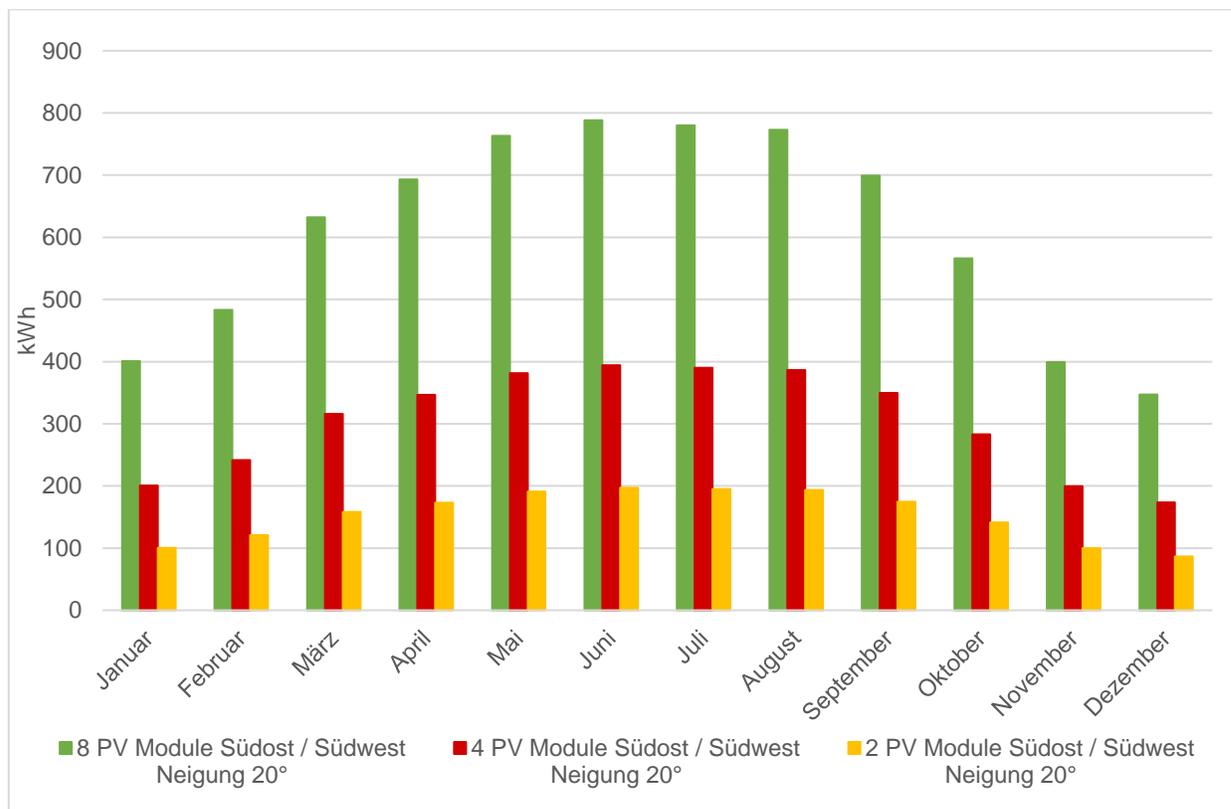


Abbildung 24: Monatliche Erträge je nach Ausrichtung und nach Neigung

5.6 Auslegung einer zusätzlichen Balkon-PV-Anlage für den Winterbetrieb

Die drei vorgeschlagenen PV-Anlagen können nicht den gesamten Strombedarf im Winter decken. Daher wird empfohlen, eine Balkon-PV-Anlage zu installieren, um im Winter unabhängig vom öffentlichen Stromnetz zu sein. Die Balkon-PV-Anlage und die Photovoltaik-Anlage funktionieren auf die gleiche Weise. Sie verwenden beide Solarzellen, um Sonnenlicht in Strom umzuwandeln. Der einzige Unterschied zwischen den beiden ist die Größe. Die Balkon-PV-Anlagen sind kleiner als Photovoltaik-Anlagen und werden auf einem Balkon oder einer Terrasse installiert. Photovoltaik-Anlagen hingegen sind größer und werden auf einem Dach oder an anderen Orten installiert. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Balkonmodulen in Halabja wird das JA Solar (JAM72S30-550/MR) als Referenzmodell verwendet.

Tabelle 17: Auslegung & Kosten der Balkon-PV-Anlage

Zeile	Modellnummer	Power / kW	Anzahl	Preis / EU
Solarmodule	JA Solar (JAM72S30-550/MR)	0,55	1	193
Wechselrichter	Faradayelect (F Series)	1	1	190
Andere Kosten wie Personal, Installation, ... (6 -8%)				30
Gesamtkosten				413

Die Planung einer Balkon-PV-Anlage für den Winterbetrieb ist eine gute Möglichkeit, das Modellhaus nachhaltiger zu gestalten. Sie wird dazu beitragen, die Umwelt zu schonen und die Stromkosten zu senken. Bei der Auswahl einer Balkon-PV-Anlage müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, wie z.B. die Effizienz der Anlage, das Budget und der Strombedarf des Haushalts. Die Anlage sollte nach Süden und senkrecht ausgerichtet sein, um die maximale Sonneneinstrahlung zu erhalten. Die Abbildung 25 zeigt die geschätzte monatliche Strommenge, die eine Balkon-PV-Anlage in Halabja erzeugen kann. Die Anlage kann im Laufe des Jahres durchschnittlich 646 kWh pro Jahr erzeugen.

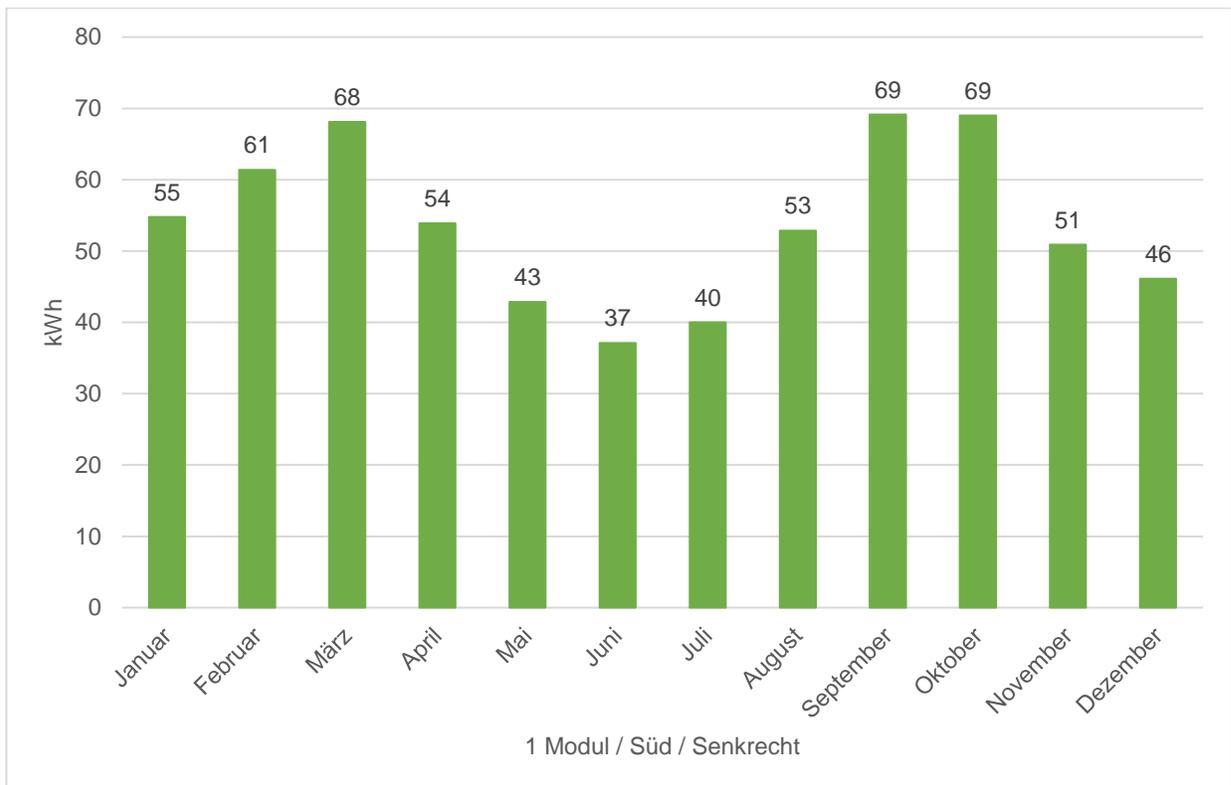


Abbildung 25: Geschätzter Energieertrag der Balkon-PV-Anlage pro Monat

5.7 Auslegung und Kosten einer Solarthermie-Anlage

Es ist wichtig anzumerken, dass die Installation einer Solarthermie-Anlage komplex sein kann und einen Fachmann vor Ort erfordert. Im Folgenden sind einige Schritte aufgeführt, die typischerweise bei der Installation einer Solarthermie-Anlage durchgeführt werden müssen. Zuerst wird der Standort der Anlage bewertet, um sicherzustellen, dass genügend Sonneneinstrahlung und Platz vorhanden sind, da dies die Effizienz der Anlage beeinflusst. Es ist darauf zu achten, dass keine Verschattung durch umliegende Gebäude oder Bäume auftritt. Die richtige Ausrichtung und Neigung ist ebenfalls sehr wichtig, da die Solarkollektoren idealerweise nach Süden ausgerichtet sein sollten, um die maximale Sonneneinstrahlung einzufangen. Nach Recherchen und Gesprächen mit Einheimischen, die Erfahrung mit der Installation von solarthermischen Anlagen haben, kann gesagt werden, dass die Kollektoren in Halabja nach Süden mit einer Neigung von 45° installiert werden sollen. Es gibt eine Vielzahl von Vorteilen bei der Nutzung von Solarthermie. Einige davon sind: die Solarthermie-Anlagen nutzen die Energie der Sonne und erzeugen keine schädlichen Emissionen, die zur Luftverschmutzung oder zum Treibhauseffekt beitragen. Durch die Nutzung von Solarthermie kann der ökologische Fußabdruck reduziert und ein Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels geleistet werden. Darüber hinaus erzeugt eine Solarthermie-Anlage ihre eigene Wärmeenergie und macht unabhängig von Energieversorgern oder dem öffentlichen Stromnetz. Tabelle 18 zeigt die Kosten einer Solarthermie-Anlage. Anhang A.7 enthält eine Liste einiger Produkte, die auf dem irakischen Markt erhältlich sind.

Tabelle 18: Auslegung & Kosten der Solarthermie-Anlage

Zeile	Modellnummer	Kapazität / L	Anzahl	Preis / EU
Solarthermie	Huayang / HY-1858-18	180	1	500
Andere Kosten wie Personal, Installation, ... (12-15%)				60
Gesamtkosten				570

6 Schlussfolgerung

Das vorliegende Schlusskapitel bildet den Höhepunkt dieser Forschungsarbeit und fasst die wichtigsten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen der vorliegenden Masterarbeit zusammen. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit dargestellt. Es soll aufgezeigt werden, ob erneuerbare Energie sowie PV und Solarthermie generell für das Modellhaus interessant sind bzw. eine breite Bedeutung haben und inwieweit sie den Strombedarf decken können. Es wird dargestellt, in welchem Umfang eine PV-Anlage zur Deckung des Strombedarfs beitragen kann. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Umsetzung von Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs kann ein erheblicher Teil des Bedarfs gedeckt werden. Dieses Kapitel besteht aus 4 Hauptteilen: Zusammenfassung der Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs, Vergleich der Betriebszeiten der Klimaanlage, der elektrischen Heizung und der elektrischen Warmwasserbereitung, Überblick über die Energieerzeugung und die Strombedarfsmuster und eine optimale Lösung zur Deckung des Gesamtstrombedarfs.

6.1 Zusammenfassung der Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs

Die in Kapitel 3 beschriebenen Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs weisen ein erhebliches Potenzial auf, das sowohl ökologisch als auch ökonomisch äußerst sinnvoll ist. Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen können erhebliche Kosteneinsparungen im Energiebereich erzielt werden, die langfristig zu einer deutlichen Steigerung der wirtschaftlichen Effizienz führen können. Allerdings ist zu beachten, dass eine gleichzeitige Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen nicht immer möglich ist. Die Auswahl der Maßnahmen hängt von verschiedenen Faktoren wie Kosten, Installationsaufwand, Installation und praktischer Umsetzbarkeit ab.

Die Abschätzung der Kosten für verschiedene Maßnahmen: Die Festlegung eines festen Preises für die Umsetzung dieser Maßnahmen ist eine schwierige Aufgabe, da die Kosten stark von den örtlichen Gegebenheiten und den verwendeten Materialien abhängen. Diese Analyse basiert auf Kostenschätzung für alle diese Maßnahmen, die durch Recherchen und Befragungen vor Ort erhoben wurden. Damit werden die verschiedenen Maßnahmen vergleichbar, um eine bessere Entscheidungsgrundlage zu schaffen. Aus Abbildung 26 geht hervor, dass der Einsatz von Isolierfenstern oder der Austausch von Haustüren mit höheren Kosten verbunden ist, als die anderen genannten Maßnahmen. Dagegen sind die Kosten für den Einbau eines Schattenplatzes für vorhandene Klimaanlage die geringsten aller aufgeführten Maßnahmen.

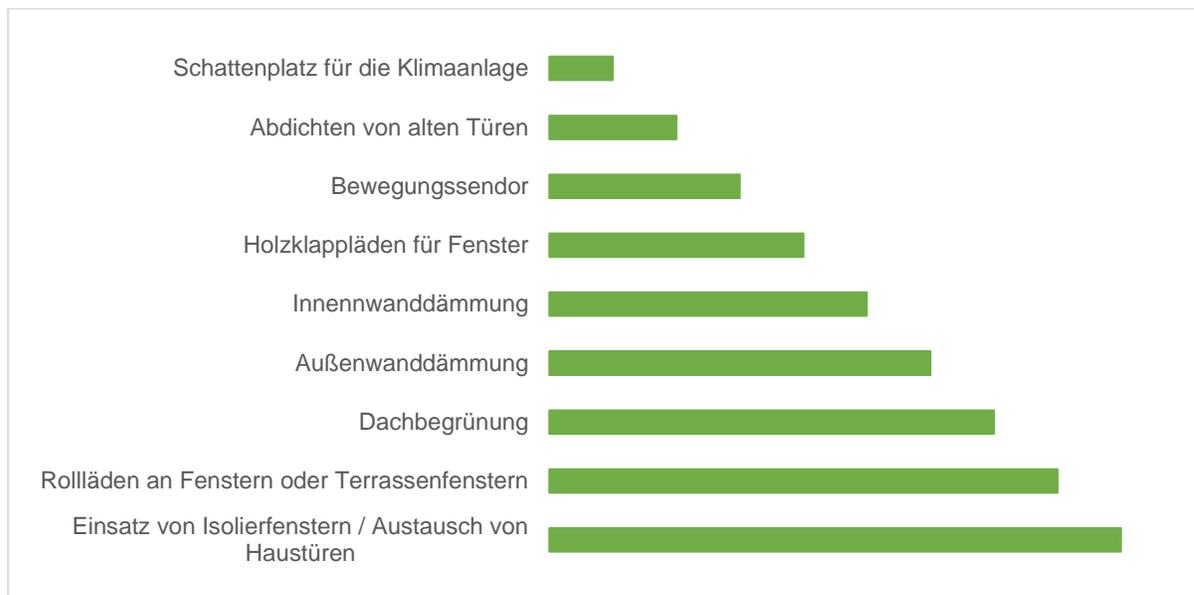


Abbildung 26: Vgl. der Abschätzung der Kosten für verschiedene Maßnahmen

Die vier wichtigsten Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs: In Kapitel 3 wurden die verschiedenen Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs ausführlich dargestellt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass nicht alle dieser Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden können. Im Rahmen dieses Modellhauses wurden die folgenden Maßnahmen ausgewählt, um den Energieverbrauch effektiv zu senken. Die Umsetzung dieser Maßnahmen kann aufgrund der aktuellen Stromversorgungsprobleme im Irak und aus Umweltschutzgründen sehr sinnvoll sein.

- Bewegungssensor: Dieser kann in verschiedenen Bereichen des Hauses sehr nützlich sein. Hier sind einige empfohlene Anwendungsbereiche: Beleuchtung im Flur, im Treppenhaus, im Garten oder auf der Terrasse.
- Innenwanddämmung: Dämmung ist eine wirksame Methode, um Energieverluste in Gebäuden zu reduzieren. Es gibt viele verschiedene Arten von Dämmstoffen. Schaumstoffisolierungen sind weit verbreitet, um Energieverluste zu minimieren. Diese Materialien bestehen aus flexiblem Schaumstoff, der eine ausgezeichnete Wärmedämmung bietet. Aufgrund der regionalen Verfügbarkeit und der kostengünstigen Eigenschaften werden sie häufig verwendet.
- Die Abdichtung von Türen ist ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes. Durch die Abdichtung wird der Luftaustausch minimiert, was sowohl den Wärmeverlust im Winter als auch die Wärmeaufnahme im Sommer

reduziert. Dies optimiert den Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes und sorgt für ein angenehmes Raumklima.

- Holzklappläden sind eine Art Fensterläden aus Holz / Stroh, die an der Außenseite von Fenstern angebracht werden. Sie dienen dazu, das Eindringen von Sonnenlicht, Wärme, Kälte, Lärm und unerwünschten Blicken zu reduzieren.

6.2 Vgl. der Betriebsdauer von Klimaanlage, Elektro-Heizung und Elektro-Warmwasserbereitung

Die Betriebsdauer von Klimaanlage und Elektroheizungen sind je nach Jahreszeit und individuellem Bedarf sehr unterschiedlich. Im Sommer wird die Klimaanlage zur Kühlung der Räume genutzt, während die Elektro-Heizung im Winter für Wärme sorgt. In den Sommermonaten läuft die Klimaanlage häufig im Dauerbetrieb, insbesondere an heißen Tagen. Die Betriebszeit kann den ganzen Tag dauern, um eine angenehme Raumtemperatur aufrecht zu erhalten. In den kühleren Jahreszeiten wie Frühling und Herbst wird die Klimaanlage weniger genutzt als im Sommer und die Betriebsdauer kann auf wenige Stunden pro Tag reduziert werden. Die Abbildung 27 zeigt einen Vergleich der Betriebsdauer der Klimaanlage für drei Strombedarfsmuster.

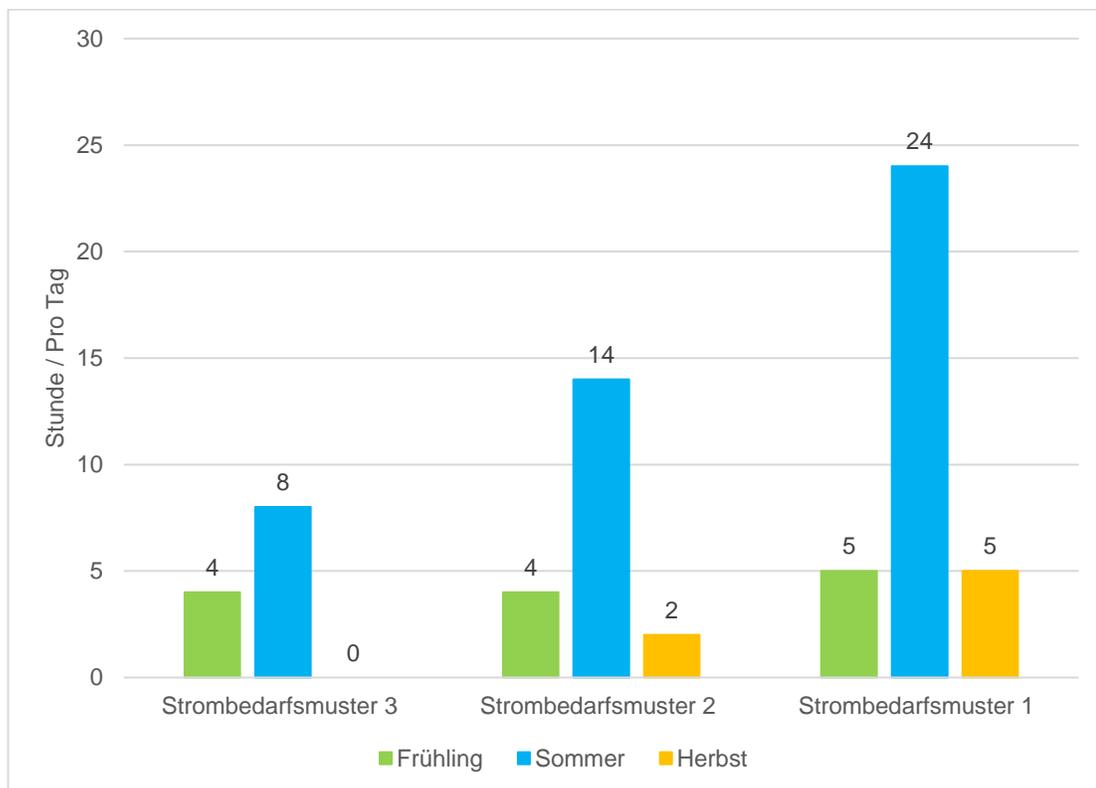


Abbildung 27: Vgl. der Betriebsdauer der Klimaanlage

Die Abbildung 28 zeigt einen Vergleich der Betriebsdauer der Elektro-Heizung bei drei Strombedarfsmustern. Im Winter wird die Elektroheizung stärker genutzt. An kalten Tagen oder in besonders kalten Perioden kann die Betriebsdauer der Elektro-Heizung den größten Teil des Tages ausmachen. Die Heizung wird normalerweise verwendet, um die Raumtemperatur konstant zu halten. In milderen Wintern oder in gut isolierten Gebäuden kann die Betriebszeit jedoch kürzer sein.

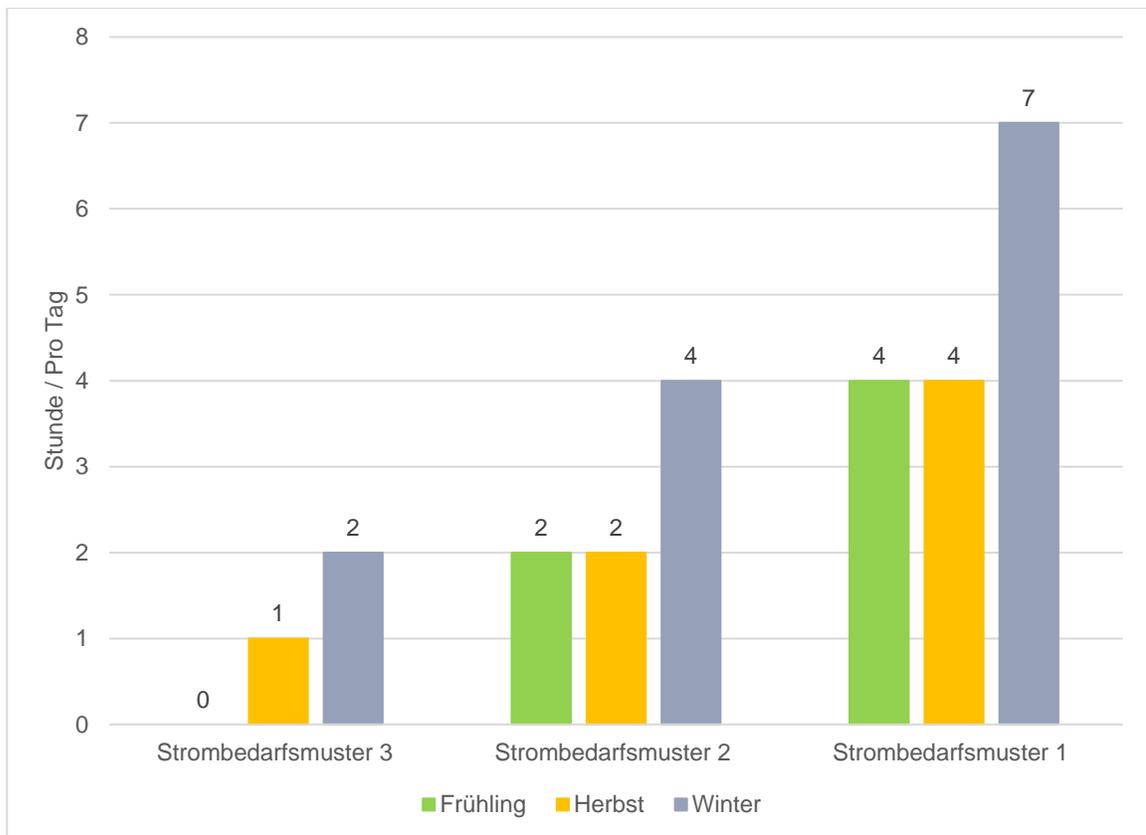


Abbildung 28: Vgl. der Betriebsdauer der Elektro-Heizung

Die Abbildung 29 zeigt die Betriebsdauer der Elektro-Warmwasserbereitung beim ersten Strombedarfsmuster. Elektrische Warmwasserbereiter sind in einer Vielzahl von Größen erhältlich, so dass sie leicht an die Bedürfnisse und das Budget eines Haushalts angepasst werden können. Es ist jedoch zu beachten, dass die elektrische Warmwasserbereitung einen höheren Energieverbrauch hat, weshalb nur das Strombedarfsmuster 1 berücksichtigt wurde. Zusätzlich wurde eine maximale Betriebsstundenzahl festgelegt, um den Verbrauch besser kontrollieren zu können.

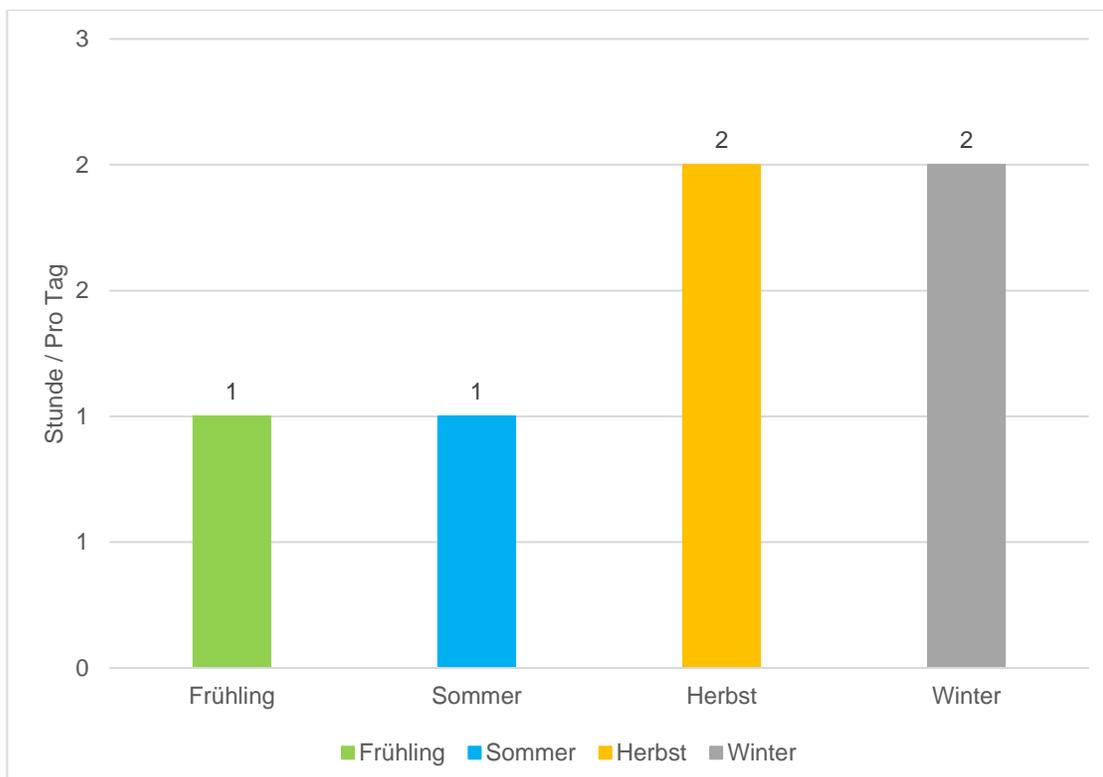


Abbildung 29: Vgl. der Betriebsdauer der Elektro-Warmwasserbereitung

6.3 Übersicht der Energieerzeugung & Strombedarf bei allen Alternativen

Die Abbildung 30 zeigt die geschätzte jährliche Energiegewinnung von drei verschiedenen Alternativen von Photovoltaikanlagen im Vergleich zu den jährlichen Strombedarfsmustern. Die x-Achse repräsentiert die Alternative, während die y-Achse die Energiemenge in Kilowattstunden (kWh) darstellt. Interessant ist, dass die geschätzte jährliche Stromproduktion der PV-Anlagen den jährlichen Strombedarf fast zu jeder Jahreszeit außer im Winter decken kann. Dies deutet darauf hin, dass die Photovoltaikanlage einen zunehmenden Anteil des Strombedarfs decken kann und zu einer Verringerung des Bezugs von Strom aus anderen Energiequellen führt.

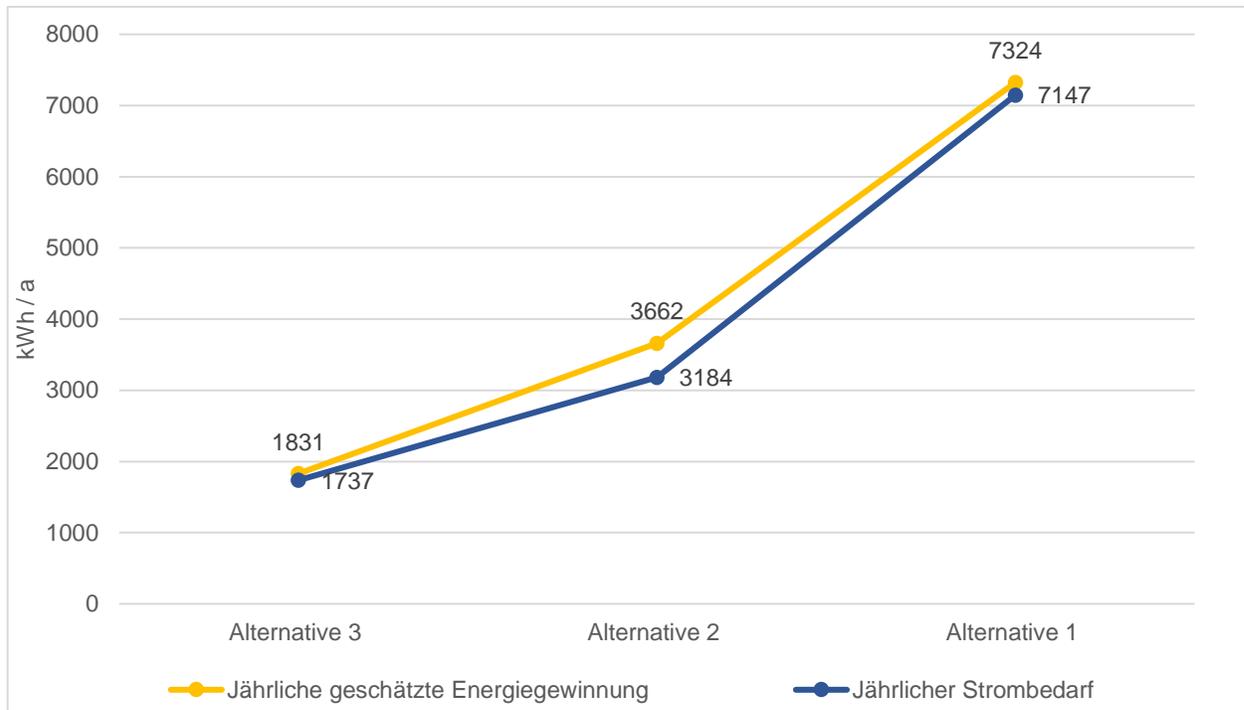


Abbildung 30: Zusammenfassung der Stromgewinnung durch PV-Anlagen

6.4 Die Lösung zur Deckung des gesamten Energiebedarfs

In Szenario 1 wurde die PV-Anlage (Alternative 1) mit einer Neigung von 20° nach Südost/Südwest ausgerichtet, um den Großteil des Strombedarfs zu decken. In den meisten Monaten des Jahres ist die Anlage in der Lage, genügend Energie zu erzeugen, um den gesamten Bedarf zu decken. In den Wintermonaten besteht jedoch eine gewisse Herausforderung, da die Stromproduktion möglicherweise nicht ausreicht, um den gesamten Strombedarf zu decken. Es wird daher empfohlen, alternative Maßnahmen zu prüfen, um die Wintermonate zu überbrücken und eine kontinuierliche Stromversorgung sicherzustellen.

Um dieses Problem zu lösen und auch im Winter ausreichend Strom zu erzeugen, wurde in Szenario 2 als mögliche Lösung die Installation einer zusätzlichen, nach Süden ausgerichteten, vertikalen Balkon-Solaranlage vorgeschlagen. Mit Szenario 2 können die Energieerträge deutlich gesteigert werden, so dass auch in den Wintermonaten ausreichend elektrische Energie zur Verfügung steht. Durch die zusätzliche Balkon-PV-Anlage kann der monatliche Energieertrag um durchschnittlich 54 kWh gesteigert werden. Dies stellt eine wesentliche Verbesserung dar und trägt dazu bei, den Strombedarf zu decken und den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren.

Wie oben erwähnt, ist die Betriebsdauer der elektrischen Warmwasserbereitung begrenzt und wird in Szenario 3 der Einsatz einer solarthermischen Anlage dargestellt. Damit kann ausreichend

Warmwasser zum Duschen und Waschen erzeugt werden. Durch die solarthermische Anlage wird der Warmwasserbedarf auch in den Wintermonaten gedeckt. Die Abbildung 31 zeigt den monatlichen Gesamtenergieertrag der PV-Anlage und der Balkon-PV-Anlage.

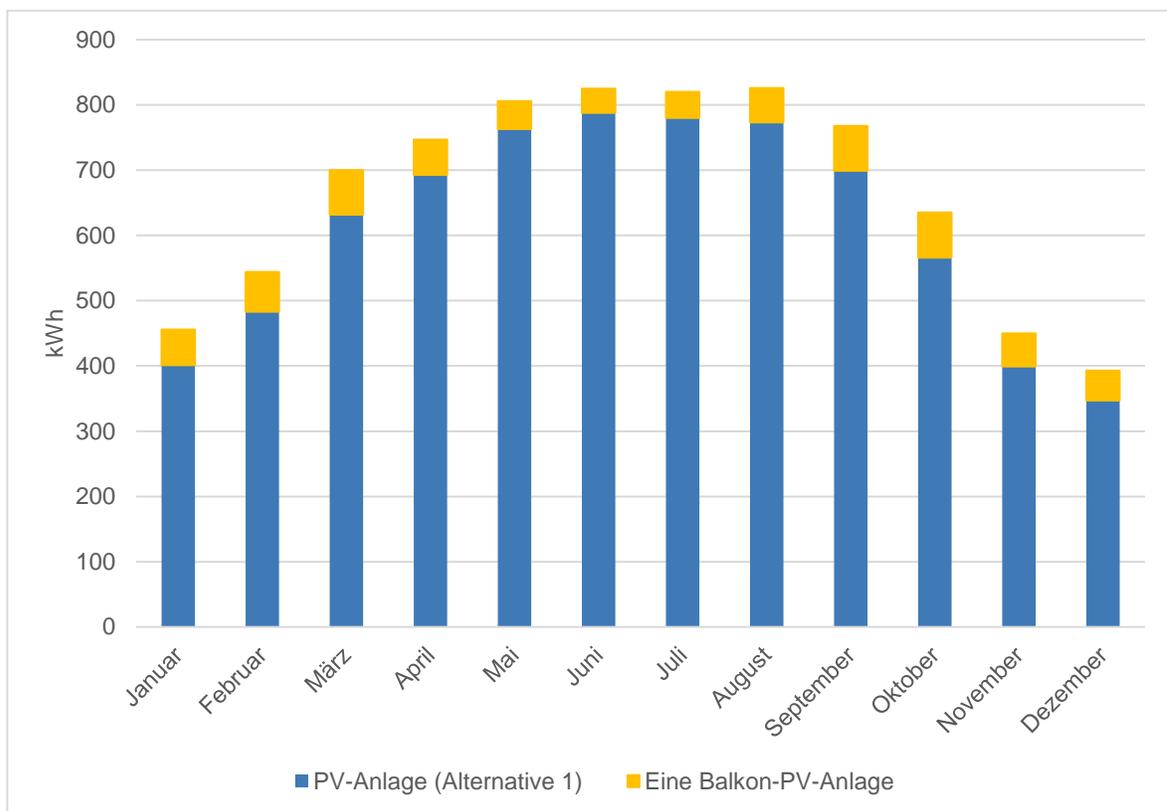


Abbildung 31: Monatlicher Energieertrag der PV-Anlage und der Balkon-PV-Anlage

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der Energiebedarf oder Strombedarf im Irak wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, darunter die klimatischen Bedingungen, die Bevölkerungszahl und nicht gut gebaute Gebäude. Die klimatischen Bedingungen im Irak sind durch heiße Sommer und kalte Winter gekennzeichnet. Dies erfordert den Einsatz von Klimaanlage und Heizungen, die den Strombedarf deutlich erhöhen. Im Irak stehen verschiedene Möglichkeiten zur Energiegewinnung zur Verfügung, darunter fossile Brennstoffe, Wasser und erneuerbare Energien. Fossile Brennstoffe sind jedoch nur begrenzt verfügbar und tragen zur Umweltverschmutzung bei. Aber der aktuelle Strombedarf in Halabja im Irak beträgt ca. 7147 kWh pro Jahr. Dieser Bedarf kann derzeit hauptsächlich durch das öffentliche Stromnetz nicht gedeckt werden, das jedoch regelmäßig ausfällt. Daher werden häufig Dieselgeneratoren eingesetzt, die jedoch erhebliche Nachteile wie Luftverschmutzung und Lärmbelästigung mit sich bringen. Aus diesem Grund sollen neue Alternativen zur Energiegewinnung gesucht werden.

Erneuerbare Energien sind eine nachhaltige Alternative. Die klimatischen Bedingungen in Halabja haben einen großen Einfluss auf die Energieerzeugung. Die hohe Sonneneinstrahlung bietet ein großes Potenzial für die Nutzung von Solarenergie. Als erneuerbare Energien wurden für das Modellhaus Photovoltaik und Solarthermie berücksichtigt. Photovoltaikanlagen können zur Stromerzeugung und solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Das Modellhaus soll durch Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und den Einsatz erneuerbarer Energien einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten. Es wurden verschiedene Maßnahmen zur Energieeinsparung vorgestellt, von denen vier besonders wichtig sind: Innenwanddämmung, Abdichtung von alten Türen, Holzklappläden und Bewegungssensor.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Energieverbrauch in Halabja deutlich unabhängiger vom öffentlichen Stromnetz werden kann. Dies kann durch die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen erreicht werden.

Ausblick: Die Nutzung erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs können einen effektiven Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung darstellen. Das Modellhaus in Halabja könnte als Vorbild für die Umsetzung nachhaltiger Energiekonzepte in anderen Regionen dienen.

Literaturverzeichnis

- [1] „Halabja Governorate,“ [Online]. Available: <https://www.halabja.gov.iq/en/population>. [Zugriff am 08 10 2023].
- [2] R. Faraidoon Abdulrahman, „Eco building house,“ Geography department, Universität Sulaimanyah, Irak, 2023.
- [3] „Wikipedia,“ 21 06 2023. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Halabdscha>. [Zugriff am 25 08 2023].
- [4] „Renk,“ 15 03 2022. [Online]. Available: <https://renk-magazin.de/der-vergessene-voelkermord-von-halabja/>. [Zugriff am 08 10 2023].
- [5] „Weatherspark,“ 2023. [Online]. Available: <https://weatherspark.com/y/103731/Average-Weather-in-%E1%B8%A8alabjah-Iraq-Year-Round>. [Zugriff am 11 06 2023].
- [6] H. Ritchie und . M. Roser, „Our World in Data,“ Iraq: What sources does the country get its electricity from?, [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/energy/country/iraq>. [Zugriff am 11 06 2023].
- [7] J. Kunde, „Heizung,“ 21 02 2020. [Online]. Available: <https://www.heizung.de/ratgeber/diverses/waermeverlust-im-haus-top-5-faktoren.html>. [Zugriff am 29 08 2023].
- [8] „Lernhelfer,“ [Online]. Available: <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/waermeaustausch-zwischen-koerpern#>. [Zugriff am 10 09 2023].
- [9] „Physik für alle,“ [Online]. Available: https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/W%c3%a4rmeleitf%c3%a4higkeit?utm_content=cmp-true. [Zugriff am 10 09 2023].
- [10] „Heim & Haus,“ 08 11 2019. [Online]. Available: <https://www.heimhaus.de/magazin/technik-umwelt/energie-sparen/energie-sparen-welche-massnahmen-sind-am-effektivsten/>. [Zugriff am 06 08 2023].
- [11] „Heim & Haus,“ 08 11 2019. [Online]. Available: <https://www.heimhaus.de/magazin/technik-umwelt/energie-sparen/energie-sparen-welche-massnahmen-sind-am-effektivsten/>. [Zugriff am 08 10 2023].
- [12] A. Borbe, „Das Haus,“ 14 10 2022. [Online]. Available: <https://www.haus.de/bauen/innendaemmung-35562>. [Zugriff am 20 08 2023].
- [13] K. SCHNEIDER, „Wohnglück,“ 03 02 2023. [Online]. Available: <https://wohnglueck.de/artikel/fassadendaemmung-aussendaemmung-50633>. [Zugriff am 29 07 2023].
- [14] „Heizsparer,“ 01 10 2022. [Online]. Available: <https://www.heizsparer.de/spartipps/strom-sparen/die-10-besten-tipps-zum-strom-sparen>. [Zugriff am 16 06 2023].

- [15] E. Bolta, „Das Haus,“ 09 08 2022. [Online]. Available: <https://www.haus.de/modernisieren/innendaemmung-vorteile-nachteile-27036>. [Zugriff am 30 08 2023].
- [16] „DBZ,“ [Online]. Available: https://www.dbz.de/artikel/dbz_Waermebruecken_vermeiden_Innendaemmung_von_Fensterlaebungen-1339832.html. [Zugriff am 09 09 2023].
- [17] „Effizienzhaus-online,“ [Online]. Available: <https://www.effizienzhaus-online.de/innendaemmung-oder-aussendaemmung/#:~:text=Die%20Innend%C3%A4mmung%20verbessert%20den%20W%C3%A4rmeschutz,erforderlich%2C%20was%20die%20Kosten%20minimiert..> [Zugriff am 08 29 2023].
- [18] „Altbau Neu,“ [Online]. Available: <https://www.alt-bau-neu.de/kreiswarendorf/abndaemmung-der-auenwand-29079.asp>. [Zugriff am 09 09 2023].
- [19] C. Tsitouris, „Dotwatts,“ 03 03 2023. [Online]. Available: https://dotwatts.com/peak-sun-hours/?utm_content=cmp-true. [Zugriff am 11 05 2023].
- [20] „Pvwatts,“ [Online]. Available: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>. [Zugriff am 28 07 2023].
- [21] H. Watter, in Regenerative Energiesysteme, Tarp, Deutschland, Springer Vieweg, 2022, pp. S. 10-12.
- [22] J. Burkhardt, „Echtsolar,“ 26 06 2022. [Online]. Available: <https://echtsolar.de/globalstrahlung/>. [Zugriff am 28 08 2023].
- [23] „Solargis,“ [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iraq>. [Zugriff am 08 10 2023].
- [24] R. A. Zahoransky, „Energietechnik,“ in Systeme zur konventionellen und erneuerbaren Energieumwandlung(Kompaktwissen für Studium und Beruf), Offenburg, Deutschland, Springer Vieweg, 2022, p. S. 66.
- [25] J. Dürr, Der Beitrag Der Photovoltaik an der Stromversorgung aus Erneuerbaren Energie in Deutschland - Eine Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen, Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen Ludwigsburg, 2013/2014.
- [26] „Photovoltaik,“ KBP Ingenieure GmbH, München, Deutschland, 2022.
- [27] „Sanier,“ 21 06 2022. [Online]. Available: <https://www.sanier.de/solar/photovoltaik/photovoltaik-technik>. [Zugriff am 14 10 2023].
- [28] „Verbraucherzentrale,“ 14 07 2022. [Online]. Available: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/solarthermie-solarenergie-fuer-heizung-und-warmwasser-nutzen-5568>. [Zugriff am 06 07 2023].
- [29] „kesselheld,“ [Online]. Available: <https://www.kesselheld.de/thermosiphonanlage/>. [Zugriff am 08 10 2023].

- [30] „Virtuelles Kraftwerk der EnBW,“ 02 12 2019. [Online]. Available: <https://www.interconnector.de/wissen/windenergie/>. [Zugriff am 02 09 2023].
- [31] „Studyflix,“ [Online]. Available: <https://studyflix.de/erdkunde/windkraftwerk-3695>. [Zugriff am 02 09 2023].
- [32] H. Watter, „Regenerative Energiesysteme,“ Tarp, Deutschland, Springer Vieweg , 2022, pp. S. 13, 14.
- [33] „Stromrechner,“ [Online]. Available: <https://stromrechner.com/wie-viel-strom-produziert-eine-photovoltaikanlage/>. [Zugriff am 21 08 2023].
- [34] Y. Van Noy, „Enpal,“ 11 10 2023. [Online]. Available: https://www.enpal.de/magazin/photovoltaik-rechner?utm_source=bing&utm_campaign=407189455&utm_term=1364495768044655&utm_content=&utm_placement=&utm_device=c&devicemodel=&msclkid=19b95ce08c4415e5b9be38bff7dfabf3. [Zugriff am 15 10 2023].
- [35] A. Beale, „Footprinthero,“ 21 09 2022. [Online]. Available: <https://footprinthero.com/peak-sun-hours-calculator>. [Zugriff am 25 08 2023].
- [36] V. Crastan und M. Höckel , „Elektrische Energieversorgung 2,“ in Energiewirtschaft und Klimaschutz, Elektrizitätswirtschaft und Liberalisierung, Kraftwerktechnik und alternative Stromversorgung, chemische Energiespeicherung, Evilard, Schweiz, Springer Vieweg, 2022, p. S.28.
- [37] „Co2online,“ 04 04 2023. [Online]. Available: <https://www.co2online.de/energiesparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartipps/stromverbrauch-5-personen-haushalt/>. [Zugriff am 10 10 2023].
- [38] „Laenderdaten.info,“ [Online]. Available: <https://www.laenderdaten.info/Asien/Irak/energiehaushalt.php#:~:text=Anteil%20Erneuerbarer%20Energien&text=Bei%20Str%C3%B6mungs%2D%20oder%20Gezeitenkraftwerken%20ist,erh%C3%B6htem%20Strombedarf%20wieder%20Energie%20gewinnen..>. [Zugriff am 11 06 2023].
- [39] „Energie-experten,“ 04 05 2021. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/solarmodule/leistung>. [Zugriff am 11 10 2023].
- [40] A. Brenneisen, K. Löning und S. Wilhelm, „Gründach und Photovoltaik: eine dreifach wirksame Kombination,“ Energieinstitut Vorarlberg, Österreich, 2020 - S.5-9.
- [41] D. Stuerzer, „PVPublic,“ 10 07 2019. [Online]. Available: <https://pvpublic.com/pvgis/>. [Zugriff am 14 05 2023].
- [42] „DESIGNER BERICHT,“ Solaredge, [Online]. Available: <https://designer.solaredge.com/sites>. [Zugriff am 24 06 2023].

Anhang

A.1 Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 1

Beschreiben	Stunde / pro Tag Frühlingsmonate	Stunde / pro Tag Sommersmonate	Stunde / pro Tag Herbtsmonate	Stunde / pro Tag Wintersmonate
Elektro-Heizung (1500 W)	4,00	-	4,00	7,00
Elektro-Warmwasserbereitung (120 L - 3000 W)	1,00	1,00	2,00	2,00
Kühlschrank + Gefrierschrank (515 kWh/a - Klasse B)	24,00	24,00	24,00	24,00
Klimaanlage (450 W)	5,00	24,00	5,00	-
Beleuchtung 1 (45 W)	6,00	6,00	6,00	6,00
Beleuchtung 2 (30 W)	6,00	6,00	6,00	6,00
Waschmaschine (Waschzeit 2 Stunden - 12mal pro Monat - 219 kWh/a)	2,00	2,00	2,00	2,00
Fernsehen (200 W)	6,00	6,00	6,00	6,00
Laptop, Handy und Ladung	10,00	10,00	10,00	10,00
Andere (Mikrowelle (1500 W), Bügeln (1200 W), staubsaugen (1000 W), ...)	1,00	1,00	1,00	1,00

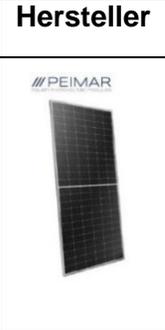
A.2 Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 2

Beschreiben	Stunde / pro Tag Frühlingsmonate	Stunde / pro Tag Sommersmonate	Stunde / pro Tag Herbtsmonate	Stunde / pro Tag Wintersmonate
Elektro-Heizung (1500 W)	2,00	-	2,00	4,00
Elektro-Warmwasserbereitung (120 L - 3000 W)	-	-	-	-
Kühlschrank + Gefrierschrank (515 kWh/a - Klasse B)	24,00	24,00	24,00	24,00
Klimaanlage (450 W)	4,00	14,00	2,00	-
Beleuchtung 1 (45 W)	4,00	4,00	6,00	6,00
Beleuchtung 2 (30 W)	4,00	4,00	4,00	4,00
Waschmaschine (Waschzeit 2 Stunden - 12mal pro Monat - 219 kWh/a)	-	-	-	-
Fernsehen (200 W)	4,00	6,00	4,00	4,00
Laptop, Handy und Ladung	10,00	10,00	10,00	10,00
Andere (Mikrowelle (1500 W), Bügeln (1200 W), staubsaugen (1000 W), ...)	-	-	-	-

A.3 Liste der Geräte für Strombedarfsmuster 3

Beschreiben	Stunde / pro Tag Frühlingsmonate	Stunde / pro Tag Sommersmonate	Stunde / pro Tag Herbtsmonate	Stunde / pro Tag Wintersmonate
Elektro-Heizung (1500 W)	-	-	1,00	2,00
Elektro-Warmwasserbereitung (120 L - 3000 W)	-	-	-	-
Kühlschrank + Gefrierschrank (515 kWh/a - Klasse B)	24,00	24,00	24,00	24,00
Klimaanlage (450 W)	4,00	8,00	-	-
Beleuchtung 1 (45 W)	4,00	4,00	6,00	6,00
Beleuchtung 2 (30 W)	4,00	4,00	4,00	4,00
Waschmaschine (Waschzeit 2 Stunden - 12mal pro Monat - 219 kWh/a)	-	-	-	-
Fernsehen (200 W)	-	-	-	-
Laptop, Handy und Ladung	10,00	10,00	10,00	10,00
Andere (Mikrowelle (1500 W), Bügeln (1200 W), staubsaugen (1000 W), ...)	-	-	-	-

A.4 Übersicht über die Produkte von Solarmodule

Hersteller	Modellnummer	Werkstoffe	Nennleistung/Wp	Wirkungsgrad/%
	OR10H545M	HALB Monokristallin	545	21.12%
	T540144PM10	PERC Monokristallin	530 535 540 545 550	20.50% 20.70% 20.89% 21.09% 21.28%
	TSM-DE09	Monokristallin	390 395 400 405	20.3% 20.5% 20.8% 21.1%
	JAM72S30	HALB Monokristallin	525 530 535 540 545 550	20.3% 20.5% 20.7% 20.9% 21.1% 21.3%
	AE ... MD-132	Monokristallin	485 490 495 500 505	20.44% 20.65% 20.86% 21.07% 21.29%

A.5 Übersicht über die Produkte von Wechselrichter

Zeile	Hersteller	Modellnummer	Power/W
	Faradayelect- F Series	F 1200W-12V F 2200W-24V F 5000W-48V	1200 2200 5000
	Faradayelect- off Grid Energy Storage	F 3500W-24V F 3500W-24V	3500 5500
	Faradayelect- Hybrid Energy Storage	F PLUS 3.5KW-24V F PLUS 5.5KW-48V	3500 5500
	Faradayelect	F 8KW-48V	8000
	SMA	Sunny Island 4.4M Sunny Island 6.0H	3300 4600
	Victron	EasySolar-II 48/3000/ 35-32 MPPT 250/70 GX	5500
	Victron	Quattro - 48/3000/35-50	6000

A.6 Übersicht über die Produkte von Batteriespeicher

Zeile	Unternehmen	Modellnummer	Power/kWh
	Faradayelect	LPBF48	12,5
	Faradayelect	FSE12-200	2,4
	BYD	Battery-Box Premium HVS	5.12 7.68 10.2
	BYD	Battery-Box Premium HVM	8.28 11.04
	BYD	Battery-Box Premium LVS	4 8
	Victron	Lithium SuperPack12,8/200	2,56
	Victron	LiFePO4 12,8/330 LiFePO4 25,6/200-a	4,22 5,12

A.7 Übersicht über die Produkte von Solarthermie-Anlage

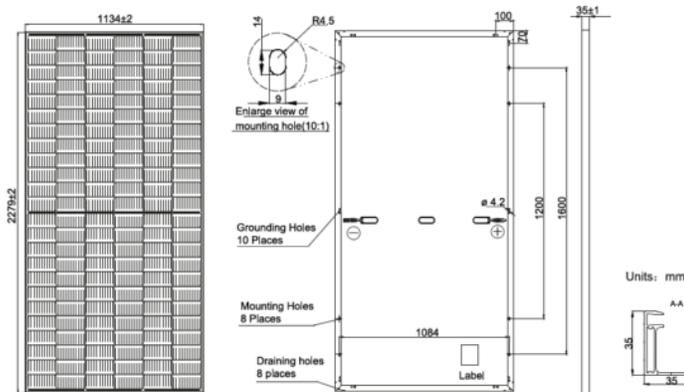
Unternehmen	Modellnummer	Bruttofläche/m ²	Kapazität/L
Wolf 	Flachkollektor Topson F3-1	2,30	Abhängig vom Speicher
Wolf 	Röhrenkollektoren CRK-12	2,29	Abhängig vom Speicher
Huayang 	Röhrenkollektoren HY-1858-18	2,28	Max 180
Huayang 	Röhrenkollektoren HY-1858-20	2,54	Max 200

A.8 Daten Blatt von JA Solar - JAM72S30

JA SOLAR

JAM72S30 525-550/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

A.9 Designer Bericht Solar-Edge

solar **edge** | DESIGNER BERICHT | Seite 1 | Standort-ID: 396483025858991

Halabja, Irak



SIMULATIONSERGEBNISSE

- Installierte DC-Leistung: 4,40 kWp
- Max. Erreichte AC-Leistung: 3,00 kW
- Jährliche Energieerzeugung: 7,32 kWh
- Eingesparte CO2-Emissionen: 2,87 t
- Äquivalente Geflüßte Blöcke: 132
- Max. Erreichte DC-Leistung: 4,34 kW
- DC/AC Überdimensionierung: 145%
- Max. AC Wirkleistung: 3,00 kW
- Performance Ratio: 86%
- Performance-Index: 1.664 kWh/kWp

FINANZÜBERSICHT

Systempreis

solar **edge** | DESIGNER BERICHT | Seite 2 | Standort-ID: 396483025858991

Halabja, Irak

MONATLICHER ENERGIEERTRAG (GESCHÄTZT)



Durch Leistungsreduzierung verlorene Energiemenge: 4,06%

Monat	PV-Erzeugung (kWh)	Verbrauch (kWh)	Eigenerbrauch (kWh)	weitereenergieerzeugung durch Leistungsüberschätzung (kWh)
Jan	401	-	-	1
Feb	483	-	-	10
März	632	-	-	21
Apr	693	-	-	27
Mai	763	-	-	40
Jun	788	-	-	56
Jul	780	-	-	55
Aug	773	-	-	44
Sep	699	-	-	35
Okt	566	-	-	16
Nov	399	-	-	6
Dez	347	-	-	-

PV-MODULE

# Modul	Modell	Spitzenleistung	Montageart	Ausrichtung	Azmut	Neigung
4	JA Solar, JAM7230-550/MR (1500V)	2,2 kWp			135°	20°

solar **edge** | DESIGNER BERICHT | Seite 3 | Standort-ID: 396483025858991

Halabja, Irak

PV-MODULE (FORTSETZEN)

# Modul	Modell	Spitzenleistung	Montageart	Ausrichtung	Azmut	Neigung
4	JA Solar, JAM7230-550/MR (1500V)	2,2 kWp			225°	20°
Gesamt: 8		4,4 kWp				

STÜCKLISTE (BOM)

Artikel	Teilenummer	Anzahl	Preis (€)	Gesamt
	xxx	1		
	xxx	8		
	JAM7230-550/MR (1500V)	8		

ELEKTROPLANUNG

Wechselrichter und Speicher	Stränge pro Wechselrichter	Leistungsoptimierer pro Strang	PV-Module pro Strang
xxx	1/1 x Strang	xxx	8

solar **edge** | DESIGNER BERICHT | Seite 4 | Standort-ID: 396483025858991

Halabja, Irak

SYSTEM-VERLUST-DIAGRAMM



SIMULATIONSPARAMETER

STANDORT UND NETZ		VERLUSTFAKTOREN	
Zeitzone	GMT+3 (Baghdad)	Nahverschattung	Aktiviert
Wetterstation	Jolfa (423,59 km entfernt)	Albedo	0,20
Höhe der Station	740 m	Verschmutzung & Schnee	0%
Datenquelle der Station	Meteonorm 7.1	Einfallewinkelkorrekturfaktor (IAM-Faktor), ASHRAE b0	0,05
Netz	230V L-N	Param.	
		Wärmeverlustfaktor Uc (konst.) dachparallel eingebaut	20
		Wärmeverlustfaktor Uc (konst.) geneigt	29
		LID-Verlustfaktor	0%
		Systemausfall	0%