

# Die Bewertung solarer Kleinkraftwerke im Haushalt

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades  
„Master of Science“

eingereicht bei  
Mag. Peter Höflechner

Dipl.-Ing. Paul Frühling

0035099

Moosbrunn, am 26. November 2012

## Eidesstattliche Erklärung

Ich, **DIPL.-ING. PAUL FRÜHLING**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "DIE BEWERTUNG SOLARER KLEINKRAFTWERKE IM HAUSHALT", 68 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 26. November 2012

---

Unterschrift

# Danksagung

An dieser Stelle darf ich die Gelegenheit nützen, all jenen Menschen herzlich zu danken, welche mich im Verlauf dieses postgradualen Studiums wesentlich unterstützt und begleitet haben.

Bei Ao.Univ.Prof. Dr. Bob Martens und seinem gesamten Team vom Continuing Education Center der Technischen Universität Wien möchte ich mich für die professionelle und unterstützende Organisation während der gesamten Ausbildung bedanken.

Mag. Peter Höflechner und Mag. Carolin Gappmaier gilt mein Dank für die äußerst kompetente und umsichtige Betreuung dieser Masterthese.

Besonders herzlich möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, allen voran bei meiner Frau Christine, meiner kleinen Tochter Rosalia und bei meinen Eltern. Ihnen verdanke ich nicht nur die notwendige Motivation und Beharrlichkeit für ein postgraduales Studium, sondern vor allem auch viel Verständnis und Unterstützung für die vielen notwendigen Arbeitsstunden im Rahmen meiner Ausbildung.

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Danksagung.....</b>   | <b>i</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>                                       | <b>iv</b> |
| <b>1 Einleitung.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2 Möglichkeiten solarer Kleinkraftwerke im Haushalt.....</b>          | <b>2</b>  |
| 2.1 Photovoltaik .....   | 2         |
| 2.2 Solarthermie.....  | 3         |
| <b>3 Mögliche Bewertungsverfahren für Kleinkraftwerke.....</b>           | <b>5</b>  |
| 3.1 Vergleichswertverfahren.....   | 6         |
| 3.2 Sachwertverfahren .....  | 7         |
| 3.3 Ertragswertverfahren .....   | 9         |
| 3.4 DCF-Verfahren .....  | 10        |
| 3.5 Bewertung von Kraftwerken.....                                       | 12        |
| 3.6 Auswahl des Zinssatzes .....   | 13        |
| <b>4 Förderungen für solare Kleinkraftwerke in Niederösterreich.....</b> | <b>15</b> |
| 4.1 Photovoltaik .....   | 15        |
| 4.1.1 Bund.....  | 15        |
| 4.1.1.1 Direktförderung .....  | 15        |
| 4.1.1.2 Einspeiseförderung.....  | 16        |
| 4.1.2 Land Niederösterreich.....   | 18        |
| 4.1.3 Zusammenführung der Förderungen für PV-Anlagen.....                | 20        |
| 4.2 Solarthermie.....  | 23        |
| 4.2.1 Bund.....  | 23        |
| 4.2.2 Land Niederösterreich.....   | 24        |
| 4.2.3 Zusammenführung der Förderungen für Solarthermie-Anlagen .....     | 28        |
| <b>5 Bewertung solarer Kleinkraftwerke .....</b>                         | <b>30</b> |
| 5.1 Photovoltaikanlagen.....   | 30        |
| 5.1.1 Eingabedaten und Berechnung des Bewertungsbeispiels.....           | 30        |
| 5.1.2 Ergebnisse des Bewertungsbeispiels .....                           | 32        |
| 5.1.3 Identifizierung der Haupteinflussfaktoren .....                    | 40        |
| 5.1.4 Bewertungstabelle für Photovoltaikanlagen .....                    | 44        |
| 5.2 Solarthermieanlagen .....  | 48        |
| 5.2.1 Eingabedaten und Berechnung des Bewertungsbeispiels.....           | 48        |
| 5.2.2 Ergebnisse des Bewertungsbeispiels .....                           | 50        |
| 5.2.3 Identifizierung der Haupteinflussfaktoren .....                    | 53        |
| 5.2.4 Bewertungstabelle für Solaranlagen .....                           | 56        |

|          |                                    |           |
|----------|------------------------------------|-----------|
| <b>6</b> | <b>Schlussfolgerungen.....</b>     | <b>60</b> |
|          | <b>Kurzfassung.....</b>            | <b>63</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>64</b> |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis .....</b> | <b>66</b> |
|          | <b>Tabellenverzeichnis .....</b>   | <b>68</b> |

# Abkürzungsverzeichnis

|                |   |
|----------------|---|
| a              | Jahr  |
| Abs.           | Absatz                                      |
| ct             | Cent  |
| DCF            | Discounted-Cash-Flow                        |
| EURIBOR        | Euro Interbank Offered Rate                 |
| €              | Euro  |
| f              | folgende                                    |
| ff             | fortfolgende                                |
| IH             | Instandhaltung                              |
| IS             | Instandsetzung                              |
| kWh            | Kilowattstunde                              |
| kWp            | Kilowatt peak                               |
| LBG            | Liegenschaftsbewertungsgesetz BGBl 1992/150 |
| MW             | Megawatt                                    |
| §              | Paragraph                                   |
| %              | Prozent                                     |
| m <sup>2</sup> | Quadratmeter                                |
| NÖ             | Niederösterreich                            |
| PV             | Photovoltaik                                |
| Z              | Ziffer                                      |

# 1 Einleitung

Die erneuerbaren Energien brachten einen Wandel zu einer Vielzahl an privaten Kleinkraftwerken. Mit deren Hilfe ist die Erzeugung von Wärme, als auch von Strom möglich. Die Möglichkeiten reichen von Holzheizungen und Wärmepumpen bis hin zu Windrädern und Photovoltaikanlagen. Gerade aber die monetäre Bewertung solcher Anlagen im Rahmen eines Verkehrswertgutachtens gestaltet sich auf Grund fehlender Vergleichswerte als schwierig.

Von den vielen Möglichkeiten erneuerbarer Energien konzentriert sich diese Arbeit auf den Themenbereich solarer Kleinkraftwerke. Darunter versteht man die Nutzung der Sonnenenergie zur Wärme- und Stromerzeugung mittels Solarthermie- und Photovoltaikanlagen. Gerade diese Anwendungen sind bei privaten Haushalten weit verbreitet und die Frage nach einer nachvollziehbaren Bewertungsmöglichkeit gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Zu Beginn der Arbeit werden die Möglichkeiten solarer Kleinkraftwerke erarbeitet und beschrieben. Im darauf folgenden Kapitel werden die in Frage kommenden Bewertungsverfahren behandelt, sowie die Bewertung von Kraftwerken im generellen beleuchtet. Einen wesentlichen Parameter stellen die Förderungen und die damit verbundenen Möglichkeiten dar. Diese werden am Beispiel der Förderungssituation in Niederösterreich erläutert. Gerade das Förderungssystem in Niederösterreich bietet sich durch seinen breiten und komplexen Aufbau und seiner umfangreichen Förderungsvarianten für diese Untersuchung an. Im Hauptteil der Masterarbeit erfolgen die Bewertung solarer Kleinkraftwerke und die Erstellung geeigneter Bewertungstabellen. Dabei soll eine Vorgehensweise zur Verkehrswertermittlung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen in Niederösterreich erarbeiten und transparent dargestellt werden. Eine entsprechende Zusammenfassung bildet den Abschluss der Arbeit.

## 2 Möglichkeiten solarer Kleinkraftwerke im Haushalt

Der Einsatz erneuerbarer Energien hat in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung zugenommen. Die Entwicklung erreichte nicht nur den betrieblichen Bereich, sondern gerade auch den privaten Hausbesitzer. Eine Fülle unterschiedlicher Möglichkeiten stehen Privatpersonen zur Verfügung, um erneuerbare Energien gewinnen zu können. Diese Arbeit untersucht den Bereich der solaren Kleinkraftwerke, welche sich in Photovoltaik- und Solarthermieanlagen unterscheiden. In diesem Kapitel werden diese zwei Möglichkeiten der solaren Energiegewinnung beschrieben.

### 2.1 Photovoltaik

Die von der Sonne ausgesendete Strahlungsenergie kann in elektrischen Strom umgewandelt werden. Dabei werden Siliziumzellen verwendet und der Vorgang wird Photovoltaik genannt. Der erzeugte Strom kann entweder im Haushalt selbst verbraucht werden, oder in das Leitungsnetz der Energieversorgungsunternehmen eingespeist werden. (Konrad, 2008, S. 3 f)

In der nachfolgenden Abbildung sind die wesentlichen Komponenten einer Photovoltaikanlage veranschaulicht:

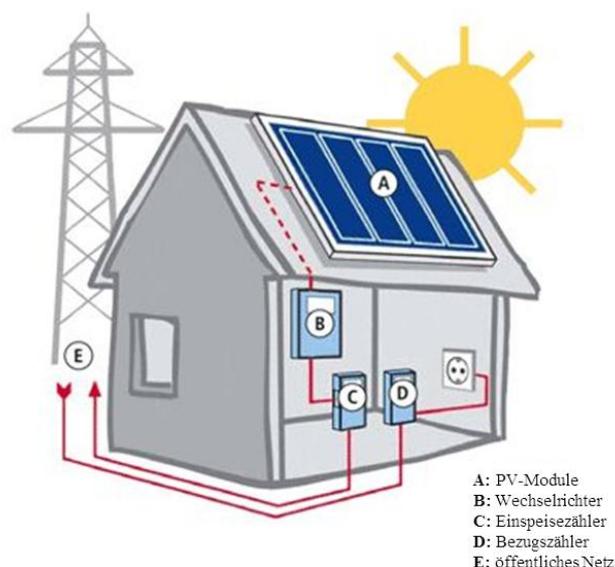


Abbildung 2.1: Komponenten einer Photovoltaikanlage (Photovoltaic Austria Federal Association, 2012)

Solarzellen haben bei der Verwendung von monokristallinen Modulen einen Flächenbedarf von sechs bis neun Quadratmeter für die Leistungserzeugung von einem Kilowatt peak. Die Module sollten, um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen, Richtung Süden mit einer Neigung von 30 Grad errichtet werden. (Konrad, 2008, S. 12)

Für Photovoltaikanlagen fallen relativ hohe Investitionskosten an. Bei üblicher Konstruktion auf dem Dach können die Kosten mit nachfolgender Tabelle abgeschätzt werden. (Konrad, 2008, S. 33)

*Tabelle 2.1: Kostenschätzung (Konrad, 2008, S. 33)*

| <b>Anlagengröße</b> | <b>Kostenschätzung (netto)</b> |
|---------------------|--------------------------------|
| < 10 kWp            | 5.000,- € / kWp                |
| 10 – 30 kWp         | 4.300,- € / kWp                |
| > 30 kWp            | 4.000,- € / kWp                |

Auch bei Photovoltaikanlagen entstehen Betriebskosten. Diese fallen für Versicherungen, Reinigung und mögliche Reparaturen an. Zu Kalkulationszwecken kann mit einem Prozent der Investitionskosten für die Betriebskosten gerechnet werden. (Konrad, 2008, S. 35)

## 2.2 Solarthermie

Solarthermie oder Solaranlagen machen sich die Energie der Sonne zunutze, um Wasser zu erwärmen. Dabei werden so genannte Sonnenkollektoren verwendet, die aus Kupfer- oder Aluminium-Absorbern bestehen, welche von Wasser durchströmt werden. Dabei geben diese Absorber die aufgenommene Sonnenenergie an das Wasser ab. Das gewonnene Warmwasser wird in einem Pufferspeicher gesammelt und bei Bedarf zur Warmwasserbereitung oder zur Heizungsunterstützung verwendet. (Austria Solar, 2012)

In der nachfolgenden Abbildung werden die einzelnen Komponenten einer Solaranlage schematisch dargestellt:

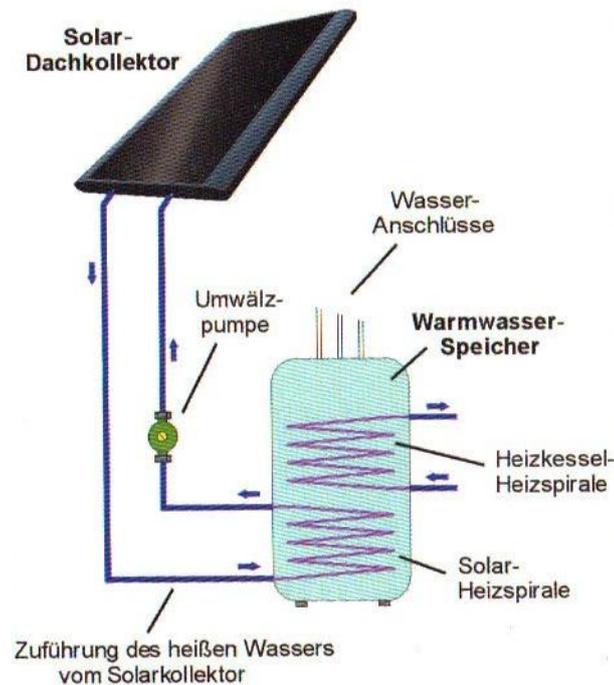


Abbildung 2.2: Das Prinzip einer solarthermischen Anlage (Hanus, 2007, S. 24)

Eine Umwälzpumpe pumpt das erwärmte Wasser vom Solarkollektor zum Warmwasserspeicher. Von diesem Pufferspeicher laufen die Warmwasserleitungen zu den Sanitäranlagen oder eventuell auch zu den Heizungsanlagen. Sollte die Energie der Solaranlage nicht ausreichen, liefert das Heizungssystem zusätzliche Wärme in den Warmwasserspeicher. (Hanus, 2007, S. 24 f)

Eine typische Solaranlage zur Warmwasserbereitung für ein Einfamilienhaus mit sechs Quadratmeter Kollektorfläche und einem 300 Liter Pufferspeicher kostet etwa 5.800 Euro inklusive Mehrwertsteuer. Eine Anlage zur Heizungsunterstützung mit 15 Quadratmeter Kollektorfläche und 1.000 Liter Pufferspeicher kommt auf einen Bruttopreis von 11.600 Euro. (Austria Solar, 2012)

Die Jahresproduktion je Quadratmeter Kollektorfläche liegt zwischen 250 und 600 kWh. Als laufende Kosten fallen Betriebs-, Wartungs-, Reinigungs- und Versicherungskosten an. Die Nutzungsdauer einer Solaranlage liegt zwischen 20 und 25 Jahren. (DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH, 2012)

### 3 Mögliche Bewertungsverfahren für Kleinkraftwerke

Grundsätzlich kann zwischen drei wesentlichen Bewertungsverfahren unterschieden werden. Dabei hängt vom Bewertungsobjekt ab, welches Verfahren anzuwenden ist. Die Entscheidung für eine Methode ist in der Praxis nicht immer ganz einfach. Die konkreten Umstände und die Art des Objektes helfen bei der Verfahrensauswahl. (Mannek, 2010, S. 34)

In der nachfolgenden Abbildung werden die drei Bewertungsmethoden veranschaulicht:

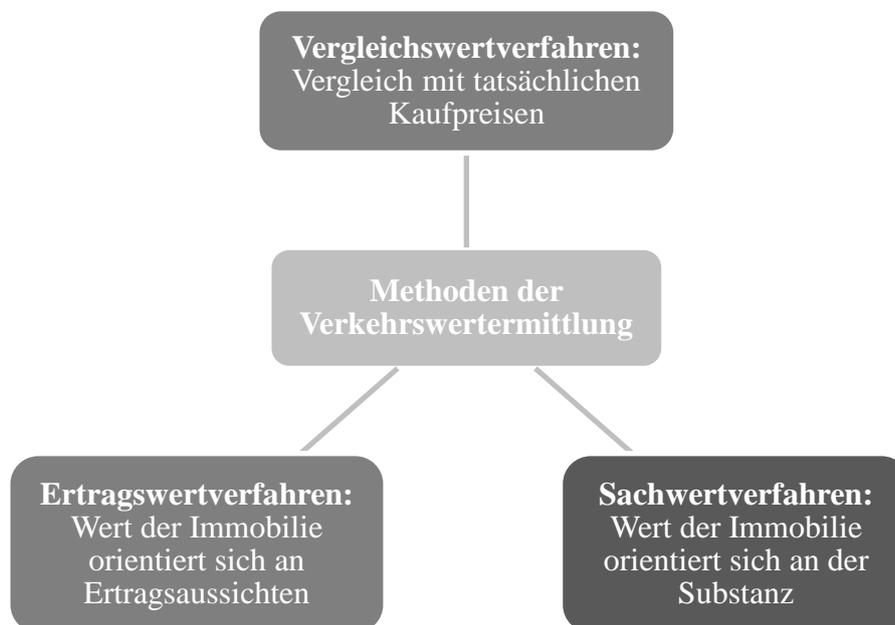


Abbildung 3.1: Methoden der Verkehrswertermittlung (Mannek, 2010, S. 34)

Im Normalfall wird ein Objekt nach einem Verfahren bewertet. Aber auch die Bewertung nach mehreren Verfahren ist möglich, um auf Basis der Ergebnisse weitere Aussagen treffen zu können. Auch die Verschneidung der Ergebnisse aus Sachwert- und Ertragswertverfahren findet noch Anwendung. Im Allgemeinen ist bei der Methodenentscheidung die Sicht möglicher Käufer und der Zweck der Immobilie wesentlich. (Kranewitter, 2010, S. 16 f)

Grundsätzlich ist die Gewichtung zwischen zwei Verfahren kritisch zu sehen und möglichst zu vermeiden. Bei dieser Vorgehensweise besteht die Gefahr, dass es zu willkürlich festgelegten Verhältnissen zwischen Sachwert und Ertragswert kommt. Eine nicht begründete Gewichtung entspricht nicht den Vorgaben des LBG. Allerdings kann es auch vorkommen, dass bei einem Bewertungsobjekt neben dem Ertragswert auch der Wert

der Substanz maßgebliche Bedeutung hat, um den Markt verlässlich abbilden zu können. Aus den Ergebnissen unterschiedlicher Bewertungsverfahren können somit Hinweise für die abschließende Marktanpassung gefunden werden. Eine allfällige Gewichtung ist ordentlich und nachvollziehbar zu begründen. (Seiser & Kainz, 2011, S. 680 ff)

In den nachfolgenden Kapiteln werden die drei angeführten Bewertungsverfahren, sowie das DCF-Verfahren beschrieben.

### 3.1 Vergleichswertverfahren

Die Grundidee bei dieser Methode ist der Vergleich mit bereits durchgeführten Verkaufstransaktionen. Man kann daher von einem sehr marktgerechten Verfahren sprechen. Die Schwierigkeit liegt in der vorhandenen Anzahl und in der Vergleichbarkeit von entsprechenden Abwicklungen. So gleicht beispielsweise kaum ein Haus dem anderen. Daher ist das Vergleichswertverfahren oft nicht anwendbar und eignet sich in erster Linie für unbebaute Grundstücke. (Kranewitter, 2010, S. 17)

Die nachfolgende Tabelle zeigt geeignete Beispiele für das Vergleichswertverfahren:

*Tabelle 3.1: Anwendung vergleichswertorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 162)*

| Anwendung von vergleichsorientierten Bewertungsverfahren |                  |
|--|------------------|
| Regelfall  | Teilweise        |
| unbebaute Grundstücke                                    | Luxusimmobilien  |
| Eigentumswohnungen                                       | Industriebrachen |
| Reihenhäuser   |                  |
| Doppelhäuser   |                  |

Die chronologische Herangehensweise im Vergleichswertverfahren wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

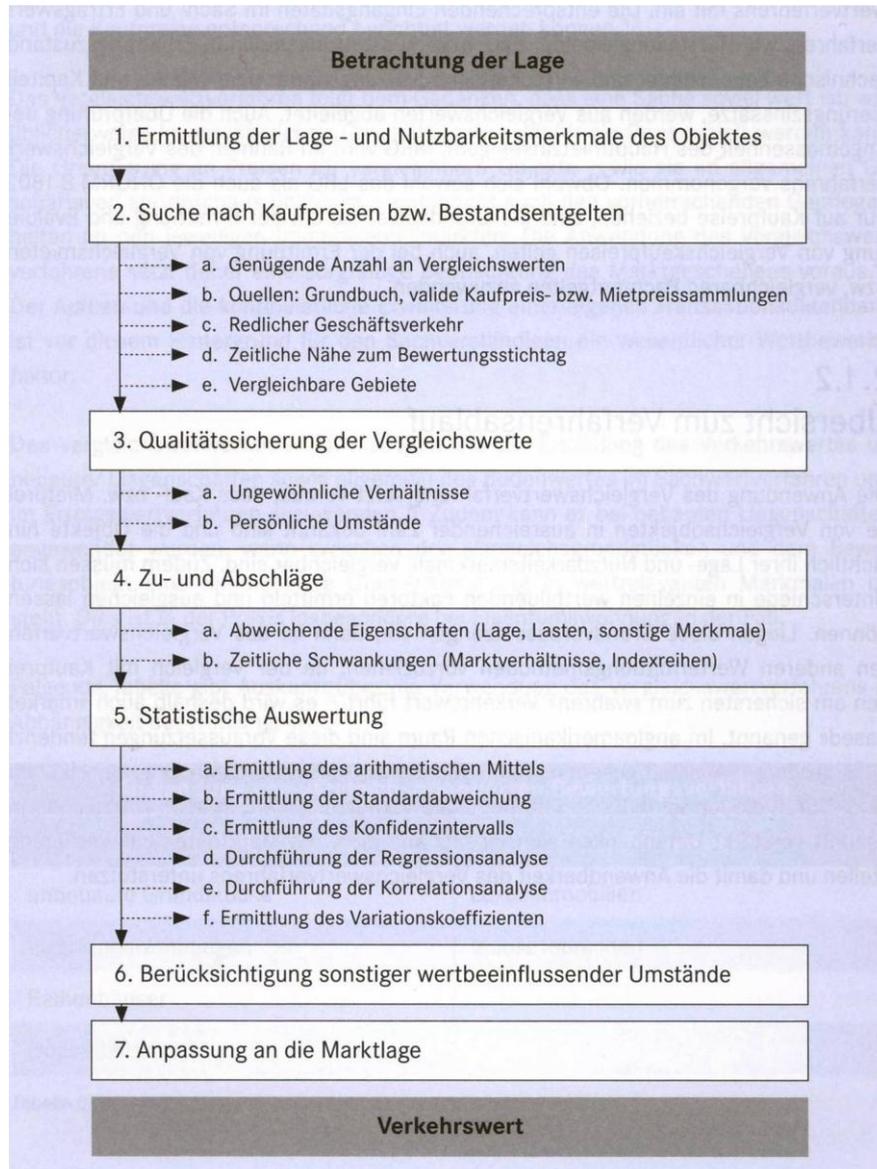


Abbildung 3.2: Vorgehensweise im Rahmen des Vergleichswertverfahrens (Bienert & Funk, 2007, S. 164)

## 3.2 Sachwertverfahren

Das Sachwertverfahren eignet sich für Objekte der Eigennutzung. Da keine entsprechend vergleichbaren Mieten oder Pachtgelder zur Verfügung stehen, ist das Ertragswertverfahren nicht anwendbar. Der Sachwert einer Immobilie umfasst den Bodenwert und den Bauwert. Der Bauwert errechnet sich aus den aktuellen Herstellungskosten verringert um entsprechende Wertminderungen, welche sich durch Alter, Schäden, unzeitgemäße Ausstattung, schlechter Grundriss und weitere Gründe

ergeben können. Wertbeeinflussende Gegebenheiten werden entsprechend eingerechnet. Abschließend kann noch eine entsprechende Marktanpassung erfolgen. (Kranewitter, 2010, S. 17 f)

In der nächsten Tabelle werden Beispiele für die Anwendung des Sachwertverfahrens angeführt:

Tabelle 3.2: Anwendung sachwertorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 266)

| Anwendung von sachwertorientierten Bewertungsverfahren<br>– cost approach – |   |
|---|---|
| Uneingeschränkt   | Eingeschränkt                                       |
| Ein- und Zweifamilienhäuser   | Luxusimmobilien                                     |
|   | Schlösser und Burgen                                |
|   | Schulen, Kindergärten,<br>Krankenhäuser, Sanatorien |
|   | Gewerbe- und Industrieobjekte                       |
|   | kirchliche u. a. karitative Liegenschaften          |

In der nächsten Abbildung wird das Sachwertverfahren als Prozess dargestellt:

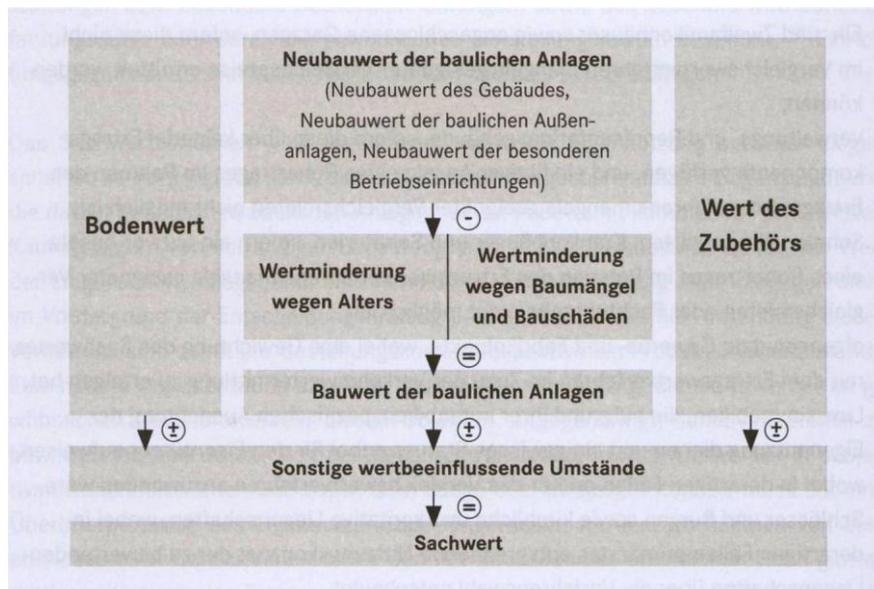


Abbildung 3.3: Prozessuale Darstellung vom Sachwertverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 268)

### 3.3 Ertragswertverfahren

Bei diesem Verfahren richtet sich der Wert der Immobilie nach dem erzielbaren Ertrag. Dies ist bei Objekten der Vermietung und Verpachtung der Fall. Beim klassischen Ertragswertverfahren werden der Ertrag aus dem Boden und der Ertrag aus dem Gebäude getrennt bewertet. Für den Bodenwert geht man von dem Vergleichswertverfahren aus. Der Ertrag der baulichen Anlagen vermindert sich um die angesetzte Bodenwertverzinsung. Der restliche Ertrag wird entsprechend kapitalisiert. Das vereinfachte Ertragswertverfahren schlüsselt nicht in Boden und Gebäude auf. Dabei wird der Barwert der zu erwartenden Erträge berechnet. (Kranewitter, 2010, S. 18)

Beispiele für die Anwendung des Ertragswertverfahrens sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 3.3: Anwendung ertragsorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 328)

| Anwendung von ertragsorientierten Bewertungsverfahren |   |
|---|---|
| Regelfall   | Teilweise   |
| Miethäuser  | Schulen, Kindergärten                                   |
| Hotels, Gastronomie                                   | Gewerbe- u. Industrieobjekte / Fabriken                 |
| Gemischt genutzte Objekte                             | Objekte der Kirche und andere karitative Liegenschaften |
| Parkierungsanlagen                                    | (Kleinere) Eigentumswohnungen                           |
| Krankenhäuser   | Zweifamilienhäuser                                      |
| Seniorenimmobilien                                    | Schwimmbäder  |
| Logistikimmobilien                                    | Schlösser und Burgen                                    |
| Büro- und Verwaltungsobjekte                          |   |
| Urban Entertainment Center                            |   |
| Multiplex-Kinos                                       |   |
| Handelsimmobilien                                     |   |
| Windparks   |   |
| Golfplätze u. a. Freizeitimmobilien                   |   |

Der Ablauf des Ertragswertverfahrens wird in der nächsten Abbildung dargestellt:

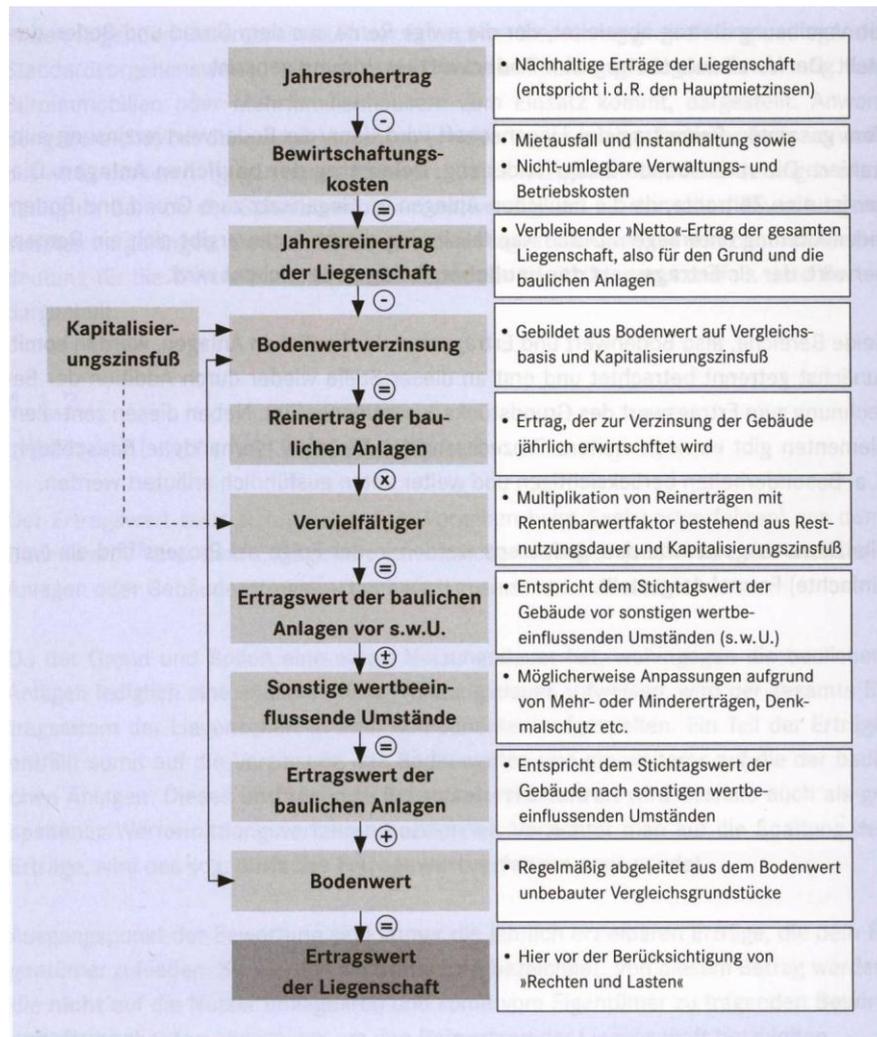


Abbildung 3.4: Prozessuale Darstellung vom Ertragswertverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 332)

### 3.4 DCF-Verfahren

Das Discounted-Cash-Flow-Verfahren ist eine internationale Bewertungsmethode und eine Variante des Ertragswertverfahrens. Es eignet sich für ertragsorientierte Objekte und setzt eine möglichst verlässliche Vorausschau auf alle Zahlungsströme voraus. Das Verfahren gliedert die Zeit in zwei Phasen. In der ersten Phase handelt es sich um den Detailprognose-Zeitraum, in welchem die einzelnen Ein- und Auszahlungen sehr detailliert dargestellt werden. Der Cash-Flow wird für jedes Jahr dargestellt und auf den Stichtag abgezinst. Der Detailprognose-Zeitraum dauert etwa fünf bis zehn Jahre. Der darauf folgende Zeitraum wird als zweite Phase bezeichnet. Dabei wird ein Durchschnittsjahr am Ende des Detailprognose-Zeitraums herangenommen und die zweite Phase wird mit

entsprechender Restnutzungsdauer kapitalisiert. Dieser fiktive Veräußerungswert findet am Ende der ersten Phase entsprechende Berücksichtigung. Der Verkehrswert des DCF-Verfahrens entspricht der Summe, der auf den Bewertungsstichtag abgezinsten Barwerte. (Kranewitter, 2010, S. 111 f)

Die Discounted-Cash-Flow-Methode kann ins Deutsche als Barwertmethode übersetzt werden. Als Berechnungsvarianten können der Kapitalwert oder der interne Zinsfuß eines Renditeobjektes berechnet werden. (Rosenbaum, 2008, S. 120)

In der nächsten Tabelle sind die Unterschiede zwischen der DCF-Methode und dem Ertragswertverfahren angeführt:

*Tabelle 3.4: Wesentliche Unterschiede zwischen DCF-Methode und Ertragswertverfahren (Sommer & Kröll, 2008, S. 352)*

|  | <b>Discounted Cash Flow</b>                       | <b>Ertragswertverfahren</b>  |
|--|---|--|
| <b>Überschüsse sind ...</b>                      | ... Einnahmen und Ausgaben.                       | ... Erlöse und Kosten.   |
| <b>Überschüsse sind ...</b>                      | ... in beliebiger zu schätzender Höhe anzusetzen. | ... die Reinerträge in konstanter Höhe über die Restnutzungsdauer. |
| <b>Zukünftige inflationäre Veränderungen ...</b> | ... werden in den Schätzungen berücksichtigt.     | ... gehen nicht in das Modell ein.                                 |
| <b>Der Zinssatz ist ...</b>                      | ... ein zu schätzender Kapitalisierungszinssatz.  | ... der Liegenschaftszinssatz als empirische Größe.                |

Beim DCF-Verfahren werden Wachstumsraten nicht über den Zinssatz berücksichtigt, sondern direkt über steigende Zahlungsströme. Non-Growth-Yield ist ein Zinssatz, welcher Wachstum nicht berücksichtigt. Im Gegensatz dazu enthält die Growth-Yield einen entsprechenden Wachstumsanteil und ist daher tendenziell niedriger als die Non-Growth-Yield. (Bienert & Funk, 2007, S. 495)

Die nächste Abbildung veranschaulicht die DCF-Methode:

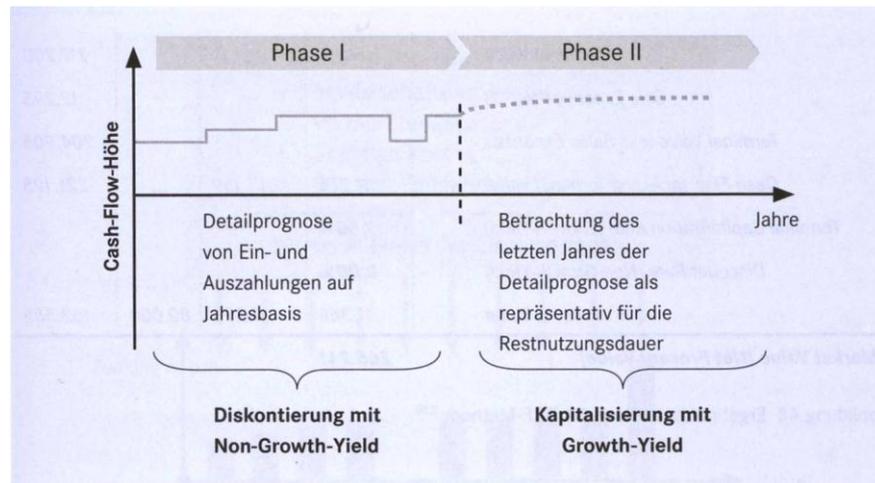


Abbildung 3.5: Unterteilung der Zahlungsströme bei der DCF-Methode (Bienert & Funk, 2007, S. 493)

### 3.5 Bewertung von Kraftwerken

Auf Grund politischer Ziele und einem intensiven Klimabewusstsein nimmt die Anzahl alternativer Kraftwerke, wie beispielsweise Windkraft-, Photovoltaik- oder Wasserkraftanlagen deutlich zu. Dies führt auch zu neuen Herausforderungen der Wertermittlung solcher Anlagen. Als Bewertungsverfahren für Windenergieanlagen sind grundsätzlich die Verfahren nach Vergleichs-, Sach- und Ertragswert möglich. Das Vergleichswertverfahren wird auf Grund des Fehlens von qualitativen Veräußerungsdaten derartiger Anlagen zu vernachlässigen sein. Windkraftanlagen werden gebaut, um Erträge zu erwirtschaften. Über die gesamte Nutzungsdauer einer derartigen Anlage ändern sich jedoch die Erträge, da Einspeisevergütungen eine bestimmte Vertragsdauer haben. Daher bietet sich für die Bewertung das DCF-Verfahren an, da unterschiedliche Einzahlungen berücksichtigt werden können. Als Ergänzung der Berechnung kann das Sachwertverfahren parallel durchgeführt werden. (Pohnert, Ehrenberg, Haase, & Joeris, 2010, S. 657 ff)

Für Biogasanlagen ist das Vergleichswertverfahren ebenfalls kaum anwendbar, da Verkaufstransaktionen kaum vorliegen bzw. nur sehr schwer vergleichbar sind. Auch bei Biogasanlagen geht es um das Erwirtschaften von Gewinnen, weshalb sich das Ertragswertverfahren eignet. Das Sachwertverfahren dient der Ermittlung einer Wertobergrenze. Jedoch führen die zu erwartenden volatilen Preise für Agrarprodukte zu einem starken Stichtagsbezug der Bewertung. (Pohnert, Ehrenberg, Haase, & Joeris, 2010, S. 664 f)

### 3.6 Auswahl des Zinssatzes

Im Detailprognosezeitraum des DCF-Verfahrens werden die Wachstumsraten in den Zahlungen abgebildet. Der zu verwendende Diskontierungszinssatz berücksichtigt daher keinen Wachstumsanteil. Zur Herleitung des Zinssatzes werden die gewichteten Kapitalkosten ermittelt. (Bienert & Funk, 2007, S. 409)

Diese Kapitalkosten werden aus der Eigenkapitalverzinsung und der Fremdkapitalverzinsung abgeleitet. Bei der Eigenkapitalverzinsung dient ein sicherer Referenzzinssatz als Basis, welcher um Risikozuschläge erhöht wird. Der Referenzzinssatz richtet sich nach Staatsanleihen mit langer Laufzeit von Triple-A-Staaten wie Deutschland oder Österreich. (Bienert & Funk, 2007, S. 787)

In der nachfolgenden Tabelle sind die Renditen von Staatsanleihen in Abhängigkeit von der Laufzeit abgebildet:

Tabelle 3.5: Renditen von Staatsanleihen mit Stichtag 02.11.2011 (Oberbank, 2011)

|                               | <b>5 Jahre</b> | <b>10 Jahre</b> | <b>30 Jahre</b> |
|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Öst. Bundesanleihe</b>     | 1,91 %         | 2,88 %          | 3,47 %          |
| <b>Deutsche Bundesanleihe</b> | 1,00 %         | 1,82 %          | 2,64 %          |
| <b>US Treasury</b>            | 0,93 %         | 2,04 %          | 3,06 %          |

Für diese Arbeit wird ein abgeleiteter Referenzzinssatz von drei Prozent angenommen.

Als Risikozuschläge werden in der Immobilienwirtschaft Sätze von einem bis drei Prozent angenommen. Gewerbeimmobilien haben einen höheren Risikozuschlag. Hingegen haben Wohnobjekte einen niedrigeren Zuschlag. (Bienert & Funk, 2007, S. 791) Auf Grund der gemischten Anwendung von Kleinkraftwerken wird ein mittlerer Risikoaufschlag von zwei Prozent angenommen.

Die Fremdkapitalverzinsung kann vom Geldmarkt abgeleitet werden. Der EURIBOR-Zinssatz eignet sich dabei als Basiszinssatz. (Bienert & Funk, 2007, S. 792)

Die nächste Tabelle zeigt EURIBOR-Zinssätze mit unterschiedlichen Fristigkeiten:

Tabelle 3.6: EURIBOR-Zinssätze mit Stichtag 08.11.2011 (Oberbank, 2011)

| <b>Laufzeit</b>  | <b>EURIBOR</b> |
|------------------|----------------|
| <b>1 Monat</b>   | 1,223          |
| <b>3 Monate</b>  | 1,476          |
| <b>12 Monate</b> | 2,039          |

Laut Auskunft von Bankunternehmen muss je nach Bonität für mittelfristige Fixzinskredite ein zusätzlicher Aufschlag auf den EURIBOR von drei bis fünf Prozent berücksichtigt werden. Als Referenzwert für die Fremdkapitalverzinsung werden fünf Prozent angenommen.

Die gewichteten Kapitalkosten ergeben sich aus der Gewichtung von Eigen- und Fremdkapitalanteil. Typische Verhältnisse zwischen Eigen- und Fremdkapital bewegen sich in der Immobilienbranche bei 30:70 oder 20:80. (Bienert & Funk, 2007, S. 791 f) In dieser Arbeit werden für die Investitionen 30 Prozent Eigenkapital und 70 Prozent Fremdkapital angenommen.

In der nachfolgenden Tabelle werden die gewichteten Kapitalkosten errechnet:

*Tabelle 3.7: Berechnung der gewichteten Kapitalkosten (eigene Darstellung)*

| <b>Text</b>                         | <b>Wert</b> |
|-------------------------------------|-------------|
| Referenzzinssatz aus Staatsanleihen | 3 %         |
| Risikozuschlag                      | 2 %         |
| <b>Eigenkapitalverzinsung</b>       | <b>5 %</b>  |
| 3-Monate-EURIBOR (gerundet)         | 1,5 %       |
| Aufschlag für Fixzinskredit         | 3,5 %       |
| <b>Fremdkapitalverzinsung</b>       | <b>5 %</b>  |
| <b>Eigenkapitalanteil</b>           | <b>30 %</b> |
| <b>Gewichtete Kapitalkosten</b>     | <b>5 %</b>  |

Als Diskontierungszinssatz werden somit für diese Arbeit – entsprechend der angeführten Ableitung – fünf Prozent angenommen.

Am Ende des Detailprognosezeitraumes erfolgt die fiktive Veräußerung mittels Kapitalisierungszinssatz. Mit diesem Zinssatz werden auch Wachstum und Inflation berücksichtigt. Bei erwartetem Wachstum ist der Kapitalisierungszinssatz niedriger als der Diskontierungszinssatz. Hingegen ist bei einem alternden Objekt beziehungsweise bei entsprechender Prognoseunsicherheit ein höherer Kapitalisierungszinssatz anzunehmen. (Bienert & Funk, 2007, S. 410)

Für diese Arbeit wird angenommen, dass die Alterung des Objektes und die entsprechenden Wachstumsanteile sich ausgleichen. Somit werden sowohl für den Diskontierungszinssatz, als auch für den Kapitalisierungszinssatz fünf Prozentpunkte festgelegt.

## **4 Förderungen für solare Kleinkraftwerke in Niederösterreich**

Förderungen der öffentlichen Hand sind für die Bewertung solarer Kleinkraftwerke eine wesentliche Ertragskomponente. Auch für die Berücksichtigung des Neubauwertes im Sachwertverfahren muss die Förderungssituation beachtet werden. Für den Einsatz solarer Kleinkraftwerke gibt es in Niederösterreich unterschiedliche Förderungsmöglichkeiten. Auch der Bund bietet eine Vielzahl an Förderungssystemen. In diesem Kapitel werden die entsprechenden Förderungen dem Vorhaben entsprechend dargestellt.

### **4.1 Photovoltaik**

Für Photovoltaik gibt es Förderungen vom Bund und vom Land Niederösterreich. Diese werden nachfolgend beschrieben.

#### **4.1.1 Bund**

Bei der Bundesförderung kann zwischen einer Direktförderung und einer Einspeiseförderung unterschieden werden. Der Förderungswerber muss sich für eine Variante entscheiden. (Photovoltaic Austria Federal Association, 2012)

##### **4.1.1.1 Direktförderung**

Diese Förderung des Klima- und Energiefonds wird jedes Jahr im Frühjahr neu aufgelegt. Das Fördervolumen für 2012 ist bereits verbraucht, jedoch ist nach Auskunft der Kommunalkredit Public Consulting anzunehmen, dass die Förderung im Jahr 2013 den aktuellen Bedingungen sehr ähnlich sein wird. 2012 wurden Aufdach-Photovoltaik-Anlagen bei privaten Haushalten mit einer Pauschale von € 800,- je Kilowatt peak gefördert. Dies gilt für die ersten fünf Kilowatt peak. Größere Anlagen erhalten keine darüber hinaus gehende Förderung. Die Förderhöhe darf 30 Prozent der Investitionskosten nicht übersteigen. Diese Förderung kann mit der Landesförderung von Niederösterreich kombiniert werden. (Photovoltaic Austria Federal Association, 2012)

In der nachfolgenden Abbildung wird die Förderhöhe in Abhängigkeit der Anlagengröße dargestellt:

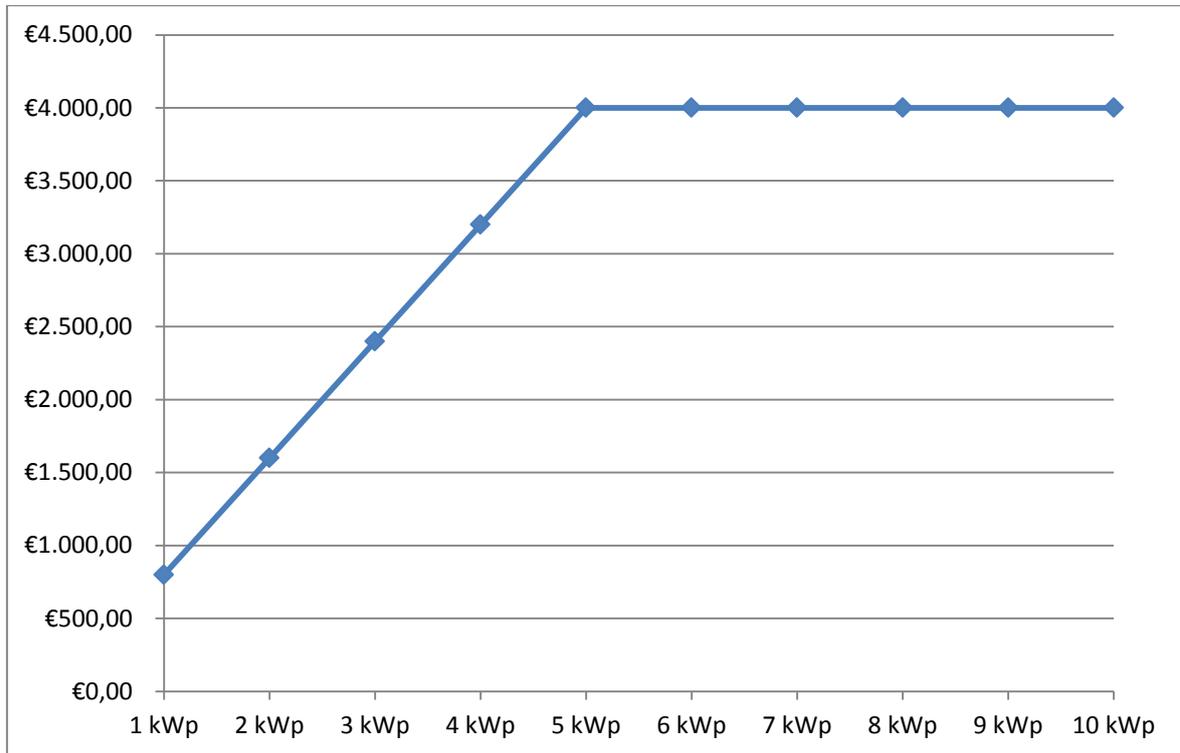


Abbildung 4.1: Direktförderung des Bundes in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt, dass nur die ersten fünf Kilowatt peak durch die Direktförderung subventioniert werden.

Die zweite Möglichkeit einer Bundesförderung ist die Einspeiseförderung, welche im nächsten Kapitel beschrieben wird.

#### 4.1.1.2 Einspeiseförderung

Bei der Einspeiseförderung handelt es sich um eine fixe Vergütung des produzierten und eingespeisten Photovoltaik-Stroms. Geregelt sind die entsprechenden Tarife im Ökostromgesetz und abgewickelt wird diese Förderung über die OeMAG. Voraussetzungen für die Einspeiseförderung sind die Anerkennung als Ökostromanlage und eine minimale Anlagengröße von fünf Kilowatt peak. Die Förderung läuft 13 Jahre ab Inbetriebnahme. (Photovoltaic Austria Federal Association, 2012)

Erkundigungen bei der OeMAG haben ergeben, dass Aufdach-Anlagen bis zu einer Größe von 20 kWp aktuell eine Tarifförderung von 27,60 ct/kWh erhalten. Größere Anlagen bekommen 23,00 ct/kWh. Die Kombination der Einspeiseförderung mit der Landesförderung von Niederösterreich ist möglich.

Zur Bewertung wurde der geförderte Einspeisetarif mit den marktüblichen Tarifen verglichen. Laut Auskunft von EVN, Wien Energie und Verbund beläuft sich der durchschnittliche Einspeisetarif bei Photovoltaikanlagen auf etwa 9 ct/kWh. Die Zusatzerlöse auf Grund der Förderung sind die Differenz aus dem geförderten Tarif und dem normalen Einspeisetarif.

Zur Bewertung der zusätzlichen Förderungserlöse wurde die Kapitalwertmethode angewendet. Als Kalkulationszinssatz wurden fünf Prozent angenommen.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Kapitalwertmethode bei einer Anlagengröße von 5 kWp dar:

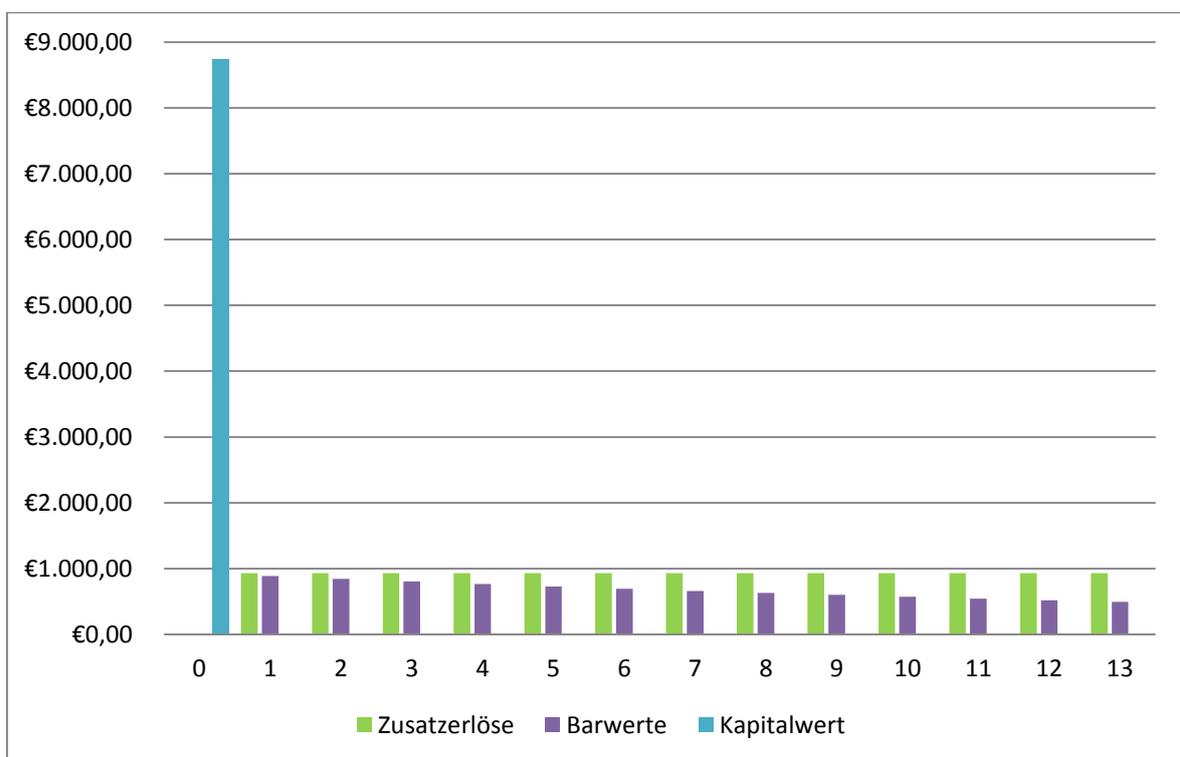


Abbildung 4.2: Kapitalwertrechnung der Zusatzerlöse auf Grund geförderter Einspeisetarife (eigene Darstellung)

Unter den beschriebenen Anlagenparameter ergeben sich Zusatzerlöse auf Grund der Förderung mit einem Kapitalwert von € 8.736,02. Dies führt zu einer Förderung von € 1.747,20 je Kilowatt peak.

In der nächsten Abbildung wird die Förderung je Kilowatt peak in Abhängigkeit von der Anlagengröße dargestellt:

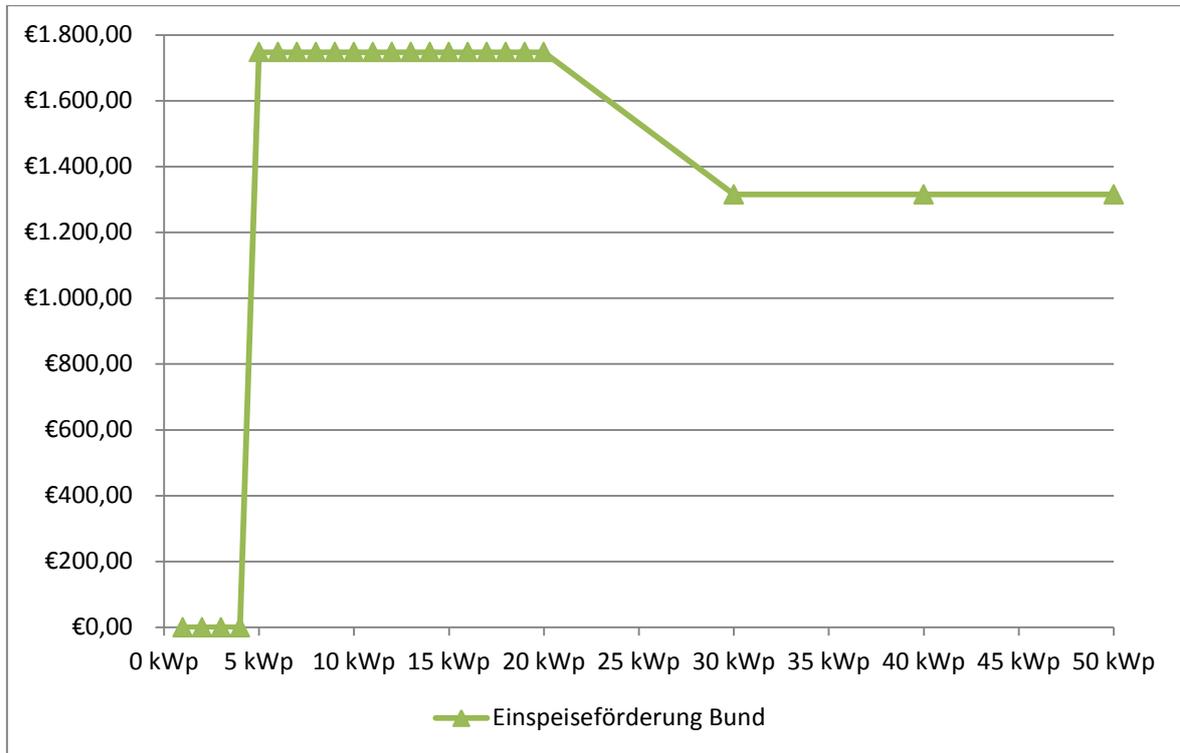


Abbildung 4.3: Kapitalisierte Einspeiseförderung des Bundes in €/kWp in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung)

In der Abbildung ist zu erkennen, dass Einspeiseförderungen erst ab einer Anlagengröße von 5 kWp möglich sind. Darüber hinaus haben Anlagen über 20 kWp eine reduzierte Einspeiseförderung.

Im nächsten Kapitel wird das Fördersystem des Landes Niederösterreich erläutert und bewertet.

#### 4.1.2 Land Niederösterreich

Mit in Kraft treten der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien 2011 am 1. Jänner 2011 wurde die Förderung von Photovoltaikanlagen neu geregelt. Hausbesitzer können gemäß § 1 Abs. 11 Z 2 der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien eine Photovoltaikanlage als „Förderbare Sanierungsmaßnahme“ geltend machen. Die Förderungshöhe richtet sich gemäß § 19 der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien nach einem Punktesystem. Dabei bekommen Maßnahmen, welche keinen Einfluss auf die Energiekennzahl des Hauses haben, 25 Punkte. Für die Photovoltaikanlage werden 20 Punkte hinzugerechnet. Gemäß § 18 der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien muss mit dem Ansuchen auch ein Energieausweis

abgegeben werden, welcher zusätzlich einen Punkt bringt. In Summe ergibt dies 46 Punkte, was zu förderbaren Sanierungskosten von 46 Prozent der anerkehbaren Sanierungskosten führt. Nach § 17 der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien werden jährlich drei Prozent dieser förderbaren Sanierungskosten bei Ausleihung für die Dauer von zehn Jahren als nicht rückzahlbarer Zuschuss anerkannt. Die Kosten für einen Energieausweis belaufen sich je nach Größe des Hauses auf 300 bis 600 Euro. (ORF NÖ Heute, 2011)

Zur Verdeutlichung wird ein Beispiel angeführt:

Tabelle 4.1: Beispiel der Förderung von Photovoltaikanlagen (eigene Darstellung)

|  |            |
|--|------------|
| Gesamtkosten Photovoltaikanlage (4 kWp)  | € 16.000,- |
| Erstellung Energieausweis  | € 400,-    |
| Anerkennbare Sanierungskosten  | € 16.400,- |
| Förderbare Sanierungskosten<br>(46 Prozent der anerkehbaren Sanierungskosten)      | € 7.544,-  |
| Jährlicher Zuschuss bei Ausleihung<br>(3 Prozent der förderbaren Sanierungskosten) | € 226,32   |
| Gesamter nicht rückzahlbarer Zuschuss<br>(10 Jahre)                                | € 2.263,20 |

Zur Bewertung der Zuschüsse müssen diese mittels Kapitalwertmethode auf den Errichtungsstichtag abgezinst werden. Als Kalkulationszinssatz werden fünf Prozent angenommen.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die durchgeführte Kapitalwertmethode:

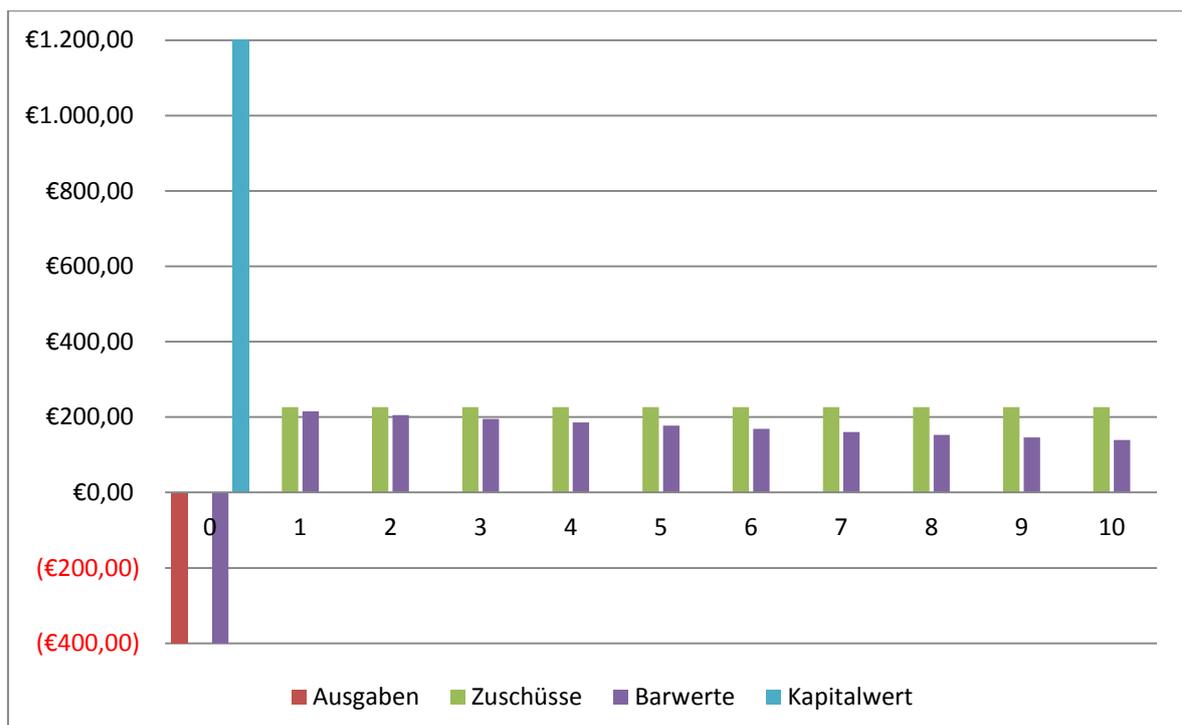


Abbildung 4.4: Kapitalwertrechnung der Zuschüsse für Photovoltaikanlagen (eigene Darstellung)

In der Abbildung ist die Summe aller Barwerte als Kapitalwert zum Errichtungsstichtag abgebildet. Für das genannte Beispiel ergibt sich eine Fördersumme von 336,90 Euro je kWp.

In der nächsten Grafik wird die relative Fördersumme in Abhängigkeit von der Leistung der Photovoltaikanlage dargestellt:

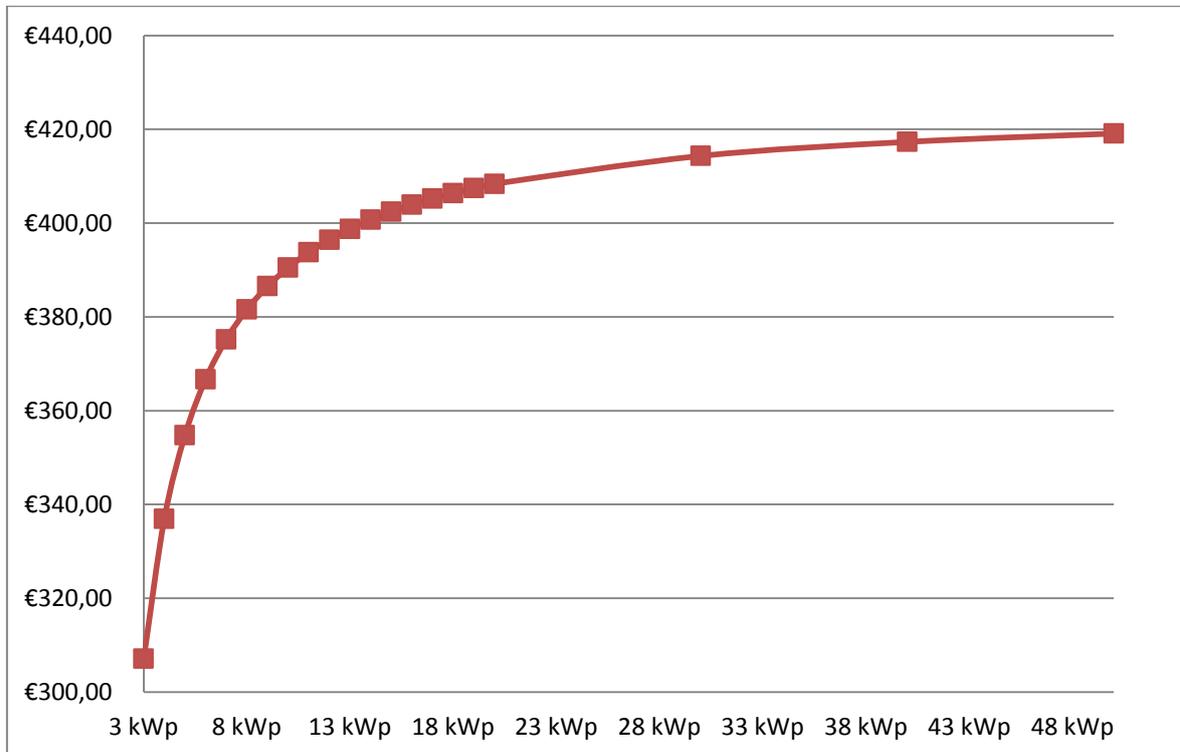


Abbildung 4.5: Förderung in €/kWp in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt, dass die Förderung je kWp mit zunehmender Anlagengröße zunimmt. Der Grund dafür liegt in den fixen Kosten für die Erstellung des Energieausweises. Dieser ist Voraussetzung für die Einreichung der Landes-Förderung und es wird angenommen, dass ohne Verpflichtung kein Energieausweis erstellt werden würde. Die Kosten für den Energieausweis mindern somit die Förderung.

### 4.1.3 Zusammenführung der Förderungen für PV-Anlagen

Wie bereits beschrieben bestehen mehrere Förderungsmöglichkeiten für Photovoltaik-Anlagen. Der Bund unterscheidet zwischen Direktförderung und Einspeiseförderung, jedoch ist nur eine Variante möglich. Darüber hinaus bietet das Bundesland Niederösterreich eine PV-Förderung an, welche mit der Bundesförderung kombiniert werden kann.

Aufbauend auf die erarbeiteten Förderungsbedingungen stellt die nachfolgende Abbildung die relative Förderhöhe der unterschiedlichen Varianten in Euro je Kilowatt peak in Abhängigkeit der Anlagengröße dar:

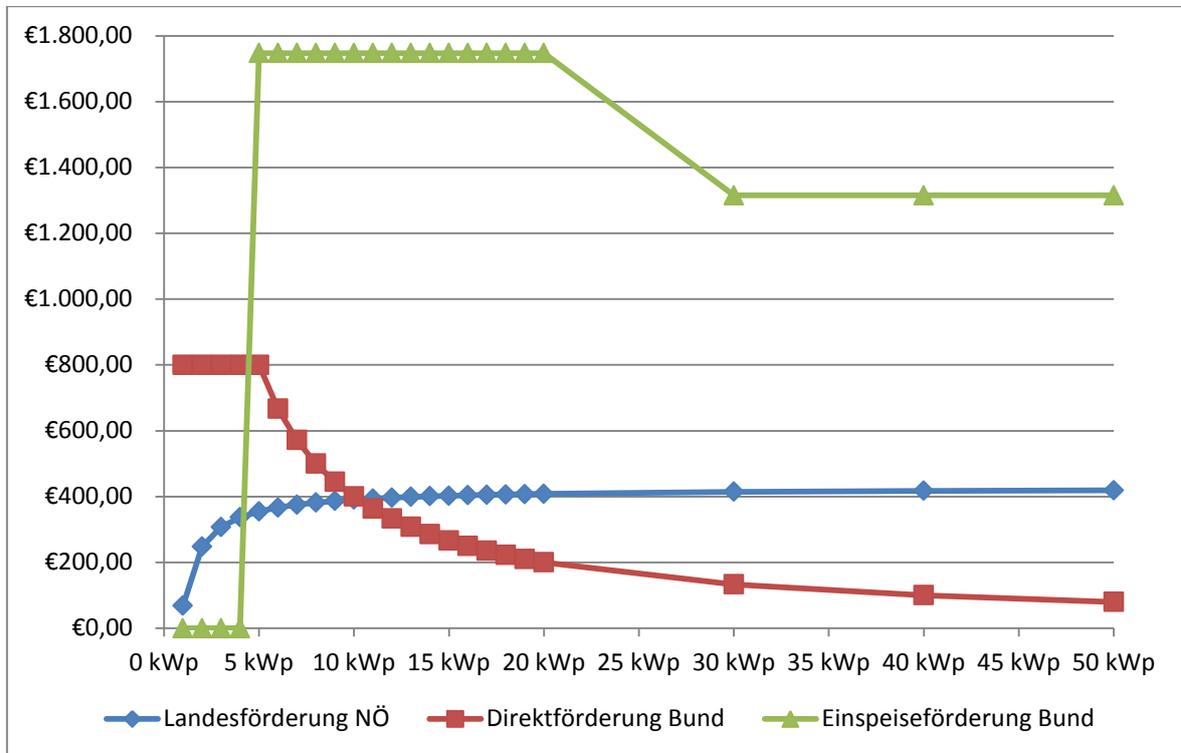


Abbildung 4.6: Vergleich der unterschiedlichen PV-Förderungen in €/kWp (eigene Darstellung)

In der Grafik zeigt sich, dass in Abhängigkeit der Anlagengröße unterschiedlichen Förderungsmöglichkeiten der Vorzug zu geben ist. So ist bei kleineren Anlagen die Direktförderung des Bundes zu bevorzugen; bei Anlagen ab fünf Kilowatt peak stellt die Einspeiseförderung die optimale Variante dar.

Da die Landesförderung mit jeder Variante des Bundes kombinierbar ist, wird sie in der nächsten Abbildung beiden Möglichkeiten hinzugezählt. Darüber hinaus wird die absolute Fördersumme je Anlagengröße dargestellt. Dieser Wert ist für das Bewertungsverfahren notwendig.

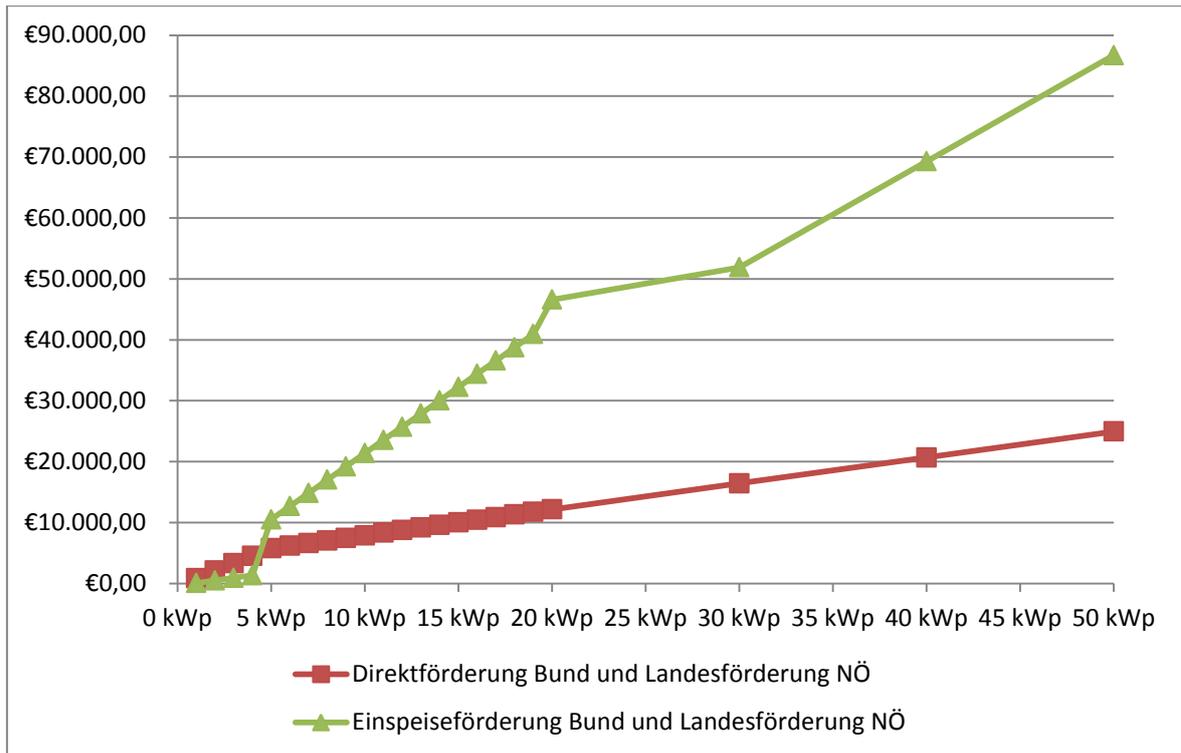


Abbildung 4.7: Förderungssumme in Abhängigkeit der PV-Anlagengröße (eigene Darstellung)

Auch in dieser Abbildung zeigt sich, dass das Förderungsoptimum bei fünf Kilowatt peak von der Direktförderung zur Einspeiseförderung wechselt.

Für das Bewertungsverfahren wird von einer optimalen Ausnutzung der angebotenen Förderungen ausgegangen. Das bedeutet, dass unter fünf Kilowatt peak die Direktförderung samt Landesförderung in Anspruch genommen wird. Ab fünf Kilowatt peak wird die Landesförderung mit der Einspeiseförderung kombiniert.

Die nächste Abbildung zeigt das daraus resultierende Förderungsoptimum in Abhängigkeit von der Anlagengröße:

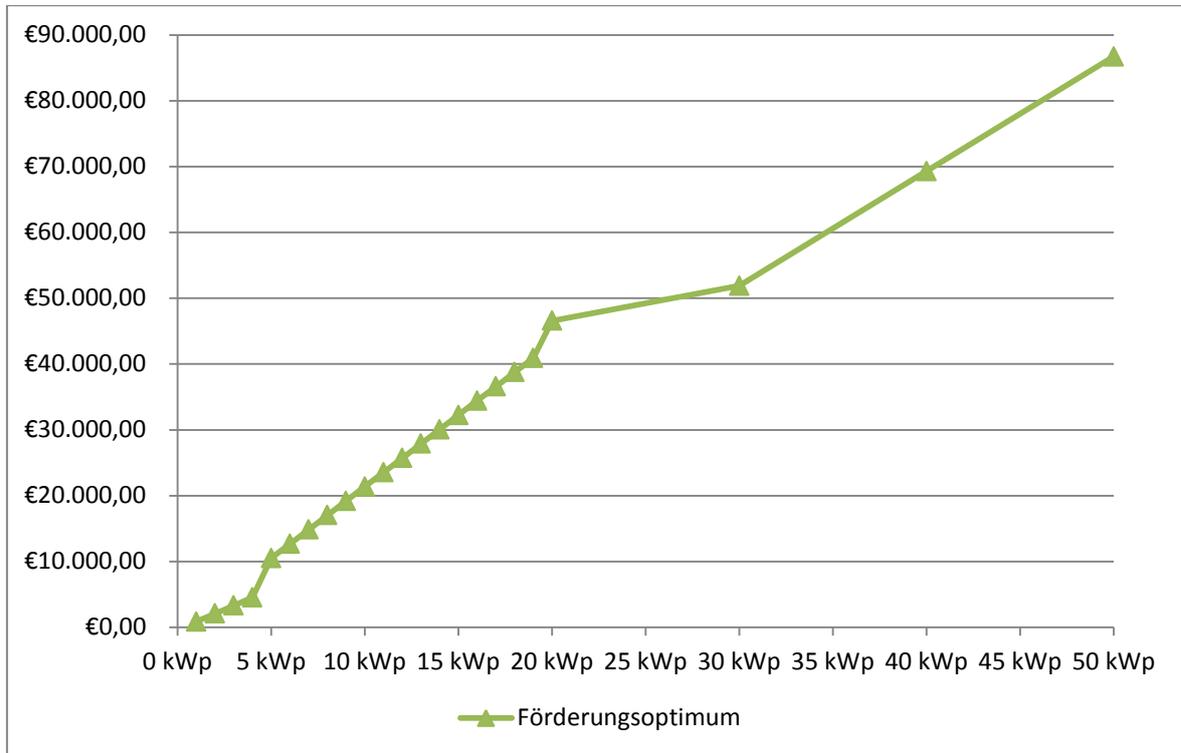


Abbildung 4.8: Förderungsoptimum in Abhängigkeit der PV-Anlagengröße (eigene Darstellung)

Dieses Förderungsoptimum in absoluten Zahlen und in Abhängigkeit der Anlagengröße dient im Bewertungsverfahren der Berücksichtigung der Förderungen.

Das nächste Kapitel beschreibt die Förderungen für Solarthermie-Anlagen.

## 4.2 Solarthermie

Solarthermie-Anlagen werden sowohl vom Bund, als auch vom Land Niederösterreich gefördert. Die unterschiedlichen Förderungsmöglichkeiten werden nachfolgend erläutert.

### 4.2.1 Bund

Eine Variante der Bundesförderung von Solarthermie-Anlagen ist ein Pauschalbetrag von 400 Euro für eine neu errichtete Anlage. Die Mindestkollektorfläche beträgt fünf Quadratmeter und zusätzlich können Förderungen der Bundesländer in Anspruch

genommen werden. Diese Förderung wird vom Klimafonds abgewickelt. (Kommunal Kredit, Umweltförderung / Für Private / Energieversorgung / Holzheizungen und Solaranlagen 2012, 2012)

Eine weitere Förderungsmöglichkeit besteht im Rahmen des Sanierungsschecks. Dabei handelt es sich um eine Förderung von Wirtschafts- und Lebensministerium in der Form eines Direktzuschusses von maximal 1500 Euro, wenn die Anlage mindestens 15 Quadratmeter Kollektorfläche hat. Außerdem muss das Haus einen gewissen maximalen Heizwärmebedarf aufweisen oder eine Sanierung durchgeführt werden, welche den Heizwärmebedarf um mindestens 20 Prozent senkt. Diese Förderung ist mit allen Landesförderungen kombinierbar, jedoch nicht mit der beschriebenen Förderung des Klimafonds. (Kommunal Kredit, Umweltförderung / Für Private / Energiesparen / Sanierungsscheck für Private 2012, 2012)

Als dritte Förderungsvariante besteht die Möglichkeit Solaranlagen von der Einkommenssteuer abzusetzen. Dabei handelt es sich um eine Sonderausgabe und der jährliche Höchstbetrag beträgt 2920 Euro. (Bundesministerium für Finanzen, 2011)

Da sowohl der Sanierungsscheck, als auch die Absetzvariante sehr von den persönlichen Umständen des Betroffenen abhängen, wird in dieser Arbeit ausschließlich von der Förderung mittels Klimafonds ausgegangen.

## **4.2.2 Land Niederösterreich**

Gemäß den Wohnungsförderungsrichtlinien 2011 erfolgt die Förderung einer Solarthermie-Anlage gemäß einem Punktesystem. Dabei erhalten Maßnahmen, welche keine Auswirkung auf die Energiekennzahl haben, 25 Punkte. Eine Solaranlage, welche der Warmwasseraufbereitung und der Zusatzheizung dient, bringt 15 Punkte. Diese Anlage muss mindestens eine Kollektorfläche von 15 Quadratmeter aufweisen. Eine Solarthermie-Anlage zur Warmwasseraufbereitung erhält hingegen nur 10 Punkte. Die Mindestkollektorfläche beträgt vier Quadratmeter. Zusätzlich muss ein Energieausweis erstellt werden, welcher einen Punkt bringt. Dies ergibt eine Summe von 41 beziehungsweise 36 Punkten. Die förderbaren Sanierungskosten ergeben sich somit als 41 beziehungsweise 36 Prozent der anerkehbaren Sanierungskosten und müssen bei einer Bank aufgenommen werden. Für die Dauer von zehn Jahren werden jährlich drei Prozent dieser förderbaren Sanierungskosten als nicht rückzahlbarer Zuschuss gewährt. (Amt der NÖ Landesregierung, 2012, S. 9 ff)

Das nachfolgende Beispiel soll den Berechnungsprozess verdeutlichen:

Tabelle 4.2: Beispiel der Förderung einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung (eigene Darstellung)

|  |           |                            |
|--|-----------|----------------------------|
| Gesamtkosten Solaranlage (6 m <sup>2</sup> Kollektorfläche, 300 Liter Solarspeicher) | € 5.800,- | Quelle: www.solarwaerme.at |
| Erstellung Energieausweis  | € 400,-   | siehe Kapitel 4.1.2        |
| Anerkennbare Sanierungskosten  | € 6.200,- |                            |
| Förderbare Sanierungskosten (36 Prozent der anerkehbaren Sanierungskosten)           | € 2.232,- |                            |
| Jährlicher Zuschuss bei Ausleihung (3 Prozent der förderbaren Sanierungskosten)      | € 66,96   |                            |
| Gesamter nicht rückzahlbarer Zuschuss (10 Jahre)                                     | € 669,60  |                            |

Die genannten Zuschüsse müssen mittels Kapitalwertmethode auf den Errichtungstichtag abgezinst werden. Fünf Prozent werden dabei als Kalkulationszinssatz festgelegt.

In der nachfolgenden Abbildung wird die durchgeführte Kapitalwertmethode veranschaulicht:

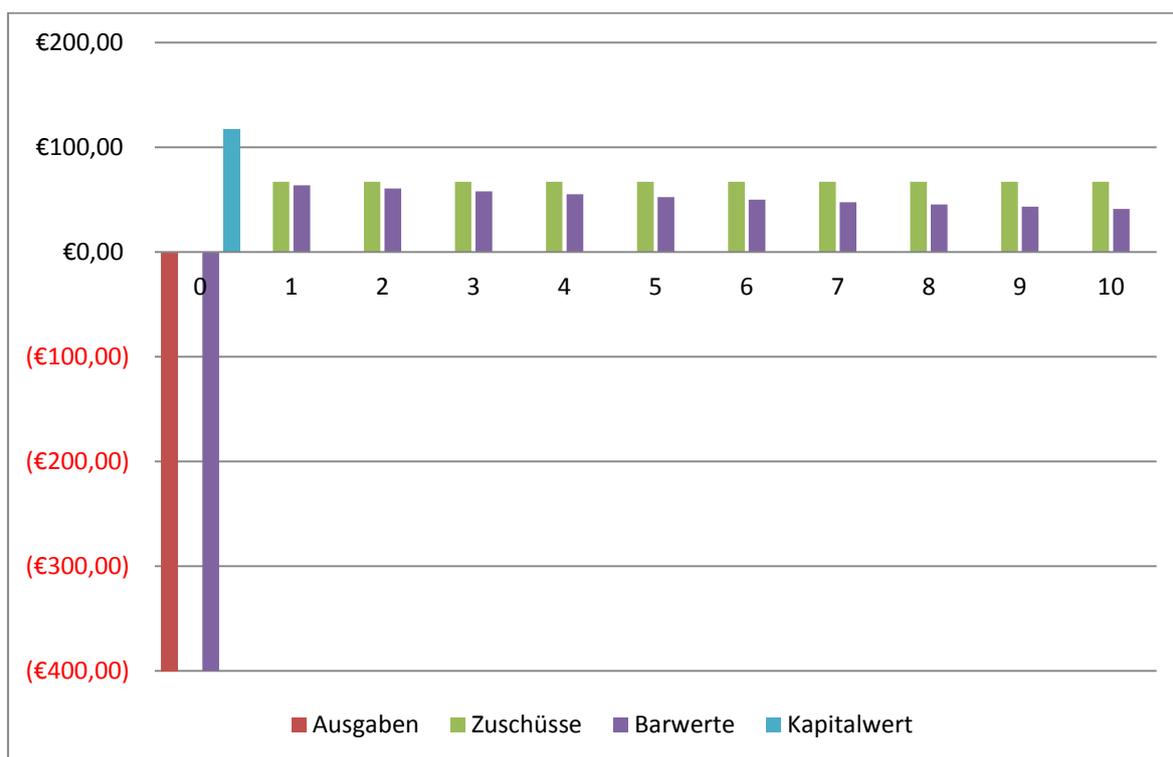


Abbildung 4.9: Kapitalwertrechnung der Zuschüsse einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung (eigene Darstellung)

In der Abbildung ist der Kapitalwert die Summe aller Barwerte. Für die konkrete Anlage mit sechs Quadratmeter Kollektorfläche ergibt sich eine Fördersumme von 117,05 Euro. Dies ist abzüglich der Ausgaben für den notwendigen Energieausweis.

Die nächste Tabelle veranschaulicht die Förderung einer Solaranlage für Warmwasseraufbereitung und Zusatzheizung:

Tabelle 4.3: Beispiel der Förderung einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Zusatzheizung (eigene Darstellung)

|  |            |                            |
|--|------------|----------------------------|
| Gesamtkosten Solaranlage (15 m <sup>2</sup> Kollektorfläche, 1000 Liter Solarspeicher) | € 11.600,- | Quelle: www.solarwaerme.at |
| Erstellung Energieausweis  | € 400,-    | siehe Kapitel 4.1.2        |
| Anerkennbare Sanierungskosten  | € 12.000,- |                            |
| Förderbare Sanierungskosten (41 Prozent der anerkegnbaren Sanierungskosten)            | € 4.920,-  |                            |
| Jährlicher Zuschuss bei Ausleihung (3 Prozent der förderbaren Sanierungskosten)        | € 147,60   |                            |
| Gesamter nicht rückzahlbarer Zuschuss (10 Jahre)                                       | € 1.476,00 |                            |

Zur Abzinsung auf den Errichtungsstichtag wird wieder die Kapitalwertmethode mit einem Zinssatz von fünf Prozent gewählt. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht diese Berechnung:

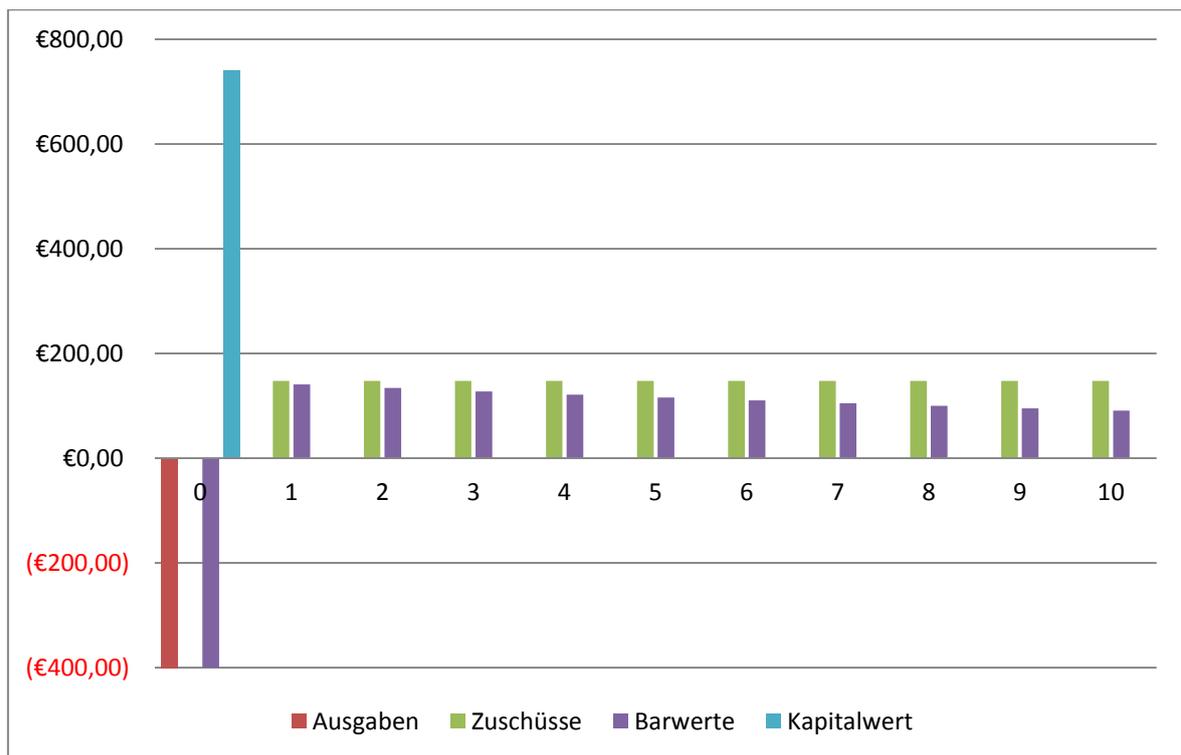


Abbildung 4.10: Kapitalwertrechnung der Zuschüsse einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Zusatzheizung (eigene Darstellung)

Für die beschriebene Anlage mit 15 Quadratmeter Kollektorfläche ergibt sich eine Fördersumme von 739,73 Euro.

Abgeleitet von diesen beiden Beispielen werden die Ausgaben je Quadratmeter Kollektorfläche entsprechend interpoliert. Dass der Solarspeicher der Anlagengröße

angepasst ist, wird vorausgesetzt. Wie bereits ausgeführt muss die Solaranlage eine Mindestgröße von vier bzw. 15 Quadratmeter Kollektorfläche aufweisen, um förderungswürdig zu sein.

Aufbauend auf diese Grundlagen wird in der nachfolgenden Abbildung die Fördersumme anhand der Anlagengröße dargestellt:

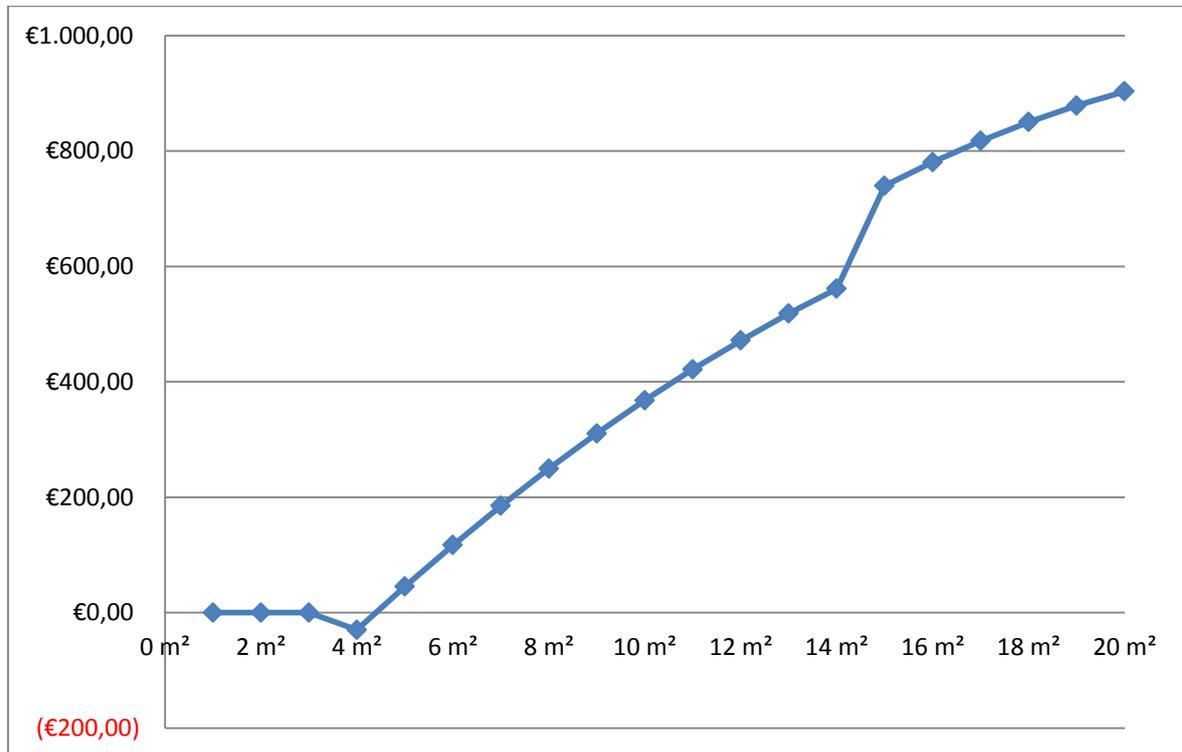


Abbildung 4.11: Förderung des Landes Niederösterreich für Solaranlagen entsprechend der Anlagengröße (eigene Darstellung)

Anlagen unter vier Quadratmeter sind nicht förderungswürdig, weshalb der Graph zu Beginn auf null steht. Bei genau vier Quadratmeter sind die Kosten für den Energieausweis höher, als die Summe der Zuschüsse und der Graph geht somit in den negativen Bereich. Mit zunehmender Anlagengröße steigt erwartungsgemäß die Förderungssumme. Bei 15 Quadratmeter macht der Graph einen deutlichen Sprung nach oben, weil ab dieser Fläche von einer Solaranlage für Warmwasseraufbereitung und Zusatzheizung ausgegangen werden kann. Dies entspricht auch den Förderungsbedingungen und die Anlage erhält dadurch mehr Punkte beim Förderungssystem, was auch zu höheren Zuschüssen führt.

Im nächsten Kapitel werden die Förderungen von Bund und Land Niederösterreich zusammengeführt.

### 4.2.3 Zusammenführung der Förderungen für Solarthermie-Anlagen

Aufbauend auf die erarbeiteten Grundlagen zu den Förderungen des Bundes und des Landes Niederösterreich, werden in diesem Kapitel die unterschiedlichen Modelle zusammengeführt. Die Bundesförderung wird vom Klimafonds abgewickelt und entspricht einem Fixzuschuss ab einer Anlagengröße von fünf Quadratmeter Kollektorfläche. Diese Bundesförderung ist mit der Landesförderung von Niederösterreich kombinierbar. In Niederösterreich bauen die Wohnungsförderungsrichtlinien auf einem Punktesystem auf. Die Fördersumme entsprechend der Anlagengröße wurde im letzten Kapitel errechnet und beschrieben.

Die nächste Abbildung stellt die Zuschüsse von Bund und Land Niederösterreich in Abhängigkeit der Anlagengröße dar:

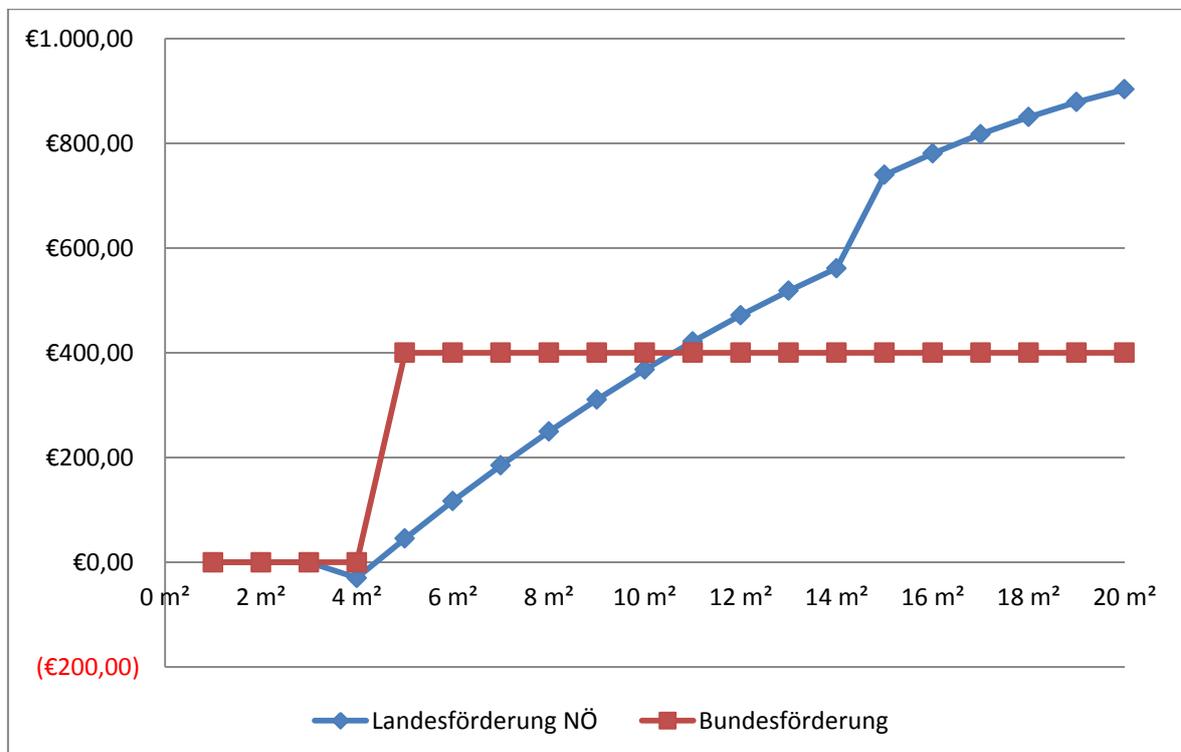


Abbildung 4.12: Zuschüsse von Bund und Land gemäß der Größe der Solaranlage (eigene Darstellung)

Da die Landesförderung bei vier Quadratmeter Kollektorfläche auf Grund des Energieausweises einen negativen Wert hat, wird diese Förderung erst ab fünf Quadratmeter interessant. Die Bundesförderung beginnt entsprechend der Bedingungen bei fünf Quadratmeter.

Wie angeführt sind die Förderungen von Bund und Land kombinierbar. Für das Bewertungsverfahren wird von einer optimalen Ausnutzung aller Zuschüsse ausgegangen. Die Gesamtförderungen werden in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

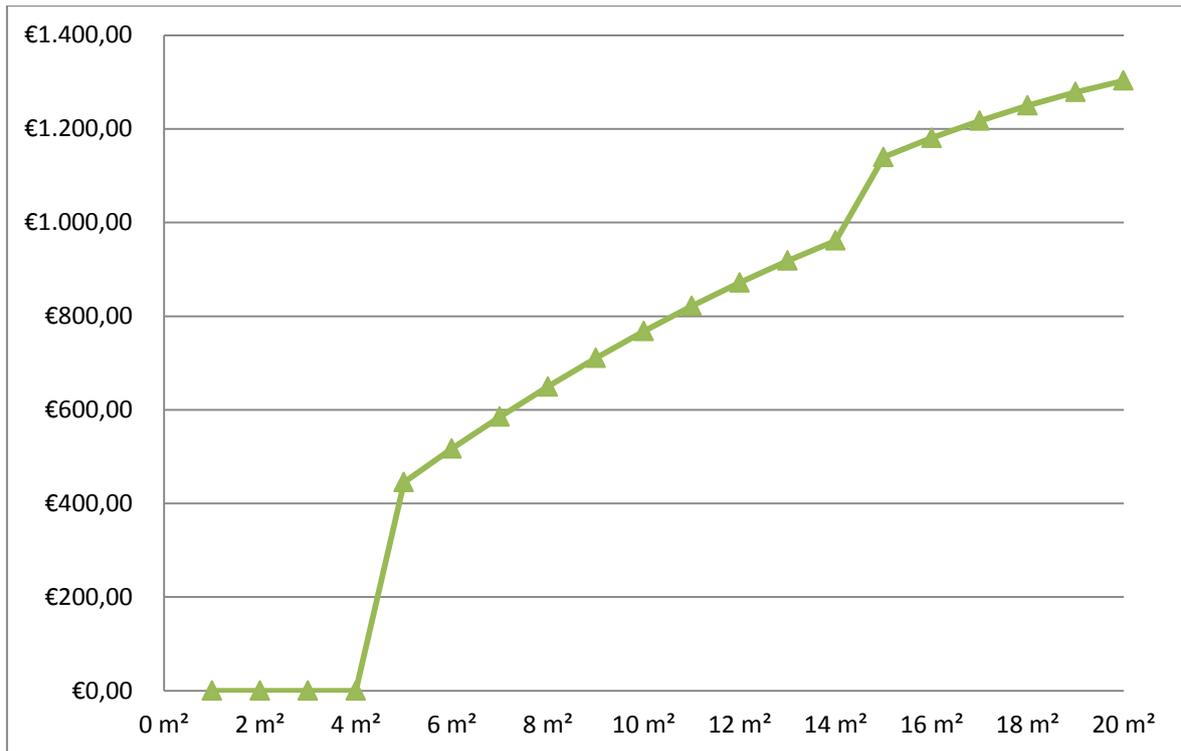


Abbildung 4.13: Förderungen gemäß der Anlagengröße der Solaranlage (eigene Darstellung)

Die in der Abbildung dargestellten Gesamtförderungen entsprechen der jeweiligen Solaranlagengröße.

In diesem Kapitel wurden die Förderungsdaten für PV- und Solaranlagen erarbeitet, welche als Grundlage für das Bewertungsverfahren im folgenden Teil der Masterthese dienen.

## **5 Bewertung solarer Kleinkraftwerke**

In diesem Kapitel werden die erarbeiteten Grundlagen in die Praxis umgesetzt. Ziel ist die monetäre Bewertung solarer Kleinkraftwerke im Haushalt.

### **5.1 Photovoltaikanlagen**

Photovoltaikanlagen haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung zugenommen. Gerade auch im Bereich der Einfamilienhäuser wurden zahlreiche PV-Anlagen installiert.

Nachfolgend wird der Wert einer Photovoltaikanlage mit unterschiedlichen Bewertungsverfahren berechnet. Konkret werden zu Vergleichszwecken folgende Standardverfahren angewendet:

- Discounted-Cash-Flow Methode
- Kapitalwertmethode
- Sachwertverfahren
- Ertragswertverfahren

Um das Bewertungsergebnis solide absichern zu können, werden diese vier Verfahren parallel angewendet. Der Ablauf der Berechnungen wurde bereits ausgeführt.

In einem weiteren Schritt werden die Haupteinflussfaktoren im Bewertungsverfahren herausgearbeitet. Abschließend dienen diese Parameter zur Erstellung einer Bewertungstabelle für PV-Anlagen.

#### **5.1.1 Eingabedaten und Berechnung des Bewertungsbeispiels**

Die durchgeführten Berechnungen stützen sich auf ein fiktives Bewertungsbeispiel. In der nachfolgenden Tabelle werden die erforderlichen Eingabe- bzw. Ausgangsparameter dieses Beispiels angeführt. Ebenfalls sind die entsprechenden Quellen angeführt:

Tabelle 5.1: Parameter einer fiktiven Photovoltaikanlage (eigene Darstellung)

| Parameter  | Wert                        | Quelle                 |
|--|-----------------------------|------------------------|
| <b>Anlagengröße</b>  | 7 kWp                       | Annahme                |
| <b>Jahresproduktion</b>  | 1000 kWh/kWp                | www.solar-is-future.de |
| <b>Marktpreis</b>  | 0,09 €/kWh                  | Kapitel 3.1.1.2        |
| <b>Einspeiseförderung ≤ 20 kWp</b>   | 0,276 €/kWh                 | Kapitel 3.1.1.2        |
| <b>Einspeiseförderung &gt; 20 kWp</b>                                      | 0,23 €/kWh                  | Kapitel 3.1.1.2        |
| <b>Strompreisindex</b>   | 2 %                         | www.e-control.at       |
| <b>Wirkungsgrad nach 25 Jahren</b>   | 80 %                        | www.pvaustria.at       |
| <b>Wechselrichtertausch</b>  | 15 Jahre                    | www.pvaustria.at       |
| <b>Kosten Wechselrichter</b>   | 10 % der Investitionskosten | www.solar-is-future.de |
| <b>Berechnungszeitraum / Gesamtnutzungsdauer</b>                           | 30 Jahre                    | www.pvaustria.at       |
| <b>Betriebskosten</b>  | 1 % der Investitionskosten  | Kapitel 2.1            |
| <b>Index Betriebskosten</b>  | 3 %                         | Annahme                |
| <b>Alter der Anlage</b>  | 5 Jahre                     | Annahme                |
| <b>Diskontierungszinssatz</b>  | 5 %                         | Kapitel 5.6            |
| <b>Kapitalisierungszinssatz</b>  | 5 %                         | Kapitel 5.6            |
| <b>Zinssatz für Kapitalwertmethode</b>                                     | 5 %                         | Kapitel 5.6            |
| <b>Investitionskosten</b>  | 5000 €/kWp                  | Kapitel 2.1            |
| <b>Investitionsförderung</b>   | € 14.856,70                 | Kapitel 3.1            |
| <b>Zinssatz für Ertragswertverfahren</b>                                   | 5 %                         | Kapitel 5.6            |
| <b>Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten für Ertragswertverfahren</b> | 2 % der Investitionskosten  | Annahme                |

Für das Berechnungsbeispiel wird eine Anlage mit sieben Kilowatt peak und einem Alter von fünf Jahren angenommen. Diese Werte wurden frei festgelegt. Der Index für die Betriebskosten soll die jährlichen Steigerungen bei den Betriebskosten abbilden. Orientiert hat sich der Wert von drei Prozent am Verbraucherpreisindex der Statistik Austria. Die angenommenen zwei Prozent der Investitionskosten für die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten beim Ertragswertverfahren orientieren sich an den Betriebskosten. Jedoch muss der Prozentsatz auch allfällige Kosten für den Wechselrichtertausch abbilden, weshalb die doppelten Betriebskosten festgelegt wurden.



Zur Anwendung der Discounted-Cash-Flow-Methode werden die Jahreserlöse und die Betriebskosten für jede Periode errechnet. Darüber hinaus müssen die Kosten für den Wechselrichtertausch berücksichtigt werden. In der folgenden Abbildung werden die entsprechenden Ergebnisse grafisch dargestellt:

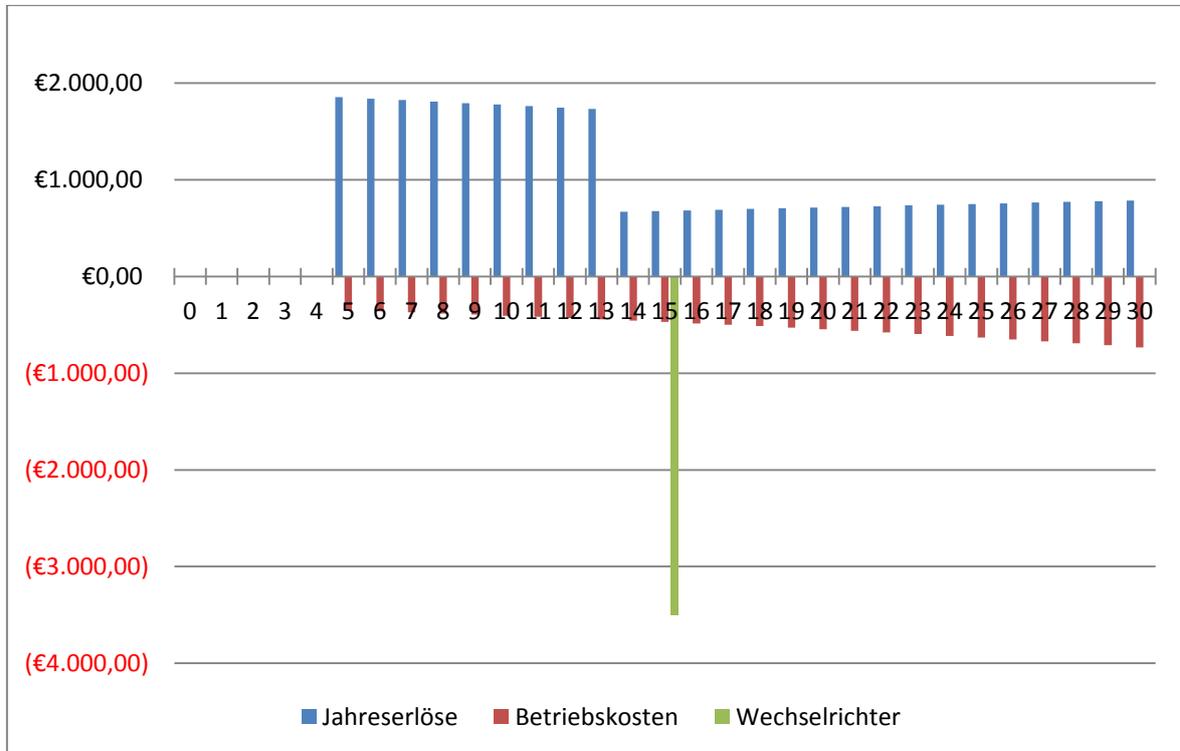


Abbildung 5.2: Teilergebnisse 1 der DCF-Methode einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

In dieser Grafik ist das Alter der Anlage auf der x-Achse abgebildet. Die Jahreserlöse ändern sich auf Grund des abnehmenden Wirkungsgrades der Anlage und des steigenden Strommarktpreises entsprechend dem definierten Strompreisindex. In den Jahren fünf bis 13 sind die Jahreserlöse infolge der Einspeiseförderung höher und wegen dem abnehmenden Wirkungsgrad rückläufig. In den darauf folgenden Perioden haben die Strompreissteigerungen größeren Einfluss auf die Erlöse, als die Wirkungsgradabnahme. Dies führt zu leicht ansteigenden Jahreserlösen. Die Betriebskosten nehmen über die Jahre hinweg gemäß dem Betriebskostenindex zu. Die Eingabedaten legen den Wechselrichtertausch im 15. Jahr fest.

Die Summe von Jahreserlöse, Betriebskosten und Wechselrichterkosten stellt den Cash-Flow der jeweiligen Periode dar. In der nachfolgenden Grafik werden die nächsten Berechnungsschritte im DCF-Verfahren abgebildet:

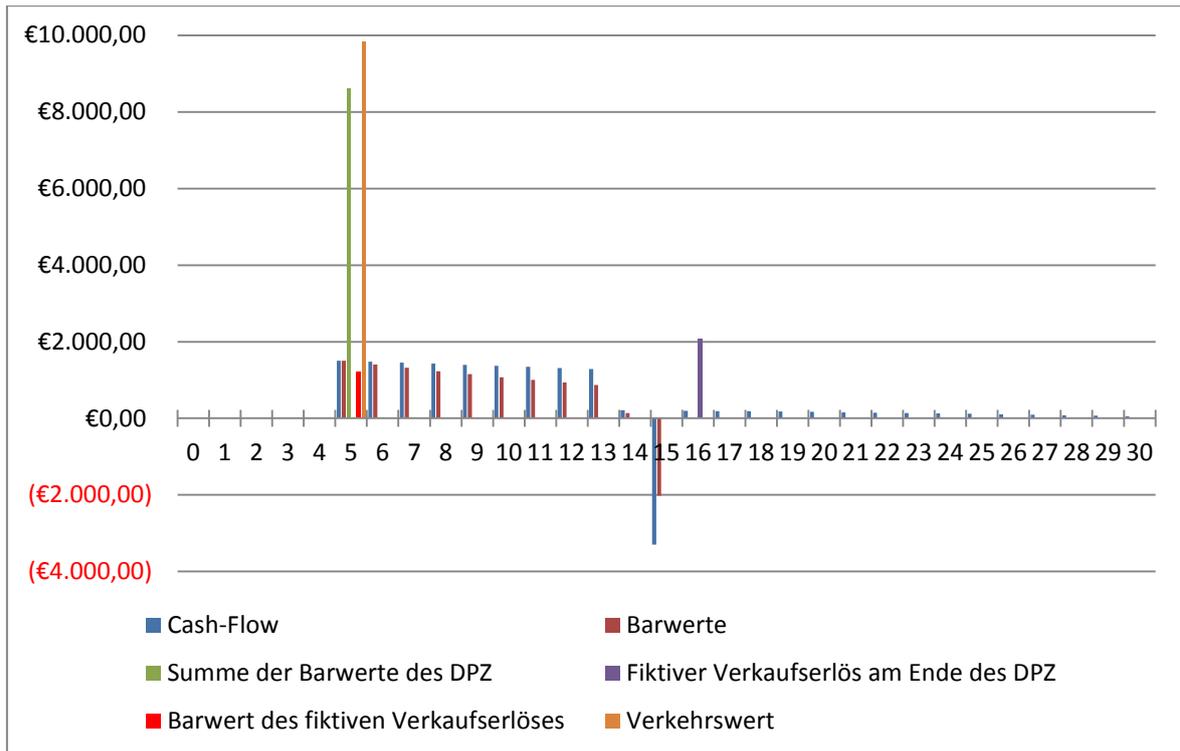


Abbildung 5.3: Teilergebnisse 2 der DCF-Methode einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Die Cash-Flows der einzelnen Perioden werden mittels Diskontierungszinssatz auf den Bewertungsstichtag abgezinst. Der so errechnete Barwert ist dunkelrot in der Grafik veranschaulicht. Gemäß Eingabedaten erstreckt sich der Detailprognosezeitraum bis zum Wechselrichtertausch. Die aufsummierten Barwerte dieses Zeitraums werden in der Grafik mit der grünen Säule dargestellt. Die Periode nach dem Detailprognosezeitraum wird zur Berechnung des fiktiven Verkaufserlöses herangezogen. Dabei wird der Cash-Flow mittels Kapitalisierungszinssatz auf die Restnutzungsdauer kapitalisiert und in der Abbildung mittels violetter Säule dargestellt. Dieser fiktive Verkaufserlös wird auf den Bewertungsstichtag abgezinst und im Jahr fünf mit roter Säule abgebildet. Die Summe aus den Barwerten des Detailprognosezeitraums und des abgezinsten fiktiven Verkaufserlöses ergibt den Verkehrswert der DCF-Methode. Dieser ist in der Grafik mittels oranger Säule abgebildet und hat einen Wert von 9.816,95 Euro.

Als nächstes Bewertungsverfahren wird die Kapitalwertmethode herangezogen. Dabei wird der Cash-Flow jeder Periode auf den Stichtag abgezinst und aufsummiert. In der nachfolgenden Abbildung werden die Ergebnisse dieser Methode dargestellt:

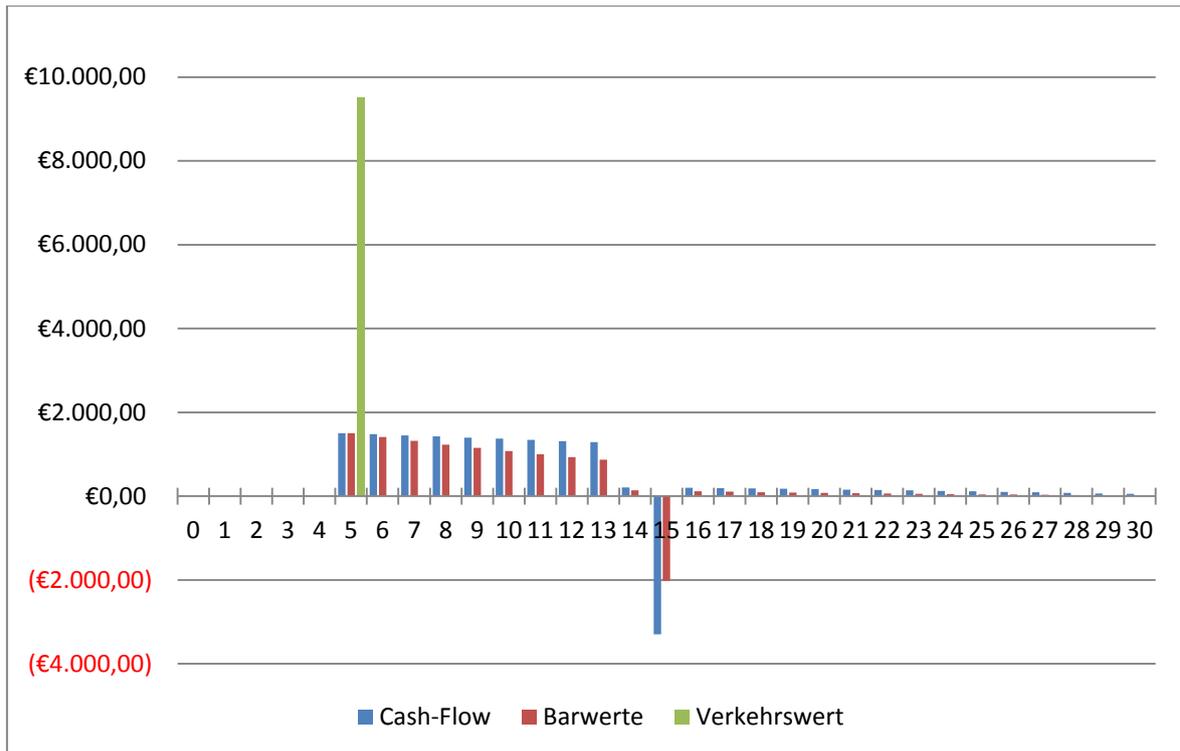


Abbildung 5.4: Kapitalwertmethode bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Im Gegensatz zur DCF-Methode werden bei der Kapitalwertmethode die Cash-Flows der gesamten Nutzungsdauer auf den Bewertungsstichtag abgezinst. Die so entstandenen Barwerte werden in der Abbildung mit roten Säulen dargestellt. Die grüne Säule im Jahr fünf ist die Summe aller Barwerte und somit der Verkehrswert der Kapitalwertmethode. Dieser hat beim konkreten Berechnungsbeispiel einen Wert von 9.521,86 Euro.

Beim Sachwertverfahren wird von den derzeitigen Herstellungskosten für eine vergleichbare Photovoltaikanlage ausgegangen. Diese Investitionskosten vermindern sich allerdings um die aktuellen Investitionsförderungen. Der Wert der Förderungen wurde in Kapitel 4.1 erarbeitet und über die Förderungstabelle in das EXCEL-Tool eingepflegt. Die so errechneten Herstellungskosten für eine neue Photovoltaikanlage – mit gleicher Größe wie das Bewertungsobjekt – werden auf Grund des Alters der Anlage entsprechend abgewertet. Diese Wertminderung kann auch wegen Schäden, schlechter Ausrichtung, veralteter Ausstattung und dergleichen erfolgen. Im aktuellen Berechnungsbeispiel wird nur von einer Minderung des Anlagenwertes auf Grund des Alters ausgegangen. Die Abwertung erfolgt linear entlang der gesamten Nutzungsdauer des Bewertungsobjektes. In diesem Beispiel wurde in der Eingabetabelle eine Gesamtnutzungsdauer von 30 Jahren festgelegt.

In der nächsten Abbildung sind die beschriebenen Bewertungsschritte im Sachwertverfahren entsprechend dargestellt:

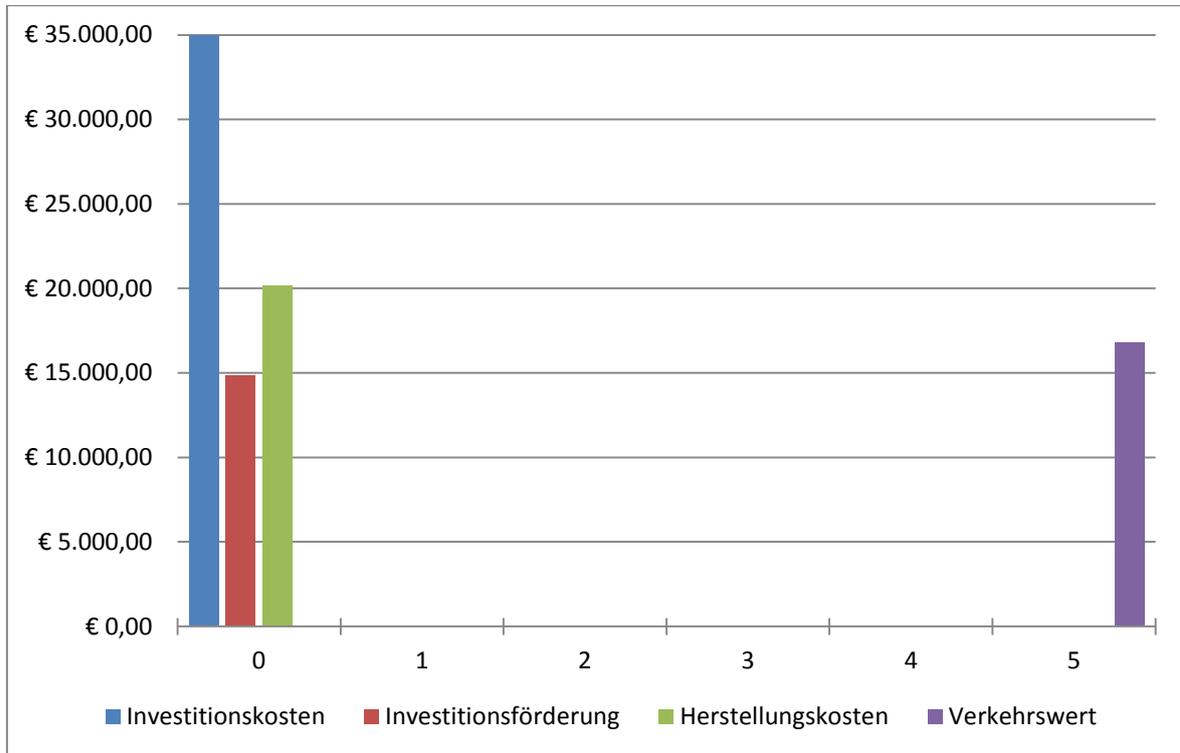


Abbildung 5.5: Sachwertverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Auf der x-Achse ist das Anlagenalter in Jahren abgebildet. Zum Bewertungsstichtag hat die PV-Anlage ein Alter von fünf Jahren. Fiktiv werden die Investitionskosten einer neuen und vergleichbaren Anlage angenommen und in der Grafik mit der blauen Säule dargestellt. Diese werden um die entsprechenden Investitionsförderungen vermindert und führen zu den aktuellen Herstellungskosten in grüner Säule. Diese Herstellungskosten einer neuen Anlage werden linear auf das Alter der Beispielanlage abgewertet. Der sich ergebende Verkehrswert des Sachwertverfahrens wird als violette Säule dargestellt und hat im Beispiel einen Wert von 16.786,08 Euro.

Das letzte durchgeführte Bewertungsverfahren ist das Ertragswertverfahren. Dabei werden von den Jahreserlösen der aktuellen Periode die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten abgezogen. Der verbleibende Reinertrag wird mittels Vervielfältiger kapitalisiert. Dieser Vervielfältiger ist ein Multiplikator bestehend aus der Restnutzungsdauer und dem Kapitalisierungszinsfuß. (Bienert & Funk, 2007, S. 338)

In der nachfolgenden Grafik sind die entsprechenden Werte abgebildet:

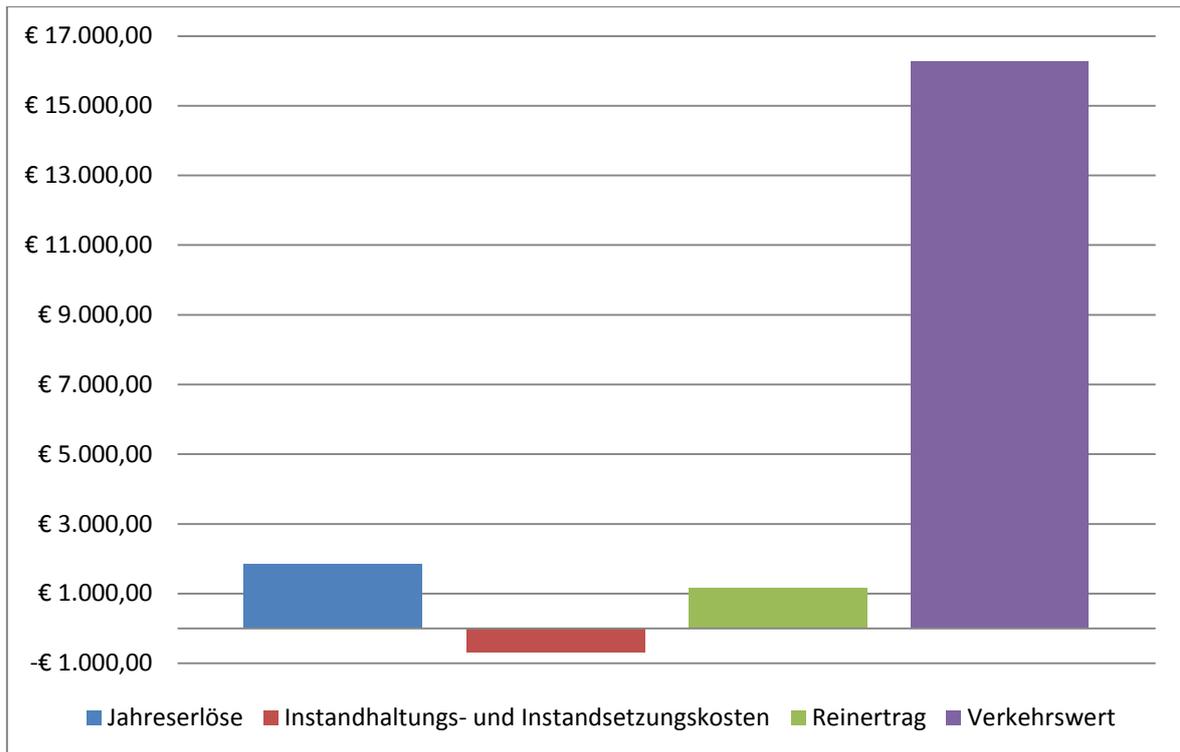


Abbildung 5.6: Ertragswertverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

In der Abbildung sind die Parameter der aktuellen Periode entnommen. Der Reinertrag, als grüne Säule dargestellt, ergibt sich als Differenz von Jahreserlösen und Kosten. Gemäß Angabe sind eine Restnutzungsdauer von 25 Jahren und ein Kapitalisierungszinssatz von fünf Prozent für den Vervielfältiger heranzuziehen. Daraus ergibt sich mittels Ertragswertverfahren ein Verkehrswert von 16.274,56 Euro.

Wie bereits angeführt dienen die unterschiedlichen Verfahren der Absicherung des Ergebnisses. In der nächsten Tabelle sind die Ergebnisse aller vier Bewertungsmethoden zusammengefasst:

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Bewertungsverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

| Bewertungsverfahren  | Verkehrswert |
|----------------------|--------------|
| DCF-Methode          | € 9.816,95   |
| Kapitalwertmethode   | € 9.521,86   |
| Sachwertverfahren    | € 16.786,08  |
| Ertragswertverfahren | € 16.274,56  |

Das Ertragswertverfahren führt zum zweithöchsten Verkehrswert. Eine Photovoltaikanlage hat in erster Linie die Aufgabe Erträge zu erwirtschaften. Gerade aber im Kraftwerksbereich sind die Erlöse über die Gesamtnutzungsdauer nicht konstant, da Lieferverträge und Einspeisevergütungen einer bestimmten Vertragsdauer unterliegen. Es

erscheint daher das klassische Ertragswertverfahren, in welchem von der aktuellen Periode auf die restliche Nutzungsdauer geschlossen wird, als nicht geeignet.

Die DCF-Methode ist ebenfalls ertragsorientiert. Jedoch ist es möglich zukünftige Zahlungsströme genauer zu betrachten. Ab einem gewissen Zeitpunkt endet der so genannte Detailprognosezeitraum und die restliche Nutzungsdauer der Anlage wird an Hand eines repräsentativen Jahres kapitalisiert. (Bienert & Funk, 2007, S. 399) Gerade für die Bewertung von Photovoltaikanlagen können unterschiedliche Erträge auf Grund von Einspeiseförderungen oder unterschiedliche Ausgaben, wie beispielsweise die Erneuerung des Wechselrichters, sehr gut berücksichtigt werden. Das DCF-Verfahren ist somit für die Bewertung von Photovoltaik-Anlagen sehr geeignet.

Die Kapitalwertmethode ist dem DCF-Verfahren sehr ähnlich. Der Unterschied liegt darin, dass bei der Kapitalwertmethode die gesamte Nutzungsdauer mit der Genauigkeit des Detailprognosezeitraums der DCF-Methode berechnet wird. Bei dynamischen Rechenverfahren hat jedoch der Faktor Zeit einen wesentlichen Einfluss und weit in der Zukunft liegende Zahlungsströme beeinflussen den Verkehrswert nur sehr eingeschränkt. Dies zeigt sich auch in der geringen Differenz zwischen den Verkehrswerten von DCF- und Kapitalwertmethode. Daher ist es nicht notwendig die letzten Perioden der Nutzungsdauer im Detail zu betrachten.

Wegen dem Fehlen von Vergleichswerten stellt das Sachwertverfahren eine gute Ergänzung zur DCF-Methode dar. Da es den aktuellen Bauwert, ausgehend vom Neubauwert einer vergleichbaren Anlage, darstellt, dient der Verkehrswert nach dem Sachwertverfahren als Wertobergrenze für PV-Anlagen. Gerade alternative Kraftwerke können neben der Ertragsorientierung auch einen emotionalen Wert haben. Der Umweltschutzgedanke und die eigene Stromproduktion am Dach können motivierend zur Errichtung einer Photovoltaikanlage beitragen.

Zusammengefasst zeigen sich die DCF-Methode und das Sachwertverfahren als geeignetste Bewertungsverfahren für PV-Anlagen. Obwohl eine Gewichtung zwischen zwei Bewertungsverfahren generell kritisch zu sehen ist, werden die Verkehrswerte der beiden Verfahren zusammengezogen, um sowohl Aspekte des Ertragswertes, als auch des Sachwertes miteinander verknüpfen zu können. Grundsätzlich richtet sich die Auswahl des Bewertungsverfahrens nach dem Zweck der konkreten Immobilie. Diese Masterthese soll jedoch verallgemeinerte Bewertungstabellen für solare Kleinkraftwerke entwickeln. Daher müssen die Ergebnisse beider Verfahren berücksichtigt werden, um den Markt, welcher aus Sachwert- und Ertragswertobjekten besteht, abbilden zu können. Auf Basis der angeführten Überlegungen muss die Ertragsorientierung derartiger Anlagen besonders hervorgestrichen werden. Daher wird ein gewichteter Durchschnitt der beiden Verkehrswerte errechnet, wobei für die Verwendung der zu erstellenden

Bewertungstabellen eine Verteilung zwischen Sachwert- und Ertragswertobjekten von einem Drittel zu zwei Dritteln angenommen wird. Für den Bewertungsdurchschnitt ergibt sich darauf aufbauend nachfolgende Formel:

$$\begin{aligned}
 & \text{Bewertungsdurchschnitt} \\
 & = \text{Verkehrswert DCF Methode} * \frac{2}{3} \\
 & + \text{Verkehrswert Sachwertverfahren} * \frac{1}{3} \quad (5.1)
 \end{aligned}$$

Für das konkrete Bewertungsbeispiel ergibt sich somit ein Verkehrswert von 12.139,99 Euro.

In der nächsten Grafik sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Bewertungsverfahren gemeinsam mit dem gewichteten Bewertungsdurchschnitt abgebildet:

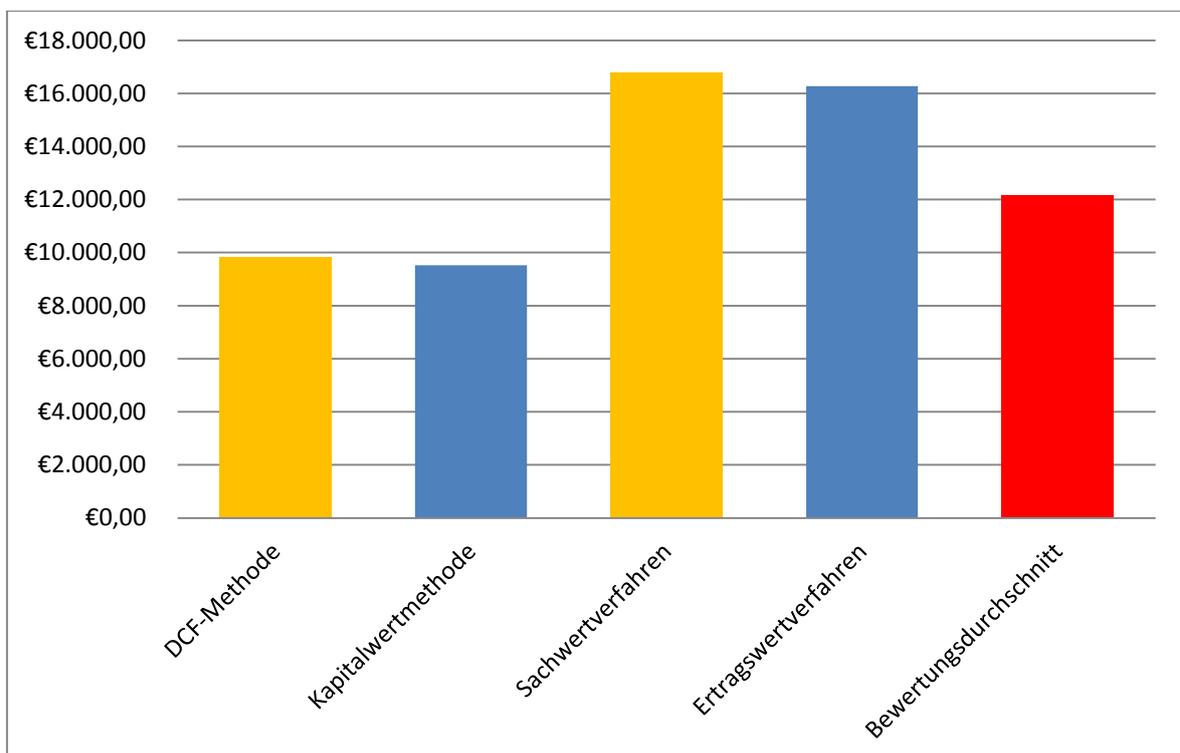


Abbildung 5.7: Ergebnisse aller Bewertungsverfahren samt Bewertungsdurchschnitt bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Der Verkehrswert der beispielhaft festgelegten Photovoltaikanlage wird in der Abbildung als rote Säule veranschaulicht. Dieser ergibt sich aus dem gewichteten Durchschnitt der beiden orangenen Säulen, welche die Verkehrswerte der DCF-Methode und des Sachwertverfahrens darstellen.

Im nächsten Kapitel werden mit Hilfe des bereits beschriebenen EXCEL-Bewertungstools die Haupteinflussfaktoren auf den Verkehrswert der PV-Anlage herausgearbeitet.

### 5.1.3 Identifizierung der Haupteinflussfaktoren

Aufbauend auf das beschriebene Bewertungsbeispiel sollen die Haupteinflussfaktoren auf den Verkehrswert mittels Parametervariation identifiziert werden. Dabei wird im EXCEL-Tool jeder Eingabewert um vorab definierte Prozentsätze variiert und der Einfluss auf den Verkehrswert festgehalten. Diese Variation erfolgt für jeden Parameter einzeln und die entsprechenden Ergebniswerte werden grafisch in Form eines Spider-Diagramms dargestellt. Dabei wird auf der x-Achse die prozentuelle Variation des jeweiligen Parameters abgebildet. Auf der y-Achse ist der dazugehörige Verkehrswert ersichtlich. Die so entstehende Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern und dem Verkehrswert.

Die im Kapitel 5.1.2 beschriebene Photovoltaikanlage hat einen Verkehrswert von 12.139,99 Euro. Nun werden sämtliche Eingabeparameter nacheinander um -30, -15, +15 und +30 Prozent variiert und die sich daraus ergebenden Verkehrswerte festgehalten.

In der nachfolgenden Tabelle wird ein Teil dieser Berechnungen dargestellt. Dabei werden sowohl die Werte der prozentuell veränderten Input-Parameter, als auch die dazugehörenden Verkehrswerte in Euro angeführt.

Tabelle 5.3: Teil der Daten für die Parametervariation bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

| Parametervariation          | -30%        | -15%        | 0%          | 15%         | 30%         | Einheit |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Anlagengröße                | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | kWp     |
| Verkehrswert                | € 8.699,78  | € 10.419,88 | € 12.139,99 | € 13.860,10 | € 15.580,20 |         |
| Jahresproduktion je kWp     | 700         | 850         | 1000        | 1150        | 1300        | kWh/kWp |
| Verkehrswert                | € 8.458,12  | € 10.299,06 | € 12.139,99 | € 13.980,93 | € 15.821,87 |         |
| Marktpreis                  | 0,063       | 0,0765      | 0,09        | 0,1035      | 0,117       | €/kWh   |
| Verkehrswert                | € 11.141,75 | € 11.640,87 | € 12.139,99 | € 12.639,11 | € 13.138,23 |         |
| Einspeiseförderung ≤ 20 kWp | 0,1932      | 0,2346      | 0,276       | 0,3174      | 0,3588      | €/kWh   |
| Einspeiseförderung > 20 kWp | 0,161       | 0,1955      | 0,23        | 0,2645      | 0,299       | €/kWh   |
| Verkehrswert                | € 9.456,36  | € 10.798,18 | € 12.139,99 | € 13.481,81 | € 14.823,63 |         |
| Strompreisindex             | 1,4         | 1,7         | 2           | 2,3         | 2,6         | %       |
| Verkehrswert                | € 11.935,64 | € 12.036,34 | € 12.139,99 | € 12.246,67 | € 12.356,45 |         |
| Wirkungsgrad nach 25 Jahren | 56          | 68          | 80          | 92          | 100         | %       |
| Verkehrswert                | € 10.763,84 | € 11.451,92 | € 12.139,99 | € 12.828,07 | € 13.286,78 |         |

Grundsätzlich werden alle Parameter einzeln gemäß der definierten Prozentsätze variiert. Bei einigen Parametern macht es jedoch Sinn, diese zu Gruppen zusammenzufassen. So werden die „Einspeiseförderung  $\leq 20$  kWp“ und die „Einspeiseförderung  $> 20$  kWp“ in Kombination betrachtet und für jede prozentuale Variation nur ein gemeinsamer Verkehrswert berechnet. Eine getrennte Betrachtung dieser ursprünglich verbundenen Faktoren würde das Ergebnis verfälschen.

Weiters werden die Parameter „Betriebskosten“ und „IH- und IS-Kosten“ zusammengefasst. Auch diese Größen gehören thematisch zusammen und wurden im Bewertungsbeispiel nur auf Grund unterschiedlicher Rechenansätze getrennt.

Die Parameter bezüglich der Investitionskosten in Abhängigkeit der Anlagengröße wurden ebenfalls in einer Gruppe kombiniert. Genau so die unterschiedlichen Zinssätze, welche im Beispiel für jedes Bewertungsmodell getrennt angeführt wurden. Für die Parametervariation soll jedoch der Einfluss des gemeinsamen Zinssatzes untersucht werden.

Bei einigen Input-Faktoren erlaubt das EXCEL-Tool nur ganzzahlige Eingaben. Daher mussten diese Parameter nach der prozentualen Veränderung gerundet werden. Dies betrifft die Anlagengröße (Einheit kWp), den Wechselrichtertausch (Einheit Jahre), den Berechnungszeitraum (Einheit Jahre) und das Alter der Anlage (Einheit Jahre).

Mit den Ergebnissen der Parametervariation können so genannte Spider-Diagramme erstellt werden. Diese ermöglichen eine übersichtliche Interpretation des Einflusses der einzelnen Parameter auf den Verkehrswert. Die Darstellung vergleicht die definierten Eingabefaktoren miteinander und ermöglicht die Identifikation der Haupteinflussfaktoren. Dabei wird auf der x-Achse die definierte prozentuale Variation abgebildet und auf der y-Achse der entsprechende Verkehrswert dieses Parameters. Ein steiler Graph zeigt einen starken Einfluss auf den Output-Wert. Je flacher der Graph des jeweiligen Faktors ist, umso geringer ist dessen Einfluss auf den Verkehrswert. Darüber hinaus zeigt der Graph, ob es sich um einen positiven oder einen negativen Zusammenhang handelt.

In der nachfolgenden Abbildung werden die Ergebnisse der Parametervariation grafisch als Spider-Diagramm dargestellt:

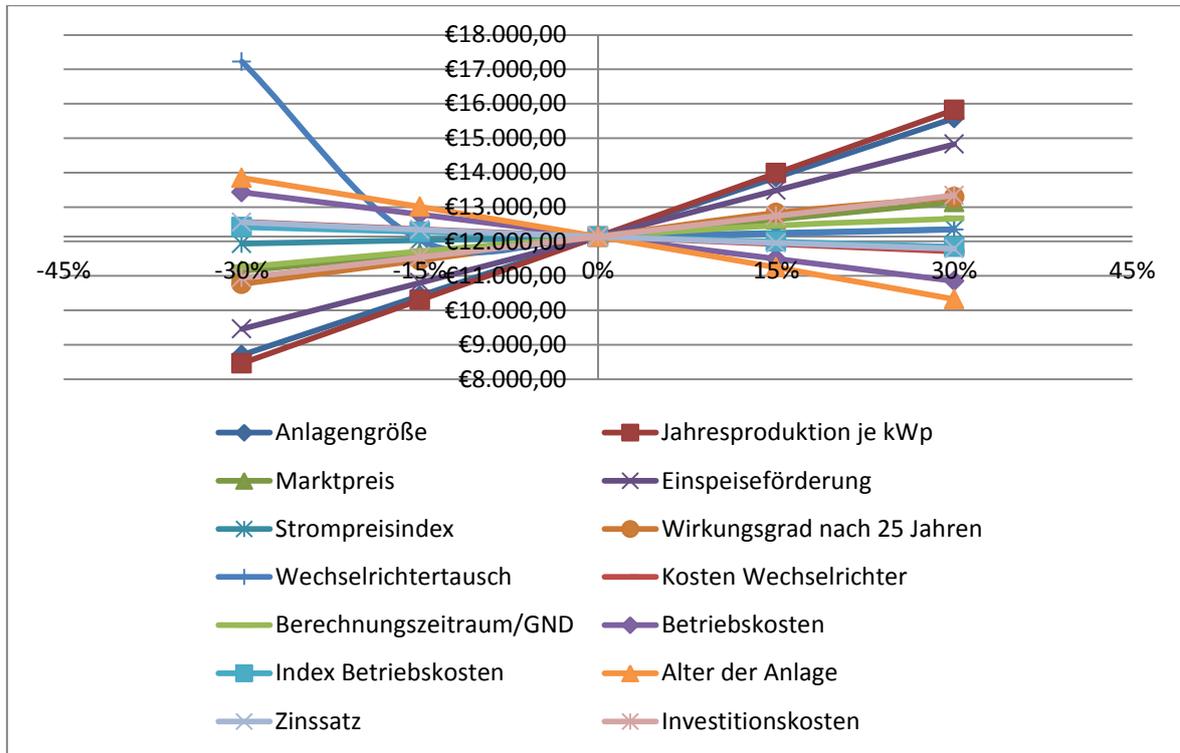


Abbildung 5.8: Spider-Diagramm aller Parameter einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Da es sich um 14 Parameter handelt, erscheint diese Abbildung etwas unübersichtlich. Trotzdem kann eine Vorselektion der einzelnen Input-Faktoren durchgeführt werden. Je steiler ein Parameter-Graph, umso größer ist dessen Einfluss auf den Verkehrswert der PV-Anlage.

Auffällig ist der Graph des Parameters „Wechselrichtertausch“. Bei diesem schlägt der Verkehrswert bei der -30 % Variation deutlich nach oben aus. Der restliche Graph weist eine sehr geringe Steigung auf, was auf einen geringen Einfluss schließen lässt. Der Grund für diesen Ausreißer liegt im Berechnungsverfahren für den Discounted-Cash-Flow. Dabei wurde im Berechnungsbeispiel festgelegt, dass der Detailprognosezeitraum mit dem Tausch des Wechselrichters endet. Der fiktive Verkaufserlös errechnet sich auf Basis der darauf folgenden Periode, welche auf die Restnutzungsdauer kapitalisiert wird. Bei der -30 % Variation tritt der Sonderfall ein, dass sich in der Periode nach dem Detailprognosezeitraum die Einspeiseförderung noch niederschlägt. Der auf dieser Basis errechnete fiktive Verkaufserlös steigt dadurch enorm an.

Dieser Ausreißer zeigt eine Schwäche des EXCEL-Tools auf, welcher auf Grund eines Rechenzufalls entstanden ist und sachlich unrichtig ist. Ein früher notwendiger Wechselrichtertausch kann den Verkehrswert nachvollziehbarer Weise nicht erhöhen. Da

der restliche Graph dieses Parameters sehr flach ist, kann dieser Faktor auf Grund seines geringen Einflusses auf den Verkehrswert vernachlässigt werden.

Zur besseren Übersicht werden in der nächsten Abbildung die Parameter mit der geringsten Auswirkung auf den Verkehrswert weggelassen:

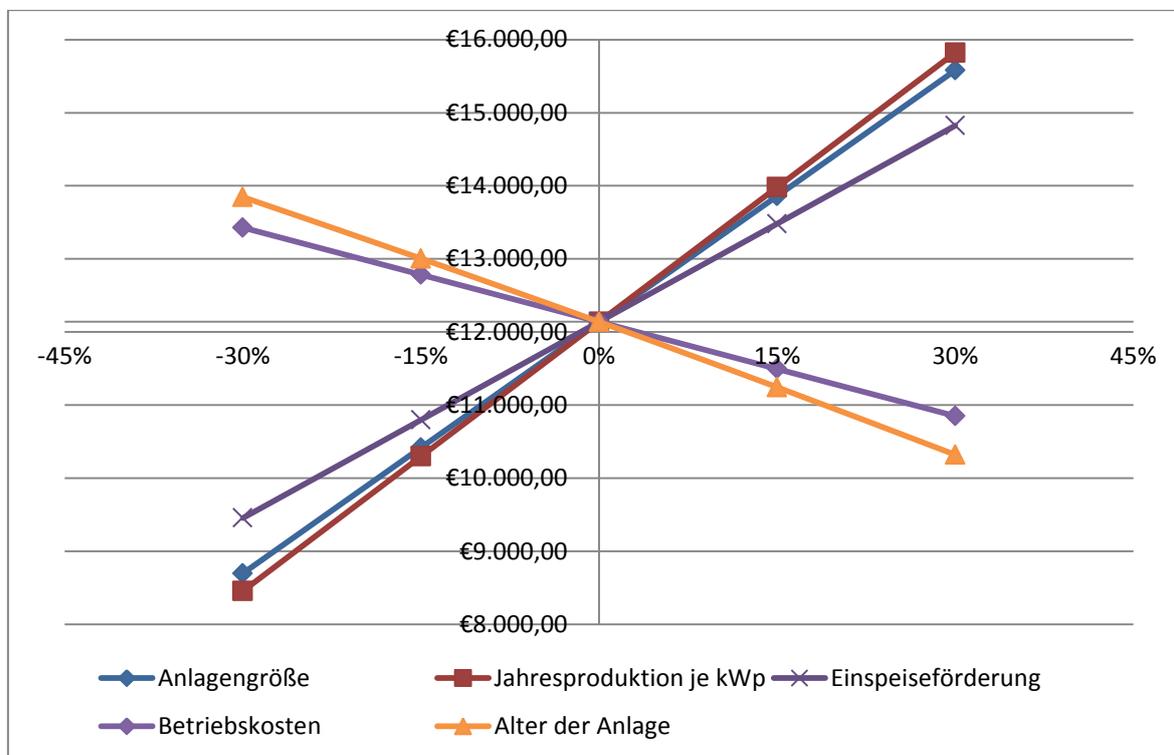


Abbildung 5.9: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter einer PV-Anlage (eigene Darstellung)

Die Jahresproduktion je kWp (roter Graph) zeigt den größten Einfluss auf den Verkehrswert. Der Graph geht von links unten nach rechts oben und bildet somit einen positiven Zusammenhang zwischen dem Faktor und dem Verkehrswert ab. Je größer die Jahresproduktion, umso größer der Verkehrswert, und umgekehrt. Die Höhe der Jahresproduktion je kWp hängt von Faktoren wie der Sonneneinstrahlung, der Ausrichtung, der Neigung, der Qualität oder möglicher Schäden der Anlage ab. Der Verkehrswert richtet sich direkt nach der Jahresproduktion und der Zusammenhang ist vollständig linear. Beispielsweise führt eine Halbierung der Jahresproduktion zu einer Halbierung des Verkehrswertes. Wie bereits ausgeführt kann der Wert von 1000 kWh je kWp als Durchschnittswert in unseren Breiten angesehen werden. Eventuelle Einschränkungen auf Grund von Schäden der Anlage oder ungünstiger Montage können am Ende des Bewertungsprozesses berücksichtigt werden. In der Beschreibung des Bewertungsverfahrens wird allerdings von einer intakten Anlage mit üblicher Jahresproduktion ausgegangen. Daher eignet sich dieser Parameter nicht für weitere Betrachtungen.

Der nächste Input-Faktor mit enormem Einfluss auf den Verkehrswert ist die Anlagengröße. Dieser Zusammenhang ist trivial. Je größer die Anlage, umso größer der Wert.

Die Einspeiseförderung ist der folgende Parameter und der Zusammenhang ist positiv. Jedoch ist dieser Eingabewert nicht von der jeweiligen Anlage abhängig, sondern wird vom Gesetzgeber festgelegt. Die Höhe der Einspeiseförderung ist somit nicht variabel.

Der Parameter mit dem größten negativen Einfluss auf den Verkehrswert ist das Alter der Anlage. Auch dieser Zusammenhang ist trivial, da eine PV-Anlage mit zunehmendem Alter an Wert verliert.

Ebenfalls negativen Zusammenhang hat der Input-Faktor Betriebskosten. Ein Anstieg der jährlichen Betriebskosten führt zu einer Verringerung des Verkehrswertes. Auf Grund der relativ guten Planbarkeit der laufenden Kosten für PV-Anlagen kann bei der Bewertung auf stabile Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Eine Variation der Betriebskosten für das Bewertungsverfahren erscheint daher nicht sinnvoll.

Im Rahmen der durchgeführten Sensitivitätsanalyse wurde jeder Einflussfaktor auf den Verkehrswert einzeln untersucht. Durch grafische Aufbereitung mittels Spider-Diagramme konnten die Haupteinflussfaktoren im Bewertungsverfahren identifiziert werden. Diese sind die Anlagengröße, welche positiven Zusammenhang aufweist, und das Alter der Anlage mit negativem Zusammenhang. Am Ende der Bewertung empfiehlt sich die Überprüfung der Jahresproduktion und erforderlichenfalls eine lineare Korrektur des Verkehrswertes.

Im nächsten Kapitel werden die Hauptfaktoren Anlagengröße und Alter der Anlage zu einer Bewertungstabelle verarbeitet.

#### **5.1.4 Bewertungstabelle für Photovoltaikanlagen**

Für die Bewertung von Photovoltaikanlagen konnten zwei Parameter als Haupteinflussfaktoren identifiziert werden. Diese sind die Anlagengröße und das Alter der Anlage. In diesem Kapitel soll mittels des bereits beschriebenen EXCEL-Bewertungstools eine entsprechende Bewertungstabelle erstellt werden, welche die Wertermittlung von PV-Anlagen an Hand dieser zwei Hauptfaktoren ermöglicht. Natürlich hängt der Verkehrswert auch von anderen Parametern ab, jedoch sind diese Input-Faktoren entweder kaum variabel und gut einschätzbar oder haben nur einen untergeordneten Einfluss auf das Endergebnis.

Die Berechnung der Verkehrswerte der Bewertungstabelle erfolgte durch Variation von Anlagengröße und Alter der Anlage im EXCEL-Tool. Die Ergebnisse wurden aus Gründen der Übersicht in zwei Tabellen gegliedert. Nachfolgende Tabelle enthält die Verkehrswerte unterschiedlich großer Anlagen mit einem Alter von null bis vier Jahren:

Tabelle 5.4: Bewertungstabelle für PV-Anlagen mit einem Alter von 0 bis 4 Jahren (eigene Darstellung)

|                    |    | Alter der Anlage [Jahre] |             |             |             |             |
|--------------------|----|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                    |    | 0                        | 1           | 2           | 3           | 4           |
| Anlagengröße [kWp] | 1  | € 1.576,77               | € 1.512,83  | € 1.448,49  | € 1.383,73  | € 1.318,51  |
|                    | 2  | € 3.034,42               | € 2.910,51  | € 2.785,80  | € 2.660,24  | € 2.533,78  |
|                    | 3  | € 4.492,06               | € 4.308,19  | € 4.123,11  | € 3.936,76  | € 3.749,05  |
|                    | 4  | € 5.949,71               | € 5.705,87  | € 5.460,42  | € 5.213,27  | € 4.964,32  |
|                    | 5  | € 11.620,16              | € 11.070,01 | € 10.503,82 | € 9.920,69  | € 9.319,67  |
|                    | 10 | € 22.017,36              | € 20.981,97 | € 19.914,51 | € 18.813,21 | € 17.676,20 |
|                    | 15 | € 32.966,50              | € 31.415,40 | € 29.816,20 | € 28.166,24 | € 26.462,71 |
|                    | 20 | € 42.757,04              | € 40.728,84 | € 38.636,51 | € 36.476,51 | € 34.245,08 |
|                    | 30 | € 61.009,77              | € 58.277,24 | € 55.466,29 | € 52.572,46 | € 49.591,07 |
|                    | 40 | € 79.414,31              | € 75.876,74 | € 72.234,63 | € 68.482,08 | € 64.612,87 |
|                    | 50 | € 99.238,22              | € 94.817,25 | € 90.265,60 | € 85.575,90 | € 80.740,38 |

In dieser Tabelle sind links die unterschiedlichen Anlagengrößen in kWp abgebildet. Die Festlegung dieser Input-Werte erfolgte auf Grund üblicher Anlagengrößen. Das Alter der Anlage in Jahren ist im oberen Bereich der Tabelle ersichtlich. Im Bewertungsfall werden Alter und Größe der Anlage erhoben und der entsprechende Wert aus der Tabelle ausgelesen. Der Verkehrswert nimmt mit zunehmender Anlagengröße zu und mit ansteigendem Alter ab.

Die nächste Tabelle bezieht sich auf Anlagen mit einem Alter von fünf bis 25 Jahren:

Tabelle 5.5: Bewertungstabelle für PV-Anlagen mit einem Alter von 5 bis 25 Jahren (eigene Darstellung)

|                    |    | Alter der Anlage [Jahre] |             |             |             |             |
|--------------------|----|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                    |    | 5                        | 10          | 15          | 20          | 25          |
| Anlagengröße [kWp] | 1  | € 1.252,82               | € 916,17    | € 562,81    | € 598,05    | € 302,47    |
|                    | 2  | € 2.406,37               | € 1.752,93  | € 1.066,05  | € 1.156,39  | € 585,08    |
|                    | 3  | € 3.559,91               | € 2.589,69  | € 1.569,29  | € 1.714,73  | € 867,69    |
|                    | 4  | € 4.713,46               | € 3.426,44  | € 2.072,53  | € 2.273,07  | € 1.150,30  |
|                    | 5  | € 8.699,78               | € 5.278,55  | € 1.786,44  | € 2.305,19  | € 1.169,80  |
|                    | 10 | € 16.501,51              | € 9.986,38  | € 3.335,15  | € 4.193,04  | € 2.175,72  |
|                    | 15 | € 24.702,65              | € 14.939,88 | € 4.972,95  | € 6.269,72  | € 3.253,66  |
|                    | 20 | € 31.938,28              | € 19.120,97 | € 6.031,45  | € 7.960,19  | € 4.138,49  |
|                    | 30 | € 46.517,20              | € 29.569,04 | € 12.046,80 | € 13.940,03 | € 7.207,61  |
|                    | 40 | € 60.620,47              | € 38.556,65 | € 15.737,09 | € 17.926,10 | € 9.356,62  |
|                    | 50 | € 75.750,87              | € 48.176,03 | € 19.656,53 | € 22.397,74 | € 11.690,83 |

Diese Tabelle folgt dem gleichen Muster, wie die bereits beschriebene. Auffällig ist, dass der Verkehrswert mit zunehmendem Alter nicht stetig fällt. Eine Anlage mit einem Alter von 20 Jahren hat laut Tabelle einen größeren Wert, als eine Anlage mit 15 Jahren. Das liegt daran, dass im EXCEL-Tool gemäß den Eingabeparametern festgelegt wurde, dass der Wechselrichtertausch im Betriebsjahr 15 notwendig ist. Die Berechnung nimmt an, dass bei einer Anlage mit 15 Jahren der Wechselrichtertausch noch durchgeführt werden muss. Hingegen ist der Wechselrichter bei einer 20jährigen Anlage laut Annahme bereits ausgetauscht worden. Bezüglich der Anlagengröße folgt auch diese Tabelle der Regelmäßigkeit, dass eine Zunahme der Größe einer Zunahme des Verkehrswertes entspricht.

Die Werte dieser zwei Tabellen wurden auch zu einer 3D-Grafik zusammengefasst. An den drei Achsen dieser Grafik können der Verkehrswert in Euro, die Anlagengröße in kWp und das Alter der Anlage in Jahren abgelesen werden:

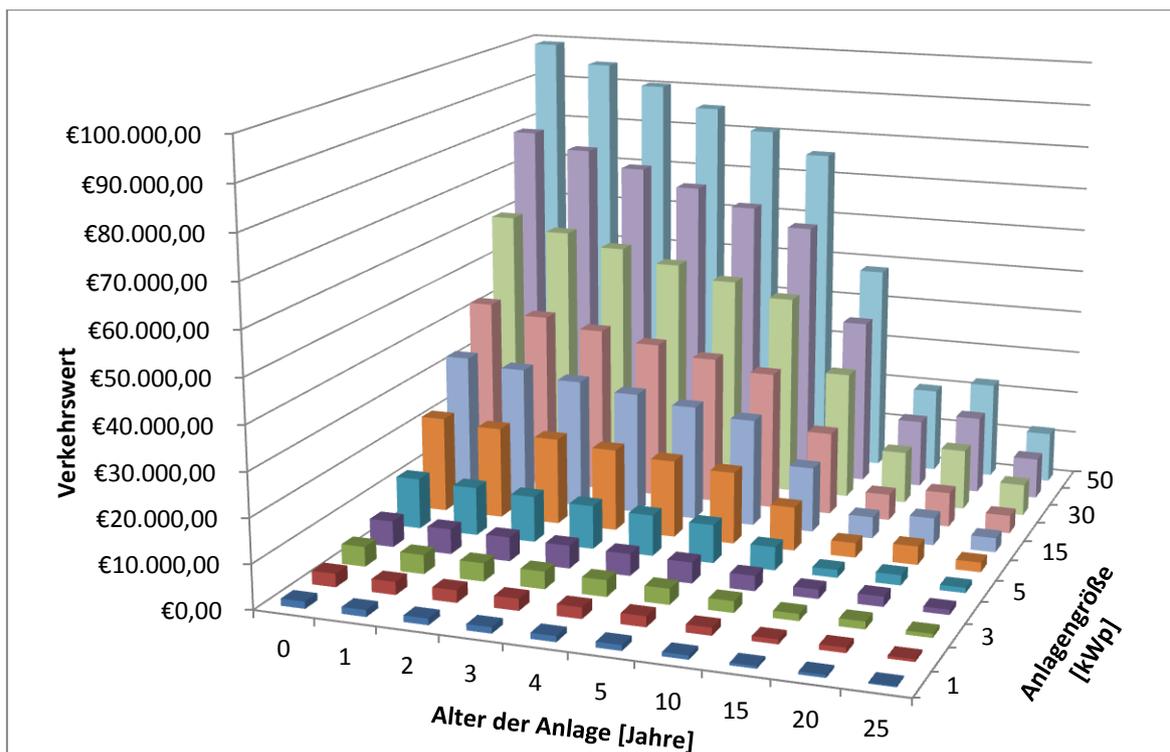


Abbildung 5.10: Verkehrswerte einer PV-Anlage in Abhängigkeit von Alter und Größe (eigene Darstellung)

Auch in dieser Abbildung ist die Unregelmäßigkeit bei Anlagen mit 15 Jahren erkennbar.

Im Bewertungsverfahren ist bei der Anwendung dieser Tabellen zu überprüfen, ob die anderen Parameter der zu bewertenden Photovoltaikanlage den getroffenen und beschriebenen Annahmen des EXCEL-Tools entsprechen. Wie bereits beschrieben, ist besonderes Augenmerk auf die Jahresproduktion je kWp zu legen, da dieser Parameter enormen Einfluss auf die Bewertung hat. Eine schlechte Ausrichtung, mangelnde Qualität oder mögliche Schäden der Anlage können die Jahresproduktion senken. Durchschnittlich kann in Österreich bei einer intakten und richtig montierten PV-Anlage von 1000 kWh je kWp ausgegangen werden. Da dieser Parameter einen vollständig linearen Zusammenhang mit dem Verkehrswert hat, muss jede Abweichung von diesem Richtwert am Ende des Bewertungsverfahrens den Verkehrswert im gleichen Verhältnis verändern. Beispielsweise führt eine um 30 Prozent verminderte Jahresproduktion zu einer Senkung des Verkehrswertes um ebenfalls 30 Prozent.

Bei einem durchzuführenden Wertermittlungsverfahren einer Immobilie wird der Verkehrswert mit den üblichen Verfahren festgestellt. Falls eine PV-Anlage vorhanden ist, wird der ermittelte Wert dieser Anlage dem Verkehrswert der Immobilie hinzugerechnet. Dieser so genannte additive Ansatz veranschaulicht den Wert der PV-Anlage im Verhältnis zum Wert der restlichen Immobilie. (Meins, 2011, S. 11)

Im nächsten Kapitel wird die Bewertung von Solarthermieanlagen durchgeführt.

## 5.2 Solarthermieranlagen

In diesem Kapitel wird eine beispielhafte Solarthermieranlage bewertet. Durchgeführt werden folgende Bewertungsverfahren:

- Discounted-Cash-Flow Methode
- Kapitalwertmethode
- Sachwertverfahren
- Ertragswertverfahren

Die Ergebnisse dieser Verfahren werden miteinander verglichen, um die Bewertung solide absichern zu können. Die einzelnen Bewertungsverfahren wurden bereits beschrieben.

Auf diese Bewertung aufbauend werden die Haupteinflussfaktoren für den Verkehrswert einer Solarthermieranlage herausgearbeitet. Diese Faktoren dienen dann der Erstellung einer entsprechenden Bewertungstabelle.

### 5.2.1 Eingabedaten und Berechnung des Bewertungsbeispiels

Ein Bewertungsbeispiel einer fiktiven Solaranlage dient als Grundlage in diesem Kapitel. Durchgeführt werden alle Berechnungen mit EXCEL. In der nachfolgenden Tabelle werden alle zur Berechnung notwendigen Eingabedaten angeführt:

Tabelle 5.6: Parameter einer fiktiven Solarthermieranlage (eigene Darstellung)

| Parameter  | Wert                   | Quelle   |
|--|------------------------|--|
| <b>Anlagengröße</b>                              | 6 m <sup>2</sup>       | Annahme  |
| <b>Jahresproduktion je m<sup>2</sup></b>         | 350 kWh/m <sup>2</sup> | <a href="http://www.solaranlagen-portal.com">www.solaranlagen-portal.com</a> |
| <b>Kosten des Betriebs</b>                       | 20 €/a                 | <a href="http://www.immobilo.de">www.immobilo.de</a>                         |
| <b>Wartungskosten</b>                            | 30 €/a                 | <a href="http://www.immobilo.de">www.immobilo.de</a>                         |
| <b>Reinigungskosten</b>                          | 2,5 €/m <sup>2</sup> a | <a href="http://www.immobilo.de">www.immobilo.de</a>                         |
| <b>Versicherung</b>                              | 40 €/a                 | <a href="http://www.immobilo.de">www.immobilo.de</a>                         |
| <b>Index Betriebskosten</b>                      | 3 %                    | Annahme  |
| <b>Berechnungszeitraum / Gesamtnutzungsdauer</b> | 25 Jahre               | <a href="http://www.solaranlagen-portal.com">www.solaranlagen-portal.com</a> |
| <b>Alter der Anlage</b>                          | 5 Jahre                | Annahme  |
| <b>Detailprognosezeitraum</b>                    | 10 Jahre               | Kapitel 3.4  |
| <b>Energiekosten Heizöl</b>                      | 0,0978 €/kWh           | <a href="http://www.iwo-austria.at">www.iwo-austria.at</a><br>20.07.2012     |
| <b>Index Heizöl</b>                              | 6 %                    | <a href="http://www.energyagency.at">www.energyagency.at</a>                 |
| <b>Energiekosten Erdgas</b>                      | 0,0719 €/kWh           | <a href="http://www.iwo-austria.at">www.iwo-austria.at</a><br>20.07.2012     |
| <b>Index Erdgas</b>                              | 6 %                    | <a href="http://www.energyagency.at">www.energyagency.at</a>                 |

|  |              |  |
|--|--------------|--|
| <b>Energiekosten Pellets</b>             | 0,0466 €/kWh | <a href="http://www.iwo-austria.at">www.iwo-austria.at</a><br>20.07.2012 |
| <b>Index Pellets</b>                     | 2,5 %        | <a href="http://www.energyagency.at">www.energyagency.at</a>             |
| <b>Energiekosten Fernwärme</b>           | 0,0899 €/kWh | <a href="http://www.iwo-austria.at">www.iwo-austria.at</a><br>20.07.2012 |
| <b>Index Fernwärme</b>                   | 9 %          | <a href="http://www.energyagency.at">www.energyagency.at</a>             |
| <b>Energiekosten Strom</b>               | 0,16 €/kWh   | <a href="http://www.iwo-austria.at">www.iwo-austria.at</a><br>20.07.2012 |
| <b>Index Strom</b>                       | 2 %          | <a href="http://www.e-control.at">www.e-control.at</a>                   |
| <b>Diskontierungszinssatz</b>            | 5 %          | Kapitel 3.6  |
| <b>Kapitalisierungszinssatz</b>          | 5 %          | Kapitel 3.6  |
| <b>Zinssatz für Kapitalwertmethode</b>   | 5 %          | Kapitel 3.6  |
| <b>Zinssatz für Ertragswertverfahren</b> | 5 %          | Kapitel 3.6  |

Für dieses Beispiel wird eine Solaranlage mit sechs Quadratmeter Kollektorfläche und einem Alter von fünf Jahren angenommen. Der Betriebskosten-Index orientiert sich am Verbraucherpreisindex der Statistik Austria. Um eine monetäre Bewertung der Wärmeproduktion durchführen zu können, wird diese mit substituierbaren Energiequellen verglichen. So sind die Kosten für eine thermische Kilowattstunde, welche mit Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom erzeugt wurde, angeführt. Da der Wert einer solaren thermischen Kilowattstunde von der im Haushalt verwendeten Energieform abhängt, wird aus Gründen der Vereinfachung der Durchschnitt aus allen fünf Energieträgern gebildet.

Die nächste Abbildung stellt einen Teil der EXCEL-Tabelle dar, welche zur Bewertung von Solaranlagen dient:

| Eingabetabelle                     |                           | Berechnungstabelle       |            |   |   |   |   |            |           |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|---|---|---|---|------------|-----------|
| Anlagengröße                       | 6 m <sup>2</sup>          | Jahr der Anlage          | 0          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5          | 6         |
| Jahresproduktion je m <sup>2</sup> | 350 kWh/m <sup>2</sup>    | Jahr                     |            |   |   |   |   | 0          | 1         |
| Kosten des Betriebs                | 20 €/a                    | Jahresproduktion         |            |   |   |   |   | 2100       | 2100      |
| Wartungskosten                     | 30 €/a                    | Substitution Erdöl       |            |   |   |   |   | € 205,38   | € 217,70  |
| Reinigungskosten                   | 2,5 €/m <sup>2</sup> a    | Substitution Erdgas      |            |   |   |   |   | € 150,99   | € 160,05  |
| Reinigungskosten                   | 15 €/a                    | Substitution Pellets     |            |   |   |   |   | € 97,86    | € 100,31  |
| Versicherung                       | 40 €/a                    | Substitution Fernwärme   |            |   |   |   |   | € 188,79   | € 205,78  |
| Gesamte Betriebskosten             | 105 €                     | Substitution Strom       |            |   |   |   |   | € 336,00   | € 342,72  |
| Index Betriebskosten               | 3 %                       | Substitutionserlöse      |            |   |   |   |   | € 195,80   | € 205,31  |
| Berechnungszeitraum/GND            | 25 Jahre                  | Betriebskosten           |            |   |   |   |   | -€ 105,00  | -€ 108,15 |
| Alter der Anlage                   | 5 Jahre                   | Cash-Flow                |            |   |   |   |   | € 90,80    | € 97,16   |
| Detailprognosezeitraum             | 10 Jahre                  | Barwerte (DCF)           |            |   |   |   |   | € 90,80    | € 92,54   |
| Errichtungskosten                  | € 966,67 €/m <sup>2</sup> | Barwert des DPZ (DCF)    |            |   |   |   |   | € 1.109,16 |           |
| Förderungen                        | € 517,05 €                | Barwert des FVE aE (DCF) |            |   |   |   |   |            |           |
| Energiekosten Heizöl               | 0,0978 €/kWh              | Barwert des FVE aA (DCF) |            |   |   |   |   | € 887,69   |           |
| Index Heizöl                       | 6 %                       | Verkehrswert nach DCF    |            |   |   |   |   | € 1.996,86 |           |
| Energiekosten Erdgas               | 0,0719 €/kWh              | Barwerte (KWM)           |            |   |   |   |   | € 90,80    | € 92,54   |
| Index Erdgas                       | 6 %                       | Verkehrswert nach KWM    |            |   |   |   |   | € 2.397,71 |           |
| Energiekosten Pellets              | 0,0466 €/kWh              | Neubauwert (SWV)         | € 5.282,95 |   |   |   |   |            |           |
| Index Pellets                      | 2,5 %                     | Verkehrswert nach SWV    |            |   |   |   |   | € 4.226,36 |           |
| Energiekosten Fernwärme            | 0,0899 €/kWh              | IH- und IS-Kosten (EWW)  |            |   |   |   |   | -€ 105,00  |           |
| Index Fernwärme                    | 9 %                       | Reinertrag (EWW)         |            |   |   |   |   | € 90,80    |           |
| Energiekosten Strom                | 0,16 €/kWh                | Verkehrswert nach EWW    |            |   |   |   |   | € 1.131,62 |           |
| Index Strom                        | 2 %                       |                          |            |   |   |   |   |            |           |
| Diskontierungszinssatz (DCF)       | 5 %                       |                          |            |   |   |   |   |            |           |
| Kapitalisierungszinssatz (DCF)     | 5 %                       |                          |            |   |   |   |   |            |           |
| Zinssatz für KWM                   | 5 %                       |                          |            |   |   |   |   |            |           |
| Zinssatz für EWW                   | 5 %                       |                          |            |   |   |   |   |            |           |

| Ergebnistabelle      |            | Hilftabelle                           |            |            |            |            |          |          |          |
|----------------------|------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|----------|----------|----------|
| DCF-Methode          | € 1.996,86 | Anlagengröße in m <sup>2</sup>        | 1          | 2          | 3          | 4          | 5        | 6        | 7        |
| Kapitalwertmethode   | € 2.397,71 | Förderungen in €                      | € 0,00     | € 0,00     | € 0,00     | € 0,00     | € 445,39 | € 517,05 | € 585,12 |
| Sachwertverfahren    | € 4.226,36 | Berechnung                            |            |            |            |            |          | € 517,05 |          |
| Ertragswertverfahren | € 1.131,62 | Errichtungskosten in €/m <sup>2</sup> | € 1.074,07 | € 1.052,59 | € 1.031,11 | € 1.009,63 | € 988,15 | € 966,67 | € 945,19 |
|                      |            | Berechnung                            |            |            |            |            |          | € 966,67 |          |
|                      |            | Bewertungsdurchschnitt                | € 2.740,03 |            |            |            |          |          |          |

Abbildung 5.11: EXCEL-Berechnungs-Tool für Solaranlagen (eigene Darstellung)

Wie bei der Bewertung von PV-Anlagen gliedert sich das Bewertungstool in Eingabe-, Hilfs-, Berechnungs- und Ergebnistabelle. Die Hilfstabelle liefert die Daten der Förderungen aus Kapitel 4.2 und die Errichtungskosten in Abhängigkeit der Anlagengröße, welche ebenfalls in Kapitel 4.2 aus zwei Beispielen abgeleitet wurden. In der Eingabetabelle werden die bereits beschriebenen Parameter eingetragen. Die Ergebnistabelle bildet die entsprechenden Verkehrswerte ab. Im grün hinterlegten Feld wird der Bewertungsdurchschnitt angezeigt.

### 5.2.2 Ergebnisse des Bewertungsbeispiels

Es werden die gleichen Bewertungsverfahren wie im Kapitel 5.1 durchgeführt. In einem nächsten Schritt werden die Ergebnisse von DCF- und Kapitalwertmethode, Sach- und Ertragswertverfahren miteinander verglichen und ein gewichteter Bewertungsdurchschnitt berechnet.

Als Basis für die Bewertung dient der Vergleich der produzierten Wärme mit herkömmlichen Wärmequellen. In diesem konkreten Beispiel wird eine Wärmemenge von

2.100 Kilowattstunden pro Jahr erzeugt. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht die Kosten, wenn diese Wärmemenge mit Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme oder Strom erzeugt wird:

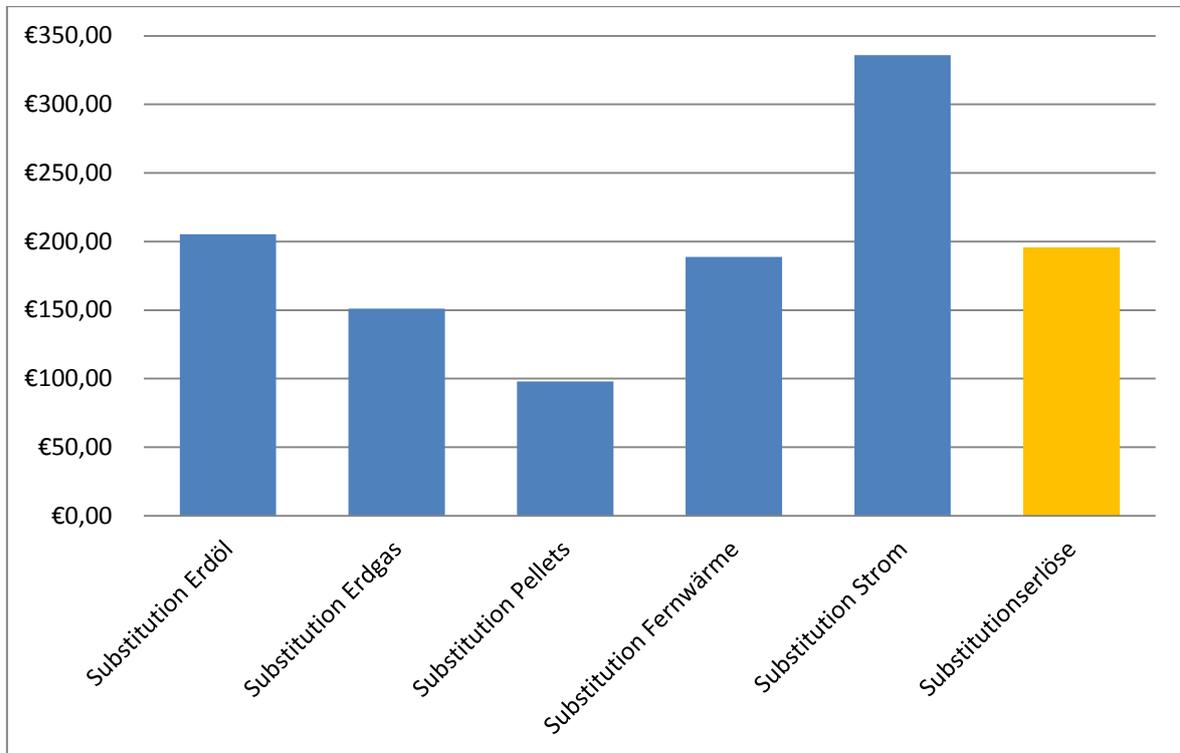


Abbildung 5.12: Substitutionserlöse einer Solaranlage (eigene Darstellung)

Diese Abbildung zeigt, dass eine Solaranlage die höchsten Substitutionserlöse bringt, wenn die Wärme im Haushalt mittels Strom erzeugt wird. Bei Pellets sind die Erlöse durch die Solaranlage am geringsten. Um die Substitutionserlöse für einen durchschnittlichen Haushalt zu erhalten, werden die Werte von Erdöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom gemittelt. Dieser Durchschnittswert dient als Basis für das weitere Bewertungsverfahren.

Die nächste Tabelle zeigt die Ergebnisse aller vier Bewertungsverfahren:

Tabelle 5.7: Ergebnisse der Bewertungsverfahren bei einer Solaranlage (eigene Darstellung)

| Bewertungsverfahren  | Verkehrswert |
|----------------------|--------------|
| DCF-Methode          | € 1.996,86   |
| Kapitalwertmethode   | € 2.397,71   |
| Sachwertverfahren    | € 4.226,36   |
| Ertragswertverfahren | € 1.131,62   |

Den höchsten Verkehrswert erzielt das Sachwertverfahren. Dabei handelt es sich um den aktuellen Bauwert der Anlage. Wie PV-Anlagen haben auch Solaranlagen einen emotionalen Wert, welcher sich aus dem Umweltschutzbewusstsein ableitet. Daher ist das Sachwertverfahren als Wertobergrenze durchaus interessant.

Der Grund für die Unterschiede zwischen DCF-Methode, Kapitalwert- und Ertragswertverfahren liegt in den relativ hohen Indices der Substitutionsenergieträger. Diese werden beim Ertragswertverfahren gar nicht, und bei der Kapitalwertmethode vollständig angewendet. Die DCF-Methode stellt einen guten Kompromiss dar, weil im Detailprognosezeitraum die Indices vollständig berücksichtigt werden und die restliche Nutzungsdauer, für welche Preisentwicklungen nur sehr schwer abschätzbar sind, kapitalisiert wird.

So wie bei PV-Anlagen zeigt sich bei Solaranlagen ein gewichteter Durchschnitt aus DCF-Methode und Sachwertverfahren als geeignete Bewertungslösung im Hinblick auf die zu erstellenden Bewertungstabellen. Der Zweck und die Käufersicht sind für die Auswahl des Bewertungsverfahrens maßgeblich. Diese Arbeit geht bei der Anwendung der Bewertungstabellen von einer Verteilung zwischen Sachwert- und Ertragswertobjekten von einem Drittel zu zwei Drittel aus. Somit wird der Ertragsorientierung das Schwergewicht gegeben und der Bewertungsdurchschnitt gemäß Formel (5.1) berechnet.

Die beispielhafte Solaranlage hat somit einen gewichteten Verkehrswert von 2.740,03 Euro. In der nächsten Abbildung werden die Ergebnisse der einzelnen Verfahren samt dem gewichteten Durchschnittswert abgebildet:

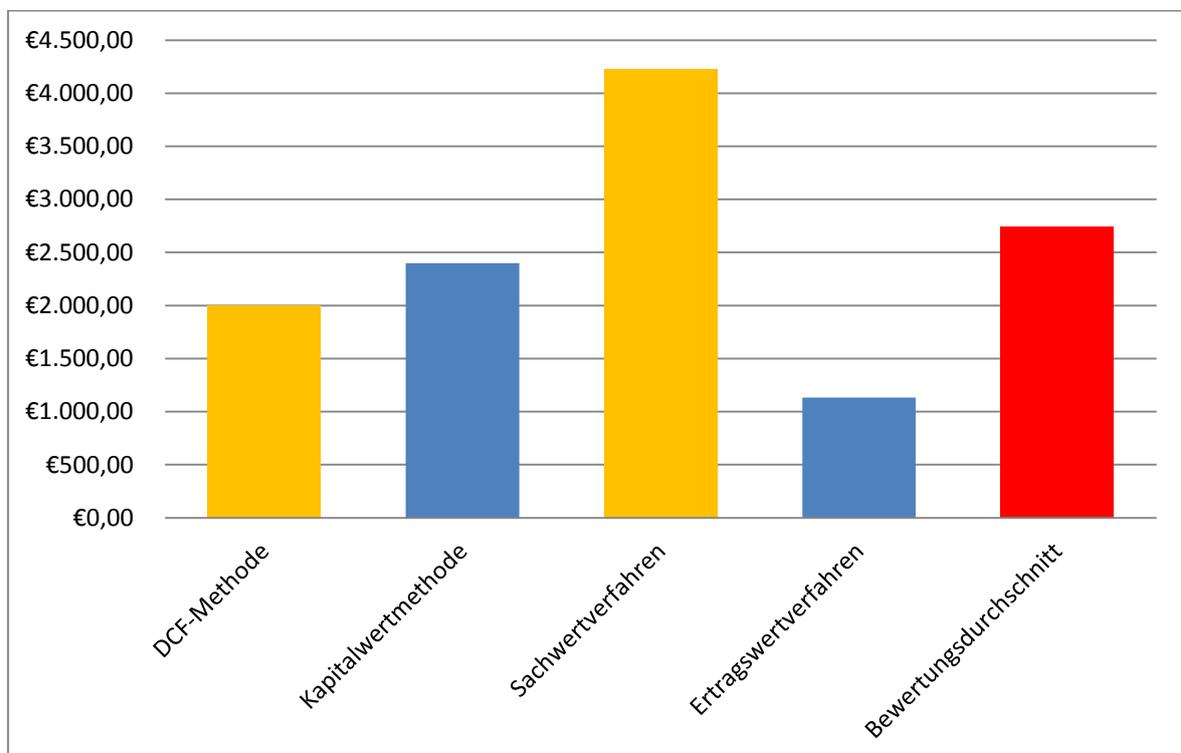


Abbildung 5.13: Ergebnisse aller Bewertungsverfahren samt Bewertungsdurchschnitt bei einer Solaranlage (eigene Darstellung)

Die gelben Säulen dienen gewichtet der Berechnung des Bewertungsdurchschnitts, welcher mit der roten Säule veranschaulicht wird.

Das nächste Kapitel erarbeitet mit dem beschriebenen Bewertungstool die Haupteinflussfaktoren für den Verkehrswert einer Solaranlage.

### 5.2.3 Identifizierung der Haupteinflussfaktoren

Das EXCEL-Tool zur Bewertung von Solaranlagen wird in diesem Kapitel zur Parametervariation herangezogen, um die Haupteinflussfaktoren auf den Verkehrswert zu ermitteln. Wie schon im Kapitel 5.1.3 wird jeder Eingabewert um definierte Prozentsätze variiert und der Einfluss auf den Ausgabewert dokumentiert. Die Variation erfolgt für jeden Parameter einzeln und die Ergebnisse werden in Form eines Spider-Diagramms veranschaulicht. Diese Grafik zeigt den Einfluss jedes einzelnen Input-Parameters auf den Verkehrswert.

Die beispielhafte Solaranlage von Kapitel 5.2.2 hat einen gewichteten Verkehrswert von 2.740,03 Euro. Die Eingabeparameter werden um die Prozentsätze -30, -15, +15 und +30 variiert und die jeweiligen Verkehrswerte werden festgehalten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt einen Auszug dieser Berechnungen:

Tabelle 5.8: Teil der Daten für die Parametervariation bei einer Solaranlage (eigene Darstellung)

| Parametervariation                 | -30%       | -15%       | 0%         | 15%        | 30%        | Einheit            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Anlagengröße                       | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | m <sup>2</sup>     |
| Verkehrswert                       | € 1.639,24 | € 2.145,53 | € 2.740,03 | € 3.324,02 | € 3.897,51 |                    |
| Jahresproduktion je m <sup>2</sup> | 245        | 297,5      | 350        | 402,5      | 455        | kWh/m <sup>2</sup> |
| Verkehrswert                       | € 1.999,20 | € 2.369,62 | € 2.740,03 | € 3.110,44 | € 3.480,85 |                    |
| Gesamte Betriebskosten             | 73,5       | 89,25      | 105        | 120,75     | 136,5      | €                  |
| Verkehrswert                       | € 3.081,47 | € 2.910,75 | € 2.740,03 | € 2.569,30 | € 2.398,58 |                    |
| Index Betriebskosten               | 2,1        | 2,55       | 3          | 3,45       | 3,9        | %                  |
| Verkehrswert                       | € 2.808,98 | € 2.775,13 | € 2.740,03 | € 2.703,63 | € 2.665,89 |                    |
| Berechnungszeitraum/GND            | 17         | 21         | 25         | 29         | 33         | Jahre              |
| Verkehrswert                       | € 2.125,00 | € 2.470,15 | € 2.740,03 | € 2.955,44 | € 3.129,50 |                    |
| Alter der Anlage                   | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | Jahre              |
| Verkehrswert                       | € 2.968,39 | € 2.855,27 | € 2.740,03 | € 2.622,54 | € 2.502,69 |                    |

Einige Parameter wurden zu Gruppen zusammengefasst, da es Sinn macht diese gemeinsam zu betrachten. So wurden die Kosten des Betriebs, die Wartungskosten, die Reinigungskosten und die Kosten der Versicherung zum Parameter Betriebskosten vereint. Auch die Energiekosten für Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom wurden

gemeinsam betrachtet, um die Bedeutung der Kosten für Substitutionsenergie als Ganzes herauszuarbeiten. Dem folgend wurden auch alle Energie-Indices zusammengefasst. Im EXCEL-Tool können unterschiedliche Zinssätze eingegeben werden. Auch diese wurden gemeinsam variiert, um die Bedeutung des Zinssatzes generell untersuchen zu können.

Für die Parameter Anlagengröße, Berechnungszeitraum, Alter der Anlage und Detailprognosezeitraum können nur ganzzahlige Werte eingegeben werden. Daher wurden die entsprechenden Variationen gerundet.

Wie beschrieben werden die Ergebnisse in Form eines Spider-Diagramms grafisch veranschaulicht. Die x-Achse bildet dabei die prozentuelle Variation ab und die y-Achse den daraus entsprechenden Verkehrswert. Je steiler der Graph eines Parameters, umso größer ist dessen Einfluss auf den Output-Wert, und umgekehrt.

Die nächste Abbildung zeigt die Ergebnisse der Parametervariation für Solaranlagen anhand eines Spider-Diagramms:

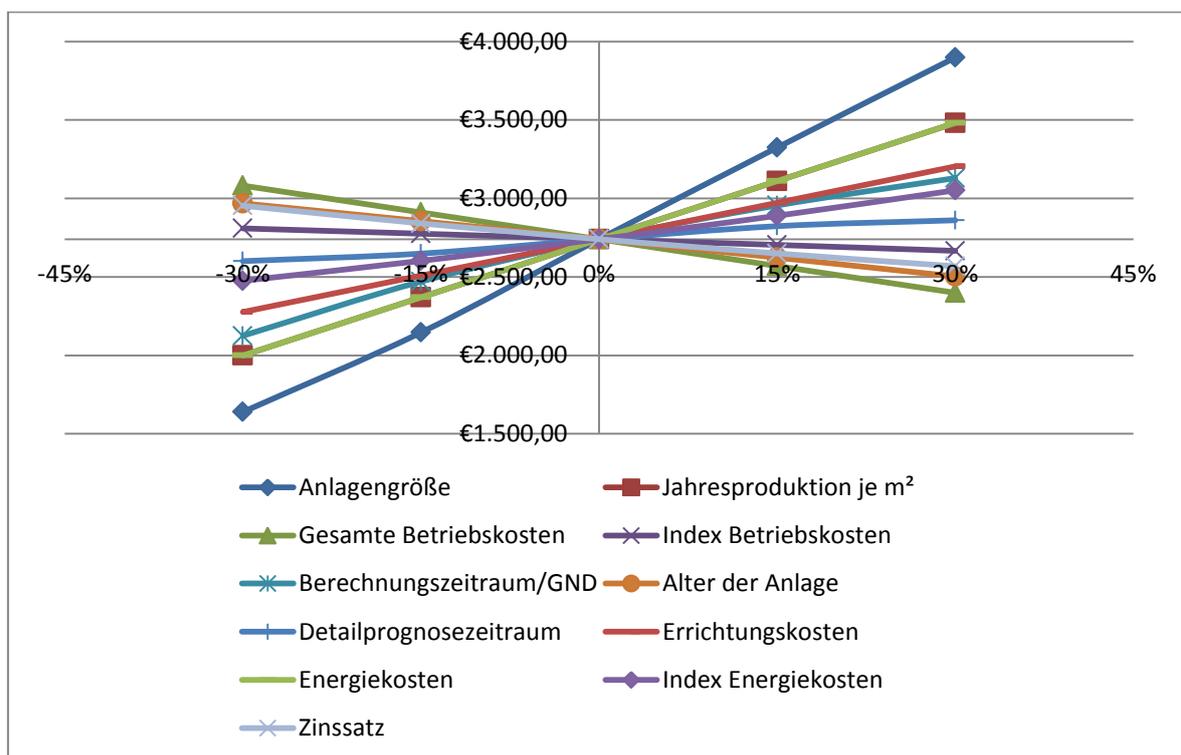


Abbildung 5.14: Spider-Diagramm aller Parameter einer Solaranlage (eigene Darstellung)

Diese Abbildung ist auf Grund der Anzahl der verarbeiteten Parameter etwas unübersichtlich. Jedoch eignet sich die Grafik, um eine Vorselektion durchführen zu können. Ein flacher Parameter-Graph zeigt einen geringen Einfluss auf den Verkehrswert. Daher werden in der nächsten Abbildung nur mehr die sechs wichtigsten Input-Parameter veranschaulicht:

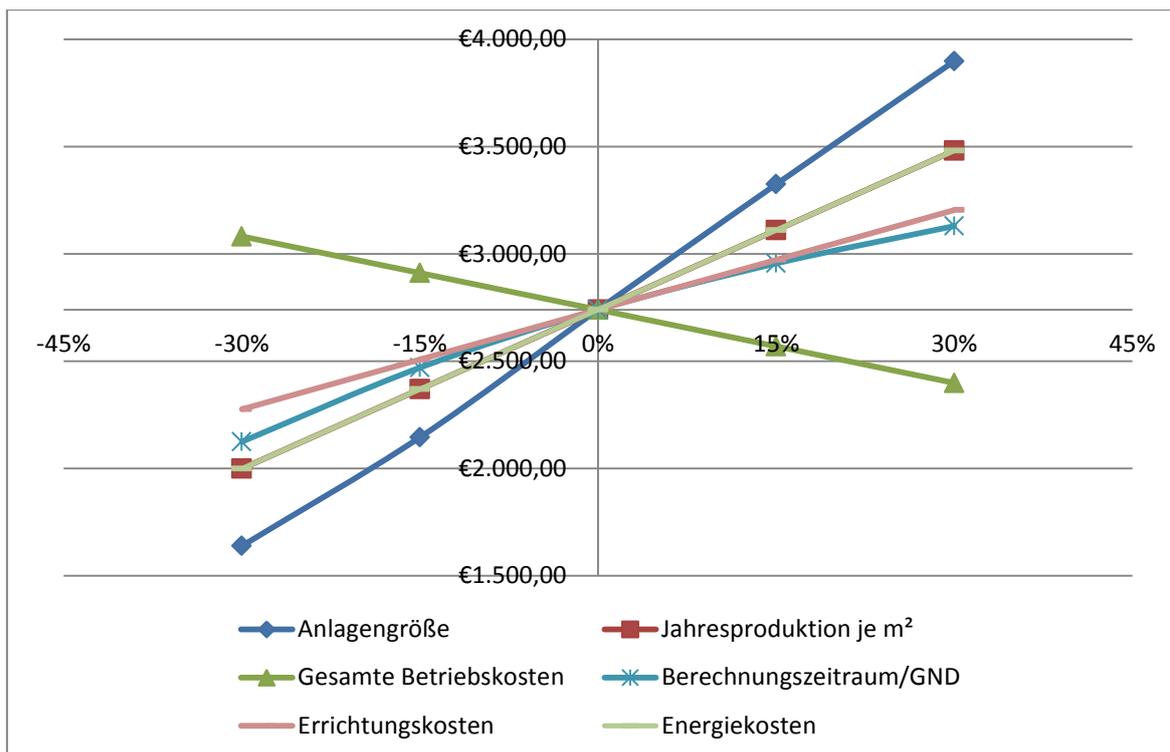


Abbildung 5.15: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter einer Solaranlage (eigene Darstellung)

Den größten Einfluss auf den Verkehrswert hat die Anlagengröße. Dieser Zusammenhang ist nachvollziehbar. Je größer eine Solaranlage, umso größer ist der Wert.

Auf die Anlagengröße folgen die Parameter Energiekosten und Jahresproduktion je m<sup>2</sup>. Diese zwei Graphen liegen direkt übereinander. Die Jahresproduktion je m<sup>2</sup> hängt von Faktoren wie der Sonneneinstrahlung, der Neigung, der Ausrichtung, der Qualität oder möglicher Schäden der Anlage ab. Der angeführte Wert von 350 kWh je Quadratmeter kann als Durchschnittswert in unserer Gegend angesehen werden. Schäden oder Qualitätsminderungen der Anlage sollten am Ende des Bewertungsprozesses berücksichtigt werden. Für das Verfahren wird allerdings von einer intakten Anlage mit durchschnittlicher Jahresproduktion ausgegangen. Dieser Parameter wird daher nicht weiter untersucht.

Der Input-Wert der Energiekosten ist, wie bereits beschrieben, ein zusammengefasster Parameter. Die Kosten für Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom wurden gemeinsam variiert. Aus dem Spider-Diagramm lässt sich ein deutlicher Zusammenhang mit dem Wert der Anlage feststellen. Das EXCEL-Tool vergleicht, wie dargestellt, die produzierte Wärmemenge mit den Kosten einer Substitutionsenergieform. Dabei wurde der Durchschnitt aus den angeführten Energiequellen gebildet, um einem Durchschnittshaushalt nahe zu kommen. Da dieser Faktor jedoch auf Basis der Parametervariation einen großen Einfluss auf den Verkehrswert hat, ist es sinnvoll die einzelnen Energieträger getrennt voneinander zu betrachten. Im Bewertungsverfahren soll

die konkrete Substitutionsenergie berücksichtigt werden. Konkret hängt der Wert einer Solaranlage stark davon ab, mit welcher Energieform die Wärme im Haushalt sonst erzeugt wird. So bringt eine Solaranlage finanziell mehr, wenn sie die Wärmeerzeugung mit Strom unterstützt. Hingegen ist der finanzielle Vorteil geringer, wenn eine Solaranlage eine Pellets-Heizung ergänzt. Aus diesem Grund ist der Zusammenhang auch positiv, da steigende Substitutionsenergiekosten den Wert der Solaranlage erhöhen.

Die nächsten Eingabeparameter sind in deren Bedeutung auf den Verkehrswert nachrangig. Es handelt sich um die Errichtungskosten, die Gesamtnutzungsdauer und die Betriebskosten. Lediglich die Betriebskosten weisen einen negativen Zusammenhang auf. Das bedeutet, dass eine Erhöhung dieser Kosten zu einer Verringerung des Verkehrswertes führt. Diese drei Faktoren sind im Rahmen eines Bewertungsverfahrens kaum individuellen Schwankungen unterlegen, weshalb sie nicht weiter untersucht werden.

Die durchgeführte Sensitivitätsanalyse mittels Parametervariation konnte die Parameter Anlagengröße und Energiekosten als Haupteinflussfaktoren auf den Verkehrswert identifizieren. Beide Parameter weisen einen positiven Zusammenhang auf. Für eine detailliertere Betrachtung wird der Input-Faktor Energiekosten in die einzelnen Energieformen aufgeschlüsselt. Am Ende der Bewertung muss die Jahresproduktion überprüft und erforderlichenfalls angepasst werden.

Im nächsten Kapitel werden die Haupteinflussfaktoren Anlagengröße und Energiekosten zu einer Bewertungstabelle verarbeitet.

#### **5.2.4 Bewertungstabelle für Solaranlagen**

Mit den erarbeiteten Haupteinflussfaktoren Anlagengröße und Energiekosten soll in diesem Kapitel eine Bewertungstabelle erstellt werden. Bei den Energiekosten wird dabei zwischen den einzelnen Energieformen unterschieden, da die konkrete Substitutionsenergie entscheidenden Einfluss auf den Wert der Solaranlage hat. Mittels des beschriebenen EXCEL-Tools werden die zwei Parameter variiert und die sich daraus ergebenden Verkehrswerte festgehalten. Der Wert einer Solaranlage hängt natürlich auch von anderen Parametern ab. Diese sind aber entweder kaum variabel oder sie haben nur einen untergeordneten Einfluss auf den Wert. Interessant ist, dass der Parameter Alter der Anlage keinen großen Hebel hat. Im Verfahren wird von einer Solaranlage mit einem Alter von fünf Jahren ausgegangen. Sollte die bewertungsgegenständliche Anlage von diesem Wert stark abweichen, muss dies jedoch entsprechend berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der Variation der zwei Parameter Anlagengröße und Energiekosten werden in den folgenden Tabellen dargestellt. Übersichtshalber wurden die Ergebnisse in zwei Tabellen gegliedert. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verkehrswerte von Solaranlagen mit einer Größe von einem bis 10 Quadratmeter Kollektorfläche:

Tabelle 5.9: Bewertungstabelle für Solaranlagen mit einer Anlagengröße von 1 bis 10 Quadratmeter (eigene Darstellung)

|                                |    | Substitutionsenergie |            |            |            |            |
|--------------------------------|----|----------------------|------------|------------|------------|------------|
|                                |    | Heizöl               | Erdgas     | Pellets    | Fernwärme  | Strom      |
| Anlagengröße [m <sup>2</sup> ] | 1  | -€ 257,35            | -€ 378,88  | -€ 545,50  | -€ 191,75  | -€ 149,92  |
|                                | 2  | € 449,41             | € 206,35   | -€ 126,89  | € 580,61   | € 664,26   |
|                                | 3  | € 1.144,71           | € 780,13   | € 280,27   | € 1.341,52 | € 1.466,99 |
|                                | 4  | € 1.828,56           | € 1.342,45 | € 675,97   | € 2.090,97 | € 2.258,27 |
|                                | 5  | € 2.382,18           | € 1.774,54 | € 941,44   | € 2.710,19 | € 2.919,31 |
|                                | 6  | € 3.024,00           | € 2.294,83 | € 1.295,12 | € 3.417,61 | € 3.668,56 |
|                                | 7  | € 3.655,32           | € 2.804,63 | € 1.638,29 | € 4.114,54 | € 4.407,32 |
|                                | 8  | € 4.276,15           | € 3.303,92 | € 1.970,97 | € 4.800,96 | € 5.135,56 |
|                                | 9  | € 4.886,47           | € 3.792,72 | € 2.293,14 | € 5.476,89 | € 5.853,31 |
|                                | 10 | € 5.486,28           | € 4.271,01 | € 2.604,81 | € 6.142,31 | € 6.560,56 |

Diese Tabelle zeigt links die unterschiedlichen Anlagengrößen. Mit der entsprechenden Substitutionsenergie kann der daraus folgende Verkehrswert abgelesen werden. Solaranlagen mit einer Größe von einem Quadratmeter Kollektorfläche zeigen einen negativen Verkehrswert. Dieser begründet sich in den Betriebskosten, welche die Einnahmen einer derartigen Anlage übersteigen. Aus diesem Grund wird es kaum Anlagen dieser Größe geben, da sie wirtschaftlich keinen Sinn machen.

Mit zunehmender Anlagengröße steigt der Verkehrswert. Bei den Substitutionsenergien führt Strom und Fernwärme zu den höchsten Werten. Der geringste Verkehrswert wird erzielt, wenn die Solaranlage eine Pelletsheizung unterstützt.

Die nächste Tabelle beschreibt Solaranlagen mit einer Kollektorfläche von 11 bis 20 Quadratmeter:

Tabelle 5.10: Bewertungstabelle für Solaranlagen mit einer Anlagengröße von 11 bis 20 Quadratmeter (eigene Darstellung)

|                                |    | Substitutionsenergie |            |            |             |             |
|--------------------------------|----|----------------------|------------|------------|-------------|-------------|
|                                |    | Heizöl               | Erdgas     | Pellets    | Fernwärme   | Strom       |
| Anlagengröße [m <sup>2</sup> ] | 11 | € 6.075,60           | € 4.738,80 | € 2.905,98 | € 6.797,23  | € 7.257,30  |
|                                | 12 | € 6.654,42           | € 5.196,09 | € 3.196,65 | € 7.441,65  | € 7.943,55  |
|                                | 13 | € 7.222,73           | € 5.642,87 | € 3.476,81 | € 8.075,56  | € 8.619,29  |
|                                | 14 | € 7.780,54           | € 6.079,16 | € 3.746,48 | € 8.698,98  | € 9.284,53  |
|                                | 15 | € 8.290,79           | € 6.467,88 | € 3.968,58 | € 9.274,83  | € 9.902,20  |
|                                | 16 | € 8.826,28           | € 6.881,83 | € 4.215,92 | € 9.875,91  | € 10.545,11 |
|                                | 17 | € 9.351,39           | € 7.285,42 | € 4.452,88 | € 10.466,63 | € 11.177,65 |
|                                | 18 | € 9.866,14           | € 7.678,64 | € 4.679,48 | € 11.046,98 | € 11.799,83 |
|                                | 19 | € 10.370,51          | € 8.061,49 | € 4.895,71 | € 11.616,96 | € 12.411,63 |
|                                | 20 | € 10.864,52          | € 8.433,97 | € 5.101,57 | € 12.176,57 | € 13.013,07 |

Der Aufbau dieser Tabelle ist gleich der Bewertungstabelle für kleinere Anlagen. Die Verkehrswerte nehmen ebenfalls stetig mit zunehmender Anlagengröße zu. Auch führt die Substitutionsenergie Strom zu den höchsten Verkehrswerten, und Pellets zu den geringsten.

Zur besseren Darstellung wurden die Werte dieser zwei Tabellen zu einer 3D-Grafik zusammengefasst. Die nächste Abbildung zeigt diese Grafik:

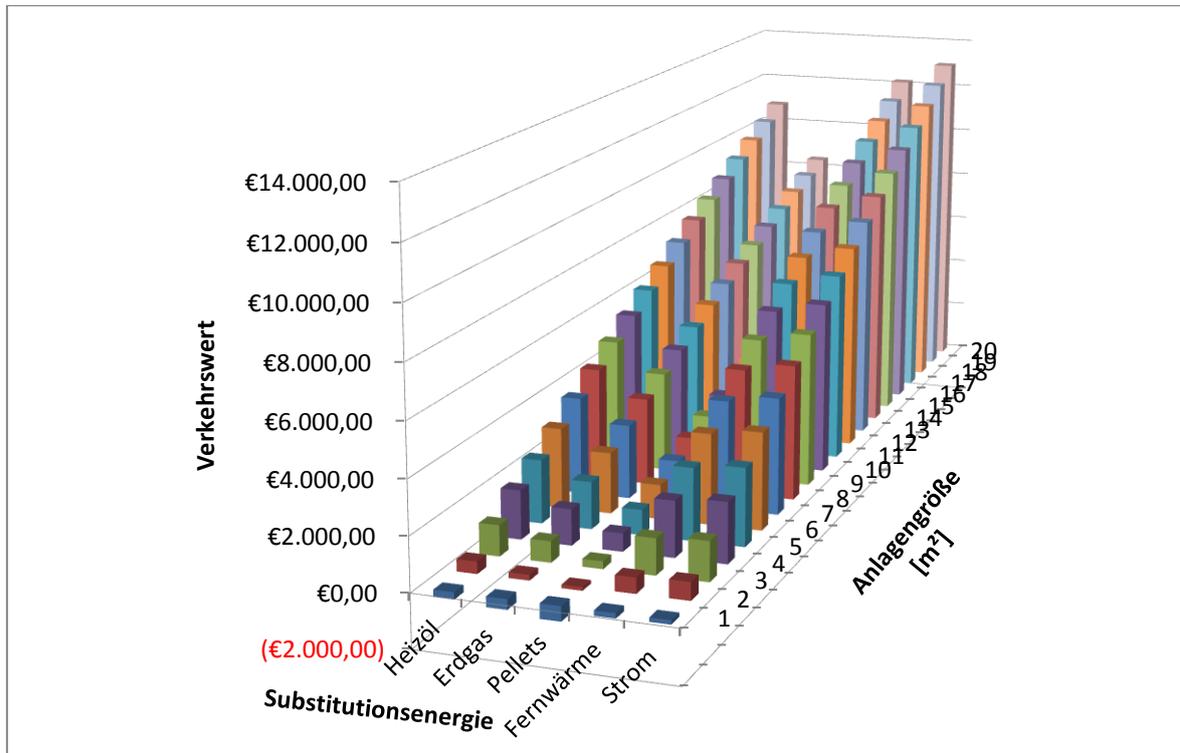


Abbildung 5.16: Verkehrswerte einer Solaranlage in Abhängigkeit von Größe und Substitutionsenergie (eigene Darstellung)

Die drei Achsen dieser Grafik zeigen den Verkehrswert in Euro, die jeweilige Substitutionsenergie und die Anlagengröße in m<sup>2</sup>. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Energieformen werden in dieser Abbildung deutlich.

Die beschriebenen Tabellen können im Bewertungsverfahren entsprechend verwendet werden. Es ist aber darauf zu achten, ob die anderen Parameter der konkreten Solaranlage den getroffenen und beschriebenen Annahmen des EXCEL-Tools entsprechen. Besonders die Jahresproduktion je m<sup>2</sup> ist zu überprüfen. Als Mittelwert wurde im Berechnungsbeispiel ein Wert von 350 kWh je Quadratmeter angenommen. Sollte auf Grund schlechter Ausrichtung, möglicher Schäden oder anderer Gründe dieser Wert nicht erreichbar sein, dann muss dies im Bewertungsverfahren berücksichtigt werden. Ebenfalls ist das Alter der Anlage zu überprüfen. Die Bewertungstabellen gehen von einer fünfjährigen Anlage aus. Obwohl der Hebel dieses Parameters nicht stark ist, so muss doch eine größere Abweichung von diesem Alter berücksichtigt werden. Zur generellen Überprüfung der im EXCEL-Tool verwendeten Parameter wird auf das Kapitel 5.2.1 verwiesen. Sollte sich die zu bewertende Solaranlage von diesen Werten deutlich unterscheiden, muss dies entsprechend bedacht werden. Im Bewertungsverfahren einer konkreten Immobilie wird der ermittelte Wert der Solaranlage dem Verkehrswert der Immobilie hinzugerechnet.

## 6 Schlussfolgerungen

Die Bewertung alternativer Kleinkraftwerke rückt auf Grund der enorm steigenden Anzahl derartiger Anlagen in Privathaushalten immer mehr in den Blickpunkt. Diese Arbeit setzt sich mit der monetären Bewertung von solaren Kleinkraftwerken im Haushalt auseinander. Konkret handelt es sich dabei um Solarthermieanlagen zur Wärmeengewinnung und um Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung. Dieser Bereich ist stark von öffentlichen Förderungen beeinflusst, weshalb sich diese Arbeit auf die Situation in Niederösterreich beschränkt.

Zu Beginn dieser Masterarbeit erfolgt die Erarbeitung der entsprechenden theoretischen Grundlagen. Dabei werden die solaren Technologien vorgestellt und die Bewertungsverfahren für Kleinkraftwerke beschrieben. Derartige Anlagen dienen in erster Linie der Erwirtschaftung von Erträgen, welche sich auf Grund von befristeten Einspeiseverträgen entlang der Lebensdauer ändern. Daher bietet sich das Discounted-Cash-Flow-Verfahren besonders an. Als Ergänzung der Bewertung eignet sich das Sachwertverfahren. Wegen dem Fehlen von qualifizierten Veräußerungsdaten kann das Vergleichswertverfahren nicht zur Anwendung kommen. Wesentlicher Teil der Bewertung ist die nachvollziehbare Auswahl des Bewertungszinssatzes, welcher für diese Arbeit mit fünf Prozentpunkten festgelegt wird.

Im Kapitel 4 werden die zahlreichen Förderungsmöglichkeiten in Niederösterreich beschrieben. Photovoltaikanlagen erhalten vom Bund entweder Direkt- oder Einspeiseförderungen mit einer Laufzeit von 13 Jahren. Zusätzlich unterstützt das Bundesland Niederösterreich PV-Anlagen im Rahmen der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien. Die Betreiber von Solarthermieanlagen erhalten Bundesförderungen über den Klimafonds, im Rahmen des Sanierungsschecks oder als Absetzmöglichkeit bei der Einkommenssteuererklärung. Niederösterreich fördert Solarthermieanlagen ebenfalls im Rahmen der NÖ Wohnungsförderungsrichtlinien. Die unterschiedlichen Möglichkeiten werden in diesem Kapitel vorgestellt, monetär bewertet und miteinander verglichen. Für das Bewertungsverfahren wird von einer optimalen Ausnutzung der Förderungslandschaft ausgegangen.

Den Kern dieser Arbeit bildet das Kapitel 5, in welchem Photovoltaik- und Solarthermieanlagen bewertet werden. Dabei wird von einem fiktiven Beispiel ausgegangen, dessen Parameter sich auf Recherchen und Literaturangaben stützen. Dieses Bewertungsbeispiel dient der Ermittlung des Verkehrswertes nach der Discounted-Cash-Flow-Methode, der Kapitalwertmethode, dem Sachwertverfahren und dem Ertragswertverfahren. Nach der Gegenüberstellung dieser Verfahren können die DCF-

Methode und das Sachwertverfahren den Erfordernissen am besten entsprechen. Die Auswahl des jeweiligen Verfahrens richtet sich grundsätzlich nach dem Zweck der Immobilie, da die solare Anlage mit dem jeweiligen Gebäude fix verbunden ist. Die Discounted-Cash-Flow-Methode wird der Ertragsorientierung derartiger Anlagen gerecht. Auch können unterschiedliche Periodenerträge, beispielsweise auf Grund von Einspeiseförderungen, sehr gut berücksichtigt werden. Bei Photovoltaikanlagen ergeben sich die Erträge auf Grund des Verkaufs der elektrischen Energie. Bei Solarthermieranlagen wird die gewonnene Wärme mit den Kosten für konventionelle Wärmeerzeugung verglichen. Das Sachwertverfahren stellt eine gute Ergänzung dar und kann eine Wertobergrenze für derartige Anlagen angeben. Auch bringt es neben der Ertragsorientierung den emotionalen Wert eines solchen Kleinkraftwerkes ein. Der Umweltschutzgedanke oder Marketingvorteile seien hier genannt. Um die Vorzüge beider Verfahren kombinieren zu können und um den Markt, welcher aus Sachwert- und Ertragswertobjekten besteht, abbilden zu können, wird zur Ermittlung des Verkehrswertes ein gewichteter Bewertungsdurchschnitt gebildet.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen werden die Haupteinflussfaktoren auf den Wert einer solaren Anlage mittels Parametervariation herausgearbeitet. Dabei werden die Eingabewerte des Berechnungstools nacheinander um definierte Prozentsätze variiert und die sich daraus ergebenden Verkehrswerte festgehalten. Mit den Ergebnissen können Spider-Diagramme erstellt werden, welche auf der x-Achse die prozentuelle Variation des jeweiligen Parameters und auf der y-Achse den entsprechenden Verkehrswert abbilden. Diese Grafiken bilden einen guten Überblick, wie die einzelnen Eingabeparameter den Verkehrswert beeinflussen. Auch zeigt sich, ob die Zusammenhänge positiv oder negativ sind. Für Photovoltaikanlagen haben die Inputfaktoren Anlagengröße (positiver Zusammenhang) und Alter der Anlage (negativer Zusammenhang) den größten Einfluss auf das Ergebnis. Bei Solarthermieranlagen sind die Haupteinflussfaktoren auf den Verkehrswert die Anlagengröße (positiver Zusammenhang) und die Energiekosten für Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom (positiver Zusammenhang). Da eine Solarthermieanlage die Wärmeproduktion im Haushalt unterstützt, wird der Wert der solar erzeugten Energie über die Kosten für herkömmliche Wärmequellen – in der Arbeit als konventionelle Substitutionsenergieformen bezeichnet – errechnet.

Die erarbeiteten Haupteinflussfaktoren dienen der Erstellung von Bewertungstabellen für solare Kleinkraftwerke. Für Photovoltaikanlagen kann aus dieser Tabelle der Verkehrswert für Anlagen mit einer Größe von einem bis 50 Kilowatt peak und einem Alter von null bis 25 Jahren abgelesen werden. Beispielsweise hat eine PV-Anlage mit einer Anlagengröße von fünf kWp und einem Alter von fünf Jahren einen errechneten Verkehrswert von 8.699,78 Euro (gerundet 8.700 Euro). Die Bewertungstabelle für Solarthermieranlagen zeigt den Verkehrswert für Anlagen mit einer Größe von einem bis 20 Quadratmeter

Kollektorfläche und einer Unterscheidung zwischen den Substitutionsenergieformen Heizöl, Erdgas, Pellets, Fernwärme und Strom. Die Auswahl der Energie richtet sich nach der im Haushalt verwendeten Wärmeerzeugung. Beispielsweise hat eine Solarthermieanlage, welche eine Erdgasheizung unterstützt und eine Größe von 16 Quadratmeter Kollektorfläche hat, einen errechneten Verkehrswert von 6.881,83 Euro (gerundet 6.900 Euro).

Mit diesen Bewertungstabellen kann der Verkehrswert eines solaren Kleinkraftwerkes im Haushalt abgeschätzt werden. Allerdings sind die zugrundeliegenden Eingabeparameter, abgesehen von den Haupteinflussfaktoren, entsprechend zu überprüfen, ob die bewertungsgegenständliche Anlage von diesen nicht zu stark abweicht. Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Parameter „Jahresproduktion je kWp“ bei Photovoltaikanlagen und „Jahresproduktion je m<sup>2</sup>“ bei Solarthermieanlagen gelegt werden. Eine schlechte Ausrichtung oder mögliche Schäden können diese Eingabewerte massiv verändern. Bei einer signifikanten Abweichung dieser oder anderer Parameter muss der Verkehrswert entsprechend korrigiert werden.

In einem durchzuführenden Bewertungsverfahren einer konkreten Immobilie erfolgt zunächst die Berechnung des Verkehrswertes auf Basis der üblichen Methoden. Wenn eine solare Anlage vorhanden ist, wird der Wert dieses Kleinkraftwerkes gesondert ermittelt und anschließend dem Verkehrswert der Immobilie additiv hinzugerechnet.

## Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der monetären Bewertung von solaren Kleinkraftwerken im Haushalt. Die Anzahl derartiger Anlagen zur Wärme- und Stromerzeugung hat in den letzten Jahren enorm zugenommen und die Immobilientreuhänder vor neue Herausforderungen gestellt. Auf Grund der umfangreichen Förderungsangebote in diesem Bereich schränkt sich diese Masterthese auf die Situation in Niederösterreich ein.

Nach Erarbeitung der entsprechenden technischen und wirtschaftlichen Grundlagen setzt sich diese Arbeit mit der Förderungssituation in Niederösterreich auseinander. Darauf aufbauend wird ein EXCEL-Tool zur Bewertung von Photovoltaik- und Solarthermieranlagen erstellt. Mit diesem Instrument werden die einzelnen Eingabeparameter bezüglich deren Einfluss auf den Verkehrswert überprüft und die Haupteinflussfaktoren herausgearbeitet. Die Darstellung dieser Parametervariation erfolgt mittels Spider-Diagrammen. Die jeweils wichtigsten Eingabefaktoren werden mit Hilfe des EXCEL-Tools zu Bewertungstabellen verarbeitet. Diese ermöglichen nach Überprüfung der angenommenen Eingabeparameter eine entsprechende Abschätzung des Verkehrswertes der solaren Anlage, welcher dem Wert der Immobilie hinzuzurechnen ist.

## Literaturverzeichnis

- Amt der NÖ Landesregierung. (2012). *Wohnbauförderung Eigenheimsanierung*. St. Pölten.
- Austria Solar. (2012). *Solarwärme - Umfassende und firmenunabhängige Infos rund um Solaranlagen*. Abgerufen am 16. August 2012 von <http://www.solarwaerme.at>
- Bienert, S., & Funk, M. (2007). *Immobilienbewertung Österreich*. Wien: ÖVI Immobilienakademie.
- Bundesministerium für Finanzen. (2011). *Das Steuerbuch 2012 - Tipps zur Arbeitnehmerveranlagung 2011 für Lohnsteuerzahler/innen*. Wien: Bundesministerium für Finanzen.
- DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH. (2012). *Solaranlagen-Portal*. Abgerufen am 16. August 2012 von <http://www.solaranlagen-portal.com>
- Hanus, B. (2007). *Hausversorgung mit alternativen Energien. Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!* Poing: Franzis Verlag GmbH.
- Kommunal Kredit. (2012). *Umweltförderung / Für Private / Energiesparen / Sanierungsscheck für Private 2012*. Abgerufen am 12. Juni 2012 von [http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr\\_private/energiesparen/sanierungsscheck\\_2012/](http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_private/energiesparen/sanierungsscheck_2012/)
- Kommunal Kredit. (2012). *Umweltförderung / Für Private / Energieversorgung / Holzheizungen und Solaranlagen 2012*. Abgerufen am 12. Juni 2012 von [http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr\\_private/energieversorgung/holzolar2012/](http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_private/energieversorgung/holzolar2012/)
- Konrad, F. (2008). *Planung von Photovoltaik-Anlagen. Grundlagen und Projektierung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Kranewitter, H. (2010). *Liegenschaftsbewertung*. Wien: Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung.
- Mannek, W. (2010). *Profi-Handbuch Wertermittlung von Immobilien*. Regensburg: Walhalla u. Praetoria Verlag.

- Meins, E. (2011). *Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien*. Zürich: Center for Corporate Responsibility and Sustainability an der Universität Zürich.
- Oberbank. (2011). *Tageskommentar Global Financial Markets*. Abgerufen am 02. November 2011 von [http://www.oberbank.at/OBK\\_webp/OBK/Informationsobjekte/Downloads/AT/iwp\\_gfmtk.pdf](http://www.oberbank.at/OBK_webp/OBK/Informationsobjekte/Downloads/AT/iwp_gfmtk.pdf)
- ORF NÖ Heute. (2011). *Neuer Energieausweis*. Abgerufen am 23. Februar 2011 von <http://noe.orf.at/magazin/studio/noeheute/stories/246979/>
- Photovoltaic Austria Federal Association. (2012). *Photovoltaic Austria*. Abgerufen am 16. August 2012 von <http://www.pvaustria.at>
- Pohnert, F., Ehrenberg, B., Haase, W.-D., & Joeris, D. (2010). *Kreditwirtschaftliche Wertermittlungen - Typische und atypische Beispiele der Immobilienbewertung*. Köln: Luchterhand Fachverlag.
- Rosenbaum, O. (2008). *Fachwörterbuch Grundstückswertermittlung*. Stuttgart: Richard Boorberg Verlag.
- Seiser, F., & Kainz, F. (2011). *Der Wert von Immobilien - Standards und Praxis der Bewertung*. Graz: Seiser + Seiser Immobilien Consulting GmbH.
- Sommer, G., & Kröll, R. (2008). *Lehrbuch zur Grundstückswertermittlung*. Köln: Luchterhand Fachverlag.

# Abbildungsverzeichnis

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| Abbildung 2.1:  | Komponenten einer Photovoltaikanlage (Photovoltaic Austria Federal Association, 2012).....                              | 2  |
| Abbildung 2.2:  | Das Prinzip einer solarthermischen Anlage (Hanus, 2007, S. 24).....   | 4  |
| Abbildung 3.1:  | Methoden der Verkehrswertermittlung (Mannek, 2010, S. 34).....  | 5  |
| Abbildung 3.2:  | Vorgehensweise im Rahmen des Vergleichswertverfahrens (Bienert & Funk, 2007, S. 164) .....                              | 7  |
| Abbildung 3.3:  | Prozessuale Darstellung vom Sachwertverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 268) .....                                      | 8  |
| Abbildung 3.4:  | Prozessuale Darstellung vom Ertragswertverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 332) .....                                   | 10 |
| Abbildung 3.5:  | Unterteilung der Zahlungsströme bei der DCF-Methode (Bienert & Funk, 2007, S. 493) .....                                | 12 |
| Abbildung 4.1:  | Direktförderung des Bundes in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung).....                                   | 16 |
| Abbildung 4.2:  | Kapitalwertrechnung der Zusatzerlöse auf Grund geförderter Einspeisetarife (eigene Darstellung) .....                   | 17 |
| Abbildung 4.3:  | Kapitalisierte Einspeiseförderung des Bundes in €/kWp in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung) .....       | 18 |
| Abbildung 4.4:  | Kapitalwertrechnung der Zuschüsse für Photovoltaikanlagen (eigene Darstellung).....                                     | 19 |
| Abbildung 4.5:  | Förderung in €/kWp in Abhängigkeit der Anlagengröße (eigene Darstellung).....   | 20 |
| Abbildung 4.6:  | Vergleich der unterschiedlichen PV-Förderungen in €/kWp (eigene Darstellung).....                                       | 21 |
| Abbildung 4.7:  | Förderungssumme in Abhängigkeit der PV-Anlagengröße (eigene Darstellung).....   | 22 |
| Abbildung 4.8:  | Förderungsoptimum in Abhängigkeit der PV-Anlagengröße (eigene Darstellung).....   | 23 |
| Abbildung 4.9:  | Kapitalwertrechnung der Zuschüsse einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung (eigene Darstellung) .....                  | 25 |
| Abbildung 4.10: | Kapitalwertrechnung der Zuschüsse einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Zusatzheizung (eigene Darstellung)..... | 26 |
| Abbildung 4.11: | Förderung des Landes Niederösterreich für Solaranlagen entsprechend der Anlagengröße (eigene Darstellung) .....         | 27 |
| Abbildung 4.12: | Zuschüsse von Bund und Land gemäß der Größe der Solaranlage (eigene Darstellung).....                                   | 28 |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 4.13: Förderungen gemäß der Anlagengröße der Solaranlage (eigene Darstellung) .....                                     | 29 |
| Abbildung 5.1: EXCEL-Berechnungs-Tool für PV-Anlagen (eigene Darstellung) .....   | 32 |
| Abbildung 5.2: Teilergebnisse 1 der DCF-Methode einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....  | 33 |
| Abbildung 5.3: Teilergebnisse 2 der DCF-Methode einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....  | 34 |
| Abbildung 5.4: Kapitalwertmethode bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung).....   | 35 |
| Abbildung 5.5: Sachwertverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....   | 36 |
| Abbildung 5.6: Ertragswertverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....  | 37 |
| Abbildung 5.7: Ergebnisse aller Bewertungsverfahren samt Bewertungsdurchschnitt bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....    | 39 |
| Abbildung 5.8: Spider-Diagramm aller Parameter einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....   | 42 |
| Abbildung 5.9: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter einer PV-Anlage (eigene Darstellung) .....                               | 43 |
| Abbildung 5.10: Verkehrswerte einer PV-Anlage in Abhängigkeit von Alter und Größe (eigene Darstellung) .....                      | 47 |
| Abbildung 5.11: EXCEL-Berechnungs-Tool für Solaranlagen (eigene Darstellung).....   | 50 |
| Abbildung 5.12: Substitutionserlöse einer Solaranlage (eigene Darstellung) .....  | 51 |
| Abbildung 5.13: Ergebnisse aller Bewertungsverfahren samt Bewertungsdurchschnitt bei einer Solaranlage (eigene Darstellung) ..... | 52 |
| Abbildung 5.14: Spider-Diagramm aller Parameter einer Solaranlage (eigene Darstellung) .....                                      | 54 |
| Abbildung 5.15: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter einer Solaranlage (eigene Darstellung) .....                            | 55 |
| Abbildung 5.16: Verkehrswerte einer Solaranlage in Abhängigkeit von Größe und Substitutionsenergie (eigene Darstellung).....      | 59 |

# Tabellenverzeichnis

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Tabelle 2.1:  | Kostenschätzung (Konrad, 2008, S. 33).....   | 3  |
| Tabelle 3.1:  | Anwendung vergleichswertorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 162).....                   | 6  |
| Tabelle 3.2:  | Anwendung sachwertorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 266).....                         | 8  |
| Tabelle 3.3:  | Anwendung ertragsorientierter Bewertungsverfahren (Bienert & Funk, 2007, S. 328).....                          | 9  |
| Tabelle 3.4:  | Wesentliche Unterschiede zwischen DCF-Methode und Ertragswertverfahren (Sommer & Kröll, 2008, S. 352).....     | 11 |
| Tabelle 3.5:  | Renditen von Staatsanleihen mit Stichtag 02.11.2011 (Oberbank, 2011) ...                                       | 13 |
| Tabelle 3.6:  | EURIBOR-Zinssätze mit Stichtag 08.11.2011 (Oberbank, 2011).....  | 13 |
| Tabelle 3.7:  | Berechnung der gewichteten Kapitalkosten (eigene Darstellung).....   | 14 |
| Tabelle 4.1:  | Beispiel der Förderung von Photovoltaikanlagen (eigene Darstellung) .....                                      | 19 |
| Tabelle 4.2:  | Beispiel der Förderung einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung (eigene Darstellung).....                     | 25 |
| Tabelle 4.3:  | Beispiel der Förderung einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Zusatzheizung (eigene Darstellung) .....  | 26 |
| Tabelle 5.1:  | Parameter einer fiktiven Photovoltaikanlage (eigene Darstellung).....  | 31 |
| Tabelle 5.2:  | Ergebnisse der Bewertungsverfahren bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung).....                               | 37 |
| Tabelle 5.3:  | Teil der Daten für die Parametervariation bei einer PV-Anlage (eigene Darstellung).....                        | 40 |
| Tabelle 5.4:  | Bewertungstabelle für PV-Anlagen mit einem Alter von 0 bis 4 Jahren (eigene Darstellung).....                  | 45 |
| Tabelle 5.5:  | Bewertungstabelle für PV-Anlagen mit einem Alter von 5 bis 25 Jahren (eigene Darstellung).....                 | 46 |
| Tabelle 5.6:  | Parameter einer fiktiven Solarthermieanlage (eigene Darstellung) .....   | 48 |
| Tabelle 5.7:  | Ergebnisse der Bewertungsverfahren bei einer Solaranlage (eigene Darstellung).....                             | 51 |
| Tabelle 5.8:  | Teil der Daten für die Parametervariation bei einer Solaranlage (eigene Darstellung).....                      | 53 |
| Tabelle 5.9:  | Bewertungstabelle für Solaranlagen mit einer Anlagengröße von 1 bis 10 Quadratmeter (eigene Darstellung).....  | 57 |
| Tabelle 5.10: | Bewertungstabelle für Solaranlagen mit einer Anlagengröße von 11 bis 20 Quadratmeter (eigene Darstellung)..... | 58 |