

# **SOLARE STROMVERSORGUNG VON BRAUEREIEN IN DEUTSCHLAND**

HALLBERGMOOS, MAI, 2013

## **AUTOR:**

DR.-ING. GEORG F. SCHU

IGS – ING.-BÜRO FÜR ENERGIE- U. UMWELTTECHNIK

SSE GMBH – SOLARE STROMERZEUGUNG

MAXIMILIANSTR. 28 B

85399 HALLBERGMOOS

[WWW.IGS-EU.DE](http://WWW.IGS-EU.DE)

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>Seite</b>
1 Einleitung.....	3
2 Erneuerbare-Energien-Gesetz .....	4
3 Solarertrag.....	9
4 Eigenbedarfsdeckung durch PV-Anlagen in Brauereien .....	11
5 Wirtschaftlichkeit PV bei Eigenverbrauch.....	13
5.1 Erlöse .....	13
5.2 Betriebskosten .....	13
5.3 Investitionskosten.....	14
5.4 Wirtschaftlichkeit .....	14
6 Zusammenfassung.....	16
7 Literaturverzeichnis .....	17
8 Verzeichnis der Abbildungen.....	18

# 1 Einleitung

Brauchen wir noch ein Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)?

Seit dem Jahr 2000 begleitet uns das EEG und wurde im Verlauf der Jahre mehrmals novelliert. Es sollte alle erneuerbaren Energieformen fördern und mit zunehmender Markteinführung bzw. mit fortschreitender Kostendegression wieder auslaufen. Im vorliegenden Fall wird die Photovoltaik näher betrachtet, die anfangs nur in den südlichen Bundesländern, zwischenzeitlich aber in der ganzen Bundesrepublik Einzug gehalten hat. Im September 2012 lag der Anteil des PV-Stromes am Gesamtstrombedarf in Deutschland bereits bei 6,1 %, in Bayern sogar bei 10 %. Solche Zahlen wurden noch vor wenigen Jahren von den Experten für unmöglich gehalten.

Nachfolgend wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen PV-Anlagen in Brauereien ihren Beitrag zu einer preiswerten und sicheren Energieversorgung leisten können. Früher wurde der komplette erzeugte PV-Strom ins öffentliche Netz eingespeist, da über das EEG hohe Vergütungen gezahlt wurden. Nur so war ein wirtschaftlicher Betrieb möglich, da die Preise für die Anlagen sehr hoch lagen. Mit der Möglichkeit, den erzeugten PV-Strom direkt im Betrieb zu verwerten, da der substituierte Fremdstrom heute vielfach bereits teurer ist als die Vergütung nach EEG, hat sich das Blatt um 180 Grad gedreht.

## 2 Erneuerbare-Energien-Gesetz

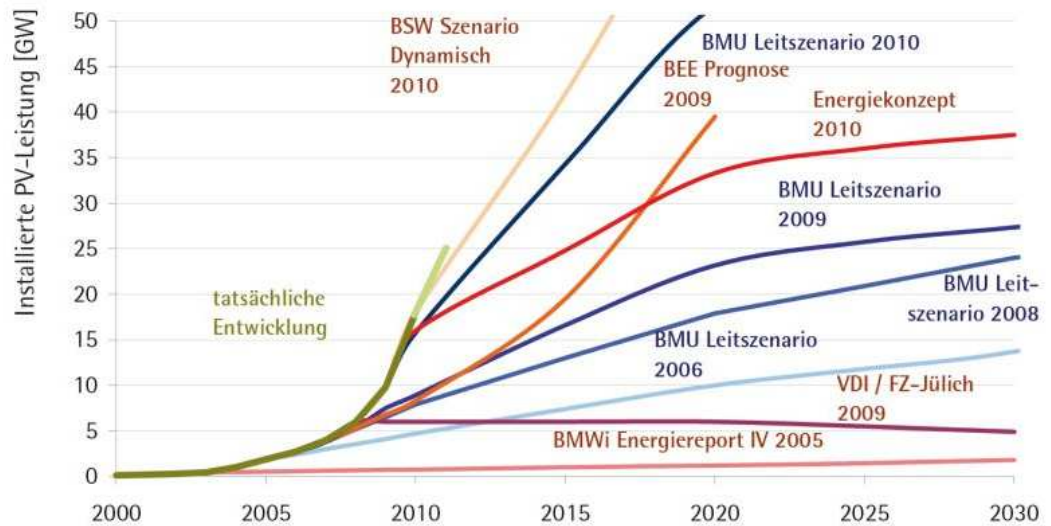
Das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantiert dessen Erzeugern feste Einspeisevergütungen. Neben privaten Betreibern haben in den letzten Jahren immer häufiger auch Unternehmen in Anlagen zur Stromerzeugung aus Sonnenlicht investiert. Beim EEG handelt es sich um eine Erfolgsgeschichte, die zwischenzeitlich in mehr als 65 Ländern eingeführt wurde.(n.n., 2012)

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung soll nach dem Willen der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 35 % erhöht werden, bis 2030 auf 50 %, bis 2040 auf 65 % und bis 2050 auf 80 %.

Für die Stromversorgung in Deutschland spielen die Wasserkraft, die Windkraft, die Biomasse und die Photovoltaik die wichtigste Rolle. Die Kapazitäten für Wasserkraft sind weitgehend ausgeschöpft. Windkraftanlagen sind zunächst in windreichen Gegenden im Norden und Osten der Republik entstanden, wandern aber zusehends auch ins Binnenland. Es wurden Anlagen für Schwachwindgebiete entwickelt, die auch im Binnenland einen wirtschaftlichen Einsatz ermöglichen. Im Süden besteht ein großer Nachholbedarf. Hier wird die Energiewende bisher überwiegend durch PV-Anlagen getragen.

Biomasseanlagen haben einen hohen Verbrauch an landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Erzeugung der benötigten Energiepflanzen. Dieser Konkurrenzkampf zwischen „Teller und Tank“ muss sehr kritisch gesehen werden, da die hohen Pachten, die von den Betreibern für Energiepflanzenanbau gezahlt werden, eine Nahrungsmittelproduktion verdrängen. Langfristschäden durch Überdüngung und Monokulturen sind noch nicht abzusehen. Letztlich wird in vielen Fällen auch der Anbau von Rohstoffen wie Gerste und Weizen verdrängt.

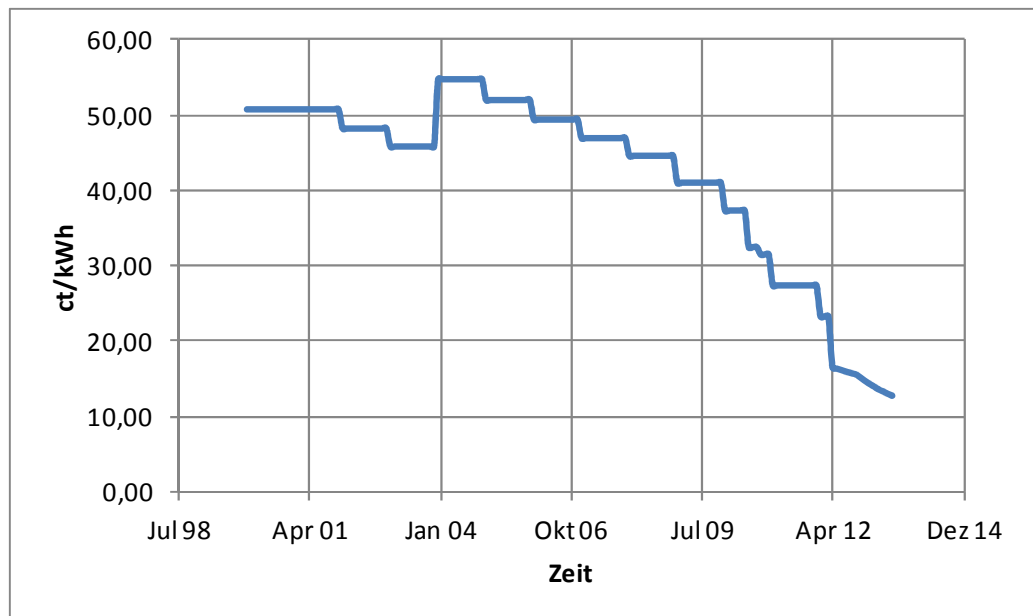
In 2011 wurden bereits mehr als 100.000 GWh EEG-Strom erzeugt, davon fast 20.000 GWh mittels Photovoltaik. An die Betreiber der PV-Anlagen sind bis zu diesem Zeitpunkt über 5 Mrd. € ausgezahlt worden.



**Abbildung 1: Entwicklung des Zubaus an installierter PV-Leistung (Quaschnig, 2011)**

Wie die Abbildung zeigt, wurden bisher alle Szenarien bezüglich des Zubaus von der Realität übertroffen. Nach 7,4 GW in 2011 wurden in 2012 sogar 7,6 GW zugebaut.

Die EEG-Vergütung wird durch den jeweiligen Netzbetreiber an die Anlagenbetreiber ausgezahlt.

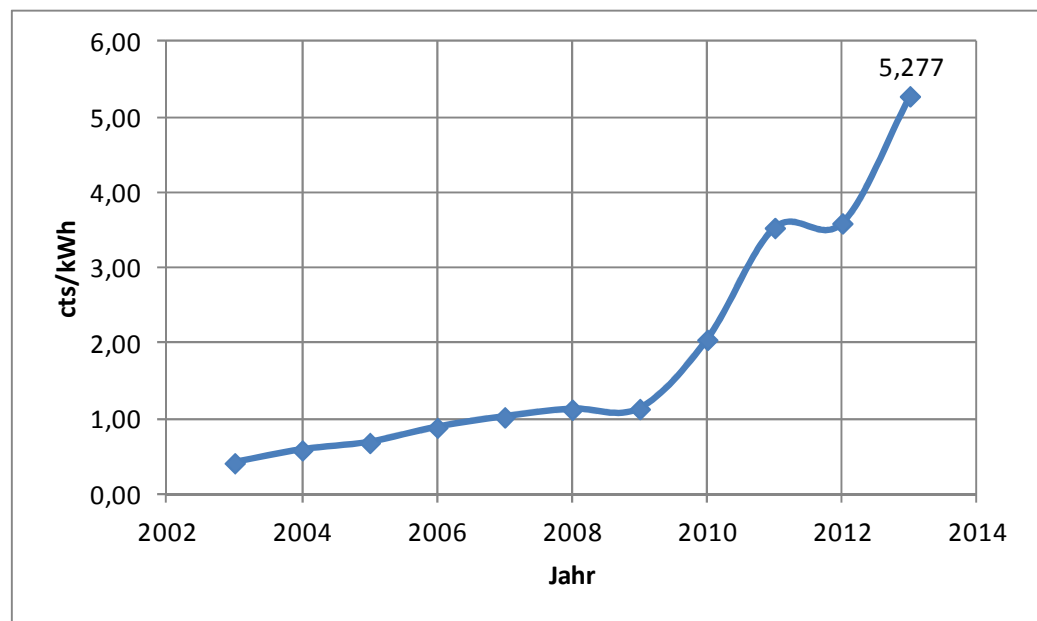


**Abbildung 2: Entwicklung der EEG-Vergütung, Dachanlage, 100 kWp**

Mit dem Solarstromvorschaltgesetz hatte sich die Vergütung in 2003 gegenüber dem EEG 2000 deutlich verbessert. Bis 2009 erfolgte dann eine

jährliche Reduzierung der Einspeisevergütung. Ab Mitte 2010 wurde erstmals der Eigenverbrauchsanteil zusätzlich vergütet. Dabei wurden 3 Größenklassen (< 30 kWp; 30-100 kWp; 100-500 kWp) und nach der Höhe des Eigenverbrauchsanteils (< 30 % und > 30 %) unterschieden. Es sollte ein Anreiz geschaffen werden, den erzeugten Strom möglichst vor Ort zu verbrauchen. Dadurch werden schließlich die vorgelagerten Netze des Netzbetreibers weniger belastet. Mit der Novelle des EEG 2012 wurde diese Vergütung wieder eingestellt und fortan wurde eine monatlich gleitende Degression der Vergütungssätze eingeführt. Außerdem wurde ein atmender Deckel eingeführt, um den Zubau auf einen Korridor von 2,5-3,5 GW zu begrenzen. Wenn ein Bestand von 52 GW erreicht ist, soll eine Förderung über das EEG eingestellt werden. 50 % davon waren bereits Mitte 2012 in Betrieb.

Die entstehenden Kosten werden über die EEG-Umlage auf die Stromkunden verteilt.

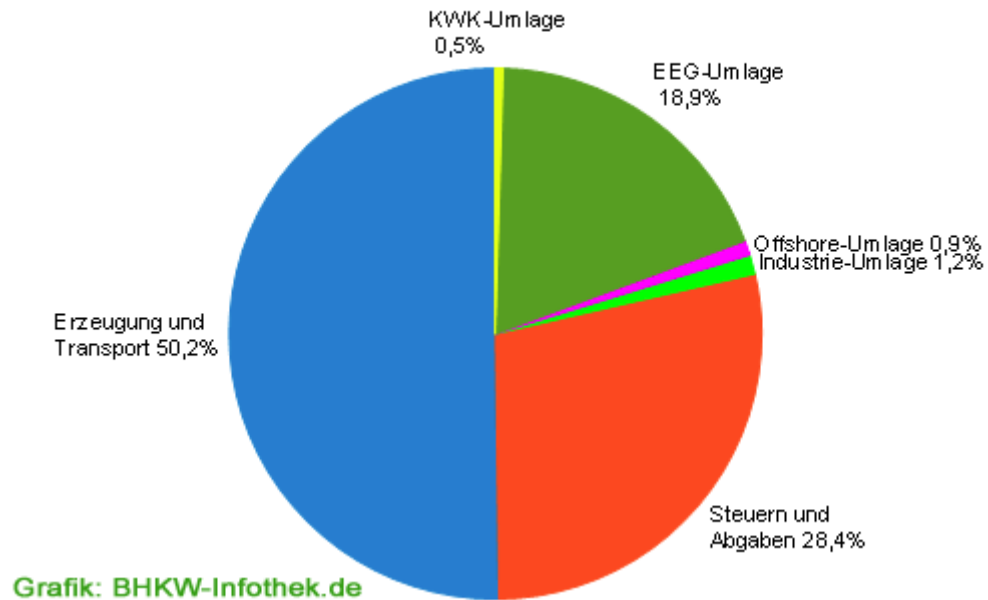


**Abbildung 3: Entwicklung der EEG-Umlage**

Allerdings gibt es Ausnahmen für energieintensive Branchen, die sich auf Antrag von der EEG-Umlage befreien lassen können. Diese privilegierten Unternehmen verbrauchen lt. Bundesnetzagentur zwar 18 % des Stroms, tragen aber nur 0,3 % der EEG-Umlage. Dadurch wurden in 2011 bereits 2,5 Mrd. € auf die nichtprivilegierten Unternehmen (Mittelstand) und die Haushalte abgewälzt.

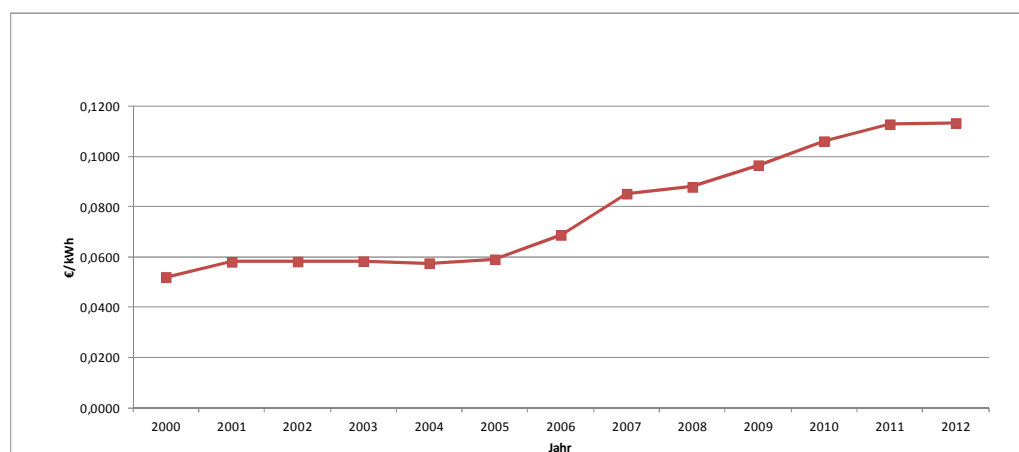
Neben der EEG-Umlage führen auch weitere Kosten wie KWK-Umlage, Offshore-Umlage und Industrie-Umlage zu einem Anstieg des Strompreises.

### Zusammensetzung des Strompreises 2013



### Abbildung 4: Zusammensetzung des Strompreises 2013

Die tatsächlichen Strompreise beinhalten natürlich auch noch Kosten für die Messung und Abrechnung sowie die Leistungspreiskosten. Wie sich die Stromkosten für eine mittelständige Brauerei entwickelt haben, zeigt die folgende Abbildung.



### Abbildung 5: Entwicklung des Arbeitspreises in einer Brauerei

Man erkennt, dass die Arbeitspreise bis 2005 weitgehend stagnierten und dann kontinuierlich anstiegen. Von 2005 bis 2012 stieg der spezifische Arbeitspreis in der Beispielbrauerei um durchschnittlich 9 % pro

Jahr. Angesichts der zusätzlichen Lasten durch EEG-Umlage, Offshore-, Industrie- und KWK-Zulage sowie durch die Umlage der Kosten für den notwendigen Ausbau der Trassen zwischen Nord und Süd ist mit einer weiteren Zunahme des Arbeitspreises zu rechnen. Da man die Steigerungen langfristig nicht vorhersehen kann, wird in der Prognose nur mit einer jährlichen Steigerung von 3 % pro Jahr gerechnet.



### 3 Solarertrag

Der Solarertrag einer PV-Anlage ist von vielen Einflussfaktoren abhängig:

- Geographische Lage
- Ausrichtung des Daches oder der Aufständerung
- Neigung des Daches oder der Aufständerung
- Sauberkeit der Anlage
- Verschattung

Im Süden der Republik (Bayern, Baden-Württemberg) werden bei Südausrichtung und einer Neigung von 25-45 ° bis zu 1.080 kWh/kWp und Jahr gewonnen. Bei Flachdächern mit Aufständerung nach Süden immer noch 900-1.000 kWh/kWp und Jahr und bei Aufständerung West/Ost noch ca. 850 kWh/kWp und Jahr.

Die Aufständerung nach Süden bringt zwar den höchsten Solarertrag, allerdings geht sehr viel Modulfläche verloren, da zwischen den Modulreihen Verschattungsabstände eingehalten werden müssen. Bei der Ost/West-Ausrichtung der Module kann man aus der gleich großen Dachfläche mind. 40 % mehr Leistung gewinnen. Die nach Westen und Osten ausgerichteten Module müssen elektrisch getrennt verschaltet werden. Die Stromproduktion beginnt dann viel früher am Morgen und endet viel später am Abend als bei Südausrichtung. Gleichzeitig ist der Lastpeak am Mittag viel niedriger.

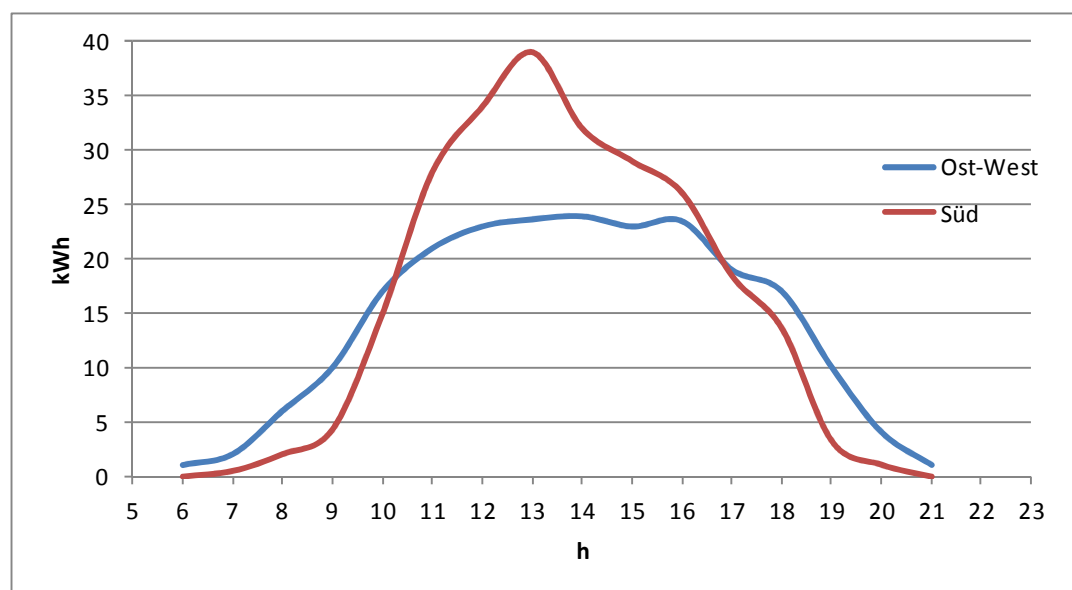


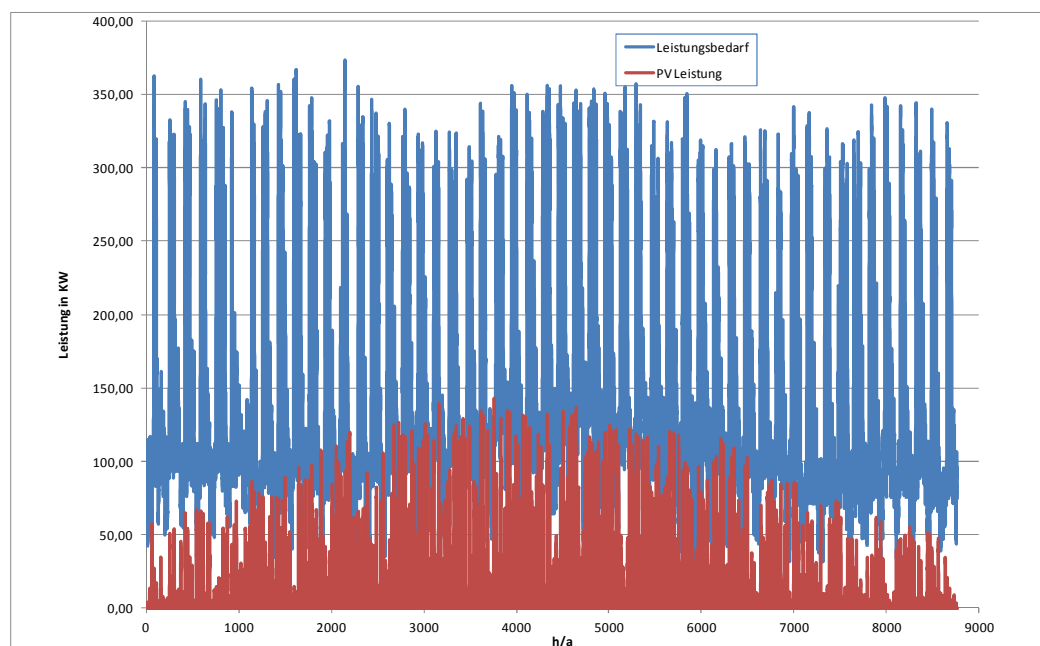
Abbildung 6: Vergleich Modulausrichtung (Sommertag)

Die Leistung wird gleichmäßiger abgegeben. Unterm Strich ist auch die Wirtschaftlichkeit über den Betrachtungszeitraum besser, da am Ende ein höherer Gesamtertrag erzielt wird, obwohl die Investition zu Beginn entsprechend höher ist.

## 4 Eigenbedarfsdeckung durch PV-Anlagen in Brauereien

Ebenso wie bei der Dimensionierung von KWK-Anlagen müssen PV-Anlagen richtig dimensioniert werden, damit das Erzeugungsprofil optimal zu dem Bedarfsprofil paßt und so der Eigenverbrauchsanteil maximiert wird.

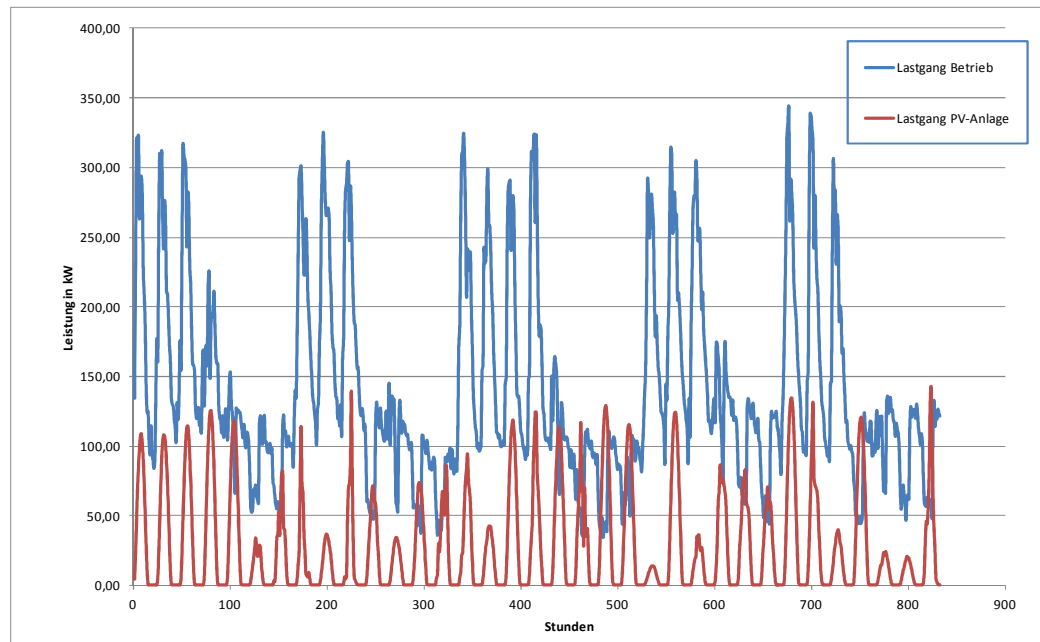
Die solaren Erzeugungsspitzen decken sich üblicherweise mit den Lastspitzen des Betriebes, da meist die Abfüllung nur im Einschichtbetrieb läuft.



**Abbildung 7: Jahreslastgang einer Brauerei und zugehöriger PV-Anlage**

Es handelt sich dabei um eine mittelständige Brauerei. Das Bedarfsprofil für die elektrische Leistung ist typisch. Nachts und besonders am Wochenende geht die Leistung auf den Grundlastbedarf zurück. Eine auf Eigenbedarf optimierte PV-Anlage sollte möglichst in diesem Grundlastbedarf arbeiten. Je höher man die PV-Leistung legt, umso niedriger wird der Eigenverbrauchsanteil.

Betrachtet man nur einen Ausschnitt von 4 Wochen im Sommer, so erkennt man den Zusammenhang noch besser.



**Abbildung 8: Sommerlastgang und PV-Anlage (5 Wochen)**

Die Spitzenleistungen der PV-Anlage sind deckungsgleich mit den Bedarfsspitzen. Lediglich an sonnigen Wochenendtagen kann es vorkommen, dass die Erzeugung höher ist als der Bedarf. Durch den Parallelbetrieb mit dem öffentlichen Netz wird dann Überschussstrom abgegeben und nach EEG vergütet.

Bei dem o.a. Verhältnis von PV-Leistung zum betrieblichen Leistungsbedarf konnte ein Eigenverbrauchsanteil von 97 % erreicht werden. Lässt man einen niedrigeren Eigenverbrauchsanteil zu, so kann eine höhere PV-Leistung installiert werden.

In vielen Betrieben ist mittlerweile eine Parität zwischen Fremdstromarbeitspreis und Vergütung nach EEG erreicht oder man steht kurz davor. Damit braucht man eine EEG-Vergütung nur noch für die Zeiträume, in denen ein Überschuss an PV-Strom vorliegt, der ins Netz eingespeist wird. Solange es eine Vergütung nach EEG noch gibt, sollte man darauf nicht verzichten, denn der Anspruch bleibt für 20 Jahre erhalten.

## **5 Wirtschaftlichkeit PV bei Eigenverbrauch**

Die Wirtschaftlichkeit ist auf der einen Seite von der Vergütung des erzeugten Stromes und natürlich von den Gestehungskosten für die PV-Anlage abhängig.

### **5.1 Erlöse**

Wer in diesem Jahr eine PV-Anlage errichtet, erhält über das EEG in Abhängigkeit vom Inbetriebnahmedatum eine feste Vergütung für dieses Jahr und weitere 20 Jahre des Betriebes. Bei einer Inbetriebnahme im Juli erhält man z.B. noch 12,75 ct/kWh bei einer Anlagengröße zwischen 40 kWp und 1 MWp (Dachanlage). Der Fremdstromarbeitspreis liegt in vielen Fällen heute schon höher. Wenn der PV-Strom also Fremdstrom substituiert anstatt ins Netz eingespeist zu werden, verdient man die Differenz zusätzlich. Während nach EEG 20 Jahre eine gleichbleibende Vergütung gezahlt wird, profitiert man im Falle von Eigenverbrauch von den steigenden Fremdstromarbeitspreisen. Damit kann mehr als ein Inflationsausgleich erreicht werden.

### **5.2 Betriebskosten**

Hierunter fallen die Kosten der Finanzierung (Kreditzinsen), Versicherungsprämien für Elektronik- und Betriebshaftpflichtversicherung sowie Wartung, Reparaturen und Reinigung.

Die Zinsen sind derzeit auf einem historischen Tiefstand. Zusätzlich gibt es über die KfW-Bank zinsgünstige Kredite für spezielle Investitionen in Energieeffizienz und für den Einsatz von regenerativen Energien, u.a. für die Errichtung von PV-Anlagen. Der Kredit (bis zu 100 % Fremdkapital) wird über die Hausbank beantragt. Die übliche Laufzeit liegt bei 10 Jahren mit einem tilgungsfreien Anlaufjahr.

Trotz der fortschreitenden Kostendegression bei PV-Anlagen handelt es sich um hochwertige Güter, die auf den Dächern installiert werden. Eine Elektronikversicherung in Form einer Allgefahrenversicherung (Sturm, Hagel, Überspannung, Vandalismus u.s.) ist unabdingbar, heute aber deutlich günstiger als noch vor wenigen Jahren. Wenn Dritte (Kunden, Personal) gefährdet werden können, sollte unbedingt zusätzlich eine Be-

triebshaftpflichtversicherung für die PV-Anlage abgeschlossen werden. Wartung und Reparaturen betreffen fast ausschließlich die Wechselrichter. Hierfür sollten Rücklagen angelegt werden. Während der Produktgarantiezeit von 5 Jahren werden schadhafte Geräte kostenlos repariert oder ausgetauscht.

Im Laufe der Zeit verschmutzen die Module in Abhängigkeit vom Standort und der Neigung der Module. Eine regelmäßige, professionelle Reinigung hilft, den Wirkungsgrad hoch zu halten.

### 5.3 Investitionskosten

Die Investitionskosten für PV-Anlagen sind nahezu entsprechend einer theoretischen Lernkurve gefallen. Die Daten werden regelmäßig in der Fachzeitschrift Photon veröffentlicht. Die Werte für 2013-2018 wurden prognostiziert.



Abbildung 9: Entwicklung der PV-Gestehungskosten

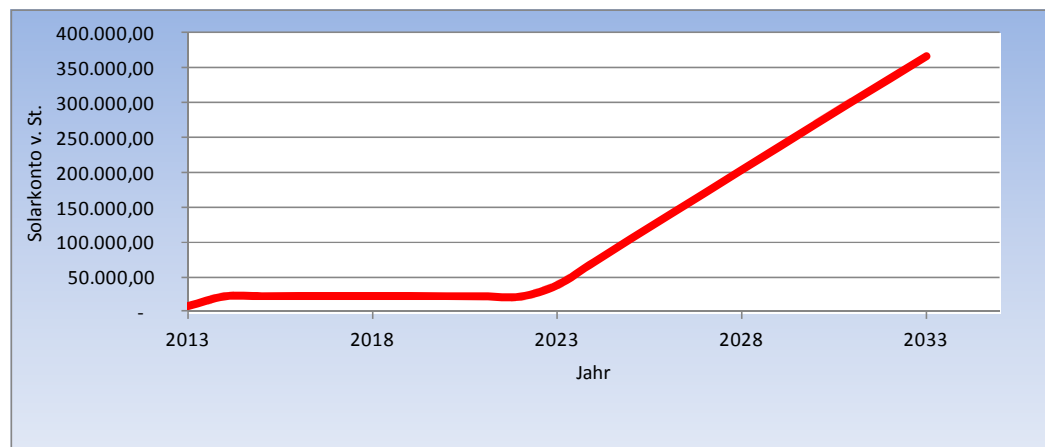
Heute liegen die Komplettkosten für große Anlagen zwischen 1.100 und 1.600 €/kWp.

### 5.4 Wirtschaftlichkeit

Bei dem zugrundeliegenden Projekt beträgt die installierte Leistung rd. 180 kWp. Damit können bei der geographischen Lage und der Modul-anordnung knapp 160.000 kWh/a (Ost-/West-Anordnung) gewonnen werden. Die Gewinnung fällt überwiegend in die Hochtarifzeit und deckt

sich weitgehend mit dem betrieblichen Strombedarf. Etwa 90 % des PV-Stromes können so im Betrieb genutzt werden, der Rest wird nach EEG ins Netz des Netzbetreibers eingespeist. Bei einer Inbetriebnahme bis Ende Juli 2013 und einer angenommenen Preissteigerung des Fremdstromarbeitspreises in Höhe von 3 %/a über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ergibt sich ein mittlerer PV-Stromerlös in Höhe von 22 cts/kWh. Dem steht eine EEG-Vergütung von nur 12,8 cts/kWh gegenüber.

Würde man die Erlöse und Einsparungen abzüglich aller Kosten (Finanzierung, Versicherung, Rücklagen) auf ein Solarkonto einzahlen, so würde sich bei reiner Fremdfinanzierung nach 20 Jahren bereits ein Kontostand in Höhe von > 380.000 € ergeben. Würde man einen Eigenkapitalanteil in Höhe von 10 % investieren, so würde der Kontostand auf > 410.000 € steigen. Die Rendite auf das Eigenkapital läge dann bei knapp 14 % p.a.



**Abbildung 10: Kapitalentwicklung PV-Anlage (Beispiel)**

Wenn nach Ablauf von 20 Jahren der Fremdstromarbeitspreis bei 30 cts/kWh liegt – das entspricht einer jährlichen Preissteigerung von 3 % - kann die Anlage bis zum Ende ihrer Lebensdauer noch viel Geld verdienen. Man geht heute von Nutzungsdauern zwischen 30 und mehr als 40 Jahren aus, das sind zusätzliche Einnahmen in Höhe von 300.000 bis über 600.000 €.

## 6 Zusammenfassung

Der netzparallele Betrieb von PV-Anlagen in der Grundlast von Brauereien stellt sich außergewöhnlich gut dar. Voraussetzung ist die richtige Dimensionierung der Anlage, so dass der erzeugte PV-Strom zum größten Teil im Betrieb verbraucht wird. Nur ein geringer Anteil fällt dann als Überschuss an und wird in das Netz des Netzbetreibers eingespeist. Die Vergütung für den Überschussstrom erfolgt nach EEG. Diese Vergütung wird derzeit monatlich abgesenkt. Im Gegenzug ist aber damit zu rechnen, dass die Arbeitspreiskosten für Fremdstrom weiterhin ansteigen werden, so dass die Einsparungen beim Fremdstrombezug dies mehr als kompensieren.

Wenn die Weiterentwicklung von Stromspeichern fortschreitet und diese zu angemessenen Preisen erhältlich sind, eröffnet sich auch die Möglichkeit, größere Leistungen zu installieren und aus dem gespeicherten Tagesertrag zumindest teilweise den Strombedarf in der Nacht zu decken. So könnte der Eigenbedarfsanteil noch deutlich erhöht werden.

Für Brauereien und für alle ähnlich strukturierten Industriebetriebe gilt deshalb: Es lohnt sich mehr denn je, vorhandene Dachflächen im richtigen Maß für PV-Anlagen zu nutzen. Eine EEG-Vergütung dürfte nur noch für Freiflächenanlagen langfristig sinnvoll sein.

Dr.-Ing. Georg F. Schu

IGS – ESI GmbH – SSE GmbH Solare Stromerzeugung



## 7 **Literaturverzeichnis**

n.n. (2012). *Enerneuerbare-Energien-Gesetz*. BGBl I S. 2730.

Quaschnig, P. D.-I. (2011). *Photovoltaische Solarenergie*. Kloster Banz.

## 8 Verzeichnis der Abbildungen

Nr.	Bezeichnung	Seite
	Abbildung 1: Entwicklung des Zubaus an installierter PV-Leistung (Quaschnig, 2011) .....	5
	Abbildung 2: Entwicklung der EEG-Vergütung, Dachanlage, 100 kWp .....	5
	Abbildung 3: Entwicklung der EEG-Umlage .....	6
	Abbildung 4: Zusammensetzung des Strompreises 2013 .....	7
	Abbildung 5: Entwicklung des Arbeitspreises in einer Brauerei .....	7
	Abbildung 6: Vergleich Modulausrichtung (Sommertag) .....	9
	Abbildung 7: Jahreslastgang einer Brauerei und zugehöriger PV-Anlage .....	11
	Abbildung 8: Sommerlastgang und PV-Anlage (5 Wochen) .....	12
	Abbildung 9: Entwicklung der PV-Gestehungskosten .....	14
	Abbildung 10: Kapitalentwicklung PV-Anlage (Beispiel) .....	15