

Masterarbeit

Energieversorgung der Zukunft

ausgeführt am



Fachhochschul - Masterstudiengang
Automatisierungstechnik

von

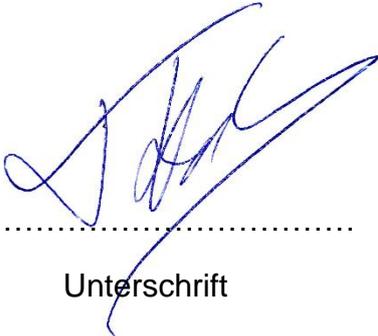
Thomas Harb, BSc

51810386

Betreut und begutachtet von

DI (FH) Gernot Hofer

Graz, im Nov 2022



.....
Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



.....

Unterschrift

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn DI (FH) Gernot Hofer für die Betreuung und Begutachtung dieser Masterarbeit bedanken.

Großen Dank auch an meinen Freund Herrn Markus Rosenmaier, der mir für meine Berechnungen seine Gebäudepläne zur Verfügung gestellt hat.

KURZFASSUNG

Leitfaden für die Kombination von Energiequellen

Steigende Energiekosten sind für viele Unternehmen und Privatpersonen ein Grund zur Sorge. Die Nutzer wollen Sicherheit und Stabilität, wenn es um die Wärme-/Elektrische Energieversorgung geht. Vor dem Hintergrund von Krisensituationen und steigenden Energiepreisen rückt das Thema alternative Energiequellen, die diesen Bedarf decken können, in den Fokus der Verbraucher. Eine Analyse des Themenbereichs und der aktuellen Forschung zeigt ein zunehmendes Interesse an alternativen Energiequellen und eine allmähliche Entwicklung in diesem Bereich. Diese Entwicklung stellt sicher, dass diese Technologie nicht nur für große Unternehmen, die sich auf die elektrische Energieerzeugung konzentrieren, sondern auch für kleine Unternehmen und Privatpersonen rechenbar sind. Der österreichische Markt für alternative Energiequellen bietet eine breite Palette von Optionen und ermöglicht Kombinationen, die das Feld flexibler und erschwinglicher machen und die Kundenanforderungen so genau wie möglich erfüllen.

Die große Auswahl an Alternativen wirft jedoch die Frage nach der richtigen Wahl der richtigen Energiequelle und ihrer Umsetzung auf. Um dieses Problem zu lösen, wurde der folgende Leitfaden entwickelt. Er enthält Informationen über die verschiedenen Energiequellen, um sich ein Bild von ihrer Verwendung zu machen, Informationen und Empfehlungen für ihre Kombination sowie einen Vergleich der Quellen anhand der erforderlichen Parameter, um die geeignete Option zu bestimmen. Das Ergebnis ist ein Leitfaden, der privaten Nutzern hilft, die am besten geeignete elektrische Energie- und Heizquelle zu finden.

Die Wahl der Quelle unter den Alternativen erfolgt durch den Vergleich von Eigenschaften und die Erstellung einer Matrix, die eine Auswahl von Heizsystemen und elektrische Energieerzeugung ermöglicht. Der methodische Ansatz besteht in einer ersten Durchsicht der verfügbaren alternativen Energie Quellen auf der Grundlage von Recherchen zum Themenbereich. Die Marktanalyse hilft dabei, die wichtigsten Merkmale zu ermitteln, die für die Bestimmung des optimalen Systems wichtig sind. Zwei Bereiche müssen angegangen werden: die Bereitstellung von Wärme und die Bereitstellung von elektrischer Energie. Die Effizienz des Systems wird mit Hilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse bewertet. Das Ergebnis zeigt, dass ein Hybridsystem, das eine Photovoltaikanlage und eine Wärmepumpe kombiniert, alle notwendigen Anforderungen am besten erfüllt. Abschließend wird das gewählte System mit Hilfe eines entwickelten Berechnungstools berechnet und die Auslegung des Gesamtsystems ermitteln zu können.

Die Einführung und Verbreitung solcher Systeme auf der Ebene der privaten Haushalte hat eine gewisse Bedeutung für die Entwicklung der Wirtschaft des Landes. Diese Arbeit beschreibt mögliche Markttrends und prognostiziert die Entwicklung dieses Bereichs auf der Grundlage möglicher Risiken und Chancen.

ABSTRACT

Guide for combining energy sources

Rising energy costs are a major concern for many companies and private individuals. Users want security and stability when it comes to heat and electricity supply. Against the backdrop of crisis situations and rising energy prices, the topic of alternative energy sources that can meet these needs, is moving into the focus of consumers. An analysis of the subject area and current research shows an increasing interest in alternative energy sources and a gradual development in this area. This development ensures that this technology is not only calculable for large companies that focus on electricity generation, but also for small companies and private individuals. The Austrian market for alternative energy sources offers a wide range of options and allows combinations that make the field more flexible and affordable while fulfilling customer requirements as closely as possible.

However, the wide range of alternatives raises the question of how to choose and implement the best option. To solve this problem, the following guide has been developed. It contains information on the different energy sources to get an idea of their use, information and recommendations on how to combine them, and a comparison of the sources based on the required parameters to determine the appropriate option. The result is a guide to help private users find the most suitable energy and heating source.

The choice of source among the alternatives is made by comparing characteristics and creating a matrix that allows filtering of heating systems and electricity generation. The methodological approach consists of an initial review of the available alternative sources based on research into the subject area. The market analysis helps to identify the key characteristics that are important for determining the optimal system. Two areas need to be addressed: the provision of heat and the provision of electricity. The efficiency of the system is evaluated using a cost-benefit analysis. The result shows that a hybrid system consisting of a photovoltaic system and an air-source-heat-pump best meets all the necessary requirements. In the end, the selected system is calculated with the help of a developed tool so that the dimensioning of the system can be determined.

The introduction and roll-out of such systems at the household level has some importance for the development of the country's economy. The paper describes possible market trends and forecasts the development of this field based on possible risks and opportunities.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	1
2	ANALYSE DER THEMENBEREICHE.....	2
2.1	Aktuelle Situation	2
2.2	Darstellung des Problems	4
2.3	Aktuelle Studien	6
2.4	Aufgabenstellung	8
2.5	Ziel der Arbeit.....	9
2.6	Offene Fragen für weitere Forschung.....	10
3	ENERGIEWENDE.....	12
3.1	Hintergrund	12
3.2	Einflussfaktoren.....	14
3.3	Erneuerbare Energiequellen.....	14
3.4	Situation in Österreich.....	16
4	ENERGIEERZEUGUNG	18
4.1	Energiearten	18
4.2	Merkmale Kriterien	21
4.3	Heizungsquellen.....	21
4.3.1	Gasheizung mit Brennwerttechnik.....	22
4.3.2	Ölheizung mit Brennwerttechnik.....	25
4.3.3	Hybridsysteme mit mehreren Energieträgern	27
4.3.4	Wärmepumpen	29
4.3.5	Holzheizungen.....	34
4.3.6	Solarthermieanlage	36
4.4	Elektrische Energie	38
4.4.1	Photovoltaik	38
4.4.2	Windräder	43
4.4.3	Blockheizkraftwerke	44
4.5	Energiequellen im Vergleich.....	46

4.6	Zusammenfassung der Heizquellen	51
4.7	Zusammenfassung der elektrischen Energiequellen	54
4.8	Analyse und Interpretation der Vergleichsmatrix	54
5	ENERGIEVERBRAUCHSRECHNER.....	57
5.1	Beschreibung des Hauses	57
5.2	Berechnung Wärmebedarf	60
5.3	Berechnung der elektrischen Energie.....	65
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	69
7	Literaturverzeichnis	71
8	Abbildungsverzeichnis.....	76
9	Tabellenverzeichnis.....	77

MANAGEMENT SUMMARY

Kurzbeschreibung

Obwohl erschöpfbare Energieträger weit verbreitet sind und über eine gut etablierte Nutzungstechnologie verfügen, werfen diese Fragen zur Stabilität des Energie- und Wärmemarktes auf. Da der Markt stark von geopolitischen Konflikten beeinflusst wird, ist er ständig in Bewegung und die Heizungs- und Energiepreise steigen ständig. Daraus ergibt sich eine Herausforderung: die Sicherung der Stabilität in der Energieversorgung für kleine Unternehmen und Haushalte.

Lösungsansatz

Dieses Problem kann durch die Verwendung von Alternativen zu erschöpflichen Quellen gelöst werden. Solche Alternativen sind erneuerbare Energiequellen, die Energie aus natürlichen Ressourcen wie Sonnenenergie, Windenergie, Wasser und anderen erzeugen können. Die Wahl einer alternativen Energiequelle muss jedoch die Kriterien der Erschwinglichkeit erfüllen, die erforderliche Energiemenge liefern und ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Es ist wichtig, den Aufbau und die Pflege einer solchen alternativen Energiequelle durch Privatpersonen in Betracht zu ziehen. Die erforderlichen Schritte für die Umsetzung sind:

- Umfassende Analyse des Marktes und der aktuellen Situation
- Trendanalysen und Prognosen
- Analyse der alternativen Energiequellen
- Vergleich der Quellen anhand einer Matrix und Auswahl der besten Option
- Erstellung eines Implementierungsmodells für Energiequellen
- Ausführen von Berechnungen auf der Grundlage des erstellten Modells.

Vorteile

Die Entscheidung für ein System, das Wärme und elektrische Energie liefert und den Bedarf des Kunden deckt, hat wirtschaftliche Vorteile für die Verbraucher. Die Entwicklung einer alternativen Energiewirtschaft wird die energetische und politische Unabhängigkeit des Staates von den brennstoffliefernden Staaten sicherstellen.

Ausblick

Um das Thema im Detail zu entwickeln und die beste Strategie zur Einführung alternativer Quellen zu bestimmen, ist die Arbeit in einen theoretischen und einen praktischen Teil unterteilt. Im theoretischen Teil wird eine detaillierte Untersuchung des Themenbereichs, des Marktes für alternative Quellen und möglicher Trends durchgeführt. Die gewonnenen Informationen werden im praktischen Teil verarbeitet, gefolgt von der Arbeit und der Entwicklung eines Handbuchs. Das Endprodukt ist ein Handbuch, das eine vollständige Studie zum Thema alternative Energiequellen mit einem definierten System enthält, das für Haushalte am besten geeignet ist.

1 EINLEITUNG

Seit vielen Jahrzehnten nutzt die Menschheit aktiv verschiedene Energiequellen, da ein Leben ohne diese nicht mehr möglich ist. Energie ist eine sehr wichtige Ressource, und alle Energiequellen stehen immer im Rampenlicht. Das Thema Energie beschäftigt nicht nur Privatpersonen und Unternehmen, sondern spielt auch eine wichtige Rolle in der Politik.

Das Thema Energiequellen steht bei allen größeren Krisen und Ereignissen, wie der Corona-Pandemie oder dem Konflikt zwischen Russland und der Ukraine¹, im Mittelpunkt. Einige Länder haben ihren Bezug von Gas aus Russland eingestellt, weil diese sich geweigert haben, bestimmte Bedingungen zu erfüllen. Auch die Frage der Gasversorgung wurde bei den gegen Russland gerichteten Sanktionen berücksichtigt. Aufgrund all dieser Ereignisse steigen die Energiekosten von Tag zu Tag und Privatpersonen wie auch Unternehmen sind dazu aufgefordert, ressourcensparend zu wirtschaften. Steigende Energiepreise führen zu Wechselkursveränderungen, beeinflussen die Preisgestaltung anderer Produkte und die Wirtschaft im Allgemeinen. Das Thema betrifft jeden - Kampagnen, Industrien, Unternehmer und Einzelpersonen sind alle von den Veränderungen der Energiepreise betroffen.

Energiequellen wie Öl, Erdgas, Kohle und andere sind nicht unendlich vorhanden. Diese natürlichen Quellen erschöpfen sich mit der Zeit und laufen Gefahr, irgendwann zu versiegen. Natürlich bringt der Besitz einer solch wertvollen Ressource dem Land oder den Unternehmen, die diese besitzen, großen Profit. Andere Länder haben jedoch das Nachsehen und müssen ihren Fokus auf alternative Energiequellen richten. Zu den alternativen Energiequellen gehören erneuerbare Energieressourcen, die aus Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie usw. gewonnen werden. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen sind diese Quellen nicht erschöpft und eröffnen daher neue Möglichkeiten der Energieerzeugung.

Es gibt viele öffentliche Diskussionen über alternative Energiequellen. Viele Menschen machen sich Sorgen um die Zukunft und möchten in dieser Angelegenheit für Stabilität sorgen. Viele möchten sich vor unvorhergesehenen Preissteigerungen schützen, und viele sind an der Möglichkeit interessiert, sich vollständig selbst zu versorgen (Energieautarkie), was vor Versorgungsproblemen schützen könnte. Diese Arbeit befasst sich mit diesem Thema, um den Nutzern bei der Wahl ihrer Energiequelle zu helfen. Dabei werden zukünftige Heizquellen berücksichtigt, ebenso wie die Frage nach der besten Wahl des Energiesystems.

¹ Vgl. Hutter, (2022).

2 ANALYSE DER THEMENBEREICHE

2.1 Aktuelle Situation

Im Jahr 2022 gab es einen deutlichen Anstieg der Energiepreise. Die politische Lage in der Welt sowie jede andere Krise, wie z.B. die Corona-Pandemie, kann den Energiepreis erheblich beeinflussen. Außerdem müssen wir bei der Energiegewinnung und -verarbeitung immer daran denken, die Umwelt und das Klima zu schützen. Die Gewinnung und vor allem die Nutzung fossiler Energieträger wie Erdöl/-gas stellt eine erhebliche Belastung für die Umwelt dar. Deshalb ist die Energiewende zu alternativen Energiequellen schon seit vielen Jahren ein Thema. Da die fossilen Energiequellen nach maximal 200 Jahren erschöpft sein werden, könnten alternative Quellen die fossilen Energiequellen vollständig ersetzen.²

Zahlreichen Studien zufolge ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoenergieverbrauch in den letzten Jahren stetig gestiegen.³ Das zeigt einmal mehr das Interesse der Menschen an einem solchen Produkt. Bereits bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um mindestens 55% reduziert werden, und zwar dank der Umstellung auf alternative Energiequellen.⁴

Seit vielen Jahren findet eine rasante Entwicklung neuer Technologien statt. Es sind die neuen Technologien, die diese Entwicklung auch im Energiesektor ermöglicht haben. Jetzt ist dank neuer Technologien der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen geplant, was zu einer deutlichen Verbesserung der Energiefrage beitragen würde. Bei der Energiefrage geht es nicht nur um die Energiegewinnung, sondern auch um die Bereitstellung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung von Energieressourcen.

Die Auswirkungen der Covid-19-Epidemie auf die Energiefrage werden in einer Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) beschrieben. Aufgrund der Pandemie, die im Jahr 2020 ihren Ausgang nahm, stellten viele Unternehmen ihren Betrieb ein. Während der Pandemie wurde ein großes Problem für die Energiesysteme entdeckt. Erneuerbare Technologien wurden unterschätzt. Während der Pandemie gab es ein verstärktes Interesse an Energiequellen, die z.B. auf Photovoltaik basieren. Der Hauptlieferant für solche Anlagen war China.⁵ Wenn jedoch große Teile der Lieferkette in einem Land konzentriert sind, könnte die Krise in diesem Land den internationalen Übergang erheblich verlangsamen. Für Energiequellen, die auf Windkraft basieren, wurde ursprünglich vorausgesagt, dass diese zuverlässig funktionieren. Mit dieser Art von Energiequellen wurden keine Probleme vorhergesehen. Das Problem ist jedoch, dass die bei den Arbeiten verwendeten Installationen hauptsächlich aus Stahl gefertigt werden, der ebenfalls aus China geliefert wird.

² Vgl. interconnector.de, (2019).

³ Vgl. Erneuerbare Energien in Deutschland (2021), S. 9.

⁴ Vgl. Innovation durch Forschung (2019), S. 6.

⁵ Vgl. Bachmann, R. (2022), S. 28.

Ein weiteres Problem war der Mangel an Personal, das auf die Wartung dieser Geräte spezialisiert war. Aufgrund der Einreisebeschränkungen für ausländische Staatsangehörige in einigen Ländern war die Verlegung von Spezialisten schwierig oder fast unmöglich.

Das Thema der Energieressourcen hat einen großen Einfluss auf die Wirtschaft und die politische Situation. Wenn wir zum Beispiel an die Kriege zwischen Russland und der Ukraine denken, wurden Sanktionen verhängt, um die russische Aggression abzuschrecken, einschließlich der Einschränkung der Nutzung von russischem Gas, Erdöl, Kohle und anderen Rohstoffen/Ressourcen. Sanktionen sind ein unverzichtbares Instrument der Außenpolitik. Die Verringerung der Energieversorgung hat erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaft gehabt. Solche Aktionen betreffen mehrere Länder auf einmal, sowohl das Land, das die Energieressourcen besitzt, als auch das Land, das diese erhält. Für das Empfängerland besteht ein erhöhtes Risiko von Lieferunterbrechungen und einem Rückgang der Exporte. Dies wiederum verlangsamt die wirtschaftliche Entwicklung und zwingt zu einer deutlichen Abwärtskorrektur der Wirtschaftsprognosen.

Sollte die Gasversorgung unterbrochen werden, sind in verschiedenen Industriesektoren erhebliche Veränderungen zu erwarten. Bislang hat Deutschland einen großen Teil seines Erdgasbedarfs durch Importe aus Russland gedeckt⁶. Jetzt ist der Anteil der Gasversorgung rückläufig, wobei der Anteil des Erdgases weiter sinkt. Im Jahr 2021 beträgt der Anteil der Gasimporte aus Russland 55 Prozent, während er im April 2022 bei 35 Prozent lag.⁷ Viele Unternehmen verwenden Erdgas in der Produktion, was bedeutet, dass eine Verringerung des Angebots oder ein kompletter Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas erhebliche Auswirkungen auf die Produktion und damit auf die gesamte Wirtschaft haben würde.

Unternehmen werden in energieintensive und nicht energieintensive Unternehmen eingeteilt, je nachdem, ob diese große Mengen an Ressourcen für ihre Produktion verbrauchen oder nicht. Es sind die energieintensiven Unternehmen, die von einer Unterbrechung der Gasversorgung besonders betroffen sind. Den Erhebungen zufolge haben einige energieintensive Unternehmen nicht die Kapazität, Erdgas zu ersetzen. Etwa 29% der Unternehmen rechnen mit erheblichen Produktionseinschränkungen, während fast 13% einen fast vollständigen Produktionsstopp vorhersehen, wiederum in Ermangelung von Alternativen für Erdgas.

Darüber hinaus sind die Energiekosten erheblich gestiegen. So berichten etwa 70% der Unternehmen von einem Anstieg der Energiekosten. Dieses Thema ist vor allem für energieintensive Unternehmen wie das Baugewerbe, die verarbeitende Industrie und den Transportsektor von Bedeutung.

Etwa 25% der Unternehmen erwarten Probleme bei der Versorgung. Ein größeres Problem haben die Unternehmen, die nur eine Energiequelle nutzen oder keine Alternativen haben.

⁶ Vgl. Bachmann, R. (2022), S. 28.

⁷ Vgl. Kagerl C. u. a. (2022).

Insgesamt ist die Wahrscheinlichkeit eines Gaslieferstopps für die deutsche Wirtschaft nach Ansicht von Experten hoch: Die meisten Unternehmen welche Erdgas verwenden, können es kurzfristig nicht ersetzen. Viele erwarten einen deutlichen Rückgang der Produktion, wenn diese nicht mehr beliefert werden. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die meisten Unternehmen auch dann weiter beliefert werden, wenn die Lieferungen aus Russland komplett eingestellt werden würden. Insgesamt lässt sich aber eine Rationierung bis zu einem gewissen Grad nicht vermeiden. Die Energiekrise ist auch ohne Lieferstopp bereits in vollem Gange⁸.

Maßnahmen für erneuerbare Energien sind auf dem Vormarsch. Auch die so genannten "Green Shares", die von Aktivisten organisiert wurden, die sich für die Einführung erneuerbarer Energiequellen einsetzten, anstatt die Energie zu verknappen, haben eine wichtige Rolle gespielt. Unter anderem deshalb ist die Nachfrage nach alternativen Energieträgern gestiegen und hat auf dem Markt Fuß gefasst. Dies vermittelt den Eindruck, dass das Feld relevant ist und sich bei ausreichender Finanzierung weiter entwickeln wird.

Die heutige Situation zwingt uns dazu, nach alternativen Energiequellen zu suchen und diese zu optimieren. Hierfür gibt es viele Gründe und Voraussetzungen. Die größte Herausforderung besteht nun darin, den Bereich der alternativen Energieerzeugung zu entwickeln.

2.2 Darstellung des Problems

Das Thema der Energieversorgung eröffnet die Frage der Unsicherheit⁹. Jeder möchte sich mit einer hochwertigen und preiswerten Ressource versorgen, deren Verfügbarkeit gewährleistet ist. Die Frage, ob dies möglich ist, ist von grundlegender Bedeutung für die weitere Forschung in diesem Bereich¹⁰.

Die Menschen sind auch besorgt über die Zukunft. Wie bereits erwähnt, sind die Rohstoffe eine endliche Ressource was bedeutet, dass ihr Abbau eines Tages nicht mehr möglich sein wird. Auch wenn dies erst in ferner Zukunft der Fall sein wird, lohnt es sich schon heute, über alternative Energiequellen nachzudenken. Für einen vollständigen Übergang zu alternativen Quellen müssen spezielle Geräte und Technologien zur Verfügung stehen, die so weit wie möglich geeignet und optimiert sind. Denn selbst eine vorübergehende Einschränkung der Energieversorgung kann zu sehr ernstesten Konsequenzen führen. Wenn zum Beispiel zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt aus bestimmten Gründen die Ölversorgung unterbrochen wird, könnten folgenden Szenarien eintreten:

- Mangel an Wärme für Wohnhäuser und Büros.

⁸ Vgl. Weber, E. (2022).

⁹ Vgl. Müller-Kraenner, S. (2007).

¹⁰ Vgl. Müller-Kraenner, S. (2007).

- Eine große Anzahl von Elektroheizgeräten, die gleichzeitig in Betrieb sind und versuchen, die Raumheizung durch Brennstoff zu ersetzen, kann zu einer Überlastung des Energienetzes führen, was eine Abschaltung des Netzes zur Folge hat.
- Mangel an notwendigen Transporten einschließlich Lufttransport, Straßentransport und so weiter, aufgrund von Treibstoffmangel. Die Folge sind Probleme bei der Versorgung mit Lebensmitteln und lebenswichtigen Gütern, deren Lieferung einfach nicht möglich sein wird.
- Fehlende Mobilität, die unsere Welt sofort von ihrer gewohnten Infrastruktur abkoppeln würde.
- Die Schließung der meisten Industrien, was bedeutet, dass die meisten Güter knapp oder gar nicht verfügbar sein werden.

Das beschriebene Beispiel ist eher unrealistisch, da eine unerwartete und vollständige Erschöpfung der Brennstoffvorräte sehr unwahrscheinlich ist. Das obige Beispiel ist jedoch eine gute Illustration unserer Abhängigkeit von Brennstoffen und zeigt, welche Bereiche davon betroffen sind. Die Identifizierung dieser Bereiche wird uns helfen, die Bereiche zu bestimmen, in denen wir alternative Energiequellen einführen müssen.

Fossile Energiequellen erfordern immer einen hohen Bedarf an Rohstoffen, was wiederum ein großes Problem darstellt.¹¹ Alternative Energiequellen können zur Lösung dieses Problems beitragen. Wenn es beispielsweise um Windenergie geht, könnten Windturbinen zumindest innerhalb eines Staates aufgestellt werden, der die Energie später nutzen würde. Dies würde den Transport erheblich vereinfachen.

Die Nachfrage nach elektrischer Energie wird rapide ansteigen, wenn wir von Kohle und Öl auf erneuerbare Energiequellen umsteigen. Obwohl alternative Energiequellen einen sparsameren und rentableren Verbrauch der Ressource ermöglichen können, werden einige Bereiche, wie z.B. der Verkehr und die Industrie, große Mengen an elektrischer Energie benötigen, um den Mangel an Treibstoff zu kompensieren.

Die Menschen gewöhnen sich auch an den Gedanken der alternativen Energie. Eine ökologische Lebensweise, die die Umwelt schützt, wird immer beliebter. Der Bereich der alternativen Energien passt gut in dieses Konzept. Wie bereits angemerkt, geht es bei alternativen Energien um Stabilität, Wirtschaft und Sicherheit.

Das Vorhandensein alternativer Quellen auf dem Finanzmarkt führt zu einer weiteren Förderung dieses Bereichs, was wiederum neue Forschung verspricht. Dies ermöglicht es, mehr und mehr alternative Energiequellen auf den Markt zu bringen.

¹¹ Vgl. Boekholt, (2018).

2.3 Aktuelle Studien

Die Forschung auf diesem Gebiet ist aktuell unbestritten. In den letzten Jahrzehnten hat sich dieser Bereich rasant entwickelt und neue Möglichkeiten eröffnet. So hat sich beispielsweise die Windenergie durchgesetzt, und auf Sonnenenergie basierende Solarpaneele sind in den Haushalten weiter verbreitet, als erwartet.

Es gibt große Forschungszentren, die alternative Energieoptionen erforschen.

Ein Vergleich von konventionellen Kraftwerken und alternativen Energiequellen wird in der Studie "Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien" von Dr. Christoph Kost dargestellt.¹² Auf der Grundlage der Entwicklungskosten bestimmter Technologien und Marktszenarien werden verschiedene Energiequellen berücksichtigt, darunter Photovoltaik-, Windkraft- und Bioenergieanlagen. Nach den Prognosen dieser Studie dürften die Kosten für alternative Energiequellen bis 2040 sinken, da die Nachfrage nach ihnen steigt.

Zum Beispiel berichtet das Forschungszentrum "Forschungsnetzwerke Energie"¹³ über eine Studie über Techniken zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität durch die Erhöhung des Anteils von elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen. Ihre Studie wurde bei der Untersuchung des Forschungsplans für diesen Bereich entwickelt.

Die Forschung auf diesem Gebiet hat einen anderen Schwerpunkt. Einige zielen darauf ab, die Kohlendioxidemissionen zu minimieren, um das Klima und die globale Erwärmung zu verlangsamen.¹⁴

In einigen Bereichen, wie zum Beispiel bei der Herstellung von Solarzellen für die Solarenergieverarbeitung, haben sich dominante Standardtechnologien etabliert, die zufriedenstellende Ergebnisse zeigen.¹⁵

Die Entwicklung in der Photovoltaik erlebt aktuell einen regelrechten Boom. Diese Technologie ist im Bereich der Solarenergie recht kostengünstig und ermöglicht die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie. Die neueste Forschung auf diesem Gebiet konzentriert sich auf die Schaffung zweiseitiger Module und die Entwicklung neuer Technologien für bestehende Zellen, um die Leistung weiter zu steigern.

Ein weiterer Bereich der Forschung ist die Weiterverarbeitung von Rohstoffen. Dieser Sektor ist zwar weit verbreitet, birgt aber noch großes Potenzial für die Forschung.¹⁶ Ein großer Teil des Abfalls verbleibt auf Deponien und belastet die Umwelt. Mit der richtigen Technologie könnte dieser Müll dem Klima nicht mehr schaden und eine wertvolle Ressource wie Energie liefern.

¹² Vgl. Dr. Christoph K., (2021).

¹³ Vgl. Dreher, (2020).

¹⁴ Vgl. Gasch, (2013).

¹⁵ Vgl. Boekholt, (2018).

¹⁶ Vgl. Boekholt, (2018).

Aufgrund der Instabilität einiger Alternativen gibt es eine große Nachfrage nach Batterien, die das Energiesystem stabilisieren können. *RWE Generation SE¹⁷* hat ein Speichersystem in seinem Wasserkraftwerk eingeführt. Dieses System dient der Zwischenspeicherung, falls die Produktion den Verbrauch übersteigt, wird die überschüssige Energie gespeichert und gibt umgekehrt Energie ab, wenn die Produktion den Verbrauch nicht deckt.

Es gibt verschiedene Formen von erneuerbarer Energie. Einige sind jedoch regenerativer als andere. So gehören zum Beispiel Windkraft, Solarenergie und Wasserkraft zu den wichtigsten erneuerbaren Energiequellen.

Die häufigsten sind:

Solarenergie (thermische Solarenergie)

Die Solarenergie (thermische Solarenergie) wird in der Regel durch Photovoltaikanlagen und Sonnenkollektoren erzeugt und verarbeitet. Das Prinzip einer Photovoltaikanlage basiert auf der Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie mittels Solarzellen. Mehrere dieser Zellen werden zu einem Solarmodul kombiniert. Die Menge der empfangenen Sonneneinstrahlung ist direkt proportional zur Menge der erzeugten Energie. Bei dem „photovoltaischen“ Effekt wird die Sonnenstrahlung oder auch Photonenstrahlung genannt, in Gleichstrom umgewandelt. Auf diese Weise wird Energie erzeugt, die für den weiteren Verbrauch durch die Nutzer oder für die Speicherung in Batterien zur Verfügung steht. Dies ist heute die häufigste Art der Energieerzeugung.

Die Studie von Zhou-Jun Wang befasst sich mit der Kombination von Solar- und Wärmeenergie zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen. Die Studie beschreibt Methoden und Prinzipien für die Kombination von Solar- und Wärmeenergie, um die Aussichten für die Reduzierung von Kohlendioxid zu bewerten.¹⁸

Windkraft

Das österreichische Regierungsprogramm sieht vor, die elektrische Energieversorgung in den nächsten zwei Jahrzehnten klimaneutral zu stellen. Das bedeutet, dass die elektrische Energieversorgung zu 100% auf alternativen Quellen basieren wird. In der Studie von Scherhauser geht es um die sekundären Ressourcen von Windkraft- und Photovoltaikanlagen.¹⁹

Wasserkraft

Wasserkraft ist weit verbreitet und wird aktiv erforscht, vor allem im Zusammenhang mit der Energiewende-Agenda. Nicht alle Gewässer werden effizient genutzt und einige Wasserressourcen erfüllen nicht die für den Übergang erforderlichen Umweltparameter. Die Studie von Schmutz über die nachhaltige Nutzung der Wasserkraft und die Zukunft des Themas zeigt, dass die weitere Entwicklung

¹⁷ Vgl. RWE.

¹⁸ Vgl. Zhou-jun Wang, (2019).

¹⁹ Vgl. Scherhauser, (2021).

des Bereichs eine konsequente und umsichtige Nutzung der Ressourcen erfordert und zwar nur durch Methoden, die die Umwelt nicht beeinträchtigen.

Der weitere Ausbau der Forschung für Wind- und Solarenergie wirkt sich positiv auf die Verwirklichung der Energiewende aus. Diese Energiequellen sind saisonal und die Menge der erhaltenen Energie kann je nach Wetterbedingungen schwanken, so dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Überschuss an erhaltener Energie vorhanden sein kann. Die Forschung von Wolf-Peter Schill basiert auf der Modellierung der Flexibilität des Energieversorgungssystems, um das Auftreten von Überschüssen durch einen flexiblen Betrieb zu vermeiden.²⁰ Die Arbeit zeigt die Umsetzung einer flexiblen Produktion, um einen effizienten Betrieb von Kraftwerken zu gewährleisten.

2.4 Aufgabenstellung

Es wurde festgestellt, dass globale Krisen einen erheblichen Einfluss bei steigende Energiekosten haben. Deshalb versuchen die Menschen diese so gut als möglich zu minimieren und gleichzeitig ihre Energieeffizienz zu steigern.

Die Herausforderung bei dieser Aufgabe besteht darin, eine Energiequelle auszuwählen, die alle Kundenanforderungen am besten erfüllt, von den Kosten für Installation und Wartung bis hin zu den für die Installation geeigneten Bedingungen.

Der theoretische Teil gibt einen klaren Überblick über die aktuelle Energiewende und die Energieerzeugung. Als Überleitung in den praktischen Teil dieser Arbeit, werden die verschiedenen Energiequellen erklärt, welche anschließend in einer Vergleichsmatrix gegenübergestellt und verglichen werden.

Weiters werden Wärmequellen und Energiequellen analysiert. Die Charakterisierung von Heizquellen umfasst eine Untersuchung der folgenden Bereiche:

- Gasheizung mit Brennwerttechnik
- Ölheizung mit Brennwerttechnik
- Hybride Systeme mit mehreren Energiequellen
- Kleine Blockheizkraftwerke
- Wärmepumpen
- Holzheizungen
- Solarthermische Anlagen als Zusatzheizung

²⁰ Vgl. Schill, 2013.

Als Energiequelle werden die folgenden Arten betrachtet:

- Photovoltaik-Technologie
- Windkraftanlagen
- Blockheizkraftwerk

Darüber hinaus wird jede Quelle nach einer Reihe von Kriterien bewertet, wie z.B. Installationskosten, Wartungskosten, Effizienz und die notwendigen Bedingungen für Installation und Wartung. Damit soll ein klarer Vergleich aller Quellen ermöglicht werden, der es dem Nutzer erleichtert, die richtige Quelle für seine Bedürfnisse zu finden. Es ist auch vorgesehen, einige Quellen miteinander zu kombinieren. Die gleichzeitige Kombination mehrerer Arten von Quellen würde dazu beitragen, die Effizienz des Systems zu erhöhen, da eine der Quellen im System die andere ergänzen und so deren Nachteile ausgleichen kann. Im Folgenden wird die Frage der Voraussetzung für die Installation von Energiequellen erörtert. Ebenso wird das Thema der Selbstversorgung mit alternativen Quellen betrachtet.

Der praktische Teil basiert auf den Daten, die im theoretischen Teil erläutert und erarbeitet wurden. Es ist notwendig, alternative Quellen anhand mehrerer Parameter, wie beispielsweise der Wirtschaftlichkeit oder der Funktionsweise zu vergleichen.

Um den Parametervergleich und das Benchmarking zu optimieren, wird eine Vergleichstabelle (Tabelle 1 - 4) erstellt, welche die grundlegenden Informationen über die verschiedenen Heiz- und elektrische Energieerzeugungssysteme enthält.

Anschließend wird eine Vergleichsmatrix angeführt. Die Matrix wird auf der Grundlage mehrerer Parameter gebildet, die eine Einordnung der verglichenen Objekte in einem zweidimensionalen Raum ermöglicht. Ein solches quantitatives Analysetool vereinfacht den Entscheidungsprozess und ermöglicht das qualitative Herausfiltern einer bestimmten Anzahl von Optionen.

Der nächste Schritt besteht darin, die Markttrends zu analysieren und den Erfolg der Systeme auf dem Markt vorherzusagen. Auf der Grundlage dieser Analyse wird ein System ausgewählt, das so effizient wie möglich ist und die Anforderungen erfüllen kann. Das ausgewählte System wird mit Hilfe eines Modells bewertet.

Alle Studien stellen einen Leitfaden für Nutzer dar, die alternative Energiequellen zur Bereitstellung von Wärme und elektrischer Energie auf der Basis von natürlicher Energie aus erneuerbaren Quellen einsetzen möchten.

2.5 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Leitfaden für die Einführung alternativer Energiequellen zu entwickeln. Der Zweck der Arbeit ist es, eine Referenz für die technologische Komponente alternativer Energiequellen zu liefern.

Bei der Betrachtung der Energiequellen liegt der Schwerpunkt auf Heizung und Energie, was für eine Vielzahl von Nutzern relevant ist. Der Benutzer sollte sich die notwendigen theoretischen Informationen beschaffen, die ausreichen, um sich mit dem Thema vertraut zu machen und zu beurteilen, inwieweit die einzelnen Energiequellen die Parameter und Anforderungen des Verbrauchers erfüllen. Diese Arbeit soll interessierten Personen und Unternehmen helfen, eine geeignete Energiequelle für ihre Bedürfnisse zu finden.

2.6 Offene Fragen für weitere Forschung

Das Thema ist relevant und hat viele offene Forschungsfragen. Darüber hinaus erfordert das Thema auch ständig neue Forschung, um die Leistung zu optimieren.

Obwohl die Menschheit noch weit von der Klimaneutralität²¹ entfernt ist, sind nachhaltige Energiequellen, die auch als alternative Energiequellen bezeichnet werden, bereits recht verbreitet. Die Themen, die in den folgenden Arbeiten behandelt werden, sind die Suche nach neuen alternativen Energiequellen, die Entwicklung neuer Technologien zur Umwandlung nachhaltiger Quellen in elektrische Energie, sowie die Optimierung bereits bestehender Projekte, um die eingesetzten Ressourcen zu sparen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass einige der derzeit existierenden Quellen noch nicht ausreichend erforscht sind, wie z.B. Wasserstoffanteile, was bedeutet, dass weitere Forschung zu erfolgreichen Ergebnissen führen könnte.²²

Das Wichtigste ist, ein Maximum an Energie zu einem Minimum an Kosten zu gewinnen. Vielleicht sollte ein kombinierter Ansatz gewählt werden, bei dem mehrere alternative Quellen zu einem Gesamtsystemen kombiniert werden, die zusammen funktionieren und sich gegenseitig ergänzen. Dadurch könnten die Nachteile einiger Arten von alternativen Quellen durch die Vorteile anderer ausgeglichen werden. Die Optimierung solcher Ensembles von Energiequellen ist besonders für große Unternehmen relevant, die sich die Installation mehrerer Energiequellen auf einmal leisten können.

Darüber hinaus wird die Energiewende im noch folgenden Kapitel genauer betrachtet. Auch wenn die derzeitige Expansion im Bereich der alternativen Energien nicht mit dem schnellsten Tempo voranschreitet, wird eine erfolgreiche Finanzierung der wissenschaftlichen Aktivitäten gute Ergebnisse bringen.

Österreich hat große Pläne für eine alternative Energiezukunft. So wird zum Beispiel ein Projekt zur Deckung von 26% des österreichischen Energiebedarfs allein aus Windkraft bis 2030 umgesetzt.²³ Dieses Ergebnis würde die Ernsthaftigkeit dieses Bereichs und die Möglichkeit einer weiteren erfolgreichen Umsetzung ähnlicher Programme zeigen.

²¹ Vgl. FinMent, (2022).

²² Vgl. FinMent, (2022).

²³ Vgl. Austria Solar, (2021).

Daraus lässt sich schließen, dass Österreich eine Vielzahl von Technologien zur Nutzung alternativer erneuerbarer Energien aktiv einsetzt. Die breite Palette an Technologien sowie verschiedene Programme zur Einbeziehung alternativer Quellen in die Produktion helfen der Wirtschaft des Landes, sich erfolgreich zu entwickeln. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Pläne der Energiewende und bietet eine gute Chance auf Umsetzung.

3 ENERGIEWENDE

Die "Energy Transition" bezeichnet die Abkehr von fossilen Brennstoffen und die Bevorzugung einer nachhaltigen Energieversorgung auf der Grundlage erneuerbarer Energiequellen. Bei der Energiewende geht es um die Bevorzugung erneuerbarer Energiequellen, um die Probleme, die die konventionelle Energie mit sich bringt, zu minimieren. Darüber hinaus zielt die Energiewende darauf ab, die externen Kosten zu internalisieren, die beim Umgang mit dem Energiemarkt anfallen.

Das Hauptziel der Energiewende ist die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung. Die Energieversorgung wird von drei Faktoren bestimmt:

- Der Energiefaktor
- Der Wärmefaktor
- Der Mobilitätsfaktor

Der Kurs der zeitgenössischen Rhetorik und Politik konzentriert sich auf die nachhaltige Entwicklung - ein Lebensstilkonzept, bei dem die Menschheit mit allen Ressourcen versorgt wird, die diese zum Überleben braucht, ohne jedoch irreparable Schäden an der Umwelt zu verursachen. Die vollständige Nutzung der fossilen Ressourcen könnte zu irreversiblen Folgen führen.

Weitere positive Aspekte der Energiewende sind politische und wissenschaftliche Perspektiven. Wenn die Treibhausgasemissionen reduziert werden, ergeben sich daraus viele Nebeneffekte, wie zum Beispiel eine verbesserte Luftqualität oder Wasserqualität.²⁴

Weiters gibt es zweifellos auch soziale und ethische Ziele. Dazu gehört zum Beispiel die Verbesserung der öffentlichen Gesundheit. Viele Menschen sterben frühzeitig an gesundheitlichen Problemen, die durch verschmutzte Luft verursacht werden. Im Übrigen würde saubere Luft andere Atemwegserkrankungen wie Asthma und Krebs verringern.²⁵

3.1 Hintergrund

Das Streben nach der Energiewende hat eine Reihe von Gründen. Während die Hauptmotivation für die Energiewende heute die Bedrohung durch die globale Erwärmung und der Wunsch nach einer alternativen Energieform ist, gab es in der Vergangenheit einige andere Gründe.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begann die industrielle Revolution, die durch einen tiefgreifenden und langen Prozess der Optimierung der wirtschaftlichen und sozialen Bedingungen gekennzeichnet war. Das Ergebnis der Industriellen Revolution war eine dramatische und kräftige

²⁴ Vgl. IPCC (2007).

²⁵ Vgl. Jacobson, M. (2009).

Entwicklung der Technologie, der Produktivität und ein kräftiger Sprung in der Entwicklung der Wissenschaft.²⁶ Doch schon vor diesem Ereignis ist davon ausgegangen worden, dass die fossilen Brennstoffe nicht unendlich vorhanden sein werden. Das bedeutet, dass die Gesellschaft irgendwann in Gefahr läuft, ohne Treibstoffen und Brennstoffe dazustehen, an die diese sich bereits angepasst und gewöhnt haben. Im frühen 19. Jahrhundert gab es eine heftige Debatte²⁷ über die Endlichkeit der fossilen Brennstoffe.

Auch in Deutschland gab es zu dieser Zeit eine rege Debatte, sogar über den Einfallsreichtum der Erde. So kam, nicht ohne die Hilfe von Rudolf Clausius²⁸, allmählich das Thema der Forschung und der Nutzung der natürlichen Ressourcen zum Nutzen der Menschheit auf.

Max Weber, Werner Sombart und Wilhelm Ostwald waren prominente Wortführer zu diesem Thema. Max Weber ging davon aus, dass mit dem Ende des Kohlezeitalters auch das Ende des üblichen Wirtschaftssystems kommen würde.

Werner Sombart erkannte, dass eine Zivilisation, die mit Hilfe der Sonne gegründet wurde, unter bestimmten Bedingungen in der Lage sein würde, ihre Existenz gerade mit Sonnenenergie fortzusetzen. Wilhelm Ostwald vertrat die Ansicht, dass die Wirtschaft ausschließlich auf der regelmäßigen Nutzung von Strahlungsenergie aufgebaut werden sollte.

Mit dem Beginn der Industrialisierung wurde jedoch zunehmend Kohle verwendet. Trotzdem entwickelte sich zur gleichen Zeit die Industrie für alternative Energien. Und bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann die Geschichte der Thermalbatterien mit Hilfe von Adams, Musho und Battaglia. Bereits 1913 wurde das erste Solarkraftwerk gebaut.²⁹ Die Windkraft hat sich noch schneller durchgesetzt und die ersten Windkraftanlagen entstanden bereits Ende des 19. Jahrhunderts. Windmühlen wurden ebenso wie Wassermühlen zu dezentralen Energiequellen für abgelegene Gebiete, die nicht über eine konstante und gleichmäßige Versorgung mit Kohle verfügten.³⁰ Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es aufgrund der sinkenden Energiepreise zu einem plötzlichen und starken Anstieg des Energieverbrauchs. Auf dieser Grundlage entstand der Begriff des Energiesyndroms, welches durch den Bedarf an einer konstanten Energieversorgung, das Fehlen einer umfassenden Energiepolitik und den Mangel an Alternativen aufgrund von Bürokratie und Industrialisierung gekennzeichnet wurde.³¹

Das Energiesyndrom war auch eine Voraussetzung für das Entstehen der modernen Forschung. Die neue Gesellschaft verlangte nach einem neuen Energiesystem, das ihren Bedürfnissen und Anforderungen gerecht wurde.

²⁶ Vgl. Zieger, (2005), S. 46.

²⁷ Vgl. Siefert, (1982), S. 240-245.

²⁸ Vgl. Clausius, (1885).

²⁹ Vgl. Garcia u. a. (2011).

³⁰ Vgl. Schlör u. a. (2014). S. 52.

³¹ Vgl. Lutz, (2009).

Die Hauptgründe für die Energiewende sind nun der Umweltschutz und der Wunsch, ihre Unabhängigkeit von fossilen Lieferungen aus anderen Ländern zu gewährleisten.

3.2 Einflussfaktoren

Die Gründe, warum die Energiewende nicht stattfindet, sind:

Inkonsistente Politik

Wie bereits erwähnt, sind Politik und Energie eng miteinander verbunden. Und es ist eine erfolgreiche Politik, die der Energiewende zum Durchbruch verhelfen kann, diese aber genauso sicher auch abwürgen kann.

Wirtschaftlicher Kurs

Der Erfolg der Energiewende wird insbesondere von der Entwicklung des Energiepreises abhängen. Es wird erwartet, dass die Kosten für die Energieerzeugung sinken werden, wodurch die Nachfrage steigt und der Übergang zu alternativen Energiequellen gefördert wird. Andererseits können die Experten aufgrund des ständigen Auftauchens neuer Politiken und des Hin und Her zwischen verschiedenen Trends keine Stabilität in diesem Bereich bieten.³²

Die Unsicherheit der Lagerung

Auch die Entwicklung von Speichertechnologien für die erzeugte Energie ist ein wichtiges Thema. Während das Problem der Energieerzeugung und Energienutzung klar ist, sind alternative Energiespeichertechnologien nicht so weit verbreitet und daher fehlt es an einer angemessenen Finanzierung für dieses Thema.

Viele Faktoren können die Dauer und Qualität der Energiewende beeinflussen. Viele von ihnen beziehen sich auf den Faktor des Vertrauens in Sponsoren oder die Forschung.³³ Und der wichtigste Faktor ist im Moment die Politik. Sowohl die Innenpolitik eines Landes mit seiner persönlichen Bereitschaft zum Ausstieg aus der Nutzung fossiler Brennstoffe als auch seine Außenpolitik, die anderen Partnerländern auf Abruf zusätzliche Unterstützung bieten könnte.

3.3 Erneuerbare Energiequellen

Energiesysteme können nach verschiedenen Kriterien klassifiziert und charakterisiert werden.

Alternative Quellen selbst gibt es in folgender Form:

Windenergie

Ein Energiezweig, der die kinetische Energie von Luftmassen in mechanische, elektrische oder thermische Energie umwandelt.

³² Vgl. Brauch, (1997).

³³ Vgl. Berger, (2014).

Biokraftstoffe

Eine Art von alternativer Energie, die auf pflanzlichen Abfällen basiert.

Helioenergy

Diese Art der Energieerzeugung basiert auf der Verarbeitung von Sonnenenergie.

Wasserkraft

Ein Energiefeld, welches auf der Umwandlung der Energie der Wasserbewegung in elektrische Energie basiert.

Blitzenergie

Eine Energieart, die durch die Erzeugung von Elektrizität durch die Umlenkung von Blitzen gekennzeichnet ist.

Weltraum-Energie

Diese Art von Energie basiert auf der Nutzung der Sonnenenergie/Strahlungsenergie.

Diese Begriffe wurden definiert, damit diese innerhalb der Arbeit korrekt und verständlich verwendet werden können. Wenn es direkt um die Charakterisierung des Systems geht, verwenden wir den Rahmen von Eichelbryner und Hennesse und ihr Modell zur Beschreibung des Energiesystems anhand von neun Kriterien:

- Bereitstellung der erforderlichen Menge an Energie
- Gelieferte Energiequalität, die den Anforderungen entspricht
- Sicherheit
- Geringes Risiko und Widerstandsfähigkeit
- Ökologische Nachhaltigkeit
- Internationale Kompatibilität
- Soziale Verträglichkeit
- Ökologische Nachhaltigkeit

Auf der Grundlage dieser Einstufung wird jede der Quellen für den Gesamtvergleich in Kapitel 4.3 und 4.4 bewertet. Die Ergebnisse werden anschließend in einer Vergleichstabelle (Kapitel 4.5) dargestellt.

3.4 Situation in Österreich

Österreich zeichnet sich durch einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus. Begünstigt wird dies durch eine gute topographische Lage sowie durch relativ hohe Subventionen, die der Industrie helfen, sich ständig weiterzuentwickeln und zu verbessern.

Die derzeitige Situation in Österreich ist durch die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen allgemeinen Trends gut gekennzeichnet. Erneuerbare Energie ist für Österreich sehr wichtig. Sowohl im Bereich der Solarenergie, Windenergie und in vielen anderen Systemen steigt die Nachfrage enorm.

Die Wasserkraftindustrie spielt eine wichtige Rolle für Österreich. Derzeit gibt es in Österreich über 700 Laufwasserkraftwerke und mindestens 3.100 Kleinwasserkraftwerke. Diese können etwa von Wasserkraftwerken kann etwa 60 Prozent der erzeugten Energie liefern.

Die Bioenergie verzeichnet einen erfolgreichen Zuwachs. In einem Zeitraum von 25 Jahren (1990 - 2015) stieg der Anteil der Bioenergie am Gesamtverbrauch von 9 auf 17 Prozent.³⁴ Bioenergie ist ein wichtiger Sektor für Österreich. Im Jahr 2021 lag der Anteil der biogenen Fernwärme in Österreich bei 48 Prozent, und die Produktion von Fernwärme aus Biomasse hat sich mehr als verdreifacht.³⁵

Genauso wichtig ist die Windenergie für Österreich. Im Jahr 2017³⁶, waren beispielsweise in Österreich 1.260 Anlagen in Betrieb, deren elektrische Energie mehr als 1,75 Millionen Haushalte versorgte, was 46% der Haushalte entspricht. Ende 2021 lag die Zahl der Turbinen bei 1.307 und ihre Gesamtleistung bei 3.300 Megawatt. Mit dieser Energiemenge können rund zwei Millionen Haushalte versorgt werden, was etwa 50% der Gesamtzahl der Haushalte entspricht.

Auch im Bereich der alternativen Solarenergie hat Österreich großes Potenzial. Österreich ist in der Produktion von Solaranlagen aktiv. Nach Angaben von *Austria Solar*³⁷, steigt die durch Solarenergie erzeugte Warmwasseraufbereitung in der Europäischen Union rapide an. Es wird davon ausgegangen, dass die Solarenergie in einer langfristigen Betrachtung, die fossilen Brennstoffe (Gas, Öl usw.) ersetzen könnte.³⁸ Später könnten jedoch andere alternative Quellen, wie die Verwertung von Biomasse oder Wärmepumpen mit der Solarenergie konkurrieren.

Aufgrund seiner topografischen Lage und seiner geografischen Besonderheiten verfügt Österreich über zwei Hauptenergiequellen. Einen wesentlichen Anteil an der Primärenergieproduktion haben Wasserkraft und Biokraftstoffe.

Darüber hinaus hat Österreich die Chance, auf dem Gebiet der Energieeffizienz erfolgreich zu sein, was dazu beitragen könnte, die Wirtschaft von fossilen Energieerzeugern unabhängig zu machen. Obwohl die Energiewende ein komplexes Unterfangen mit vielen Herausforderungen ist, hat Österreich

³⁴ Vgl. Austrian Energy Agency, (2021).

³⁵ Vgl. Austrian Energy Agency, (2021).

³⁶ Vgl. Windfakten, (2022).

³⁷ Vgl. Austria Solar, (2021).

³⁸ Vgl. Austria Solar, (2021).

gute Chancen, diesen Weg ohne allzu große Schwierigkeiten zu gehen und zu den Ersten zu gehören, die bewusst auf alternative Quellen setzen.

Durch das Ökoenergiegesetz³⁹ wurden die Mittel erheblich aufgestockt, was sich positiv auf die Entwicklung alternativer Energien aus erneuerbaren Ressourcen ausgewirkt hat. Ein Programm zur Einführung eines intelligenten Energienetzes in den österreichischen Haushalten wird derzeit aktiv entwickelt, was auch einen erheblichen Einfluss auf die weitere Entwicklung der erneuerbaren Energien haben wird.

³⁹ Vgl. Erneuerbare Energien in Österreich, (2017).

4 ENERGIEERZEUGUNG

Wenn es um Energieerzeugung geht, ist es korrekter, von der Umwandlung einer Energieart in eine andere zu sprechen. Bei den alternativen Energiequellen wird kinetische Energie, die wir nicht nutzen können, in Energie umgewandelt, die wir benötigen. Zum Beispiel ist die Energie der Luftmasse in ihrer üblichen Form nicht nutzbar. Aber durch die Arbeit spezieller Mechanismen und die Synthese von Elektrizität aus Windenergie wird diese Energie nutzbar.

Wenn es um Energiequellen geht, sollten wir diese zunächst in zwei Gruppen einteilen: konventionelle Energiequellen und alternative Energiequellen. Zu den konventionellen Energiequellen gehören fossile Brennstoffe und Kernenergie. Die Besonderheit dieser Quellen ist die Tatsache, dass diese endlich sind - eine bestimmte Menge von ihnen liegt im Boden und wird, bezogen auf die Zeit, nicht wieder aufgefüllt. Im Gegensatz dazu gibt es alternative Quellen. Diese Quellen sind erneuerbar und können kontinuierlich regeneriert werden. Zu diesen Quellen zählen die Sonneneinstrahlung, die Energie der Gezeitenbewegung des Wassers und die Bewegung der Luftmassen. Auf diese Weise haben Windenergie und Solarenergie das Potenzial, die Nachfrage nach Energie zu decken.

Das Thema Energieerzeugung wird durch die Tatsache behindert, dass es einige Investitionen erfordert⁴⁰. Langfristig sollten sich solche Investitionen auszahlen. Ein Merkmal alternativer Energiequellen, das erwähnt werden sollte, ist jedoch ihre Verfügbarkeit über einen bestimmten Zeitraum. Nicht alle alternativen Quellen können zum gewünschten Zeitpunkt verfügbar sein, da diese von externen Faktoren wie dem Wetter beeinflusst werden. Bei windstillem Wetter können wir also nicht von einer Energiegewinnung aus Luftmassen sprechen, genauso wie in der Regenzeit/Bewölkung die Sonnenstrahlen, die hinter den Wolken durchbrechen, nicht ausreichen.

4.1 Energiearten

Energie kann sich von einem Typ zum anderen verwandeln, aber diese kann niemals zerstört oder erschaffen werden. Energiearten lassen sich in zwei große Kategorien einteilen: kinetische Energie (die Energie von sich bewegenden Objekten) und potentielle Energie (Energie, die gespeichert wird). Das sind die beiden Grundformen der Energie. Die verschiedenen Energiearten umfassen Wärmeenergie, Strahlungsenergie, chemische Energie, Kernenergie, elektrische Energie, Bewegungsenergie, Schallenergie, elastische Energie und Gravitationsenergie. Potentielle Energie ist gespeicherte Energie in einem Körper.⁴¹

Chemische Energie ist Energie, die in den Bindungen von Atomen und Molekülen gespeichert ist. Batterien, Biomasse, Erdöl, Erdgas und Kohle sind Beispiele für chemische Energie. Chemische

⁴⁰ Vgl. Boekholt, (2018).

⁴¹ Vgl. Badea, A. F. I. (2022).

Energie wird in thermische Energie umgewandelt, wenn Menschen Holz in einem Kamin verbrennen oder Benzin/Treibstoff im Motor eines Autos verbrennen⁴².

Mechanische Energie ist Energie, die in Objekten durch Spannung gespeichert wird. Druckfedern und gestreckte Gummibänder sind Beispiele für gespeicherte mechanische Energie.

Kernenergie ist Energie, die im Kern eines Atoms gespeichert ist - die Energie, die den Kern zusammenhält. Bei Vereinigung oder Spaltung der Kerne können große Energiemengen freigesetzt werden.

Gravitationsenergie ist Energie, die in der Höhe eines Objekts gespeichert wird. Je höher und schwerer das Objekt, desto mehr Gravitationsenergie wird gespeichert. Wenn eine Person mit dem Fahrrad einen steilen Hügel hinunterfährt und Geschwindigkeit aufnimmt, wandelt sich die Gravitationsenergie in Bewegungsenergie um. Wasserkraft ist ein weiteres Beispiel für Gravitationsenergie, bei der die Schwerkraft Wasser durch eine Wasserkraftturbine nach unten drückt, um elektrische Energie zu erzeugen.

Kinetische Energie ist die Bewegung von Wellen, Elektronen, Atomen, Molekülen, Substanzen und Objekten.

Strahlungsenergie ist elektromagnetische Energie, die sich in Transversalwellen bewegt. Strahlungsenergie umfasst sichtbares Licht, Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und Radiowellen. Licht ist eine Art von Strahlungsenergie. Sonnenschein ist Strahlungsenergie, welche die Photosynthese ("Treibstoff") und die Wärme liefert, die das Leben auf der Erde ermöglichen⁴³.

Thermische Energie oder Wärme ist die Energie, die aus der Bewegung von Atomen und Molekülen in einer Substanz entsteht. Die Hitze nimmt zu, wenn sich diese Partikel schneller bewegen. Erdwärme ist die Wärmeenergie in der Erde.

Bewegungsenergie ist Energie die in der Bewegung von Objekten gespeichert wird. Je schneller diese sich bewegen, desto mehr Energie wird gespeichert. Es braucht Energie, um ein Objekt in Bewegung zu bringen und Energie wird freigesetzt, wenn ein Objekt langsamer wird. Wind ist ein Beispiel für Bewegungsenergie. Ein dramatisches Beispiel für Bewegungsenergie ist ein Autounfall - ein Auto kommt zum Stillstand und gibt seine gesamte Bewegungsenergie in einem unkontrollierten Moment auf einmal frei und sorgt für eine Verformung.

Schall ist die Bewegung von Energie durch Substanzen in longitudinalen Kompressionswellen. Schall entsteht, wenn eine Kraft ein Objekt oder eine Substanz in Schwingung versetzt. Die Energie wird durch die Substanz in einer Welle übertragen. Typischerweise ist die Energie im Schall geringer als in anderen Energieformen.

⁴² Vgl. Badea, A. F. I. (2022).

⁴³ Vgl. Langenbeck, W. (2022).

Elektrische Energie wird von winzigen geladenen Teilchen geliefert die Elektronen genannt werden und sich typischerweise durch einen Draht bewegen. Blitze sind ein Beispiel für elektrische Energie in der Natur.

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die Einteilung der Energiequellen in konventionelle und alternative Energiequellen erwähnt. Ein weiteres Beispiel für die Klassifizierung von Energiequellen ist die Unterteilung in Primärenergie und Sekundärenergie.

Primärenergie ist die Energie, die bereits direkt in den Energiequellen enthalten ist. Zu diesen Quellen gehören fossile Quellen, die ihrerseits endlich sind. Ein Beispiel für eine primäre Quelle sind Erdgas, Öl, Torf oder Uran.

Die zweite Gruppe von Energiequellen ist die Sekundärenergie. Energie in der Form, die später genutzt wird, ist in der Regel zunächst nicht im Material enthalten, wie z.B. die Ebbe und Flut des Wassers. Durch eine gewisse Manipulation können wir jedoch die Art von Energie erhalten, die wir benötigen. Zu diesen Quellen gehören regenerative Energieformen. Im Wesentlichen ist diese Klassifizierung lediglich eine Erweiterung der vorherigen, aber die Definition von Primär- und Sekundärenergie ist für die weitere Arbeit notwendig. Beispiele für sekundäre Energiequellen sind: Diesel, Wasserstoff, Wärme.

Der Benutzer erhält Energie in zwei Richtungen: Wärme, die dazu dient, den Raum zu heizen und elektrische Energie, die für den Betrieb von Elektrogeräten, Licht und anderen Dingen benötigt wird. Daher werden zwei Gruppen von Quellen und ihre Komponenten charakterisiert. Die erste Gruppe umfasst Heizquellen und die zweite Gruppe elektrische Quellen.

Jede Gruppe ist in Untergruppen unterteilt, die sich nach der verwendeten Energieerzeugungstechnologie richten. Jede Untergruppe wird anhand der folgenden Parameter charakterisiert (Tabelle 1 - 4):

- Kurze Beschreibung der Untergruppe und ihrer Besonderheit
- Merkmale des beschriebenen Heizungs-/ Energiesystems
- Funktionsweise
- Anschaffungskosten
- Subventionen
- Ungefähre Amortisationsdauer
- Effizienz

Auf diese Weise wird eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Systeme erzeugt, die anschließend zum Vergleich der Systeme verwendet werden kann.

4.2 Merkmale Kriterien

Energiequellen können auf verschiedene Weise charakterisiert werden. Damit die Charakterisierung der Quellen für die durchzuführende Arbeit relevant ist, müssen die Kriterien festgelegt werden, anhand derer die Quellen bewertet werden sollen. Daher ist es notwendig, die Kriterien zu ermitteln, die bei der Auswahl einer bestimmten Wärme-/elektrische Energiequelle am wichtigsten sind. Je nach den Merkmalen wird die Beschreibung jeder Quelle ihre Vor- oder Nachteile hervorheben, so dass der Vergleich am effizientesten ist.

Einer der wichtigsten Aspekte, der die Wahl der Quelle beeinflusst, ist der finanzielle Aspekt. Wie in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, ist einer der Gründe für den Wechsel zu solchen Energiequellen der Wunsch der Nutzer nach einer stabilen finanziellen Situation. Es geht nicht nur um eine einmalige Ausgabe für die Installation einer elektrischen Energie- oder Heizquelle. Die finanzielle Komponente des Problems ist ein komplexes Thema, das die folgenden Parameter umfasst:

Kosten für Anschaffung und Erstinstallation:

Subventionen

Dieser Posten beschreibt die vom Staat bereitgestellten Mittel in Form eines einmaligen Zuschusses zu den Investitionskosten. Der Zuschuss steht Privatpersonen und Unternehmen zur Verfügung, die fossile Heizsysteme durch umweltfreundliche Heizsysteme ersetzen.

Amortisationsdauer

Dieser Wert gibt die ungefähre Zeitspanne an, welche benötigt wird, um den ersten Profit aus der Installation eines Systems zu erhalten. Die Berechnung der ungefähren Amortisationszeit basiert auf: Lebensdauer (Anzahl der Jahre), Wartung (Anzahl der Stunden pro Jahr), mögliche Reparaturen (% Kosten pro Jahr), Wartung (% Kosten pro Jahr).

Die Beschreibung enthält auch Informationen über die Wirksamkeit des Systems oder Vorschläge zur Verbesserung der Wirksamkeit.

4.3 Heizungsquellen

Heizquellen sind die erste Gruppe, die im praktischen Teil dieser Arbeit betrachtet wird. Diese Gruppe besteht aus mehreren Untergruppen, die sich nach der zugrundeliegenden Technologie des jeweiligen Systems richten. Diese Kategorie enthält die folgenden Untergruppen: Gasheizung mit Brennwerttechnik, Ölheizung mit Brennwerttechnik, Hybridsysteme mit mehreren Energieträgern, Blockheizkraftwerke, Wärmepumpen, Holzheizungen, Solarthermieanlage als Zuheizung.

Es stehen mehrere wichtige Wärmequellen zur Verfügung:

Industrielle oder städtische Prozesse erzeugen Abwärme, ein Nebenprodukt, das derzeit an die Atmosphäre abgegeben wird. Es ist manchmal in großen Mengen und bei hohen Temperaturen — über 100°C — erhältlich, was bedeutet, dass es über lange Strecken getragen und direkt verwendet werden kann. Diese Wärme wird von der Metall-, Glas- und Zementindustrie, Raffinerien und Abfallverbrennungsanlagen erzeugt. Oder es ist in kleinen Mengen bei niedrigeren Temperaturen erhältlich und muss daher vor Ort verwendet werden. Dies gilt beispielsweise für die Lebensmittelverarbeitung, die Papier- und Kartonindustrie, die chemische Industrie und die Kläranlagen.⁴⁴

Wärme kann durch sogenannte thermische erneuerbare Energien bei unterschiedlichen Temperaturen erzeugt werden. Beispiele hierfür sind Biomasseanlagen im Holz-zu-Energie-Prozess oder ein tiefes geothermisches System.

Schließlich gibt es zahlreiche verbreitete diffuse Wärmequellen, insbesondere in Städten. Dazu gehören Rechenzentren, Einkaufszentren, kleine lokale Hersteller, Trinkwassernetze und Kanalisationen, U-Bahn-Tunnel und Luftaufbereitungsanlagen in großen Gebäuden.⁴⁵

4.3.1 Gasheizung mit Brennwerttechnik

Die Kondensationstechnologie bietet derzeit das höchste Leistungsniveau im Kesselbereich. Die Idee dieser Technologie ist die Kondensation der im Kamin enthaltenen Wasserdämpfe und die Rückgewinnung der latenten Wärme. So kann der Wirkungsgrad bei den gasbefeuerten Brennwertkesseln im Vergleich zu gasbefeuerten konventionellen Kesseln um 10 bis 12 % steigen.

Für eine bestimmte Wärmeleistung bedeutet ein höherer Wirkungsgrad der Kondensationstechnologie gegenüber der herkömmlichen (nicht kondensierenden) Technologie einen geringeren Kraftstoffverbrauch. Dadurch sind die NO_x- und CO-Emissionen geringer. Die Umweltauswirkungen von gasbefeuerten Brennwertkesseln sind im Durchschnitt etwa 23 % niedriger als die Auswirkungen ihrer traditionellen Gegenstücke. Neben dem geringeren Kraftstoffverbrauch tragen die fortschrittlichen Brennkammerlösungen von Brennwertkesseln wesentlich zu den geringeren Emissionen bei⁴⁶.

Bei der in analysierten Vormischbrennkammer handelt es sich um eine solche Lösung. Durch die Verwendung von Drosselklappenstutzen und Metallfasern erwiesen sich die NO_x- und CO-Emissionen dieser Brennkammer bei Äquivalenzverhältnissen im Bereich von 0,724 bis 0,795 weniger als 11 ppm bzw. 50 ppm. Die Kondensationstechnik ist typischerweise mit Brennwertkesseln verbunden, die in Zentral- oder Haushaltsheizungen eingesetzt werden. Das ist nicht ganz richtig. In der Tat bezieht sich die Kondensationstechnologie auf jede Anwendung, die die Rückgewinnung von Abwärme aus dem Rauchgas in einem solchen Ausmaß impliziert, dass die Rauchgastemperatur unter den Taupunkt der Wasserdämpfe sinkt und Kondensation auftritt.

⁴⁴ Vgl. Bost, M., Böther, T., Hirschl, B., Kreuz, S., Neumann, A., & Weiß, J. (2012).

⁴⁵ Vgl. Gnauk, T., & Brüggemann, E. (2019).

⁴⁶ Vgl. Brockmann, R. (2020).

Die übliche Lösung besteht darin, einen zusätzlichen Wärmetauscher nach einem herkömmlichen Kessel in den Rauchgasstrom einzubringen. Der zusätzliche Wärmetauscher kann ein Wasservorwärmer, ein Verbrennungsluftvorwärmer oder das Bindeglied zwischen dem Rauchgaskanal und einer Absorptionswärmepumpe sein. In den meisten Fällen wird der zusätzliche Wärmetauscher als Wasservorwärmer in Heizungssystemen (zentral oder im Haushalt) verwendet.⁴⁷

Ein Beispiel, welches sich auf eine Zentralheizung von 40 MW bezieht zeigt, dass die Bargeldrückgabezeit für einen zusätzlichen Wärmetauscher, der im Kondensationsmodus betrieben wird, 5-7 Jahre beträgt, unabhängig davon, ob es sich bei dem verwendeten Material um Edelstahl handelt, oder 2 Jahre, unabhängig davon, ob es sich bei dem Baumaterial um Kohlenstoffstahl handelt, der mit Polypropylen beschichtet ist.

Der Luftvorwärmer kann den Wirkungsgrad um 5 % über dem Wirkungsgrad von Brennwertkesseln erhöhen, da die niedrige Temperatur der Luft in der kalten Jahreszeit (hier als 0 °C betrachtet) die Temperatur des Rauchgases auf 27,5 °C senken kann. Eine Hybridheizung, bestehend aus einem herkömmlichen Kessel, der über einen zusätzlichen Wärmetauscher mit einer Wärmepumpe verbunden ist, erwies sich als zuverlässige Lösung.

Alle oben angeführten Beispiele beziehen sich auf Einheiten, die mit Erdgas betrieben werden. Die Kondensationstechnologie umfasst auch LPG (Liquefied Petroleum Gas) Brennstoffkessel (die Umwandlung von Erdgas in LPG erfordert in der Regel einige minimale Korrekturen – z. B. Änderung der Gasdüsen und Neueinstellung des Brennereinflussbrennstoffdrucks), Flüssigbrennstoff-Brennstoffkessel und sogar Pellet-Brennstoffkessel; das experimentelle Beispiel zeigt einen thermischen Wirkungsgrad von 95 % für einen Pellet-Brennstoffkessel. Außerdem wurden die technischen Auswirkungen der Erdgasanreicherung mit Wasserstoff auf die Leistung von Brennwertkesseln theoretisch untersucht und die Leistung von Brennwertkesseln, die mit bituminöser Kohle betrieben werden analysiert, wobei ein thermischer Wirkungsgrad von etwa 105 % geschätzt wurde. In diesem Zusammenhang war das Ziel dieses Beispiels, die Bewertung des Potenzials und der Eigenschaften der Brennwerttechnik für eine erweiterte Kategorie von Brennstoffen.

Grundsätzlich wandelt ein Gaskessel chemische Energie in Wärmeenergie um. Die Gaskesseltechnologie basiert auf der Energie, die durch die Verbrennung von Brennstoff und die anschließende Übertragung von Wärme durch Wärmetauscher freigesetzt wird. Der Heizkessel nutzt jedoch nicht die gesamte durch die Verbrennung freigesetzte Energie. Ein Teil der freigesetzten Energie geht durch Systemverluste verloren, und ein Teil der Energie wird für die Aufrechterhaltung des natürlichen Luftzugs verwendet. Der durchschnittliche Wirkungsgrad eines Gasheizkessels liegt bei 92%. Das ist ein gutes Ergebnis, aber die Steigerung der Effizienz ist ein Problem, da die Verbesserung der Technologie und die Optimierung des Betriebsprozesses, einschließlich der Zwangsabsaugung, nicht funktionieren.⁴⁸ Das Funktionsprinzip besteht darin, Erdgas in einer Brennkammer zu verbrennen,

⁴⁷ Vgl. Eiselt, J. (2013).

⁴⁸ Vgl. Fischer, (2021).

die Verbrennungswärme auf den Hauptwärmetauscher zu übertragen, den Wärmetauscher in einer zusätzlich installierten Kammer zu erhitzen und die Wärme des kondensierten Dampfes zu übertragen.

Abbildung 1 ist eine Illustration, die ein Schema eines Gaskessels mit den wichtigsten Komponenten zeigt.

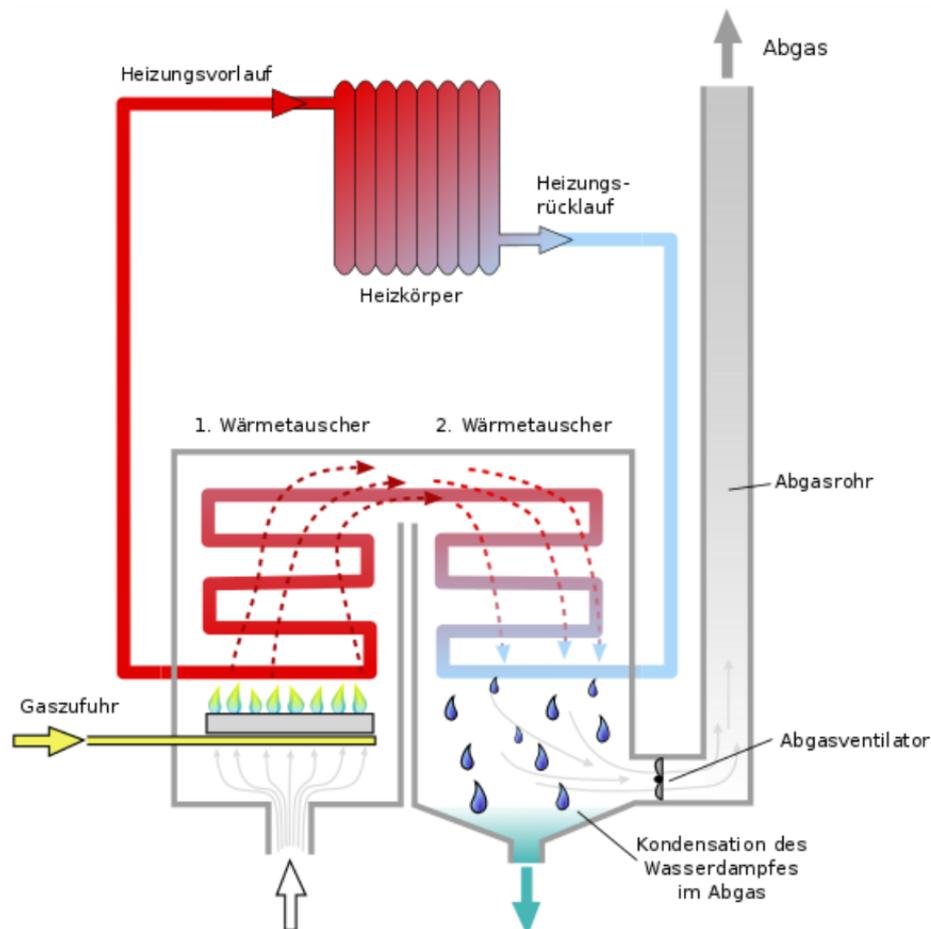


Abb. 1: Aufbau einer Gastherme

Der Wechsel von einem herkömmlichen Heizkessel zu einem Brennwertkessel ist ein kostspieliger Prozess. In einem solchen Fall ist ein Brennwertsystem am kostengünstigsten. Brennwertkessel wirken sich positiv auf die Senkung der Gaskosten während der Heizsaison aus, insbesondere aufgrund der hohen Effizienz des Systems.

Ein Vorteil eines Brennwertkessels ist, dass die Heizparameter fein abgestimmt werden können, was den Komfort der Anlage und ihre Wirtschaftlichkeit deutlich erhöht. Darüber hinaus ist diese Art des Betriebs sehr umweltfreundlich, da durch die hohe Kondensation unter den Abgasen der Schadstoffausstoß in die Atmosphäre deutlich reduziert wird.

Die Nachteile eines solchen Systems sind vor allem die Kosten für die Installation. Trotz der hohen Effizienz und der kostengünstigen Wartung kann es mehrere Jahre dauern, bis sich die Anfangsinvestition amortisiert. Weitere Nachteile dieser Technologie sind die Energieabhängigkeit und die Abhängigkeit der Kesseffizienz von den Parametern des Heizsystems. Der normale Betrieb des

Heizkessels erfordert zum Beispiel, dass der Temperaturunterschied zwischen dem beheizten Raum und der Umgebung in der Größenordnung von 20-25°C am Ein- und Ausgang des Wärmetauschers liegt.

Amortisationsrechnung

Um die Abschreibung der Heizung zu berechnen, sollten die folgenden Parameter beachten werden: Die Lebensdauer beträgt durchschnittlich 18 Jahre. Die Wartung beträgt etwa 20 Stunden pro Jahr. Die Reparatur des Geräts kostet 1,5 % der jährlichen Kosten. Wartungskosten 1% pro Jahr.⁴⁹

4.3.2 Ölheizung mit Brennwerttechnik

Moderne Öl-Brennwert-Heizsysteme machen die Heizung umweltfreundlicher und effizienter. Diese Geräte nützen praktisch die gesamte Energie im Öl und erreichen Wirkungsgrade von bis zu 98 Prozent. Gleichzeitig können Öl-Brennwert-Heizsysteme zusammen mit erneuerbaren Energiesystemen eingesetzt werden: Heutzutage gibt es viele Geräte, die eine Beimischung von bis zu 10 Prozent flüssiger Biomasse ermöglichen. Sogar solarthermische Energie und kontrollierte Wohnraumlüftung können integriert werden, um Verbrauch und Kosten weiter zu reduzieren.

Moderne Öl-Brennwertkessel verbrauchen im Vergleich zu alten Ölheizungen deutlich weniger Brennstoff, da die Kondensationswärme des Rauchgases genutzt wird. Zudem können Öl-Brennwertkessel optimal mit solarthermischer Energie kombiniert und betrieben werden. Die Sonnenkollektoren helfen dem Kondensationsgerät bei der Erwärmung und Aufbereitung von Brauchwarmwasser. Im Sommer kann der Brennwertkessel oft abgeschaltet werden, weil die Solaranlage das Wasser selbst erwärmt.

Die in diesem Abschnitt beschriebene Technologie ähnelt der eines Gasbrennwertkessels. Wärme wird durch die Verbrennung von Brennstoff und die Nutzung der dabei entstehenden heißen Abgase zur Erwärmung von Wasser und zum weiteren Heizen erzeugt. Die Darstellung ist in Abbildung 2 zu sehen.

⁴⁹ Vgl. Vaillant Group, (2023).

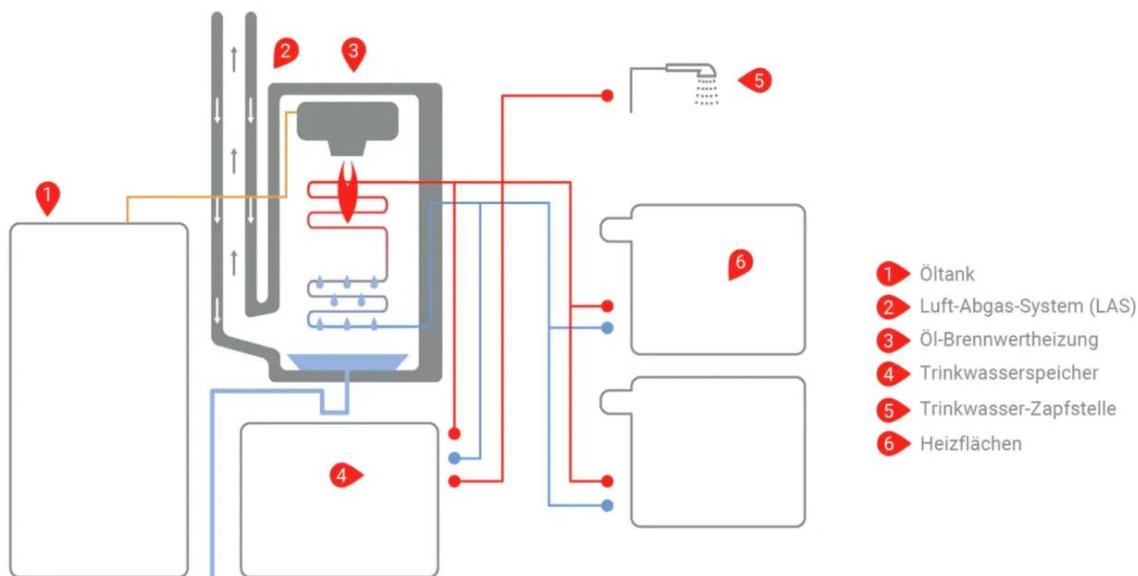


Abb. 2: Aufbau einer Ölheizung

Die Effizienz einer Ölheizung kann durch die Einführung einer Verbrennungstechnologie erhöht werden, die auf der Sammlung und Kontrolle der erzeugten Wärme basiert. Mit anderen Worten: Das Wasser im Rauchgas kondensiert und setzt dabei die latente Energie frei, was die Effizienz weiter erhöht. Infolgedessen sinken die Betriebskosten für die Heizung, da das System weniger Brennstoff zum Heizen benötigt. Eine schematische Darstellung der Konstruktion eines solchen Kessels ist in Abbildung 3 zu sehen.

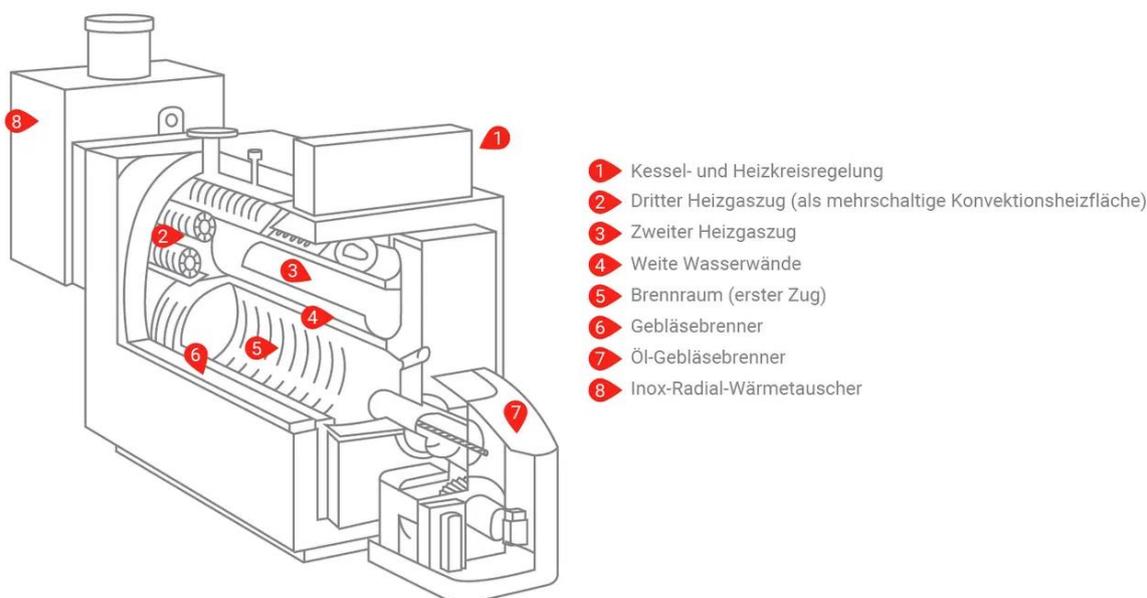


Abb. 3: Aufbau eines Ölbrennwertkessels

Öl-Brennwertkessel können fast 100% der Energie von Heizöl in Wärme umwandeln. Weitere Vorteile dieser Option sind die Betriebssicherheit und die gute Kompatibilität mit solarthermischen Anlagen.

Der Nachteil dieser Methode ist der Einsatz von Primärenergie, d.h. von fossilen Brennstoffen. Dies sorgt für die Abhängigkeit der Brennstoffversorgung sowie für mögliche zusätzliche Kosten. Dies hat den Nachteil, dass die Preise nicht vorhergesagt werden können und es daher schwierig ist, die Kosten zu berechnen. Darüber hinaus sind zusätzliche Materialien, wie stabile Abfluss- und Abgasrohre, die säurehaltiges Kondensat aufnehmen können, erforderlich, um ein solches System zu unterhalten.

Die Kosten setzen sich aus drei Komponenten zusammen:

- Der Ölofen
- Kraftstofflager
- Kraftstoffkosten während der Nutzung des Systems

Diese Option lässt sich gut mit anderen Systemen kombinieren, was den Betrieb erheblich optimiert. Aufgrund ihrer hohen Effizienz eignen diese sich gut zum Nachrüsten.

4.3.3 Hybridsysteme mit mehreren Energieträgern

Multi-Vektor-Mikronetze, die mehrere Formen der Energiespeicherung nutzen, werden in Smart-Grid-Topologien aufgeteilt. Aufgrund ihrer Fähigkeit, mit Problemen umzugehen, die im Energienetz durch die Nutzung der dezentralen Erzeugung verursacht werden, werden diese immer beliebter. Während diese Mikronetze in zukünftigen Energiesystemen von zentraler Bedeutung zu sein scheinen, bereiten diese bei der Auslegung und dem Betrieb des Netzes mehrere Probleme, hauptsächlich aufgrund ihrer Komplexität und der unterschiedlichen Eigenschaften, die jedes Teilsystem aufweist. In dieser Arbeit wird eine neuartige, generische und systematische Methode zur Modellierung der Vermögenswerte in einem Mikronetz genauer erläutert, einschließlich der Energiemanagementmethode, die zur Steuerung des Betriebs dieser Vermögenswerte unter mehreren stochastischen Belastungen verwendet wird. Dies gibt ein einzigartiges Tool, das das Testen/Ableiten mehrerer Energiemanagementmethoden, einschließlich der Nachfragesteuerung und des Einsatzes von Prognosetools, um die Leistung des Systems zu optimieren, ermöglicht.

Ein Hybridsystem besteht aus mehreren Energiequellen. Für den korrekten und ununterbrochenen Betrieb der Anlage ist eine große Menge an natürlichen Ressourcen erforderlich. Ein hybrider Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass verschiedene Technologien in einer kombiniert werden, wobei unterschiedliche Energiequellen, sowohl primäre als auch sekundäre, genutzt werden. Die Ressource für eine hybride Quelle kann eine Kombination aus Gas, Öl, Holz oder erneuerbaren Energiequellen, wie Sonnenwärme oder Wasserkraft sein.

Ein hybrider Ansatz ermöglicht es, die Vorteile verschiedener Systeme zu kombinieren und so die Gesamteffizienz des Systems zu erhöhen. Typischerweise verbindet die Hybridsystemtechnologie

verschiedene interne Technologien über einen Pufferspeicher, um die jeweiligen Nachteile von einem anderen System auszugleichen.⁵⁰

Hybride Energiesysteme vereinen verschiedene Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchstechnologien in einem einzigen System und verbessern so den Gesamtnutzen im Vergleich zu einem System, das von einer einzigen Quelle abhängt. Ursprünglich als Kombination aus konventioneller, nicht erneuerbarer Erzeugung (z. B. Dieselgeneratoren) mit Batteriespeichersystemen konzipiert, wurde ihre Definition nun auf Systeme erweitert, die zu 100 % auf erneuerbarer Energie basieren [z. B. Solar-Photovoltaik (PV) und Wind] oder verschiedene Energiespeichersysteme (z.B.: Brennstoffzellen und Superkondensatoren) kombinieren. HESs sind auch in der Kapazität von kleinen, netzunabhängigen Systemen von wenigen Kilowatt gewachsen, die typischerweise für Niederspannungs-Gleichstrom und Wechselstrom ausgelegt sind, bis hin zu größeren Megawatt-Systemen, die sich auf netzgekoppelte Mittelspannungs-Systeme ausdehnen.⁵¹

Die spezifischen Anwendungsfälle für HESs, Verfügbarkeit von Ressourcen, Leistungs- und Spannungsebenen und Netzanschlüsse gehören zu den Hauptgründen, die die Anforderungen an die in HESs verwendeten Leistungselektronikwandler definieren. In diesem Kapitel wird die breite Palette von Leistungselektronikumrichtern untersucht, die für HESs geeignet sind, einschließlich Standardkonfigurationen und Topologien, die zur Integration von zwei oder mehr Energieressourcen in einem einzigen Umrichter entwickelt wurden.

Es gibt verschiedene Betriebsmodi, die je nachdem, welche Systeme kombiniert wurden, ausgewählt werden. So kann unterschieden werden: bivalente alternative, parallele und multivalente Modi. Der bivalente Modus beschreibt den Betrieb, der von zwei Wärmeerzeugern erzeugt wird. Der Betrieb kann entweder gleichzeitig (parallel) oder abwechselnd im Alternativmodus erfolgen. Wenn mehr als zwei Generatoren in dem System kombiniert werden, arbeitet das System im multivalenten Modus.

Es ist wichtig, die Heizsysteme richtig zu kombinieren. Brennwertheizung und Solarthermie sind zum Beispiel eine gute Kombination: Solarenergie liefert die Solarthermieanlage, aber wenn die Sonnenwärme nicht ausreicht, wird der Brennwertkessel angeschlossen.⁵² Die Kombination von Kraft-Wärme-Kopplung und Solarthermie wäre jedoch aufgrund der geringen Effizienz keine erfolgreiche Lösung.

Zu den Vorteilen eines Hybridsystems gehört die Tatsache, dass es aus verschiedenen Systemen und Komponenten zusammengesetzt ist. Wenn eine Komponente ausfällt, funktioniert das System weiter, nachdem diese ausgetauscht wurde. Dies gewährleistet einen langen Systembetrieb und Sicherheit.

⁵⁰ Vgl. heizung.de, (2022).

⁵¹ Vgl. Lager, (2022).

⁵² Vgl. Fischer, (2021).

Beispiele für eine effektive Hybridkombination:

- Brennwertheizung und ein wasserführender Kamin. Dieses Hybridsystem basiert auf einem Brennwertkessel, der sich abschaltet, wenn der Schornstein beheizt wird. Dann wird die Wärme aus dem Schornstein in das Heizungssystem eingespeist.
- Brennwertheizung und Wärmepumpe. Wenn die Temperatur ausreicht, wird die Wärme mithilfe einer Wärmepumpe aus der Umgebung entnommen. Wenn die Temperatur jedoch zu niedrig ist, wird die Kondensationsheizung eingeschaltet.

4.3.4 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind eine effiziente und kostengünstige Lösung für die Erzeugung von Wärme und Kälte. Diese heben die Temperatur an, indem diese Wärmeenergie aus einer vorhandenen Niedertemperatur-Wärmequelle absorbieren und an einen wärmeren Raum abgeben. Die Nutzung einer Wärmequelle (z. B. Abwärme aus der Industrie oder erneuerbare Wärme aus der Natur, wie Flüsse oder Geothermiequellen) ermöglicht es Wärmepumpen, mit einer bestimmten Menge an elektrischer Energie, viel mehr Wärme zu erzeugen, als eine einfache direkte Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme.

In den nächsten Jahren wird die Wärmeerzeugung immer mehr durch erneuerbare Energien elektrifiziert und dekarbonisiert, anstatt von fossilen Wärmekraftwerken. Überkapazitäten erneuerbarer Energien können in Wärme umgewandelt werden und ebnen den Weg zur CO₂-freien Wärmeerzeugung. Für moderne Fernwärme- und Fernkälteanwendungen oder industrielle Heizungsanwendungen sind Siemens Energy's industrielle Großwärmepumpen die beste und effizienteste Lösung, um elektrische Energie in Wärme umzuwandeln.

Eine Wärmepumpe ist eine Wärmequelle, die sich durch die Nutzung von Wärmeenergie aus der Umwelt auszeichnet. Eine Wärmepumpe entzieht der Umwelt Wärmeenergie und gibt diese an Räume ab. Diese Technologie basiert auf einem komplexen technischen Prozess der Übertragung von Wärmeenergie.⁵³

Die Wärmepumpentechnologie kann Wärme aus Luft, Erde und Grundwasser nutzen. Darüber hinaus können auch Abwasserwärmepumpen eingesetzt werden.

Die Wärmepumpentechnologie basiert auf den folgenden Komponenten: zwei Wärmetauscher, ein Kompressor, ein Expansionsventil und ein Wärmerückgewinnungssystem.⁵⁴ Das System kann ein geschlossenes Netz von Rohren sein, das die Wärmeübertragung zu den gewünschten Räumen gewährleistet. Der Betrieb ist zyklisch. Der erste Wärmetauscher, auch Verdampfer genannt, überträgt die Wärmeenergie aus der Luft oder dem Boden auf das Kältemittel. Das Kältemittel verdampft

⁵³Vgl. Fischer, (2021).

⁵⁴Vgl. Arpagaus, (2017).

aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften. Eine Darstellung indem es verdampft, ist in Abbildung 4 zu sehen.

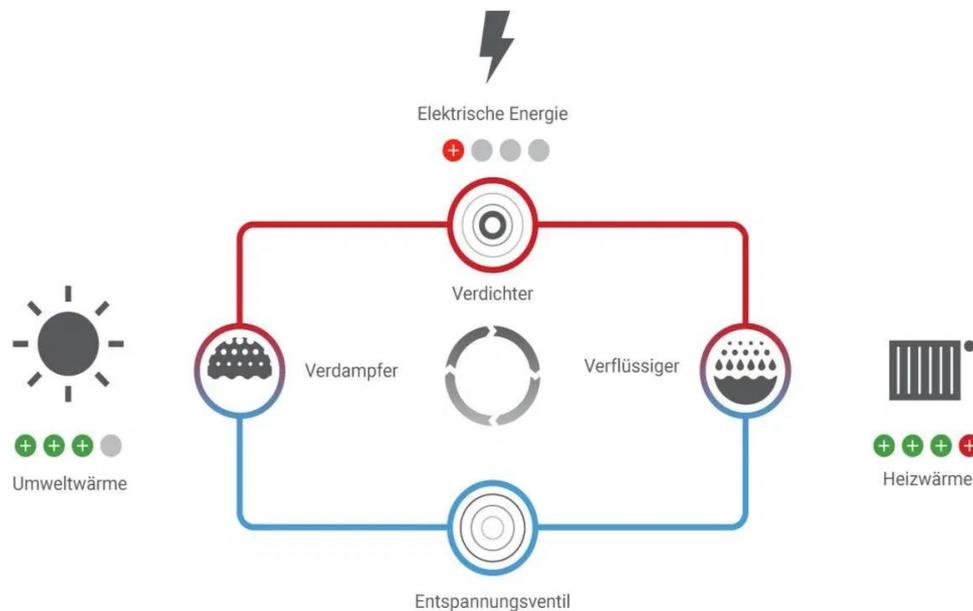


Abb. 4: Arbeitszyklus der Wärmepumpe, Quelle: Heizung.de. Luft-Wasser-Wärmepumpe

In der zweiten Phase des Zyklus wird der Kompressor in Betrieb genommen, um die Temperatur des Kältemittels zu erhöhen. Die Wärmeübertragung erfolgt mit Hilfe eines zusätzlichen Wärmetauschers. Sobald das Kältemittel auf seinen ursprünglichen Zustand abgekühlt ist, sinkt der Druck und das Medium wird flüssig. Das regenerierte Kältemittel fließt zurück in den Verdampfer. An diesem Punkt ist der Zyklus abgeschlossen.⁵⁵

Die Wärmepumpe ist am effizientesten, wenn der Temperaturanstieg im elektrisch angetriebenen Hauptkompressor gering ist. Die Wärmequellen, die beim Betrieb einer Wärmepumpe genutzt werden, sind Wasser, Erde und Luft. Ein schematischer Ablauf für die Einführung der Wärmepumpentechnologie in einem Raum ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Illustration zeigt eine Wärmepumpe mit Luft-Wasser-Technologie.

⁵⁵ Vgl. Rosenkranz, (2022).

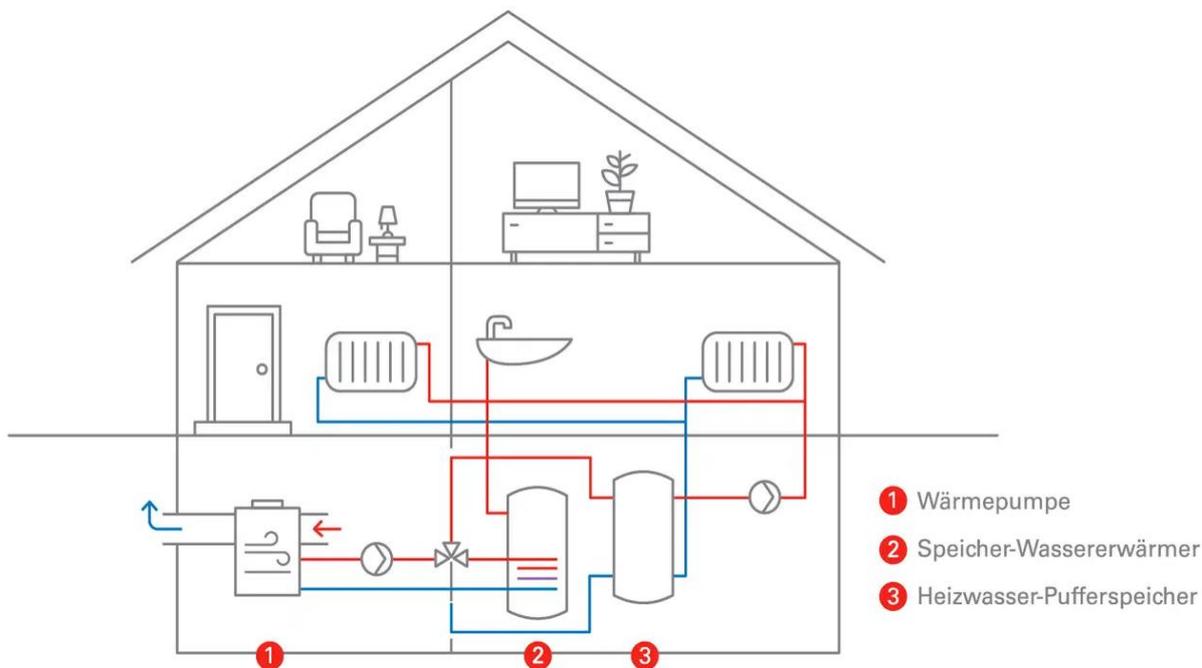


Abb. 5: Technologie der Wärmepumpe, Quelle: Heizung.de. Luft-Wasser-Wärmepumpe

Eine luftbasierte Wärmepumpe nutzt die Umgebungsluft für die Wärmeerzeugung in einem Gebäude. Eine solche Pumpe basiert auf dem Ansaugen und Ausblasen von Außenluft. In kalten Perioden sinkt die Effizienz der Wärmepumpe, da die Außenluft eine niedrige Temperatur hat.

Eine Wärmepumpe mit Wasser-Luft-Technologie funktioniert wie oben beschrieben, wobei die der Luft entzogene Wärme das Wasser erwärmt.

Die beiden häufigsten Arten von Wärmepumpen sind luft-/ und erdreichbasiert. Luft-Wärmepumpen übertragen Wärme zwischen Innen- und Außenluft und sind für die Heizung und Kühlung von Wohnungen beliebter. Erdreichwärmepumpen übertragen Wärme zwischen der Luft in Ihrem Haus und dem Boden außerhalb. Diese sind teurer in der Installation, aber in der Regel effizienter und haben aufgrund der Konsistenz der Bodentemperatur über das ganze Jahr hinweg niedrigere Betriebskosten.

Eine Wärmepumpe absorbiert Wärmeenergie aus der Außenluft (auch bei kalten Temperaturen) und überträgt diese an die Raumluft. Im Kühlbetrieb sind eine Wärmepumpe und eine Klimaanlage funktional identisch, absorbieren Wärme aus der Raumluft und geben diese über das Außengerät ab.⁵⁶

Hausbesitzer, die ein neues Heiz- oder Kühlsystem benötigen, können die Art des Klimas berücksichtigen, in dem sie leben, bevor sie ein Wärmepumpensystem kaufen. Wärmepumpen sind häufiger in milderen Klimazonen, wo die Temperatur normalerweise nicht unter den Gefrierpunkt sinkt. In kälteren Regionen kann auch mit Öfen zur energieeffizienten Beheizung an allen bis auf die kältesten Tage kombiniert werden. Wenn die Außentemperatur zu niedrig fällt, um die Wärmepumpe effektiv zu betreiben, verwendet das System stattdessen den Ofen, um Wärme zu erzeugen. Diese Art von System wird oft als Dual-Brennstoff-System bezeichnet – es ist sehr energieeffizient und kosteneffizient.

⁵⁶ Vgl. heizung.de, (2022).

Ein typisches Luftquellen-Wärmepumpensystem besteht aus zwei Hauptkomponenten, einer Außeneinheit und einer Innenluftaufbereitungseinheit. Sowohl die Innen- als auch die Außeneinheit enthalten verschiedene wichtige Unterkomponenten.

Die Außeneinheit enthält eine Spule und einen Lüfter. Die Spule arbeitet entweder als Kondensator (im Kühlbetrieb) oder als Verdampfer (im Heizbetrieb). Der Lüfter bläst Außenluft über die Spule, um den Wärmeaustausch zu erleichtern. Wie die Außeneinheit enthält auch die Inneneinheit, die üblicherweise als Luftaufbereitungseinheit bezeichnet wird, eine Spule und einen Lüfter. Die Spule wirkt als Verdampfer (im Kühlbetrieb) oder als Kondensator (im Heizbetrieb). Der Lüfter ist dafür verantwortlich, Luft über die Spule und durch die Kanäle im Haus zu bewegen.

Das Kältemittel ist der Stoff, der Wärme absorbiert und abführt, während er im gesamten Wärmepumpensystem zirkuliert. Der Kompressor setzt das Kältemittel unter Druck und bewegt es im gesamten System. Der Teil des Wärmepumpensystems, der den Kältemittelfluss umkehrt, so dass das System in die entgegengesetzte Richtung arbeitet und zwischen Heizung und Kühlung umschaltet.

Das Expansionsventil dient als Dosiervorrichtung, die den Durchfluss des Kältemittels während des Durchlaufs durch das System reguliert, wodurch Druck und Temperatur des Kältemittels reduziert werden können. Wärmepumpen erzeugen keine Wärme. Diese verteilen die Wärme aus der Luft oder dem Boden und verwenden ein Kältemittel, das zwischen der Innengebläsekonvektoreinheit (Air Handler) und dem Außenkompressor zirkuliert, um die Wärme zu übertragen.

Die Physik des Prozesses ist die gleiche. Wärmeenergie wird im Außengerät von kühlem flüssigem Kältemittel absorbiert und in kaltes Gas umgewandelt. Das kalte Gas wird dann mit Druck beaufschlagt und in heißes Gas umgewandelt. Das heiße Gas wird in der Inneneinheit gekühlt, indem die Luft erwärmt wird und das Gas zu warmer Flüssigkeit kondensiert. Die warme Flüssigkeit wird entlastet, wenn dies in das Außengerät eintritt, es dreht, um Flüssigkeit zu kühlen und den Zyklus zu erneuern.

Wärmepumpen sind vielseitige, effiziente Kühl- und Heizsysteme. Dank eines Umschaltventils kann eine Wärmepumpe den Kältemittelfluss verändern und ein Haus entweder heizen oder kühlen. Über eine Verdampferschlange wird Luft geblasen, die Wärmeenergie von der Luft auf das Kältemittel überträgt. Diese Wärmeenergie wird im Kältemittel zu einer Kondensatorschlange zirkuliert, wo diese freigesetzt wird, wenn ein Lüfter Luft über die Schlange bläst. Durch diesen Prozess wird Wärme von einem Ort zum anderen gepumpt.

Zu den Vorteilen einer Wärmepumpe gehören die Kosten für Anschaffung und Installation. Es ist eine bessere und erschwinglichere Option im Vergleich zu z.B. Mikro-KWK-Anlagen (siehe Kapitel 4.4.3). Eine spätere Neuinstallation erfordert keine zusätzlichen Kosten für Bohrungen und andere Aushubarbeiten. Die Vorbereitung für eine Wärmepumpe muss nur einmal durchgeführt werden. Ein weiterer Vorteil ist der geringe Platzbedarf für die Installation der Pumpe. Diese Option ist mit neuen und alten Gebäuden gleichermaßen vergleichbar, was die Vielseitigkeit des Ansatzes zeigt.⁵⁷

⁵⁷ Vgl. Häfner, (2015).

Zu den Nachteilen gehört der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch. Wer eine Wärmepumpe als Alternative zu anderen Formen der Energieerzeugung nutzen will,⁵⁸ sind die Kosten höher als bei anderen Quellen. Die Wärmepumpe kann auch lästigen Lärm verursachen. Daher muss die Schallschutztechnik von Anfang an berücksichtigt werden.

Die Wärmepumpe ist eine geeignete Anlage für die Integration in andere Systeme. Die Kombination einer Wärmepumpe mit einer Gasheizung sorgt für niedrige Heizkosten. Diese Option eignet sich gut für die Integration einer Wärmepumpe in älteren Häusern.

Die Kosten für die Installation einer Wärmepumpe liegen im Durchschnitt zwischen 1.500 € und 2.500 €. Die Kosten hängen von dem gewählten System ab.

Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe erfordert keine ständige Wartung. Das bedeutet, dass die jährlichen Kosten für die Überprüfung der Leitungen und die Kontrolle auf Kältemittellecks zwischen 50 und 100 Euro liegen. Eine Wärmepumpe hat in etwa einen Wirkungsgrad von vier. Sprich, ein Viertel der Ausgangsleistung muss mit elektrischer Energie zugeführt werden, was dies zu einer relativ teuren Energiequelle macht.

Amortisationsberechnung

Nach einer statistischen Berechnung der Investitionsrendite liegen folgende Informationen vor: Die Installation eines neuen Systems kostet etwa 9.500 Euro. Das System spart 300 Euro pro Jahr. Die durchschnittliche Amortisationszeit des Systems beträgt somit 32 Jahre. Die durchschnittliche Betriebsdauer einer Wärmepumpe beträgt 20 Jahre. Für die Wartung sind etwa 20 Stunden pro Jahr erforderlich. Die Reparaturen machen 3% der Kosten aus. Die Wartung macht 1% der Kosten aus. Aufgrund der dynamischen Preisentwicklung amortisiert sich die Wärmepumpe innerhalb von 10-12 Jahren.⁵⁹

Subvention

Staatliche Subventionen fördern auch aktiv die Installation einer Wärmepumpe in Privathaushalten. So deckt der Zuschuss die Installation einer Wärmepumpe für bis zu 17.750 Euro ab, die mit Luft-Wasser-Technologie arbeitet. Für Wärmepumpenanlagen mit Erdreich-Wasser-, Abwasser-Wasser-Technologien beträgt der Zuschuss bis zu 26.050 Euro.

Eine Wärmepumpe ist ein effizientes Heizsystem und erfüllt zudem die Parameter Kompaktheit und Leistung. Mit der richtigen Planung und sorgfältiger Integration besteht die Chance, hohe Heizkosten zu vermeiden. Dieser Ansatz ist sicher für das Klima und liefert außerdem nachhaltige Energie.

⁵⁸ Vgl. Rosenkranz, (2022).

⁵⁹ Vgl. Vaillant Group, (2023).

4.3.5 Holzheizungen

Die nächste Art der Heizung ist die Holzheizung. Diese Technik basiert auf der Erzeugung von Wärme aus der Verbrennung von Holz. Diese Technik wird sowohl in neuen als auch in bestehenden Häusern eingesetzt. Früher wurde Der Rohstoff ist erneuerbar und in vielen Gebieten verfügbar. Diese Technik kommt schon seit Jahrzehnten zum Einsatz, so dass diese aktiv zusammen mit anderen Systemen verwendet wird und viele verschiedene Techniken für eine bessere Effizienz nutzt. Grundsätzlich werden Holzheizungen an ihrer Funktionsweise und der Brennmaterialbeschaffenheit (Holzscheite, Pallets und Holzschnitzel) unterschieden.

Moderne Holzheizungen ermöglichen es, Materialien so zu nutzen, dass der Energiegehalt optimal ausgenutzt werden. Dies ist teilweise auf den Kondensationseffekt zurückzuführen, bei dem den heißen Abgasen Wärme entzogen wird. Bei älteren Systemen wurde die Wärme durch den Schornstein geleitet, was nicht so effizient ist.⁶⁰

Folgende Optimierungen können vorgenommen werden: Erstens ist bei Holzpellets/Holzschnitzel kein regelmäßiges Nachfüllen erforderlich, und die Heizung erfolgt automatisch. Zweitens lässt sich diese Systeme gut mit der Solarthermie kombinieren, was die Effizienz des Systems erheblich verbessert. Die Solarenergie deckt einen Teil des Heizbedarfs, ohne dass zusätzliche Kosten anfallen, was zusätzliche Einsparungen bedeutet. Außerdem entlastet es die Holzheizung, was vor allem in der Übergangszeit ein positiver Aspekt ist.

Zu dieser Technik gehören mehrere Systeme gleichzeitig. Diese können wie nachfolgend aufgegliedert werden:⁶¹

Scheitholzessel

Diese Art von Heizkessel nutzt eine Heizungsart wie die Verbrennung von Holz. Die Betriebstechnik gehört zu den primitivsten: Das Holz wird manuell erneuert. Die Effizienz wird durch die Vergasung des Holzes erreicht. Solche Heizkessel sind im Vergleich zu anderen Heizsystemen kostengünstiger. Dies liegt auch daran, dass bei dieser Technik keine komplexeren Systeme, wie z.B. Lager- und Fördertechniken, verwendet werden.

Pelletkessel

Diese Technik basiert auf der Verwendung von gepressten Holzstäben. Im Gegensatz zur vorherigen Technik ist hier eine automatische Heizung möglich. Dies ist teilweise auf die standardisierte Form der Rohstoffe zurückzuführen. Dieses System ist auch durch höhere Anschaffungskosten gekennzeichnet, die durch den Transport und die Lagerung des Brennstoffs verursacht werden. Diese Technik ist unter anderem eine der

⁶⁰ Vgl. Good, (2013).

⁶¹ Vgl. heizsparen.de, (2022).

umweltfreundlichsten, da die für den Betrieb verwendeten Rohstoffe die Reste von Industrieholz sind.

Hackschnitzel-Kessel

Diese Technik ist ähnlich wie die oben beschriebene. Der Unterschied liegt in der Implementierung der Fördertechnik. Darüber hinaus sind die Rohstoffe unterschiedlich. Diese Technologie basiert auf Holzspänen, die aus zerkleinerten Holzabfällen bestehen. Dieser Ansatz macht die Verwendung des Rohstoffs wirtschaftlicher und finanziell rentabler. Solche Heizkessel eignen sich gut für Gebiete, in denen es möglich ist, billigen Brennstoff aus Waldabfällen zu gewinnen. Für die Lagerung des Rohmaterials wird jedoch mehr Platz benötigt.

Kombikessel für Holz

Bei dieser Technik handelt es sich um eine Biomasseheizung mit Pellets, Holzspänen, Scheitholz und Briketts. Diese Technik gilt als universell, da sowohl die manuelle als auch die automatische Aufbereitung von Rohstoffen möglich ist. Es ist möglich, sowohl alte als auch neue Häuser zu beheizen, und es sind verschiedene Leistungsbereiche verfügbar. Die Kosten für so einen Heizkessel sind höher als bei Wärmeerzeugern, welche mit Holz oder Pellets arbeiten.

Hybrid-Holzheizung

Ein Hybridsystem ermöglicht es, verschiedene Energieträger zu kombinieren und seinen Betrieb auf der Grundlage des vorteilhaftesten Trägers aufzubauen. Ein Hybridsystem ermöglicht zum Beispiel eine Kombination aus Holzheizung und Solarthermie. Je nach Art des zu kombinierenden Systems werden die wirtschaftlichen und automatischen Eigenschaften des Systems entsprechend beibehalten.

Die Systemkosten werden wie folgt berechnet. Die Kosten einer Holzheizung werden durch zwei Parameter bestimmt:

- Die Kosten für die Installation einer Holzverbrennungsanlage;
- Die Kosten für Rohmaterialien.

In Anbetracht der Tatsache, dass Holzheizungen eine ökologische und effiziente Option für die Raumheizung sind, wird eine solche Initiative vom Staat unterstützt, entsprechend gibt es ein Subventionsprogramm.⁶²

Die Obergrenze der bezuschussten Kosten liegt bei 25.100 Euro für die Installation eines Pellet- oder Hackschnitzelkessels; 20.850 Euro für die Installation eines Scheitholzessels. Wenn ein Kombikessel

⁶² Vgl. Sauber Heizen, (2022).

installiert wird, richtet sich die Höhe des Zuschusses nach der Kostenobergrenze für die teurere Technologie.⁶³

Die Kosten für die Installation einer Holzheizung variieren je nach Art der zu installierenden Anlage, der Region, dem Hersteller und dem Serviceanbieter. Die Anzahl der Leistung, die ein Pelletsystem haben muss, variiert ebenfalls und hängt von der Größe der zu beheizenden Fläche, der vorherrschenden Wintertemperatur und der möglichen Verfügbarkeit der Einführung zusätzlicher Technologie ab.

Der Vorteil dieser Technik ist der ökologische und wirtschaftliche Aspekt des Themas. Die Rohstoffkosten gehören zu den niedrigsten im Vergleich zu Öl oder Gas (stand 2020). Die Verbraucher zahlen im Durchschnitt weniger als sechs Cent pro Kilowattstunde. Dies gilt jedoch nur für Holzschnitzel und Holzscheite, da der Pallets Preis sehr eng mit dem Ölpreis Gekoppelt ist. Wie bereits erwähnt, macht die Einführung von Technologie den Prozess noch wirtschaftlicher und effizienter. Ein weiterer Vorteil ist die Vielseitigkeit dieser Technik sowohl für alte als auch für neue Häuser.

Zu den Nachteilen gehören die Kosten für den manuellen Aufwand bei einigen Systemen, sowie die Kosten für einige Installationen (wie die Installation eines automatischen Beladesystems, das mit elektrischer Energie betrieben wird). Außerdem muss Platz für die Lagerung der Rohstoffe eingeplant werden, was für manche Haushalte ein Problem darstellen kann.

4.3.6 Solarthermieanlage

Solarthermische Systeme, die sowohl für die Raumheizung als auch für das Warmwasser verwendet werden, werden auf dem Wohnungsmarkt immer beliebter; wenn diese jedoch nur Tagesspeicher verwenden, können diese Systeme in der Regel keine solaren Anteile von mehr als 50 % erreichen. Um den solaren Anteil dieser Systeme zu erhöhen, ist ein jahreszeitlich bedingter Wärmespeicher erforderlich. Bei der erfolgreichen Implementierung saisonaler Wärmespeichersysteme ist ein jährlicher Solaranteil von annähernd 100 % erhältlich. Um diesen hohen solaren Anteilen gerecht zu werden, ist eine erhebliche Speicherkapazität erforderlich, wobei saisonale Wärmespeichersysteme eine Speicherkapazität aufweisen, die typischerweise zwischen 100 und 1000 mal größer ist als ein Tageswärmespeicher. Obwohl die Speicherkapazitäten deutlich größer sind, haben solarthermische Systeme mit saisonalen Speichersystemen typischerweise doppelt so hohe Investitionskosten wie ein ähnliches System mit nur kurzfristiger Speicherung.⁶⁴

Die saisonale Wärmespeicherung wird nicht nur mit solarthermischen Heizsystemen verwendet, sondern wird auch häufig mit Wärmepumpen kombiniert. Fast alle Flüssig-zu-Flüssig-Wärmepumpensysteme verfügen über einen saisonalen Wärmespeicher, bei dem das Speichermedium während der Winterheizperiode Energie entzogen und von der Wärmepumpe in nutzbare Wärmeenergie umgewandelt wird. Diese Energie kann dann entweder zur Raumheizung und/oder zum Warmwasserbedarf eines Gebäudes genutzt werden. Während der Sommerkühlzeit wird

⁶³ Vgl. Sauber Heizen, (2022).

⁶⁴ Vgl. Solarthermie.net, (2023).

die Abwärme aus dem Klimaprozess mit der Wärmepumpe wieder in das saisonale Speichermedium zurückgeführt, erhöht dessen Temperatur und speichert die Wärme sinnvoll für den Rückwärtsprozess im Winter.

Saisonale Wärmespeichersysteme werden nicht nur auf der Ebene von Einfamilienhäusern oder Gebäuden eingesetzt, sondern sind mittlerweile auf Gemeinschaftsebene weit verbreitet. Vor allem in Europa, jedoch mit einigen Projekten in Nordamerika, werden solare Fernwärmesysteme immer häufiger eingesetzt und können in einigen Bezirken mit traditionellen Wärmequellen einschließlich Gas wettbewerbsfähig sein. Solare Fernwärme ist die Beheizung eines zentralen Wärmespeichers, wobei die gesammelte Wärme nach Bedarf auf Wohnungen innerhalb der Gemeinschaft verteilt wird. Solarkollektoren können zentral oder in der ganzen Gemeinde verteilt sein, aber alle liefern Wärme an das zentrale System. Fernwärmesysteme nutzen die derzeit größten saisonalen Wärmespeichersysteme und können mehr als 40 000 m³ betragen und mehr als 2000 m² Solarthermiekollektoren enthalten. Aufgrund der Größenvorteile und des zentralen Charakters dieser Systeme betragen die Gesamtinvestitionskosten in der Regel nur (20 – 30 %) derjenigen, die im Vergleich zu den einzelnen solarthermischen Systemen in jedem Haus, die vom Fernwärmesystem gespeist werden entstehen.⁶⁵

Solarthermie-Anlage gewinnt Energie aus der Sonne und nutzt diese für verschiedene Heizungsleistungen in Gebäuden, meist die Warmwasserbereitung. Die Warmwasserversorgung verbraucht eine große Menge an Energie, und die wachsende Nachfrage nach Warmwasser in Gebäuden ist ein wichtiger Treiber für den Energieverbrauch eines Landes, insbesondere für die Schwellenländer, die eine rasche Urbanisierung und einen kontinuierlich steigenden Lebensstandard erleben und weiterhin erleben werden. Beispielsweise ist der Energieverbrauch von kommunalem Warmwasser in China von 1,6 Millionen Tonnen Kohleäquivalent (MTCE) im Jahr 1996 auf 14,5 Millionen MTCE im Jahr 2011 gestiegen, was 10 % der gesamten Gebäudeenergie des Landes ausmacht. In den Vereinigten Staaten ist der Energieverbrauch im Zusammenhang mit der Warmwasserbereitung höher als der Wasserversorgung und -aufbereitung.

Die Mindesttemperatur des Warmwassers liegt typischerweise zwischen 40 °C und 65 °C, und Gebäude könnten solarthermische Technologien einsetzen, um das Frischwasser vorzuwärmen, um den Bedarf an nicht erneuerbaren Energiequellen zu verringern. Die Gebäudesolarthermieanlage besteht mindestens aus einem Solarkollektor, Rohren und einem Speichertank, jedoch sind in der Regel zusätzliche Komponenten wie Steuerung, Pumpen und Ventile enthalten. Für die Wärmeversorgung bei höheren Temperaturen (bis zu 100 °C) werden üblicherweise drei Arten von Kollektoren verwendet, darunter die Vakuumröhrenkollektoren, die Flachkollektoren und die unverglasten Absorber.

⁶⁵ Vgl. Solaranlagen-ratgeber.de (2023).

4.4 Elektrische Energie

Dieser Abschnitt enthält Informationen über die elektrischen Quellen, die Energie in den Haushalt liefern. Heiz- und Energietechnologien können sich unterscheiden, daher ist es wichtig, diese Kategorien getrennt zu betrachten, um ein vollständiges Bild zu erhalten. Außerdem ist es wichtig, dass die Kompatibilität der verschiedenen Systeme beachtet wird, damit später das beste Modell ausgewählt werden kann.

4.4.1 Photovoltaik

Die Photovoltaikanlage basiert auf dem folgenden Funktionsprinzip: Sonnenenergie gelangt in die Solarmodule, wo diese durch den photovoltaischen Effekt in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Gleichstrom wird dann mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt.⁶⁶ Der Elektrizitätszähler zeichnet die erzeugte Energiemenge auf. Es ist erwähnenswert, dass Solarthermie und Photovoltaik trotz des ähnlichen Funktionsprinzips keine identischen Systeme sind. Photovoltaikanlagen basieren auf der Technologie der Photovoltaikzellen. Eine Illustration der Funktionsweise einer photovoltaischen Zelle wird in Abbildung 6 dargestellt.

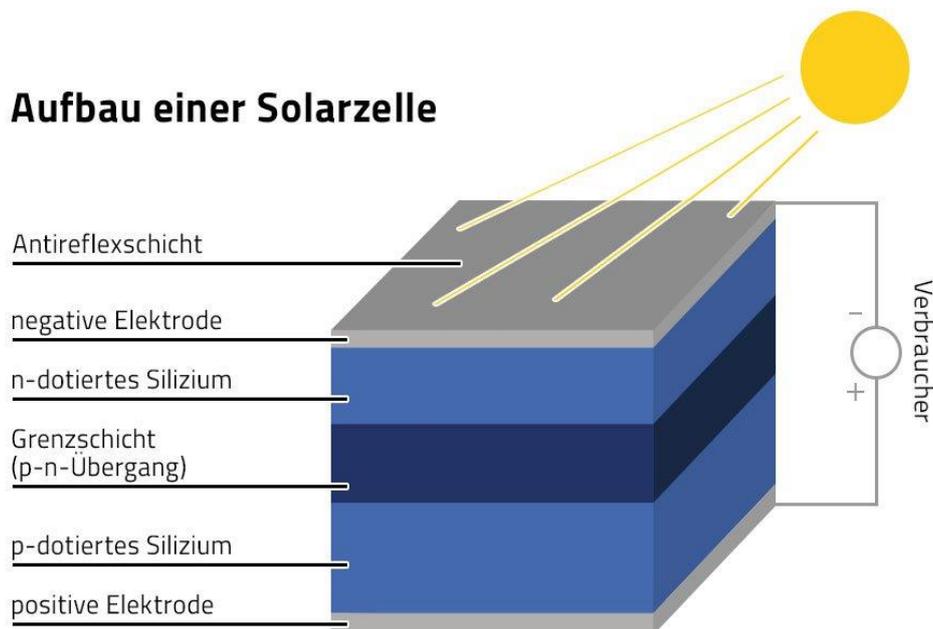


Abb. 6: Bestandteile der PV-Anlage, Quelle: Photovoltaik: Focus, Energiegewinnung mit der Sonne

Um die Menge der produzierten Energie zu verschiedenen Tageszeiten zu regulieren, wird ein Energiespeicher installiert. Dies ermöglicht die Nutzung der tatsächlich erzeugten Energie, auch

⁶⁶ Vgl. Photovoltaik. Strom aus der Sonne, (2022).

während der dunkleren Tageszeiten.⁶⁷ Wenn die Photovoltaikanlage einen Überschuss an Energie produziert, ist es möglich, diesen in das öffentliche Netz einzuspeisen.

Um diese Technologie zu installieren, müssen die folgenden Anforderungen berücksichtigt werden:

- Die Sonneneinstrahlung muss ausreichend sein. Es darf keine Beschattung durch benachbarte Gebäude und andere potenzielle Hindernisse geben. Um den Prozentsatz der Energieumwandlung zu maximieren, sollten die Solarmodule in Europa auf der Südseite in einem Winkel von 30 bis 45 Grad aufgestellt werden (abhängig vom Breitengrad).⁶⁸
- Grundsätzlich gilt: mehr Module liefern mehr Leistung.
- Eine Kühlung der Module ist erforderlich. Dies kann durch eine gute Hinterlüftung der PV-Module gewährleistet werden. Wenn die Temperatur der Solarmodule steigt, sinkt ihre Leistung. Daher muss die Temperatur der Anlage überwacht werden, um eine höhere Effizienz zu erhalten.

Eine Photovoltaikanlage ist auch dann eine gute Lösung, wenn die erzeugte elektrische Energie nicht ins Netz eingespeist, sondern weiterverwendet wird, z.B. für eine Wärmepumpe. Eine Photovoltaikanlage sollte die folgenden Elemente enthalten:

- Solarmodule
- Wechselrichter
- Batterie
- „Smart Meter“ (Zähler): sind optional, werden aber für die Aufzeichnung der Energieerzeugung zum Verbrauch empfohlen.

Eine schematische Übersicht eines solchen Systems wird in Abbildung 7 dargestellt.

⁶⁷ Vgl. Wesselak, (2016).

⁶⁸ Vgl. Photovoltaik. Strom aus der Sonne, (2022).

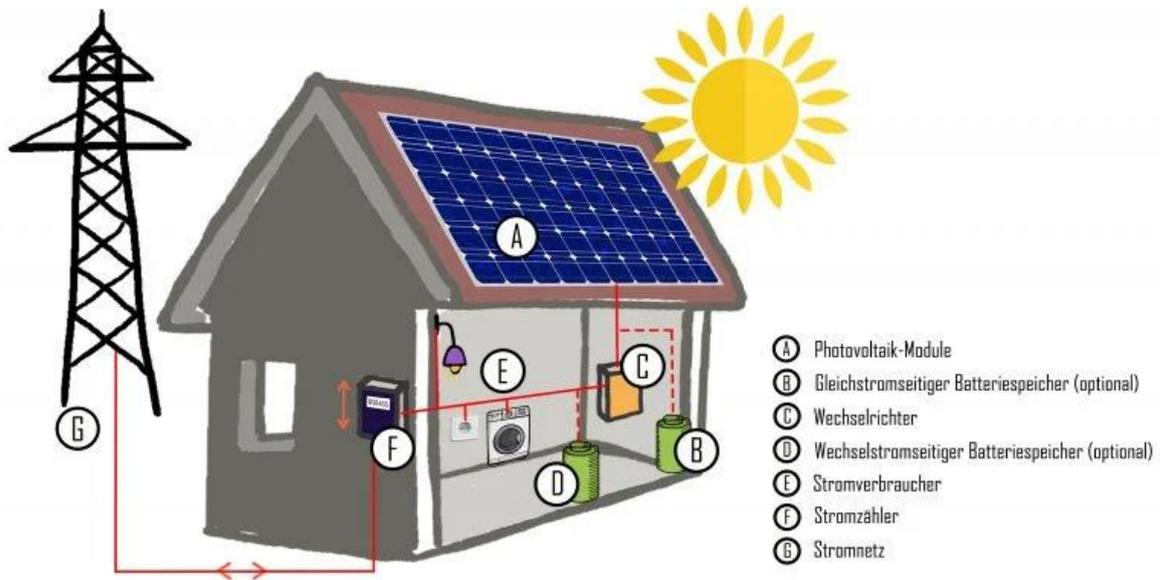


Abb. 7: Bestandteile der PV-Anlage, Quelle: Photovoltaic Austria

Es wird zwischen diesen Modultypen unterschieden:

- Monokristallin. Diese Solarzellen werden aus großen Kristallen hergestellt, die in kleine Stücke unterteilt sind - monokristallines Silizium. Durch dieses Herstellungsverfahren sind die Siliziumzellen immer gleich groß. Diese Technologie ist jedoch teuer und komplex in der Herstellung, liefert aber die besten Ergebnisse. Der Wirkungsgrad eines solchen Systems liegt bei etwa 22%.
- Polykristallin. Bei diesem Verfahren wird ebenfalls reines Silizium verwendet jedoch ist die Kristallstruktur unterschiedlich groß. Die Produktion ist billiger, aber es gibt einen Verlust an Effizienz. Der Wirkungsgrad wird auf durchschnittlich 15-20 Prozent geschätzt.
- Amorph. Die Produktion ist im Vergleich zu den Gegenstücken sogar billiger, aber diese Kategorie hat auch die geringste Effizienz. Der Wirkungsgrad liegt bei 5-7 Prozent.

Es gibt noch andere Arten von Solarzellen, aber diese werden noch nicht aktiv für private Haushalte genutzt.

Der Nachteil der Photovoltaik ist die instabile Energieversorgung. Um einen kontinuierlichen Energiefluss zu gewährleisten, ist die Installation einer Batterie obligatorisch. Die Kosten für eine Photovoltaikanlage werden durch die Größe der Anlage und die dahinterstehende Technologie bestimmt. Die Kosten für Solarmodule belaufen sich auf durchschnittlich 600 EUR pro Kilowattpeak. Die Energiekosten für die Energiespeicherung müssen ebenfalls geschätzt werden. Die Kosten für eine komplette Photovoltaikanlage, einschließlich Steuern, liegen zwischen 6 000 und 13 500 Euro. Hinzu

kommen die Kosten, die mit dem Betrieb des Systems verbunden sind. Der erste Grund für diese Kosten ist die Wartung, und der zweite Grund ist die Steuer auf PV-Anlagen.⁶⁹

Da Photovoltaikanlagen zu den erneuerbaren Energiequellen gehören, unterstützt die Regierung Initiativen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Die Photovoltaik wird also subventioniert, was dazu beiträgt, wirtschaftliche Vorteile zu erzielen. In Österreich gibt es mehrere Subventionsmöglichkeiten, je nach Energiekategorie (Kategorie A-D). Der Zuschuss reicht von 170 Euro (Kategorie D) pro Kilowatt bis zu 285 Euro (Kategorie A). Und ein weiterer Vorteil, abgesehen vom wirtschaftlichen Aspekt, ist die Umweltfreundlichkeit dieses Systems.⁷⁰

Um den Wirkungsgrad zu berechnen, müssen die folgenden Messungen vorgenommen werden:

Zunächst muss die Intensität der horizontalen Strahlung geschätzt werden. Je nach Wetterlage kann der Wert zwischen 50 und 1000 W/m² liegen. Diese Informationen sind in Abbildung 8 detaillierter dargestellt.

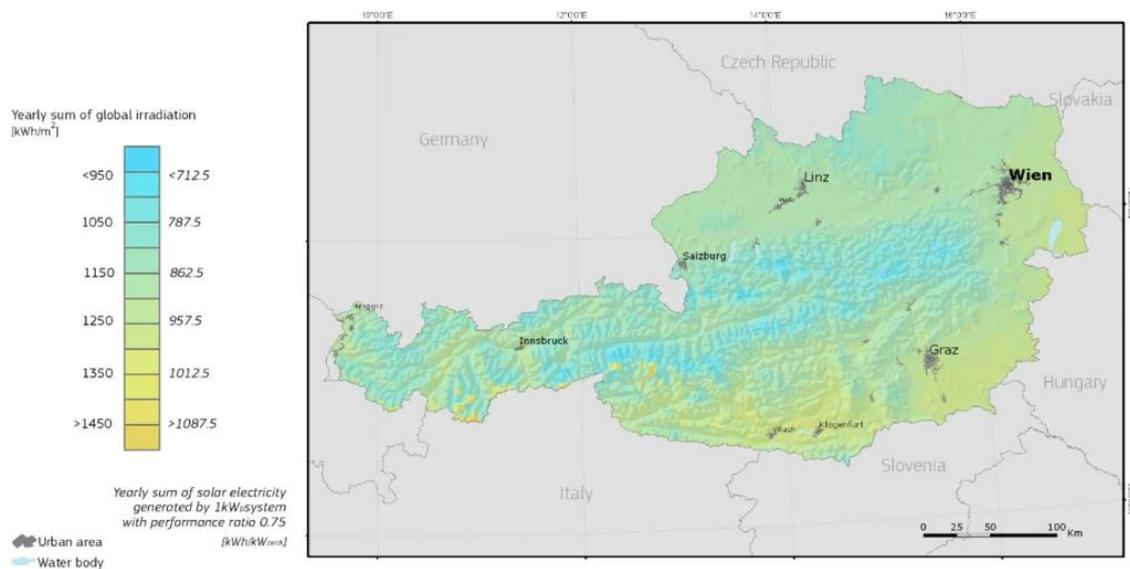


Abb. 8: Horizontale Globalstrahlung und horizontaler spezifischer Energieertrag, Quelle: Photovoltaic Austria

Laut der obigen Grafik beträgt die durchschnittliche Strahlungsleistung für Österreich rund 1.000 kWh/m². Der durchschnittliche Ertrag beträgt also 1.000 kWh/a. Es muss jedoch auch die Tatsache berücksichtigt werden, dass Photovoltaikmodule in der Regel geneigt zum Horizont installiert werden. Die Berücksichtigung der Nord-Süd Orientierung wird durch die Grafik in Abbildung 9 veranschaulicht.

⁶⁹ Vgl. Wesselak, (2018).

⁷⁰ Vgl. bmk.gv.at (2022).

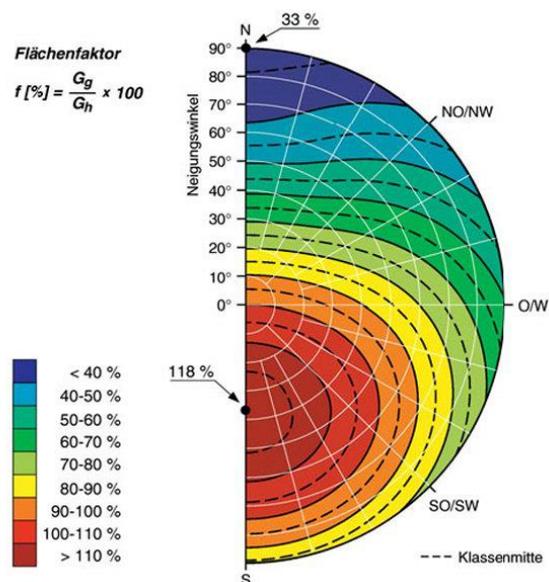


Abb. 9: Horizontale Globalstrahlung und horizontaler spezifischer Energieertrag,Flächenfaktor Quelle: Photovoltaic Austria

Durch die Verwendung dieses Diagramms ist es möglich, zu einem globalen Strahlungsschema überzugehen, aber jetzt unter Berücksichtigung der Modulneigung. Das neue Schema ist in Abbildung 10 dargestellt.

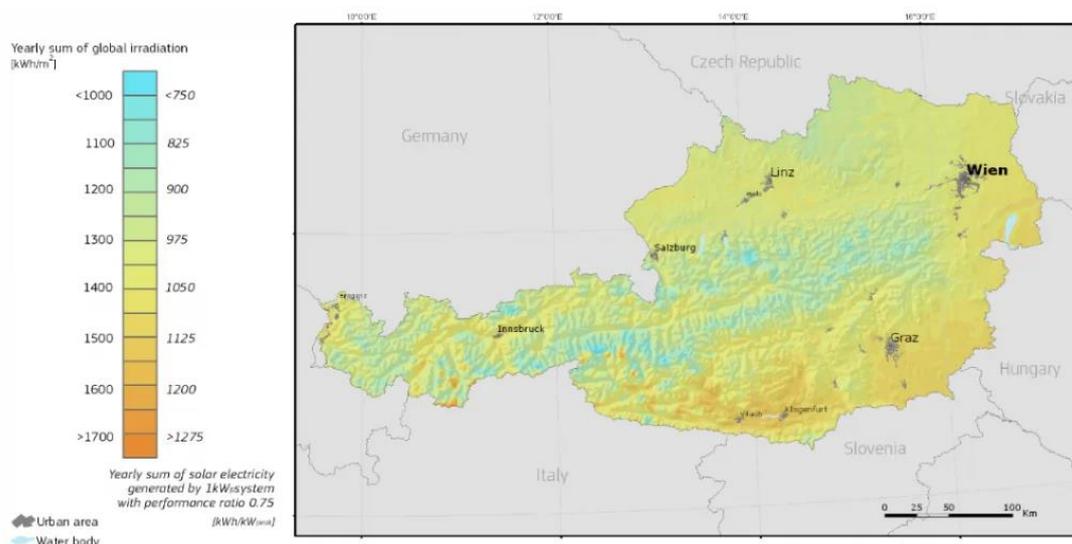


Abb. 10: Korrigierte Globalstrahlung und korrigierter spezifischer Energieertrag, Quelle: Photovoltaic Austria

Gemäß den Standardparametern beträgt die Modulfläche 1,6 - 1,7 m². Bei einer Modulsitzenleistung von rund 300 W würde das Verhältnis der Leistung pro Quadratmeter etwa 187,5 W/m² betragen. Das Verhältnis des resultierenden Wertes zur Beleuchtungsstärke ist 0,187. Dementsprechend liegt der Wirkungsgrad des berechneten Systems bei 18,7%.

Um die Amortisationszeit zu berechnen, wird das Verhältnis der Investitionskosten zu den jährlichen Einnahmen ermittelt. Für die Berechnung wird der maximale Wert der Investitionskosten, 15.000 Euro, und der Wert des Einspeisung, rund 1.200 Euro verwendet. Das Verhältnis beträgt also 12,44, was einer Anzahl von Jahren entspricht.

Andere Technologien zur Erzeugung von elektrischer Energie aus der Sonne sind für den Einsatz in Privathaushalten nicht üblich.

4.4.2 Windräder

Diese Technologie basiert auf der Umwandlung von Windenergie in Elektrizität. Windturbinen werden, wie im theoretischen Teil unter Kapitel 3.4 beschrieben, von großen Unternehmen genutzt. Für Privathaushalte ist die Installation einer Windturbine zwar möglich, aber nicht immer effizient.

Die grundlegende Technologie einer Windturbine sieht folgendermaßen aus: Der Windenergie wird ein Teil der kinetischen Energie entzogen, die in elektrische Energie umgewandelt wird. Windturbinen nutzen die physikalische Bewegung des Windes, um ein Drehmoment und eine Rotationsbewegung zu erzeugen. Eine Windturbine besteht aus den folgenden Komponenten:

Rotor

Am Rotor sind auch die Schaufeln befestigt. Dieses Gerät absorbiert kinetische Energie und wandelt diese in eine Drehbewegung um. Die Flügel können so gesteuert werden, dass diese z.B. bei starkem Wind durch Kippen aus dem Weg geräumt werden können.

Turm

Dieses Element enthält die Energieleitungen, die die Gondel mit dem Boden verbinden. An diesem Punkt erfolgt der Anschluss an das Netz und es wird Energie erzeugt, die in das Verbrauchernetz eingespeist wird.

Gondel

Die Gondel enthält ein Getriebe und einen Generator. Es ist auch möglich, die Richtung der Windturbine zu steuern, so dass sich die Windturbine immer in der bestmöglichen Position im Verhältnis zum Wind befindet.

Die Windturbine ist in Abbildung 11 detaillierter dargestellt.

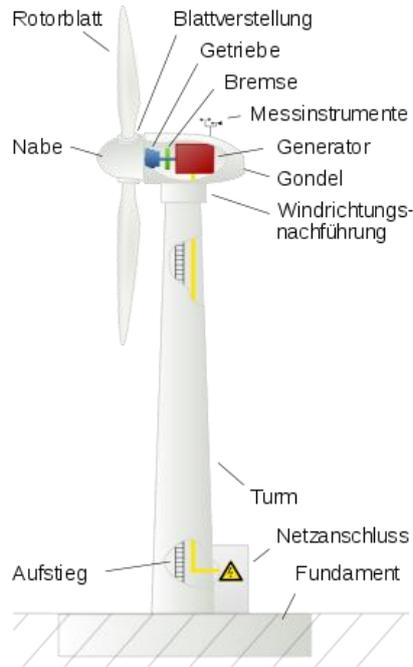


Abb. 11: Die Struktur einer Windkraftanlage, Quelle: Wie funktioniert eine Windkraftanlage

Es gibt folgende Arten von Windturbinen:

- Horizontale Windturbinen
- Vertikale Windturbinen
- Schaufellose Windturbinen
- Hybride Windturbinen

Die Nennleistung von Windturbinen für die private Produktion beträgt etwa 5 kW. Es ist nicht möglich, die jährliche Energieproduktion exakt zu schätzen. Das Endergebnis hängt stark von der Windstärke am Installationsort ab. Die Unter- und Obergrenze liegt jedoch bei etwa 2.500 bis 10.000 kWh Energie pro Jahr.

Die Installation einer kleinen Windturbine ist nicht die kosteneffektivste Lösung für ein Haus, und es kann zu Problemen bei der Gewährleistung der richtigen Belüftungsbedingungen kommen, die für den Dauerbetrieb der Windturbine erforderlich sind. Die Kosten für eine kleine Windturbine liegen zwischen 3.000 und 10.000 € pro Kilowatt Nennleistung. Bis zu 3 % der Investitionskosten sollten zu den Betriebskosten hinzugerechnet werden.

4.4.3 Blockheizkraftwerke

Die in diesem Abschnitt beschriebene Technologie ist sowohl für elektrische Energie als auch für Wärme relevant. Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ist ein Heizsystem, das auch elektrische Energie

erzeugen kann. Dadurch hebt sich die Technologie auf dem Markt ab, da diese Einsparungen und Unabhängigkeit von Energieversorgern bietet. Standard-KWK-Anlagen (KWK=Kraft-Wärme-Kopplung) werden für industrielle Zwecke und in großem Maßstab eingesetzt. Ein anderer Typ von KWK-Anlagen eignet sich für Privathaushalte und kleine Gebäude: Mikro-KWK-Anlagen und Mini-KWK-Anlagen. Es handelt sich um ein kompaktes Kraftwerk für Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser.⁷¹ Die Technologie besteht darin, die Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie zu kombinieren und Energie zu erzeugen, indem der Motor durch den Verbrennungsprozess angetrieben wird.

Abbildung 12 veranschaulicht die KWK-Technologie. Die KWK-Anlage besteht aus einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage, einem Spitzenlastkessel und einem Pufferspeicher.

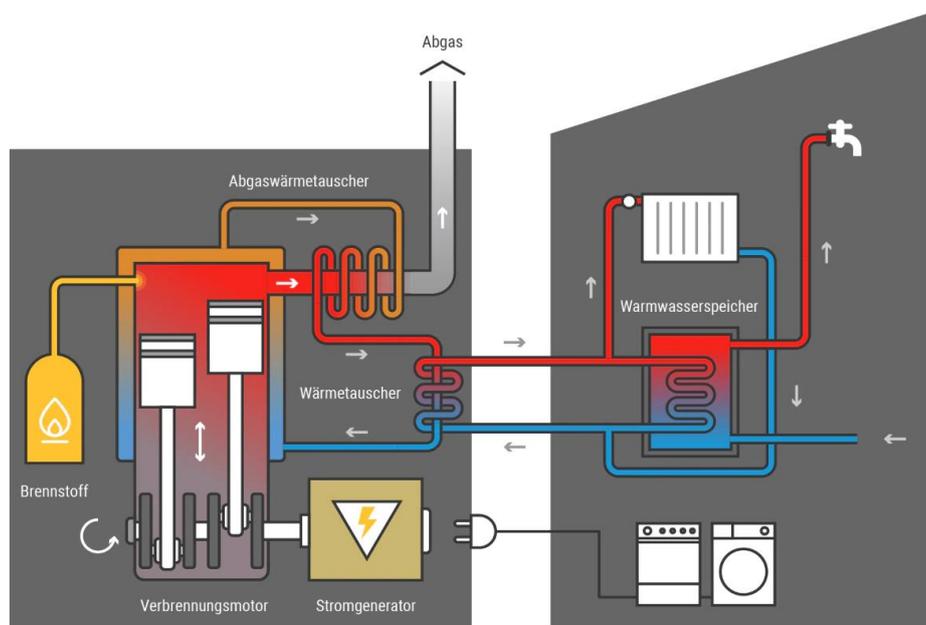


Abb. 12: Die Struktur einer Blockheizkraftwerke, Quelle: Kleine Blockheizkraftwerke: Die Heizung, die auch elektrische Energie liefert

Je nach Art der KWK-Anlage gibt es unterschiedliche Mengen an „reproduzierbarem“ Energie und dementsprechend unterschiedliche Anwendungen. Eine KWK-Anlage, die weniger als 2,5 kW erzeugt, wird zum Beispiel als Nano-KWK-Anlage eingestuft. Solche KWK-Anlagen werden empfohlen, wenn nur ein oder zwei Haushalte Energie benötigen. Mikro-KWK-Anlagen können zwischen 2,5 kW und 15 kW erzeugen. Diese werden für Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser empfohlen. Es folgen Mini-BHKWs mit einer Leistung von 15 bis 50 kW. Diese sind für öffentliche Gebäude und kleine Unternehmen geeignet. KWK-Anlagen über 50 kW sind große KWK-Anlagen und eignen sich für die Beheizung öffentlicher Gebäude und Industrieanlagen.

Die erzeugte elektrische Energie kann entweder von den Eigentümern zu Hause genutzt oder gegen eine Gebühr in das lokale Energienetz eingespeist werden.⁷² So oder so, das System ist wirtschaftlich tragfähig. Die während des Betriebs erzeugte Wärme wird über einen Pufferspeicher zu einem

⁷¹ Vgl. Voigt, 2006.

⁷² Vgl. Fishedick, 2012.

Wärmetauscher geleitet, woraufhin die Warmwasserbereitung zur Verfügung steht. Diese Technologie minimiert Energieverluste und gewährleistet einen hohen Wirkungsgrad.

Eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage ist von Vorteil, wenn der Raum das ganze Jahr über einen hohen Heizbedarf hat. Wenn die Anlage weniger als 5000 Stunden pro Jahr betrieben wird, wird die Wartung unwirtschaftlich und auch die KWK-Anlage verschleißt schneller, so dass zusätzliche Wartungskosten anfallen.

Die KWK-Kosten werden in drei Kategorien unterteilt:

- Entwicklungskosten für Kraftstoffanschluss und -lagerung. Eine einmalige Investition
- Brennstoff für KWK (kann Erdgas, Biogas, Brennstoffe, Flüssiggas, Holz sein)
- KWK-Anschaffungskosten. Eine einmalige Investition
- Verbrauchskosten, die durch den Betrieb des Systems entstehen.

Um die Kosten abzuschätzen, müssen die Art der KWK-Anlage, die Region, der Hersteller und der Dienstleister berücksichtigt werden. Ohne solche Eingaben kann nur eine grobe Kostenschätzung ermittelt werden.

Einer der Vorteile der KWK ist ihre Unabhängigkeit vom Energieversorger. Eine KWK-Anlage ist recht effizient, da diese bis zu 90% der Primärenergie verarbeiten kann. Bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und den richtigen Bedingungen kann die KWK-Anlage lange Zeit in Betrieb werden. Aufgrund ihrer Kompaktheit können KWK-Anlagen große Energieverluste vermeiden, wie dies bei herkömmlichen stationären Anlagen der Fall ist.

Zu den Nachteilen gehören die Kosten für die Implementierung und Installation dieser Technologie. Ob sich die Anschaffung lohnt oder nicht, hängt ebenso wie die Effizienz der KWK-Anlage direkt vom korrekten Betrieb der Anlage ab. Wenn die KWK-Anlage lange Zeit im Leerlauf läuft, sinkt der Wirkungsgrad erheblich.

4.5 Energiequellen im Vergleich

Zu Beginn des Vergleichs werden die Heizenergiequellen und anschließend die elektrischen Energiequellen gegenübergestellt und verglichen.

Nach der Gegenüberstellung in der Vergleichsmatrix werden die Systeme bewertet und auf jedes einzelne Heizsystem eingegangen, um die Vorteile und Nachteile aufzuzeigen. Anschließend wird in Kapitel 4.6 ein Heizsystem für einen speziellen Anwendungsfall ausgewählt und mittels eines Modells dargestellt.

Heizquellen

Tabelle 1, 2 und 3 bilden einen Vergleich der verschiedenen Heizquellen ab. In den Spalten der Tabelle werden die vorhin angeführten Heizquellen angeführt und in den Zeilen der Tabelle werden die jeweils unterschiedlichen Eigenschaften der Heizquellen angegeben. Bei den Eigenschaften wird nicht nur auf wirtschaftliche, sondern auch auf technische Faktoren geachtet. In Tabelle 1 werden die Technologien, die Anforderungen der Installation und die Kosten für die Installation miteinander verglichen. Hier ist zu beachten, dass nicht jede Heizung, in jedem Gebäude verbaut werden kann. Beispielsweis wird bei einer Ölheizung sehr viel Platz für das Tanksystem benötigt. Wenn dieser nicht vorhanden ist, muss über ein anderes Heizsystem nachgedacht werden. Anschließend werden in Tabelle 2 die Anforderungen an die Wartung, die Kosten der Instandhaltung und die Lebenserwartung gegenübergestellt. Hier ist vor allem die Lebenserwartung der Systeme ein wichtiger Aspekt. In Tabelle 3 werden zuletzt die Subventionierungen, der Wirkungsgrad der Heizungen und der Preis pro KWh angeführt. Die Subventionierungen und der Preis pro KWh schwanken von Jahr zu Jahr sehr stark und müssen deshalb jedes Jahr neu betrachtet werden.

Abschnitt 1	Gasheizung	Ölheizung	Hybridsysteme	Wärmepumpen	Holzheizungen	Solarthermieanlage
Technologie	Die Wärme entsteht bei der Verbrennung von Gas	Wärme wird durch die Verbrennung flüssiger Brennstoffe erzeugt	Kombination mehrerer Technologien, die auf unterschiedlichen Quellen basieren (Gas/Wärmepumpe)	Nutzung der aus der Umwelt (Wasser, Luft Erde) gewonnenen Wärmeenergie	Erzeugung von Wärme durch die Verbrennung von Holz	Umwandlung von Sonnenenergie in Wärmeenergie
Anforderungen an die Installation	Gaszuleitung	Platz für ein Tanksystem; Installation einer Tankanlage	Je nach den Anforderungen der einzelnen Komponenten. Platz für mehrere Systeme.	Einmalige Installation; Geringer Platzbedarf für die Installation. Wird meist im Außenbereich montiert.	Ausreichend Platz für die Lagerung von Rohstoffen	Verfügbarkeit von Platz für die Ausrüstung; Korrekte Positionierung der Kollektoren in Bezug auf den Sonnenstand
Kosten für die Installation, Euro	1 800 - 10 000	4 000 - 7 000	10 000 - 35 000	6 000 - 20 000	7 000 - 20 000	3 000 - 16 000

Tabelle 1: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 1), Quelle: Eigene Darstellung

Abschnitt 2	Gasheizung	Ölheizung	Hybridsysteme	Wärmepumpen	Holzheizungen	Solarthermieanlage
Anforderungen an die Wartung	Wartung der Gesamtanlage, Verfügbarkeit von Kraftstoff zum Tanken	Wartung der Gesamtanlage, Hohe Anforderungen an den Lagerraum für Kraftstoff	Wartung der Gesamtanlage, Hohe Anforderungen an den Lagerraum für Kraftstoff	Wartung der Gesamtanlage	Reinigung der Anlage	Es gibt keine Anforderungen
Kosten der Instandhaltung, Euro pro Jahr	Inspektion ca. 100 €	Fachmännische Wartung ca. 90 - 130 €	Fachmännische Wartung ca. 200 - 300 €	ca. 50 €	ca. 80 €	ca. 50 €
Lebenserwartung, Jahr	18 - 20	18	15 - 20	15 - 20	20 - 25	25

Tabelle 2: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 2), Quelle: Eigene Darstellung

Abschnitt 3	Gasheizung	Ölheizung	Hybridsysteme	Wärmepumpen	Holzheizungen	Solarthermieanlage
Subventionierung	Bis zu 20 %	Bis zu 35 %	Nach der teuersten eingeführten Technologie	Bis zu 35 %	Bis zu 25 %	Bis zu 35 %
Wirkungsgrad des Systems; Prozent	70 - 90	70 - 90	70 - 90	300 - 500	> 90	50
Preis pro kWh (seit 2022)	9,463 Cent (25 - 35 Cent)	7,88 Cent (15 - 20 Cent)	2,9 Cent (7 - 11 Cent)	5 - 8 Cent (12 - 16 Cent)	5,58 Cent (15 - 16 Cent)	5 - 8 Cent (12 - 15 Cent)

Tabelle 3: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 2), Quelle: Eigene Darstellung

4.6 Zusammenfassung der Heizquellen

Gasheizung

Gasheizungen sind in Europa sehr weit verbreitet und überzeugen mit ihren geringen Anschaffungskosten. Auch die Bauweise ist sehr klein gehalten, damit diese so gut wie überall verbaut werden kann. Die Voraussetzung für ein Gasheizungssystem ist eine Gaszuleitung, welche direkt am Grundstück angeschlossen ist. Ein großer Nachteil jedoch der Gasheizung ist die Abhängigkeit von den Gasproduzenten. Durch die wirtschaftliche Situation im Jahr 2022 und dem Russland-Ukraine-Konflikt, stiegen die Gaspreise sehr stark an. Preise bis zu 35 Cent pro Kilowattstunde sind üblich geworden und Konsumenten fürchten sich daher vor den kalten Wintermonaten.

Ölheizung

Ölheizungen gibt es schon seit mehreren Jahrzehnten am Markt, jedoch sind diese durch die Verbrennung von Öl sehr umweltschädigend. Die Umweltvorschriften werden zunehmend strenger und daher werden Ölheizungen nur mehr selten in Einfamilienhäusern verbaut. Bei der Installation einer Ölheizung wird viel Platz benötigt, da das Öl nicht wie bei Gas über eine Grundstückszuleitung transportiert wird, sondern in großen Tanks gespeichert wird. Je nach Größe, werden diese Tanks in etwa alle 1-2 Jahre aufgefüllt.

Hybridsysteme

Die Anschaffungskosten sowie die Wartungskosten sind bei Hybridsystemen sehr hoch, da mehrere Systeme verwendet werden und in einem Gesamtsystem verbaut sind. Die Effizienz solcher Systeme ist jedoch sehr hoch und die laufenden Kosten halten sich somit gering. Vor dem Russland-Ukraine-Konflikt lag der Preis für eine Kilowattstunde eines Hybridsystems bei gerade einmal 3Cent. Aufgrund der steigenden Energiekosten und der Abhängigkeit von den Lieferanten, ist eine Vorhersage über die Verbreitung solcher Systeme in Zukunft sehr schwer einzuschätzen.

Wärmepumpe

Die Wärmepumpe wird immer öfter als Energiequelle im Eigenheim verbaut und überzeugt im Bereich der erneuerbaren Energieerzeugung. Nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch die laufenden Kosten eines solchen Systems sind überschaubar. Dieses System wandelt elektrische Energie in Wärmeenergie um und kann einen Wirkungsgrad von Faktor 3 - 5 (\cong 300% - 500% siehe Tabelle 3) erreichen. Diese kann also auch mit eigens erzeugter Energie betrieben werden. Eine Wärmepumpe wird meist im Freien montiert und spart dadurch Platz in Innenräumen.

Holzheizung

Wie bei der Ölheizung, wird auch bei der Holzheizung sehr viel Lagerplatz benötigt. Der Festbrennstoff muss trocken gelagert werden, um die erforderliche Heizleistung erreichen zu können. Holzheizungen

sind robust gebaut und können bis zu 25 Jahre lang halten. Der Preis für eine Kilowattstunde liegt bei ca. 5,5 Cent und ist somit vergleichsweise niedrig.

Solarthermieanlage

Solarthermieanlagen werden oft für die Warmwasseraufbereitung verwendet, doch diese Systeme können auch zum Heizen verwendet werden. Da die Sonneneinstrahlung nicht an jedem Tag gleich stark ist, wird dieses System meist nicht allein verwendet. Es wird oft mit anderen Systemen kombiniert, um effizient arbeiten zu können. Dieses System ist wartungsarm und kann bei der Anschaffung um bis zu 35 % gefördert werden.

Nach der genauen Betrachtung jedes einzelnen Heizsystems, werden nun in Tabelle 4 die verschiedenen elektrischen Energiequellen miteinander verglichen. Bei dieser Vergleichsmatrix ist vor allem interessant, wie viel Kosten für die Erzeugung von einer Kilowattstunde anfallen.

	Photovoltaik	Windräder	Blockheizkraftwerk
Technologie	Solarenergie wird durch den Einsatz von Photovoltaikzellen in elektrische Energie umgewandelt	Umwandlung von kinetischer Energie aus Wind in Elektrizität	Elektrische Energie als Nebenprodukt
Anforderungen an die Installation	Verfügbarkeit von Platz für die Ausrüstung; Korrekte Positionierung der Kollektoren in Bezug auf den Sonnenstand	Eine große Freifläche wird benötigt	einen Lagerraum für Treibstoff haben
Kosten für die Installation, Euro	6 000 - 15 000	ca. 25 000	15 000 - 30 000
Anforderungen an die Wartung	Keine Wartung außer einer Routineinspektion; Reinigung, damit kein Schatten entsteht;	Berechnet für nominale Windgeschwindigkeit	Das System muss mit Kraftstoff versorgt werden
Kosten der Instandhaltung, Euro pro Jahr	rund 50 bis 100	1000 - 1500	500 - 1000
Lebensdauer, Jahr	20 - 30	25	15
Subventionierung	20 % - 30 %	850 € pro kW	1900 € pro kW
Amortisationsdauer, Jahr	15	18	5
Wirkungsgrad des Systems	20 %	60 %	80 %
Anschaffungskosten EUR pro kW	1 000 - 1500	5 000	4 000

Tabelle 4: Vergleich der elektrischen Energiequellen für private Haushalte, Quelle: Eigene Darstellung

4.7 Zusammenfassung der elektrischen Energiequellen

Photovoltaik

Bei einer Photovoltaikanlage wird die Solarenergie durch den Einsatz von Photovoltaikzellen in elektrische Energie umgewandelt. Die Ausrichtung der Anlage ist sehr wichtig, um die volle Leistung erzielen zu können. Durch eine genaue Ausrichtung der Photovoltaikanlage können schnell zusätzliche Kosten für Aufständungen entstehen. Pro Kilowatt kosten Photovoltaikanlagen im Schnitt zwischen 1000 € - 1500 € und sind daher im Vergleich zu anderen Systemen in der Anschaffung relativ günstig. Die Lebensdauer dieser Anlagen ist ebenfalls hoch und eine Amortisation kann schon nach 15 Jahren erzielt werden.

Windräder

Windräder wandeln kinetische Energie in elektrische Energie um. Für die Installation wird viel Platz an einem windreichen Ort benötigt. Die Anschaffungskosten für eine Kleinwindanlage belaufen sich auf ca. 25.000 €. Umgerechnet in den Preis pro Kilowatt ergibt das 5.000 €/kW. Windkraftanlagen benötigen etwa 1.000 € bis 1.500 € für die jährliche Wartung, da bei solch einer Anlagen sehr hohe Belastungen auftreten. Der Wirkungsgrad einer Kleinwindkraftanlage liegt bei etwa 60 %, jedoch kann dieser Wirkungsgrad nur bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von über 5 m/s, sprich mindestens 18 km/h erreicht werden.

Blockheizkraftwerk

Blockheizkraftwerke erzeugen elektrische Energie als Nebenprodukt. Solche Anlagen werden meist mit fossilen Brennstoffen oder mittels Biomasse betrieben. Aus diesem Grund ist wieder eine Abhängigkeit von Lieferanten hergestellt. Ein 5 kW starkes Blockheizkraftwerk kostet in etwa 25.000 €, sprich 5.000 € pro Kilowatt Leistung. Bei einem Dauerbetrieb kann sich ein Blockheizkraftwerk innerhalb von fünf Jahren amortisieren. Ein solches System benötigt jedoch viel Platz und rechnet sich erst bei einer hohen Energienachfrage.

4.8 Analyse und Interpretation der Vergleichsmatrix

Aus der Analyse der Ergebnisse, die in Form von Tabellen (Tabelle 1 - 4) dargestellt wurde, lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen:

- Systeme, die auf nicht-erneuerbaren Energiequellen basieren, haben derzeit die höchste Effizienz.
- Das beste Ergebnis wird nicht von einem einzelnen System, sondern von der richtigen Kombination von Systemen erzielt.

- Einige Energiequellen haben zwar eine hohe Effizienz und Rentabilität für große Unternehmen, sind aber für kleine Haushalte unrentabel.

Da sich die vorliegende Arbeit primär auf erneuerbare Energiequellen bezieht und auf eine Unabhängigkeit von Rohstofflieferanten abzielt, scheiden viele der oben angeführten Energiequellen aus.

Elektrische Energiequellen

Bei den elektrischen Energiequellen kommen für diese Arbeit die Photovoltaikanlage und die Windkraftanlage in Frage, da diese ebenfalls in die Kategorie der erneuerbaren Energieerzeugung fallen. Wie in der Vergleichsmatrix ersichtlich, müssen bei der Windkraftanlage mehrere Kriterien am Aufstellungsort erfüllt werden. Nicht nur der Platzbedarf, sondern auch die durchschnittliche Windstärke an jenem Platz, spielen bei dieser Anwendung eine große Rolle. Die Photovoltaikanlage hingegen kann an jedem Ort montiert werden, wo ausreichend Sonneneinstrahlung vorhanden ist.

Kosten-Nutzen-Analyse Photovoltaikmodule:

	Preis je Modul	Wirkungsgrad	Förderung	Gatantie
Monokristalin	180 – 350 €	18 – 22 %	170 – 285 €/kWp	11 – 30 Jahre
Polykristalin	150 – 270 €	15 – 18 %	170 – 285 €/kWp	20 – 30 Jahre

Tabelle 5: Kosten-Nutzen-Analyse Photovoltaikmodule, Quelle: Eigene Darstellung

Nun stellt sich noch die Frage, welche Heizquelle aktuell am geeignetsten ist.

Heizquellen

Bei den Heizungssystemen bleibt, mit dem Fokus auf erneuerbare Energieerzeugung, nur noch die Wärmepumpe und die Solarthermieanlage übrig. Da Solarthermieanlagen in erster Linie für die Warmwasserbereitung geeignet sind und für das Heizen, die Wärmeenergie zu unkontinuierlich erzeugt wird, scheidet dieses System für das weitere Vorgehen aus. Aktuell weist die Wärmepumpe viele Vorteile auf und kann sich im Ranking gegenüber den fossilen Systemen gut durchsetzen.

Kosten-Nutzen-Analyse Wärmepumpen

Um eine passende Wärmepumpe auswählen zu können, wird anschließend anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse ermittelt, welche Wärmepumpe am effizientesten ist. Hierbei werden die vier verschiedenen Systeme Luftwärmepumpe, Erdwärmepumpe (Kollektor), Erdwärmepumpe (Sonde) und Grundwasserwärmepumpe miteinander verglichen.

	Anschaffung	Erschließung Wärmequelle	Förderung	JAZ/COP (Nutzen)
Luftwärmepumpe	8.000 – 16.000 €	keine Kosten	35 % (40 % bei Austausch Ölheizung)	3 bis 4
Erdwärmepumpe (Kollektoren)	12.000 – 15.000 €	2.000 – 5.000 €	35 % (40 % bei Austausch Ölheizung)	4 bis 4,5
Erdwärmepumpe (Sonde)	12.000 – 15.000 €	6.000 – 13.000 €	35 % (40 % bei Austausch Ölheizung)	4 bis 5,5
Grundwasser-Wärmepumpe	9.000 – 12.000 €	4.000 – 7.000 €	35 % (40 % bei Austausch Ölheizung)	4 bis 6,5

Tabelle 6: Kosten-Nutzen-Analyse Wärmepumpe, Quelle: Eigene Darstellung

Auf Basis der gesammelten Erkenntnisse aus diesem Kapitel wurde nachfolgend ein Modell erstellt.

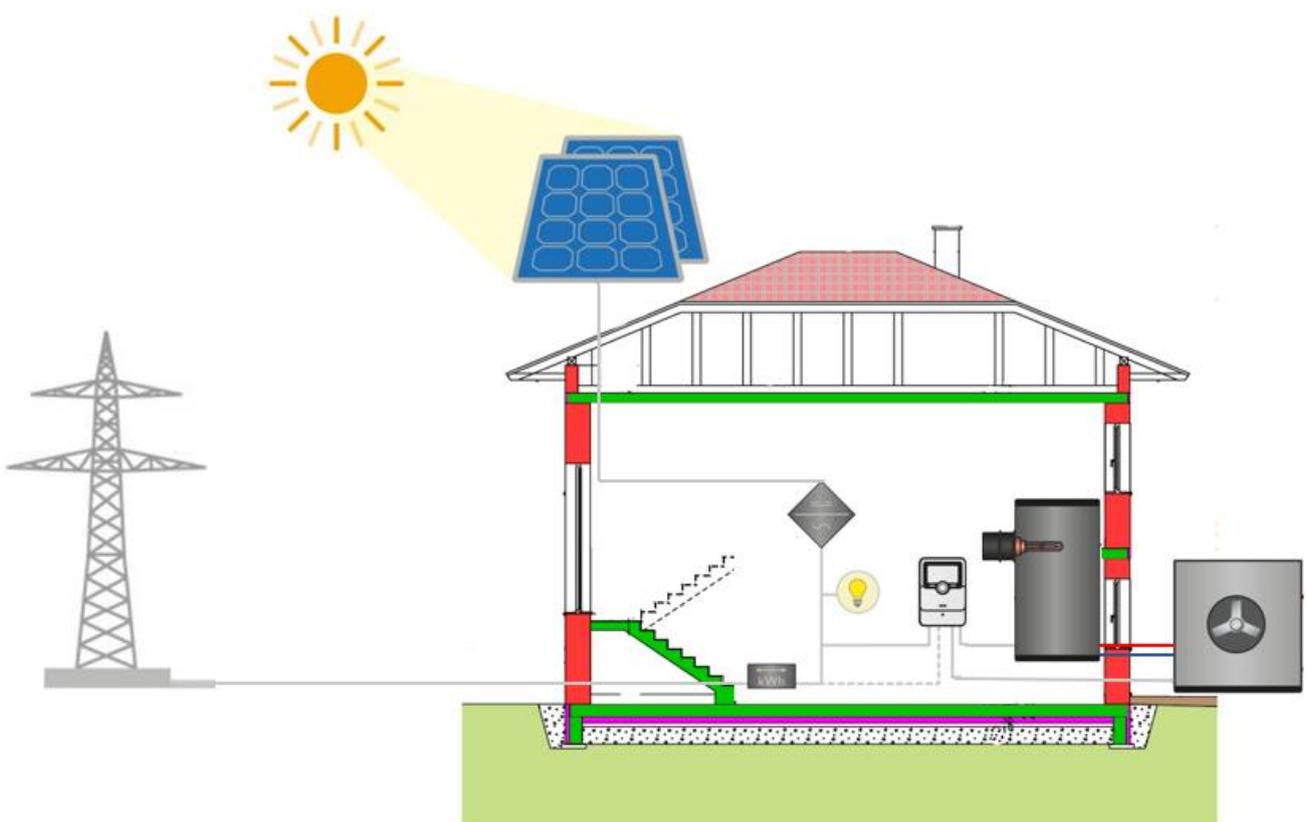


Abb. 13: Modellaufbau mit PV-Anlage und Luftwärmepumpe, Quelle: Eigene Darstellung

In diesem Modell ist ein Hybridsystem verbaut, welches sich aus einer Luftwärmepumpe und einer Photovoltaikanlage zusammensetzt. Die PV-Anlage ist am Netz angeschlossen und in der Lage, die überschüssige elektrische Energie einzuspeisen. Zusätzlich ist in diesem Modell ein Wechselrichter eingezeichnet, welcher den Gleichstrom von der PV-Anlage in Wechselstrom umwandelt. Die Luftwärmepumpe ist mit einer Steuereinheit und einem Pufferspeicher ausgestattet.

Da nun die Frage der richtigen Heizquelle und elektrische Energiequelle für eine teilweise unabhängige Energieversorgung beantwortet und klargestellt wurde, werden diese nun in Kapitel 5 anhand eines Anwendungsbeispiels ordnungsgemäß ausgelegt.

5 ENERGIEVERBRAUCHSRECHNER

Wie zuvor in Kapitel 4 erwähnt, wird in diesem Kapitel die Auslegung einer Luftwärmepumpe und Photovoltaikanlage beschrieben.

Aktuell gibt es im Internet die verschiedensten Tools, um den Energiebedarf eines Wohnobjekts festzustellen beziehungsweise zu berechnen. Meist sind diese Tools für Laien schwer verständlich aufgebaut und nur für einen Richtwert geeignet. Außerdem sind diese Tools meist nicht auf Basis der Richtlinien DIN EN 12831 aufgebaut, welche die normgerechte Berechnung von der Heizlast definiert.

- Ziel dieser Arbeit ist es, ein einfach handhabbares Energieberechnungstool zu entwickeln, welches die Richtlinie DIN EN 12831 berücksichtigt.

Um das Berechnungstool in dieser Arbeit einfacher erklären zu können, wurde dieses Tool an einem privaten Haushalt getestet, welcher sich gerade in der Entstehung befindet.

5.1 Beschreibung des Hauses

Der Privathaushalt, für welchen die beiden Energiequellen ausgewählt wurden, weist folgende Merkmale auf:

Es handelt sich um ein Einfamilienhaus, welches sich aus einem Hauptgebäude und Nebengebäude zusammensetzt. Für diese Berechnung sind jedoch nur die beheizten Räume relevant und daher wird das Nebengebäude (die Doppelgarage) bei dieser Berechnung vernachlässigt. Das Objekt gliedert sich in die zwei Etagen Obergeschoss und Erdgeschoss auf. Die Gesamtwohnfläche abzüglich der Doppelgarage beträgt 145,59 m². Ein detaillierter Plan ist in der schematischen Darstellung in Abbildung 15 zu sehen. Der Plan enthält den Grundriss jeder Etage mit den baulichen Elementen, einschließlich der mechanischen Ausrüstung für Sanitär- und Elektrosysteme. Diese schematische Darstellung wird dabei helfen, die optimale Anwendbarkeit der Systeme zu beurteilen. Die Objekte und Abmessungen sind in dem auf dem Plan angegebenen Maßstab dargestellt. Architektonische Symbole und Bezeichnungen sind in der Planlegende aufgeführt.

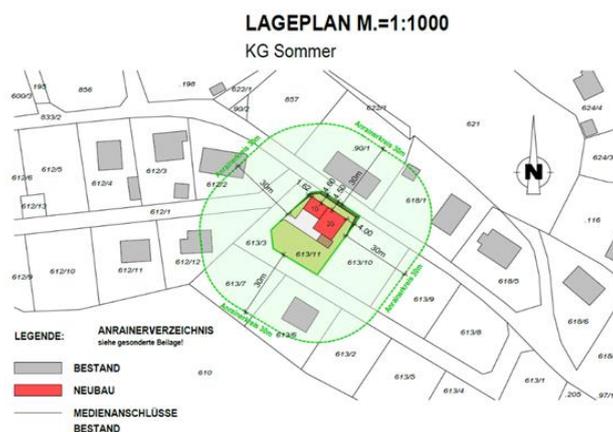


Abb. 14: Lageplan Anwendungsbeispiel, Quelle: Eigene Darstellung

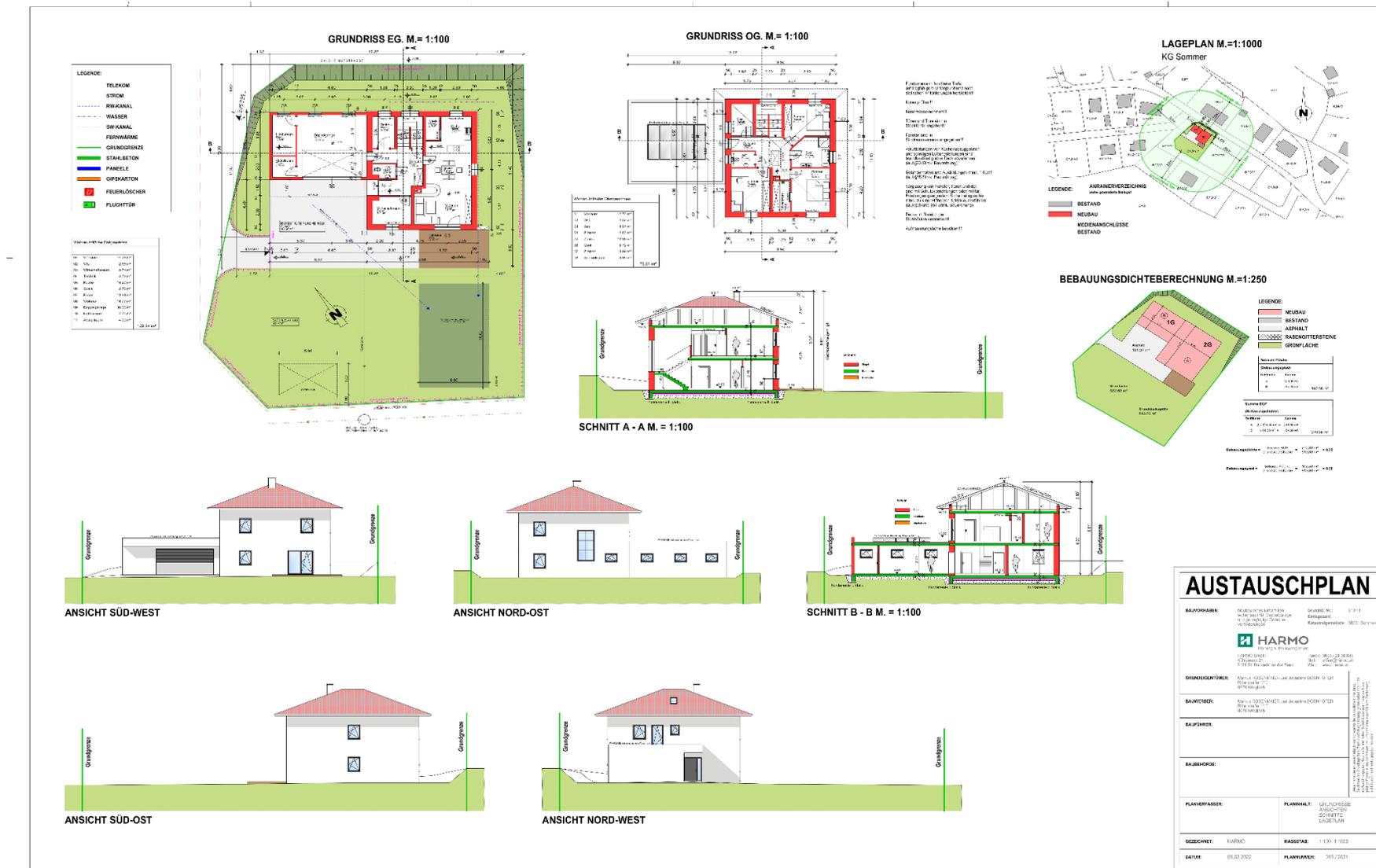


Abb. 15: Austauschplan, Quelle: Eigene Darstellung

Das Gebäude besitzt keinen Keller und setzt sich grundsätzlich aus Erdgeschoss, Obergeschoss, Dachboden und einer angebauten Doppelgarage zusammen.

Aufteilung Erdgeschoss

Wohnnutzfläche Erdgeschoss		
01	Vorraum	14.28 m ²
02	WC	2.56 m ²
03	Wirtschaftsraum	8.71 m ²
04	Technik	5.72 m ²
05	Küche	10.20 m ²
06	Speis	2.70 m ²
07	Essen	13.84 m ²
08	Wohnen	16.77 m ²
09	Doppelgarage	36.00 m ²
10	Hobbyraum	7.76 m ²
11	Abstellraum	4.00 m ²
		122.54 m ²

Tabelle 7: Wohnnutzfläche Erdgeschoss

Aufteilung Obergeschoss

Wohnnutzfläche Obergeschoss		
01	Vorraum	12.73 m ²
02	WC	3.02 m ²
03	Bad	8.97 m ²
04	Zimmer	12.83 m ²
05	Zimmer	13.86 m ²
06	Gast	5.72 m ²
07	Zimmer	13.99 m ²
08	Schrankraum	4.49 m ²
		75.61 m ²

Tabelle 8: Wohnnutzfläche Obergeschoss

Das Haus verfügt somit eine Gesamtnutzungsfläche von 198,15 m². Aufgrund der Bebauungsdichte von mindestens 0,2, wurden zu der Gesamtnutzungsfläche auch die Flächen von der Doppelgarage, dem Hobbyraum und dem Abstellraum dazugerechnet. Beheizt werden diese Flächen jedoch nicht.

Das Grundstück befindet sich in der Ortschaft Krieglach, die zum Bundesland Steiermark, Österreich gehört. Die Subventionsbestimmungen wurden zuvor entsprechend beschrieben, da diese Informationen je nach Zugehörigkeit der Stadt zu einem bestimmten Land unterschiedlich sind. Anhand der Berücksichtigung des Standorts kann der Verbrauch von den beiden Energiequellen berechnet und die Kosten geschätzt werden. Die Effizienz des angewandten Systems wird auch anhand der Lage des Standorts bewertet.

Das Haus wird nach Fertigstellung von einer dreiköpfigen Jungfamilie bewohnt. Bei der Familie handelt es sich um zwei Erwachsene Menschen und ein Kleinkind. Diese Information ist später für die Ermittlung des Verbrauchs in der Berechnung notwendig.

Auf Basis dieser Information wird nun ein Berechnungstool erstellt, welches die vorhin ausgewählte Heizquelle und elektrische Energiequelle (Kapitel 4.8) berücksichtigt. Zuerst wird die Wärmepumpe ausgelegt und anschließend die benötigte Photovoltaikanlage. Damit zusätzliche Grabungsarbeiten vermieden werden können, soll das Haus wärmetechnisch mit einer Luftwärmepumpe versorgt werden. Wie groß die Luftwärmepumpe und die PV-Anlage ausgelegt werden müssen, wird nachfolgend berechnet und beschrieben.

5.2 Berechnung Wärmebedarf

Im ersten Schritt bei der Auslegung eines Heizsystems geht es um die Ermittlung der Heizlast. Vor Beginn der Heizlastberechnung ist es jedoch notwendig, folgende Einflussgrößen des Wohnobjekts zu ermitteln:

- exakten Raummaße
- Norm-Außentemperatur am Standort des Gebäudes
- U-Werte
- Innentemperaturen aller umliegenden bzw. direkt an das Zimmer angrenzenden Räume
- Wärmekapazität der Luft

Diese Einflussgrößen spielen bei der Berechnung des Wärmebedarfs die größte Rolle. Die benötigten Informationen können größtenteils im Austauschplan gefunden oder im Internet nachgeschlagen werden. Wenn diese Daten nun aufliegen, kann die Berechnung starten.

Grundsätzlich wird die Berechnung nach DIN EN 12831 mit folgender Formel berechnet:

Transmissionswärmeverluste in Watt + Lüftungswärmeverluste in Watt = Heizleistung in (Kilo)Watt

Schritt 1

Der Wärmebedarf eines Hauses hängt in erster Linie von der Umgebungstemperatur und dem Luftzyklus des zu beheizenden Objekts ab. Deshalb werden zu Beginn die jeweiligen Temperaturen in

die unten angeführte Tabelle eingetragen und festgehalten, wie oft das Haus gelüftet wird und wie viele Personen das Objekt bewohnen.

Min. Aussentemperatur [°C]	-16
gewünschte Raumtemp. [°C]	22
Temp über Geschossdecke [°C]	7
Kellertemperatur [°C]	12
Lüften pro Tag [Anzahl]	2
Personen im Haushalt [Anzahl]	3

Tabelle 9: Berechnungstool Einflussgrößen

Da nur im Winter geheizt wird, wird in der ersten „Spalte“ die min. Außentemperatur in den Wintermonaten des gewählten Standorts eingetragen. In diesem Fall liegt die Normaußentemperatur in der Ortschaft Krieglach bei -16°C. Dieser Wert ist für jeden Ort unterschiedlich und ist essentiell für die Berechnung der Wärmeleistung eines Heizungssystems nach DIN EN 12831. Anschließend muss die gewünschte Raumtemperatur des Hauses eingetragen werden. Hier kann die Temperatur von Raum zu Raum variieren. In einem Badezimmer ist es meist ein wenig wärmer und in einem Technikraum kühler. Der Einfachheit halber wird eine durchschnittliche Raumtemperatur von 22°C angenommen. Die Kellertemperatur und Dachbodentemperatur können wie in dem Beispiel mit ca. 12°C und 7 °C in die Tabelle eingetragen werden, da diese nicht geheizt werden.

Schritt 2

Die unten angeführte Tabelle 8, ist der zweite Schritt in der Berechnung. Hier müssen die verschiedenen Stärken und Materialien der Baustoffe eingetragen werden. Alle weiß hinterlegten Felder sind mit einer Dropdownfunktion ausgestattet. Jedes Dropdownfeld ist mit verschiedenen Auswahlmöglichkeiten ausgestattet und kann individuell ausgewählt werden. Bei der Fensterstärke wird unterschieden zwischen Einfachverglasung, Doppelverglasung (ohne Gas), Doppelverglasung (mit Gas) und Dreifach-verglasung. Die Stärke und die Materialien der Wand, Decke und des Bodens können individuell für die jeweilige Anwendung eingetragen werden.

Benennung	Stärke	Material	U-Wert [W/m²K]
Fensterverglasung [Anzahl]	Dreifach	Kunststofffenster mit Dreifachverglasung	1,30
Wand [cm]	50	Hohlblockziegel Putz innen und aussen	0,38
Decke [cm]	20	Estrichbeton mit Armierung	0,30
Boden [cm]	20	Estrichbeton mit Armierung (Gedämmt)	0,35

15
20
25
30
35
40
45
50

Tabelle 10: Berechnungstool U-Wert

In Tabelle 10 wird der U-Wert von den verschiedenen Baustoffen angegeben. Die Definition des U-Wertes lautet:

„Energieverlust pro Quadratmeter Oberfläche und pro Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen“

Je kleiner dieser Wert ist, desto besser ist die Isolierung des Stoffes und umgekehrt. Der U-Wert berechnet sich mit der Formel:

$$R = d / \lambda$$

R steht für den Wärmedurchlasswiderstand, dieser ergibt sich aus dem Kehrwert des Wärmedurchlasskoeffizienten und d steht für die Dicke des Materials. Die Einheit des U-Wertes wird in W/m^2K angegeben. Jeder Werkstoff besitzt eine andere Wärmeleitfähigkeit und muss somit in der Berechnung individuell betrachtet werden. Oft sind Bauwerkstoffe mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit zwar teurer, können sich jedoch schneller rentieren, da die Heizkosten dadurch wesentlich gesenkt werden können.⁷³

Schritt 3

Tabelle 11 ist für die Berechnung der Transmissionswärmeverlust zuständig. Grundsätzlich berechnet sich der Transmissionswärmeverlust wie folgt:

Fläche (Wand, Decke, Fußboden, Fenster, Tür) in m^2 x U-Wert dieses Gebäudeteils in W/m^2K x Temperaturdifferenz in K (Kelvin) = Transmissionswärmeverlust in W

In Tabelle 9 müssen nun die Abmessungen der Innenräume, Außenmauer und Fensterflächen eingetragen werden. Die Außenmauerabmessung muss deshalb eingetragen werden, um ermitteln zu können wie viel Wandfläche der Innenräume Ausmauern oder Innenmauern berühren. Ebenfalls wie in Tabelle 1 sind hier alle zu bearbeitenden Felder weiß hinterlegt. Nach Vervollständigung dieser Tabelle wird mit Hilfe der Ergebnisse aus den ersten beiden Tabellen die Heizleistung berechnet.

⁷³ Vgl. Hausmagazin.com (2022).

ENERGIEVERBRAUCHSRECHNER

Raum	Raum länge m	Raum breit m	Raum höhe m	Nischen m ²	Fenster höhe m	Fenster breite m	Außen mauer a	Außen mauer b	Größe in m ²	Raum volumen m ³	Aussenwand- fläche m ²	Fenster fläche m ²	Transm. in Watt
Wirtschaftsraum	3,33	2,70	2,55	-0,28	1,30	1,00	3,33	2,70	8,71	22,2	14,08	1,30	553
WC 1	2,13	1,25	2,55	-0,10			3,00	0,00	2,56	6,5	7,65	0,00	219
Technik	3,07	1,87	2,55		1,10	0,80	0,00	1,87	5,72	14,6	3,88	0,88	226
Vorraum 1	3,55	4,02	2,55		2,20	1,00	1,00	0,00	14,28	36,4	0,35	2,20	322
Wohn/Küch/Ess	10,50	4,23	2,55	-1,19	5,10	4,40	10,50	8,00	43,21	110,2	24,74	22,44	3011
Gast	3,04	1,88	2,55		1,40	1,10	3,04	1,88	5,72	14,6	11,01	1,54	471
Bad	3,30	2,92	2,55	-0,67	1,40	1,10	0,00	2,92	8,97	22,9	5,91	1,54	364
WC 2	2,00	1,51	2,55		1,00	0,80	0,00	1,51	3,02	7,7	3,05	0,80	176
Zimmer 1	3,04	4,22	2,55		1,40	1,10	3,04	4,22	12,83	32,7	16,97	1,54	683
Zimmer 2	4,20	3,30	2,55		1,40	1,10	4,20	3,30	13,86	35,3	17,59	1,54	707
Zimmer 3	4,20	3,41	2,55	-0,32	1,40	1,10	4,20	3,25	13,99	35,7	17,46	1,54	705
Vorraum 2	3,00	4,71	2,55	-1,40	2,20	1,00	1,00	0,00	12,73	32,5	0,35	2,20	309
Frei													
Frei													
Frei													
SUMME	45,36	36,01		-3,96	19,90	14,50	33,31	29,65	145,59	371,26	123,02	37,52	7744

Tabelle 11: Transmissionswärmeverlust

Wenn alle erforderlichen Parameter (weiße Felder) in die Tabelle 7, 8 und 9 eingetragen wurden, wird rechts unten der Gesamttransmissionswärmeverlust des Gebäudes ausgegeben.

In diesem Beispiel (siehe Tabelle 19) beträgt daher die Wärmelast 7,744 kW. Zu diesem Wert wird nun noch der Energiebedarf für die Warmwasseraufbereitung hinzugerechnet mit 0,728 kW. Die Gesamte Heizlast des Gebäudes beträgt somit 8,471 kW

Heizlast	kW
Gebäudeheizung	7,744
Warmwasseraufbereitung	0,728
Gesamt	8,471

Tabelle 12: Gesamtheizlast

Da die Luftwärmepumpe eine integrierte Warmwasseraufbereitung besitzen wird und insgesamt 8,471 kW abdecken muss, wurde in diesem Anwendungsfall eine Luftwärmepumpe der Firma IDM verwendet. Das genaue Modell der Luftwärmepumpe ist „IDM iPump A 3 – 11“ und verfügt über eine Leistung von 3 – 11 kW.⁷⁴



Tabelle 13: IDM iPump A 3 - 11

Diese Luftwärmepumpe besitzt einen COP - Coefficient of Performance (\cong JAZ – Jahresarbeitszahl) von 4,37. Der COP-Wert bildet die Effizienz der Wärmepumpe ab und gibt somit das Verhältnis zwischen der Antriebsenergie (elektrischer Bedarf) und der Wärmeleistung an. In diesem Fall wird somit die gesamte Heizleistung durch den Wert 4,37 (COP) gerechnet.⁷⁵

Die Heizung wird in der Regel 2.000 Stunden pro Jahr betrieben und hat somit einen Energieverbrauch von **3.544 kWh/a** (HL x h). Die Warmwasseraufbereitung hingegen wird das ganze Jahr (8760 h) betrieben und benötigt **1.459 kWh/a**.

Gesamtenergieverbrauch der Luftwärmepumpe = 5003kWh/a

⁷⁴ Vgl. Datenblatt IDM iPump A 3 – 11.

⁷⁵ Vgl. Datenblatt IDM iPump A 3 – 11.

Nachdem der Energiebedarf für die Wärmeerzeugung ermittelt wurde, kann die Auslegung der Photovoltaikanlage beginnen.

5.3 Berechnung der elektrischen Energie

Bestandteile für eine optimale Auslegung einer PV-Anlage

Die optimale Auslegung einer Photovoltaikanlage beginnt mit der Definition der Größe. Die Größe der Anlage bestimmt, ob die Anschaffung wirtschaftlich ist oder nicht. Die PV-Anlage muss grundsätzlich so ausgelegt sein, dass sich diese wirtschaftlich rechnet und das geplante Budget nicht überschritten wird. Deshalb ist zu Beginn immer die wichtigste Frage: Was kann ich mir leisten? Wie viel Energie werde ich in Zukunft verbrauchen?

Nachfolgend werden die wichtigsten Faktoren aufgelistet, um eine PV-Anlage richtig auslegen zu können. Vorab sollte jedoch immer daran gedacht werden, dass die Energiekosten in der letzten Zeit rasant angestiegen sind und dass durch eine Anschaffung ein erster Schritt in Richtung Autarkie gesetzt werden kann. Wenn es das Budget zulässt, wäre es empfehlenswert, die Anlage gleich ein wenig größer auszulegen.

Nutzung und Bedarf

In erster Linie muss der erwartete Energieertrag die Energienachfrage von den Personen, die im Haushalt leben, abdecken. Jedoch wird meist nicht die gesamte erzeugte elektrische Energie gleich direkt verbraucht. Die meisten Menschen gehen untertags arbeiten, wo der meiste elektrische Energie erzeugt wird. Wenn also eine Photovoltaikanlage ohne Speicher installiert wird, werden meist nur ca. 30% der erzeugten elektrischen Energie durch Eigenverbrauch konsumiert. Die restlichen 70% werden also in das Netz eingespeist und die elektrische Energie, welche am Abend oder in der Nacht benötigt wird, muss zugekauft werden. Ohne Speicher ist es somit nicht möglich, eine komplette Unabhängigkeit zu erreichen.

Auslegung einer Photovoltaikanlage bei einem standardmäßigen Energieverbrauch

Für eine Ermittlung des elektrischen Energiebedarfs muss zuerst definiert werden, wie viele Personen im Haushalt leben. In diesem Anwendungsbeispiel leben drei Personen in dem Einfamilienhaus. In der Regel werden pro Einwohner um die 2.000 Kilowattstunden pro Jahr berechnet. Bei einem 2-Personen-Haushalt beträgt der Energieverbrauch dann jedoch nur mehr insgesamt 3.100 Kilowattstunden pro Jahr, da viele Verbraucher gemeinsam genutzt werden.

In dem Anwendungsbeispiel handelt es sich um eine dreiköpfige Familie, wobei ein Familienmitglied noch ein Kleinkind ist und nicht als ganze Person gerechnet werden kann. Es werden somit nur in etwa **4.100 Kilowattstunden pro Jahr** Energieverbrauch angenommen. Als Faustformel bei der Auslegung einer PV-Anlage gilt, dass pro kWp (Kilowatt-Peak) ca. 1000 kWh pro Jahr erzeugt werden. Der Bedarf

kann somit mit einer 5 kWp Photovoltaikanlage abgedeckt werden. Da in diesem Anwendungsbeispiel jedoch zusätzlich eine Luftwärmepumpe verbaut ist, muss dieser ebenfalls in die Berechnung mit 5003 kWh einkalkuliert werden. Somit entsteht ein Gesamtenergieverbrauch von:

Wärmepumpe 5003 kWh/a + Energiebedarf (Haushalt) 4100 kWh/a = 9.103 kWh/a.

Um eine exakte Ermittlung der Energieerzeugung mittels Photovoltaikanlage zu erhalten, wird das Onlinetool „PVGIS“ verwendet und auf den vorhin berechneten Gesamtenergieverbrauch ausgelegt.

Link zum PV-Tool: [PVGIS Photovoltaic Geographical Information System \(europa.eu\)](http://PVGIS.Photovoltaic.Geographical.Information.System.europa.eu)

PVGIS steht für „Photovoltaic Geographical Information System“ und liefert Informationen über die Sonneneinstrahlung und die Leistung von Photovoltaikanlagen für jeden beliebigen Standort in Europa und Afrika sowie für einen großen Teil Asiens und Amerikas. Dieses Tool ist einfach zu bedienen und arbeitet mit aktuellen Wetterdaten, um die Effizienz von Photovoltaikanlagen feststellen zu können. Dieses Tool wird nun bei der Berechnung des Anwendungsbeispiels eingesetzt.

Schritt 1

Zuerst muss die Adresse des gewünschten Standortes eingetragen oder auf der Karte markiert werden. In diesem Fall ist der genaue Standort Rittisstraße 21/d in Krieglach, Österreich. Abbildung 17 zeigt den genauen Standort des Grundstücks auf der Landkarte.

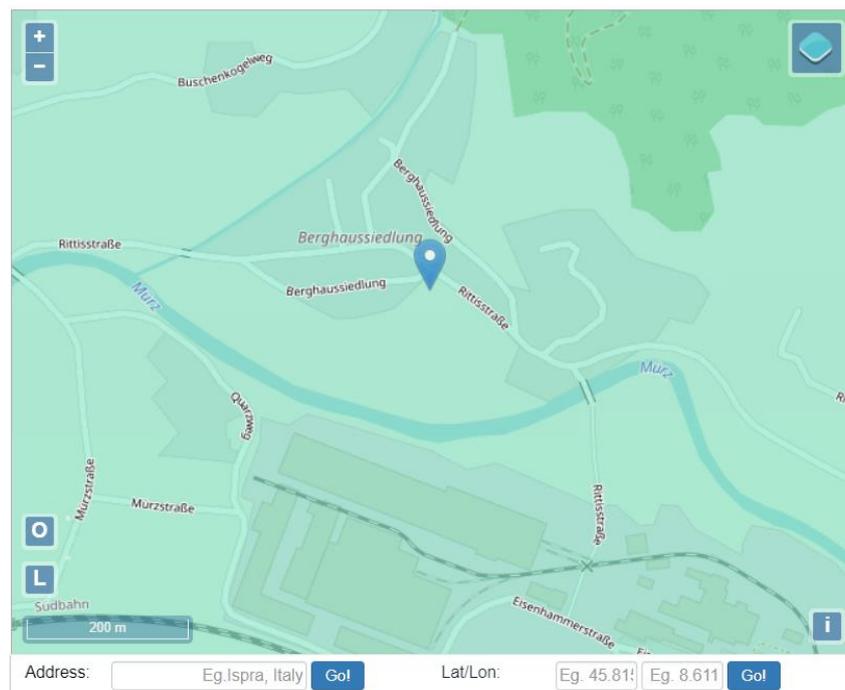


Abb. 16: Standort der Beispielanwendung

Schritt 2:

Im nächsten Schritt müssen, wie in Abbildung 18 zu sehen, die Parameter der PV-Anlage eingetragen werden. Auf Basis der vorherigen Ergebnisse wurden in diesem Fall 10 kWp als maximale PV-Leistung eingetragen. Die Neigung der PV-Anlage beträgt 35° und der Azimut (Abweichung von der Ausrichtung nach Süden) wurde mit 0° eingegeben, da das Dach, auf dem die Anlage montiert wird, genau nach Süden ausgerichtet ist. Nach der Eingabe der Daten muss auf „Ergebnisse anzeigen“ gedrückt werden.

The screenshot shows the 'LEISTUNGSVERMÖGEN VON NETZGEKOPPELTER PV' (Performance of grid-connected PV) section of the calculator. The interface is divided into several sections:

- Cursor:** Gewählt: 47.551, 15.543; Höhe ü. d. M. (m): 597; PVGIS ver.: 5.2
- Geländeschatten verwenden:** Berechneter Horizont; Horizontdatei hochladen; Buttons for 'csv', 'json', 'Datei auswählen', and 'Keine Dat...usgewählt'; 'Switch to version 5.1' button.
- NETZGEKOPPELT:** A sidebar menu with options: NACHGEFÜHRTE PV, NETZUNABHÄNGIG, MONATSDATEN, DATEN PRO TAG, DATEN PRO STUNDE, and TMY.
- LEISTUNGSVERMÖGEN VON NETZGEKOPPELTER PV:**
 - Datenbank für Solareinstrahlung*: PVGIS-SARAH2
 - PV Technologie*: Kristallines Silizium
 - Installierte maximale PV-Leistung [kWp]*: 10
 - Systemverlust [%]*: 14
 - Montagemöglichkeiten mit fester Ausrichtung:**
 - Montageposition*: Auf Dach / Gebäudeintegriert
 - Neigung [°]*: 35
 - Azimut [°]*: 0
 - Neigung optimieren
 - Neigung und Azimut optimieren
 - PV-Strompreis**
 - Kosten für PV-Anlage (Ihre Währung): [input field]
 - Zinsen [%/Jahr]: [input field]
 - Lebensdauer [Jahre]: [input field]
- Buttons:** 'Ergebnisse anzeigen', 'csv', and 'json'.

Abb. 17: Parameter der Beispielanwendung

Schritt 3:

Nun werden die Ergebnisse der Eingabe angezeigt. Die PV-Energie dieser Anlage erzeugt pro Jahr 10.676,35 kWh. Je nach Verschattung, Neigung und Azimut kann diese Energieerzeugung höher oder niedriger ausfallen. PV-Anlagen müssen auch immer wieder gereinigt werden, da diese bei einer Verschmutzung weniger Licht einfangen und dadurch weniger Energie erzeugen.

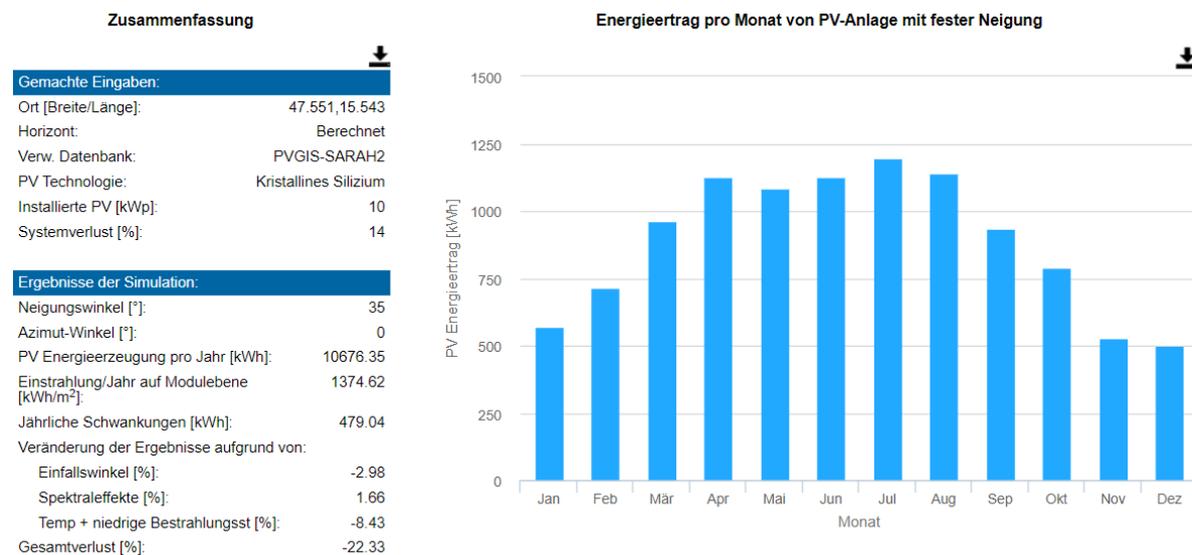


Abb. 18: Zusammenfassung Energieertrag

In dem Säulendiagramm kann genau eruiert werden, wie viel Energie in welchem Monat erzeugt wird. Von November bis Februar leistet die Photovoltaikanlage aufgrund der kurzen Tageslänge weniger und dafür von März bis Oktober wieder mehr Energie. Die Schwankungen betrachtet auf das gesamte Jahr liegen laut PVGIS bei 479 kWh.

Erkenntnis

Das excelbasierte Berechnungstool ist in der Lage, die Heizlast eines Wohnobjektes zu ermitteln und für die Auslegung eines Heizsystems zu verwenden. Im Netz wird für eine grobe Berechnung der Heizlast eines Neubaus oft der Wert 55 W/m² herangezogen.⁷⁶ Wenn dieser Wert mit den 145 m² aus dem Anwendungsbeispiel berechnet wird, ergibt das eine Heizlast von 7975 W. Wird dieser Wert mit dem Ergebnis aus dem Berechnungstool (7744 W) verglichen, ergibt das eine Abweichung von nicht ganz 3 %. Diese Erkenntnis beweist, dass das Berechnungstool richtig funktioniert.

Das Berechnungstool ist nach den Richtlinien DIN EN 12831 aufgebaut und berücksichtigt mehrere Einflussgrößen. Das Tool rechnet nicht mit einem einheitlichen Quadratmeterwert, sondern betrachtet jeden Raum individuell.

Die 10 kWp Photovoltaikanlage, welche für das Anwendungsbeispiel herangezogen wurde, ist auf den Jahresverbrauch bezogen ausreichend. Im Winter muss zwar zusätzlich elektrische Energie für die Wärmeenergie aus dem Netz bezogen werden, dafür kann jedoch im Sommer mehr elektrische Energie in das Netz eingespeist werden.

⁷⁶ Vgl. Vattrodt, T. (2020).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, einen allgemeinen Überblick über die Energiewirtschaft zu vermitteln und speziell auf die verschiedenen Energiesysteme einzugehen. Die Literatur zeigt, dass die aktuelle Energieversorgung viele Fragen aufwirft und zahlreiche Menschen sich vor den steigenden Energiekosten fürchten. Niemand kann eine Vorhersage darüber treffen, wie lange diese Lage noch anhält und ob die Preise, nach einer Stabilisierung der aktuellen politischen Situation, wieder fallen werden. Um sich vor den hohen/steigenden Energiekosten abzusichern, wollen viele Menschen in Richtung Autarkie gehen.

Im Praxisteil dieser Arbeit wurden verschiedene Energiequellen vorgestellt und miteinander verglichen. Es wurden sowohl fossile Energiequellen als auch erneuerbare Energiequellen miteinander verglichen und auf ihre Vorteile und Nachteile untersucht. Bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Heizquellen hat sich gezeigt, dass sich erneuerbare Energiequellen im Vergleich zu fossilen Energiequellen immer mehr durchsetzen. Einerseits wird die Technologie und der damit verbundene Wirkungsgrad von erneuerbaren Energiequellen immer weiter verbessert und andererseits tragen die hohen Preise bei Öl, Gas und Pellets zu einem Marktvorteil für erneuerbare Energiequellen bei. Vor allem bei Hybridsystemen, welche mit Hilfe von selbst erzeugter elektrischer Energie das jeweilige Heizsystem betreiben, sind die monatlichen Kosten sehr niedrig. Auch bei der erneuerbaren Energieerzeugung hat sich die Effizienz verbessert und die Anschaffungskosten sind pro kWp gesunken. In diesem Bereich kann sich die Photovoltaikanlage stark durchsetzen.

Aus der Vergleichsmatrix geht hervor, dass aktuell die Kombination aus Wärmepumpe und Photovoltaikanlage sehr effizient ist und die Anschaffungskosten überschaubar sind. Zusätzlich fallen die monatlichen Energiekosten durch selbst erzeugte Energie.

Diese Kombination aus Wärmepumpe und Photovoltaikanlage wurde nach der Gegenüberstellung auch in einem Modell abgebildet. Anschließend wurde ein Berechnungstool für die Ermittlung der Heizlast gebaut. Bei der Erstellung dieses Tools wurde festgestellt, dass der U-Wert in Bezug zur Heizlast den größten Einflussfaktor widerspiegelt. Dieser Wert steht im Zusammenhang mit der Wärmeleitfähigkeit von Werkstoffen. Je niedriger der U-Wert ausfällt, desto besser kann dieser für die Wärmeisolierung herangezogen werden. Oft kann sich die teure Anschaffung von Baustoffen mit einem niedrigen U-Wert schnell rentieren und für geringere monatliche Kosten sorgen. Dank des Berechnungstools für die Ermittlung der Heizlast und der Festlegung des Energiebedarfs für eine dreiköpfige Familie konnte eine passende Photovoltaikanlage ausgelegt werden. Die Berechnung hat gezeigt, dass mit einer 10 kWp Photovoltaikanlage, eine Luftwärmepumpe und Energieverbrauch einer dreiköpfigen Familie gedeckt werden kann. Der Energieverbrauch liegt aufgrund der Luftwärmepumpe in den Wintermonaten etwas höher und die Photovoltaikanlage produziert weniger Energie. In den Sommermonaten hingegen wird keine Heizung benötigt und zusätzlich werden durch die längeren Sonnenstunden mehr elektrische Energie generiert. Sprich im Winter wird mehr elektrische Energie aus dem allgemeinen Energienetz gezogen und im Sommer wird mehr elektrische Energie eingespeist.

Wenn jedoch der Energieverbrauch eines ganzen Jahres betrachtet wird, kann dieser mit einer 10 kWp PV-Anlage erzeugt werden. Dies gilt jedoch nur bei der Annahme, dass die PV-Anlage mit ausreichend Sonnenlicht versorgt wird.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass sich der Einstieg in Richtung erneuerbare Energiequellen bereits lohnt und nicht schwer umzusetzen ist.

7 Literaturverzeichnis

Gedruckte Quellen:

Aminian, A. u. a. (2021). FDZ-Datenrepor, Panel „Betriebe in der Covid-19 Krise“

Arpagaus, C. (2017). Hochtemperatur Wärmepumpen. Literaturstudie zum Stand der Technik, der Forschung, des Anwendungspotenzials und der Kältemittel. NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs Institut für Energiesysteme (IES). Buchs

Austrian Energy Agency, (2021), Basisdaten 2021. Bioenergie. Österreichischen Biomasse-Verbandes
<https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/Basisdaten-Bioenergie-2021.pdf>

Bachmann, R. (2022). The Economic Effects for Germany of a Stop of Energy Imports from Russia, Econtribute Policy Brief, S. 28

Badea, A. F. I. (2022). KIT-IATFProfessorship Innovative Nuclear Systems-Staff-Fundamentals of Energy Technology.

Boekholt, C. (2018). Erneuerbare Energien im Überblick: Wie groß ist ihr Anteil? Was sind die Vor- und Nachteile?

Böhmer, M. (1989). Anlagen und Komponenten der Solarthermie. In *Solarchemische Technik. Solarchemisches Kolloquium 12. und 13. Juni 1989 in Köln-Porz. Tagungsberichte und Auswertungen* (pp. 91-121). Springer, Berlin, Heidelberg.

Bost, M., Böther, T., Hirschl, B., Kreuz, S., Neumann, A., & Weiß, J. (2012). *Erneuerbare Energien Potenziale in Brandenburg 2030*. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, gemeinnützig.

Brauch, H. (1997). Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung, Berlin/ Heidelberg

Brockmann, R. Netzstabilität mit Wind-und Bioenergie, Speichern und Lasten. In RET. Con 2020: Tagungsband: 3. Regenerative Energietechnik-Konferenz in Nordhausen 13.-14. Februar 2020 (pp. 137-143).

Clausius, R. (1885). Ueber die Energievorräthe der Natur und ihre Verwerthung zum Nutzen der Menschheit

Dreher, A. u. a. (2020). Forschungsroadmap Systemdienstleistungen, Forschungszentrum Jülich GmbH

Eiselt, J. (2013). Intelligente und wirtschaftliche Einsparlösungen. In *Optimal Energie sparen beim Bauen, Sanieren und Wohnen* (pp. 11-57). Springer Vieweg, Wiesbaden.

Onlinequellen:

Erneuerbare Energien in Österreich, (2017).

<https://investinaustria.at/de/sectoren/umwelttechnik/erneuerbare-energien.php>

FinMent (2022). Die Top 7 der Erneuerbare Energien Aktien 2022: so profitieren Sie von der Energiewende

<https://finment.com/boerse-aktien/solar-aktien/die-top-7-der-erneuerbare-energien-aktien-2022-so-profitieren-sie-von-der-energiewende-durch-gruene-aktien/>

Fischedick, M. (2012). Erneuerbare Energien und Blockheizkraftwerke im Kraftwerksverbund: technische Effekte, Kosten, Emissionen (Doctoral dissertation, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie).

Fischer, M. (2021). Betrachtung der Heizsituation eines Einfamilienhauses unter Berücksichtigung der Nutzung von erneuerbaren Energien und deren Vorteile im Vergleich zu fossilen Brennstoffen. Hochschule Mittweida. Germany.

Garcia u. a.l. (2011). Performance model for parabolic trough solar thermal power plants with thermal storage: Comparison to operating plant data. In: Solar Energy.

Gasch, R. (2013). Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. Springer, Wiesbaden

Gnauk, T., & Brüggemann, E. (2019). 15 Aktuelle Ergebnisse zur chemischen Partikelanalyse. Im Spannungsfeld zwischen CO₂-Einsparung und Abgasemissionsabsenkung: Lösungsansätze und Weiterentwicklungen; mit 36 Tabellen, 92, 177.

Good, J., Jenni, A., & Nussbaumer, T. (2003). Systemoptimierung automatischer Holzheizungen für Wärmeverbund. automatischer Holzheizungen, 54.

Häfner, F., Wagner, R. M., & Meusel, L. (2015). Wärmepumpen. In Bau und Berechnung von Erdwärmeeanlagen (pp. 21-25). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

<https://www.co2online.de/klima-schuetzen/energiewende/erneuerbare-energien/> [Stand: 01.06.2018]

Huber, K., & Bollin, E. (2008). Detailmonitoring einer solarthermischen Anlage zur Unterstützung der Kälteversorgung eines Büro-und Verwaltungsgebäudes, 18. In Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein (Vol. 23, No. 25.04).

Hutter, C./ Weber, E. (2022). Russia-Ukraine War: Short-run Production and Labour Market Effects of the Energy Crisis, IAB-Discussion Paper

IPCC, (2007). Co-benefits of mitigation policies

Jacobson, M. (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. In: Energy and Environmental Science.

Kagerl C. u. a. (2022). Energiekrise und Lieferstopp für Gas: Auswirkungen auf die Betriebe in Deutschland

<https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2022/heft/6/beitrag/energiekrise-und-lieferstopp-fuer-gas-auswirkungen-auf-die-betriebe-in-deutschland.html>

Kush, M. u. a. (2022). Erneuerbare Energien in Deutschland, Berlin

Langenbeck, W. (2022). Die Bedeutung JH van't Hoff's für die theoretische Chemie. In *Die Bedeutung JH van't Hoff's für die theoretische Chemie*. De Gruyter.

Lanz, K. (2020). Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz. Auftrag des Bundesamts für Umwelt. In: im Rahmen des NCCS Themenschwerpunktes Hydrologische Grundlagen zum Klimawandel des National Centre For Climate Services.

doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4110314>

Müller-Kraenner, S. (2007). Energiesicherheit – Die neue Vermessung der Welt. Verlag Antje Kunstmann. München

Photovoltaik (2022). Strom aus der Sonne. ÖÖ Energiesparverband

<https://www.energiesparverband.at/fileadmin/esv/Broschueren/Photovoltaik.pdf>

Schabbach, T., & Leibbrandt, P. (2014). Solarthermie. Springer Berlin Heidelberg.

Schill, W. (2013). Integration von Wind- und Solarenergie: Flexibles Stromsystem verringert Überschüsse. In: DIW Wochenbericht. ISSN: 1860-8787. Volume 80. S. 3-14

Schlör u. a. (2015). The system boundaries of sustainability. In: Journal of Cleaner Production.

Schmutz, S., Schinegger, R., Muhar, S., Preis, S. & Jungwirth, M. (2010). Ökologischer Zustand der Fließgewässer Österreichs – Perspektiven bei unterschiedlichen Nutzungsszenarien der Wasserkraft. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft

Schwab, A. J. (2022). Elektroenergiesysteme, verbundsysteme. In *Elektroenergiesysteme* (pp. 9-38). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Sieferle, R. (1982). Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution. München

Wang, Z., Song, H., Liu, H. (2019). Kopplung von Solarenergie und Wärmeenergie zur Kohlendioxidreduktion: Aktueller Stand und Perspektiven.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.201907443>

Weber, E. (2022). Gas-Lieferausfall: Wie sich Deutschlands industrielle Basis erhalten und transformieren lässt, Makronom, 5. Mai.

- Wesselak, V., & Voswinkel, S. (2016). *Photovoltaik–Wie Sonne zu Strom wird*. Springer-Verlag.
- Windenergie in Österreich (2022). Windkraft in Niederösterreich. Austrian Wind Energy Association.
- Zieger, D. (2005). Die industrielle Revolution. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt
- Austria Solar (2021). Marktstatistik
<https://www.solarwaerme.at/daten-und-fakten/marktstatistik> (15.08.2022)
- Bafa.de, (2023) Förderprogramm im Überblick
BAFA - Förderprogramm im Überblick (22.12.2022)
- Bmk.gv.at, (2022) Bundesweite Förderungen
Bundesweite Förderungen für Photovoltaik-Anlagen (bmk.gv.at) (22.12.2022)
- Effizienzhaus-online.de, (2022) Heizunglexikon – wichtige Fachbegriffe rund ums Thema
Heizungstechnik
Wärmetauscher: Aufgabe und Funktion | Effizienzhaus-online (13.11.2022)
- Hausmagazin.com, (2023) U-Wert Berechnen - inkl. Tabelle und Rechner - so wird es gemacht
U-Wert Berechnen - inkl. Tabelle und Rechner - so wird es gemacht | Hausmagazin.com (23.12.2022)
- Heizsparen.de, (2022) Holzheizung Arten
Holzheizung - Welche Arten und Varianten von Holzheizungen gibt es ? (heizsparer.de) (14.12.2022)
- Heizung.de, (2022) Heizungsarten im Überblick
Heizungsarten im Überblick | heizung.de (13.11.2022)
- Heizung.de. <https://heizung.de/>: Öl-Brennwertkessel - Funktion, Kosten, Kauf Tipps
<https://heizung.de/oelheizung/oel-brennwertkessel/> (31.08.2022)
- Heizung.de. <https://heizung.de/>: Funktion der Hybridheizung einfach erklärt
<https://heizung.de/hybridheizung/funktionsweise/> (31.08.2022)
- Intervonector.de. (2019) Fossile Brennstoffe
Fossile Brennstoffe - Virtuelles Kraftwerk der EnBW (interconnector.de) (12.12.2022)
- Ise.fraunhofer.de, (2021) Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien
Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien - Fraunhofer ISE (20.12.2022)
- RWE: Energie aus Erneuerbaren speichern – für Stabilität im Netz. Batteriespeicher-Projekte von RWE
<https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/batteriespeicher-projekte> (14.08.2022)
- Rosenkranz, K. (2022). Wie funktioniert eine Wärmepumpe? In: Heizung.de.
<https://heizung.de/waermepumpe/> (01.09.2022)

Solaranlage-ratgeber.de, (2023) Speicher für Solarthermieranlagen
Speicher für Solarthermieranlagen (solaranlage-ratgeber.de) (23.12.2023)

Sauber Heizen (2022). Sauber Heizen für Alle. Ein-/Zweifamilienhaus/Reihenhaus

Solarthermie.net, (2023) Solarthermie Förderungen
Solarthermie Förderung des BAFA und KfW (23.12.2022)

Stefan (2022). Wie funktioniert eine Windkraftanlage? In: NETZ Konstrukteur.
<https://netzkonstrukteur.de/>
<https://netzkonstrukteur.de/wie-funktioniert-eine-windkraftanlage/> (21.09.2022)

Vaillant.at, (2023) Was ist die Amortisationszeit bei Heizungen?
Was ist die Amortisationszeit bei Heizungen? | Vaillant (12.01.2023)

Vattdrodt Thomas. (2020). Wie viel Heizlast brauch meine Wärmepumpe? In: Klimaworld.com
https://www.klimaworld.com/blog/heizlast_stromverbrauch_waermepumpe

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufbau einer Gastherme	24
Abb. 2: Aufbau einer Ölheizung	26
Abb. 3: Aufbau eines Ölbrennwertkessels	26
Abb. 4: Arbeitszyklus der Wärmepumpe, Quelle: Heizung de. Luft-Wasser-Wärmepumpe	30
Abb. 5: Technologie der Wärmepumpe, Quelle: Heizung de. Luft-Wasser-Wärmepumpe	31
Abb. 6: Bestandteile der PV-Anlage, Quelle: Photovoltaik: Focus, Energiegewinnung mit der Sonne	38
Abb. 7: Bestandteile der PV-Anlage, Quelle: Photovoltaic Austria	40
Abb. 8: Horizontale Globalstrahlung und horizontaler spezifischer Energieertrag, Quelle: Photovoltaic Austria	41
Abb. 9: Horizontale Globalstrahlung und horizontaler spezifischer Energieertrag, Flächenfaktor Quelle: Photovoltaic Austria	42
Abb. 10: Korrigierte Globalstrahlung und korrigierter spezifischer Energieertrag, Quelle: Photovoltaic Austria	42
Abb. 11: Die Struktur einer Windkraftanlage, Quelle: Wie funktioniert eine Windkraftanlage	44
Abb. 12: Die Struktur einer Blockheizkraftwerke, Quelle: Kleine Blockheizkraftwerke: Die Heizung, die auch elektrische Energie liefert	45
Abb. 13: Modellaufbau mit PV-Anlage und Luftwärmepumpe, Quelle: Eigene Darstellung	56
Abb. 14: Lageplan Anwendungsbeispiel, Quelle: Eigene Darstellung	57
Abb. 15: Austauschplan, Quelle: Eigene Darstellung	58
Abb. 17: Standort der Beispielanwendung	66
Abb. 18: Parameter der Beispielanwendung	67
Abb. 19: Zusammenfassung Energieertrag	68

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 1), Quelle: Eigene Darstellung...	48
Tabelle 2: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 2), Quelle: Eigene Darstellung...	49
Tabelle 3: Vergleich der Heizquellen für Privathaushalte (Abschnitt 2), Quelle: Eigene Darstellung...	50
Tabelle 4: Vergleich der elektrischen Energiequellen für private Haushalte, Quelle: Eigene Darstellung	53
Tabelle 5: Kosten-Nutzen-Analyse Photovoltaikmodule	55
Tabelle 6: Kosten-Nutzen-Analyse Wärmepumpe.....	56
Tabelle 7: Wohnnutzfläche Erdgeschoss.....	59
Tabelle 8: Wohnnutzfläche Obergeschoss	59
Tabelle 9: Berechnungstool Einflussgrößen	61
Tabelle 10: Berechnungstool U-Wert	61
Tabelle 11: Transmissionswärmeverlust.....	63
Tabelle 12: Gesamtheizlast.....	64
Tabelle 13: IDM iPump A 3 - 11	64