



2014

Dimensionierung einer Photovoltaik-Anlage mit maximaler Eigenstromnutzung



Quelle: Wikipedia



Inhaltsverzeichnis

Dimensionierung einer PV-Anlage mit maximaler Eigenstromnutzung

1. Grundlage	3
2. Bestandsaufnahme	3
2. Dimensionierung.....	4
Schritt 1:.....	4
Schritt 2:.....	5
Schritt 3:.....	6
3. SIMULATION der VARIANTEN	6
Variante 1: Eigenkapitalfinanzierung.....	7
Variante 2: 100% Fremdkapitalfinanzierung.....	10
Variante 3: Die PV-Anlage wird "gemietet".....	11

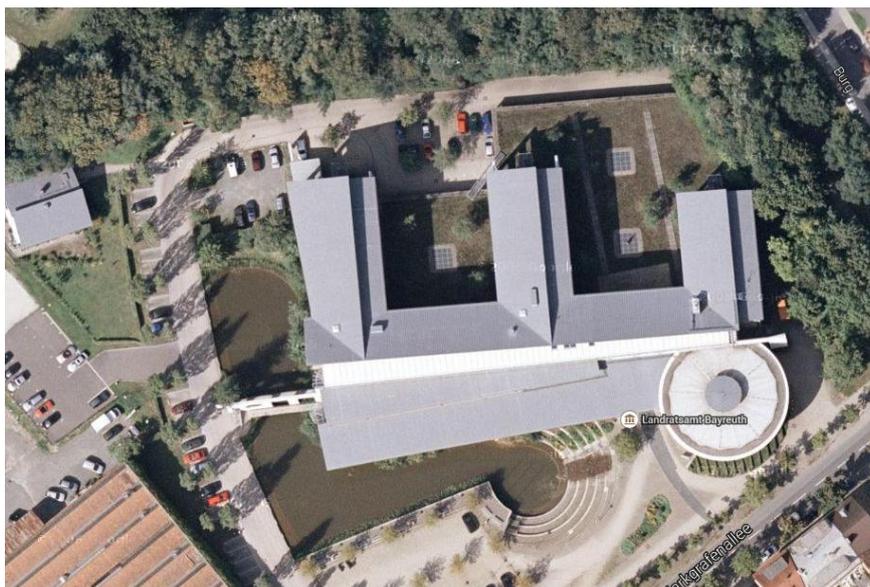
1. Grundlage

Im Rahmen der Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes für den Landkreis Bayreuth wurde seitens der Energieagentur Nordbayern GmbH eine „Dimensionierung einer Photovoltaik-Anlage mit maximaler Eigenstromnutzung“ angeboten und dies als exemplarisches Beispielprojekt beauftragt. Es wurde mit dem Landratsamt Bayreuth abgestimmt, dass für diese Untersuchung das Gebäude des **Landratsamts Bayreuth** herangezogen werden soll.

Das Landratsamt Bayreuth möchte eine Empfehlung zur Dimensionierung und Kosteneinschätzung einer PV-Anlage. Diese soll vermutlich im Sommer 2014 auf den Dächern bzw. Vordächern des Landratsamtsgebäudes in der Markgrafentallee 5, 95448 Bayreuth installiert werden und eine weitgehend 100%ige und damit von EEG-Vergütungszahlungen fast unabhängige wirtschaftliche gebäudliche Direktnutzung des erzeugten PV-Stromes ermöglichen.

2. Bestandsaufnahme

Die Bestandsaufnahme des Gebäudes des Landratsamtes Bayreuth wurde anhand von Plänen und Luftbildern durchgeführt.



Luftbild vom Landratsamt Bayreuth

(Bildquelle: Google Maps)

Zu Grunde liegende Daten:

- Dachansichten des LRA-Gebäudes von allen Seiten mit Bemessungen
- Stromlastprofil des Gebäudes aus dem Jahr 2012

(dies entspricht dem Reststrombezugsbedarf unter Berücksichtigung des ca. 3000 h pro Jahr laufenden BHKWs zur vorrangigen Eigenstromversorgung)

Annahme:

- Strom-Bedarfs-Lastprofil für 2014 und die folgenden Jahre ähnlich wie 2012.

2. Dimensionierung

Schritt 1:

Von den zur Verfügung stehenden grundsätzlich solargeeigneten West/Ost und Süddächern wurden die beiden süd-südöstlichen Vordächer vorausgewählt.

Begründung: Das tägliche Solarstromerzeugungprofil - Stromerzeugungsspitzen um die Mittagszeit, kleine Verschiebung durch die leichte Ost-Ausrichtung der PV Anlage zum späten Vormittag hin - deckt sich sehr gut mit dem Tageslastprofil des Landratsamt-Gebäudes. Dieses ist gekennzeichnet durch hohe Bedarfslasten werktags von ca. 7 bis 18 Uhr mit etwas stärkerer Überhöhung am Vormittag (siehe untenstehende Grafiken).

Tageslastprofile der Bedarfslasten Strom von 0-24h nach Jahreszeiten abzügl. der Leistung des BHKW im Gebäude LRA Bayreuth:

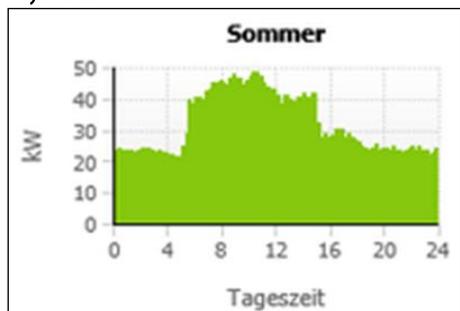


Abb. 1 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h im Sommer



Abb. 2 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h in der Übergangszeit



Abb. 3 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h im Winter

Da bei den obigen Abbildungen der Reststrombedarf als Tagesprofil dargestellt wird, ist der Bedarf bei Nutzung des BHKWs im Winter geringer als zu den Zeiten, in denen das BHKW nicht läuft.

Luftbildaufnahmen mit eingezeichneten möglichen PV-Anlagen¹:



Abb. 4: 400 qm PV Anlage (für bis zu 60 kWp) und



Abb. 5 180 qm PV Anlage (für bis zu 25 kWp)

Fazit zu den obigen Abbildungen: Maximal wären 85 kW_{peak} PV Anlagen möglich

Schritt 2:

Um eine annähernd 100% PV- Eigenstromquote zu erreichen, und um den Finanzierungsaufwand zu begrenzen wurde in der weiteren Betrachtung auf das obere Vordach (Abb. 5) verzichtet, da bei einer ca. 80 kW Anlage zu viele mit geringer EEG Vergütung bezahlte Überschüsse erzielt worden wären bei "nur" ca. 80% Eigenverbrauchsquote.

¹ Quelle: google.de/maps und eigene Darstellung

Schritt 3:

Die PV Ertrags- und Eigenverbrauchssimulation für eine

- 60 kWp Anlage,
- 15 Grad Modulneigung (dachparallele Installation),
- Süd-SüdOst (SSO) Ausrichtung, unverschattet,
- Solarstrahlungs-Standortdaten Nürnberg (Bayreuth ist fast identisch)²

3. SIMULATION der VARIANTEN

Für die durchgeführte Simulation wurde ein sogenanntes polykristallines "Demo-Modul" von SMA verwendet sowie die programmgemäß vorgeschlagenen passenden Wechselrichter.

Ergebnis der Simulation:

Simulation PV Eigenverbrauchsquote: ca. 92 Prozent

Autarkiegrad (vom Restrombedarf): ca. 27 Prozent

Zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

Die Kosteneinschätzung pro kWp installierter Leistung beträgt ca. 1400.-€ netto, zuzüglich 19% Umsatzsteuer (= 1666 €/kW_p) Dies entspricht einem mittleren Marktpreis, für den hochwertige Anlagekomponenten und Installationsqualität gemäß gültiger Euro- und DIN/VDE Normen erbracht werden kann (insbesondere die DIN EN 62446 zur Prüfung der Anlage bei Inbetriebnahme sowie den Anforderungen an die Systemdokumentation für den Kunden).

Daraus ergeben sich vermutliche Gesamtinvestitionskosten: ca. 99.960 € netto (60kW x 1400€ x 1,19)

Wirtschaftlichkeitsvorausschau bei Inbetriebnahme Juli 2014:

- 1000 kWh PV Ertrag/kW_{peak} *a, Moduldegradation 0,25%/a

- EEG-Vergütung³ für eingespeisten Strom: 11,89 Ct/kWh

- angenommener (Rest-)Strombezugspreis 2014: 19 Ct netto/kWh⁴ (22,61 Ct brutto)

Anmerkung:

Der Brutto-Strombezugspreis sind die anzusetzenden vermeidbaren Stromkosten, da bei fehlender Option zur Umsatzsteuerbefreiung - wie hier bei einem Landkreis - auch keine Umsatzsteuerpflicht für PV Strom besteht.

In Abhängigkeit der Größe einer PV Anlage werden Nebenkosten angesetzt. Diese enthalten z. B. Wartung, Versicherung, Zählerkosten und Reparaturrückstellungen. Auf Grund der hier betrachteten Anlage (20-100kW) werden jährliche Neben-

² www.sunnydesignweb.com

³ bei Annahme 1,4% monatliche Degression bis April, danach 1%/Monat

⁴ incl. Stromsteuer, Umlagen und Abgaben

kosten/Betriebskosten in Höhe von 2% der Investitionssumme angesetzt, gleichzeitig eine 2% Kostensteigerung pro Jahr (z. B. steigende Löhne oder Versicherungsbeiträge) und eine angenommene Strompreissteigerung (Strombezugspreis) von 2%/a (bis 2034).

Hauptmerkmale der Anlage	
Art der Anlage	Dachanlage
Anlagengröße	60,00 kWp
Inbetriebnahme	07 / 2014
Ø Stromertrag p.a.	1.000 kWh/kWp
Grundlage der Einspeisung	nach Novellierung dt. EEG (ab 1.4.2012)
Planungszeitraum	20 Jahre + Erstjahr

Abb. 6 Hauptmerkmale der Anlage

Bei der simulierten Anlage handelt es sich um eine Aufdachanlage mit 60 kW_{peak} und einem durchschnittlichen Stromertrag von 1.000 kWh pro kW_{peak}. Die Berechnung der Anlage erfolgte auf Basis des EEG 2012 mit der Annahme einer Inbetriebnahme im Juli 2014.

Variante 1: Eigenkapitalfinanzierung

Resultat: (siehe Abbildungen) Kapital-Rendite ca. 10,8% pro Jahr (vor Steuern)

Amortisationszeit des Kapitals: 7,5 Jahre⁵

Stromproduktion - Netzeinspeisung und Eigenverbrauch		
	erstes volles Jahr	gesamte Laufzeit
Stromproduktion gesamt	60.000 kWh	1.196.176 kWh
Stromeinspeisung Netz	4.800 kWh	69.474 kWh
Eigenverbrauch/-vermarktung	55.200 kWh	1.126.702 kWh
Preis je kWh Netzeinspeisung	11,89 ct/kWh	11,89 ct/kWh
Preis je kWh Eigenverbrauch/-vermarktung	23,06 ct/kWh	27,91 ct/kWh

Abb. 7 Stromproduktion, Netzeinspeisung, Eigenverbrauch Variante 1

⁵ Berechnung mit "PV Kalk", www.pvkalk.de

Rückflüsse aus der Investition		
	erstes volles Jahr	gesamte Laufzeit
Stromerträge Netzeinsp.	571 €	8.261 €
Eigenverbrauch/-vermarktung	12.730 €	314.446 €
vermarktungsabh. Kosten	- 100 € -	2.050 €
individuelle Posten, Arbeit	- €	- €
laufende Kosten	- 1.550 € -	38.431 €
Kapitaldienst	- €	- €
Verzinsung Kapitalkonto	43 €	24.680 €
Rückfluss vor Steuern	11.693 €	306.907 €
Gewerbesteuer	- 938 € -	28.994 €
Einkommensteuer	- 12 € -	6.910 €
Rückfluss nach Steuern	10.743 €	271.003 €
eingesetztes Eigenkapital	-	99.960 €
effektiver Überschuss		171.043 €

Abb. 8 Rückflüsse aus der Investition Variante 1

Renditekennzahlen	
Rendite der gesamten Anlage (=Gesamtkapitalrendite)	10,8% p.a.
Rendite auf das Eigenkapital	10,8% p.a.

Stromgestehungskosten	
Stromgestehungskosten bei einem Kapitalkostenansatz (WACC) von	15,50 ct/kWh 4,0% p.a.

Abb. 9 Rendite Variante 1

In unten stehender Graphik wird die statische Amortisationszeit des Kapitals graphisch dargestellt. Sie beläuft sich auf ca. 8 Jahre, Überschuß nach 20 Jahren: ca. 178.000 €.

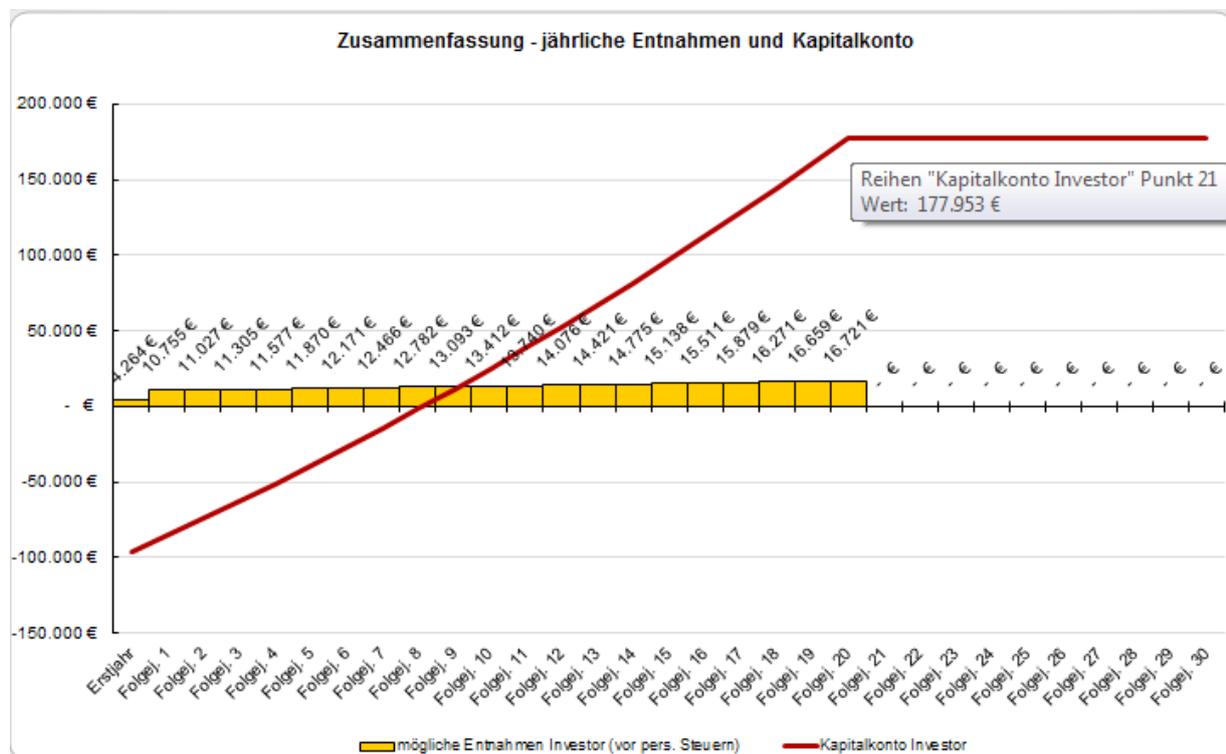


Abb. 10 Amortisationszeit Variante 1

Variante 2: 100% Fremdkapitalfinanzierung

Die Fremdkapitalfinanzierung erfolgt hier über einen "Kommunalkredit" mit aktuell 1,8% effektiv-Zinssatz bei einer Laufzeit von 10 Jahren mit 2 tilgungsfreien Anlaufjahren⁶

Resultat: (siehe Abbildungen) Kapital-Rendite nicht relevant, da kein Eigenkapitalansatz

Liquiditätsüberschuss nach 20 Jahren (Summe aus Stromkosteneinsparungen und EEG Vergütungszahlungen): ca. 180.000 €.

Berechnung mit "PV Kalk", www.pvkalk.de⁷

Investitionskosten und Finanzierung		
Investition / Mittelverwendung		
PV-Anlage	100%	99.960,00
Speichertechnik		-
Leistungsanschluss		-
Summe		99.960,00
Finanzierung / Mittelherkunft		
Eigenkapital		-
Darlehen 1	100%	99.960,00
Darlehen 2		-
Restfinanzierung		-
Summe		99.960,00

Konditionen der Finanzierung		
	Darlehen 1	Darlehen 2
Laufzeit	10 Jahre	
Tilgungsfreie Jahre	2 Jahre	
Zinssatz nominal	1,80%	
Auszahlung zu	100%	
Darlehen 3 beinhaltet eine individuelle Finanzierung.		

Abb. 11 Konditionen der Finanzierung Variante 2

⁶ www.kfw.de

⁷ Berechnung mit "PV Kalk", www.pvkalk.de

In der Grafik unten ist dargestellt, dass sich der Überschuss nach 20 Jahren auf ca. 180.000 € beliefte.

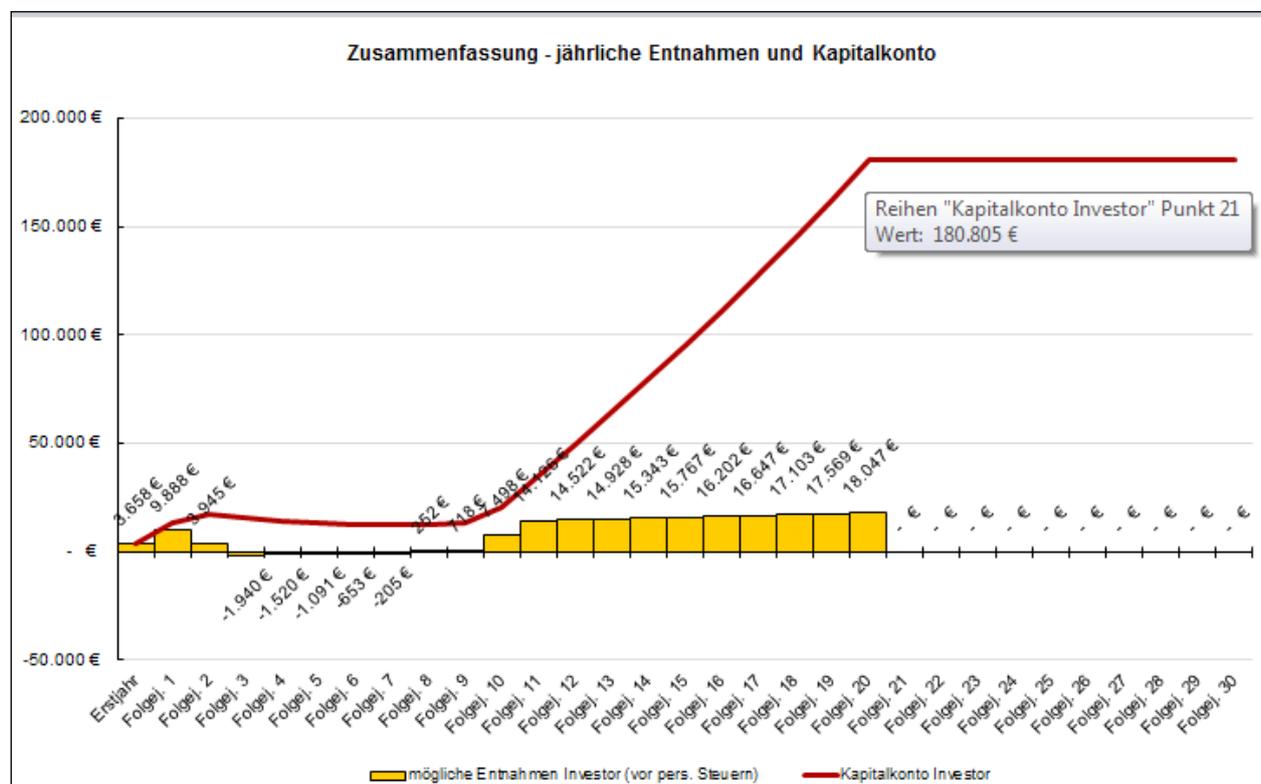


Abb. 12 Überschuss nach 20 Jahren Variante 2

Variante 3: Die PV-Anlage wird "gemietet"

Die PV-Anlage wird "gemietet" zum Nutzungszweck der Stromkostenminderung.

Dies erfolgt seitens des LRA ohne Einsatz von Eigenkapital, das LRA wird allerdings zum Betreiber der PV Anlage und erhält die Überschussvergütungen vom Verteilungsnetzbetreiber ausgezahlt.

Ansatz: Der PV - Investor - beispielsweise eine fränkische BürgerEnergiegenossenschaft - erwartet als Teil 1 der Mietzahlung umgerechnet 17 Ct/kWh netto Verkaufspreis für jede im Gebäude direkt genutzte kWh PV-Strom. Die Überschussvergütung wird als Teil 2 der Mietzahlung an den Investor weitergereicht. Der Investor erzielt damit ca 7% Kapitalrendite. Das LRA spart pro kWh genutztem PV Strom im 1.Jahr 2 Ct pro kWh (19 Ct Bezugsstrompreis abzüglich 17 Ct/kWh PV Strommarktpreis)⁸

⁸ Ein Investor ist im Gegensatz zum LRA (i.d.R.) vorsteuerabzugsberechtigt, muss demnach aber auch für die Vermietung Umsatzsteuer erheben.

Resultat bzgl. der zu erwartenden Stromkosteneinsparungen für das LRA Bayreuth:

Nach 20 Jahren ohne Strompreissteigerungen: 20.900 €

Nach 20 Jahren mit 2%/a Strompreissteigerungen: 63.000 €

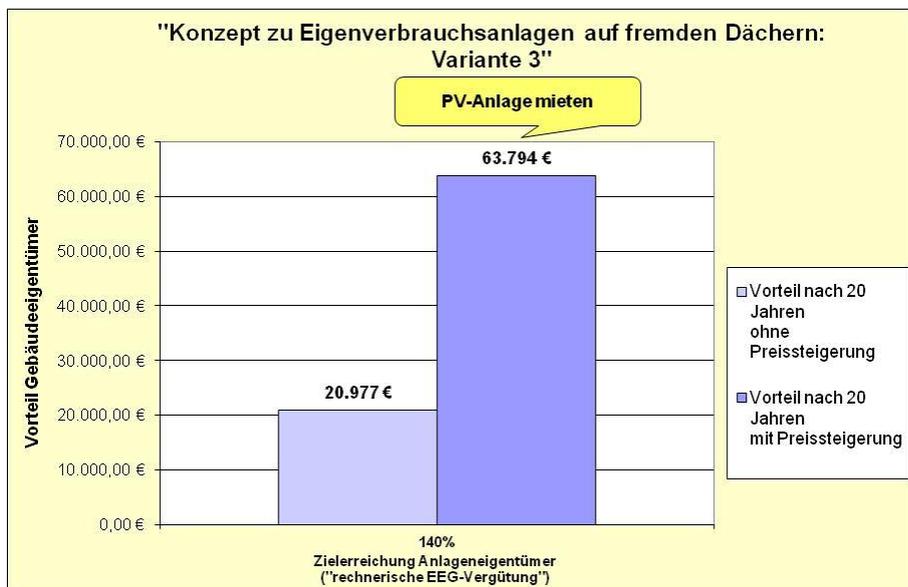


Abb. 13 PV-Anlage Mieten/ Vorteil Gebäudeeigentümer Variante 3

Anmerkung zu allen Varianten:

- Es wird angeraten, eine Realisierung des PV Projektes noch vor 1.8.2014 vorzunehmen, da der Gesetzentwurf für das EEG 2014 bei Neuanlagen (ab 1.8.2014 Inbetriebnahmedatum) eine Eigenverbrauchs-EEG Umlage in Höhe von 50%, derzeit also 3,12 Ct/kWh vorsieht.
- Eine möglichst realitätsnahe Berechnung kann nur auf Basis eines konkreten Angebotes durch eine Solarfirma erfolgen, bestehend aus genau bezeichneten Solarmodulen, Wechselrichtern, Kabellängen und -querschnitten sowie der entsprechenden Verschaltung der Module mit den Wechselrichtern (Stringplan).
- Bei einer Veränderung der BHKW –Auslastung verändert sich auch die Eigenverbrauchsquote sowie die Wirtschaftlichkeit der PV Anlage.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h im Sommer</i>	4
<i>Abb. 2 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h in der Übergangszeit</i>	4
<i>Abb. 3 : Tageslastprofil Rest-Bedarf Strom von 0-24h im Winter</i>	4
<i>Abb. 4 : 400 qm PV Anlage (für bis zu 60 kWp) und</i>	5
<i>Abb. 5 180 qm PV Anlage (für bis zu 25 kWp)</i>	5
<i>Abb. 6 Hauptmerkmale der Anlage</i>	7
<i>Abb. 7 Stromproduktion, Netzeinspeisung, Eigenverbrauch Variante 1</i>	7
<i>Abb. 8 Rückflüsse aus der Investition Variante 1</i>	8
<i>Abb. 9 Rendite Variante 1</i>	8
<i>Abb. 10 Amortisationszeit Variante 1</i>	9
<i>Abb. 11 Konditionen der Finanzierung Variante 2</i>	10
<i>Abb. 12 Überschuss nach 20 Jahren Variante 2</i>	11
<i>Abb. 13 PV-Anlage Mieten/ Vorteil Gebäudeeigentümer Variante 3</i>	12

Dieser Bericht ist ein exemplarisches Beispielprojekt als Teil des integrierten Klimaschutzkonzeptes des Landkreises Bayreuth. Gefördert im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestags (Förderkennzeichen 03KS3828).

