

Nutzung der PV Messedach München nach Ablauf der Förderdauer

Eine Fallstudie im Studiengang
„Europäische Energiewirtschaft“ Jahrgang 2011,
Fachhochschule Kufstein Tirol

Prof. (FH) Dr.-Ing. Wolfgang Woyke

Studentische Arbeitsgruppe:

Ascherl Raphael

Dörschug Florian

Eichriedler Robert

Promok Christine

Wagner Kevin

Auftraggeber:

Solarförderverein Bayern e.V.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	IV
Executive Summary	V
1. Einführung	- 1 -
1.1 Ausgangslage	- 1 -
1.2 Zielsetzung der Studie.....	- 2 -
1.3 Marktanalyse	- 2 -
2. Aufbereitung und Analyse der Daten	- 3 -
2.1 Die gemeinsame Zeitreferenz für Erzeugungs- und Verbrauchsdaten	- 3 -
2.2 Unstimmigkeiten der Messdaten und Messwertausfälle.....	- 6 -
2.3. Extremwerte von Erzeugung und Verbrauch.....	- 7 -
2.4. Ganglinien von Erzeugung und Verbrauch	- 8 -
3. Nutzung der Erzeugung als Eigenverbrauch der Messe München (Szenario 1).....	- 11 -
4. Nutzung durch Direktvermarktung (Szenario 2)	- 14 -
4.1 Unkontrollierte Netzeinspeisung (Szenario 2A).....	- 14 -
4.2 Teilnahme am Energiehandel (Szenario 2B)	- 16 -
4.3 Verkauf an regionalen Kunden (Szenario 2C).....	- 18 -
5. Ertüchtigung der Anlage nach Ablauf der EEG Vergütung (Szenario 3).....	- 20 -
6. Szenario 4: Rückbau	- 24 -
7. Zusammenfassung	- 26 -
Literaturverzeichnis	- 28 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbereitung von Minutenwerten	- 4 -
Abbildung 2: Erzeugungsdaten in minütlicher Auflösung	- 5 -
Abbildung 3: Erzeugungsdaten in 15-minütlicher Auflösung	- 5 -
Abbildung 4: Erzeugung/Last im Monat Mai 2011	- 6 -
Abbildung 5: Mittelwerte von Erzeugung und Verbrauch pro Monat	- 8 -
Abbildung 6: Jahresganglinie Erzeugung und Verbrauch	- 8 -
Abbildung 7: Erzeugung vs. Last im April	- 9 -
Abbildung 8: Erzeugung vs. Last im Juni	- 9 -
Abbildung 9: Erzeugung vs. Last im August	- 10 -
Abbildung 10: Erzeugung vs. Last im November	- 10 -
Abbildung 11: Mögliche Abnehmer regionaler Direktvermarktung	- 18 -
Abbildung 12: Barwerte der Szenarien in Bezug auf das Jahr 2018	- 26 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl Nullwerte pro Monat	- 6 -
Tabelle 2: Vergleich Maximal- und Mittelwerte	- 7 -
Tabelle 4: Annahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	- 11 -
Tabelle 5: Mittelwert der Energieerzeugung	- 12 -
Tabelle 6: Aufwendungen und Erträge in Szenario 1 „Eigenverbrauch“	- 12 -
Tabelle 7: Barwert bei unkontrollierter Netzeinspeisung (Szenario 2A)	- 15 -
Tabelle 8: Barwert Direktvermarktung im Energiehandel incl. RECS	- 17 -
Tabelle 9: Barwert bei regionaler Direktvermarktung	- 20 -
Tabelle 10: Überschüsse nach 2021 - Ertüchtigung	- 22 -
Tabelle 11: Prognostizierte Abfallmengen	- 25 -

Executive Summary

Die Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) auf den Hallen der Messe München wurde am 19. November 1997 in Betrieb genommen. Es ist vertraglich vereinbart, dass der derzeitige Eigentümer die Anlage nach 20 Jahren zurückbaut oder die Messe München die Anlage zu Buchwert übernimmt. Damit ergibt sich für diesen Zeitpunkt eine Reihe von Handlungsoptionen, die im Rahmen dieser Arbeit Betriebs- und Energiewirtschaftlich einander gegenübergestellt werden.

Sehr nahe liegend ist die Option, dass die Erzeugung der PV-Anlage nach Ablauf der EEG-Förderdauer direkt in das Verbrauchsnetz der Messe München einspeist. Die Daten des Jahres 2011 zeigen, dass dies ohne weitere Maßnahmen möglich ist. Diese Option, hier Szenario 1, erzielt die höchste Rendite, da sie den Zukauf von Energie seitens der Messe München ersetzt.

Eine alternative Option ist es, die Erzeugung weiterhin ins Netz ein zu speisen. Dies erfordert nach Ablauf des EEG einen Kunden, der die Energie erwirbt. Für diese Direktvermarktung, Szenario 2, werden drei Typen von Kunden untersucht, der Netzbetreiber (Szenario 2A), die Energiehandelsbörse (Szenario 2B) und Kunden in unmittelbarer örtlicher Nähe (Szenario 2C). Unter Abschätzung der Interessenlage dieser Kundengruppen ergibt sich ein deutlich gestuftes Bild der zu erwartenden Erlöse.

Die dritte Option verwirft die Photovoltaikanlage nach Ablauf der EEG Förderung und ersetzt sie durch eine Anlage nach Stand der Technik. In Szenario 4, Ertüchtigung, wird im Wesentlichen nur der von der Ressourcenlage her günstige Standort weiter genutzt. Die dafür erforderlichen Investitionen lassen dies aber nicht geraten erscheinen.

Als Basisszenario dient das vierte Szenario, nämlich der Rückbau wie vertraglich vereinbart. Es nutzt weder die Anlage noch den dreijährigen Zeitraum einer sehr hohen EEG-Vergütung und ist daher wirtschaftlich sehr schlecht gestellt.

Ein Vergleich der Szenarios anhand der Barwertmethode belegt, dass das erste Szenario, die Nutzung der Erzeugung durch die Messe München deutlich die höchste Wertschöpfung bietet.

1. EINFÜHRUNG

1.1 AUSGANGSLAGE

Die Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) auf den Hallen der Messe München wurde am 19. November 1997 in Betrieb genommen. Federführend wurde die Anlage von Bayernwerk mit einer Beteiligung von 50%, errichtet. Zudem waren Siemens und die Stadtwerke München (SWM), jeweils 10%, die Bayerische Staatsregierung mit 20% und die Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des Programms zur Förderung erneuerbare Energien mit 10% an den Investitionskosten beteiligt. Heute sind rund 85% der Anlage in den Händen des Solarenergieförderverein Bayern e.V. (SeV). Seit 2009 sind die SWM für Betrieb und Wartung der PV-Anlage verantwortlich.

Anfang 2000 wurde die PV-Anlage in das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aufgenommen. Das EEG garantiert dem Betreiber von PV-Anlagen einen festen Vergütungssatz unabhängig von der Marktlage über einen Zeitraum von zwanzig Jahren.

Vertraglich ist die PV-Anlage bis zum 18.11.2017 im Besitz des SeV. Danach gibt es zwei Optionen:

1. Übergabe der Anlage: In diesem Fall geht die PV-Anlage mit allen Rechten und Pflichten an die Messe München über und wird zum Restbuchwert abgenommen.
2. Rückbau der Photovoltaik- Anlage: Wenn die Anlage nicht übernommen und weiterbetrieben wird, ist der SeV dazu verpflichtet, die Anlage zurück zu bauen. Des Weiteren hat der SeV für die ordnungsgemäße Entsorgung der Module und Gestelle zu sorgen und die Dachfläche wiederherzustellen.

Der Standort bietet einen hohen Ertrag und liefert bis Ende 2020 durch das EEG eine sehr hohe Vergütung. Die Performance Ratio der PV-Anlage, ein Maß für die Leistungsfähigkeit einer Anlage ist selbst nach 17 Jahren noch auf einem hohen Niveau. Die PV-Anlage ist technisch nach einem Wechselrichtertausch im Jahr 2007 in einwandfreiem Zustand, so dass darüber hinaus noch weitere zwanzig Jahre Betrieb möglich sein können.

1.2 Zielsetzung der Studie

Ziel dieser Studie ist es, im Rahmen verschiedener Szenarien die rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die PV-Anlage auf dem Dach der Messe München nach Ablauf der Förderdauer in Hinsicht auf deren weitere Nutzung zu untersuchen und zu bewerten. Im Laufe der Arbeit haben sich vier realistische Szenarien für die PV-Anlage nach Vertragsende herauskristallisiert:

- Eigenverbrauch (Szenario 1)
- Direktvermarktung (Szenario 2)
 - Unkontrollierte Netzeinspeisung (Szenario 2A)
 - Verkauf an der Energiebörse (Szenario 2B)
 - Regionale Vermarktung (Szenario 2C)
- Ertüchtigung (Szenario 3)
- Rückbau (Szenario 4)

Diese vier Szenarien werden Energie- und Betriebswirtschaftlich einander gegenübergestellt, um auf Basis dieser Ergebnisse eine erste Empfehlung für die Zeit nach Vertragsende zu entwickeln.

1.3 Marktanalyse

In Deutschland und ganz Europa boomt die Photovoltaik seit einigen Jahren. Dies hängt in Deutschland vor allem mit dem EEG zusammen. Dadurch wird dem Betreiber einer PV-Anlage der produzierte Strom zu einem sehr hohen Preis vom Netzbetreiber abgekauft. Deshalb erfreute sich die Photovoltaik in den letzten Jahren einer großen Beliebtheit. So wurde im Jahr 2012 in Deutschland eine Leistung von 7,604 GW_P installiert, was im Vergleich zu den Vorjahren nochmals eine Steigerung neu errichteter Anlagenleistung bedeutete (2011: 7,5 GW_P; 2010: 7,4 GW_P).¹

¹Vgl.(Reno Solar), abgerufen am 02.07.2013

Während der durchschnittliche Herstellerpreis für Solarmodule im Jahr 2009 noch bei rund 2.500 €/kW_p lag, betrug dieser im Jahr 2012 nur noch 875 €/kW_p.² Angetrieben wird diese Entwicklung vom asiatischen Markt. Das führt dazu, dass deutsche Unternehmen ihre Produktion in sogenannte „low-cost“ Standorte wie Asien verlagern. Das macht es speziell für kleinere Unternehmen schwer, in dieser Marktdynamik zu bestehen.³ Die Schwierigkeit am Markt zu bestehen sieht man besonders an der Insolvenz großer deutscher Solarunternehmen wie Solon, Solar Millennium, Solarhybrid und Q-Cells.⁴

2. AUFBEREITUNG UND ANALYSE DER DATEN

Die Methodik dieser Studie beruht darauf, die Erzeugung der PV-Anlage und den Verbrauch der Messe München zu einander in Beziehung zu setzen. Dazu müssen die Daten über einen geeigneten Zeitraum, hier das Kalenderjahr 2011, mit einer geeigneten Auflösung von hier 15 Minuten lückenlos vorliegen.

2.1 Die gemeinsame Zeitreferenz für Erzeugungs- und Verbrauchsdaten

Ausgangsbasis ist eine Tabelle (Microsoft Excel) mit 15-Minütiger Auslösung der Lastdaten der Messe München. Zudem liegen 365 Tabellen mit den Minutenwerten der erzeugten Energie jeweils eines Kalendertages durch die Photovoltaikanlage vor. Dies sind 1440 Werte pro Tag also 525.600 Werte pro Jahr. Bevor nun mit diesen Daten Berechnungen durchgeführt werden können, müssen die Daten aufbereitet werden.

Die Aufgabe war es nun, die Minutenwerte der jeweiligen Tage in 15-Minutenwerte umzuwandeln und entsprechend den Lastdaten zu zuordnen. Das Ergebnis ist eine Datei mit Last- und Erzeugungsdaten, die die Darstellung, unter anderem auch durch Graphen, ermöglicht.

²Vgl. (Kreutzer Fischer & Partner), abgerufen am 20.06.2013

³Vgl. (Pressemitteilungen-Online), abgerufen am 02.07.2013

⁴Vgl. (AG-Umwelt), abgerufen am 23.06.2013

Der Algorithmus hierzu ist in Visual Basic formuliert, um die Berechnungen ebenso in Excel durchführen zu können.⁵

Die Minutenwerte eines Tages werden dazu in einen neuen Folder kopiert. Dann wird auf diesen Folder gewechselt, Visual Basic aktiviert und nach Betätigen des eingefügten Knopfes „Start“ die Berechnung durchgeführt. Nun stehen die 15-Minutenwerte des erzeugten Stroms zur Verfügung, welche in die Lastgang-Datei eingefügt werden. Dieser Prozess muss für jeden Tag wiederholt werden. Nichtsdestotrotz kann die benötigte Zeit durch das Berechnungsprogramm entscheidend verkürzt werden. Im Folgenden wird kurz erklärt wie diese Formel angewendet wird.

Berechnungsprogramm in Visual Basic

```
Private Sub btnStart_Click()  
Dim i, j, z As Integer  
Dim Wert1, Wert_Summe As Double  
  
j = 1  
z = 0  
Wert_Summe = 0  
  
For i = 2 To Worksheets("Eingabe").Cells(1, 4).Value  
Wert1 = Worksheets("Eingabe").Cells(i, 2).Value  
Wert_Summe = Wert_Summe + Wert1  
z = z + 1  
If z = 15 Then  
z = 0  
Worksheets("Ausgabe").Cells(j + 1, 1) = j / 4  
Worksheets("Ausgabe").Cells(j + 1, 2) = Wert_Summe / 15  
Wert_Summe = 0  
j = j + 1  
End If  
Next  
  
End Sub
```

Abbildung 1: Aufbereitung von Minutenwerten

(Eigene Darstellung)

Nach Betätigen der „Play“-Taste erscheint Abbildung 2. Im Hintergrund sind die eingefügten Minutenwerte zu sehen. Im Vordergrund der besagte „Start“-Knopf um das Programm zu aktivieren. Es laufen die Berechnungen, welche im zweiten Reiter der Datei abgerufen werden können.

⁵Entwickelt in Zusammenarbeit mit Prof. Dipl.-Ing. Robert Fröhler

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
487	03.01.2012 08:06	0							
488	03.01.2012 08:07	0							
489	03.01.2012 08:08	0							
490	03.01.2012 08:09	0							
491	03.01.2012 08:10	0							
492	03.01.2012 08:11	0,37							
493	03.01.2012 08:12	7,12							
494	03.01.2012 08:13	10,04							
495	03.01.2012 08:14	11,2							
496	03.01.2012 08:15	12,47							
497	03.01.2012 08:16	14,48							
498	03.01.2012 08:17	16,14							
499	03.01.2012 08:18	18,05							
500	03.01.2012 08:19	19,45							
501	03.01.2012 08:20	20,74							
502	03.01.2012 08:21	22,19							
503	03.01.2012 08:22	22,61							
504	03.01.2012 08:23	23,72							
505	03.01.2012 08:24	24,22							
506	03.01.2012 08:25	26,83							
507	03.01.2012 08:26	28,7							
508	03.01.2012 08:27	30,42							
509	03.01.2012 08:28	32,06							

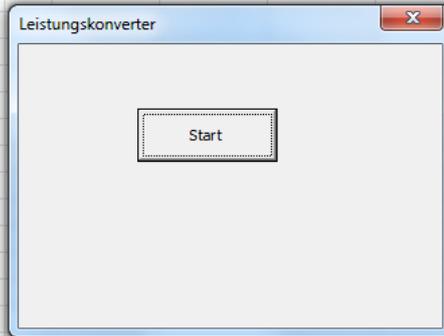


Abbildung 2: Erzeugungsdaten in minütlicher Auflösung

Die gerade erzeugten Daten werden in der Spalte „Erzeugungsleistung“ eingefügt und stehen so im direkten Vergleich zu der „Lastleistung“ der Messe München. Hier im Bild ist die erzeugte Leistung hinsichtlich der Uhrzeit gleich Null.

Lastdaten 2011 Verbrauch+Erzeugung [Schreibgeschützt]				
	A	B	C	E
1	LastZeit	Lastleistung		Erzeugungsleistung
2	01.01.2011 00:15	1970		0
3	01.01.2011 00:30	1950		0
4	01.01.2011 00:45	1920		0
5	01.01.2011 01:00	1930		0
6	01.01.2011 01:15	1910		0
7	01.01.2011 01:30	960		0
8	01.01.2011 01:45	440		0
9	01.01.2011 02:00	410		0
10	01.01.2011 02:15	430		0
11	01.01.2011 02:30	420		0
12	01.01.2011 02:45	390		0
13	01.01.2011 03:00	400		0
14	01.01.2011 03:15	400		0
15	01.01.2011 03:30	440		0
16	01.01.2011 03:45	430		0
17	01.01.2011 04:00	420		0
18	01.01.2011 04:15	420		0
19	01.01.2011 04:30	430		0

Abbildung 3: Erzeugungsdaten in 15-minütlicher Auflösung

Aus diesen beiden Spalten lassen sich nun Graphen in gewünschter Detailqualität erstellen (siehe z.B. Daten des Monats Mai 2011 in nachfolgendem Bild).

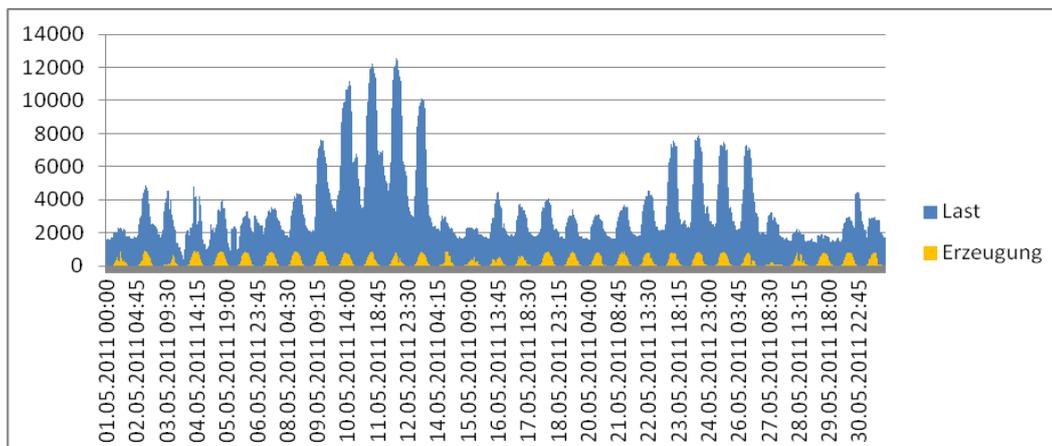


Abbildung 4: Erzeugung/Last im Monat Mai 2011

2.2 Unstimmigkeiten der Messdaten und Messwertausfälle

Nach genauerer Analyse der Lastwerte fiel auf, dass Nullwerte in der Messung auftreten. Diese treten zum Teil nachts auf und sehr sporadisch. Die Werte sind auf Messwertausfälle zurück zu führen, da der Verbrauch der Messe München durchgehend hoch ist und häufig ein Wert von mehr als 1.000 kW unmittelbar nach dem Nullwert folgt. Insgesamt an 405 Zeitpunkten im Jahr 2011 weist die Messung der Last einen Wert von Null auf, was eigentlich einen verschwindend geringen Anteil von 1,35 % der 30.040 Messwerte ergibt. In Summe kommt man hier auf 101,25 Stunden.

Monat	Anzahl Nullwerte der Last	Anzahl in Stunden
März	21	5,25
April	139	34,75
Juni	10	2,5
Juli	48	12
August	126	31,5
September	7	1,75
Dezember	54	13,5
Summe	405	101,25

Tabelle 1: Anzahl Nullwerte pro Monat

Die meisten Unstimmigkeiten treten in den Monaten April und August auf. Im März, Juni, Juli, September und Dezember sind ebenso einige Nullwerte zu finden.

Aufgrund der Tatsache, dass es sich nur um einen sehr geringen Anteil handelt, wird davon ausgegangen, dass es sich um Fehler der Messdaten handelt. Sie werden in den folgenden Berechnungen und Bewertungen nicht weiter berücksichtigt.

2.3. Extremwerte von Erzeugung und Verbrauch

Die maximale Erzeugungsleistung der Anlage beträgt im hier untersuchten Zeitraum 929 kW. Stellt man diesem Wert den maximalen Verbrauchswert von 19.640 kW gegenüber, so ergibt dies einen Anteil von 4,7%. Wiederholt man diese Rechnung für die mittleren Werte, so erhält man einen prozentualen Anteil von 5,2 %. Der jährliche Verbrauch der Messe München übersteigt die jährliche Erzeugung durch die PV-Anlage also um den Faktor 21. Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich auch für die insgesamt erzeugte bzw. verbrauchte Energie.

Maximale Erzeugungsleistung	929	kW
Maximale Last	19.640	kW
Mittlere Erzeugungsleistung	140	kW/a
Mittlere Last	2.695	kW/a
Prozentualer Anteil Maximal	4,73	%
Prozentualer Anteil Mittel	5,19	%
Energieerzeugung	1.079	MWh/a
Verbrauch Messe München	23.608	MWh/a
Prozentualer Anteil Energie	4,57	%

Tabelle 2: Vergleich Maximal- und Mittelwerte

Hier wird deutlich, dass das Verhältnis zwischen Verbrauch und Erzeugung doch sehr deutlich ausfällt und auf die Möglichkeit der Nutzung als Eigenverbrauchs des Stroms hindeutet.

Eine Gegenüberstellung der monatlich auftretenden Mittelwerte zeigt die folgende Abbildung. Bedingt durch den Messebetrieb treten in den Monaten April und August nur geringe Verbrauchsspitzen auf. Doch selbst in diesen Lastarmen Monaten sind die Mittelwerte noch um einen Faktor 6 größer als die Mittelwerte der Erzeugung.

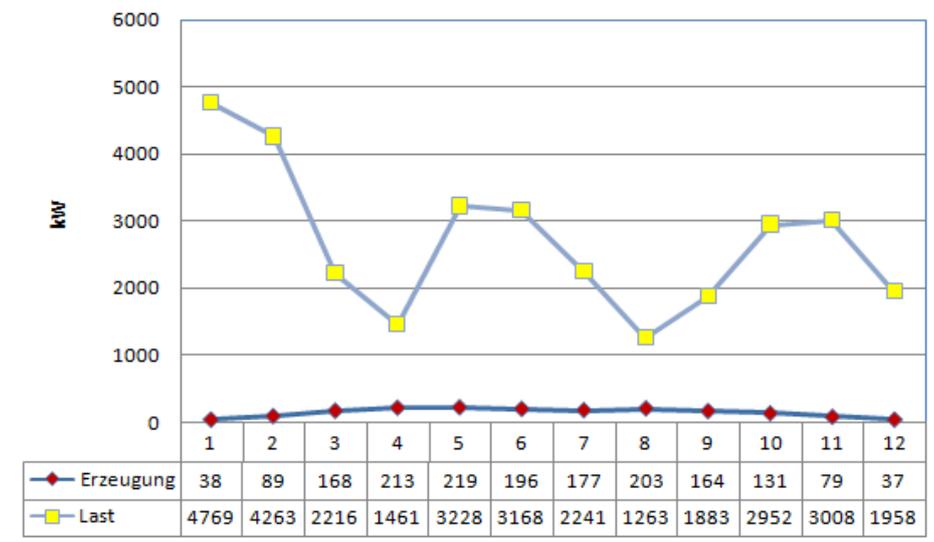


Abbildung 5: Mittelwerte von Erzeugung und Verbrauch pro Monat

2.4. Ganglinien von Erzeugung und Verbrauch

Eine Übersicht über die einzelnen Viertelstundenwerte der Erzeugung, sowie des Verbrauchs zeigt deutlich den erhöhten Verbrauch während des Messebetriebs. Dennoch herrscht über das gesamte Jahr hin eine Art Grundlast, die sicherlich um mehr als einen Faktor 2 höher ist als die maximale Erzeugung.

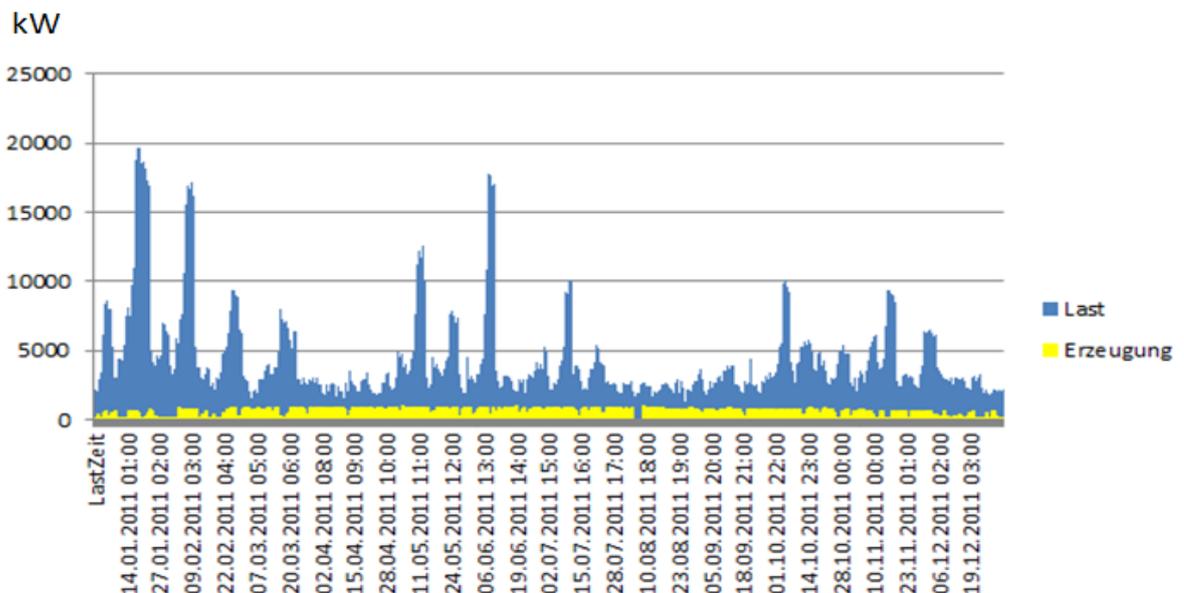


Abbildung 6: Jahresganglinie Erzeugung und Verbrauch

Im Folgenden werden einzelne Monate betrachtet, die bei dieser Analyse besonders auffällig sind.

Im Monat April ist die Differenz zwischen der Erzeugungsleistung und den Lastwerten sehr groß außer an den Tagen, an denen Messwertausfälle auftreten. (Besonders auffällig am 6., 7., 8., 9. und 10. April, sowie am 22., 23. und 27. April.)

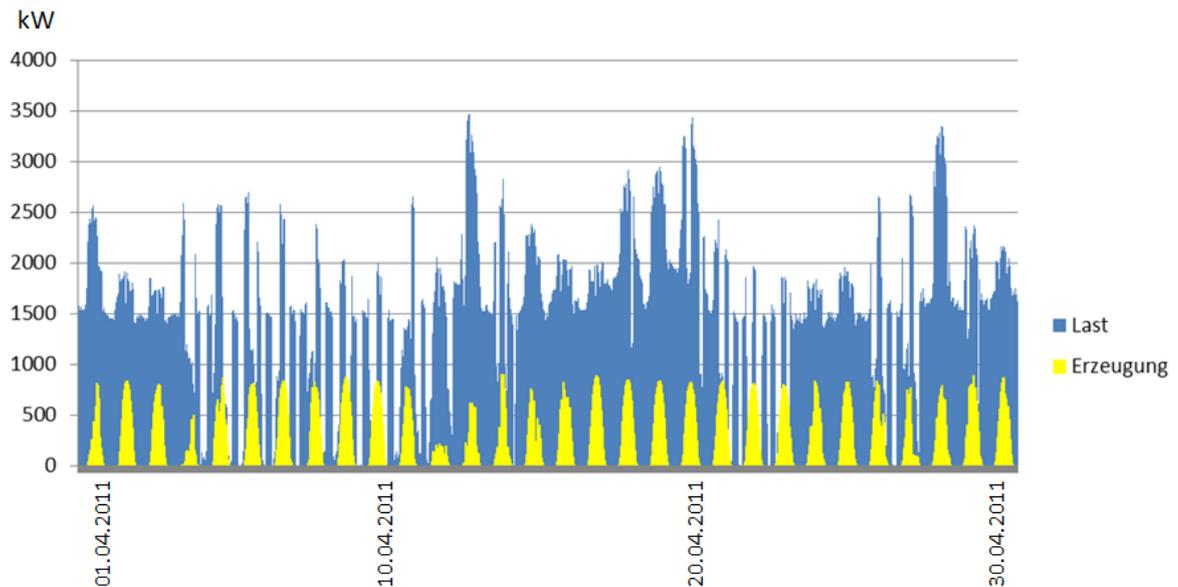


Abbildung 7: Erzeugung vs. Last im April

Im Juni erfolgt eine gleichmäßige Erzeugung über den Monat hinweg. Leichte Unstimmigkeiten kann man um den 17. und 21. Juni erkennen. Grundsätzlich fallen die Differenzen zwischen Erzeugungsleistungen und Verbrauch nicht so gravierend aus wie in anderen Monaten.

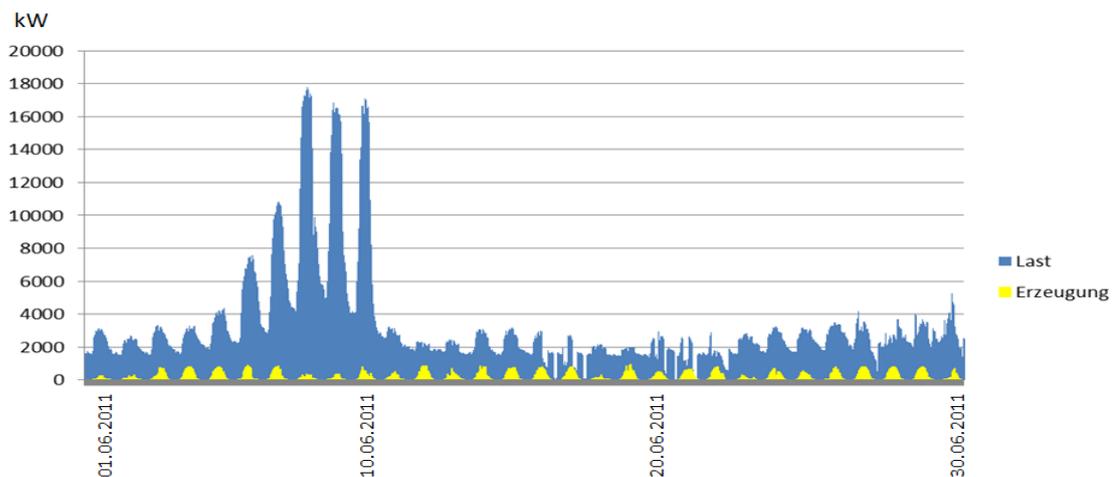


Abbildung 8: Erzeugung vs. Last im Juni

Im August sind die Unstimmigkeiten am gravierendsten. Vermutlich findet hier kein Messebetrieb statt. Dennoch ist der Verbrauch weitaus größer als die Erzeugung. Die Werte für die Erzeugung fehlen zu Beginn (von 5. bis 8. August) zur Gänze. Ebenso gab es in diesem Monat die meisten Nullwerte der Last der Messe München, dennoch kann man davon ausgehen, dass auch in Zeiten fehlender Messwerte die erzeugte Energie im Eigenverbrauch selbst genutzt werden könnte.

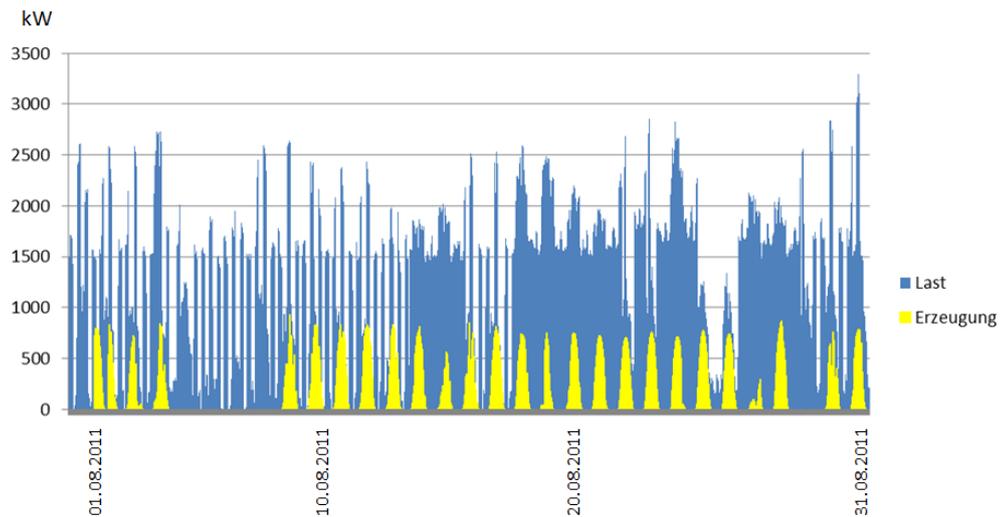


Abbildung 9: Erzeugung vs. Last im August

Im November ist die Erzeugungsleistung gering und der Verbrauch hoch. Infolgedessen gehen die Werte weit auseinander.

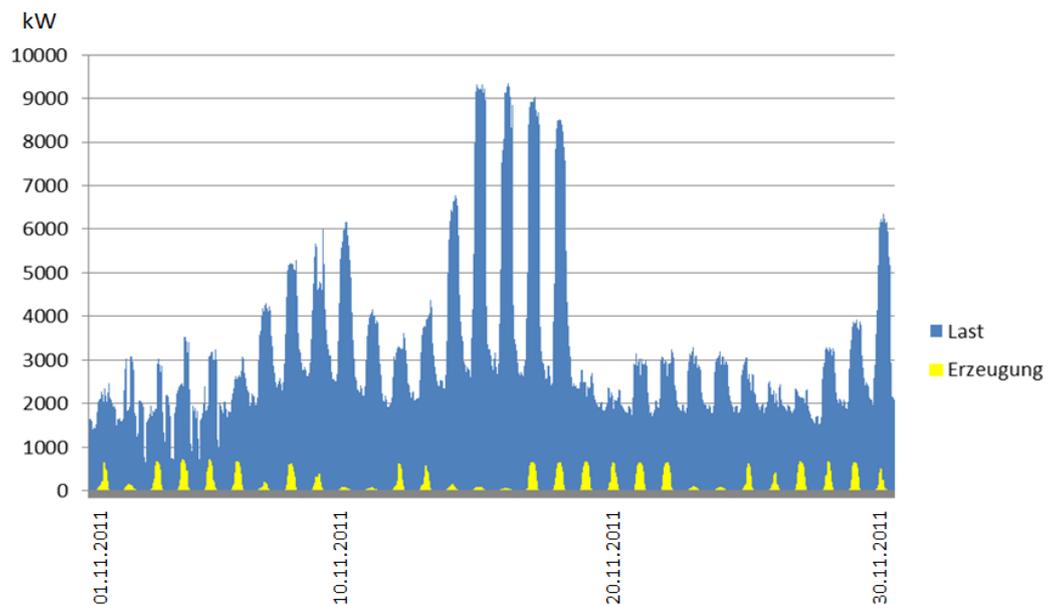


Abbildung 10: Erzeugung vs. Last im November

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus der Berechnung der Viertelstundenwerte zeigt, dass die Erzeugungswerte durchwegs über den gesamten Betrachtungszeitraum geringer als die Verbrauchswerte sind.

3. NUTZUNG DER ERZEUGUNG ALS EIGENVERBRAUCH DER MESSE MÜNCHEN (SZENARIO 1)

Die Erzeugung der PV-Anlage kann ohne weitere Maßnahmen wie z.B. Speicherung von Energie direkt genutzt werden. Um die verschiedenen Optionen der Anlagennutzung auch quantitativ gegenüber stellen und vergleichen zu können, werden sie einer Analyse mit der Barwertmethode unterzogen. Dafür werden folgende Annahmen getroffen.

Annahmen		
Nutzungsdauer	a	40
Betrachtungszeitraum	a	20
Realzins	%	6
Moduldegradation	%/a	0,4
EEG- Vergütungssatz	€/kWh	0,5064
Preis für Strombeschaffung	€/kWh	0,14

Tabelle 3: Annahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Die Anlage wurde am 19. November 1997 in Betrieb genommen. Für diese Anlage wird mit einer Nutzungsdauer von 40 Jahren gerechnet, also bis zum Jahr 2037. Der Betrachtungszeitraum dieses Szenarios beträgt 20 Jahre, wobei das Jahr 2018 als Beginn und das Jahr 2038 als Ende der Betrachtungsperiode definiert wird. Die Anlage wird voraussichtlich noch das gesamte Jahr 2037 Strom produzieren. Die Moduldegradation von 0,4 % pro Jahr ist in der folgenden Berechnung der jährlichen Erträge von entscheidender Bedeutung.

Als Ausgangswert für die Erzeugung wird der gemittelte Wert der jährlichen Erzeugung von 2001 bis 2012 (Siehe Tabelle 6: Mittelwertberechnung) ermittelt und darauf aufbauend die Moduldegradation bis zum Jahr 2037 angewendet. Die Erzeugung im letzten Betriebsjahr 2037 beträgt 944.988 kWh, was einer Verringerung des Ertrages um 7,33 % innerhalb des Betrachtungszeitraumes entspricht.

Jahr	Erträge/MWh	Erträge/kWh
2001	947	947.000
2002	1.043	1.043.000
2003	1.131	1.131.000
2004	1.043	1.043.000
2005	969	968.500
2006	984	984.000
2007	1.004	1.004.000
2008	1.078	1.078.000
2009	1.094	1.094.000
2010	978	978.000
2011	1.179	1.178.500
2012	1.086	1.086.000
Mittelwert	1.045	1.044.583

Tabelle 4: Mittelwert der Energieerzeugung

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden folgende die Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt abgeschätzt. Die Betriebsausgaben belaufen sich derzeit auf ca. 55.000 €/a. Es wird davon ausgegangen, dass die Wechselrichter voraussichtlich im Jahr 2027 mit einem Zeitwert von 300.000 € erneuert werden müssen. Im Jahr 2038 werden Rückbaukosten in der Höhe von 300.000 € angesetzt.

		Summe	2018	2019	2020	2021	2027	2037	2038
Investitionskosten	T€		0	0	0	0	-300,00	0	-300,00
Instandhaltung/ Betriebskosten	T€		-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	0
Einnahmen durch EEG- Vergütung	T€		516,41	514,34	512,28	0	0	0	0
Einsparungen durch Eigenverbrauch	T€		0	0	0	141,06	137,71	132,30	0
Überschüsse	T€		461,41	459,34	457,28	86,06	- 217,29	77,30	-300,00
Zinsfaktor 6%, 20a	-		1,06	1,12	1,19	1,26	1,79	3,21	3,40
Barwert	T€	1.697,06	435,29	408,81	383,95	68,17	- 121,33	24,10	- 88,25

Tabelle 5: Aufwendungen und Erträge in Szenario 1 „Eigenverbrauch“

In den ersten drei Jahre des Betrachtungszeitraums wird der erzeugte Strom nicht selbst verbraucht, sondern in das öffentliche Netz eingespeist und mit 50,64 ct/kWh nach EEG vergütet. Ab dem Jahre 2021 errechnen sie sich aus der jährlich erzeugten Energiemenge und einem angenommenen Beschaffungspreis für Strom der Messe. Durch den vermiedenen Stromzukauf, aufgrund der Produktion durch die PV-Anlage ergeben sich jährliche Einsparungen, die den Betriebsausgaben als Einnahmen gegenübergestellt werden können.

Es ergeben sich Überschüsse, die bei einem Zinssatz von 6 % auf das Jahr 2017 abgezinst werden können. Eine Kumulierung der Werte ergibt einen Barwert von 1,7 Millionen €.

In der Tabelle sind sechs Jahre beispielhaft dargestellt, die besonders ins Auge stechen. In den Jahren 2018 bis 2020 spielt die EEG-Vergütung eine wesentliche Rolle. Dadurch wird jährlich ein Ertrag von rund einer halben Million erwirtschaftet. Im Jahr 2021 wirkt sich der Ablauf der Förderdauer wesentlich auf den Barwert aus. Dieser beträgt ca. 310.000 € weniger als im Jahr davor.

Aufgrund der Neuanschaffung des Wechselrichters, für den Investitionskosten von 300.000 € angenommen wurden, kommt es zu einem deutlich negativen Barwert im Jahr 2027, der aber nur in diesem Jahr auftritt. Das Jahr 2037 ist das Jahr, in dem die PV-Anlage zum letzten Mal in Betrieb ist. Im letzten Betrachtungsjahr müssen Rückbaukosten in Höhe von 300.000 € angesetzt werden.

Da der kumulierte Barwert positiv ist, ist die Investition über die angenommene Realverzinsung hinaus rentabel. In diesem Fall beträgt der Barwert der PV-Anlage rund 1,7 Millionen €, was deutlich für das Szenario 1 „Eigenverbrauch des erzeugten Stroms“ durch die Messe München spricht. Zudem hat die Analyse der Lastprofile gezeigt, dass die Eigennutzung ohne weitere Maßnahmen energiewirtschaftlich ohne weiter gehende Maßnahmen möglich ist.

4. NUTZUNG DURCH DIREKTVERMARKTUNG (SZENARIO 2)

Das Szenario 2 gliedert sich gemäß den Kunden, denen man die Erzeugung anbietet, in drei Varianten.

- Unkontrolliert Netzeinspeisung (Szenario 2A)
- Verkauf an der Energiebörse (Szenario 2B)
- Regionale Vermarktung (Szenario 2C)

In den ersten drei Jahren (2018-2020) ergeben sich für alle drei Varianten dieselben sehr hohen Erträge durch die noch vorhandene EEG-Vergütung. Ab 2021 werden nur noch Einnahmen durch die unterschiedliche Art der Direktvermarktung erzielt. Die Aufwendungen sind über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg genauso hoch wie im Szenarium 1, dem Eigenverbrauch.

Der Begriff der Direktvermarktung wird hier im Sinne einer von jeglicher Förderung unabhängigen Vermarktung mit verschiedenen Kunden verwendet. Dies unterscheidet sich erheblich vom Begriff der Direktvermarktung wie er in Zusammenhang mit dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gebraucht wird. Dort wird Direktvermarktung im Sinne einer Verminderung der Einspeisevergütung und einer Verringerung der EEG-Umlage für Energieversorgungsunternehmen benutzt. Nach Ende der Förderung ist für die PV-Anlage aber nur noch eine Direktvermarktung außerhalb des EEG wie sie nachfolgend beschrieben wird möglich. Die im Folgenden untersuchten Szenarien sind also unabhängig von dem im EEG beschriebenen Varianten.

4.1 Unkontrollierte Netzeinspeisung (Szenario 2A)

Im Falle einer unkontrollierten Einspeisung wird der Strom der PV-Anlage in das Stromnetz ohne einzelvertragliche Grundlage eingespeist. Es ist noch nicht klar, ob dies im Jahre 2021 ein rechtlich gültiger Zustand ist, er entspricht aber technisch der gegenwärtigen Praxis. Bei Einspeisung nach EEG ist der Netzbetreiber der direkte Abnehmer der Energie. Aufgrund der fluktuierenden Einspeisung des PV-Stroms ist

der Wert des eingespeisten Stroms für den Netzbetreiber sehr gering. In folgender Berechnung wird ein Preis von 1 ct/kWh angenommen, da diese Einspeisung für den Bilanzkreisverantwortlichen eine nicht planbare Erzeugung darstellt, die im Normalfall sogar durch Ausgleichsenergie kompensiert werden muss.

		2018	2019	2020	2021	2027	2038
Investitionskosten	T€	0	0	0	0	-300,00	-300,00
Instandhaltung/Betriebskosten	T€	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	0
Stromsteuer	T€	-20,91	-20,82	-20,74	-20,66	-20,16	
Einnahmen durch EEG Vergütung	T€	516,41	514,34	512,28	0	0	0
Einnahmen durch Direktvermarktung	T€	0	0	0	10,08	9,84	0
Überschüsse	T€	440,50	438,52	436,55	-65,58	-365,28	-300,00
Zinsfaktor	6%	1,06	1,12	1,19	1,26	1,79	3,40
Barwert	342,14 T€	415,57	390,28	366,53	-51,95	-204,00	-88,25

Tabelle 6: Barwert bei unkontrollierter Netzeinspeisung (Szenario 2A)

(Eigene Darstellung)

Als Ergebnis zeigt sich ein Barwert von 0,3 Millionen €. In den ersten drei Jahren werden sehr hohe Barwerte durch die noch vorhandene EEG-Vergütung erzielt. Ab dem Jahr 2021 wird allerdings ein negativer Barwert verbucht, da die Einnahmen der Direktvermarktung kleiner als die Aufwendungen sind. Außerdem werden im Jahr 2027 Kosten durch den Wechselrichtertausch fällig.

4.2 Teilnahme am Energiehandel (Szenario 2B)

Seit der Liberalisierung des Strommarkts besteht die Möglichkeit mit Strom zu handeln und ihn an der Börse zu verkaufen. In den letzten Jahren konnte man dadurch einen Preis von etwa 5 ct/kWh erzielen.⁶

Zusätzlich zu dem an der Börse erzielten Strompreis besteht in Europa die Möglichkeit, mit Grünstromzertifikaten zu handeln. Wenn man wie die Messe München Produzent von erneuerbaren Energien ist, kann man bei Netzeinspeisung durch Anlagen für erneuerbare Energien Zertifikate für den produzierten Strom an andere Unternehmen verkaufen. Um den Handel mit diesen Zertifikaten zu ermöglichen wurde in Europa das RECS (Renewable Energies Certification System) eingeführt. Dieses System besteht in Deutschland sowie in 14 weiteren europäischen Ländern, in denen mit diesen Zertifikaten gehandelt werden kann. Das RECS hat die europaweite Förderung erneuerbarer Energien zum Ziel. Das System beruht darauf, dass für regenerativ erzeugten Strom Grünstromzertifikate ausgegeben werden.

Der Dienstleister des RECS ist der sogenannte „Issuing Body“. Dieser überwacht und verwaltet den Prozess der Zertifizierung und gibt die Zertifikate aus. Im vorliegenden Fall ist die Messe München der Energieproduzent. Die Messe könnte Grünstromzertifikate verkaufen und erhält somit einen Mehrwert für den eingespeisten Strom. Wenn die Messe die Zertifikate verkaufen möchte, muss der „Issuing Body“ darüber informiert werden. Dieser garantiert den korrekten Handel zwischen verschiedenen Unternehmen. In Deutschland sind bereits 39 Unternehmen dem RECS beigetreten, unter anderem E.ON Vertrieb Deutschland GmbH, Vattenfall Europe GmbH oder die Verbund AG. Damit die Messe München dem RECS beitreten kann, muss von einem unabhängigen Gutachter eine sogenannte Renewable Energy Declaration (RED) eingeholt werden. Diese Deklaration beinhaltet unter anderem die Eigenschaften der Anlage und bestätigt den Anschluss an das Stromnetz. Danach nimmt der „Issuing Body“ die Messe München in die nationale RECS-Registrierung auf. Unter Umständen kann es auch vorkommen dass der „Issuing Body“ persönlich die Anlage besichtigt. Für eine Registrierung müssen u. a. die Mindestanforderungen an die Messeinrichtung gegeben und alle

⁶Vgl. (Fraunhofer , 2013),S.14

Energiequellen der Anlage bekannt sein.⁷ Hier wird ein Mitgliedsbeitrag für das RECS von 3.500 €/a fällig. Im Jahr 2021 wird zusätzlich eine einmalige Aufnahmegebühr von 5.000 € verrechnet.⁸ Die in diesem Zusammenhang entstehenden Aufwendungen werden als Investitionen verrechnet.

Die Preissituation für Grünstromzertifikate ist sehr schwierig einzuschätzen. Es gibt keine einheitlichen und offiziellen Preise. Laut Auskunft eines Vorstandsmitglied der RECS Deutschland e.V. bewegen sich aber z.B. die Preise für große Wasserkraft in einer Spanne von 0,2 €-1 €/MWh.⁹ Für diese Studie wurde daher die Annahme getroffen, dass 0,001 €/kWh für Zertifikate aus PV-Erzeugung erzielt werden können.

		2018	2019	2020	2021	2027	2038
Investitionskosten	T€	0	0	0	-8,5	-303,50	-300,00
Instandhaltung/Betriebskosten	T€	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	0
Stromsteuer	T€	-20,91	-20,82	-20,74	-20,66	-20,16	0
Einnahmen durch EEG Vergütung	T€	516,41	514,34	512,28	0	0	0
Einnahmen durch Direktvermarktung	T€	0	0	0	51,39	50,17	0
Überschüsse	T€	440,50	438,52	436,55	-32,77	-328,50	-300,00
Zinsfaktor	6%	1,06	1,12	1,19	1,26	1,79	3,40
Barwert	661,342T€	415,57	390,28	366,53	-25,96	-183,43	-88,25

Tabelle 7: Barwert Direktvermarktung im Energiehandel incl. RECS

Als Ergebnis zeigt sich ein Barwert von 0,7 Millionen €. Der erste negative Barwert beläuft sich im Jahr 2021 auf -25.960 €. Die Erlöse reichen also nicht aus, die Anlage nach 2021 wirtschaftlich zu betreiben.

⁷Vgl.(RECS Deutschland e.V, 2013), abgerufen am 26.04.2013

⁸Vgl. (RECS Deutschland e.V, 2009), abgerufen am 19.06.2013

⁹Vgl. Vorstandsmitglied RECS, 2013

4.3 Verkauf an regionale Kunden (Szenario 2C)

Im Bereich der regionalen Direktvermarktung besteht die Möglichkeit den Strom an industrielle Großabnehmer oder an Haushaltskunden zu verkaufen. Diese müssen sich in räumlicher Nähe zur Anlage befinden, wodurch sich steuerliche Vorteile ergeben können. Die Stromsteuer kann zurzeit bis zu 20,50 €/MWh betragen. Diese Steuer kann eingespart werden, wenn:

- ein regionaler Zusammenhang zwischen Erzeuger und Verbraucher besteht,
- die Anlage nicht größer als 2 MW ist und der Strom durch ein öffentliches Netz geleitet wird
- und der Nachweis besteht, dass der erzeugte Strom zur gleichen Zeit von einem Kunden abgenommen wird.

Der Begriff des regionalen Zusammenhangs ist noch nicht genau definiert. Wie vergangene Projekte gezeigt haben, liegt der Radius bei etwa 4,5 km.

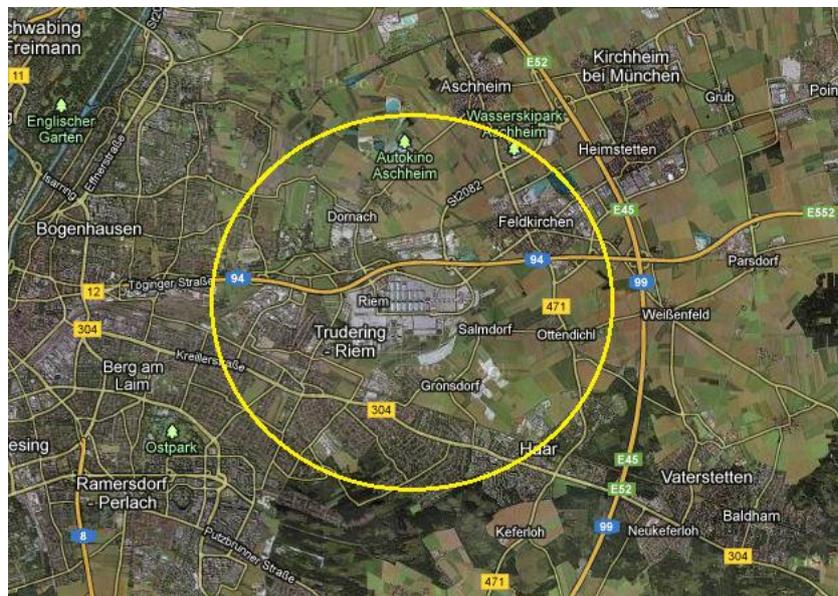


Abbildung 11: Mögliche Abnehmer regionaler Direktvermarktung

(Quelle: Google Maps, eigene Darstellung)

Daraus ergeben sich für die PV-Anlage folgende potenzielle Kunden:

- Staatliches Hofbräuhaus München (bezieht bereits Ökostrom von den SWM)¹⁰
- Diverse Gewerbegebiete (Feldkirchen, Riem)
- Supermärkte (4 Lidl Märkte)
- Haushaltskunden
- Praktiker Bau- und Heimwerkermärkte AG

Bei der regionalen Direktvermarktung der Messe München ergibt sich nur die Möglichkeit einer Teilstromversorgung. Die Reststromversorgung muss dann von einem Energiedienstleister übernommen werden. Hier ergibt sich die Problematik, dass auf den Endkunden relativ hohe Kosten zukommen können. Die erhöhten Kosten entstehen durch den zusätzlichen Aufwand des Energieversorgers und der Bereitstellung von Ausgleichsenergie durch die fluktuierende Erzeugung der PV-Anlage. Dadurch wird es schwierig, Endkunden für die regionale Direktvermarktung zu finden.

Insgesamt kann man aber davon ausgehen, dass sich ein wesentlich höherer Preis als im Großhandel mit elektrischer Energie erzielen lässt. Energie aus erneuerbaren Energiequellen hat einen höheren Wert für den Kunden. Unter diesen besonderen Bedingungen können im Jahre 2021 mehrere Preisbestandteile bei einer derartigen Versorgung wegfallen oder deutlich reduziert sein. Obwohl dies heute noch nicht belastbar begründet werden kann, wird für dieses Szenario angenommen, dass für den Lieferanten ein Preis von 9,8 ct/kWh erzielt werden kann. Nicht zuletzt steht dieses Szenario stellvertretend für einen Fall mit sehr hohen Erträgen der Direktvermarktung.

¹⁰Vgl. (Hofbräu München, 2011), S. 12

		2018	2019	2020	2021	2027	2038
Investitionskosten	T€	0	0	0	0	-300,00	-300,00
Instandhaltung/Betriebskosten	T€	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	-55,00	0
Einnahmen durch EEG Vergütung	T€	516,41	514,34	512,28	0	0	0
Einnahmen durch Direktvermarktung	T€	0	0	0	98,74	96,40	0
Überschüsse	T€	461,41	459,34	457,28	43,74	-258,60	-300
Zinsfaktor	6%	1,06	1,12	1,19	1,26	1,79	3,39
Barwert	1.334,48	435,29	408,81	383,95	34,65	-144,40	-88,25

Tabelle 8: Barwert bei regionaler Direktvermarktung

(Eigene Darstellung)

Das beste Ergebnis dieser drei Varianten erzielt die regionale Direktvermarktung mit einem Barwert von 1.3 Millionen €. Auch nach Wegfall der EEG-Vergütung im Jahr 2021 können noch positive Barwerte erzielt werden.

5. ERTÜCHTIGUNG DER ANLAGE NACH ABLAUF DER EEG VERGÜTUNG (SZENARIO 3)

Die bestehende PV-Anlage wird im Rahmen dieses Szenarios bis zum Auslauf der Vergütung Ende 2020 weiterbetrieben, im Jahr 2021 demontiert und anschließend durch eine neue Anlage ersetzt. Dies bedeutet, dass alle Module, die Gestelle und die zentrale Wechselrichtereinheit ausgetauscht werden. Der Vorteil neuer Module ist die entfallende Degradation, ein höherer Wirkungsgrad und eine um mehr als 20 Jahre verlängerte Nutzungsdauer.

Die durchschnittliche Sonneneinstrahlung der Jahre 2001-2011 lag bei 1304 kWh/m² pro Jahr. Das enorme Potential des Standortes sollte in einer Großstadt wie München

nicht ungenutzt bleiben. Außerdem nutzt man die Gelegenheit bei der Ertüchtigung wieder den aktuellen Stand der Technik herzustellen, da sich die Photovoltaik in den letzten 15 Jahren deutlich weiter entwickelt hat.

Die Entscheidung für oder gegen dieses Szenario muss erst im Jahre 2020 erfolgen, da es in den Jahren zuvor genauso gehandhabt wird wie die Szenarios 1-3. In Anbetracht der Schnelllebigkeit der Photovoltaik wird in diesem Szenario mit aktuellen Zahlen des Jahres 2013 gerechnet.

Nach dem Ende der Einspeisevergütung für die PV-Anlage auf dem Messdach Ende 2020 wird es für Neuanlagen voraussichtlich keine entsprechende Einspeisevergütung mehr geben. Das Ziel der Bundesregierung für den Ausbau von PV-Anlagen beträgt 52.000 MW gemäß §20 Abs. 9a EEG. Ende März 2013 beträgt die installierte Leistung aller durch das EEG geförderten PV-Anlagen bereits 33.165 MW_P.¹¹ Der Zubau von PV-Anlagen betrug in den Jahren 2010 bis 2012 jährlich zwischen 7.400 MW_P und 7.600 MW_P.¹² Geht man nun von einem jährlichen Zubau von 7.500 MW_P aus, so ist das Ausbauziel der Bundesregierung bereits im Jahr 2015 erreicht. Deshalb kann für eine Anlage, die 2020 in Betrieb geht, keine Einspeisevergütung mehr beantragt werden.

Bei der Montage der bestehenden PV-Anlage wurde besonders Wert auf das Dach der Messehallen gelegt. Um ein Durchdringen des Daches und das damit verbundene Risiko eines Wassereintritts zu vermeiden, wurden spezielle Aluminiumprofile mit Klemmen auf dem Dach montiert. Die Aluminiumprofile tragen außerdem zu einer Gewichtsreduzierung bei. Da die Gestelle eine Sonderanfertigung insbesondere für die derzeitigen betriebenen Module sind, ist ein Austausch dieser im Zuge der Ertüchtigung notwendig.

Im Zuge der Ertüchtigung werden sich die technischen Anlagenwerte deutlich ändern. Deshalb sind auch neue Wechselrichter erforderlich.

Da bei der Aufständigung der Module hinsichtlich Verschattung die Breitseite der Module entscheidend ist, wurde ein Modul mit annähernd derselben Breite ausgewählt. Das entsprechende Modul ist von der Firma IBC Solar, aus Bad

¹¹Vgl. (Bundesnetzagentur, 2013), abgerufen am 27.05.2013

¹²Vgl. (Statista, 2013), abgerufen am 27.05.2013

Staffelstein vom Typ MonoSol 200DS. Dabei handelt es sich um ein monokristallines Solarmodul mit einer Leistung von 200W_p. Der Wirkungsgrad beträgt 15,7 % und ist damit im Vergleich zum derzeitigen Wirkungsgrad von 12,8% deutlich höher. Dies führt zu einem höheren Ertrag der Anlage.

Eine Hochrechnung mit den Lastganglinien zeigt jedoch, dass 15% dieser Erzeugung nicht selbst genutzt werden kann. Für diesen Fall wurde die Einbeziehung eines 200 kWh Lithium-Ionen-Batteriespeichers in Erwägung gezogen. Für die Investitionskosten eines Lithium-Ionen-Batteriespeichers erhält man Angaben zwischen 525 und knapp 3.000 €/kWh.¹³ Bei Investitionskosten von gemittelt 1.763 €/kWh ergeben das 352.600 €.¹⁴ Durch die Speicherung von 200 kWh und anschließende Nutzung durch die Messe München ergeben bei einem Strompreis von 0,14 €/kWh Einsparungen von 28 € pro Speicherzyklus. Der Batteriespeicher rechnet sich somit erst nach 12.593 Ladezyklen. Die Lebensdauer eines Lithium-Ionen-Batteriespeichers beschränkt sich jedoch auf 5.000 Zyklen.¹⁵ Diesbezüglich kommt ein Batteriespeicher für die Überproduktion wirtschaftlich nicht in Frage. Der nicht selbst verbrauchte Strom muss also in Analogie zum Szenario Direktvermarktung in das öffentliche Netz eingespeist werden.

		Summe	2018	2020	2021	2022	2037
Investitionskosten	T€		-	-	- 3.168,51	-	-
Instandhaltung Betriebskosten	T€		- 55,00	- 55,00	- 55,00	- 55,00	- 55,00
Einnahmen durch EEG-Vergütung	T€		516,41	512,28	-	-	-
Einsparungen durch Eigenverbrauch	T€		-	-	117,40	232,92	206,48
Überschüsse	T€		461,41	457,28	- 3.106,11	177,92	151,48
Zinsfaktor		0,06	1,06	1,19	1,26	1,34	3,21
Barwert	T€	260,73	435,29	383,95	- 2.460,33	132,95	47,23

Tabelle 9: Überschüsse nach 2021 - Ertüchtigung

(Eigene Darstellung)

¹³Vgl. (Ingenieur.de, 2013), abgerufen am 17.06.2013

¹⁴Vgl. (IBC Solar, 2013), abgerufen am 17.06.2013

¹⁵Vgl. (Photovoltaik Speicher, 2013), abgerufen am 16.06.2013

Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurden folgende weitere Annahmen getroffen. Für die Aufständigung der PV-Anlage wird mit Kosten von 750.000 € gerechnet. Diese Kosten werden unter der Annahme getroffen, dass durch die Entwicklung der PV-Branche die Kosten für das Gestell nicht mehr in dem Ausmaß niederschlagen, wie bei der Erstinstantion. Die Kosten der neuen Module inklusive Montage auf dem Dach und Verkabelung wurden aus der Homepage von pvXchange entnommen. Dort werden Module internationaler Hersteller angeboten und vermittelt. Es ähnelt also einem Spotmarkt für PV-Module und spiegelt den aktuellen Preis wieder. Der Preis wird in €/W_P angegeben. Für eine komplette Anlage wird ein Faktor von 1,5-1,9 angegeben, mit dem der Modulpreis multipliziert werden muss. Für diese Berechnung wird jedoch ein Faktor von 1,3 angenommen, da der Wechselrichter und das Gestell extra gerechnet werden. Außerdem kann bei 8967 Modulen von einem Mengenrabatt ausgegangen werden. Der Preis für 1W_P kristalliner Module aus Deutschland wird für April 2013 mit 0,78 € angegeben.¹⁶ Mit dem Faktor 1,3 ergibt das 1,014 €/W_P. Für 1 kW_P errechnet sich also ein Preis von 1014 €. Inklusive Gestell und Wechselrichter kostet 1 kW_P demnach 1599,48 €.

In den Jahren 2018-2020 werden dieselben Kosten, Erlöse und Erträge erzielt wie in den Szenarios 1-3.

Anfang 2021 muss die bestehende PV-Anlage erst demontiert werden und die neue Anlage installiert werden, bevor wieder Strom erzeugt wird. Der Zeitraum dieser Arbeiten wird mit 6 Monaten berechnet, sodass die errechneten Erträge halbiert werden. Die Kosten für die Demontage der alten PV-Anlage und Entsorgung werden mit 300.000 € berechnet. Für das Jahr 2022 wird der wie bereits erwähnte Ertrag für die neue Anlage angenommen und mit der maximal garantierten Degradation von 0,8%/a aus dem Leistungsdatenblatt der neuen Module für die Jahre 2022-2041 weiter gerechnet. In 2020 wird daher nur ein Ertrag von 0,12 Millionen € erzielt. 2021 ergeben sich Erträge von 0,23 Millionen € durch Eigenverbrauch.

Schlussendlich wird die Summe der Einnahmen und Ausgaben der jeweiligen Jahre kumuliert und mit einem Realzinsfaktor von 6 % auf das Jahr 2018 aufgezinst. Die Summe der Barwerte ergibt einen Überschuss von 0,26 Millionen €.

¹⁶Vgl. (pvXchange, 2013), abgerufen am 17.06.2013

6. SZENARIO 4: RÜCKBAU

Die SeV ist vertraglich dazu verpflichtet, die Anlage auf dem Dach der Messe München Ende 2017 in den Ursprungszustand zurück zu führen. Obwohl dies weder energiewirtschaftlich noch betriebswirtschaftlich ein günstiges Szenario darstellt, wird es hier als Alternative mit einbezogen. Dies greift jedoch nur, falls die Messe München die Anlage nicht zum Restbuchwert vom SeV im Jahre 2017 übernimmt.¹⁷

Sollte die Entscheidung der Messe München zu Gunsten eines der vorangegangenen Szenarien fallen, so entstehen dem SeV keine Kosten und die Anlage auf dem Dach geht in den Besitz der Messe München über. Sollte die Messe sich gegen die Szenarien Eigenverbrauch, Direktvermarktung und Ertüchtigung entscheiden, so trägt der SeV die Kosten des Rückbaus. Hierfür hat der SeV vor einigen Jahren ein Angebot für einen möglichen Rückbau der Anlage eingeholt, das sich auf 0,3 Millionen € beläuft. Dies beinhaltet die Demontage der Anlage sowie den Abtransport, nicht aber die Entsorgung der Module.

Der erste Boom in der Installation an PV-Anlagen gab es in Deutschland Ende der neunziger Jahre, als auch die Anlage auf dem Dach der Messe München an das Netz ging. Der stärkste Zubau startete aber erst 2004, als das EEG in Deutschland novelliert wurde. Auf Grund der langen Lebensdauer der PV-Anlagen fallen die meisten Module erst mit einer erheblichen Zeitverzögerung zur Entsorgung an. Man geht hier von einer Lebensdauer von ca. 25-30 Jahren aus. Dies veranschaulicht die folgende Tabelle.¹⁸

¹⁷Laut Auftraggeber

¹⁸Vgl. (Abfallratgeber Bayern, 2012), S.2

Jahr	Abfallmengen in 1.000 t (Prognose)
2025	14 – 22
2030	152 – 223
2035	1.800 – 2.900
2040	2.200 – 3.900
2045	2.300 – 4.200
2050	4.900 – 9.600

Tabelle 10: Prognostizierte Abfallmengen

Quelle: Abfallratgeber Bayern¹⁹

Es ist also davon aus zu gehen, dass die Entsorgung der PV Module im Jahre 2017 noch einen Sonderfall darstellen wird. Gesetzlich sind die Hersteller von PV-Modulen mittlerweile gezwungen für die Entsorgung auf zu kommen. Da der Hersteller der Anlage Siemens Solar nicht mehr existiert, entfällt diese Option hier. Da die Module, die Wechselrichter und die Verkabelung Materialien beinhalten, deren Reststoffwert erheblich ist, kann man aus heutiger Sicht nur von der optimistischen Prognose ausgehen, dass die Erlöse dieser Wertstoffe die Kosten der Entsorgung vollständig abdecken. Daraus ergibt sich für dieses Szenario ein Barwert von negativen 0,3 Millionen €.

¹⁹Vgl. (Abfallratgeber Bayern, 2012), S. 1ff

7. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge dieser Fallstudie wird die Verwendung der PV-Anlage auf dem Dach der Messe München in vier Szenarios untersucht und bewertet.

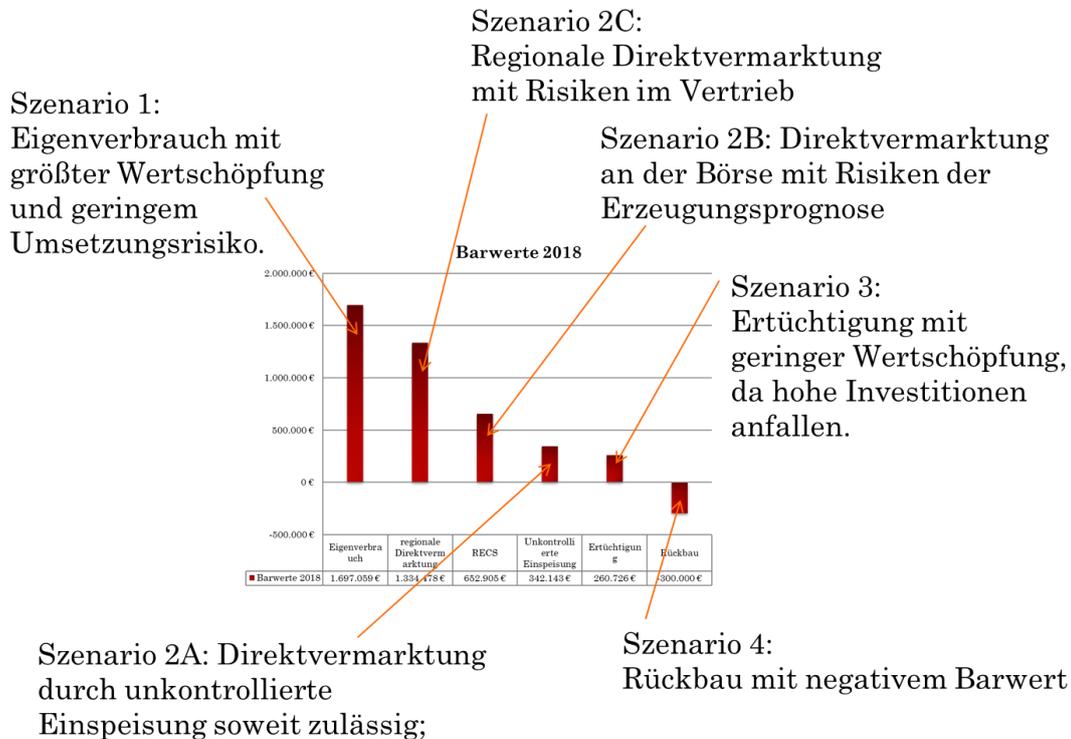


Abbildung 12: Barwerte der Szenarien in Bezug auf das Jahr 2018

(Eigene Darstellung)

Der Ertrag für Szenario 1 „Eigenverbrauch“ liegt in den Einsparungen durch die vermiedene Strombeschaffung durch die Messe München. Des Weiteren sorgt die Versorgung von Erneuerbaren Energien für ein verbessertes Image seitens der Messe München. Dieses Szenario weist für die Messe München den höchsten Mehrwert und für den SeV den geringsten Aufwand auf (Montage, Ertüchtigung). Es erfordert keine neuen Investitionen oder anderweitige Aufwendungen.

Im Szenario „Direktvermarktung“ ergibt sich der Vorteil, dass bei der Anlage derzeit Direktvermarktung laut EEG betrieben wird und deshalb schon Erfahrungen in diesem Bereich seitens der Stadtwerke München vorhanden sind. Innerhalb dieses

Szenarios erreicht aber nicht einmal die Variante der Direktvermarktung an örtlich nahe gelegene Verbraucher den Mehrwert, den Szenario 1 bietet.

Durch den Neubau der PV-Anlage auf dem Messdach ergibt sich zunächst einmal die Möglichkeit, dass die Geräte gemäß dem derzeitigen Stand der Technik komplett zu erneuern. Der Aufwand entspricht aber dem einer Neuanlage. Damit wird der Vorteil, dass die bestehende Anlage mit sehr geringem Aufwand an Betriebs- und Unterhaltskosten noch einen beträchtlichen Zeitraum Strom erzeugen kann, nicht genutzt. Der Mehrwert dieses Szenarios ist also sehr gering.

Schließlich bietet der Rückbau der Anlage den einzigen Vorteil, dass die jährlichen Wartungskosten entfallen. Dem gegenüber stehen zum einen die entstehenden Rückbaukosten und der noch nicht sicher abschätzbare Entsorgungsaufwand.

Zusammen fassend ergibt sich folgende Beurteilung. Das Szenario Rückbau stellt sich aufgrund der anfallenden Kosten und der ökologischen Nachteile als die ungünstigste Variante heraus. Die Ertüchtigung der Anlage kann zwar einen deutlich höheren Ertrag aufweisen als die vorhandene Anlage, jedoch schlagen die hohen Installationskosten schwer zu Buche. Eine interessante Alternative bietet die regionale Direktvermarktung. Durch bereits gesammelte Erfahrungen und gute Gewinnerwartungen durch die EEG-Vergütung landet dieses Szenario klar auf Platz zwei der verglichenen Modelle. Das Energie- und Betriebswirtschaftlich beste Szenario ist der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms. Die niedrigen Investitionskosten im Vergleich zu den hohen Erträgen führen zu den größten Gewinnerwartungen. Ein zu erwartender Barwert von rund 1,7 Millionen € im Jahr 2018 ist somit laut dieser Analyse das bestmögliche Ergebnis.

Literaturverzeichnis

Abfallratgeber Bayern. 2012.*Entsorgung von Photovoltaik-Anlagen.* [PDF] 2012.

AG-Umwelt. Umweltschutz und umweltbewusstes Leben. [Online] [Zitat vom: 23. Juni 2013.] <http://www.ag-umwelt.net/insolvenz-von-solarunternehmen-in-deutschland>.

Becker, Dr.-Ing. Gerd. 2012.*Betriebsbericht der 1-MW-Photovoltaikanlage Messedach München-Riem für das Jahr 2012.* [PDF] 2012.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 2012.*Erneuerbare Energien Gesetz.* [PDF] 2012.

Bundesnetzagentur. 2012.*Monitoringbericht.* [PDF] 2012.

—. **2013.** Photovoltaikanlagen: Datenmeldung sowie EEG-Vergütungssätze. [Online] 2013. [Zitat vom: 27. Mai 2013.]

http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2012/MonitoringBericht2012.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

Ebert, Stefan. 2012.*PV-Cycle aus Sicht einer Sammelstelle.* [PDF] 2012.

Fraunhofer . 2013.*Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.* [PDF] 2013.

Hofbräu München. 2011.*Umwelterklärung.* [PDF] 2011.

IBC Solar. 2013. Baterialespeichersysteme als Speicherlösung. [Online] 2013. [Zitat vom: 17. Juni 2013.] <http://www.ibt-solar.de/batteriesystem-ibt-solstore.html>.

Ingenieur.de. 2013. [Online] 2013. [Zitat vom: 17. Juni 2013.]

<http://www.ingenieur.de/Themen/Elektromobilitaet/Lithium-Ionen-Akkus-bringen-Bewegung-in-Automobilmarkt%20und%20PhotovoltaikSpeicher>.

Kreutzer Fischer & Partner. Photovoltaik, der geförderte Hpe setzt sich fort.

[Online] [Zitat vom: 20. Juni 2013.]

http://www.branchenradar.com/sbcm/?id=76998&sess=c02a670ed8aa4602b598c49c9cf9a4c2&template=content_kfp_print.

Messe München. 2012.*Geschäftsbericht 2012.* [PDF] 2012.

NEXT Kraftwerke. 2013. Marktprämie. [Online] 2013. [Zitat vom: 26. April 2013.] <http://www.next-kraftwerke.de/wissen/direktvermarktung/marktpraemie>.

Photovoltaik Speicher. 2013. Kosten der PV-Speichertechnik. [Online] 2013. [Zitat vom: 16. Juni 2013.] <http://www.photovoltaikspeicher.net/kosten/>.

Pressemitteilungen-Online. Marktstudie zur Solarbranche. [Online] [Zitat vom: 02. Juli 2013.] <http://www.pressemitteilungen-online.de/index.php/marktstudie-zur-solarbranche-preisverfall-bedroht-photovoltaik-unternehmen/>.

PV-Cycle. 2013. PV Cycle-System. [Online] 2013. [Zitat vom: 02. Juli 2013.] <http://www.pvcycle.org/de/betriebsablaufe/pv-cycle-system/>.

pvXchange. 2013. Preisindex. [Online] 2013. [Zitat vom: 17. Juni 2013.] http://www.pvxchange.com/priceindex/Default.aspx?template_id=1&langTag=de-DE.

RECS Deutschland e.V. 2009. Preisübersicht, Mitgliedsbeiträge. [Online] 2009. [Zitat vom: 19. Juni 2013.] <http://www.recs-deutschland.de/v2/downloads.html?task=finish&cid=79&catid=33>.

—, **2013.** RECS System. [Online] 2013. [Zitat vom: 26. April 2013.] <http://www.recs-deutschland.de/v2/recssystem.html>.

Reno Solar. Marktanalyse. [Online] [Zitat vom: 2. Juli 2013.] <http://renosolar.de/de/infocenter/marktanalyse/>.

SolarContact. 2013. Verbund zur Entsorgung von ALtmodulen. [Online] 2013. [Zitat vom: 02. Juli 2013.] <http://de.solarcontact.com/photovoltaik/pv-module/pv-cycle>.

Spiegel Online. Photovoltaik-Recycling. [Online] [Zitat vom: 02. Juli 2013.] <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/photovoltaik-recycling-solarindustrie-plagt-sich-mit-ihren-altlasten-a-803784.html>.

Stadtwerke München. 2013. Tarifberater für M-Ökostrom. [Online] 2013. [Zitat vom: 28. Mai 2013.] https://www.swm.de/gkpk/#flow_lieferantenwechsel_extern_privat&step=2.