



HOCHSCHULE LUDWIGSBURG

**HOCHSCHULE FÜR ÖFFENTLICHE VERWALTUNG
UND FINANZEN**

Wahlpflichtfach:

Innovation, Führung und Management
in Kommunen und öffentlichen Betrieben

**Nutzen aus der Sonne?
Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kommunaler Solarprojekte
dargestellt an Beispielen kommunaler Praxis**

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades eines
Diplom-Verwaltungswirtes (FH)
im
Studienjahr 2008 / 2009

vorgelegt von

Martin Schlappa

Gutachter:

Prof. Dipl. oec. Univ. Bernd G. Steck
Dipl.- Verwaltungswirt (FH) Martin Schelberg

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2 Energieversorgung in Deutschland.....	4
2.1 Energieversorgung und Probleme durch fossile Energieträger ...	4
2.2 Perspektiven.....	5
2.3 Solarenergie als Teil der erneuerbaren Energien	7
3 Nutzung der Solarenergie	10
3.1 Technische Nutzung der Solarenergie	10
3.1.1 Photovoltaik.....	10
3.1.2 Solarthermie (Sonnenkollektoren)	15
3.1.3 Weitere Arten der Nutzung.....	18
3.2 Vor- und Nachteile der Sonnenenergienutzung.....	19
4 Fördermöglichkeiten	21
4.1 Anfänge der Förderung	21
4.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	22
4.3 Einspeisevergütung von solarer Strahlungsenergie	22
5 Wirtschaftlichkeitsberechnung	23
5.1 Grundsätze der Wirtschaftlichkeit	24
5.2 Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	25
5.3 Statische Methoden.....	28
5.4 Dynamische Methoden.....	29
5.4.1 Finanzmathematische Grundlage.....	29
5.4.2 Kapitalwertmethode.....	30
5.4.3 Dynamische Amortisationsrechnung	32
5.4.4 Weitere Methoden	32
5.5 Nutzen-Kosten-Methoden.....	34
5.5.1 Anwendung in der Kommune	35

5.5.2	Kosten-Nutzen-Analyse.....	35
5.5.3	Unterschiede der einzelnen Verfahren	39
6	Solaranlagen der Gemeinde Plüderhausen.....	40
6.1	Bisherige Solaranlagen	40
6.2	Untersuchung der Solaranlage Staufenhalle	41
6.2.1	Durchführung der Kapitalwertmethode.....	43
6.2.2	Durchführung der Amortisationsrechnung.....	45
7	Potentialermittlung in Plüderhausen	46
7.1	Zukünftig mögliche Solaranlagen	46
7.2	Kosten-Nutzen-Analyse.....	48
7.2.1	Direkt ermittelbare Kosten und Nutzen.....	49
7.2.2	Indirekte und nicht monetarisierbare Kosten und Nutzen ...	49
7.2.3	Zeitliche Homogenisierung	54
7.2.4	Entscheidung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten.	56
7.3	Vergleich der Stromerträge mit dem Verbrauch	57
8	Zusammenfassende Ergebnisse	58
	Anlagen.....	V - 1
	Literaturverzeichnis.....	VI - 1
	Erklärung nach § 36 III APrO	VII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung des globalen Energiemix im exemplarischen Pfad bis 2050/2100	7
Abbildung 2: Reichweite fossiler Energien und das Potenzial der Sonne ..	8
Abbildung 3: Prozentuale Anteile der Stromerzeugung 2007	9
Abbildung 4: Anwendungsbereiche von PV-Anlagen.....	11
Abbildung 5: Bauarten der Kollektoren und dazugehörige Komponenten	15
Abbildung 6: Einzelne Phasen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.....	26
Abbildung 7: Einteilung der Nutzen-Kosten-Methoden	34
Abbildung 8: Gliederung der Kosten-Nutzen-Analyse.....	36
Abbildung 9: Solaranlagen Grund bei der Wohnortwahl?	52
Abbildung 10: Gründe für die Installation einer Solaranlage.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkungsgrade der Solarzellen	12
Tabelle 2: Vergütungssätze bei 10-prozentiger Degression ab 2011	23
Tabelle 3: Netzgekoppelte PV-Anlagen der Gemeinde Plüderhausen	41
Tabelle 4: Kalkulationsansätze für die Wirtschaftlichkeitsberechnung	42
Tabelle 5: Berechnung des Kapitalwerts.....	44
Tabelle 6: Berechnung der Amortisation.....	45
Tabelle 7: Erzielbare Kilowatt Menge auf freien Flächen der Hohbergschule.....	47
Tabelle 8: Kostendarstellung der zu installierenden Anlagen	49
Tabelle 9: Berechnung der Abzinsung.....	55

Abkürzungsverzeichnis

a.a.O.	am angegebenen Ort
Abs.	Absatz
Aufl.	Auflage
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien
evtl.	eventuell
f.	folgende
ff.	fortfolgende
grds.	grundsätzlich
Hrsg.	Herausgeber
i. d. R.	in der Regel
kWh	Kilowattstunde
kW _p	Kilowatt Peak
Mio.	Millionen
MWh	Megawattstunde (1.000 Kilowattstunden)
PV	Photovoltaik
S.	Seite
s. u.	siehe unten
u. a.	und Andere
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Ein beherrschendes Thema der aktuellen Tagespresse ist der hohe bzw. steigende Preis für Energie. Trotz der Verbannung stromintensiver Geräte aus dem täglichen Leben steigt die Stromrechnung in bisher unbekannte Sphären. Laut des statistischen Landesamtes Baden-Württemberg ist der Strompreis im Bundesland Baden-Württemberg auch im Jahr 2007 auf ein Rekordhoch angestiegen. So schraubte sich der Preis für eine Kilowattstunde (kWh) um 6,6 Prozent im Vergleich zum Vorjahr nach oben, was trotz eines minimalen Rückgangs des Gesamtverbrauchs spürbar zu buche schlägt.¹ Aufgrund der Abhängigkeit von anderen Ländern bei der Stromgewinnung sowie der Gewinnorientierung von Energieunternehmen ist davon auszugehen, dass auch hier in Zukunft die Verbraucher am kürzeren Hebel sitzen.

Ein weiteres in der Tagespresse prominent vertretenes Thema ist das ernste Problem der knappen fossilen Ressourcen auf der Erde, welche in absehbarer Zeit aufgebraucht sein werden. Da die Umwelt geschützt und die Bodenschätze unseres Planeten schonend behandelt werden müssen, stehen bereits verschiedene Lösungswege zur Debatte. Die erneuerbaren Energien sind in der Politik ein aktuell diskutiertes Thema und gewinnen stetig an Beliebtheit und Akzeptanz.

Vor diesem Hintergrund bietet sich speziell für die Kommunen hier die besondere Chance in Zeiten von finanziellen Nöten verschiedene Probleme gleichzeitig anzugehen: Die Sonne bietet als die Unersättlichste aller erneuerbaren Energien eine günstige Lösung. Dank fortgeschrittener Technik kann der eigene Strom preiswert mit Hilfe der Sonne selbst erzeugt

¹ Vgl. John, Birgit: Durchschnittserlös für Strom erreicht erstmals 11 Cent je Kilowattstunde, in: Pressemitteilung Nr. 388/2008 vom 24.11.2008, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart, S. 1 (Anlage 7).

werden. Schon heute ist Deutschland eine maßgebliche Kraft in der Forschung, Entwicklung und Umsetzung alternativer Energiegewinnungen, wie gerade die Stromerzeugung durch Photovoltaik.

Darüber hinaus kann Strom für andere produziert werden womit sich – auch dank gesetzlicher Abnahmegarantie – zudem auch Geld verdienen lässt.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit soll prüfen in wie weit eine Kommune aus dem südlichen Raum Deutschlands Profit aus den Effekten der Sonne schlagen kann. Als Beispiel wird hier die in der Region Stuttgart liegende Gemeinde Plüderhausen herangezogen. Diese Gemeinde gewinnt bereits Strom aus Solaranlagen und plant weitere Anlagen zu installieren. In der Arbeit wird folgenden Fragen auf den Grund gegangen: Lässt sich aus diesen Anlagen ein Gewinn erwirtschaften? Welche Nutzen können generell aus der Sonnenenergie gewonnen werden? Macht es Sinn in weitere Anlagen zu investieren? Kann die Gemeindeverwaltung durch diese neue Art der Stromerzeugung ihren eigenen Verbrauch decken? Profitiert die Gemeinde aus der Nutzung der Sonnenenergie abgesehen von der finanziellen Seite aufgrund anderer Aspekte? Einen Kern der Ausarbeitung bildet in jedem Fall die Fragestellung, ob sich unter Zugrundelegung von speziellen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen öffentlicher Haushalte die Anbringung von weiteren Anlagen durch die Gemeinde Plüderhausen empfehlen lässt.

Damit ist folgende Hypothese festgelegt:

H1: Der Gemeinde Plüderhausen wird auf Basis der in dieser Ausarbeitung getroffenen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen empfohlen, weitere Anlagen anzubringen.

Um Hintergründe zum Thema sowie aktuelle Rahmenbedingungen in Deutschland zu verstehen, beginnt diese Arbeit zunächst mit der Be-

schreibung der deutschen Energieversorgung. Aufgrund der daraus erwachsenden Probleme, werden Lösungen durch Nutzung der erneuerbaren Energien aufgezeigt.

Im sich anschließenden dritten Kapitel werden Grundlagenkenntnisse über Solarenergie vermittelt, indem alle Arten von Nutzungen der Solaranlagen verdeutlicht werden.

Da die Förderung einen wichtigen Faktor bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Strom erzeugenden Solaranlagen darstellt, wird auf diese in einem extra Kapitel eingegangen.

Im Anschluss daran werden alle anerkannten Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgestellt und ihre Anwendung erläutert.

Nach der Behandlung dieser Themen wird die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer bestehenden Solaranlage der Gemeinde Plüderhausen auf zwei verschiedene Berechnungsarten vorgenommen.

Im letzten Kapitel soll eine Potenzialstudie herausstellen, welche Möglichkeiten sich zusätzlich zur Nutzung der Sonnenenergie für die Gemeinde bieten. Anhand einer Analyse sollen Faktoren sowohl finanzmathematisch abgehandelt, als auch qualitativ erfasst werden. Ferner soll abgewogen werden, wie ergiebig die errechnete mögliche Energiegewinnung im Vergleich zum Verbrauch ist.

Abschließend wird ein Fazit zur Wirtschaftlichkeit von kommunalen Solaranlagen gezogen und die Ergebnisse der Arbeit als Ganzes dargestellt.

Wo immer in dieser Arbeit männliche Bezeichnungen in allgemeiner Form für Personen verwendet werden, sind ausdrücklich auch weibliche Personen gemeint.

2 Energieversorgung in Deutschland

Zunächst soll in dieser Arbeit auf die Hintergründe der Energieversorgung eingegangen werden, wobei verschiedene Problemfelder deutlich werden.

2.1 Energieversorgung und Probleme durch fossile Energieträger

Die Energieversorgung wird seit Beginn der Industrialisierung durch die intensive Verbrennung der fossilen Stoffe Erdöl, Kohle und Gas gewährleistet. In den letzten Jahrzehnten kam zur Generierung von Strom noch der Brennstoff Uran hinzu. Die Verwertung aller genannten Stoffe zieht allerdings das große Problem der Abgabe von Kohlendioxid (CO₂, auch als Treibhausgas bekannt), Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Stickoxide als Immissionen mit sich. Die Verstärkung des Treibhauseffektes bedingt die schädigende Auswirkung der Erhöhung der globalen Temperatur. Allein diese energiebedingten CO₂-Ausstöße ergeben mehr als 50 Prozent des vom Menschen verursachten Treibhauseffektes. Im Jahre 2005 imitierte Deutschland kumuliert 866 Mio. Tonnen CO₂, womit es weltweit auf dem sechsten Rang liegt.² Immerhin konnten bereits 2007 rund 115 Mio. Tonnen u. a. aufgrund gesetzlicher Förderung regenerativer Energien vermieden werden.³ Der schnelle Klimawandel, den der Treibhauseffekt zur Folge hat, macht sich immer häufiger durch Überschwemmungen, Hitzewellen, Hurrikans oder Taifune bemerkbar. Klimaforscher nennen diese extremen Wetterereignisse, welche große volkswirtschaftliche Schäden mit sich ziehen, typische Bestandteile der bereits begonnenen Erderwärmung.⁴ Wenn die durchschnittlichen Temperaturen weiterhin in einem ver-

² Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (im Folgenden: BMU) (Hrsg.): Erneuerbare Energien - Innovationen für die Zukunft, 6. Aufl., Berlin 2006, S. 13.

³ Vgl. Liebing, Alexandra/ Schulz, Jürgen: Umweltpolitik. Zahlen – Daten – Fakten, BMU (Hrsg), 2. Aufl., Berlin 2008, S. 11.

⁴ Vgl. Mappus, Stefan: Einführung, in: Mitsch-Werthwein/ Reuter, Bernd: Energieversorgung der Zukunft – zwischen Klimaschutz und Ökonomie, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart 2005, S. 7 f.

gleichsweise kurzen Zeitraum gleich bleibend ansteigen, wird es zu erheblichen Anpassungsschwierigkeiten bei Mensch, Flora und Fauna kommen. Konsequenzen wären Artensterben, Ernteverluste und Anstieg der Meeresspiegel, auch durch den Rückgang der Gletscher.⁵

Zudem besteht das Problem der Knappheit fossiler Ressourcen. Die Rohstoffe sind endlich, und auch gelegentliche Entdeckungen neuer Quellen können den Countdown nicht stoppen, sondern lediglich unerheblich aufschieben. Gegen den fossil mineralischen Brennstoff Uran spricht außerdem die aufwendige Gewinnung, Aufbereitung und Transport, sowie die ungeklärte Endlagerungsfrage und vielfältige Sicherheitsrisiken in der Kernenergie.⁶ Deutschland ist stark von Energieimporten abhängig. Die Verknappung der Ressourcen wird langfristig zu weiteren deutlichen Preissteigerungen der fossilen Reserven führen. Damit ist die Bundesregierung gezwungen, alternative Energieträger zu suchen, um hohe volkswirtschaftliche Schäden und internationale Konflikte aufgrund des knappen Gutes zu verhindern. Auf einem Kongress über zukünftige Energieversorgung bezeichnete Dr. Werner Müller nur noch die drei Primärenergien Steinkohle, Kernenergie und die Sonne als zukünftige Träger der Verstromung, wobei er der Sonne in seiner vielfältigen Erscheinungsform neben der Direktumwandlung auch Wind, Wasser und Biomasse hinzurechnete.⁷

2.2 Perspektiven

Folglich existieren eine Menge von Problemen, welche einen Wandel innerhalb der Energieversorgung erforderlich machen. Der Grundstein zu einem solchen Wandel wurde von den Vereinten Nationen im Jahr 1997 mit dem Beschluss des Kyoto-Protokolls gelegt. Deutschland ist gegenwärtig eines der wenigen damals unterzeichnenden Industrieländer, wel-

⁵ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürrschmidt, Wolfhart: Erneuerbare Energien – Fragen und Antworten, BMU (Hrsg.), 2. Aufl., Berlin 2008, S. 6.

⁶ Vgl. Ebenda S. 8.

⁷ Vgl. Müller, Werner: Perspektiven für die Verstromung fossiler Energieträger, in: Mitschwerthwein/ Reuter, Bernd: a.a.O., S. 45 f.

ches ihr Ziel, im Zeitraum zwischen 2008 und 2012 den CO₂-Ausstoß auf 21 Prozent gegenüber 1990 zu senken, fast erreicht hat.⁸ Als Folge werden speziell hierzulande weitläufigere Maßnahmen beschlossen. Bereits im August 2007 wurde in Meseberg zum Klima- und Umweltschutz einem weit reichenden Programm zum Klimaschutz zugestimmt, welches weltweit einmalig ist. Beschlossene Ziele werden nun sehr zielstrebig angepasst und zudem direkt auf den Umstieg auf erneuerbare Energien als eine greifbare Alternative für die zukünftige Energieversorgung ausgerichtet. So wurde im Jahr 2008, nachdem die Landesregierung Baden-Württemberg im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg 2020 die Verwendung von erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf mindestens 20 Prozent und die Steigerung des Anteils an Wärmebereitstellung auf 16 Prozent bis zum genannten Jahr als Ziel gefasst hat, durch die Bundesregierung anhand des „Integrierten Energie- und Klimaprogramms“ die Steigerung auf sogar mindestens 30 Prozent aus erneuerbaren Energie bei ebenso 14 Prozent Anteil an Wärmebereitstellung bis zum selbigen Jahr angezielt.⁹ Diese zukünftigen Einschätzungen lassen außerdem durchblicken, dass die Bundesregierung, trotz des nicht zustande Kommens des geplanten einheitlichen Umweltrechts, durch die legislative Gewalt den größeren Einfluss auf die künftige Entwicklung hat.

Auch Deutschlands Bevölkerung befürwortet den Umstieg auf erneuerbare Energien. So wurde innerhalb einer aktuellen repräsentativen Umfrage zu der Frage nach der höchsten Priorität im Umweltschutz die Antwort „den Ausbau erneuerbarer Energien voranzutreiben“ aus zehn Möglichkeiten am zweit häufigsten ausgewählt, ferner stuften 49 Prozent der Befragten den Umweltschutz unter verschiedenen politischen Aufgabenbereichen als „sehr wichtig“ und weitere 42 Prozent als „wichtig“ ein.¹⁰

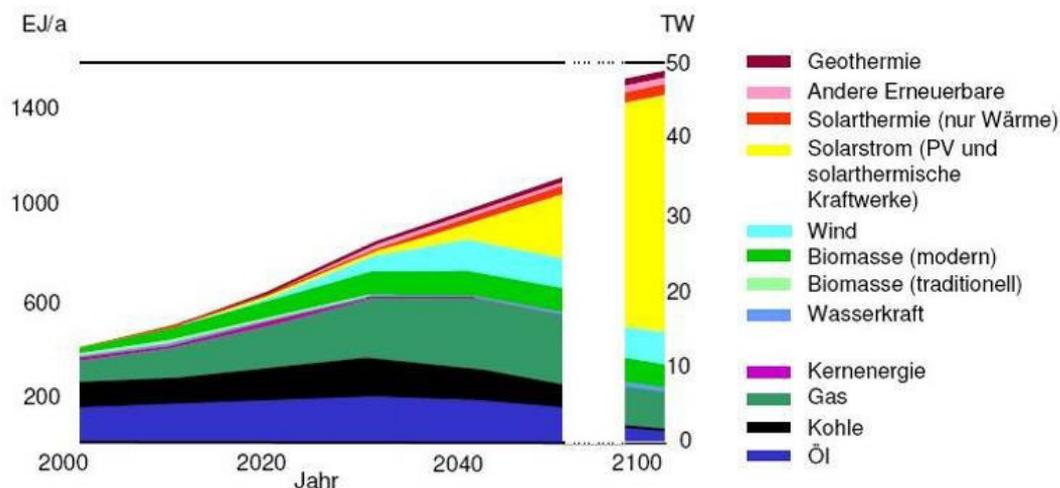
⁸ Vgl. Liebing, Alexandra/ Schulz, Jürgen: a.a.O., S. 4.

⁹ Vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg, 4. Aufl., Stuttgart 2008, S. 3; vgl. Liebing, Alexandra/ Schulz, Jürgen: a.a.O., S. 5.

¹⁰ Vgl. Veth, Sabine/ Wehrspau, Michael: Umweltbewusstsein in Deutschland 2008 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, BMU (Hrsg.), Berlin 2008, S. 10 u.18.

Welche Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien denkbar wären, zeigt eine Studie des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung (Abb. 1). Demnach ist die Energiewende in den nächsten Jahrzehnten zu schaffen. Unter verschiedenen Voraussetzungen wie das Auslaufen der nuklearen Energienutzung könnten bis 2050 mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs (Skala in jährlichem Exajoule bemessen) in Deutschland durch erneuerbare Energien gedeckt werden, ein Drittel hiervon sogar alleine durch Solarenergie.

Abbildung 1: Veränderung des globalen Energiemix im exemplarischen Pfad bis 2050/2100



Quelle: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin 2003, S. 4.

Dadurch ließen sich große Mengen der Treibhausgas-Emissionen vermeiden. Positiv ist zudem die wirtschaftliche Betrachtung, zumal statt in den Import von Brennstoffen und Energie in neue Arbeitsplätze innerhalb Deutschlands investiert würde.

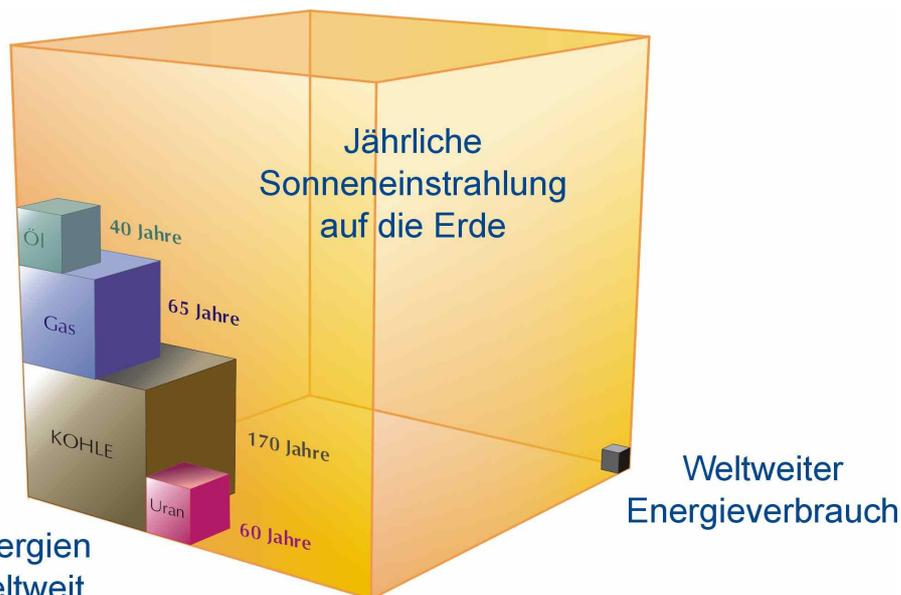
2.3 Solarenergie als Teil der erneuerbaren Energien

Um eine nachhaltige Energieversorgung und einen konsequenten Klimaschutz garantieren zu können, muss auf den umwelt- und naturverträgli-

chen Ausbau von erneuerbaren Energien gesetzt werden.¹¹ Erneuerbare Energien sind hierbei Energien, die sehr lange und wiederkehrend zur Verfügung stehen. Ihre Nutzung verbraucht weniger Rohstoffe und es entstehen kaum Schadstoffemissionen.

Die wichtigste und zugleich reinste der verfügbaren erneuerbaren Energiequellen ist die Sonne. Wie in der folgenden Abbildung 2 zu sehen ist übersteigt die enorme Energie, die die Erdoberfläche jährlich erreicht, jährlich den weltweiten Energiebedarf um etwa das 10.000fache.¹² Während die vier in der Erdkruste lagernden Energieträger (Uran, Kohle, Erdöl, Erdgas) bei derzeitigem weltweitem Verbrauch in einer bestimmten Jahresanzahl ausgeschöpft sind, tritt die Sonneneinstrahlung garantiert wiederkehrend ein.

Abbildung 2: Reichweite fossiler Energien und das Potenzial der Sonne



Fossile Energien Vorräte weltweit

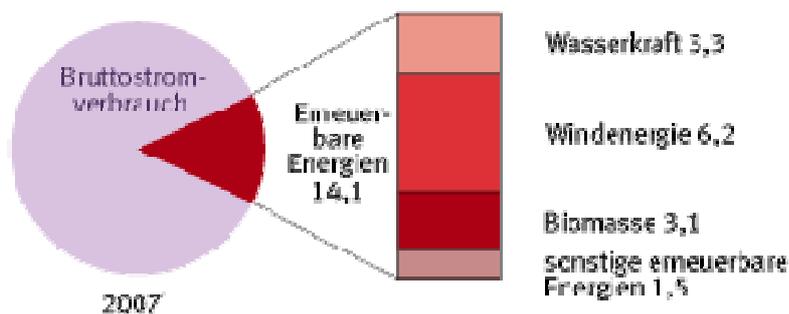
Quelle: Beer, Michael, u. a.: Strom aus Sonnenlicht - Handbuch für Technik, Planung und Montage, 7. Aufl., Cölbe/ Marburg 2003, S. 12.

Der direkt aus der Sonnenenergie gewonnene Nutzen kann die verschiedenen vorliegenden Probleme weder alleine noch schnell lösen, doch gerade der Solarstrom ist eine derjenigen Technologien, welche mittel- und langfristig große Beiträge zur Energieversorgung leisten kann.

¹¹ Vgl. Holzmann-Sach, Ute, u. a.: Umweltbericht 2006. Umwelt – Innovation – Beschäftigung, BMU (Hrsg.), Berlin 2006, S. 54.

¹² Vgl. Quaschnig, Volker: Regenerative Energiesysteme. Technologie – Berechnung – Simulation, 4. Aufl., München/ Wien 2006, S. 36.

Abbildung 3: Prozentuale Anteile der Stromerzeugung 2007



Quelle: Bayer, Wolfgang: Erneuerbare Energien: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/STATmagazin/Energie2008__2,templateId=renderPrint.psml__nnn=true, Stand: 15.01.2009.

Wie die prozentuale Darstellung der Abbildung 3 zeigt, trägt aktuell noch der gewonnene Strom aus Wasserkraft, Windkraft und Biomasse den größten Anteil der erneuerbaren Energien. Hierbei hat sich der Anteil der Windkraft so stark erhöht, dass national nun nicht mehr die größte Menge aus Wasserkraft erzeugt wird und weltweit sogar die installierte Leistung der Windenergie in Deutschland am höchsten ist.¹³

¹⁴Neben der Stromenergie liefert die Biomasse zudem auch Wärmeenergie und Kraftstoffe in Form der Holzpellets oder beispielsweise dem Biogas. Zu den regenerativen Energien gehören außerdem ebenfalls die Energie der Erde, wie die Umgebungswärme oder Geothermie aus denen sich auch Strom, aber hauptsächlich Wärme erzeugen lässt.

Die Müllverbrennung sollte man dahingegen nicht zur Erneuerbaren Energie hinzuzählen, da diese Option einerseits mit einer stofflichen Verwertung der Abfälle konkurriert und weil der Schadstoffgehalt der vorgeschriebenen thermischen Abfallbehandlungen nicht mit den gewöhnlichen regenerativen Systemen gleichziehen kann.¹⁵

¹³ Vgl. Bayer, Wolfgang: Erneuerbare Energien: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/STATmagazin/Energie2008__2,templateId=renderPrint.psml__nnn=true, Stand: 15.01.2009.

¹⁴ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürschmidt, Wolfhart: a.a.O., S. 54 ff.

¹⁵ Vgl. Dreher, Martin: Auswirkungen einer Förderung regenerativer Energieträger in der Stromerzeugung – Eine Energiesystemanalyse für Baden-Württemberg, in: Wietschel, Martin, u. a. (Hrsg.): Regenerative Energieträger. Der Beitrag und die Förderung regenerativer Energieträger im Rahmen einer Nachhaltigen Energieversorgung, Landsberg 2002, S. 141 f.

3 Nutzung der Solarenergie

Nachdem bisher auf die gesamte Energieversorgung und die Notwendigkeit der Nutzung erneuerbarer Energien eingegangen wurde, soll im Folgenden nur noch explizit die Solarenergie thematisiert werden. Die Sonne bewirkt auf der Erde viele natürliche Effekte wie Erwärmung oder Photosynthese. Nachstehend wird die technische Verwertung der Sonne dargestellt, welche vom Menschen aus geht. Hierbei sind die Erzeugnisse Strom sowie Wärme gemeint. Anschließend werden die Vor- und Nachteile dieser Erzeugnisse miteinander kollationiert.

3.1 Technische Nutzung der Solarenergie

Wie der Titel der Arbeit bereits aussagt, werden alle Möglichkeiten einer direkten technischen Nutzung aus Sonnenenergie aufgezeigt und erläutert. Das Hauptaugenmerk liegt innerhalb der technischen Nutzung dennoch klar primär auf der Photovoltaik und daneben auf der Solarthermie, da diese die bedeutsamsten und wichtigsten Nutzungen darstellen. Beide werden nachfolgend einzeln abgehandelt.

3.1.1 Photovoltaik

Photovoltaik (PV) ist die Technik der direkten Umwandlung von Licht in elektrische Energie mittels Solarzellen. Diese Solarzellen sind aus einem Halbleiterwerkstoff (i. d. R. Silizium) gewonnene Scheiben, welche üblicherweise in Reihe zusammengeschaltet und in einem so genannten Solarmodul verpackt werden.¹⁶ Fällt Licht auf eine Solarzelle, welche aus einer dickeren positiven und einer sehr dünnen negativen Schicht besteht, entsteht durch in Bewegung tretende Elektronen eine Spannung zwischen

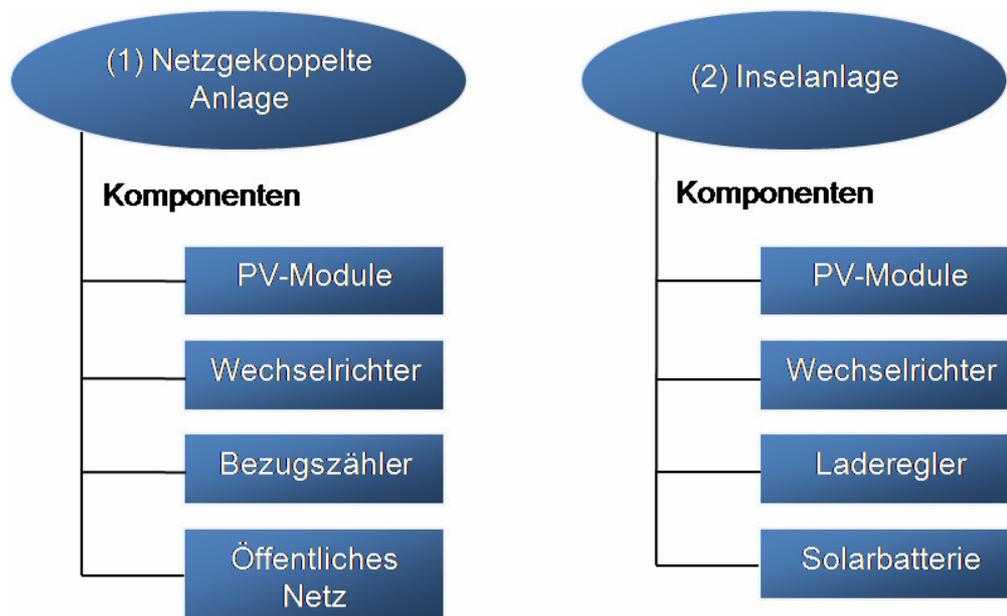
¹⁶ Vgl. Häberlin, Heinrich: Photovoltaik - Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen, Aarau 2007, S. 1.

den beiden Schichten.¹⁷ Schließt man einen Verbraucher an, fließt Gleichstrom.

¹⁸Der photovoltaische Effekt, der der Photovoltaik zugrunde liegt, wurde bereits 1839 durch den Franzosen Bequerel entdeckt. Doch die erste Silizium-Solarzelle (mit einem Wirkungsgrad von ca. 6 Prozent) wurde erst im Zeitalter der Halbleitertechnik 1954 durch Chapin, Fuller und Pearson in den „Bell Laboratories“ (USA) entwickelt. Solarzellen erwiesen sich damals besonders geeignet zur Energieerzeugung von Satelliten im Welt- raum und stellen auch heute noch die ausschließliche Energiequelle aller Weltraumsonden dar. Besonders seit dem Ölschock 1973 nahm das Inte- resse für die Weiterentwicklung der Anlagen zu, sodass die Forschung und Entwicklung mittlerweile weit fortgeschritten ist, was die Senkung der Herstellungskosten, aber auch die wesentliche Erhöhung des Wirkungs- grades betrifft.

Die Verwendung von PV-Anlagen unterteilt sich in zwei Bereiche:

Abbildung 4: Anwendungsbereiche von PV-Anlagen



Quelle: eigene Darstellung.

¹⁷ Vgl. Meliß, Michael, u. a.: Erneuerbare Energien - verstärkt nutzen, 3. Aufl., Magdeburg 1995, S. 41; Vgl. Kronberger, Hans/ Nagler, Hans: Der sanfte Weg - Handbuch der erneuerbaren Energie, Wien 1997, S. 79.

¹⁸ Vgl. Goetzberger, Adolf / Knoblauch, Joachim: Physikalische Grundlagen von Solarzellen, in: Schmid, Jürgen (Hrsg): Photovoltaik - Strom aus der Sonne, 4. Aufl., Heidelberg 1999, S. 2.

(1) Eine netzgekoppelte Anlage ist eine PV-Anlage mit Anschluss an das öffentliche Stromnetz. Hierbei fungiert das Stromnetz als Speicher, welcher zu viel produzierte Energie ins Netz einspeist und später wieder vom Netz bezieht, sobald die Eigenproduktion der Anlage nicht ausreicht.¹⁹

Gleichzeitig ist hierbei die entgeltliche Einspeisung des Stroms ins öffentliche Netz möglich. In Deutschland sind bereits mehr als 250.000 netzgekoppelte PV-Anlagen installiert.²⁰ Hierzulande machen sie auch ca. 95 Prozent²¹ der neu installierten Anlagen aus, währenddessen es weltweit etwa 40 Prozent²² sind. Ein Grund für die hohe Zahl der netzgekoppelten Anlagen in Deutschland ist die Vergütung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (s.u.). Dahingegen besitzen andere große Staaten oder Entwicklungsländer kein flächendeckendes Stromnetz, was wiederum eher den Betrieb von Inselanlagen sinnvoll erscheinen lässt.

Grundbestandteile einer jeden PV-Anlage sind Solarmodule sowie Wechselrichter.

An Solarmodulen erhält man heute auf dem Markt hauptsächlich drei verschiedene Grundtypen: monokristalline, polykristalline und amorphe Module. Die Maßeinheit der Leistung für die Energieerzeugung einer PV-Anlage heißt Kilowattpeak (kW_p). Peak gibt hierbei die Spitzenleistung unter Standardbedingungen an.

Tabelle 1: Wirkungsgrade der Solarzellen

Solarzellenmaterial	Modulwirkungsgrad (Serienproduktion)	Flächenbedarf (für 1 kW_p)
einkristalline Zellen	17%	6-9 m ²
polykristalline Zellen	15%	7-10 m ²
amorphe Zellen	5-10 %	15-20 m ²

Quelle: Dürschner, Christian, u. a.: Solarstrom für alle - Strom gewinnen Umwelt schützen, Geld verdienen, Berlin 2007, S. 26 ff, eigene Darstellung.

¹⁹ Vgl. Häberlin, Heinrich, a.a.O., S. 13.

²⁰ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürschmidt, Wolfhart: a.a.O., S. 52.

²¹ Vgl. Gabler, Hansjörg, u. a.: Photovoltaik am Gebäude – Stromversorgung mit Solarzellen?, in: Forschungsverbund Sonnenenergie (Hrsg.): Themen 2001. Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen, Berlin 2002, S. 29.

²² Vgl. Garcke, J./ Harnisch, P.: Batterien in PV-Anlagen, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), a.a.O., S. 143.

²³Die ein- bzw. monokristallinen Solarzellen bieten auch aufgrund des größeren Reifeprozesses, wie in der Tabelle ersichtlich den höchsten Wirkungsgrad sowie eine hohe Langzeitstabilität. Dies macht sie zum Klassiker unter den Modulen, allerdings steht hier auch der teuerste, weil aufwendigste Herstellungsprozess gegenüber. Die polykristallinen Zellen bieten einen kleineren Wirkungsgrad zu günstigeren Herstellungskosten. Bisher konnten sich amorphe Solarzellen nur im Marktbereich von Kleinverbrauchern durchsetzen, doch aufgrund eines geringen Materialeinsatzes wird ihnen zumindest mittelfristig der Durchbruch auf dem Gesamtmodulmarkt vorausgesagt. Jeder dieser Grundtypen wird aus hochreinem Silizium produziert, welches als Ausgangsmaterial Sand (Siliziumdioxid - SiO₂) benötigt.

²⁴Alle genannten Solarmodule geben prinzipiell Gleichspannung bzw. Gleichströme ab. Handelsübliche Geräte benötigen in der EU jedoch eine Wechselspannung von 230 Volt Spannung bei einer Frequenz von 50 Herz, was eine Umwandlung der Gleichspannung in geeignete Wechselspannung, auch für die Einspeisung in das öffentliche Stromnetz, unumgänglich macht. Hierzu wird der Wechselrichter verwendet.

Weitere Bestandteile einer netzgekoppelten Solaranlage sind der Einspeisezähler sowie ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz, um den erzeugten Strom einspeisen zu können. Über den Einspeisezähler erfolgt die Abrechnung mit dem Netzbetreiber, welcher verpflichtet ist, den Solarstrom abzunehmen. Wenn nicht nur Strom erzeugt, sondern dieser ebenso verbraucht wird, ist ein Bezugszähler, unabhängig vom Einspeisezähler von Nöten.

(2) Eine autonome Inselanlage, sprich eine netzunabhängige Photovoltaikanlage, besitzt keinen Anschluss an das öffentliche Netz und leitet deswegen den überschüssigen Strom in einen Akkumulator (Solarbatterie)

²³ Vgl. Beer, Michael, u. a.: Strom aus Sonnenlicht - Handbuch für Technik, Planung und Montage, 7. Aufl., Cölbe/ Marburg 2003, S. 28 ff.

²⁴ Vgl. Schmidt, Heribert: Photovoltaik- Wechselrichter, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), a.a.O., S. 132.

als Energiespeicher.²⁵ Bestandteile sind somit neben den obligatorischen Solarmodulen und dem Wechselrichter, welcher vor den Verbraucher geschaltet ist, noch ein Laderegler und die Solarbatterie. Der Laderegler dient hierbei zur Kontrolle der Lade- und Entladevorgänge in der Solarbatterie, um dieser eine möglichst lange Lebensdauer zu garantieren.²⁶

Für autonome Inselanlagen existieren auch im Bereich der öffentlichen Verwaltung verschiedene relevante Beispiele wie Parkscheinautomaten, Beleuchtungsanlagen oder Verkehrsleitsysteme. Hierbei ist die Photovoltaik in den meisten Fällen aufgrund des entbehrlichen Anschlusses an das Stromnetz konkurrenzlos preiswert einzusetzen, was bei diesen Anlagen für weit höhere Wachstumsraten sorgt als bei konventionellen Industrieprodukte.²⁷

Die Betriebskosten einer PV-Anlage machen jährlich ca. 1,5 Prozent der Investitionskosten aus, wovon 0,5 Prozent auf die Versicherung der Anlage entfallen. Durch die kräftige Nachfragesteigerung der PV-Anlagen senken sich die Kosten in der Anschaffung kontinuierlich. Gründe können hierfür neben der größeren Produktionsmenge auch die Verwendung neuer Werkstoffe oder Entwicklung höherer Wirkungsgrade sein. So konnten die Kosten in gut zehn Jahren bis 2006 halbiert werden, und es wird von einer nochmaligen Halbierung der Kosten innerhalb weiterer sechs Jahre (ca. acht Prozent jährlich) ausgegangen.²⁸ Dieser Trend kann auch in der Gemeinde Plüderhausen festgestellt werden. Hier sanken die Kosten pro KW_p der jeweils installierten Anlagen von 4.704 Euro im Jahr 2006 auf 4.470 Euro²⁹ im Folgejahr, was eine Senkung von fünf Prozent bedeutet. Natürlich hängt die Höhe der Kosten ebenso von der installierten Fläche ab.

²⁵ Vgl. Häberlin, Heinrich, a.a.O., S. 13.

²⁶ Vgl. Schmidt, Heribert: Anpasswandler, Maximum Power Point Tracker und Laderegler, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), a.a.O., S. 123.

²⁷ Vgl. Schmid, Jürgen (Hrsg.): Photovoltaik - Strom aus der Sonne (Vorwort), 4. Aufl., Heidelberg 1999, S. VII.

²⁸ BMU, a.a.O., S. 73 ff.

²⁹ Expertengespräch mit Helmut Spenny (Hochbauamt Gemeinde Plüderhausen) am 19.01.2009.

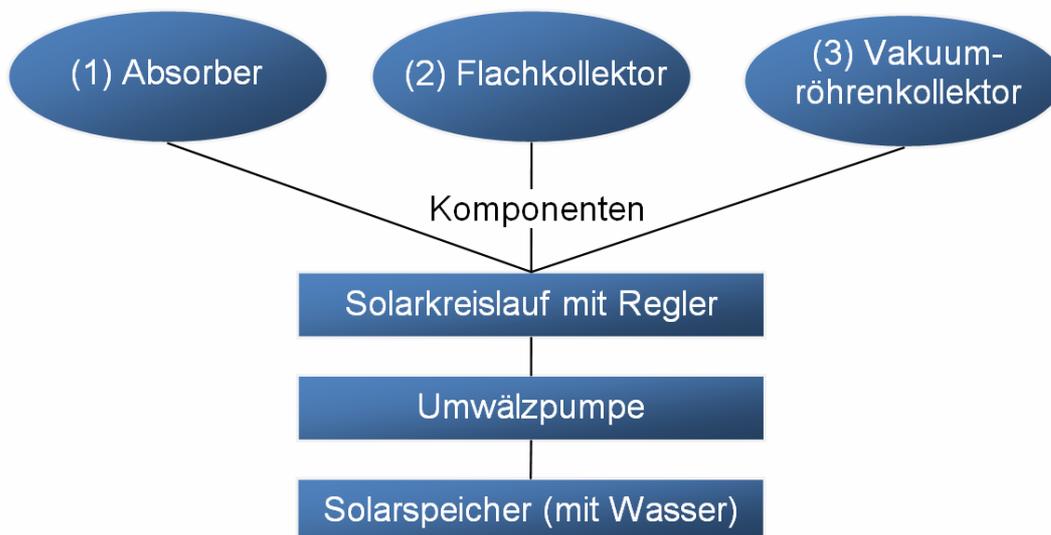
3.1.2 Solarthermie (Sonnenkollektoren)

³⁰Thermische Sonnenkollektoren wandeln die Strahlung der Sonne in nutzbare Wärme um. Dieser Effekt wird zur Wassererwärmung und zur Unterstützung von Gebäudeheizungen oder auch zum Kühlen und Entfeuchten der Raumluft genutzt.

³¹Beim Auftreffen des Sonnenlichtes auf Oberflächen entsteht umso mehr Wärme, je dunkler dabei diese Fläche ist. Die Solarkollektoren sammeln im Regelfall Sonnenwärme auf dem Dach ein, um diese über einen Wärmekreislauf in einen für Warmwasserbedarf oder Heizungswärme zuständigen Wärmespeicher zu leiten.

Das zentrale Bauteil der Solarthermie-Anlage ist der Kollektor, welcher auf dem Dach, bzw. auf der Fassade montiert wird. Diese Kollektoren unterscheiden sich aufgrund verschiedener Bauarten, welche durch die jeweils eingesetzten Techniken zur Begrenzung der Wärmeverluste begründet sind.

Abbildung 5: Bauarten der Kollektoren und dazugehörige Komponenten



Quelle: Räuber, Armin: Erneuerbare Energien, Stand – Aussichten – Forschungsziele, 4. Aufl., Bonn 1995, S. 35, eigene Darstellung.

³⁰ Vgl. BMU: a.a.O., S. 84.

³¹ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürrschmidt, Wolfhart: a.a.O., S. 36.

(1) Die reine Absorber-Anlage ist die technisch einfachste Form bei der Flüssigkeit als Wärmeträger durch auf dem Absorberblech befestigte schwarze Kunststoffmatten fließt.³² Die Umwälzpumpe sorgt für die Zirkulation der Flüssigkeit in den Strömungskanälen. Bei dieser simplen Erzeugung von warmem Wasser können keine hohen Temperaturen erreicht werden. Ihr Vorteil ist die preiswerte Anschaffung. Im kommunalen Bereich sind diese bei der Schwimmbadheizung sinnvoll. Hier kann gefiltertes Wasser aus dem Becken direkt in den Kreislauf gepumpt werden. Das Sonnenenergieangebot und der Wärmebedarf stimmen bei dieser Nutzung zeitlich sehr gut überein.

(2) Die mittlerweile geläufigeren Bauarten in Deutschland sind Flach- und Vakuumröhrenkollektoren. Diese erlauben höhere Temperaturwerte zu übermitteln.³³ Beim Flachkollektor sind die Röhren auf dem schwarzen Blech, durch welche die Arbeitsflüssigkeit strömt, in einem wärmege-dämmten Kasten hinter einer Scheibe geschützt, was einen Verlust durch Abstrahlung der schon eingefangenen Wärme reduziert und damit eine gute Isolierung darstellt.³⁴ Aufgrund der Glasfront erscheinen die Kollektoren von außen optisch als flache Anlage. Die Arbeitsflüssigkeit nimmt beim Durchlaufen der Röhren die gesammelte Wärme auf, um weiter zum Warmwasserspeicher zu fließen, wo sie die Wärme über einen Wärmetauscher (i. d. R. spiralförmige Röhren) an das Trinkwasser bzw. die Heizungsanlage überträgt. Im Wasserspeicher entsteht entsprechend seiner Dichte bzw. Temperatur eine Schichtung: das wärmste Wasser befindet sich oben, das kälteste unten. So kann unten kaltes Wasser eingespeist werden und oben warmes Wasser entnommen werden.

Eine abgewandelte Form dieser Bauart sind die Vakuum-Flachkollektoren, bei welcher das Vakuum für noch bessere Wärmedämmung genutzt wird.

³² Vgl. Räuber, Armin: Erneuerbare Energien, Stand – Aussichten – Forschungsziele, 4. Aufl., Bonn 1995, S. 35.

³³ Vgl. BMU: a.a.O., S. 84.

³⁴ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürrschmidt, Wolfhart: a.a.O., S. 36.

(3) Bei den Vakuum-Röhrenkollektoren befindet sich der Absorber innerhalb eines luftleeren, gläsernen Rohrrinnenraumes, was dem Effekt der Thermoskanne ähnelt. Diese Kollektoren besitzen den höchsten Wirkungsgrad und können deswegen selbst bei vergleichsweise noch geringerer Solarstrahlung Wärme liefern. Die Flüssigkeit im Absorber erhitzt sich durch die Sonneneinstrahlung dermaßen, dass sie verdampft und zum Wärmetauscher aufsteigt.³⁵ Durch diese beinahe vollkommene Isolierung erreicht die gelieferte Wärme einen Temperaturbereich bis 150 °C, womit sie nicht nur für die Warmwassergewinnung, sondern auch für die Gebäudebeheizung prädestiniert ist, aber auch die Erzeugung von Prozesswärme oder solare Kühlung möglich macht.³⁶ Die beiden letzteren Produkte bieten für die Kommune weniger Relevanz.

³⁷Bei allen Kollektorenanlagen misst ein Temperaturfühler die Temperaturdifferenzen zwischen den Kollektoren und dem Speicher, um bei einer bestimmten Soll-Temperaturdifferenz die Kollektorkreislaufpumpe ein-, bzw. auszuschalten. Da oftmals, speziell in den Wintermonaten, nicht der komplette Wärmebedarf über die Solarthermie-Anlage gedeckt werden kann, muss der Speicher über eine Zusatzheizung angewärmt werden. Auch dieser Vorgang des Nachheizens wird über die Temperaturfühler geregelt.

Aufgrund der vorangeschrittenen technischen Reife von solarthermischen Anlagen kann eine Lebensdauer von 20-25 Jahren unter geeigneten Rahmenbedingungen erwartet werden.³⁸

Kollektorenanlagen sind auch im kommunalen Bereich denkbar, einen hohen Wirkungsgrad könnten diese beispielsweise bei der Warmwasserversorgung von mittlerweile immer häufiger in Betrieb genommen Mensen innerhalb der Ganztageschulen, Altenheimen oder Kliniken erzielen.

³⁵ Vgl. BMU: a.a.O., S. 84.

³⁶ Vgl. Lutz, Hans-Peter: Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, 6. Aufl., Stuttgart 2008, S. 9.

³⁷ Vgl. Remmers, Karl-Heinz, u. a.: Langzeiterfahrung Solarthermie - Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen von Solaranlagen, Solarpraxis Supernova AG (Hrsg.), Berlin 2001, S. 35.

³⁸ Vgl. ebenda, S. 12 ff.

3.1.3 Weitere Arten der Nutzung

Mit der PV und Solarthermie wurden die beiden bedeutsamsten Möglichkeiten eingehend erläutert. Daneben kann insbesondere zur Wärmege-
winnung durch weitere weniger gebräuchlichere Methoden Nutzen aus der
Sonneneinstrahlung gezogen werden. So liefern thermische Solarkraft-
werke, oder auch Sonnenwärmekraftwerke genannt, Hitze für einen Pro-
zess aus dem elektrische Energie, evtl. auch Wärme oder Kälte gewonnen
wird.³⁹ Auf der Solarnutzung basieren auch kleinere Gerätschaften wie der
Solarkocher oder Solaröfen. Üblicherweise werden weder die Großanla-
gen wie Kraftwerke noch die zuletzt genannten kleineren Anlagen von ei-
ner Kommune genutzt.

Während die bisher dargelegten Möglichkeiten zur Gruppe der aktiven
Sonnenenergienutzung gehören, existiert daneben die passive Sonnen-
energienutzung.

⁴⁰Letztere dient ausschließlich der Wärmegewinnung und unterscheidet
sich zur aktiven Nutzung durch die direkte Verwendung der Energie am
Entstehungsort anstelle einer Zwischenspeicherung bzw. einem Trans-
port. Sie basiert auf der Gewinnung von Gebäudewärme durch optimal
ausgerichtete Fensterflächen. Bei heute üblichen Glasarten übertrifft die
Solareinstrahlung den Verlust durch austretende Wärme. Ebenso wird die
gesamte diffuse Einstrahlung hierbei verwendet. Nun müssen die Fenster-
flächen noch von Verschattungen, beispielsweise aufgrund von anderen
Gebäuden oder Bäumen frei sein.

Die Kommune bzw. das Landratsamt kann hier theoretisch mittels städte-
baulichem Prozess (Baugenehmigung, Entwicklung einer Solarsiedlung)
eingreifen und somit die passive Sonnenenergienutzung fördern.

³⁹ Vgl. Quaschnig, Volker: a.a.O., S. 37.

⁴⁰ Vgl. Goretzki, Peter/ Maass, Inge: Solarfibel – Städtebauliche Maßnahmen, energeti-
sche Wirkzusammenhänge und Anforderungen, Wirtschaftsministerium Baden-
Württemberg (Hrsg.), 5. Aufl., Stuttgart 2007, S. 24 f.

3.2 Vor- und Nachteile der Sonnenenergienutzung

Das schwerwiegendste Problem bei der Nutzung der Sonnenenergie ist sicherlich das schwankende Strahlungsangebot. Zum einen kann die Sonnenkraft nur tagsüber genutzt werden und ist hierbei jahreszeitenbedingt auch stark voneinander abweichend. Zum anderen ist die wetterabhängige Strahlungsintensivität nie absehbar und deswegen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Damit zusammenhängend entsteht das Problem der Speicherung von gewonnener Energie. Die Energie muss, soweit sie nicht direkt verbraucht wird, aufwendig gespeichert werden. Die relativ teuren Akkumulatoren stellen eine aufwendige Lösung dar und sind nicht unbegrenzt einsetzbar. Nur bei netzgekoppelten Anlagen bietet sich das Problem der Speicherung momentan nicht, da die Energie im öffentlichen Netz an anderer Stelle verbraucht werden kann.

⁴¹Der wetterabhängigen Strahlungsunsicherheit gegenüber steht, dass die Solaranlagen die gesamte Globalstrahlung verarbeiten können. Neben der direkten Einstrahlung wird also auch der Diffusanteil ausgenutzt, welcher in Deutschland relativ hoch ist. Die diffuse Strahlung entsteht bei der Streuung des Lichtes durch die Atmosphäre, wobei es an Partikeln (z. B. Wolken, Staub) reflektiert.

So verbleiben in Deutschland pro Quadratmeter immer noch durchschnittlich 50 Prozent der Strahlungsintensität die auf die Sahara trifft.⁴²

Die Anschaffungskosten einer Solaranlage sind derzeit vergleichsweise hoch, dem entgegensteht, außer der Steigerung des Wertes der Immobilie, eine hohe Lebensdauer der Solarmodule für deren zuverlässige Stromgenerierung keine Betriebsstoffe sondern nur das Sonnenlicht benötigt wird.⁴³ Die durchschnittliche Lebensdauer der Module liegt bei 30-40 Jahren.⁴⁴

Sehr vorteilhaft kann der Einsatz von Solarmodulen im mobilen Bereich sein. Aufgrund der Flexibilität und dem entbehrlichen Anschluss an das

⁴¹ Vgl. Quaschnig, Volker: a.a.O., S. 56 f.

⁴² Vgl. Beer, Michael u. a.: a.a.O., S. 19.

⁴³ Vgl. Häberlin, Heinrich, a.a.O., S. 6 f.

⁴⁴ Vgl. Böhme, Dieter/ Dürrschmidt, Wolfhart: a.a.O., S. 48.

öffentliche Stromnetz herrscht hier ein erhebliches Einsparpotential bei den Installationskosten.⁴⁵

Viele Vorteile bieten sich gesamtwirtschaftlich gesehen. Hier ist natürlich die Umweltfreundlichkeit der größte Gewinn. Jedes erzeugte Kilowatt Peak erspart der Umwelt ca. 500 kg CO₂-Ausstoß pro Jahr, was der Abgasmenge eines Autos auf einer Strecke von etwa 6.000 Kilometern gleichsteht.⁴⁶

Auch die PV-Anlage selbst ist sehr umweltverträglich. Ihre Bestandteile Oberglas, Module, Silizium und Aluminiumrahmen können nach dem Gebrauch wieder verwendet werden und die bei der Produktion verbrauchte Energie wird in den nachfolgenden Jahren der Nutzung schnell wieder eingespart.⁴⁷

⁴⁸Die externen Kosten der Energiegewinnung mit Erneuerbaren Energien sind sehr gering, während der konventionellen Gewinnung die Schäden von Umwelt und Gesundheit angerechnet werden. Grundsätzlich sind externe Kosten nicht in den Energiepreisen enthalten, da sie nicht von den Verursachern getragen werden. Dies kann allerdings passieren, wenn beispielsweise zusätzliche Kosten für Emissionszertifikate entstehen.

Gesamtwirtschaftlich positiv ist auch die Schaffung von Arbeitsplätzen, so sind derzeit mit steigender Tendenz 20.000 Menschen in der Photovoltaik-Branche beschäftigt.⁴⁹

⁴⁵ Vgl. Roth, Werner/ Steinhüser, Andreas: Photovoltaische Energieversorgung für Verbraucher im kleinen und mittleren Leistungsbereich, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), a.a.O., S.175.

⁴⁶ Vgl. Beer, Michael u. a.: a.a.O., S. 17.

⁴⁷ Vgl. Häberlin, Heinrich, a.a.O., S. 7

⁴⁸ Vgl. Wenzel, Bernd: Strom aus erneuerbaren Energien – Was kostet uns das?, BMU (Hrsg.), 9. Aufl., Berlin 2008, S. 34 f.

⁴⁹ Vgl. Liebing, Alexandra/ Schulz, Jürgen: a.a.O., S. 13 f.

4 Fördermöglichkeiten

Die Förderung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen spielt beim Durchbruch der erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle.

Seit Jahresbeginn existiert zur Förderung der energiebedingten Solarnutzung neben dem „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien“ (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) auch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Die im Sommer 2008 verabschiedeten, auch als Wärme-gesetz bekannten Regelungen sehen neben den Fördermöglichkeiten auch einen Mindestbetrag erneuerbarer Wärme bei Neubauten vor.

Da in der Gemeinde Plüderhausen nur PV-Anlagen in Betracht gezogen werden, wird auf das genannte Wärme-gesetz hier nicht näher eingegan-gen. Stattdessen werden in drei Unterpunkten die Historie der Förderung von PV-Anlagen, das EEG im Allgemeinen und die Einspeisevergütung im Speziellen abgehandelt. Förderungen von PV-Anlagen über die KfW Ban-kengruppe spielen bei privaten Haushalten nicht aber für Kommunen eine Rolle und werden innerhalb dieser Arbeit deshalb nicht aufgeführt.

4.1 Anfänge der Förderung

⁵⁰Bereits Mitte der achtziger Jahre entstanden mit Aufnahme der Projekt-förderung durch die Generaldirektion 17 der EG-Kommission vereinzelt Projekte privater Investoren. Zudem waren auch erste hoheitliche Maß-nahmen zu beobachten, wie die Errichtung des Photovoltaik-Hauses der Stadtwerke Saarbrücken in Ensheim beispielsweise.

⁵¹Den Durchbruch brachte zu Beginn der neunziger Jahre das so genann-te 1.000-Dächer-Programm des Bundesforschungsministeriums (BMFT). So wurden bis Ende des Jahres 1995 mehr als 2.000 netzgekoppelte An-lagen auf Dächern installiert und erprobt. Die je Anlage zulässige zu instal-lierende Spitzenleistung bewegte sich zwischen einem und fünf Kilowatt.

⁵⁰ Vgl. Schmid, Jürgen: a.a.O., S. VII.

⁵¹ Vgl. Kiefer, K./ Erge, T. u. a.: Auswertungen aus dem Bund-Länder-1000-Dächer-Photovoltaik-Programm, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), a.a.O., S. 324.

Die Gesamthöhe der Förderung betrug 70 Prozent der Investitionskosten, bei einer gegebenen Obergrenze der spezifischen Investitionskosten (27.000 DM/ kW_p). Das Projekt wurde sowohl vom Bund als auch von den jeweiligen Bundesländern gefördert.

Im Januar 1991 trat das Stromeinspeisungsgesetz - kurz StrEG - in Kraft, welches im April 2000 durch das heute gültige EEG ersetzt wurde.

4.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das im Jahr 2000 vom Bund beschlossene EEG geht dem Energiewirtschaftsgesetz als *lex specialis* vor. Am 01.01.2009 trat die bislang zweite umfassende Novellierung des Gesetzes in Kraft. Durch das EEG werden Netzbetreiber verpflichtet, Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen und vorrangig in das Stromnetz einzuspeisen. Diese Grundidee, den Betreibern eine gewisse Planungssicherheit zu verschaffen, wurde erstmals mit dem vorangegangenen Stromeinspeisungsgesetz erschaffen und zeigte eine positive Wirkung. Mit dem heutigen Gesetz werden neben der direkten Sonnenenergienutzung auch die Potenziale aus Wind, Wasser, Biomasse und Erdwärme gefördert. Das Hauptziel des EEG ist die deutliche Erhöhung des Stromanteils aus erneuerbaren Energien, welches durch die Novellierungen des Gesetzes quantitativ angepasst wird. Weitere Ziele ergeben sich aus dem § 1 EEG.⁵²

International stößt das Gesetz auf Anerkennung. So gab es im Jahr 2007 bereits in 18 Ländern der Europäischen Union vergleichbare Fördermaßnahmen.⁵³

4.3 Einspeisevergütung von solarer Strahlungsenergie

Das EEG garantiert den Betreibern einer PV-Anlage eine gleich bleibende Einspeisevergütung für einen Zeitraum von 20 Jahren zuzüglich des Jah-

⁵² Vgl. Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien vom 01.04.2000 in der Fassung vom 01.01.2009.

⁵³ Vgl. BMU: EEG – Das Erneuerbare Energien Gesetz, Berlin 2007, S. 21.

res der Inbetriebnahme. Für diese Bestimmung genießt der Anlagenbetreiber, auch im Falle einer künftigen Änderung des Gesetzes, einen abgesicherten Vertrauensschutz.⁵⁴ Um einen sicheren Nachweis über den Ertrag zu erlangen, wird ein Einspeisezähler benötigt.

Die festgesetzten Vergütungstarife unterliegen einer jährlich prozentualen Absenkung je nach Jahr der Installation, da von einer Kostensenkung bei den PV-Anlagen ausgegangen wird. Diese Absenkung fällt in den kommenden Jahren, je nach dem wie viele Module jeweils im Vorjahr installiert wurden, höher oder tiefer aus. Bei Anrechnung der höheren Degressionsstufe entstehen für die nächsten Jahre folgende Vergütungssätze:

Tabelle 2: Vergütungssätze bei 10-prozentiger Degression ab 2011

Inbetriebnahmejahr	Anlagen auf oder an Gebäudedach	
	Anteil bis 30 kWp in Cent	Anteil über 30 bis 100 kWp in Cent
2006	51,80	49,28
2007	49,21	46,82
2008	46,75	44,48
2009	43,01	40,91
2010	39,14	37,23
2011	35,23	33,51
2012	31,71	30,16

Quelle: §§ 20, 33 EEG, eigene Darstellung.

Abhängig vom Jahr der Inbetriebnahme werden für die folgenden 20 Jahre die entsprechenden Vergütungssätze pro kW_p ausgezahlt. Übersteigt die eingespeiste Menge die Grenze von 30 kW_p wird für die darüber liegende Menge ein verringerter Satz angerechnet.

5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Frage der Wirtschaftlichkeit spielt bei der Anwendung erneuerbarer Energien eine Schlüsselrolle. Sie kann trotz vieler positiver Aspekte ein Grund für das Verhindern des Einsatzes erneuerbarer Energien sein.

⁵⁴ Vgl. Ebenda, S. 24.

5.1 Grundsätze der Wirtschaftlichkeit

„Die Ausrichtung jeglichen Verwaltungshandelns nach dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit soll die bestmögliche Nutzung von Ressourcen bewirken.“⁵⁵ Aufgrund des Spannungsverhältnisses zwischen den bestimmten Zielen und knappen Ressourcen ist wirtschaftliches Handeln generell unerlässlich.⁵⁶ Die Knappheit betrifft hierbei neben den fossilen Ressourcen verschiedene Faktoren wie Arbeit und vor allem Kapital. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip ist bereits dem Grundgesetz⁵⁷ in Artikel 114 Abs. 2, S. 1 zu entnehmen; die Sparsamkeit wird zudem in der Baden-Württembergischen Gemeindeordnung vorgeschrieben: „Die Haushaltswirtschaft ist sparsam und wirtschaftlich zu führen“.⁵⁸

⁵⁹Eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit ist notwendig, um bei Maßnahmen die günstigste Relation zwischen dem verfolgten Zweck und den einzusetzenden Mitteln zu ermitteln. Sie gliedert sich in zwei Bereiche:

⇒ mit einem bestimmten Einsatz von Mitteln soll das bestmögliche Ergebnis ("Ergiebigkeitsprinzip")

oder

⇒ ein bestimmtes Ergebnis soll mit möglichst geringem Einsatz von Mitteln ("Sparsamkeitsprinzip")

erzielt werden. Beim Ergiebigkeitsprinzip wird somit ermittelt welche Ziele mit welchen Alternativen wie gut erreicht werden, währenddessen beim Sparsamkeitsprinzip nach der wirtschaftlichsten konkreten Ausführungsvariante mit der optimalen Alternative gesucht wird.

⁵⁵ Albers, Heinrich/ Rohloff, Ulf (Hrsg.): Finanzierung kommunaler Investitionen, 3. Aufl., Wiesbaden 2007, S. 175.

⁵⁶ Vgl. Hieber, Fritz: Öffentliche Betriebswirtschaftslehre – Grundlagen für das Management in der öffentlichen Verwaltung, 5. Aufl., Sternenfels 2005, S. 26.

⁵⁷ Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 in der Fassung vom 28. August 2006.

⁵⁸ § 77 Abs. 2 Gemeindeordnung Baden-Württemberg, Auszug des Entwurfes des Innenministeriums, Stand: 26.09.2005.

⁵⁹ Vgl. Finanzministerium Baden-Württemberg: Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Stuttgart 2000, S. 7.

Auch das ökonomische Prinzip umfasst zum einen das Minimalprinzip, welches bei gegebenem Ziel einen minimalen Einsatz der Ressourcen fordert (Analogie zum Sparsamkeitsprinzip), zum anderen das ihm gegenüberstehende Maximalprinzip, welches besagt dass bei vorgegebenen Mitteln eine maximale Aufgabenerfüllung erreicht werden soll (Analogie zum Ergiebigkeitsprinzip).⁶⁰

5.2 Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Wirtschaftlichkeitsrechnungen zielen darauf ab, die Vorteilhaftigkeit von Maßnahmen rechnerisch zu beurteilen. Hierbei unterscheidet man

- die isolierte Betrachtung einer einzelnen Maßnahme und
- den Vergleich von mindestens zwei Maßnahmen.⁶¹

In vielen Fällen haben diese Maßnahmen den Charakter von Investitionen, auf welche im Folgenden näher eingegangen wird. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen können neben dem Instrument der Planung einer Investition auch ein Kontrollinstrument darstellen.

⁶²In der privaten Wirtschaft spielen entwickelte Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechnungen eine große Rolle. So werden vor jeder größeren Investition nach bestimmten Methoden Vergleichsrechnungen durchgeführt, welche aussagen sollen, ob sich die Investition für den Betrieb lohnt. Diese Vergleiche werden unter Berücksichtigung von erwarteten Gewinnen errechnet, wodurch sich die öffentliche Wirtschaft grundlegend von der Privatwirtschaft unterscheidet. Bei der Überlegung, welche Entscheidung im öffentlichen Haushalt wirtschaftlicher ist, kommt es nicht auf die Ge-

⁶⁰ Vgl. Hieber, Fritz, a.a.O., S. 28.

⁶¹ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: Kommunale Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung – Fachbuch mit Beispielen und praktischen Übungen und Lösungen, 8. Aufl., Witten 1996, S. 336.

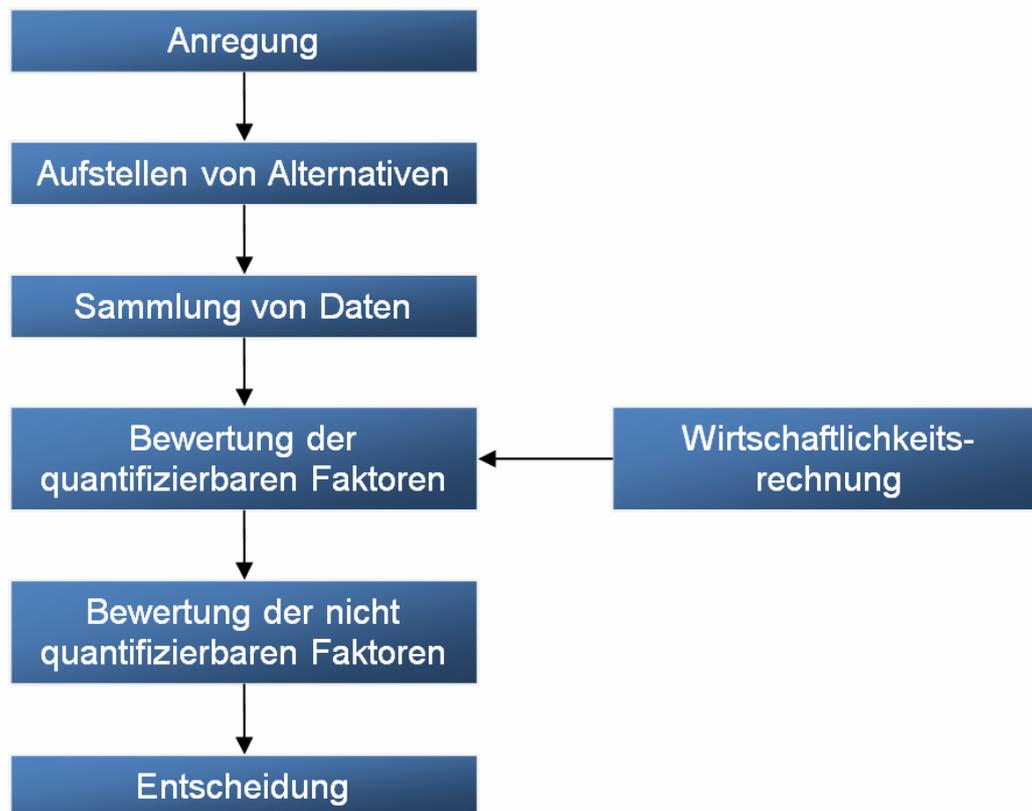
⁶² Vgl. Fiebig, Helmut: Kommunale Kostenrechnung und Wirtschaftlichkeitsteuerung. Ziele – Methoden – Ergebnisse, 3. Aufl., Berlin 2004, S. 195 f.

winnabsicht an, sondern darauf, welche Investition bei der Beschaffung und in den Folgejahren die geringsten Kosten verursacht.

⁶³Die Wirtschaftlichkeitsrechnungen bieten eine Entscheidungshilfe bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, sie ist somit ein Teilbereich. Ursachen für eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sind neben der Überlegung, ob sich die Stromgenerierung mit regenerativen Energien auszahlt, auch die klassischen Fälle wie z. B. eine Rechtsnorm oder Anstöße von Bürgern.

Eine umfassende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung gliedert sich in verschiedene Phasen:

Abbildung 6: Einzelne Phasen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung



Quelle: Klümper, Bernd, u. a.: Kommunale Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung – Fachbuch mit Beispielen und praktischen Übungen und Lösungen, 8. Aufl., Witten 1996, S. 337.

⁶³ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 336.

Die Übersicht sagt aus, dass nachdem eine auslösende Anregung besteht, eventuelle Alternativen gesucht werden müssen, woraufhin umfassende Daten zu den Alternativen gesammelt werden. Sehr wichtig für die folgende Wirtschaftlichkeitsrechnung ist die Vollständigkeit der aufgearbeiteten Daten, denn das Fehlen bestimmter Folgekosten beispielsweise ist nach der abgeschlossenen Berechnung schwer zu korrigieren. Bevor die abschließende Entscheidung getroffen wird, werden zusätzlich die nicht quantifizierbaren Faktoren erhoben, um diese weitest möglich zu bewerten.

⁶⁴Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden je nach Größe und Bedeutung der Investition unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Sie lassen sich unterteilen in:

- Verfahren nach statischen Methoden und
- Verfahren nach dynamischen Methoden.

Der Unterschied besteht darin, dass bei den dynamischen Methoden der Faktor Zeit finanziellen Auswirkungen unterstellt ist.

⁶⁵Daneben existieren zudem Simultanmodelle und Nutzen-Kosten-Methoden. Simultane Modelle betrachten zusätzlich Beziehungen zu anderen betrieblichen Bereichen, da sie allerdings in der kommunalen Verwaltungspraxis meist unbeachtet bleiben, wird in dieser Arbeit nicht näher darauf eingegangen. Auf die dahingegen für die öffentliche Verwaltung interessanteren Nutzen-Kosten-Methoden geht die Arbeit jedoch im späteren Verlauf vertieft ein.

⁶⁴ Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 195.

⁶⁵ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 336.

5.3 Statische Methoden

Die statischen Methoden betrachten ausschließlich die Zahlungsströme, die in absoluten Zahlen gemessen werden.⁶⁶ Alle Variablen werden auf einen einheitlichen Zeitpunkt bezogen. Dadurch sind statische Methoden verhältnismäßig einfach strukturiert und werden deshalb auch einfache Verfahren genannt. Sie kommen mittlerweile bei Maßnahmen mit nur geringerer finanzieller Bedeutung bzw. bei relativ kurzer Nutzungsdauer zur Anwendung.⁶⁷

Innerhalb der statischen Wirtschaftlichkeitsrechnung unterscheidet man vier verschiedene Berechnungsmöglichkeiten:

- (1) Kostenvergleichsrechnung,
- (2) Gewinnvergleichsrechnung,
- (3) Rentabilitätsrechnung und
- (4) Amortisationsrechnung.⁶⁸

Mittels der Kostenvergleichsrechnung (1) wird die Kostenersparnis durch eine Neubeschaffung untersucht, welche dabei den Absatz einer produzierten Menge unterstellt. Wie auch die übrigen drei Methoden wird sie vernehmlich bei der Auswahl zwischen mindestens zwei angebotenen Investitionen angewandt. Die Gewinnvergleichsrechnung (2) berücksichtigt zusätzlich die aus den Investitionen resultierenden Leistungen und ermittelt den Gewinn als Differenz zwischen Leistung und Kosten.⁶⁹ In der Rentabilitätsrechnung (3), welche aufgrund verschiedener Begriffsdefinierungen unterschiedlich bezeichnet wird, wird der jährliche Gewinn ins Verhältnis zum durchschnittlich gebundenen Kapital gesetzt.⁷⁰ Anhand des Amortisationsvergleichs (4) wird die Frage beantwortet, ob und in welcher

⁶⁶ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 196.

⁶⁷ Vgl. Schmidt, Jürgen: Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Verwaltung, 7. Aufl., Berlin 2006, S. 167.

⁶⁸ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 12. Aufl., Herne 2007, S. 169 ff.

⁶⁹ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 342.

⁷⁰ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: a a.O., S. 194.

Zeit das eingesetzte Kapital durch die Gewinne aufgrund der Investition wieder erzielt wird.⁷¹

5.4 Dynamische Methoden

Bei den aussagekräftigeren dynamischen Methoden erfolgt die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Investitionsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Zeit und Zins, somit werden die zeitlichen Unterschiede von Einzahlungen und Auszahlungen bzw. Ersparnissen in gleichen oder aber auch unterschiedlichen Höhen eingerechnet.⁷² Üblicherweise wird bei den Methoden mit einer Investition gerechnet, auf die neben eventuell anfallenden Ausgaben vor allem erwartete Gewinne bzw. Ersparnisse folgen. Nachstehend werden später zur Anwendung kommende Methoden ausführlich erläutert, während weitere Methoden anschließend nur kurz dargestellt werden.

5.4.1 Finanzmathematische Grundlage

Basierend auf der zugrunde liegenden Rechentechnik werden die dynamischen Methoden auch finanzmathematische Verfahren genannt, im Folgenden sollen die Grundlagen erläutert werden.⁷³

⁷⁴Um Einnahmen und Ausgaben, die im Laufe der Nutzungsdauer zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen vergleichbar zu machen, müssen sie durch ein Auf- oder Abzinsen auf einen Bezugszeitpunkt umgerechnet werden. Der Bezugspunkt liegt meistens am Beginn oder alternativ am Ende des Investitionsvorhabens. Wenn nun ein Betrag erst in der Zukunft fällig wird, ist er bezogen auf heute weniger wert und muss abgezinst werden. Bei der Aufzinsung verhält es sich dementsprechend umgekehrt.

Zur Vereinfachung werden die innerhalb eines Jahres liegenden Einnahmen und Ausgaben werden jeweils zu einer Summe addiert und am Ende

⁷¹ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 199.

⁷² Vgl. Ebenda, S. 201.

⁷³ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 342.

⁷⁴ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 175 f.

des Jahres verrechnet. Auch der Bezugszeitpunkt wird der Einfachheit halber immer auf den Anfang des Jahres gelegt.⁷⁵

Um, wie in der späteren Ausführung, den Gegenwartswert des zukünftig fälligen Betrages (Endwert) zu errechnen, wird die Abzinsungsformel verwendet.⁷⁶

$$\text{Gegenwartswert} = \text{Abzinsungsfaktor} \times \text{Endwert}$$

Der Abzinsungsfaktor selber berechnet sich unter Verwendung des Zinsfaktors (Zinssatz / 100) nach n Jahren wie folgt:⁷⁷

$$\text{Abzinsungsfaktor} = \frac{1}{(1 + \text{Zinsfaktor})^n}$$

Soweit über mehrere Perioden Einnahmen oder Ausgaben in nicht unterschiedlicher Höhe entstehen, wird eine Zahlungsreihe gebildet.⁷⁸ Alle Glieder dieser Zahlungsreihe können zur Vereinfachung mit dem so genannten Rentenbarwertfaktor abgezinst werden.⁷⁹ Die Berechnung der konstanten Rückflüsse im Zeitablauf ist die einfachste Form.⁸⁰ Da dieser Rentenbarwertfaktor in der späteren Wirtschaftlichkeitsberechnung keine Anwendung findet wird hier allerdings nicht näher auf ihn eingegangen.

5.4.2 Kapitalwertmethode

Die dynamische Methode des Kapitalwerts wird verwendet, um den Gegenwartswert einer Investition zu errechnen. Alle mit der Investition in Zusammenhang stehenden Ausgaben und Einnahmen (bzw. Ersparnisse) werden dabei berücksichtigt und bewertet.⁸¹ Die laufenden Ausgaben und

⁷⁵ Vgl. Bitz, Michael, u. a.: Investition – Multimediale Einführung in finanzmathematische Entscheidungskonzepte, Wiesbaden 2002, S. 48.

⁷⁶ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: a.a.O., S. 51 f.

⁷⁷ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 176.

⁷⁸ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: a.a.O., S. 54.

⁷⁹ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 178.

⁸⁰ Vgl. Kruschwitz, Lutz: Finanzierung und Investition, 5. Aufl., München 2007, S. 53.

⁸¹ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 202.

Einnahmen werden auch als Rückfluss bezeichnet.⁸² Dieser jährliche Rückfluss wird anhand eines Kalkulationszinssatzes mit Hilfe der beschriebenen Abzinsung auf den Investitionsbeginn diskontiert.⁸³ Den Kapitalwert der Investition erhält man, indem man nun alle abgezinsten Rückflüsse mit der Investitionsausgabe verrechnet.

⁸⁴Die Berechnung erfolgt in folgendem Ablauf:

- (1) Die Investitionsausgaben sowie sämtliche mit der Investition in den einzelnen Jahren der Nutzungsdauer zusammenhängende als Rückfluss relevante Angaben werden ermittelt bzw. prognostiziert.
- (2) Der Kalkulationszinssatz ist zu wählen.
- (3) Der berechnete Rückfluss wird mit dem gewählten Kalkulationszins auf den Bezugszeitpunkt abgezinst. Auch ein eventueller Restwert der Investition nach dem Ende der Nutzungsdauer wird abgezinst.
- (4) Die abgezinsten Jahressummen sind zu addieren. Aus dieser Aufrechnung resultiert der Kapitalwert.

Der Kapitalwert hängt entscheidend von der Höhe des gewählten Kalkulationszinsses ab. Mit diesem Zins wird der Wert der jährlichen Zahlungsströme festgelegt. Er sollte dem Zinssatz entsprechen, der für die Aufnahme von Kommunalkrediten gezahlt werden muss oder alternativ die Höhe, den die Gemeinde erhalten würde, wenn sie vorhandenes Kapital nicht investierte, sondern anderweitig anlegen würde.⁸⁵

⁸⁶Die Investition ist bei einer Einzelmaßnahme vorteilhaft, wenn der Kapitalwert nicht negativ ist, denn somit wird die erwartete Mindestverzinsung erreicht. Grundsätzlich ist die Kapitalwertmethode in Fällen von unterschiedlich hohen Einnahmen bzw. Ausgaben anzuwenden, da hier eine reine Kostenvergleichsmethode unzulässig ist.

⁸² Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 432.

⁸³ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: a a.O., S. 48.

⁸⁴ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 179 f.

⁸⁵ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 203.

⁸⁶ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 181.

5.4.3 Dynamische Amortisationsrechnung

Die dynamische Amortisationsrechnung stellt eine Verfeinerung zur statischen Amortisationsrechnung dar. Die zeitliche Erfassung baut auf der Kapitalwertmethode auf, jedoch nicht nur als Einjahresrechnung. Vielmehr werden die abgezinsten Jahressummen so lange kumuliert, bis der Kapitalwert der Investition erstmals den Wert null erreicht.⁸⁷ Somit wird dynamisch der Zeitraum ermittelt, in welchem das für eine Investitionsmaßnahme eingesetzte Kapital durch die aus dieser Investition zu erzielenden abgezinsten Kapitalrückflüsse wieder gewonnen wird.⁸⁸

⁸⁹Die Berechnung erfolgt wie in der Kapitalwertmethode über die Rückflüsse in den einzelnen Jahren, die mit dem angenommenen Kalkulationszins abgezinst werden. Durch das jeweils jährliche Kumulieren der gewonnenen Werte ist ersichtlich, in welchem Jahr der Kapitalwert null erreicht wird und somit die Investition amortisiert ist.

Ebenso ist es möglich den genauen Zeitpunkt per Rechenformel zu bestimmen.

⁹⁰Eine Investition ist im Sinne des dynamischen Amortisationskriteriums vorteilhaft, wenn ihre tatsächliche Amortisationszeit nicht größer ist als die maximale vorbestimmte Amortisationszeit. Da die Vorgabe einer maximalen Amortisationszeit problematisch ist, werden Investitionen, deren dynamische Amortisationszeit innerhalb ihrer Nutzungsdauer als vorteilhaft erachtet.

5.4.4 Weitere Methoden

Zu den dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnungen gehören neben den Methoden zur Errechnung des Kapitalwerts und der Amortisation auch die Annuitätsmethode sowie die interne Zinsfußmethode.

⁸⁷ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 186.

⁸⁸ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O, S. 407.

⁸⁹ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 186 f.

⁹⁰ Vgl. Däumler, Klaus-Dieter/ Grabe, Jürgen: a a.O., S. 226.

Die Annuitätsmethode, auch Annuitätenmethode genannt, baut ebenfalls auf der Kapitalwertmethode auf.⁹¹ Der Unterschied ist auf den Begriff Annuitäten zurückzuführen. Dieser stammt aus dem Kreditwesen und steht für einen über die gesamte Laufzeit des Kredits gleich bleibenden Jahresbetrag der sich aus Zinsen und Tilgung in jährlich unterschiedlicher Höhe zusammensetzt.⁹² Das Verhältnis der beiden Anteile dreht sich mit zunehmender Laufzeit. So errechnet die Methode aus den Zahlungsströmen einer Investition unter Berücksichtigung von Zinseffekten durchschnittliche jährliche Einnahmen und durchschnittliche jährliche Ausgaben. Vorteilhaft ist die Investition dann, wenn die Einnahmeannuität größer als die Ausgabeannuität ist.⁹³

Die interne Zinsfußmethode beruht nicht wie die bisherigen Methoden auf einem gewählten Kalkulationszinssatz. Vielmehr wird gerade die tatsächliche Verzinsung, sprich die Rendite einer Investition errechnet.⁹⁴ So wird methodisch der Zinsfuß gesucht, der zum Kapitalwert null führt, was dann der Fall ist, wenn die Summe der abgezinsten Einnahmen bzw. Ersparnisse gleich der Summe der abgezinsten Ausgaben ist.⁹⁵ Damit ist die Fragestellung der Kapitalwertmethode gewissermaßen umgedreht. Bei einer vorteilhaften Investition ist der errechnete interne Zinsfuß größer als der eigentliche Kalkulationszinssatz. Auf diese interne Rendite sollte aufgrund der in Kapitel 5.2 beschriebenen speziellen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen öffentlicher Haushalte in der Gemeindeverwaltung jedoch kein gesteigerter Wert gelegt werden.

⁹¹ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 206.

⁹² Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 184.

⁹³ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 446 f.

⁹⁴ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 182.

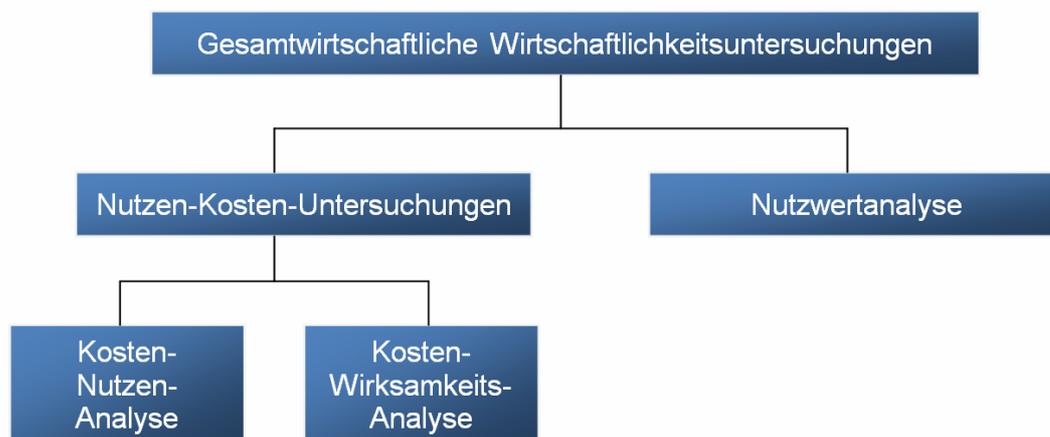
⁹⁵ Vgl. Fiebig, Helmut: a.a.O., S. 209.

5.5 Nutzen-Kosten-Methoden

⁹⁶Die bisherig genannten statischen und dynamischen Verfahren beziehen sich auf den innerbetrieblichen Bereich und dienen damit der Entscheidungsfindung von betrieblichen (Teil-)zielen. Hier spricht man auch von einzelwirtschaftlichen Verfahren. Gerade im öffentlichen Bereich ist diese Fragestellung oftmals zu eng. Da im öffentlichen Sektor das Gemeinwohl stets im Vordergrund steht, sollten bei der Entscheidungsfindung neben dem betrieblichen Bereich auch die außerbetrieblichen und damit alle Faktoren, die sich durch eine Investition für die Allgemeinheit ergeben, beachtet werden. Solche Investitionen mit Auswirkungen auf die Umwelt können außer den CO₂-einsparenden Sonnenmodulen beispielsweise Müllverbrennungsanlagen sein, die wiederum Luftverschmutzung und ähnliche Faktoren zur Folge haben. Die gesellschaftlichen Fragestellungen werden in der Gruppe der Nutzen-Kosten-Methoden mit abgedeckt, weswegen sie als Pendant zu den einzelwirtschaftlichen Verfahren auch als gesamtwirtschaftliche Verfahren angesehen werden.

Hieraus lässt sich folgende grundlegende Darstellung ableiten:

Abbildung 7: Einteilung der Nutzen-Kosten-Methoden



Quelle: Schmidt, Jürgen: Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Verwaltung, 7. Aufl., Berlin 2006, S. 166, modifizierte Darstellung.

⁹⁶ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 342 f.

5.5.1 Anwendung in der Kommune

⁹⁷Trotz der klassischen Einteilung in die gesamtwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kommen in der Verwaltung die Nutzen-Kosten-Methoden bei der Entscheidung über Einzelmaßnahmen oft als einzelwirtschaftliche Untersuchung - in vereinfachter Form - zur Anwendung. Vielmals werden für die Entscheidungen über Einzelmaßnahmen in der Verwaltungspraxis keine ausführlichen Nutzen-Kosten-Untersuchungen in Betracht gezogen, da sie zu aufwendig wären. Gerade bei Investitionen mit einer spürbaren Außenwirkung wie bei der Investition in Sonnenenergienutzung könnte jedoch eine vereinfachte Nutzen-Kosten-Untersuchung unter Berücksichtigung der Grundgedanken durchgeführt werden. So kann allein die gedankliche Durchdringung des Stoffs durch das Erfassen und Beschreiben der Nutzen eine sehr vorteilhafte Wirkung auf die Entscheidung haben.

5.5.2 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Nutzen-Kosten-Analyse (KNA, auch cost-benefit analysis) stellt im öffentlichen Sektor wohl das bekannteste wirtschaftlichkeitsanalytische Verfahren dar und verknüpft die privatwirtschaftlich orientierten Investitionsrechnungen mit den Vorstellungen der sozialen Wohlfahrt, sprich der Bedürfnisbefriedigung aller Individuen in einer Gesellschaft.⁹⁸ Wie der Name bereits aussagt, werden Kosten (Nachteile) und Nutzen (Vorteile) einer Maßnahme zueinander in Beziehung gesetzt. Dabei geht es um folgende Entscheidungsprobleme:⁹⁹

- a. Ein Projekt steht zur Wahl. Die ökonomische Vorteilhaftigkeit dessen Durchführung ist zu bestimmen.

⁹⁷ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 195.

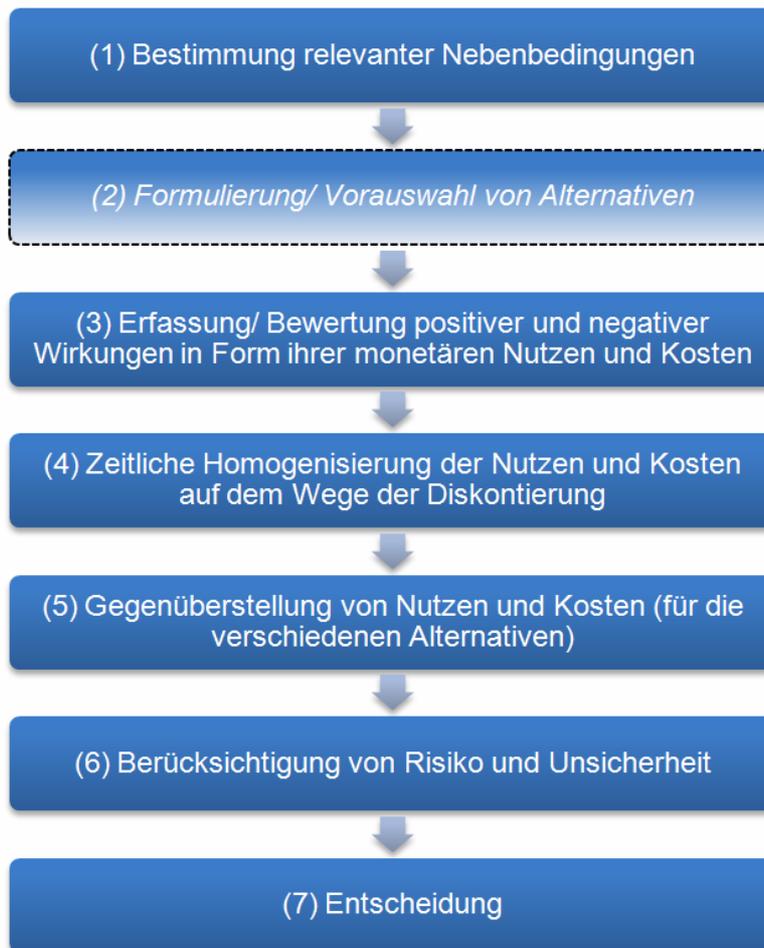
⁹⁸ Vgl. Hanusch, Horst: Nutzen-Kosten-Analyse, 2. Aufl., München 1994, S. 1 f.

⁹⁹ Vgl. Eggeling, Gerhard: Nutzen-Kosten-Analysen bei öffentlichen Investitionen, in: Schneider, Hans (Hrsg.): Nutzen-Kosten-Analysen bei öffentlichen Investitionen, Münster 1971, S. 8.

- b. Mehrere Projekte stehen zur Wahl. Das relativ vorteilhafteste der sich gegenseitig aus technischen oder ökonomischen Gründen ausschließenden Alternativen ist zu bestimmen.
- c. Das verfügbare Investitionsbudget lässt nicht die Durchführung sämtlicher vorteilhafter Projekte zu. Die relativ vorteilhaftesten Projekte sind herauszufinden.

Im Folgenden geht es insbesondere um das erstgenannte Entscheidungsproblem, bei welchem die Realisierung einer isoliert betrachteten Maßnahme zur Disposition steht. Eine solche Maßnahme ist grds. vorteilhaft, wenn der Nutzen der untersuchten Maßnahme ihre Kosten übersteigt oder zumindest gleich den Kosten ist. Nach herkömmlicher Auffassung ist die KNA mit folgenden Teilaufgaben verbunden:

Abbildung 8: Gliederung der Kosten-Nutzen-Analyse



Quelle: Hanusch, Horst: Nutzen-Kosten-Analyse, 2. Aufl., München 1994, S. 6, eigene Darstellung.

¹⁰⁰(1) Zunächst sollte unbedingt Klarheit über die einschränkenden Nebenbedingungen geschaffen werden, welche in der konkreten Entscheidungssituation eine bedeutsame Rolle spielen. Je nach Zielsetzung kann es sich hier um Einschränkungen aufgrund finanzieller, politischer, gesetzlicher, technologischer oder sozialer Rahmenbedingungen handeln. Häufig zieht das formulierte Ziel auch bereits solche Nebenbedingungen mit sich, welche sich hinter bestimmten qualitativ oder quantitativ begrenzten Standards verbergen.

(2) Soweit mögliche substituierte Maßnahmen bestehen, sollten diese in Betracht gezogen werden. Doch welche Anzahl geschweige denn ob überhaupt vergleichbare Möglichkeiten gesucht werden müssen ist nicht grundsätzlich bestimmt.

(3) Alle Vor- und Nachteile im gesamten Zeitablauf müssen, gesammelt werden. Um sie vergleichbar zu machen sind tatsächliche, berichtigte oder angenommene Marktpreise zugrunde zu legen.¹⁰¹ Hierbei bildet die Differenz aus den Nutzen und den negativen Wirkungen den Nettonutzen. Der Wohlfahrtsnutzen wird dabei positiv anhand des volkswirtschaftlichen Nutzens und im Negativen durch das Konzept der Opportunitätskosten mit berücksichtigt.¹⁰² Da die Verwendung von Marktpreisen in der Realität nicht immer ohne weiteres möglich ist und sich die monetäre Bewertung des Öfteren schwierig gestaltet, können Hilfsgrößen, wie z. B. Befragungsergebnisse herangezogen werden.¹⁰³ Soweit der Nutzen allerdings nicht mehr monetär bewertbar ist, muss er möglichst genau beschrieben werden, um bei der Bewertung mit einfließen zu können.¹⁰⁴

¹⁰⁵Was die Bewertungstheorien hier an präziser Betrachtung zu bieten haben, erscheint verwerflicherweise oftmals als rein formale Überlegung. Denn in der Praxis müssen entstehende Schwierigkeiten bei der Umsetzung auf möglichst einfache Weise gelöst werden. Beim überwiegenden

¹⁰⁰ Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 10 ff.

¹⁰¹ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 197.

¹⁰² Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 57.

¹⁰³ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 464 f.

¹⁰⁴ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 197.

¹⁰⁵ Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 14 ff.

Teil der öffentlichen Vorhaben gehen die Auswirkungen im Regelfall nicht über die lokale Ebene hinaus und haben keinen Einfluss auf den Marktpreis. Aufgrund dieser geringen gesamtwirtschaftlichen Bedeutung spricht man hier auch nur von kleinen Projekten.

(4) Im nächsten Schritt sollte der Aspekt der Zeit in die Rechnung mit einbezogen werden. Am besten ist dies mit der finanzmathematischen Berechnung des Kapitalwertes möglich.¹⁰⁶ So ist ebenfalls gewährleistet, dass die in der Zukunft liegenden Kosten und Nutzen nicht den gleichen Stellenwert wie sofort anfallende Vor- oder Nachteile erhalten, sondern durch die Abzinsung geringer bewertet werden.¹⁰⁷ Um die Kosten und Nutzen zu homogenisieren, wird als gemeinsamer Zeitpunkt bei der so genannten Diskontierung üblicherweise der Beginn des Projektes gewählt.¹⁰⁸ So erhält man den Nettogegenwartswert.

(5) Während bei mehreren Alternativen eine Rangfolge gebildet wird, kann die Entscheidung über die Realisierung einer isolierten Einzelentscheidung relativ simpel anhand des Nettogegenwartswertes gefällt werden. Ist dieser Wert größer oder gleich null ist die Maßnahme vorteilhaft, bei einem Wert kleiner als null ist sie nicht vorteilhaft.¹⁰⁹

(6) Selten beruht eine KNA auf vollständigen Informationen über sämtliche Konsequenzen. Bei der Gestaltung einer Maßnahme wie einer öffentlichen Investition besteht eine Vielzahl von Variablen, was ein gewisses Maß an Unsicherheit zur Folge hat.¹¹⁰ Um dieser zu begegnen existieren verschiedene Handlungsregeln oder Nutzentheorien.¹¹¹ In der Praxis wird die Unsicherheit nicht selten durch eine systematische Unterschätzung der Lebensdauer berücksichtigt. So ist in erster Linie darauf zu achten, die Grundanliegen der Nutzen-Kosten-Analyse nicht zu verletzen. Allgemein

¹⁰⁶ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 468 f.

¹⁰⁷ Vgl. Mühlenkamp, Holger: Kosten-Nutzen-Analyse, München 1994, S. 166.

¹⁰⁸ Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 97.

¹⁰⁹ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 469.

¹¹⁰ Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 128 ff.

¹¹¹ Vgl. Kruschwitz, Lutz: a.a.O., S. 81.

ist die Bedeutung des Risikos im öffentlichen Sektor weit geringer einzuschätzen als bei einem privaten Unternehmen.¹¹²

(7) Nach Berücksichtigung aller Faktoren und Rahmenbedingungen kann die endgültige Entscheidung getroffen werden.

5.5.3 Unterschiede der einzelnen Verfahren

Wie in obiger Abbildung 8 ersichtlich, existieren neben der beschriebenen KNA noch die Nutzwert- sowie die Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Die beiden letztgenannten Methoden unterscheiden verglichen mit der KNA durch den völligen Verzicht auf die monetäre Nutzenerfassung. Stattdessen konzentrieren sie sich auf die Ermittlung von Zielerreichungen eines meist mehrdimensionalen Zielsystems.¹¹³

¹¹⁴Anstelle von Geld wird bei der Kosten-Wirksamkeitsanalyse als Maßstab der Bewertung das Zielsystem mit einer Gewichtung der einzelnen Ziele angewandt. Die nicht-monetär gemessenen Kosten und Nutzen werden dann in jeweilige Bewertungsskalen eingeordnet. Somit lässt sich diese Analyseart gut anwenden, soweit eine Quantifizierung in Geld nicht möglich oder zumindest nicht sinnvoll erscheint.

¹¹⁵Durch die Nutzwertanalyse werden alle Informationen quantifizierbar gemacht, ohne sie jedoch monetär zu bewerten. Komplexe Projektalternativen mit verschiedenen Zielen kommen zur Bewertung indem alle Wirkungen im Hinblick auf jedes zu berücksichtigende Ziel ermittelt werden. Die erfassten Zielerreichungen jeder Alternative werden schließlich anhand der den einzelnen Zielen beigemessenen Bedeutsamkeit gewichtet und zum daraus entstehenden Nutzwert zusammengefügt. Diejenige Methode mit dem höchsten Nutzwert ist die vorteilhafteste.

¹¹² Vgl. Hanusch, Horst: a.a.O., S. 133 ff.

¹¹³ Vgl. Mühlenkamp, Holger: a.a.O., S. 7.

¹¹⁴ Vgl. Schmidt, Jürgen: a.a.O., S. 197.

¹¹⁵ Vgl. Klümper, Bernd, u. a.: a.a.O., S. 471.

6 Solaranlagen der Gemeinde Plüderhausen

Plüderhausen ist eine Gemeinde im Rems-Murr-Kreis mit rund 9.600 Einwohnern. Bereits seit mehreren Jahren bestehen seitens der Gemeindeverwaltung Bemühungen die Sonnenenergie zu nutzen. Doch die finanzielle Situation ist sehr angespannt. In diesem Kapitel werden bisherige Anlagen dargestellt, um anschließend eine Anlage beispielhaft herauszunehmen und diese auf ihre Wirtschaftlichkeit hin eingehend zu prüfen.

6.1 Bisherige Solaranlagen

Erstmals bildete sich Mitte der 90er Jahre in Plüderhausen ein Arbeitskreis zum Thema Solarenergie. Den abschließenden Höhepunkt erhielt dieser im Jahr 1998 als eine größtenteils aus Eigenleistung vollbrachte PV-Anlage am zentral gelegenen Feuerwehrhaus montiert wurde. Den Bürgern der Gemeinde sollte dieses Initialprojekt zeigen, wie jeder seinen Strom selber erzeugen kann, um die Umwelt zu schonen und um etwas Unabhängigkeit von teurer werdenden Strompreisen zu schaffen.

Auch die Gemeindeverwaltung hat monatlich einen hohen Stromverbrauch zu tragen. Doch es vergingen einige Jahre bis die Gemeindeverwaltung selber bei diesem Thema Fuß fassen konnte.

Nachdem das neue Energiewirtschaftsgesetz im Juli 2005 die Trennung von Stromlieferant und Stromnetzbetreiber festgelegt hatte, wurden im Februar 2006 in Plüderhausen Gemeindewerke als Eigenbetrieb für die Bereiche Strom, Wasser und Abwasser gegründet. Durch diesen Eigenbetrieb, der als Gegenstand in seiner Betriebssatzung auch den Bau und Betrieb von Stromerzeugungsanlagen vorgesehen hat, konnten erste PV-Anlagen als wirtschaftliche Betätigung unter Abzug der Umsatzsteuer errichtet werden.¹¹⁶ Es folgte die Erkenntnis, dass die Umsetzung der Solaranlagen auch trotz knapper finanzieller Mittel, gerade durch die garantierte Stromabnahme aufgrund des EEGs, möglich ist. So kam 2006 zur ersten

¹¹⁶ Vgl. § 1, Abs. 2 der Betriebssatzung für den Eigenbetrieb Gemeindewerke Plüderhausen vom 16.02.2006 (Anlage 5).

kommunalen Anlage auf der Gemeindehalle noch eine weitere Anlage auf der Sporthalle hinzu und auch im folgenden Jahr wurde wie in nachstehender Tabelle ersichtlich zusätzliche Dachfläche durch PV-Anlagen ausgenutzt.

Tabelle 3: Netzgekoppelte PV-Anlagen der Gemeinde Plüderhausen

Standort	Art des Daches	Leistung	Inbetriebnahme
Staufenhalle (Gemeindehalle)	Steildach	38,76 kWp	24.04.2006
Hohbergsschule Sporthalle	Flachdach	35,36 kWp	15.12.2006
Hohbergsschule Schulgebäude	Flachdach	20,16 kWp	16.11.2007

Quelle: eigene Darstellung.

Die bisher größte Anlage wurde durch eine Auf-Dach-Montage an der Gemeindehalle ermöglicht. Mit Hilfe von Aufständern wurde ebenfalls die gesamte Dachfläche der Sporthalle ausgenutzt. Am Schulgebäude war erst eine Flachdachsanieierung notwendig, ehe 2007 die bislang dritte Anlage installiert werden konnte. Eine anderweitige Nutzung der Sonnenenergie wurde seitens der Gemeindeverwaltung bisher noch nicht verwirklicht.

In der Bevölkerung Plüderhausens hält bereits seit längerer Zeit ein Trend zu Solaranlagen an. So werden hier in privatem Eigentum mittlerweile etwa 50 weitere PV-Anlagen, sowie über 200 Sonnenkollektoren gezählt.¹¹⁷

6.2 Untersuchung der Solaranlage Staufenhalle

Anhand vorgestellter Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird nun eine der bestehenden Anlagen auf ihre Wirtschaftlichkeit hin geprüft. Hierfür bietet sich die PV-Anlage der Staufenhalle an, da sie die längsten Erfahrungswerte mit der höchsten Leistungszahl aufweist. Seitens der Gemeindeverwaltung erfolgte die Berechnung der Wirtschaftlichkeit durch ein vom Stromnetzbetreiber zur Verfügung gestelltes Programm. Nun soll eine un-

¹¹⁷ Expertengespräch mit Hartmut Bausch (Solarteuer bei Bausch-Solartechnik, Mitinitiator des Arbeitskreises Solarenergie) am 10.01.2009.

abhängige Berechnung mit Hilfe der Kapitalwertmethode sowie der dynamischen Amortisationsmethode durchgeführt werden.

Die PV-Anlage wird in Anlage 2 ausführlich vorgestellt. Nachfolgend werden alle für die Berechnung relevanten Daten aufgelistet:

Tabelle 4: Kalkulationsansätze für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Investitionsvolumen:	182.421,62 EUR
Installierte Leistung:	38,76 kWp
Nutzungsdauer:	21 Jahre
Jährlicher Stromertrag:	950 kWh/kWp
Stromerzeugung mit neuem Modul:	36.822 kWh/Jahr
Alterung der Module:	0,5 %/Jahr
Monat der Inbetriebnahme:	Mai 2006
Einspeisevergütung (2006) bis 30 kWp:	0,5180 €/kWh
Einspeisevergütung (2006) 30 -100 kWp:	0,4928 €/kWh
Mischbetrag für die gesamte Vergütung:	0,5156 €/kWh
Jährliche Wartungs- und Reparaturkosten:	1.824 EUR
Jährliche Versicherungspolice:	440 EUR
Kalkulationszinssatz:	4,25%

Quelle: eigene Darstellung/ Berechnung.

Hierbei sind die Investitionskosten, die installierte Leistung sowie der Monat der Inbetriebnahme fest vorgegebene Daten. Die Nutzungsdauer bestimmt sich aus der garantierten Vergütungsdauer von 20 Jahren zuzüglich dem Installationsjahr.¹¹⁸ Zwar erzeugt die Anlage über einen längeren Zeitraum Strom, doch sind die neu zu verhandelnden Abnahmepreise nach der garantierten Vergütungszeit so klein, dass diese folgende Zeit zu vernachlässigen ist. Die Stromerzeugung wird durch die Multiplikation von Peak-Leistung der Anlage und dem jährlichen Stromertrag errechnet. Der jährliche Stromertrag ist hierbei ein Erfahrungswert für diesen Standort. Der Hersteller der Module garantiert nach zwölf Jahren eine Leistung von 90 Prozent, nach 25 Jahren eine Leistung von nunmehr 80 Prozent. Aufgrund von positiveren Erfahrungswerten wird von einem Leistungsverfall

¹¹⁸ Vgl. dazu Kapitel 4.2

von 10 Prozent innerhalb 20 Jahren ausgegangen, was somit jährlich 0,5 Prozent ausmacht.¹¹⁹ Der Mischbetrag wird aus dem prozentualen Anteil von jeweils über 30 kWh und bis 30 kWh des durchschnittlichen jährlichen Stromertrags errechnet. Die jährlichen Wartungs- und Reparaturkosten stellen ein Prozent des Investitionsvolumens dar.¹²⁰ An Versicherungskosten bezahlt die Gemeinde derzeit nur etwa 89 Euro für die Anlage innerhalb der Gebäudeversicherung. Der Aufschlag für eine explizite Elektronikversicherung, ebenfalls bei der WGV Versicherung, beläuft sich auf 351 Euro. Dieser Betrag wird in der Berechnung berücksichtigt, um eventuelle kostspielige Folgen mit abzudecken. Zum Zeitpunkt der Investition war ein Kommunalkredit in Höhe von 4,25 Prozent verfügbar, worauf der Kalkulationszins für die Berechnung basiert.¹²¹

6.2.1 Durchführung der Kapitalwertmethode

Mit den zuvor genannten Daten wird nun die wirtschaftliche Berechnung durchgeführt. Die Kapitalwertmethode wurde hierfür verwendet, da die Einnahmen und somit auch die Rückflüsse während der gesamten Laufzeit variieren.¹²² Obwohl die Investition nun bereits zurück liegt, sind die meisten Angaben aufgrund verschiedener Unsicherheiten nicht exakt bestimmbar. Um eine Scheingenauigkeit zu verhindern werden die mit Unsicherheit behafteten Beträge gerundet.

¹¹⁹ Vgl. dazu Kapitel 3.2.

¹²⁰ Vgl. dazu Kapitel 3.1.1.

¹²¹ Vgl. dazu Kapitel 5.4.2.

¹²² Vgl. Ebenda.

Tabelle 5: Berechnung des Kapitalwerts

Zeitangabe	Abzinsungs-jahre	Einnahmen in EUR	Ausgaben in EUR	Rückflüsse in EUR	abgezinste Rückflüsse
Bezugszeitpkt.	0	-	182.421,62	-182.421,62	-182.421,62 €
2006	1	12.657	1.824	10.833	10.391 €
2007	2	18.985	2.736	16.249	14.952 €
2008	3	18.890	2.736	16.154	14.258 €
2009	4	18.796	2.736	16.060	13.597 €
2010	5	18.702	2.736	15.966	12.966 €
2011	6	18.609	2.736	15.873	12.365 €
2012	7	18.516	2.736	15.780	11.791 €
2013	8	18.423	2.736	15.687	11.244 €
2014	9	18.331	2.736	15.595	10.722 €
2015	10	18.239	2.736	15.503	10.225 €
2016	11	18.148	2.736	15.412	9.750 €
2017	12	18.057	2.736	15.321	9.298 €
2018	13	17.967	2.736	15.231	8.866 €
2019	14	17.877	2.736	15.141	8.455 €
2020	15	17.788	2.736	15.052	8.062 €
2021	16	17.699	2.736	14.963	7.688 €
2022	17	17.610	2.736	14.874	7.331 €
2023	18	17.522	2.736	14.786	6.990 €
2024	19	17.435	2.736	14.699	6.665 €
2025	20	17.347	2.736	14.611	6.356 €
2026	21	17.261	2.736	14.525	6.061 €
Kapitalwert zum Bezugszeitpunkt:					25.612 €

Quelle: eigene Berechnung

Demnach ist der Kapitalwert zum Bezugszeitpunkt, also dem Zeitpunkt der Investition positiv. Nach Abzug des kalkulierten Zinssatzes in Höhe der Kosten eines möglichen Kommunalkredits bleiben aus Sicht des Jahres 2006 noch 25.612 Euro entbehrlich, was ein sehr positives Ergebnis darstellt. Auch unter Berücksichtigung der gegebenen Unsicherheiten wie Strahlungsschwankungen der Sonne oder unerwarteten Reparaturen wird der Wert vermutlich positiv bleiben. Somit wird durch diese Investition die Finanzlage der Gemeinde (Eigenbetrieb) gestärkt. Deutlich wird bei der Berechnung, dass die Einspeisevergütung für den gewonnenen Strom eine große Einnahme darstellt und damit auch viel von ihr abhängt.

6.2.2 Durchführung der Amortisationsrechnung

Zusätzlich wird nun die dynamische Amortisationsrechnung durchgeführt. Da sie eine Verfeinerung zur Kapitalwertmethode darstellt, konnten die bereits errechneten Rückflüsse übernommen werden.

Tabelle 6: Berechnung der Amortisation

Zeitangabe	Jahr	Rückflüsse in EUR	abgezinste Rückflüsse in EUR	kumulierte abgezinste Rückflüsse
Bezugszeitpkt.	0	-182.421,62	-182.421,62	-182.422 €
2006	1	10.833	10.391	-172.030 €
2007	2	16.249	14.952	-157.079 €
2008	3	16.154	14.258	-142.821 €
2009	4	16.060	13.597	-129.224 €
2010	5	15.966	12.966	-116.257 €
2011	6	15.873	12.365	-103.892 €
2012	7	15.780	11.791	-92.101 €
2013	8	15.687	11.244	-80.857 €
2014	9	15.595	10.722	-70.134 €
2015	10	15.503	10.225	-59.909 €
2016	11	15.412	9.750	-50.159 €
2017	12	15.321	9.298	-40.861 €
2018	13	15.231	8.866	-31.995 €
2019	14	15.141	8.455	-23.540 €
2020	15	15.052	8.062	-15.478 €
2021	16	14.963	7.688	-7.791 €
2022	17	14.874	7.331	-460 €
2023	18	14.786	6.990	6.530 €
2024	19	14.699	6.665	13.196 €
2025	20	14.611	6.356	19.551 €
2026	21	14.525	6.061	25.612 €

Quelle: eigene Berechnung

Aus der Tabelle ist anhand der fett gedruckten Werte gut zu erkennen, dass die Anschaffungskosten der Investition zu Beginn des 18. Jahres wieder erwirtschaftet werden. Die Anschaffung der PV-Anlage ist somit definitiv vorteilhaft, da die Amortisation noch innerhalb der Nutzungsdauer erfolgt.

7 Potentialermittlung in Plüderhausen

Nachdem die Wirtschaftlichkeit einer bisherigen PV-Anlage anhand verschiedener Berechnungen nachgewiesen wurde, soll weiterhin ermittelt werden, welcher Nutzen in Plüderhausen zusätzlich aus der Sonnenenergie gewonnen werden kann. Da es sich um in der Zukunft liegende Projekte handelt und die Vergütung der Stromerzeugung jährlich einer Degression unterliegt, wird zur genaueren Betrachtung die Kosten-Nutzen-Analyse hinzugezogen. Die Nutzen werden dabei auch mit Hilfe einer Befragung erfasst. Zum Schluss sollen, im Hinblick auf eine energieautarke Gemeinde, die möglichen, zu gewinnenden Erträge mit dem Verbrauch der Gemeindeverwaltung abgeglichen werden.

7.1 Zukünftig mögliche Solaranlagen

Solaranlagen können sowohl in Verbindung mit Immobilien als auch auf Freiflächen installiert werden. Es stellt sich die Frage auf welchem im Eigentum der Gemeindeverwaltung liegenden Grundstück oder Gebäude Kapazitäten frei für eine Anlage mit einer Laufzeit von mindestens 20 Jahren sind.

¹²³Für einen derart langfristig reservierenden Gebrauch stehen der Kommune jedoch keine Freiflächen zur Verfügung. Im Bereich der Dachflächen sind weitere Abschnitte der Hohbergschule nach jeweils vollendeter Flachdachsanieierung mit der Bestückung von PV-Anlagen denkbar. Darüber hinaus bieten sich keine optimal gelegenen Gebäude an, da deren Dachflächen entweder nicht genügend zur Sonne ausgerichtete Flächen bieten oder eine Verschattung besteht. Auch speziell für solarthermische Anlagen fehlt es an Einsatzfläche, so ist beispielsweise die mit einem höheren Warm-Wasser-Verbrauch belastete Sporthalle bereits mit PV-Anlagen bespickt.

¹²³ Expertengespräch mit Helmut Spenny (Hochbauamt Gemeinde Plüderhausen) am 27.10.2008.

Somit liegt die Konzentration auf den sich bietenden Flächen der Hohbergschule in Plüderhausen. Nachdem ein etwa 750 Quadratmeter großer Teil des Flachdaches saniert wurde, konnte dort eine Installation von PV-Modulen erfolgen. Die weiteren nutzbaren Flächen der Hohbergschule werden in folgender Tabelle erfasst. Gleichzeitig wird eine mögliche gewinnbare Kilowatt Menge errechnet, indem die Größe und Kilowatt Menge der bestehenden Anlage auf die Größe der noch freien Flächen umgerechnet wird.

Tabelle 7: Erzielbare Kilowatt Menge auf freien Flächen der Hohbergschule

Bauteil	Fläche in m ²	nutzbar in %	kWp
Vergleichswert bestehender Anlage	750	100	20,16
III – V (oben)	1000	100	26,9
II - III (oben)	600	100	16,1
II - III (unten)	270	50	3,6
I	600	75	6,0
Verbindungssteg	170	50	0,9

Quelle: Hochbauamt Plüderhausen (Grobe Flächenangaben), eigene Darstellung/ Berechnung.

Die Flächen der verschiedenen Bauteile sind einskizziert auf dem Bauplan in Anlage 4 ersichtlich. Über das gesamte Schulgebäude zieht sich mittig ein Höhenunterschied. Bei den Bauteilen I, sowie II – III (unten) sorgt dieser Höhenunterschied zu einer Verschattungsfläche, weshalb bei der nutzbaren Fläche ein Prozentteil abgezogen wurde. Der größere Abzug am Bauteil II – III (unten) ist der schmaleren Dachform geschuldet. Auch der überdachte Verbindungssteg erhält einen größeren Abzug aufgrund seiner schmalen Prägung.

Sobald eine Flachdachsanierung der weiteren Abschnitte erfolgt, können auf den jeweiligen Dachflächen PV-Module installiert werden. Während die Sanierung für den Bauteil III – V (oben) noch für dieses Jahr eingeplant ist, kann für den restlichen Baukörper nur eine Prognose abgegeben werden.

Daher wird für die folgende Kosten-Nutzen-Analyse von der Installation von PV-Anlagen auf dem Bauteil III – V (oben) in diesem Jahr sowie von

Installationen auf den Bauteilen I, II - III (oben) und II - III (unten) im Jahre 2011 ausgegangen. Der Verbindungssteg wird aufgrund der kleinen Fördermenge für nicht realisierbar gehalten. Zusammengefasst ergeben somit die in der obigen Tabelle angezeigten Werte, dass 26,9 Kilowatt Peak noch dieses Jahr und 25,8 Kilowatt Peak im Jahr 2011 in Betrieb genommen werden.

7.2 Kosten-Nutzen-Analyse

Mit der Kosten-Nutzen-Analyse soll im nächsten Schritt bestimmt werden, ob die Realisierung der PV-Anlagen auf dem gesamten Gebäude der Hohbergschule in den nächsten Jahren als eine Maßnahme ökonomisch vorteilhaft ist. Die beiden zeitlich getrennten Installationen werden somit zusammen bewertet, da die Ausprägungen des gesamtwirtschaftlichen Nutzens damit verstärkt werden. Die Anwendung der Kosten-Nutzen-Analyse soll hier nur in vereinfachter Form erfolgen, da es sich um die Bewertung einer Einzelmaßnahme handelt. So werden die einzelnen Schritte der Methode im Folgenden nur kurz abgehandelt.

Politische und finanzielle Rahmenbedingungen der Maßnahme wurden bereits bei der Formulierung beachtet. So wurde die Installation der PV-Anlagen teilweise auf einen späteren Zeitpunkt verschoben, da aufgrund finanzieller Knappheit der Gemeinde eine gesamte Flachdachsanierung politisch nicht vertretbar sein wird und der Aufschub eines Teilabschnittes um zwei Jahre als realistisch gesehen wird. Da bei der Dachsanierung Rücksicht auf den Schulbetrieb genommen wird, beginnt diese vermutlich jeweils mit Start der Sommerferien, ehe dann im Anschluss die Installation der PV-Module erfolgen kann. Aus diesen sozialen Gründen wird mit der Inbetriebnahme der fertigen Anlage jeweils im November der Jahre 2009 und 2011 gerechnet.

7.2.1 Direkt ermittelbare Kosten und Nutzen

Zu Beginn werden die auf verfügbaren Marktpreisen basierenden ermittelbaren Kosten und Nutzen dargestellt. Die Investitionskosten und laufenden Betriebskosten lassen sich anhand von Daten bisheriger Anlagen rechnerisch ermitteln. So wird die im Vorjahr auf dem Schulgebäude errichtete Anlage mit durchschnittlichen Investitionskosten von 4.470 Euro pro installiertem Kilowatt Peak als Basiswert erfasst, um dann eine fünfprozentige Kostendegression zu errechnen.¹²⁴ Der Wert von fünf Prozent bildet hierbei eine vorsichtige Berechnung der Kostensenkung. Auch die Betriebskosten stellen wieder einen prozentualen Anteil (1,5 Prozent) an den Investitionskosten dar.¹²⁵ Somit ergibt sich auf der Kostenseite folgendes Bild:

Tabelle 8: Kostendarstellung der zu installierenden Anlagen

Inbetriebnahme	kWp	Installationskosten	Betriebskosten
November 2009	26,9	114.231	1.713
November 2011	25,8	98.878	1.483

Quelle: eigene Berechnung

Anhand der im EEG bestimmten zukünftigen Vergütungssätze für Inbetriebnahmen im Jahr 2009 von 43,01 Cent und im Jahr 2011 von 35,23 Cent pro Kilowatt Peak kann durch eine Multiplikation mit dem durchschnittlichen Stromertrag die wahrscheinlich anzunehmende jährliche Vergütung für den garantierten Zeitraum errechnet werden.¹²⁶

7.2.2 Indirekte und nicht monetarisierbare Kosten und Nutzen

Nachdem bisher zahlenmäßige Mengen der Kosten und Nutzen kalkuliert wurden, soll darüber hinaus versucht werden u. a. anhand einer empirischen Untersuchung auf weitere Nutzen bzw. Kosten zu schließen.

¹²⁴ Vgl. dazu Kapitel 3.1.1.

¹²⁵ Vgl. dazu Kapitel 6.2 und Kapitel 3.1.1.

¹²⁶ Vgl. dazu Kapitel 6.2 und Kapitel 4.2.

7.2.2.1 Durchführung der wissenschaftlichen Befragung

Um eventuelle weitere Nutzen festzustellen, wurde eine standardisierte Befragung mit dem Instrument eines Paper-Pencil Fragebogens gewählt, welche den Vorteil einer guten Vergleichbarkeit aufweist.¹²⁷ Der Fragebogen konnte sowohl in Form einer mündlichen Befragung ausgefüllt, als auch durch den Befragten eigenständig beantwortet werden. Zielsetzung des Fragebogens war eine kurze und prägnante Abdeckung der Kernfragen, welcher nicht allzu viel Zeit der Befragten in Anspruch nimmt. Daher bestand das Dokument aus lediglich zwei Seiten. Bei der Fragenformulierung wurde auf die Verständlichkeit und Eindeutigkeit geachtet. Die meisten Fragen waren durch Ankreuzen vorgegebener Antwortkategorien zu beantworten. Daneben wurde auch auf Hybridfragen zurückgegriffen, welche zusätzlich die Formulierung einer eigenen Antwort ermöglichte. Mit dem Fragebogen wurde eine vordefinierte Zielgruppe angesprochen. Da sich die Fragestellung auf den Betrieb eigener Solaranlagen fokussierte und generell die Gemeinde Plüderhausen untersucht wurde, bildete die Stichprobe die Gesamtheit der in Plüderhausen wohnenden Immobilieneigentümer ab.¹²⁸

7.2.2.2 Ablauf der Umfrage

¹²⁹Da es logistisch nicht möglich und wirtschaftlich nicht abbildbar war unter allen Einwohnern der Zielgruppe eine Totalerhebung durchzuführen, wurde eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit gezogen. Bei der Stichprobe musste darauf geachtet werden, dass eine möglichst genaue Wiedergabe der gesamten Zielgruppe erfolgte. Deswegen war das zufällige Erheben der Stichprobe Voraussetzung für ein repräsentatives Abbild der Grundgesamtheit. Zufällig bedeutet hierbei, dass jeder Einwohner die gleiche Chance hat, in der Stichprobe erfasst zu werden.

¹²⁷ Vgl. Mayer, Horst Otto: Interview und schriftliche Befragung, 4. Aufl., München 2008, S. 58 f.

¹²⁸ Vgl. dazu Anlage 1.

¹²⁹ Vgl. Mayer, Horst Otto: a.a.O., S. 59 f.

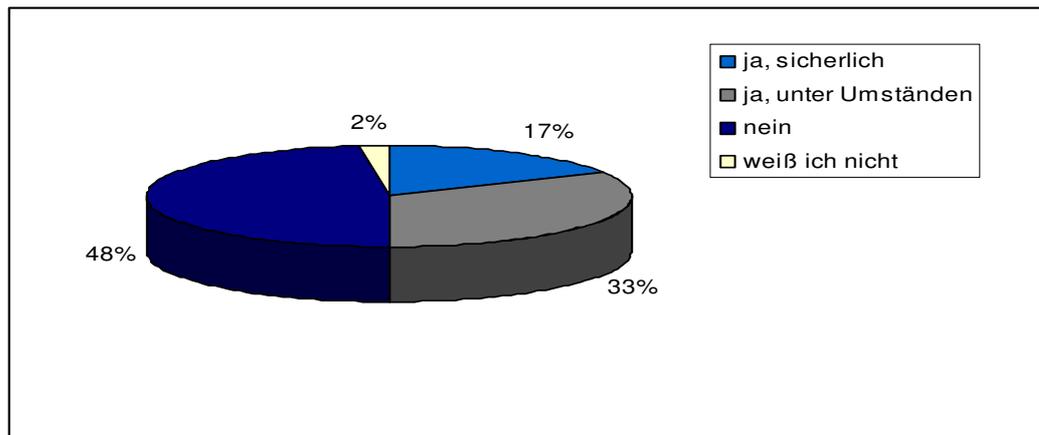
Die Befragung wurde am 10. und 17. Januar 2009 jeweils in Plüderhausen am Wochenmarkt auf dem Marktplatz sowie im Eingangsbereich der Supermarktkette „Edeka“ (nach Absprache mit dem Filialleiter) durchgeführt. An diesen Standorten wurden so viele Passanten wie möglich angesprochen und somit eine zufällige Auswahl getroffen. Viele Fragebögen sind anhand persönlicher Befragung erfasst worden, manche auch unter selbstständigem Ausfüllen der Fragen. Vermutlich wurde aufgrund des persönlichen Kontakts die Frage nach dem Gesamtnetoeinkommen im Haushalt von einigen Probanden nicht beantwortet.

7.2.2.3 Analyse der Daten

In der gesamten Datenerhebung konnten 52 beantwortete Fragebögen gezählt werden, wobei 27 Prozent der Befragten eine Solaranlage besaßen. Eine Auffälligkeit bestand darin, dass während die Eigentümer von Solaranlagen ausnahmslos alle Kinder hatten, es bei den Übrigen dahingegen nur 84 Prozent der Befragten waren. Auch bei der Frage nach dem Gesamtnetoeinkommen im Haushalt ergeben sich bei beiden Gruppen unterschiedliche Werte. So liegt der Median bei den Solaranlageneigentümern auf der ordinalen Skala zwischen 3.001 und 4.000 Euro, während er bei den Nichtinhabern zwischen 2.001 und 3.000 Euro liegt.

Im Hinblick auf den Nutzen für die Gemeinde wurde die interessante Erkenntnis gewonnen, dass 84 Prozent aller Befragten in Kenntnis davon war, dass die Gemeinde Plüderhausen Solaranlagen in Betrieb hat (100 Prozent der Solaranlageneigentümer, 79 Prozent der Nicht-Eigentümer). Somit sind sich die meisten Einwohner darüber bewusst, dass die Gemeinde bei diesem Thema aktiv ist. Bei der Frage, ob die Solaranlagen einer Gemeinde für sie ein Entscheidungsgrund bei der Wahl des Wohnortes sein könnte, ergaben sich folgende Anteile:

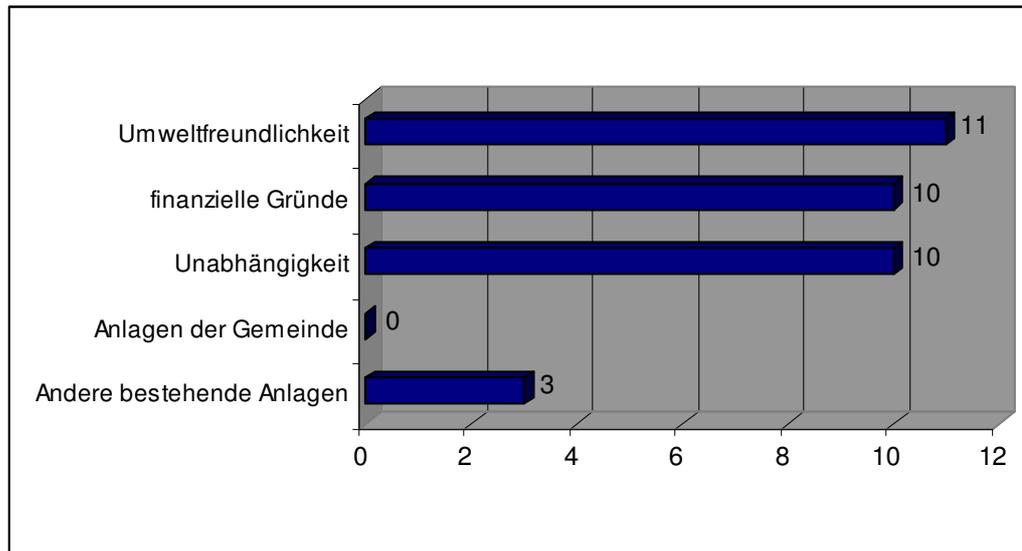
Abbildung 9: Solaranlagen Grund bei der Wohnortswahl?



Quelle: eigene Darstellung.

Hierbei hat exakt die Hälfte der Befragten mit „ja“ geantwortet. Somit könnten sich einige Menschen eher vorstellen in eine Gemeinde zu ziehen, die bekannt für ihre Nutzung der Sonnenenergie ist. Die Steigerung der Bevölkerungszahl hat für die Gemeindeverwaltung konkrete finanzielle Vorzüge, beispielsweise wird ihr je nach Höhe der Einwohnerzahl ein Kopfbetrag nach dem Finanzausgleichsgesetz angerechnet.¹³⁰ Hieraus könnte eine Berechnung des indirekten Nutzens in monetäre Werte zugunsten der Investition erfolgen. Doch die Angaben sind nicht ausreichend konkretisierbar um einen exakten Wert zu ermitteln. So richtete sich beispielsweise die Umfrage nur an Einwohner der Gemeinde, während die Zielgruppe zur Neuansiedlung gerade an Nicht-Einwohner gerichtet wäre. Als die Eigentümer von Solaranlagen nach Anregungen oder Beweggründen für die Installation ihrer Solaranlagen gefragt wurden, kam es zu folgendem Ergebnis:

¹³⁰ Vgl. §§ 7, 30 Abs. 2 des Gesetzes über den kommunalen Finanzausgleich in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. Januar 2000, geändert durch Gesetz vom 12. Februar 2007.

Abbildung 10: Gründe für die Installation einer Solaranlage

Quelle: eigene Darstellung.

Eindeutige Gründe für die Solaranlage waren die Umweltfreundlichkeit, die Unabhängigkeit ebenso wie finanzielle Gründe. Die bestehenden Anlagen der Gemeinde waren in keinem Fall der Grund für die eigene Installation. Somit konnte kein zusätzlicher Nutzen der bestehenden Anlagen nachgewiesen werden. Dabei ist zu beachten, dass auch andere bereits bestehende Anlagen selten als Grund gewählt wurden und bei den Anlagen der Gemeinde nur die bereits bestehenden Anlagen gemeint sind, also kein Einfluss der noch geplanten Anlagen vorliegt.

7.2.2.4 *Qualitativ beschriebene Nutzen und Kosten*

Wie bereits beschrieben ist es für die Gemeinde positiv, wenn sie für bestehende PV-Anlagen bekannt ist. Vor dem Hintergrund der Umweltfreundlichkeit lässt sich das Image, sprich das Ansehen der Gemeinde stärken. Gerade durch die umweltfreundliche Ausprägung einer Gemeinde, lässt sich ein sehr positives und förderliches Image aufbauen. Indikator dafür ist beispielsweise die höhere Lebensqualität in einer umwelt-

freundlicheren Umgebung. Die Schonung der Umwelt und des Klimas durch die PV-Anlagen ist dabei unumstritten.¹³¹

Ein Vorteil der großen PV-Anlage auf dem Dach des Schulgebäudes kann auch die hautnahe Unterrichtsstoffvermittlung sein. Für die Schüler der ansässigen Grund- und Hauptschule sowie Realschule kann das praktische Beispiel eine Bereicherung des Unterrichts zum Thema Umwelt darstellen.

Auch gesamtwirtschaftlich gesehen sind noch weitere Nutzen zu nennen. So werden durch die Inbetriebnahme der Anlagen Arbeitskräfte für die Installation und auch für die Wartung der Geräte benötigt.¹³² Hierfür werden in den meisten Fällen lokale Anbieter unterstützt. Durch den herrschenden Boom entstehen in ganz Deutschland neue Arbeitsplätze. Von einem hohen Beschäftigungsgrad profitiert die Gemeinde auch durch ihre Steuereinnahmen.

Gerade auf die lange Nutzungsdauer hin gesehen ist die Unabhängigkeit von herkömmlichen Energiequellen bedeutend. Denn durch die Knappheit der Ressourcen steigt deren Preis zunehmend.¹³³ Je mehr Strom selbst erzeugt werden kann, umso geringer ist die Abhängigkeit von anderen Energiequellen. Durch die Eigenleistung zum Energiemix kann der Import, welcher langfristig überteuert eingeführt wird, gedrosselt werden.

Es war kein Aspekt der indirekten Kosten bzw. der nicht monetarisierbaren Kosten ersichtlich.

7.2.3 Zeitliche Homogenisierung

Durch die Abzinsung¹³⁴ werden alle festgestellten monetären Kosten und Nutzen auf den zeitlich vergleichbaren Gegenwartswert herunter gerechnet. Der Abzinsungsfaktor wird trotz vorteilhafter Zinsstruktur aufgrund

¹³¹ Vgl. dazu Kapitel 3.2.

¹³² Vgl. dazu Kapitel 2.2 und Kapitel 3.2.

¹³³ Vgl. dazu Kapitel 2.1.

¹³⁴ Vgl. dazu Kapitel 5.4.1.

momentaner Wirtschaftslage abermals auf 4,25 Prozent angesetzt, da die zukünftige Entwicklung des Kommunalkreditzinses nicht vorhersehbar ist und dieser Wert somit als bester Schätzer erachtet wird. Zudem ist auch in der momentanen Lage kein Zinssatz unter vier Prozent aus einem Kommunalkredit zu bekommen.¹³⁵

Tabelle 9: Berechnung der Abzinsung

Zeitangabe	Abzinsungs-jahre	Einnahmen in EUR	Ausgaben in EUR	Rückflüsse in EUR	abgezinste Rückflüsse
2009	0	1.832	114.517	-114.517	-114.516 €
2010	1	10.991	1.713	9.278	8.900 €
2011	2	12.430	100.838	-88.408	-81.346 €
2012	3	19.626	3.196	16.430	14.501 €
2013	4	19.626	3.196	16.430	13.910 €
2014	5	19.626	3.196	16.430	13.343 €
2015	6	19.626	3.196	16.430	12.799 €
2016	7	19.626	3.196	16.430	12.277 €
2017	8	19.626	3.196	16.430	11.777 €
2018	9	19.626	3.196	16.430	11.297 €
2019	10	19.626	3.196	16.430	10.836 €
2020	11	19.626	3.196	16.430	10.394 €
2021	12	19.626	3.196	16.430	9.971 €
2022	13	19.626	3.196	16.430	9.564 €
2023	14	19.626	3.196	16.430	9.174 €
2024	15	19.626	3.196	16.430	8.800 €
2025	16	19.626	3.196	16.430	8.442 €
2026	17	19.626	3.196	16.430	8.097 €
2027	18	19.626	3.196	16.430	7.767 €
2028	19	19.626	3.196	16.430	7.451 €
2029	20	19.626	3.196	16.430	7.147 €
2030	21	8.635	1.483	7.152	2.984 €
2030	22	8.635	1.483	7.152	2.863 €
Kapitalwert zum Bezugszeitpunkt:					6.433 €

Quelle: eigene Berechnung.

¹³⁵ Telefonat mit Helmut Spenny (Hochbauamt Gemeinde Plüderhausen) am 20.02.2009.

Die jeweils zusammengezählten Einnahmen und Ausgaben der beiden PV-Anlagen ergeben jährlich den Rückfluss. Der Rückfluss wird dann wieder auf den Gegenwartswert abgezinst und anschließend zusammengezählt. Trotz der stark verminderten Vergütungssätze für die Erzeugung des Stroms liegt der Kapitalwert mit 6.433 Euro noch immer im positiven Bereich.

7.2.4 Entscheidung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten

Neben der vergleichsweise kleinen Unsicherheit aufgrund Strahlungsschwankungen¹³⁶ der Sonne muss durch die eingerechnete Kostendegression ein Risiko einkalkuliert werden. Zwar wurden bereits Prognosen für eine noch höhere Degression¹³⁷ als die hier verwendeten jährlichen fünf Prozent gegeben, andererseits jedoch basieren auf der Investitionssumme zudem auch die jährlich kalkulierten Betriebs- und Wartungskosten, welche mit der Degression ebenso niedriger angesetzt werden.

Zusammengefasst ist das Risiko nicht als hoch einzustufen. Die abgezinsten monetären Erträge bieten einen guten Puffer, sodass ein Abrutschen hin zu einem negativen Kapitalwert als hochgradig unwahrscheinlich erachtet wird. Überdies schlagen bei der nicht monetären Aufzählung einige Nutzen zu buche, welche das Projekt zusätzlich verstärken.

¹³⁶ Vgl. dazu Kapitel 3.2.

¹³⁷ Vgl. dazu Kapitel 3.1.1.

7.3 Vergleich der Stromerträge mit dem Verbrauch

Mit der Ausschöpfung der Dachfläche auf der Hohbergschule Plüderhausen würde die Gemeinde Plüderhausen bereits fünf Anlagen in Betrieb haben:

Standort	Leistung in kWp	jährliche kWh
Staufenhalle (Gemeindehalle)	38,76	37.210
Hohbergschule Sporthalle	35,36	33.946
Hohbergschule Schulgebäude	20,16	19.354
Hohbergschule Bauteile III - V	26,9	25.824
Hohbergschule Bauteile I - III	25,8	24.768
Summe	146,98	141.101

Es ergibt sich die theoretisch zu erreichende Strommenge von 141.101 kWh im Jahr. Dieser soll nun dem Stromverbrauch, den die Gemeindeverwaltung Plüderhausen im Jahr 2006 zu tragen hatte gegenübergestellt werden.

Wie aus der Anlage 6 hervorgeht würde die genannte Menge in etwa dem Verbrauch entsprechen, der sich in der Gemeindehalle, dem Feuerwehrhaus, dem Bauhof, drei städtischen Kindergärten und einer Kernzeitbeheizung im Jahr 2006 summiert hat (etwa 140.000 kWh).

Dennoch deckt der durch die PV-Anlagen zu gewinnende Ertrag nur ca. 30 Prozent der gesamten Menge, die in allen von der Gemeindeverwaltung unterhaltenen Gebäuden verbraucht wird.

8 Zusammenfassende Ergebnisse

Im Verlauf der Arbeit kristallisiert sich heraus, dass die beiden Technologien Solarthermie und PV-Anlagen einer Kommune die Möglichkeit geben, effizient aus der Sonne Kraft zu schöpfen und damit das Potential haben Nutzen zu stiften. Bei der näheren Betrachtung eines Fallbeispiels in der Gemeinde Plüderhausen stellt sich heraus, dass dort der Fokus auf der Generierung von Strom aus der Kraft der Sonne liegt. Die Gewinnung von Wärme bzw. Wassererwärmung kommt nicht zur Anwendung. Dennoch wird deutlich, dass letztere in verschiedenen kommunalen Einrichtungen eine überlegene Methode der Sonnennutzung darstellt.

Als klares Ergebnis dieser Arbeit lässt sich festhalten, dass, Strom generierende Solaranlagen einen in vielerlei Weise gewinnbringenden Nutzen stiften können. Dies wird wiederum am Fallbeispiel der Gemeinde Plüderhausen verdeutlicht. Nach der Installation einer ersten Anlage, folgten in kurzen zeitlichen Abschnitten weitere Anlagen. Diese Entscheidung hat sich auf Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnungen als richtig herausgestellt.

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit kann zusammenfassend die eingangs getroffene Hypothese bestätigt werden: Der Gemeinde Plüderhausen wird auf Basis der in dieser Ausarbeitung getroffenen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen empfohlen, weitere Anlagen anzubringen. Selbstverständlich hängt hierbei viel von der staatlich vorgeschriebenen Einspeisevergütung ab. Schon in der Berechnung der Zukunftsprognose wurde deutlich, dass durch die sukzessive schnell voranschreitende Senkung der Vergütung auch der erwirtschaftete Gewinn abnimmt. Für die Zukunft gilt es abzuwarten ob die Herstellungskosten wirklich in erwartet großem Maße abnehmen und somit auch mit niedrigerer Vergütung ein positiver Kapitalwert zu erwarten ist. Unabhängig davon kann der Gemeinde Plüderhausen die klare Empfehlung gegeben werden, schnellstmöglich weitere Installationen von Solaranlagen vorzunehmen.

Aus vorläufigen Planungen für das anstehende Konjunkturpaket II gehen finanzielle Förderungen von PV-Anlagen speziell für Kommunen hervor.

Wenn diese zusätzlich verstärkend wirkenden Pläne umgesetzt werden, könnte in der Gemeinde Plüderhausen über eine schnelle Flachdachsanierung der gesamten übrigen Fläche diskutiert werden, so wäre es schließlich möglich, dass die Einnahmen aus der Anlage zumindest einen größeren Teil der ohnehin notwendigen Dachsanierung decken könnte. Aber nicht nur die rein finanziellen Gründe können ausschlaggebend für eine Investition sein. So bietet sich für Plüderhausen die Chance ein völlig neues Image durch eine propagierende Umweltpolitik aufzubauen. Kleinere Maßnahmen könnten sich hierbei wie zum Beispiel durch eine gut erkennbare Stromeinspeise-Anzeigetafel auf der zentral in der Dorfmitte gelegenen Gemeindehalle mit einfachen Mitteln erfüllen lassen. Die erneuerbare Energie lebt in Plüderhausen auch von einer hohen Akzeptanz in der Bevölkerung. Auf der anderen Seite wurde festgestellt, dass die förderbare Strommenge durch die Gemeindeverwaltung keinen sehr hohen Teil ausmacht, weswegen zusätzlich PV-Anlagen in privaten Haushalten unterstützt werden sollten. Sobald finanzielle Engpässe der Gemeinde überstanden sind könnte über einen Zuschuss seitens der Gemeinde an Privatpersonen, die eine Anlage installieren nachgedacht werden.

Anlagen

Anlage 1: Befragung von Plüderhäuser Bürgern

Fragebogen

Sie sind Immobilieneigentümer/in und Einwohner der Gemeinde Plüderhausen. Wenn Sie diese Kriterien erfüllen, freue ich mich sehr über Ihrer Teilnahme an der Umfrage!

Bitte beantworten Sie die Fragen durch einfaches Ankreuzen bzw. ggf. durch anderweitige Nennung.

1. Wussten Sie, dass die Gemeinde Plüderhausen Solaranlagen in Betrieb hat?

- ja nein

2. Könnten die Solaranlagen einer Gemeinde für Sie ein Entscheidungsgrund bei der Wahl des Wohnorts sein?

- ja, sicherlich ja, unter Anderem
 nein weiß ich nicht

3. Nutzen Sie Solaranlagen?

- ja [-> weiter mit **Fragen 3.1. + 3.2./ Frage 3.3. nicht beantworten**]
 nein [-> weiter mit **Frage 3.3.**]

3.1. Wie nutzen Sie Sonnenenergie?

[Nur beantworten, wenn Sie Frage 3. mit „ja“ beantworten haben]

- Photovoltaik Kollektoren (Solarthermie)
 Andere: _____

3.2. Welche Anregungen/ Beweggründe gab es für Ihre Solaranlage?

- Mehrfachnennung möglich -

[Nur beantworten, wenn Sie Frage 3. mit „ja“ beantworten haben]

- Umweltfreundlichkeit Bereits bestehende Anlagen der Gemeinde
 finanzielle Gründe Andere bereits bestehende Anlagen
 Unabhängigkeit Sonstige: _____

3.3. Haben Sie vor eine Solaranlage zu installieren?

[Nur zu beantworten, wenn Sie Frage 3. mit „nein“ beantworten haben]

- Ja, kurzfristig (bis 2 Jahre) Ja, mittelfristig (bis 5 Jahre)
 Ja, langfristig (bis 10 Jahre) Nein

4. Über welche Medien haben Sie Informationen über Solaranlagen wahrgenommen? - Mehrfachnennung möglich -

- Internet Fernsehen Zeitung Radio
 Fachzeitschrift/ Fachbuch Freunde/ Bekannte
 Verbraucherzentrale o. ä. Sonstige: _____

Nun bitte ich Sie noch um einige Angaben zu Ihrer Person:

5. Ihr Alter:

- bis 30 Jahre 31-40 Jahre 41-50 Jahre
 51-60 Jahre 61-70 Jahre über 70 Jahre

6. Haben Sie Kinder?

- ja nein

7. Wie hoch ist das monatlich insgesamt in Ihrem Haushalt zur Verfügung stehende Nettoeinkommen?

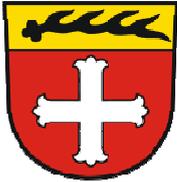
- bis 1.000 Euro 1.001 - 2.000 Euro 2.001 - 3.000 Euro
 3.001 - 4.000 Euro über 4.000 Euro

Vielen Dank für das Ausfüllen dieses Fragebogens! Sie haben mir damit sehr geholfen.

Martin Schlappa

[Adresse: Im Mühlgarten 30 - 73655 Plüderhausen - Mobil: 0179-5411140]

Anlage 2: Beschreibung der PV-Anlage Staufenhalle



Projektvorstellung:

Photovoltaik-Anlage Staufenhalle

(Quelle: eigene Darstellung)

Allgemeine Daten:

Projektträger:	Eigenbetrieb „Gemeindewerke Plüderhausen“
Standort:	Gemeindehalle Plüderhausen (Staufenhalle)
Anlagentyp:	Dachanlage (Schrägdach)
Investitionsvolumen:	182.421,62 Euro (netto)
Solarmodule:	218 monokristalline Module
Inbetriebnahme:	24.04.2006
Kollektorfläche:	ca. 280 m ²
Installierte Leistung:	38,76 kW _p
Nutzungsdauer:	20 Jahre
Versicherungsaufwand:	440 Euro
Finanzierung:	Kommunalkredit



Frontansicht vom Marktplatz



Luftbild ohne Solaranlage



Ansicht auf Dach inkl. installierten Photovoltaikanlagen

Anlage 3: Rechnung der Solaranlage

ERNEUERBARE ENERGIEN · HAUSTECHNIK · Miele -KUNDENDIENST		ELSER ELEKTRO-HAUSTECHNIK
Gemeindeverwaltung Plüderhausen Rechnungsnummer: 0410077		
Solarstromanlage 38,76 kwp		ÜBERTRAG: 182.421,62 EUR
	Summe Netto	182.421,62 EUR
	Mehrwertsteuer 16 %	29.187,46 EUR
	Gesamtbetrag	211.609,08 EUR * /
Zahlbar innerhalb 5 Tagen netto nach Rechnungserhalt.		
Freistellungsbescheinigung zum Steuerabzug bei Bauleistungen gem. § 48b Abs. 1 Satz 1 des EStG abrufbar in Internet unter www.Elektro-Elser.de		
Bankverbindung: Kreissparkasse Göppingen (BLZ 610 500 00) Konto 15 328 708 Raiffeisenbank Wangen (BLZ 600 696 85) Konto 435 105 000		
	./. Abschlagszahlungen	199.000,--
		12.609,08

FB liegt vor!

Sachlich und rechnerisch richtig.
Die Feststellung d. Verpflichtung/
Anspruchs wird nach Prüfung
bescheinigt.

Die Richtigkeit der Arbeit oder Leistung
bestätigt:

HHSI: 7.1906 900 000 A 1906 0001

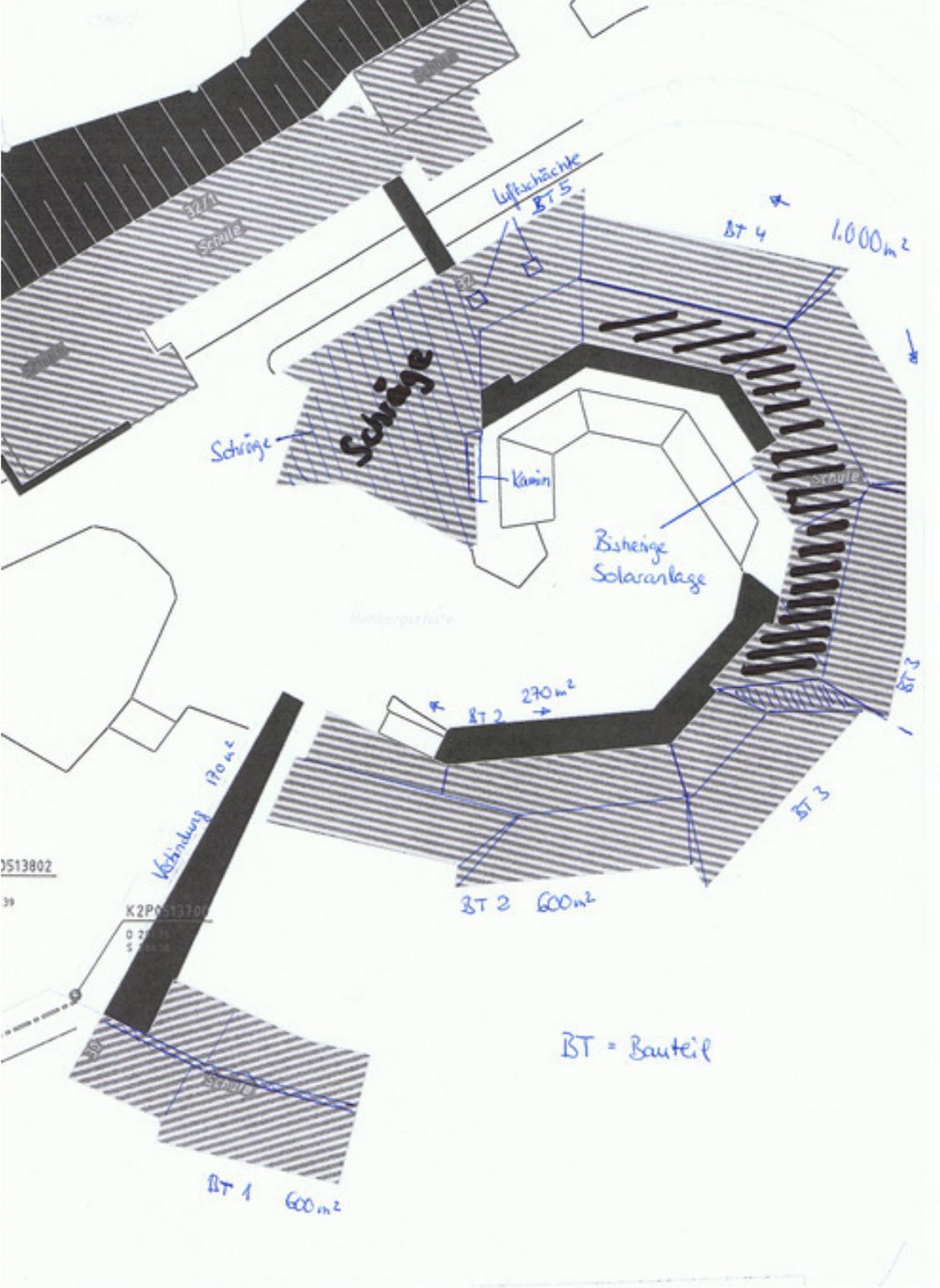
Betrag: 12.609,08 EUR Cent

Plüderhausen, 22.05.06

A. Schmitt

Kommanditgesellschaft Sitz Böttingen Amtsgericht Göppingen HRA 2112	Komplementär Elser Elektro + Haustechnik Verwaltungs GmbH Geschäftsführer: Gerhard Scharpf	Sitz der Gesellschaft Böttingen Amtsgericht Göppingen HRB 4083	Seite 4
--	---	---	---------

Anlage 4: Bauplan Hohbergsschule



Anlage 5: Betriebssatzung

Betriebssatzung für den Eigenbetrieb Gemeindewerke Plüderhausen

Aufgrund von § 4 der Gemeindeordnung für Baden-Württemberg (GemO) und § 3 Abs. 2 des Eigenbetriebsgesetzes (EigBG) hat der Gemeinderat der Gemeinde Plüderhausen am 16.02.2006 folgende Betriebssatzung beschlossen:

§ 1 Gegenstand und Name des Eigenbetriebs

- (1) Der Eigenbetrieb führt die Bezeichnung "Gemeindewerke Plüderhausen".
- (2) Gegenstand des Eigenbetriebs sind die Betriebszweige

Wasserversorgung: Gegenstand ist die Versorgung der Einwohner und Betriebe mit Wasser auf dem Gebiet der Gemeinde Plüderhausen.

Der Eigenbetrieb kann aufgrund von Vereinbarungen sein Versorgungsgebiet auf andere Gemeinden ausdehnen oder Abnehmer außerhalb des Gemeindegebiets mit Wasser beliefern.

Stromerzeugung: Gegenstand ist der Bau und der Betrieb von Stromerzeugungsanlagen.

§ 2 Organe des Eigenbetriebs und deren Zuständigkeiten

- (1) Für den Eigenbetrieb wird kein Betriebsausschuss gebildet. Der Gemeinderat beschließt über alle Angelegenheiten, die ihm durch die Gemeindeordnung und das Eigenbetriebsgesetz vorbehalten sind. Der Gemeinderat entscheidet auch in den Angelegenheiten, die nach dem Eigenbetriebsgesetz einem beschließenden Betriebsausschuss obliegen.
- (2) Für den Eigenbetrieb wird keine Betriebsleitung bestellt. Die nach dem Eigenbetriebsgesetz der Betriebsleitung obliegenden Aufgaben werden vom Bürgermeister wahrgenommen. Ihm obliegt damit insbesondere die laufende Betriebsführung und die Entscheidung in allen Angelegenheiten des Betriebs, soweit nicht der Gemeinderat zuständig ist. Dazu gehören die Aufnahme der im Vermögensplan vorgesehenen Kredite, die Bewirtschaftung der im Erfolgsplan veranschlagten Aufwendungen und Erträge sowie alle sonstigen Maßnahmen, die zur Aufrechterhaltung und Wirtschaftlichkeit des Betriebs notwendig sind, insbesondere der Einsatz des Personals, die Anordnung von Instandsetzungen, die Beschaffung von Vorräten im Rahmen einer wirtschaftlichen Lagerhaltung.

§ 3 Stammkapital

Das Stammkapital des Eigenbetriebs wird auf 100.000 EUR festgesetzt.

§ 4 Inkrafttreten

Diese Betriebssatzung tritt am 01.01.2006 in Kraft. Die Betriebssatzung des Eigenbetriebs Wasserwerk Plüderhausen vom 03.02.1994 mit Änderungen tritt zum 31.12.2005 außer Kraft.

Anlage 6: Verbrauch der einzelnen Gebäude

Aufstellung Stromanschlüsse bei EnBW für das Jahr 2006								
Objekt	Glied. Ziffer	Grupp. Ziffer	Kundennummer	Vertrags-Kto.	Kosten 2006	Strom 2006 in Kwh	VZ 2007	Wirk
Licht, Strom								
Sanitärgeb. Badewerkst., Bahnhofsstr. 115	1.5900	5438	110293020	V 8005205474	151,32 €	471	248,00 €	2,2
Giga Schulstr. 44, Strom, Schwaig G, 1. OG	1.4640	5438	110293020	V 8005208789	518,42 €	2.710	604,00 €	2,2
Schule Schulstr. 42, Strom, Kernreit	1.2150	5438	110293020	V 8005208610	545,30 €	3.437	632,00 €	2,2
Brunnenstube, Strom, Wochenmarkt	1.7300	5438	110293020	V 8005208929	1.291,65 €	7.287	1.230,00 €	2,2
Schule Schulstr. 46, Strom, Schwaig	1.2150	5438	110293020	V 8005208705	2.384,17 €	15.811	3.308,00 €	2,2
Haussee 3, Strom, Jugendhaus	1.4600	5438	110293020	V 8005209058	1.093,81 €	6.110	1.634,00 €	2,2
Giga Schwaigweg 21, Strom	1.4640	5438	110293020	V 8005209242	1.383,31 €	7.842	1.281,00 €	2,2
Tiefgarage Gem. Anlage, Strom	1.6600	5438	110293020	V 8005208519	375,18 €	1.917	266,00 €	2,2
Brunnenstube TG f. 1. OG-LI 307, Strom, Rathaus neu	1.0200	5438	110293020	V 8005208543	1.634,62 €	8.747	1.530,00 €	2,2
Hochschule, Schulstr. 38, Strom	1.7300	5438	110293020	V 8005208578	120,11 €	284	128,00 €	2,2
Schulstr. 33, Strom, Pflw-Haus	1.1300	5438	110293020	V 8005208625	7.313,07 €	41.214	7.244,00 €	2,2
Gmünder Str. 3, Strom	1.6800	5438	110293020	V 8005208844	80,98 €	51	80,00 €	2,2
Kantstr. 12, Strom Beinhof	1.7710	5438	110293020	V 8005208677	2.112,02 €	11.101	1.224,00 €	2,2
Sportplatz Gärwäsen Pflanzst., Strom	1.5620	5438	110293020	V 8005209007	1.810,63 €	10.398	1.754,00 €	2,2
Festplatz Gärwäsen Strom	1.3400	5438	110293020	V 8005209023	1.127,85 €	7.350	1.130,00 €	2,2
Pumpstation Birkenallee Straße	1.6300	5730	110293020	V 8005209154	242,12 €	1.215	231,00 €	2,2
Sandbuh Limkedenkum	1.5620	5483	110293020	V 8005209187	1.447,32 €	5.488	1.811,00 €	2,2
Gewächshaus Strom, Urbach Gehöf	1.5800	5141	110293020	V 8005209218	360,63 €	1.704	351,00 €	2,2
Am Marktplatz 10, Strom, Stauenhalle	1.7570	5438	Vertr.Nr. 00162345	V 8004134287	3.628,55 €	17.604	monat. Pfl	2,2
Stadtwiesenweg 14, Strom Giga	1.4640	5438	110293020	V 8005208908	615,38 €	1.248	650,00 €	2,2
Mühlstr. 67, Strom, Katenhaus	1.6800	5438	110293020	V 8005208924	2.179,25 €	12.588	2.131,00 €	2,2
Hauptstr. 80, Strom, Ex-Kino	1.3400	5438	110293020	V 8005208949	819,31 €	4.499	830,00 €	2,2
Hauptstr. 55, Strom, Bücherei	1.3520	5438	110293020	V 8005208965	827,86 €	4.515	824,00 €	2,2
Hauptstr. 6, Strom, Aussegnungshalle	1.7900	5438	110293020	V 8005208668	72,43 €	0	71,00 €	2,2
Schulstr. 44, Giga, BG	1.4640	5438	110293020	V 8005208721	77,78 €	51	75,00 €	2,2
Tiefgarage, Strom	1.6800	5438	110293020	V 8005208480	1.850,47 €	10.677	1.824,00 €	2,2
Abwasserpumpstation (Leiningerstr. 1	6.7543	504000	110293020	V 8005235503	4.265,73 €	28.107	1.700,00 €	2,2
Stehende 27, Strom, Giga	1.4640	5438	110293809	V 8004134254				2,2
Am Marktplatz 11, Strom, Rathaus	1.0200	5438	110293809	V 8004134262				2,2
RUB Runk	6.7543	504000	110293020	V 8005208455	2.098,82 €	12.127	2.051,00 €	2,2
RUB Remstraße	6.7543	504000	110293020	V 8005209111	601,68 €	3.156	584,00 €	2,2
RUB Birkenallee	6.7543	504000	110293020	V 8005209163	649,84 €	3.454	624,00 €	2,2
Boschstr. 16/1, GG-MH-U			110293020	V 8005479441				2,2
Summen					48.881,23 €	291.164	17.034,00 €	

* a. T. nach Wirkkraft mit H und M

Küdenhausen

Objekt	Glied. Ziffer	Grupp. Ziffer	Kundennummer	Vertrags.Kto.	Kosten 2006	Strom 2006		W
						In Kwh	VZ 2007	
Gesamtzusammenstellung								
Lichtstrom					48.881,25 €	291.166	37.036,00 €	
Heizung					5.083,83 €	51.677	5.587,00 €	
Wasserversorgung					3.518,75 €	18.882	3.440,00 €	
Straßenbeleuchtung					43.681,76 €	348.537	46.968,00 €	
Gesamtzahlen 2006/2007					101.166 €	710.262	93.031 €	

Holberg Schulzentrum incl. Holberg sporthalle

26.063,70 € 182.556 kWh

Anlage 7: Pressemitteilung Statistisches Landesamt

Stuttgart, 24. November 2008 – Nr. 388/2008

Durchschnittserlös für Strom erreicht erstmals 11 Cent je Kilowattstunde; Private Haushalte zahlten 2007 durchschnittliche 15,77 Cent je Kilowattstunde – 2 Prozent mehr als im Vorjahr

Die Einnahmen oder Erlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen aus der Stromabgabe an Letztverbraucher in Baden-Württemberg sind im Jahr 2007 um 6 Prozent gestiegen. Nach Angaben des Statistischen Landesamtes lag der Erlös im Durchschnitt bei 11,01 Cent je Kilowattstunde (kWh) und war damit so hoch wie nie zuvor. Die Tarif- und Vertragsregelungen sind je nach Bedarf unterschiedlich. Während Sondervertragskunden 8,64 Cent je kWh zahlten, waren es bei den Tarifkunden 15,65 Cent/kWh. Die Differenzierung nach Verbrauchergruppen zeigt darüber hinaus, Private Haushalte zahlten 2007 im Durchschnitt sogar 15,77 Cent je kWh. Das sind 2 Prozent mehr als im Vorjahr. Von Industriebetrieben im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe erhielten die Elektrizitätsversorger im Durchschnitt 8,20 Cent je kWh, gegenüber 2006 ist dies ein Plus von 14 Prozent.

Zum Vergleich:Bei der Abgabe an alle Letztverbraucher erlösten die Versorgungsunternehmen in Deutschland 2007 im Durchschnitt 10,93 Cent je Kilowattstunde. Das sind 4,5 Prozent mehr als 2006. Der Durchschnittserlös an Tarifkunden (Haushalte und Kleinstverbraucher) belief sich auf 16,11 Cent je Kilowattstunde. Das ist nach Angaben des Statistischen Bundesamtes von heute ein Plus von 4,9% gegenüber 2006. Insgesamt gaben die Elektrizitätsversorgungsunternehmen im Jahr 2007 rund 71 386 Millionen Kilowattstunden (Mill. kWh) Strom an die Letztverbraucher ab. Dies entspricht in etwa der Strommenge des Vorjahres. Die Unternehmen im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe waren mit 45 Prozent der größte Stromabnehmer. Die privaten Haushalte in Baden-Württemberg bezogen 2007 rund 20 239 Mill. kWh Strom und verbrauchten damit 2 Prozent weniger als im Vorjahr. Der Anteil der privaten Haushalte am gesamten Stromabsatz betrug 28 Prozent. Auf die sonstigen Abnehmer wie zum Beispiel öffentliche Einrichtungen, Handel und Gewerbe entfielen die übrigen 27 Prozent. In den Erlösen sind neben Arbeits-, Leistungs- und Verrechnungsentgelten auch die Netznutzungsentgelte, Konzessionsabgaben, Stromsteuer sowie Ausgleichsabgaben nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz und dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz enthalten, jedoch nicht die Mehrwertsteuer und rückwirkende Stromsteuerrückerstattungen.

Stromabsatz in Mill. kWh	71.386	31.995	20.239	19.152
Anteile in %	100	45	28	27
Veränd. zum Vorjahr in %	- 0,1	- 3,1	- 2,1	+ 7,8
Erlöse²⁾ in Mill. Euro	7.860	2.625	3.192	2.043
Anteile in %	100	33	41	26
Veränd. zum Vorjahr in %	+ 6,5	+10,6	+ 0,1	+12,3
Erlöse²⁾ in Cent/kWh	11,01	8,20	15,77	10,67
Veränd. zum Vorjahr in %	+ 6,6	+14,1	+ 2,2	+ 4,2

Literaturverzeichnis

- Albers, Heinrich/ Rohloff, Ulf (Hrsg.):**
Finanzierung kommunaler Investitionen, 3. Auflage, Wiesbaden 2007
- Bayer, Wolfgang:**
Erneuerbare Energien, in: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Stat-Magazin (Web-Magazin), Wiesbaden 2008, http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/STATmagazin/Energie2008__2,templateId=renderPrint.psml__nnn=true, Stand: 15.01.2009
- Beer, Michael, u. a.:**
Strom aus Sonnenlicht - Handbuch für Technik, Planung und Montage, 7. Auflage, Cölbe/ Marburg 2003
- Bitz, Michael, u. a.:**
Investition – Multimediale Einführung in finanzmathematische Entscheidungskonzepte, Wiesbaden 2002
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.):**
Erneuerbare Energien - Innovationen für die Zukunft, 6. Auflage, Berlin 2006
- Böhme, Dieter/ Dürrschmidt, Wolfhart:**
Erneuerbare Energien – Fragen und Antworten, BMU (Hrsg.), 2. Auflage, Berlin 2008
- Dreher, Martin:**
Auswirkungen einer Förderung regenerativer Energieträger in der Stromerzeugung – Eine Energiesystemanalyse für Baden-Württemberg, in: Wietschel, Martin, u. a. (Hrsg.): Regenerative Energieträger. Der Beitrag und die Förderung regenerativer Energieträger im Rahmen einer Nachhaltigen Energieversorgung, Landsberg 2002, S. 132-159
- Dürschner, Christian, u. a.:**
Solarstrom für alle - Strom gewinnen, Umwelt schützen, Geld verdienen, Berlin 2007

- Eggeling, Gerhard:** Nutzen-Kosten-Analysen bei öffentlichen Investitionen, in: Schneider, Hans (Hrsg.): Nutzen-Kosten-Analysen bei öffentlichen Investitionen, Münster 1971, S. 7-26.
- Fiebig, Helmut:** Kommunale Kostenrechnung und Wirtschaftlichkeitsteuerung. Ziele – Methoden – Ergebnisse, 3. Auflage, Berlin 2004
- Finanzministerium Baden-Württemberg:**
Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Stuttgart 2000
- Forschungsverbund Sonnenenergie - FVS (Hrsg.):**
Themen 2001. Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen, Berlin 2002
- Gabler, Hansjörg, u. a.:** Photovoltaik am Gebäude – Stromversorgung mit Solarzellen?, in: Forschungsverbund Sonnenenergie - FVS (Hrsg.): Themen 2001. Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen, Berlin 2002, S. 29-35
- Gemeindeordnung Baden-Württemberg:**
Auszug des Entwurfes des Innenministeriums Baden-Württemberg, Stand: 26.09.2005
- Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien:**
vom 01. April 2000 in der Fassung vom 01. Januar 2009
- Gesetz über den kommunalen Finanzausgleich:**
in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. Januar 2000, geändert durch Gesetz vom 12. Februar 2007
- Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland:**
vom 23. Mai 1949 in der Fassung vom 28. August 2006
- Goetzberger, Adolf / Knoblauch, Joachim:**
Physikalische Grundlagen von Solarzellen, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), Photovoltaik; Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, 4. Auflage, Heidelberg 1999, S. 1-20

- Goretzki, Peter/ Maass, Inge:** Solarfibel – Städtebauliche Maßnahmen, energetische Wirkzusammenhänge und Anforderungen, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), 5. Auflage, Stuttgart 2007
- Häberlin, Heinrich:** Photovoltaik - Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen, Aarau 2007
- Hanusch, Horst:** Nutzen-Kosten-Analyse, 2. Auflage , München 1994
- Hieber, Fritz:** Öffentliche Betriebswirtschaftslehre – Grundlagen für das Management in der öffentlichen Verwaltung, 5. Auflage, Sternenfels 2005
- John, Birgit:** Durchschnittserlös für Strom erreicht erstmals 11 Cent je Kilowattstunde, in: Pressemitteilung Nr. 388/2008 vom 24.11.2008, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart
- Klümper, Bernd, u. a.:** Kommunale Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung – Fachbuch mit Beispielen und praktischen Übungen und Lösungen, 8. Auflage, Witten 1996
- Kronberger, Hans/ Nagler, Hans:** Der sanfte Weg - Handbuch der erneuerbaren Energie, Wien 1997
- Kruschwitz, Lutz:** Finanzierung und Investition, 5. Auflage, München 2007
- Liebing, Alexandra/ Schulz, Jürgen:** Umweltpolitik. Zahlen – Daten – Fakten, BMU (Hrsg), 2. Auflage, Berlin 2008
- Lutz, Hans-Peter:** Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) 6. Auflage, Stuttgart 2008
- Mappus, Stefan:** Einführung, in: Mitsch-Werthwein/ Reuter, Bernd: Energieversorgung der Zukunft – zwischen Klimaschutz und Ökonomie, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart 2005, S. 7-16

- Mayer, Horst Otto:** Interview und schriftliche Befragung, 4. Auflage, München 2008
- Meliß, Michael, u. a.:** Erneuerbare Energien - verstärkt nutzen, 3. Auflage, Magdeburg 1995
- Mitsch-Werthwein/ Reuter, Bernd:**
Energieversorgung der Zukunft – zwischen Klimaschutz und Ökonomie, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart 2005
- Mühlenkamp, Holger:** Kosten-Nutzen-Analyse, München 1994
- Müller, Werner:** Perspektiven für die Verstromung fossiler Energieträger, in: Mitsch-Werthwein/ Reuter, Bernd: Energieversorgung der Zukunft – zwischen Klimaschutz und Ökonomie, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart 2005, S. 45-55
- Quaschnig, Volker:** Regenerative Energiesysteme. Technologie – Berechnung – Simulation, 4. Auflage, München/Wien 2006
- Räuber, Armin:** Erneuerbare Energien, Stand – Aussichten – Forschungsziele, 4. Auflage, Bonn 1995
- Remmers, Karl-Heinz, u. a.:**
Langzeiterfahrung Solarthermie - Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen von Solaranlagen, Solarpraxis Supernova AG (Hrsg.), Berlin 2001
- Roth, Werner/ Steinhüser, Andreas:**
Photovoltaische Energieversorgung für Verbraucher im kleinen und mittleren Leistungsbereich, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), Photovoltaik; Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, 4. Auflage, Heidelberg 1999, S. 175-189
- Schmid, Jürgen (Hrsg.):** Photovoltaik: Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, 4. Auflage, Heidelberg 1999

- Schmidt, Heribert:** Anpasswandler, Maximum Power Point Tracker und Laderegler, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), Photovoltaik; Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, 4. Auflage, Heidelberg 1999, S. 117-131
- Schmidt, Heribert:** Photovoltaik- Wechselrichter, in: Schmid, Jürgen (Hrsg.), Photovoltaik; Strom aus der Sonne; Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, 4. Auflage, Heidelberg 1999, S. 132-142
- Schmidt, Jürgen:** Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Verwaltung, 7. Auflage, Berlin 2006
- Schneider, Hans (Hrsg.):** Nutzen-Kosten-Analysen bei öffentlichen Investitionen, Münster 1971
- Umweltministerium Baden-Württemberg/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):**
Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg, 4. Aufl., Stuttgart 2008
- Veth, Sabine/ Wehrspaun, Michael:**
Umweltbewusstsein in Deutschland 2008 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, BMU (Hrsg.), Berlin 2008
- Wenzel, Bernd:** Strom aus erneuerbaren Energien – Was kostet uns das?, BMU (Hrsg.), 9. Auflage, Berlin 2008
- Wietschel, Martin, u. a. (Hrsg.):**
Regenerative Energieträger. Der Beitrag und die Förderung regenerativer Energieträger im Rahmen einer Nachhaltigen Energieversorgung, Landsberg 2002

Erklärung nach § 36 III APrO

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Ludwigsburg, im März 2009

Martin Schlappa