

Erzeugungsprofile, Lastprofile und betriebswirtschaftliche Analyse kleiner PV-Systeme zur direkten Deckung des Eigenverbrauchs

Max Heißwolf ⁽¹⁾, Natalie Stut ⁽¹⁾, Andreas Boschert ⁽¹⁾, Theresa Liegl ⁽¹⁾, Mike Zehner ⁽¹⁾,
Bodo Giesler ⁽¹⁾, Björn Hemmann ⁽²⁾, Ralf Haselhuhn ⁽³⁾,

⁽¹⁾ Hochschule Rosenheim, Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften
Arbeitsgruppe PV-Systeme im Forschungszentrum Energie- und Gebäudetechnologie

Hochschulstraße 1, D-83024 Rosenheim, Tel.: +49 (0)8031 805-2400

⁽²⁾ Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Landesverband Franken e.V.

Fürther Straße 246c, D-90429 Nürnberg, Tel.: +49 (0)911 376-516-30

⁽³⁾ Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Landesverband Berlin Brandenburg e.V.

Erich-Steinfurth-Straße 8, D-10243 Berlin

Im März 2012 forderte der aktuelle Außenminister Sigmar Gabriel bei der großen Solarde-
monstration vor dem Berliner Reichstag, dass Mieter endlich ihren eigenen Strom produzie-
ren können und somit auch wirtschaftlich an der Energiewende teilnehmen können. Die nicht
erfreuliche Entwicklung für eine Belieferung an Dritte durch PV-Strom kam sogleich mit dem
EEG 2014. Seitdem ist es für den einzelnen Mieter aufwendiger geworden, seine eigene
Energiewende voranzutreiben [1]. Doch für diese Hinderungsgründe gibt es eine Lösung –
kleine PV-Systeme, sogenannte Guerilla-PV oder Bürger-PV-Anlage, welche ohne EEG-
Vergütung betrieben, einfach im Haus eingesteckt werden und als einziges Ziel den vollstän-
digen Eigenverbrauch in der Wohnung forcieren. Diese Systeme befinden sich jedoch aktuell
in einer rechtlichen Grauzone, da sie direkt in der Hausanlage angeschlossen werden und
die Anmeldung der Anlagen beim örtlichen Netzbetreiber in den meisten Fällen „vergessen“
wird. Ebenfalls werden diese Anlagen an untypischen Orten der Wohnung verbaut, z.B. auf
der Terrasse, am Balkongeländer oder neben dem Dachfenster, was geringere Erträge auf
Grund von Verschattungen oder Ertragsspitzen abseits der Sommermonate zur Folge hat.
Kann dieser Strom nicht direkt in der Wohnung verbraucht werden, kommt es auch bei die-
sen Systemen zu einer Rückspeisung in das öffentliche Stromnetz. Die rechtlichen Konse-
quenzen für Anlagenbetreiber solcher Systeme können noch nicht hinreichend abgeschätzt
werden. Nach Schätzungen der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) betreiben
aktuell 20.000 Menschen Bürger-PV-Anlagen.

Referenzgebäude

Für die Bestimmung von möglichen Installationsorten dieser Systeme wurden aktuelle Ge-
bäudeformen in städtischen Gebieten und an Stadträndern ermittelt. Die Bilder 1 – 3 zeigen
Nachbildungen in PVsol. Neben standardisierten Mehrparteien-Häusern mit Satteldach und
kleinem Balkon pro Partei, konnten drei neuere Bauformen ermittelt werden. Zum einen die
Bauform mit Laternendach (Bild 1), wobei der Raumgewinn meist ein eigenes Stockwerk
darstellt. Einbaumöglichkeiten neben Balkon oder Terrasse bietet hierbei der untere Dach-
vorsatz. Eine zweite Bauform entspricht einem Pultdach, welches meist nach Norden abfällt
und die komplette Gebäudegrundfläche nicht überdeckt (Bild 2). Der freistehende Platz im
Obergeschoss wird meist als Balkon ausgeführt. Durch seine hauptsächliche Ausrichtung
nach Süden und verkleinerten Obergeschoss wird eine längere Einstrahlung am Balkon rea-
lisiert, was bei einer Installation am Balkongeländer von PV-Systemen zu geringeren Ver-
schattungen zu früher bzw. später Stunde führt. Eine dritte mögliche Bauform, welcher vor
allem in innerstädtischen Standorten vorliegt ist ein Wohnblock (Bild 3), meist ausgeführt mit
einem Flachdach oder anderer klassischen Dachform.

Der meiste Einsatz von Bürger-PV-Systemen kann bei kleinen innerstädtischen Wohnungen angenommen werden, weshalb für Ertragssimulationen vor allem der Gebäudetyp Wohnblock näher untersucht wurde. Hierbei wurde der Einbauort an einem Balkongeländer simuliert.

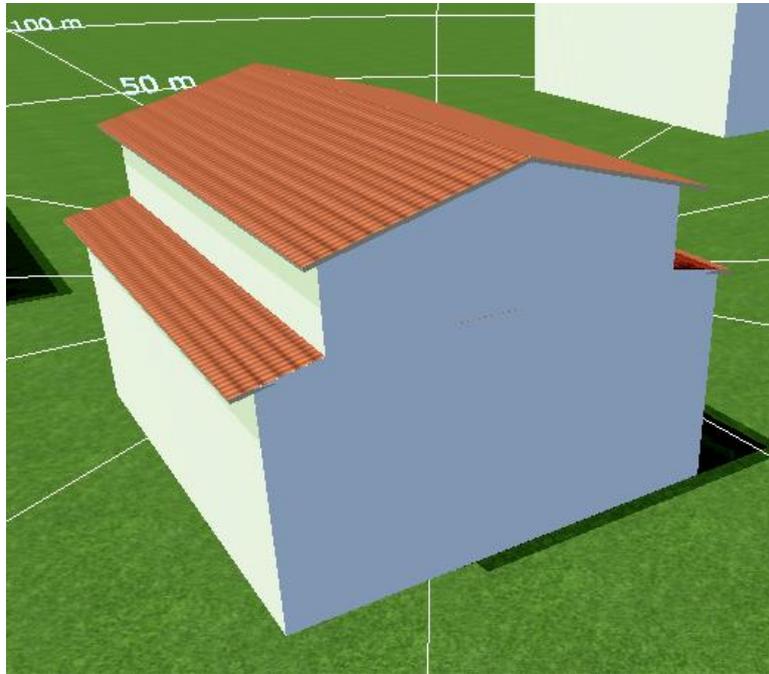


Bild 1: Beispiel eines Referenzgebäudes mit Laternendach, nachgebildet in PVsol. Die untere Dachfläche eignet sich für den einfachen Einbau eines Bürger-PV-Systems

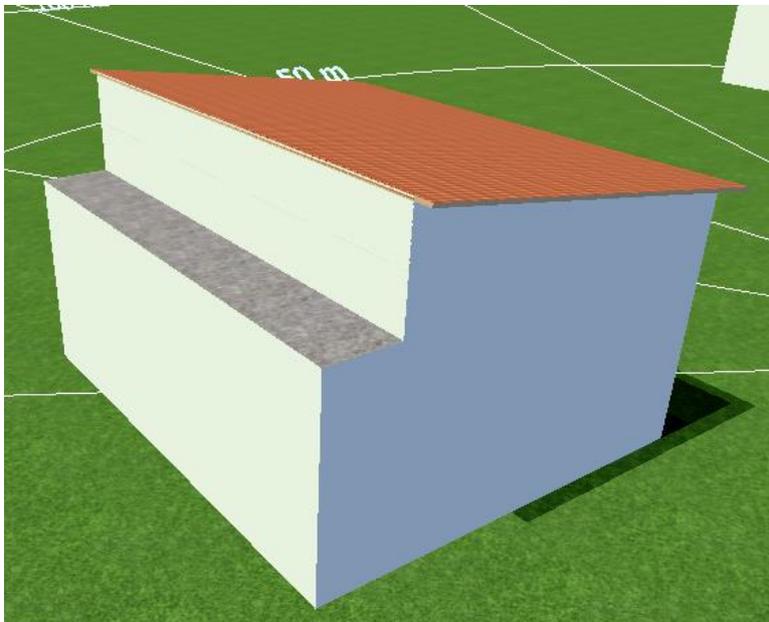


Bild 2: Beispiel eines Referenzgebäudes mit Pultdach und großer Balkonfläche nachgebildet in PVsol. Bei Einbau von Guerilla-Anlagen am Balkongeländer sind längere Sonnenstunden zu erwarten, da die Gebäudekante geringere Verschattungen zu früher/später Stunde verursacht.



Bild 3: Beispiel eines Referenzgebäudes mit Flachdach nachgebildet in PVsol, welches vor allem in städtischen Gebieten vorzufinden ist. Der Einbau einer Guerilla-Anlage wird vor allem am Balkongeländer realisiert. Der Einfluss von Verschattung vor allem bei überliegenden Balkonen ist ausschlaggebend für Ertragsminderungen.

Erträge von Guerilla-Systemen

Für die Ertragsermittlung eines Guerilla-Systems wurde das von DGS vertriebene Produkt „DGS SolarRebell: meine kleine Energiewende“ am Standort Rosenheim simuliert. Dies wurde mit der Software PVsol von Valentin-Software bewerkstelligt. Bei der untersuchten Anlage handelt es sich um ein 250 W System, bestehend aus einem polykristallinen 250 W Modul von Canadian Solar und dem Mikrowechselrichter Letrika Solar Micro Inverter 260.

Zuerst wurde das PV-System validiert. Bei Aufstellung auf der Freifläche konnte ein maximaler Jahresertrag von 273,56 kWh bei einem Azimutwinkel von 180° und einem Neigungswinkel von 36° ermittelt werden. Dies entspricht einem spezifischen Ertrag von 1.094,24 Wh/W. Ändern sich Azimut- und Neigungswinkel, ändert sich entsprechend der Ertrag nach Bild 4. Die Installation am Balkongeländer kann an drei Seiten erfolgen. Zum einen an der Längsseite des Balkons, zum anderen an den beiden kurzen Seiten, welche je um 90° zur Längsseite versetzt sind. Je nach Ausrichtung des Balkons ergeben sich hiermit bessere und schlechtere Einbaubedingungen in Bezug auf den möglichen Jahresertrag. Des Weiteren kann bei Installation an Balkonen der optimale Neigungswinkel von 36° nur selten realisiert werden. Grund hierfür liegt bei möglichen Schnee- und Windlasten, sowie der zusätzlichen Verschattung von teilweise vorhandenen unterliegenden Nachbarbalkonen im Mehrparteienhaus, was zu Belästigungen und Minderakzeptanz des Systems führen könnte. Für die Ertragsermittlung am Balkon wurden aus diesem Grund Neigungswinkel zwischen 70° und 90° untersucht. Die Bilder 6 – 8 listen die normierten Erträge für die drei möglichen Einbausituationen in Abhängigkeit der Ausrichtung und Modulneigung auf. Diese sind folgendermaßen zu beschreiben. Ein Balkon umfasst drei mögliche Geländer. Eines auf der Längsseite des Balkons gegenüber der Balkontür und zwei kurze Seiten links und rechts der Balkontür gelegen. Diese drei Einbausituationen wurden wie folgt festgelegt: Betritt man den Balkon durch die Balkontür, so wird die rechte kurze Seite des Balkons als „Einbausituation 1“, die Längs-

seite gegenüber als „Einbausituation 2“ und die kurze Seite zur linken Hand bei Betreten des Balkons als „Einbausituation 3“ bezeichnet. Bild 5 verdeutlicht dies schemenhaft. Folglich wurde neben unterschiedlichen Neigungswinkeln der Einbauort unterschieden. Die Erträge unterscheiden sich vor allem darin, ob sich oberhalb ein verschattender Balkon befindet oder nicht. Liegt ein Balkon oberhalb vor, so können bei steileren Neigungswinkeln deutlich geringere Erträge erwartet werden.

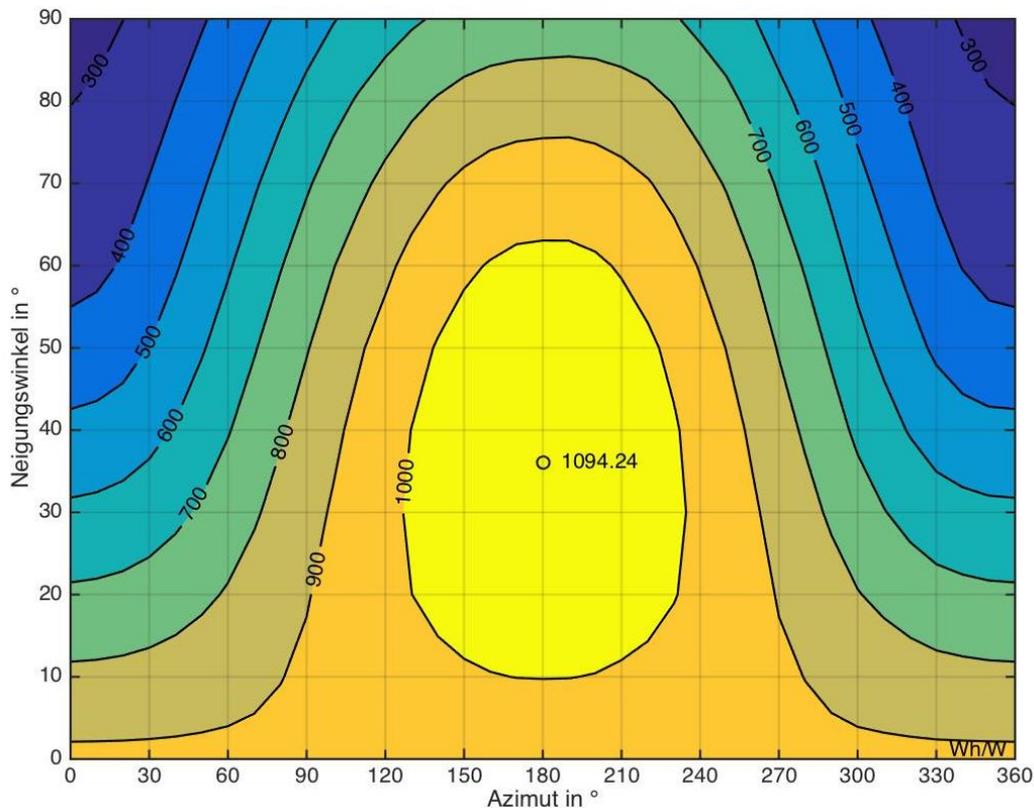


Bild 4: Normierter Ertrag eines 250 W-Systems bei Simulation auf der unverschatteten Freifläche am Referenzstandort Rosenheim gerechnet mit PVsol in unterschiedlichen Modulausrichtungen und Neigungswinkeln (Azimut und Neigung in 10°-Schritten). Die ideale Ausrichtung des Systems liegt bei einem Azimutwinkel von 180° und einem Neigungswinkel von 36°

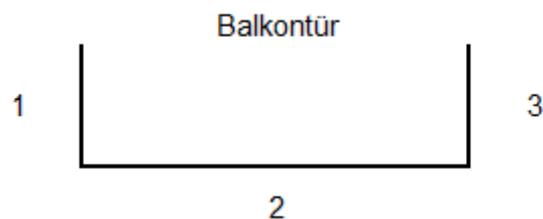


Bild 5: Schematischer Übersichtsplan zur Bestimmung der Einbausituationen. Von der Balkontür gesehen befindet sich Einbausituation 1 auf der rechten kurzen Seite des Balkons, Einbausituation 2 gegenüber der Balkontür auf der Längsseite und Einbausituation 3 auf der linken kurzen Seite des Balkons.

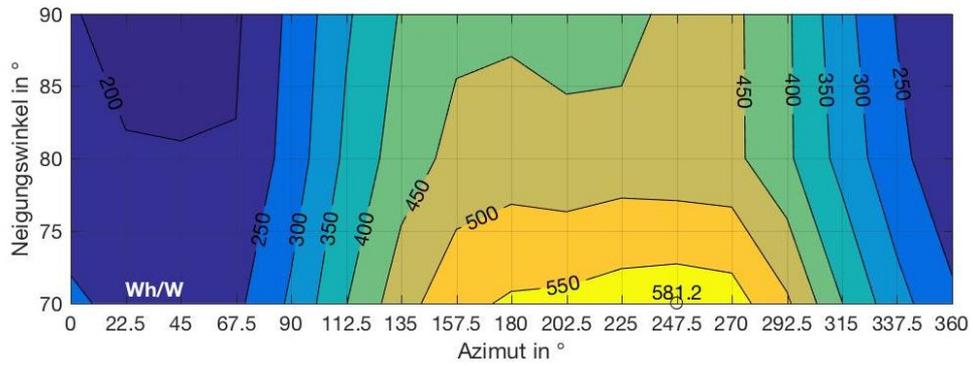
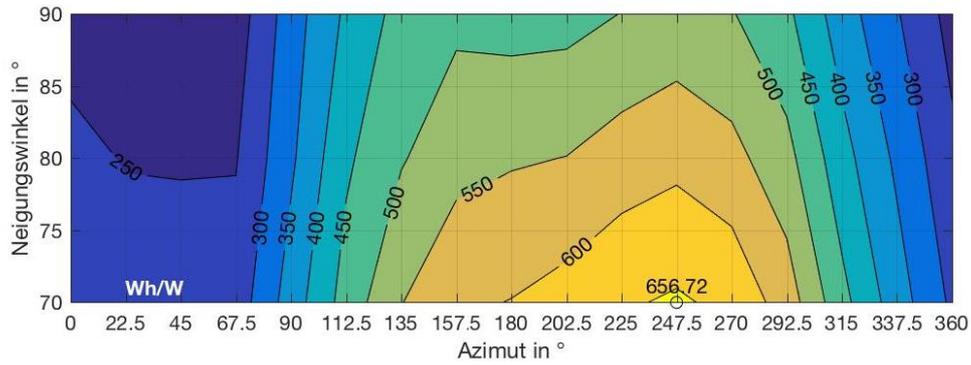


Bild 6: Normierter Ertrag eines 250 W-Systems bei Anbringung in Einbausituation 1 (von Balkontür aus gesehen rechte kurze Seite) im Dachgeschoss (Grafik oben) bzw. 2. Obergeschoss (Grafik unten) in unterschiedlicher Haus- und Modulausrichtung (Azimut in 22,5°-Schritten). Gerechnet wurde der Ertrag mit PVsol für den Referenzstandort Rosenheim.

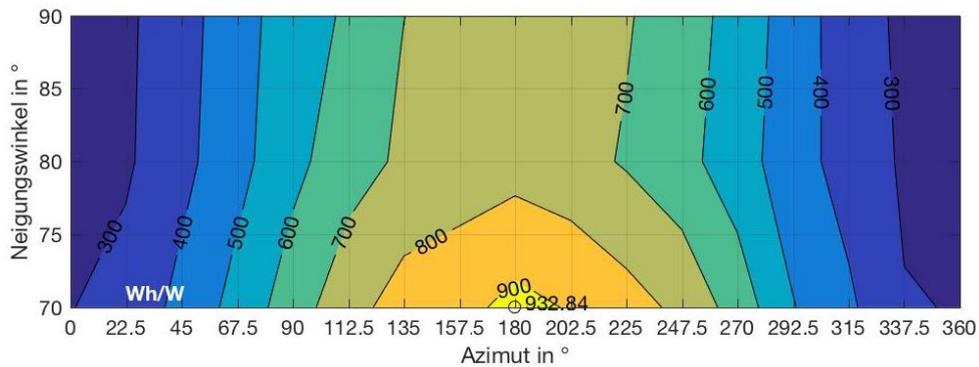
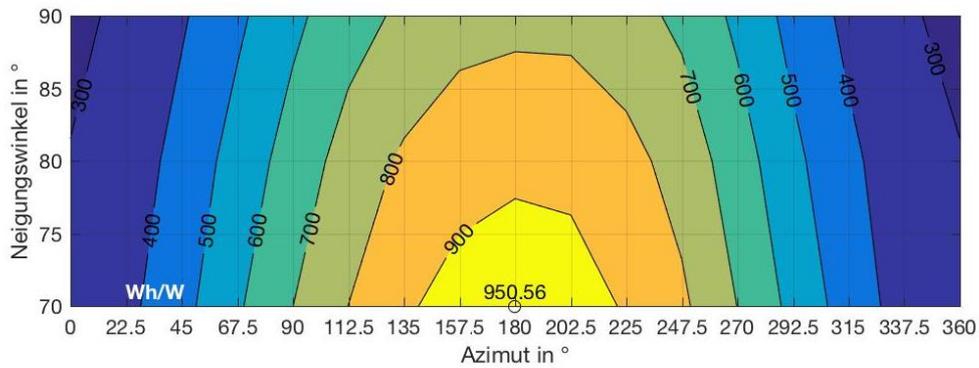


Bild 7: Normierter Ertrag eines 250 W-Systems bei Anbringung in Einbausituation 2 (Längsseite des Balkons) im Dachgeschoss (Grafik oben) bzw. 2. Obergeschoss (Grafik unten) in unterschiedlicher Haus- und Modulausrichtung (Azimut in 22,5°-Schritten). Gerechnet wurde der Ertrag mit PVsol für den Referenzstandort Rosenheim.

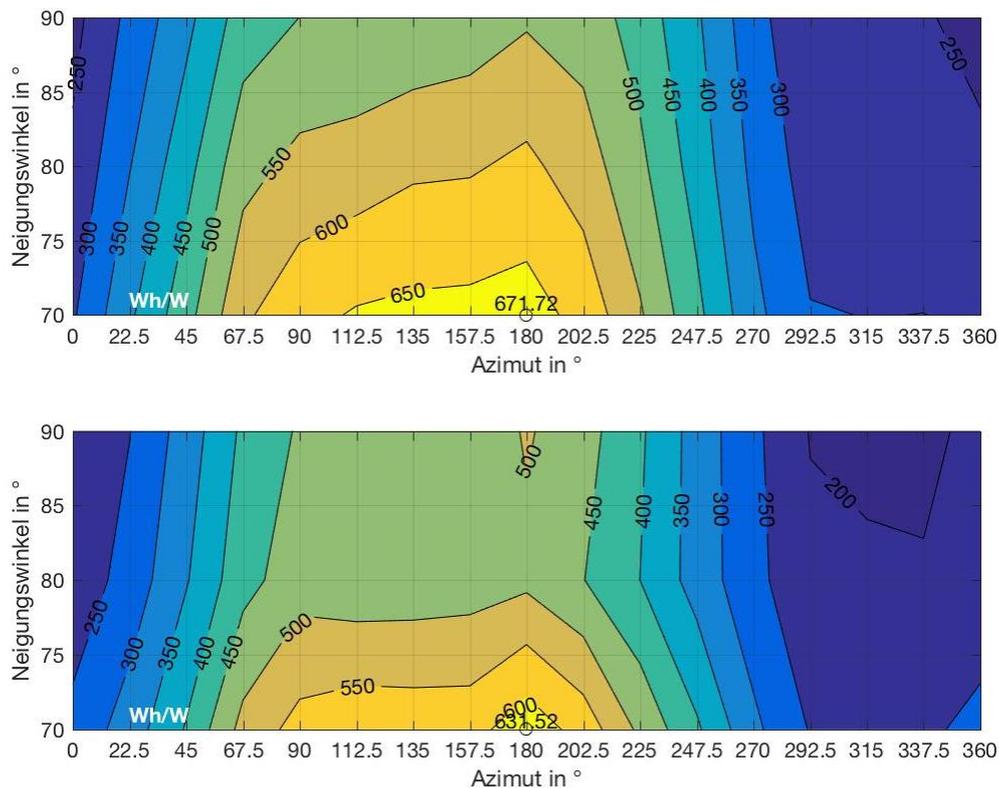


Bild 8: Normierter Ertrag eines 250 W-Systems bei Anbringung in Einbausituation 3 (von Balkontür aus gesehen linke kurze Seite) im Dachgeschoss (Grafik oben) bzw. 2. Obergeschoss (Grafik unten) in unterschiedlicher Haus- und Modulausrichtung (Azimut in 22,5°-Schritten). Gerechnet wurde der Ertrag mit PVsol für den Referenzstandort Rosenheim.

Anhand der grafischen Darstellungen ist deutlich zu erkennen, dass bei Bürger-PV-Systemen die Einflussgrößen auf den Stromertrag nicht nur bei Azimut- und Neigungswinkel des Moduls liegen, sondern auch der Einfluss der Einbausituation starken Einfluss nimmt. So ist eine Ertragsminderung bei überliegendem Balkon sofort erkennbar. Des Weiteren haben die Gebäudeecken einen markanten Einfluss, weshalb ein Einbau mit 70° Modulneigung höhere Erträge über einen weiten Azimutbereich ermöglicht.

Deckung des Eigenbedarfs und mögliche Netzeinspeisungen von Guerilla-Systemen

Anhand der erstellten Flächengrafiken wurden nun 6 Referenzeinbausituationen am Referenzgebäude „Wohnblock“ (Bsp. von Bild 3) minutengenau in PVsol für den Referenzstandort Rosenheim simuliert. Tabelle 1 listet die Referenzeinbausituationen auf. Die minutengenauen Ertragsprofile wurden nun Verbrauchsprofilen gegenübergestellt, um den möglichen Eigenverbrauch zu bestimmen. Für eine exakte Betrachtung sind ebenfalls zu den Einspeiseprofilen hochaufgelöste Lastprofile in minutengenaue Auflösung notwendig, um einzelne Lastspitzen und -senken analysieren zu können, welche in 15-Minutenwerten oder Stundenwerten verloren gehen. Für die Untersuchung wurden vier Lastprofile verwendet, welche mit Hilfe der Software synPro des Fraunhofer ISE erstellt wurden [2] [3]. Tabelle 2 listet die verwendeten Profiltypen auf. Durch gleichzeitige Gegenüberstellung von Erzeugungsleistung und Verbrauchsleistung, konnte das Eigenverhaltensverhalten aufgezeigt werden, welches in Bild 9 am Beispiel eines 4 Personenhaushalts und eines 1 Personenhaushalts dargestellt ist. Durch ziehen einer 1:1-Grenzlinie, welche Erzeugung und Verbrauch zeitgleich und in gleicher Größenordnung ermittelt, wurde aufgezeigt, dass trotz einer kleinen Systemgröße

von 250 W und Verbrauchern mit über 1.500 kWh jährlichem Strombedarf in allen untersuchten Möglichkeiten eine zeitweise Einspeisung in das öffentliche Stromnetz erfolgt. Stellt man alle Referenzeinbauorte den Verbrauchsprofiltypen gegenüber, so ergibt sich eine Einspeisung von 3% bis 29% der erzeugten Strommenge, welche nicht zeitgleich vor Ort verbraucht werden kann. Gerade beim 1-Personenhaushalt werden große Energiemengen verschenkt. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse zur Deckung des Eigenbedarfs in allen Situationen auf.

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Referenzeinbausituationen am Referenzgebäude „Wohnblock“

Nr.	Einbauort (incl. Azimutwinkel des Einbauortes)	Azimutwinkel des Moduls	Neigungswinkel des Moduls
1)	Südbalkon (180°)	180°	90°
2)	Südbalkon (180°)	180°	70°
3)	Ostbalkon (90°)	180°	90°
4)	Ostbalkon (90°)	90°	90°
5)	Westbalkon (270°)	180°	90°
6)	Westbalkon (270°)	270°	90°

Tabelle 2: Verwendete Verbrauchsprofiltypen zur Ermittlung des Eigenverbrauchs von Bürger-PV-Anlagen

Profiltypbezeichnung	Jahresstrombedarf
1 Personenhaushalt (berufstätig)	1.598 kWh
2 Personenhaushalt (berufstätig)	2.461 kWh
2 Personenhaushalt (nicht berufstätig)	3.049 kWh
4 Personenhaushalt (Familie, 2 berufstätig)	5.032 kWh

Für die weitere Optimierung des Eigenverbrauchs wurden als nächstes die Zeiträume untersucht, wann eine Überschusseinspeisung und somit ein Verschicken der erzeugten Energie an das öffentliche Netz stattfindet. Hierbei wurde eine Wahrscheinlichkeit für eine Netzeinspeisung nach gewissen Kriterien (Jahreszeit, Monat und Tagestyp) ermittelt. Es konnte festgestellt werden, dass je nach Verbrauchsprofil und Referenzeinbausituation sowohl bei jahreszeitlicher und monatlicher Unterscheidung, als auch bei einer Unterscheidung in Werktagen und an Wochenenden unterschiedlich hohe Wahrscheinlichkeiten für eine Netzeinspeisung auftreten. Vor allem in den Sommermonaten und an Wochenenden bei 1 Personenhaushalten können in Bild 10 c) Einspeisewahrscheinlichkeiten von deutlich über 80% (bei monatlicher Betrachtung) während der Mittagszeit zwischen 12 Uhr und 14 Uhr über mehrere Minuten beobachtet werden. Dies bedeutet ein Verschicken von erzeugtem Strom an ca. 6,5 Wochenendtagen von 8 möglichen Tagen. Für einen 1 Personenhaushalt ergibt sich somit im Monat August ein Verschicken von über 33% der in diesem Monat erzeugten Energie. Der Einfluss auf das öffentliche Stromnetz durch diese Kleinanlagen ist somit deutlich erkennbar. Erhöht sich zukünftig die Anzahl an Guerilla-Anlagen im Stromnetz, erhöhen sich die Effekte durch Netzeinspeisung der Kleinstanlagen und zeigen sich in der Belastung des örtlichen Niederspannungsnetzes.

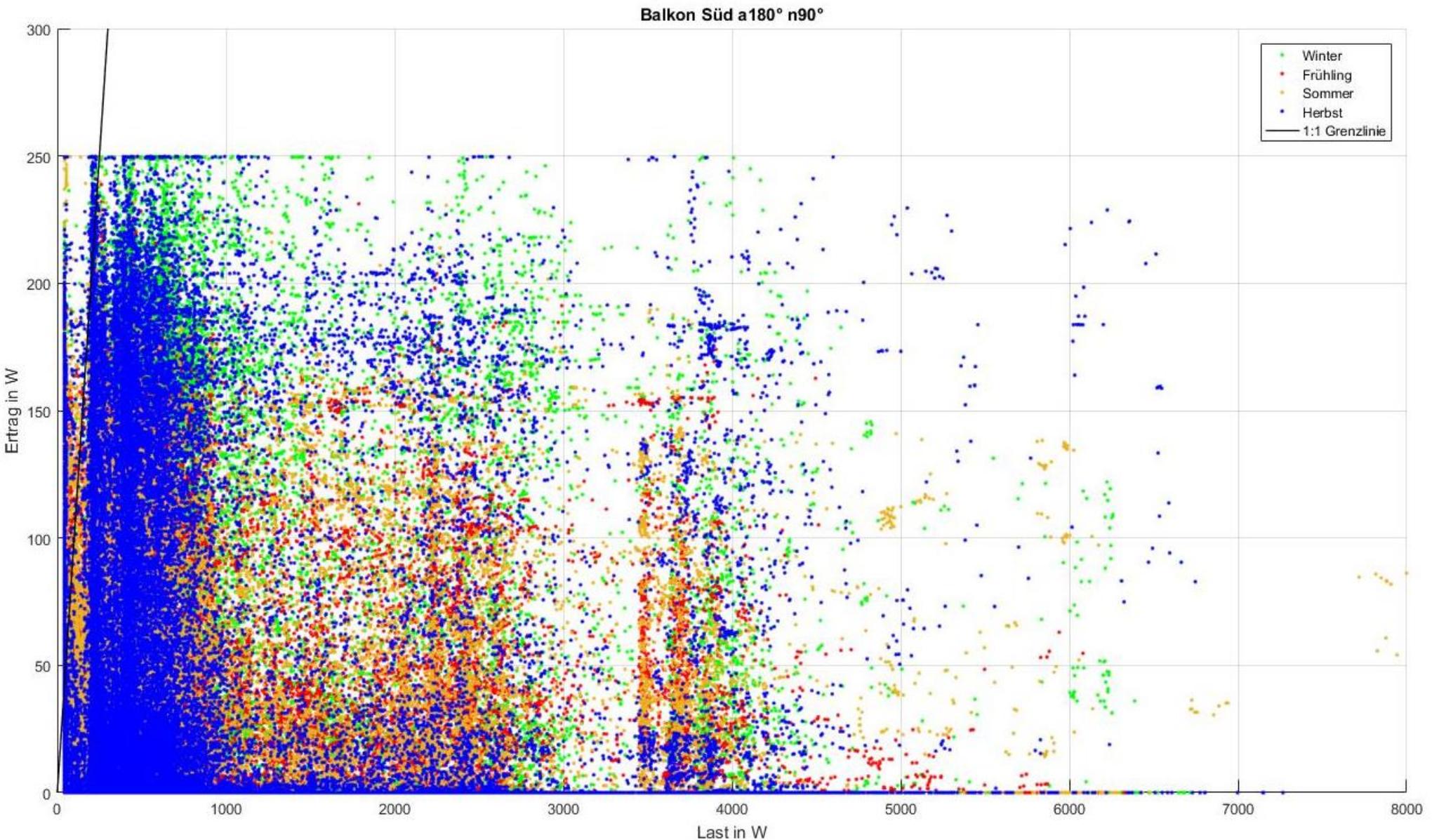


Bild 9 a): Zeitgleiche Gegenüberstellung des Lastprofils einer vierköpfigen Familie mit 5.032 kWh Jahresstromverbrauch und einem 250 W-System (Installationsort: Südbalkon mit Modulazimut 180° und Neigungswinkel 90°) in Abhängigkeit der Jahreszeiten mit 1:1-Grenzlinie. Teile der Punktwolke links oberhalb der Grenzlinie zeigen eine Netzeinspeisung des PV-Systems auf. Diese findet vor allem in den Sommermonaten statt, ist jedoch in jeder Jahreszeit vertreten. Im Vergleich Bild 9 b) kommt es zu geringeren Einspeisungen in das öffentliche Stromnetz. Der Eigenverbrauchsquote des erzeugten Stroms ist höher als beim 1 Personenhaushalt.

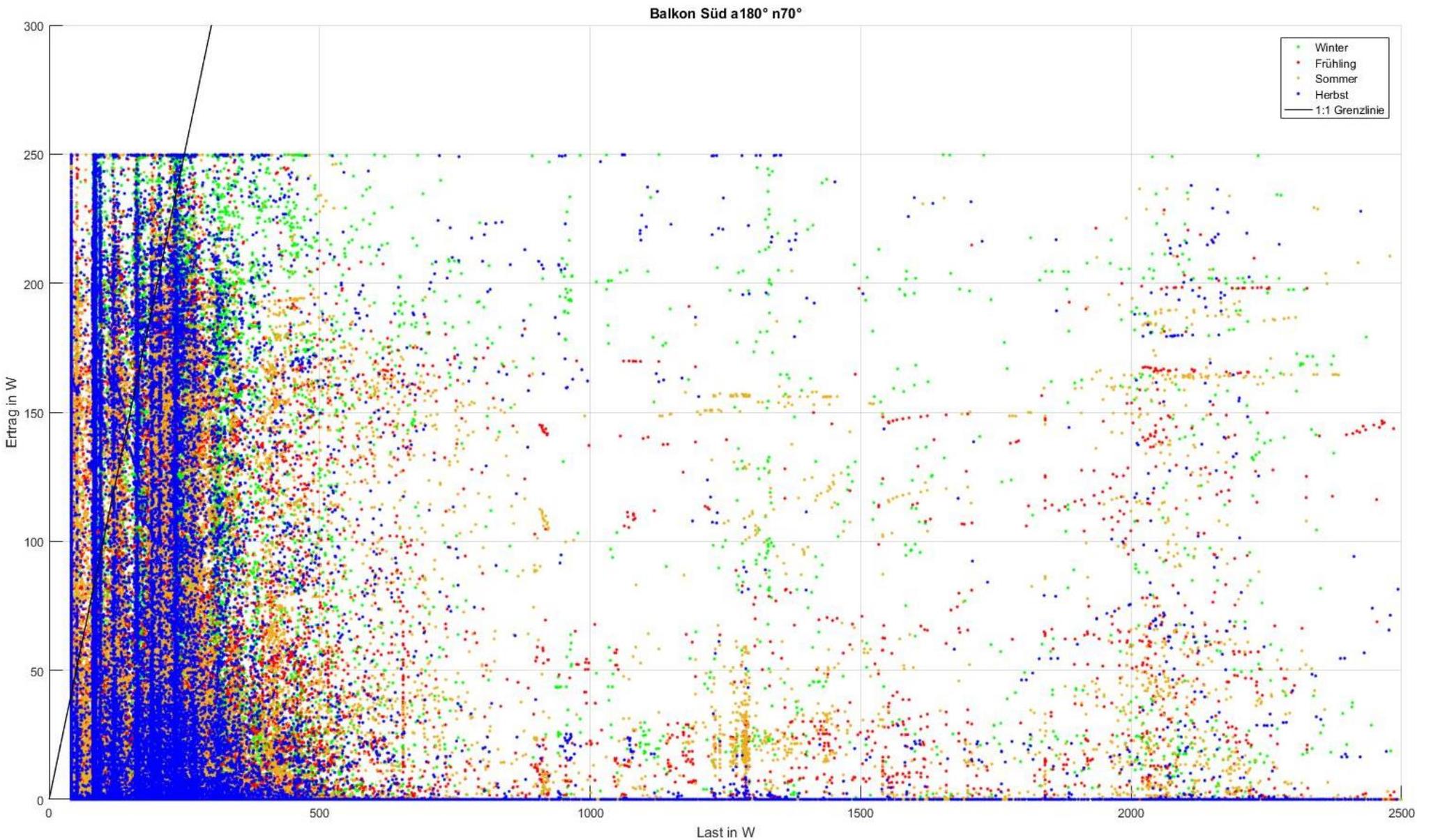


Bild 9 b): Zeitgleiche Gegenüberstellung des Lastprofils eines 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System (Installationsort: Südbalkon mit Modulazimut 180° und Neigungswinkel 70°) in Abhängigkeit der Jahreszeiten mit 1:1-Grenzlinie. Durch den Neigungswinkel von 70° wird ein hoher Ertrag der PV-Anlage einem geringen Stromverbrauch gegenübergestellt, um ein Extrem aufzuzeigen. Teile der Punktwolke links oberhalb der Grenzlinie zeigen eine Netzeinspeisung des PV-Systems auf. Diese findet vor allem in den Sommermonaten statt, ist jedoch in jeder Jahreszeit vertreten. Im Vergleich zu Bild 9 a) verdichtet sich die Punktwolke beim 1 Personenhaushalt oberhalb der Grenzlinie stark. Es kommt zu einem großen Anteil zu einer Netzeinspeisung in das öffentliche Stromnetz.

Tabelle 3: Übersicht über die untersuchten Szenarien auf Eigenverbrauch und Netzeinspeisung und ihr wirtschaftliches Ergebnis ohne rechtskonforme Anmeldung beim Netzbetreiber (entspricht dem „wildem“ Betreiben des DGS SolarRebellen).

Profiltypbezeichnung	Einbauort	PV-Ertrag pro Jahr	Netzeinspeisung pro Jahr	Eigenverbrauch pro Jahr	Liquiditätsüberschuss nach 20 Jahren	Amortisationszeit	Stromgestehungskosten
1 Personenhaushalt (berufstätig)	1)	195,19 kWh	44,62 kWh (22,86%)	150,58 kWh (77,14%)	861 €	8 Jahre	14 ct/kWh
	2)	245,18 kWh	69,00 kWh (28,14%)	176,18 kWh (71,86%)	1.098 €	7 Jahre	11 ct/kWh
	3)	119,40 kWh	20,87 kWh (17,48%)	98,53 kWh (82,52%)	398 €	12 Jahre	23 ct/kWh
	4)	142,80 kWh	32,43 kWh (22,71%)	110,37 kWh (77,29%)	495 €	11 Jahre	19 ct/kWh
	5)	134,36 kWh	24,14 kWh (17,97%)	110,21 kWh (82,03%)	496 €	11 Jahre	21 ct/kWh
	6)	142,05 kWh	25,87 kWh (18,22%)	116,17 kWh (81,78%)	554 €	10 Jahre	20 ct/kWh
2 Personenhaushalt (berufstätig)	1)	195,19 kWh	24,49 kWh (12,55%)	170,70 kWh (87,45%)	1.014 €	7 Jahre	14 ct/kWh
	2)	245,18 kWh	43,61 kWh (17,79%)	201,57 kWh (82,21%)	1.293 €	6 Jahre	11 ct/kWh
	3)	119,40 kWh	11,26 kWh (9,43%)	108,15 kWh (90,57%)	469 €	11 Jahre	23 ct/kWh
	4)	142,80 kWh	24,93 kWh (17,46%)	117,86 kWh (82,54%)	556 €	10 Jahre	19 ct/kWh
	5)	134,36 kWh	13,23 kWh (9,85%)	121,12 kWh (90,15%)	577 €	10 Jahre	21 ct/kWh
	6)	142,05 kWh	15,82 kWh (11,14%)	126,23 kWh (88,86%)	626 €	10 Jahre	20 ct/kWh
2 Personenhaushalt (nicht berufstätig)	1)	195,19 kWh	18,64 kWh (9,55%)	176,55 kWh (90,45%)	1.058 €	7 Jahre	14 ct/kWh
	2)	245,18 kWh	32,12 kWh (13,10%)	213,05 kWh (86,90%)	1.391 €	6 Jahre	11 ct/kWh
	3)	119,40 kWh	9,26 kWh (7,76%)	110,14 kWh (92,24%)	475 €	11 Jahre	23 ct/kWh
	4)	142,80 kWh	24,68 kWh (17,28%)	118,12 kWh (82,72%)	550 €	10 Jahre	19 ct/kWh
	5)	134,36 kWh	9,52 kWh (7,08%)	124,84 kWh (92,92%)	595 €	10 Jahre	21 ct/kWh
	6)	142,05 kWh	12,38 kWh (8,71%)	129,67 kWh (91,29%)	645 €	10 Jahre	20 ct/kWh
4 Personenhaushalt (Familie, 2 berufstätig)	1)	195,19 kWh	9,94 kWh (5,09%)	185,25 kWh (94,91%)	1.129 €	7 Jahre	14 ct/kWh
	2)	245,18 kWh	17,29 kWh (7,05%)	227,89 kWh (92,95%)	1.503 €	5 Jahre	11 ct/kWh
	3)	119,40 kWh	5,69 kWh (4,77%)	113,71 kWh (95,23%)	497 €	11 Jahre	23 ct/kWh
	4)	142,80 kWh	16,98 kWh (11,89%)	125,82 kWh (88,11%)	603 €	10 Jahre	19 ct/kWh
	5)	134,36 kWh	4,34 kWh (3,23%)	130,02 kWh (96,77%)	644 €	10 Jahre	21 ct/kWh
	6)	142,05 kWh	5,93 kWh (4,18%)	136,11 kWh (95,82%)	697 €	9 Jahre	20 ct/kWh

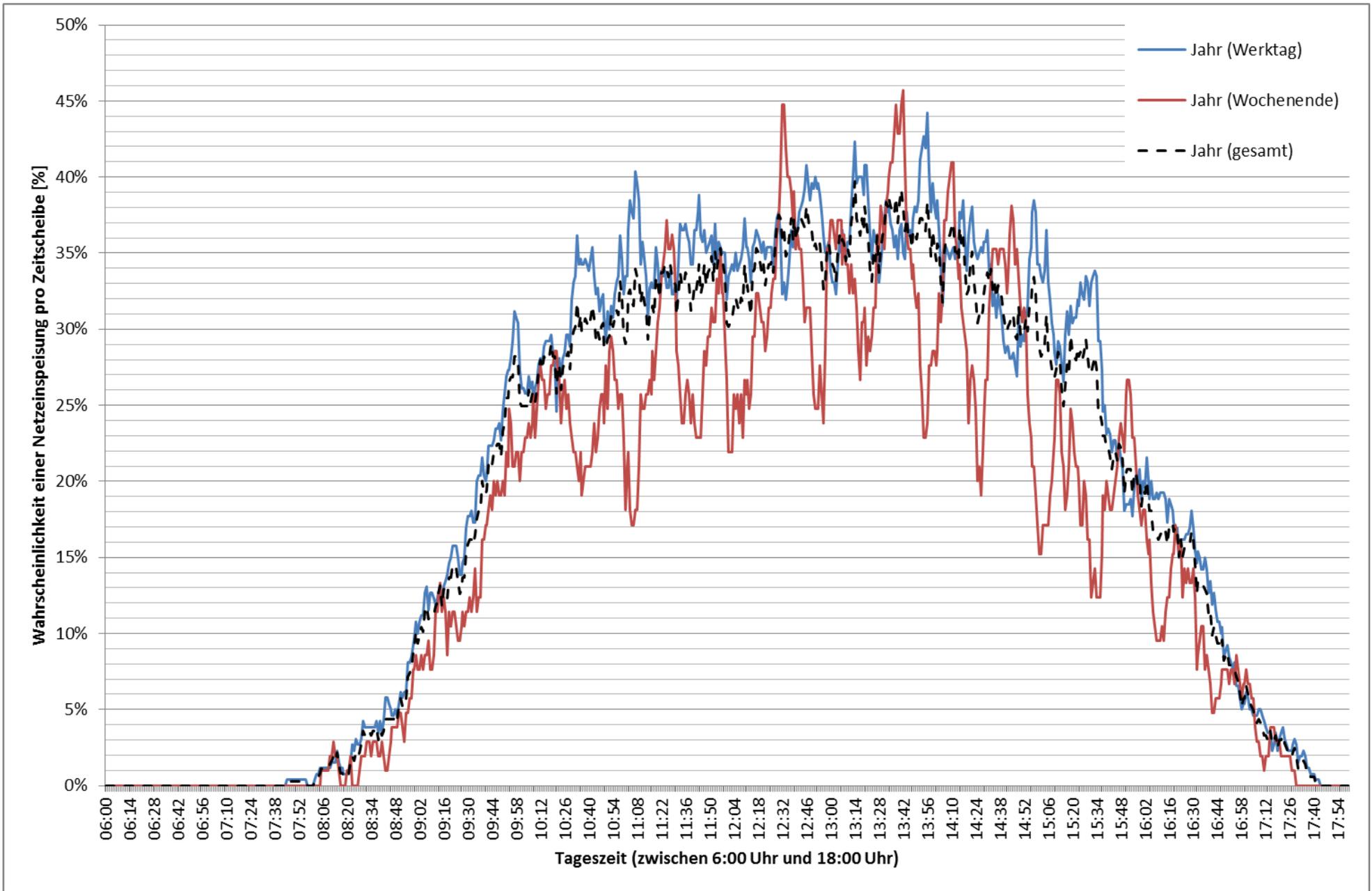


Bild 10 a): Wahrscheinlichkeit einer Einspeisung über das Jahr bei einem 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System mit Azimutwinkel 180° und Neigungswinkel 90°. Unterscheidung in Werktag, Wochenende und die Kombination aus beiden.

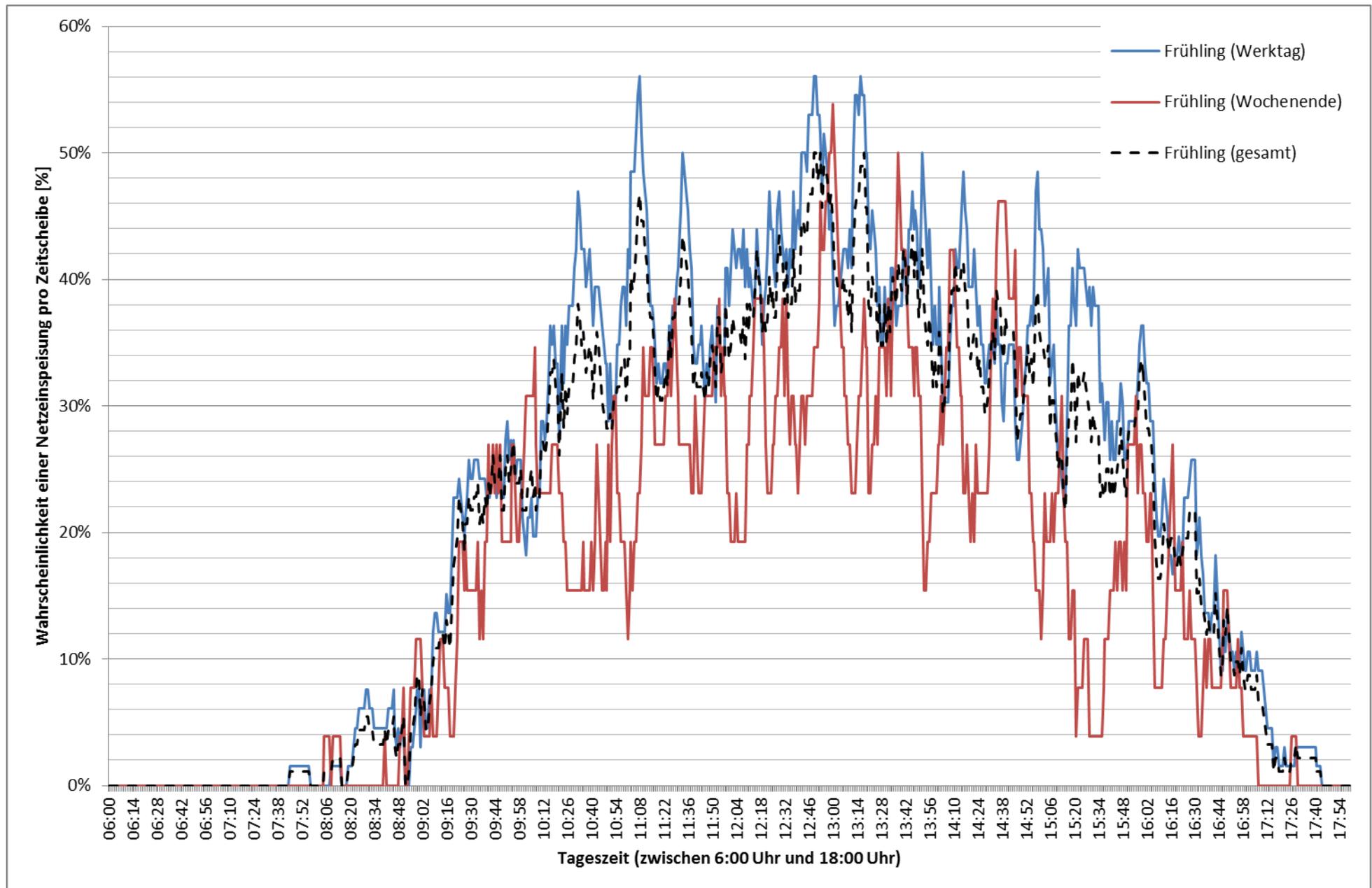


Bild 10 b): Wahrscheinlichkeit einer Einspeisung im Fröhling (März bis Mai) bei einem 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System mit Azimutwinkel 180° und Neigungswinkel 90°. Unterscheidung in Werktag, Wochenende und die Kombination aus beiden.

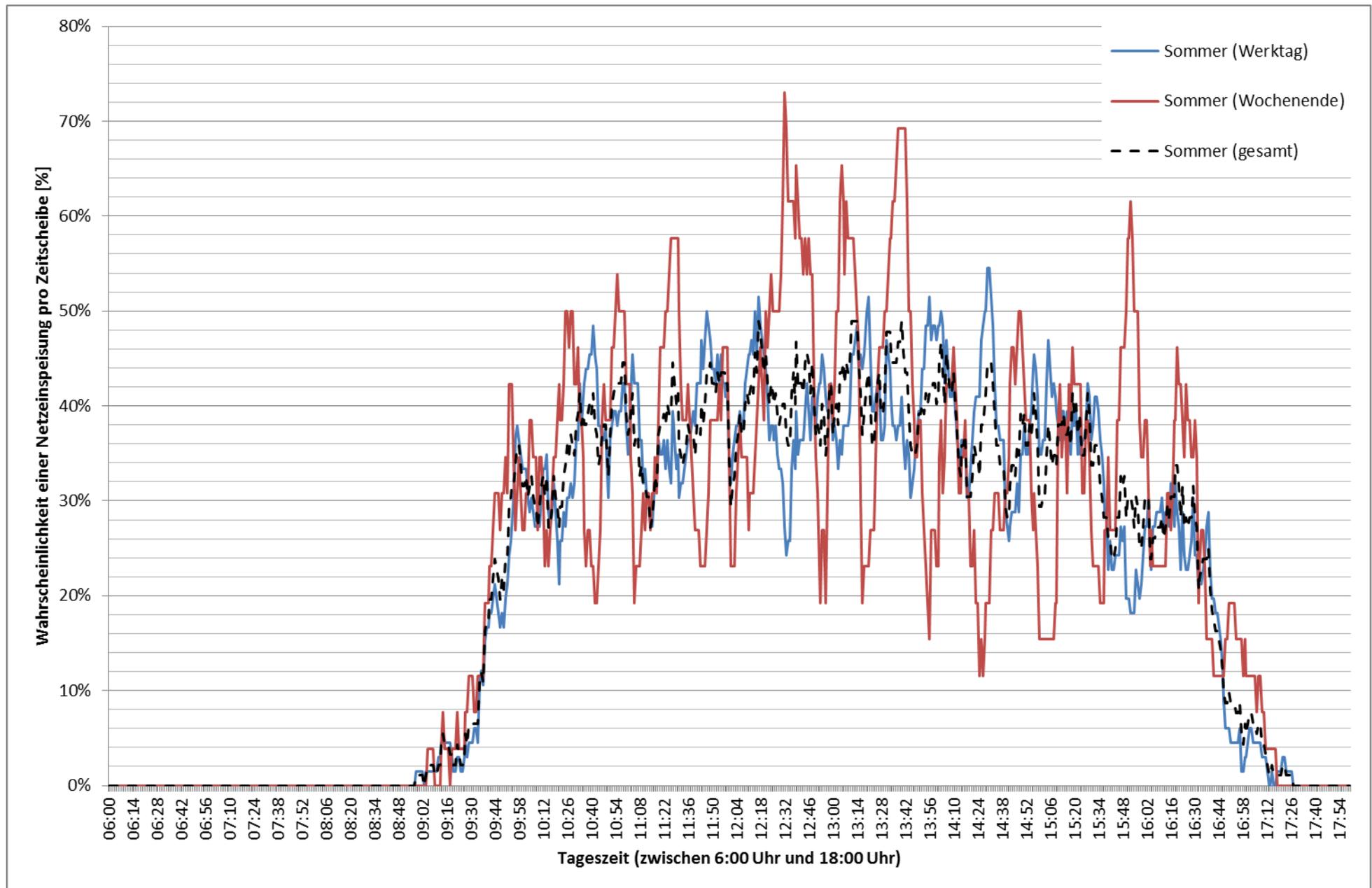


Bild 10 c): Wahrscheinlichkeit einer Einspeisung im Sommer (Juni bis August) bei einem 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System mit Azimutwinkel 180° und Neigungswinkel 90°. Unterscheidung in Werktag, Wochenende und die Kombination aus beiden.

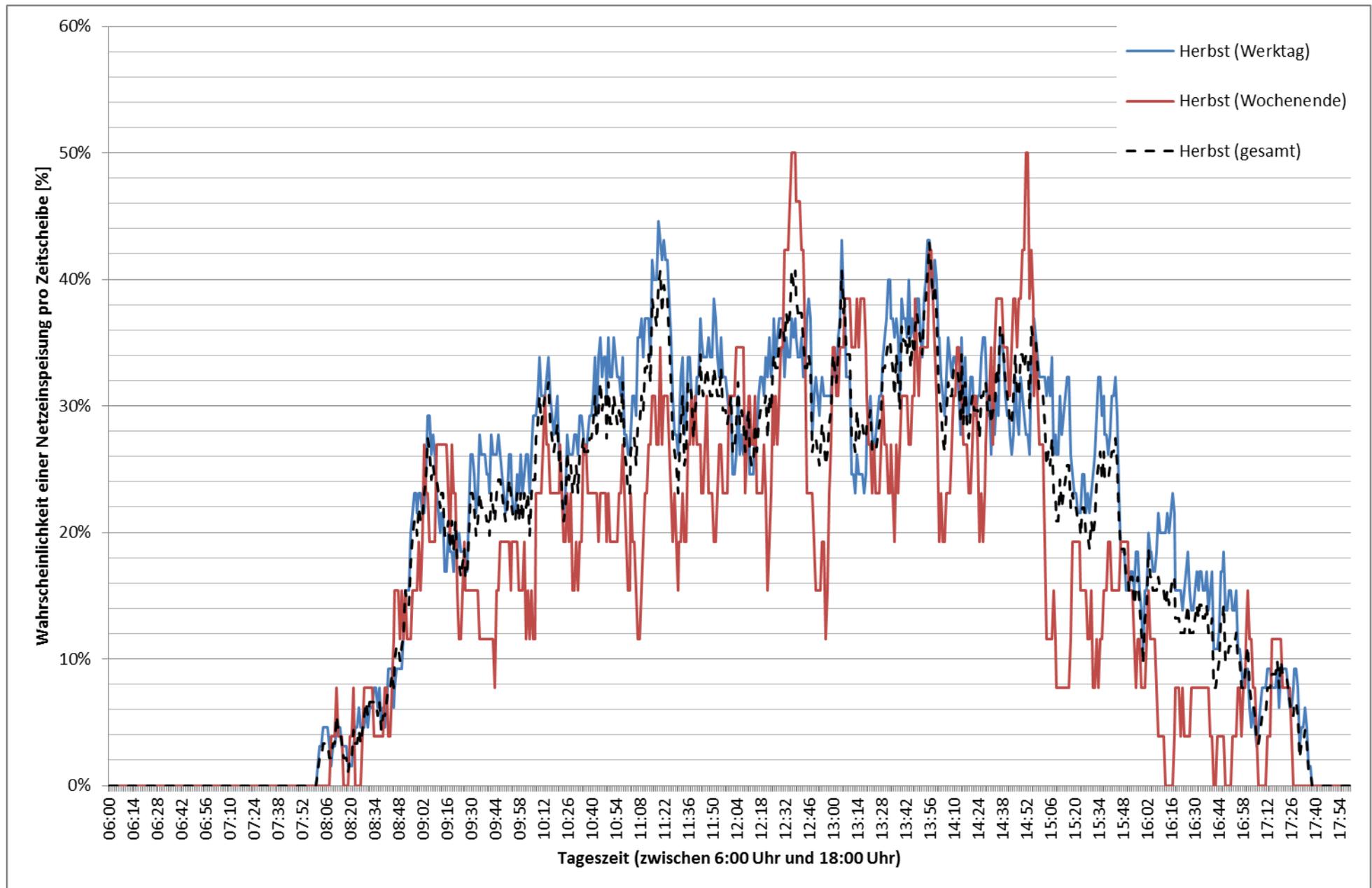


Bild 10 d): Wahrscheinlichkeit einer Einspeisung im Herbst (September bis November) bei einem 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System mit Azimutwinkel 180° und Neigungswinkel 90°. Unterscheidung in Werktag, Wochenende und die Kombination aus beiden.

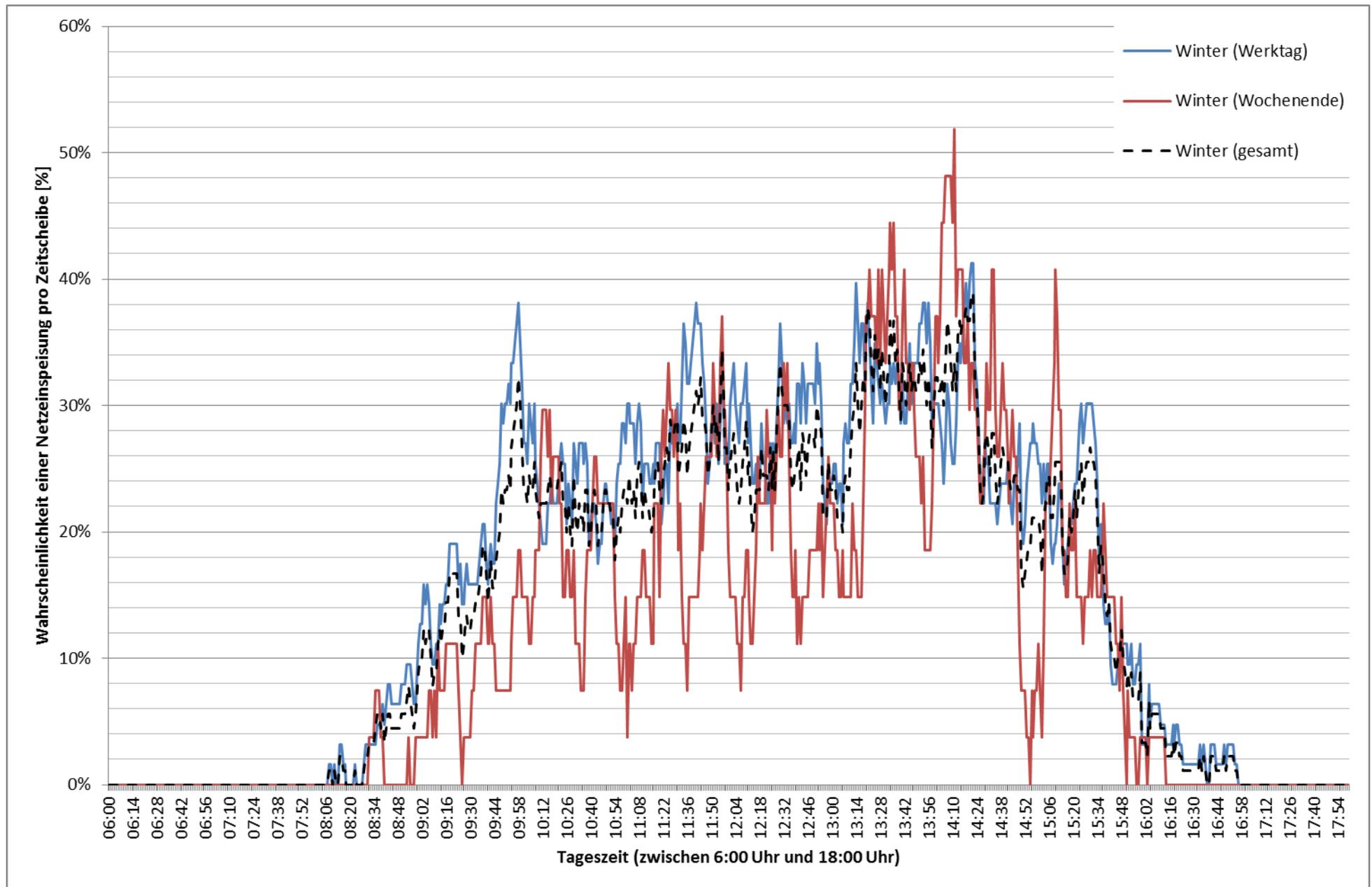


Bild 10 e): Wahrscheinlichkeit einer Einspeisung im Winter (Dezember bis Februar) bei einem 1 Personenhaushalt mit 1.598 kWh Jahresstrombedarf und einem 250 W-System mit Azimutwinkel 180° und Neigungswinkel 90°. Unterscheidung in Werktag, Wochenende und die Kombination aus beiden.

Wirtschaftliche Betrachtung von Guerilla-Systemen

Im letzten Schritt wurde zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) Landesverband Franken e.V. die Wirtschaftlichkeit der Bürger-PV-Systeme untersucht. Für die Bestimmung der Amortisationszeit und des Liquiditätsüberschusses muss in zwei mögliche Betreiberszenarien unterschieden werden [3].

Zum einen der „zahme“ Guerilla-Betreiber. Dieser betreibt seine Bürger-PV-Anlage nach den geltenden Normen und Vorschriften. Die Anlage wird beim Netzbetreiber und der Bundesnetzagentur angemeldet, die steuerliche Behandlung der Anlage und des eigenverbrauchten Stroms beim Finanzamt gemeldet und entsprechend der technischen Anschlussbedingungen und gültigen Normen durch eine Elektrofachkraft angeschlossen und mit entsprechenden Messeinrichtungen versehen. Dieser formelle und organisatorische Aufwand ist in den letzten Jahren gestiegen und mit entsprechenden Kosten (z.B. Zählergebühren) verbunden.

Zum anderen der „wilde“ Guerilla-Betreiber. Dieser kauft sich seine Bürger-PV-Anlage von einem der zahlreichen Händler, schließt diese selbst an und betreibt sie. Hierbei geht er ein rechtliches Risiko ein, da meist weder die geltenden Normen und Sicherheitsvorschriften, noch die finanziellen Aspekte (Stichwort: Finanzamt) bewusst eingehalten werden. Dafür spart der „wilde“ Guerilla-Betreiber jährliche Fixkosten beim Netzbetreiber und dem Finanzamt; der Unterhalt der Anlage ist somit am billigsten.

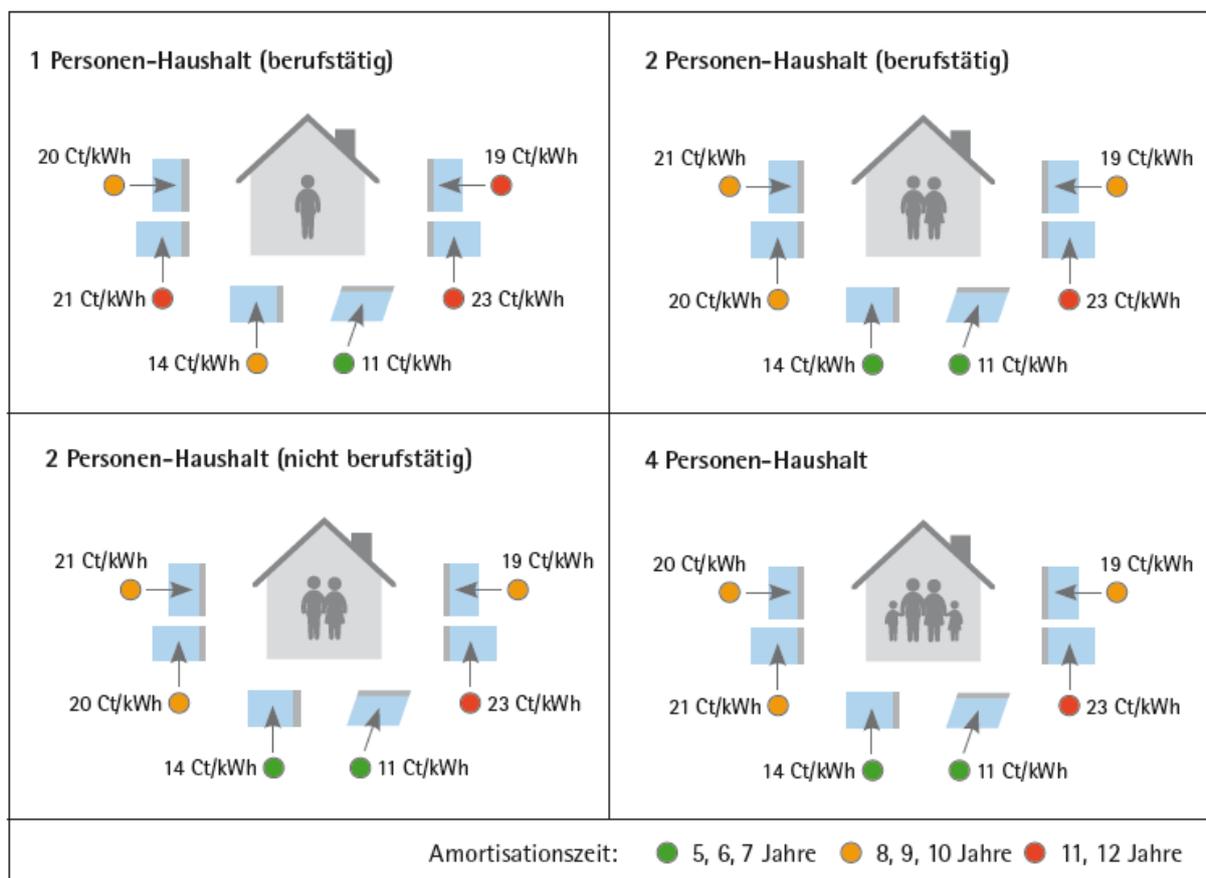


Bild 11: Übersicht über Stromgestehungskosten und Amortisationszeit einzelner Einbausituationen des SolarRebellen am Balkon in Abhängigkeit des Verbraucherprofils. Hier ist eine kurze Amortisation vor allem bei Anbringung an Südbalkone ersichtlich, was für 1-Personenhaushalte die wirtschaftlich beste Anbringung darstellt und notwendig ist. Die Ergebnisse beruhen auf Berechnung des „wilden“ SolarRebellen.

Die wirtschaftliche Auswertung der „wilden“ Betriebsweise der PV-Anlage ist in Tabelle 3 und Bild 11 [4] dargestellt. Je nach Verbrauchsprofil und Referenzeinbausituation bleiben dem Anlagenbetreiber nach 20 Jahren Nutzungsdauer ein Liquiditätsüberschuss von 398 € bis 1.503 € erhalten. Die Stromgestehungskosten der kleinst PV-Anlage liegen zwischen 11 ct/kWh und 21 ct/kWh und somit amortisiert sich diese innerhalb von 5 bis 12 Jahren. Weitere Informationen sind auf dem Posterbeitrag A6 „Der DGS-SolarRebell – Das DGS-Projekt für die dezentrale Energiewende für jedermann“ von Dipl.-Ing. Björn Hemmann des DGS Landesverbandes Franken e.V. zu entnehmen [3]. Dort wurde mit Hilfe der Simulationsergebnisse eine wirtschaftliche Untersuchung des DGS SolarRebellen durchgeführt.

Fazit

Zusammenfassend sind Bürger-PV-Anlagen nun bei allen Mitbürgern angekommen und bieten die Möglichkeit aktiv an der Energiewende teilzunehmen. Die Entscheidung für ein solches System ist nun nicht mehr einzig Sache der inneren Einstellung oder des technischen Interesses für PV-Stromerzeugung, sondern die Systeme lassen sich auch wirtschaftlich positiv darstellen, was die Entscheidung für eine solche Anlage erleichtert. Für einfache Anschaffung einer Bürger-PV-Anlage befindet sich im Anhang eine Übersicht mit möglichen Angeboten verschiedenster Händler. Weitere Informationen können über Max Heißwolf (E-Mail: max.heisswolf@stud.fh-rosenheim.de) und Mike Zehner (E-Mail: mike.zehner@fh-rosenheim.de) bezogen werden.

Literatur

- [1] M. Vogtmann, *Poster B2: Solarstrom im Mehrfamilienhaus: Wirtschaftliche Evaluation bestehender und neuer Konzepte*, 31. Symposium Photovoltaische Solarenergie: DGS Landesverband Franken e.V., 2016.
- [2] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, „E-Link Solutions synPro,“ 2017. [Online]. Available: www.elink.tools/elink-tools/synpro.
- [3] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, „Steckerfertige, netzgekoppelte Kleinst-PV-Anlagen Studie für E-Control,“ Freiburg im Breisgau, 2016.
- [4] B. Hemmann, *Poster A6: Der DGS-SolarRebell - Das DGS-Projekt für die dezentrale Energiewende für jedermann*, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie: DGS Landesverband Franken e.V., 2017.
- [5] Letrika driving innovation, „Solar Micro Inverter 260 Datenblatt,“ 2016.
- [6] Canadian Solar, „Moduldatenblatt Canadian Solar CS6P,“ 2016.

Anhang

Nennleistung	Modultyp	Wechselrichtertyp	Produktbezeichnung	Anbieter	Preis pro W	Homepage
150 W			simon - Das Mini Kraftwerk	Homemade.energy GmbH	3,99 €	www.simon.energy
190 W	Bosch 95Watt monokristalin	Letrika Solar Micro Inverter 260	solar-pac 190 basic Plug & Play	Infinitum Energie GmbH	2,10 €	www.solar-pac.de
195 W	ZXM5-72-195/MS	SMI-S240W-72	miniJOULE - ENECSYS195	miniJOULE GmbH & Co. KG	1,53 €	www.minijoule.com
195 W	ZXM5-72-195/MS	Letrika Solar Micro Inverter 260	miniJOULE - LETRIKA195	miniJOULE GmbH & Co. KG	2,26 €	www.minijoule.com
200 W	SunPower Flex 100 Wp	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 200Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	2,45 €	www.greenakku.de
200 W	solar-pac 100 Watt flexibel	Letrika Solar Micro Inverter 260	solar-pac 200 flexibel Plug & Play	Infinitum Energie GmbH	2,30 €	www.solar-pac.de
240 W	solar-pac 120 Watt	Letrika Solar Micro Inverter 260	solar-pac 240 basic Plug & Play	Infinitum Energie GmbH	1,79 €	www.solar-pac.de
240 W	SIZ PlugIn 120	APtronic INV250-45	02.55.01.0257	Solar Info Zentrum GmbH	3,72 €	www.s-i-z.de
250 W	Antaris M6 250	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 250Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,33 €	www.greenakku.de
250 W	SolarWorld	Aeconversion INV250-45	Komplettangebot 230V 250WP	Solarrenner GmbH	2,16 €	www.shop-muenchner-solarmarkt.de/
250 W	SIZ PlugIn P60	APtronic INV250-45	02.55.01.0254	Solar Info Zentrum GmbH	2,50 €	www.s-i-z.de
255 W	CS6P-255P	Letrika Solar Micro Inverter 260	miniJOULE - LETRIKA255	miniJOULE GmbH & Co. KG	1,85 €	www.minijoule.com
255 W	Solarmodul Restbestand 255Wp	Letrika Solar Micro Inverter 260	selfPV Komplettpaket 255Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,95 €	www.greenakku.de
255 W	Solarmodul Restbestand 255Wp	Aeconversion INV250-45	selfPV Komplettpaket 255Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	2,15 €	www.greenakku.de
255 W	CS6P-255P	Enphase M215	miniJOULE ENPHASE255	miniJOULE GmbH & Co. KG	1,99 €	www.minijoule.com
255 W	LG/Schott Solar/Solarworld	Aeconversion INV250-45	Komplettangebot 230V 255WP	Solarrenner GmbH	2,15 €	www.shop-muenchner-solarmarkt.de/
255 W	Solarwatt 60P	APtronic INV250-45	RST-Mini-PV-Anlage	Reinhard Solartechnik GmbH	2,74 €	www.reinhard-solartechnik.de
265 W	JA-Solar JAP6-60-265	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 265Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	2,51 €	www.greenakku.de
265 W	JA-Solar JAP6-60-265	Envertech EVT248	MK 265 EVT	Carpe Diem Energie	1,30 €	www.carpediem-energy.com/
265 W	CS6P-265P	Letrika Solar Micro Inverter 260	solar-pac 265 basic Plug & Play	Infinitum Energie GmbH	1,73 €	www.solar-pac.de
275 W	Trina Honey plus TSM 275	Envertech EVT248	MK 275 EVT	Carpe Diem Energie	1,35 €	www.carpediem-energy.com/
275 W	Trina Honey plus TSM 275	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 275 SMI	Carpe Diem Energie	1,45 €	www.carpediem-energy.com/
280 W	SIZ PlugIn 280	APtronic INV250-45	02.55.01.0281	Solar Info Zentrum GmbH	2,68 €	www.s-i-z.de
290 W	Trina HM+ 290Wp	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 290Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,37 €	www.greenakku.de

Nennleistung	Modultyp	Wechselrichtertyp	Produktbezeichnung	Anbieter	Preis pro W	Homepage
300 W	BenQ SunVivo 300Wp mono	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 300 SMI	Carpe Diem Energie	1,50 €	www.carpediem-energy.com/
300 W	LG NeON2 LG300N1K-G4	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 300Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,59 €	www.greenakku.de
300 W	BenQ / AUO 300Wp	Envertech EVT248	selfPV Komplettpaket 300Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,49 €	www.greenakku.de
320 W	Westtech 160 Watt	Aeconversion INV350-60	KompaktPV Komplettpaket 320W	B&S Wärmetechnik und Wohnen	2,15 €	www.muenchen-solar.de
400 W	SunPower Flex 100 Wp	Envertech EVT500	selfPV Komplettpaket 400Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	2,25 €	www.greenakku.de
500 W	Offgridtec Poly 250W	Mastervolt Soladin 600	Offgridtec® Solar-Direct 500W	Offgridtec GmbH	1,40 €	www.offgridtec.de
500 W	HSL 60 250W	Micro Replus 250	Balkonkraftwerk Solaranlage 500 W	B&S Wärmetechnik und Wohnen	1,80 €	www.muenchen-solar.de
500 W	SIZ PlugIn P60	APtronic INV500-80	02.55.01.0253	Solar Info Zentrum GmbH	2,07 €	www.s-i-z.de
510 W	Solarmodul Restbestand 510WP	Envertech EVT500 600Wp	selfPV Komplettpaket 510Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,31 €	www.greenakku.de
510 W	Solarmodul Restbestand 310WP	Aeconversion INV500-90	selfPV Komplettpaket 510Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,92 €	www.greenakku.de
510 W	Schott Perform MONO 255	Aeconversion INV500-90	Komplettangebot 230V 510WP	Solarrenner GmbH	1,94 €	www.shop-muenchner-solarmarkt.de/
510 W	Solarwatt 60P	APtronic INV500-80	RST-Mini-PV-Anlage	Reinhard Solartechnik GmbH	2,35 €	www.reinhard-solartechnik.de
530 W	JA-Solar JAP6-60-265	Envertech EVT500-80	MK 530 EVT	Carpe Diem Energie	1,25 €	www.carpediem-energy.com/
530 W	CS6P 265P	Letrika Solar Micro Inverter 260	solar-pac 530 basic Plug & Play	Infinitum Energie GmbH	1,64 €	www.solar-pac.de
530 W	JA-Solar JAP6-60-265	Envertech EVT500	selfPV Komplettpaket 530Wp	Bosswerk GmbH & Co. KG	1,26 €	www.greenakku.de
550 W	Trina Honey plus TSM 275	Envertech EVT500	MK 550 EVT	Carpe Diem Energie	1,25 €	www.carpediem-energy.com/
550 W	Trina Honey plus TSM 275	Envertech EVT500	MK 550 EVT plus	Carpe Diem Energie	1,33 €	www.carpediem-energy.com/
550 W	Trina Honey plus TSM 275	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 550 SMI	Carpe Diem Energie	1,33 €	www.carpediem-energy.com/
550 W	Trina Honey plus TSM 275	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 550 SMI plus	Carpe Diem Energie	1,42 €	www.carpediem-energy.com/
560 W	SIZ PlugIN 280	APtronic INV500-80	02.55.01.0282	Solar Info Zentrum GmbH	2,25 €	www.s-i-z.de
600 W	BenQ SunVivo 300Wp mono	Envertech EVT500	MK 600 EVT	Carpe Diem Energie	1,28 €	www.carpediem-energy.com/
600 W	BenQ SunVivo 300Wp mono	Envertech EVT500	MK 600 EVT plus	Carpe Diem Energie	1,38 €	www.carpediem-energy.com/
600 W	BenQ SunVivo 300Wp mono	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 600 SMI	Carpe Diem Energie	1,37 €	www.carpediem-energy.com/
600 W	BenQ SunVivo 300Wp mono	Letrika Solar Micro Inverter 260	MK 600 SMI plus	Carpe Diem Energie	1,45 €	www.carpediem-energy.com/