

SOLARFLÄCHENKATASTER FÜR DIE STADT UND DEN LANDKREIS BAMBERG

Auftraggeber	Klimaallianz Stadt und Landkreis Bamberg
Schwerpunkt	Analyse und Darstellung des Flächenpotenzials von Photovoltaik und solarthermischen Anlagen auf Frei- und Dachflächen
Zeitraum	2010 - 2011
Bearbeitung	ARGE Solarkataster Bamberg Büro für Städtebau und Architektur Dr. Hartmut Holl Architekt und Stadtplaner SRL DASL Ludwigstraße 22, 97070 Würzburg EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH Dipl.-Ing. Boris Mahler Gropiusplatz 10, 70563 Stuttgart
Förderung	Zuschüsse des Landes für städtebauliche Planung und Forschung Bayerisches Staatsministerium des Innern Zuschüsse der Oberfrankenstiftung



ANSPRECHPARTNER

Landratsamt Bamberg

Herr Robert Martin
Klimaschutzbeauftragter
Ludwigstraße 23
96052 Bamberg
robert.martin@lra-ba.bayern.de

Stadt Bamberg

Herr Günter Reinke
Klimaschutzbeauftragter Stadt Bamberg
Mussstraße 28
96047 Bamberg
guenter.reinke@stadt.bamberg.de

PROJEKTTEAM

Name	Telefon	E.Mail
Dr. Hartmut Holl	0931 - 41998 - 40	buero.dr.holl@arcor.de
Dr. Boris Mahler	0711 - 99007 - 70	boris.mahler@egs-plan.de
Dipl.-Ing. Natascha Weigand	0931 - 41998 -42	buero.dr.holl@arcor.de
Dipl.-Geogr. Holger Kess	0931 - 41998 - 43	buero.dr.holl@arcor.de
M.Sc. Tobias Nusser	0711 - 99007 - 651	tobias.nusser@egs-plan.de
Tobias Herdeg	0711 - 99007 - 5	

URHEBERRECHTSHINWEIS

Das Urheberrecht an den im Rahmen dieses Solarflächenkatasters von der „ARGE Solarkataster Bamberg“ erstellten Konzepten, Entwürfen, Analysen, Studien und sonstigen Unterlagen liegt bei der „ARGE Solarkataster Bamberg“. Die Übertragung von Urheberrechten bedarf der Schriftform.

Der Auftraggeber ist zur Nutzung der vorliegenden Untersuchung für die nach dem Auftrag vorgesehenen Zwecke berechtigt. Vervielfältigungen sind nur mit der Zustimmung der „ARGE Solarkataster Bamberg“ zulässig. Veränderungen, Übersetzungen oder digitale Nachbearbeitungen sind nicht zulässig. Eine Weitergabe der Machbarkeitsstudie an Dritte, mit Ausnahme von öffentlichen Fördermittelstellen oder Kapitalgebern, sowie an die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebietes ohne schriftliche Freigabe durch die „ARGE Solarkataster Bamberg“ ist nicht zulässig.

GLIEDERUNG

A	EINFÜHRUNG	9
I.	AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG	9
II.	UNTERSUCHUNGSGEBIET	11
	II.a Untersuchungsgebiet des Landkreises Bamberg	11
	II.b Untersuchungsgebiet der Stadt Bamberg	11
B	RAHMENBEDINGUNGEN	13
I.	STRUKTURELLE RAHMENBEDINGUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	13
	I.a Strukturelle Rahmenbedingungen im Landkreis Bamberg	13
	1. Lage im Raum	13
	2. Naturräumliche Gegebenheiten	13
	3. Sozioökonomische Rahmendaten	14
	4. Verkehrliche Anbindung	15
	5. Überblick über Städte und Gemeinden im Landkreis Bamberg	17
	I.b Strukturelle Rahmenbedingungen in der Stadt Bamberg	19
	1. Lage im Raum	19
	2. Naturräumliche Gegebenheiten	20
	3. Sozioökonomische Rahmendaten	21
	4. Verkehrliche Anbindung	22
	5. Bildungsinfrastruktur und öffentliche Einrichtungen	24
	6. Stadtdenkmal und Weltkulturerbe Bamberg	24
II.	AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN	27
	II.a Stromverbrauch	27
	II.b Bestand an erneuerbaren Energien	28
	II.c Potenziale erneuerbarer Energien	29
III.	BESTAND AN SOLARANLAGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	33
	III.a Dachflächen	33
	1. Solarthermie	33
	2. Photovoltaik	35
	III.b Freiflächen	37
	1. Solarthermie	37
	2. Photovoltaik	37

IV.	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE BESTAND SOLARANLAGEN	39
V.	ZIELSETZUNGEN UND HANDLUNGSFELDER IM RAHMEN DER KLIMAALLIANZ BAMBERG	43
VI.	AUSBLICK	44
C	VORGEHENSWEISE BEI DER ERSTELLUNG DES SOLARFLÄCHENKATASTERS	46
I.	VORGEHENSWEISE	46
II.	BETEILIGUNGSPROZESS	47
D	BESTANDSANALYSE VON FREIFLÄCHEN	49
I.	AUSSCHLUSSFLÄCHEN NACH FACHPLANERISCHEN BELANGEN	50
I.a	Siedlungsstrukturen	51
I.b	Naturräumlicher Bestand	52
I.c	Naturschutz und Landschaftsschutz	54
I.d	Bodendenkmäler	56
I.e	Berücksichtigung der Bodenzahlen	57
I.f	Nutzungsgebiet des Rauminformationssystems Oberfranken	59
I.g	Externe Kartendienste	60
I.h	Resultierende Freiflächen ohne fachplanerische Belange	63
I.i	Zusammenfassung der fachplanerischen Ausschlussflächen für das Untersuchungsgebiet	65
II.	ERMITTLUNG SOLARTECHNISCH MÖGLICHER POTENZIALE	67
II.a	Verschattung	68
II.b	Topographie	68
II.c	Resultierende Freiflächen nach solartechnischen Faktoren	71
II.d	Zusammenfassung der fachplanerisch und topographisch möglichen Potenzialflächen für das Untersuchungsgebiet	73
III.	AUSWEISUNG VON VORRANGGEBIETEN	77
III.a	Vorranggebiete mit Förderung nach dem Erneuerbare- Energien-Gesetz (EEG)	78
III.b	Vorbehaltsgebiete ohne Förderung	81
1.	Freihaltung von erhaltenswerten und schützenswerten Landschaftsräumen	82

2.	Erhaltung von unzerschnittenen Landschaftsräumen – Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten	83
3.	Entwicklung entlang von Entwicklungsachsen	85
4.	Entwicklung auf vorbelasteten Flächen	87
5.	Landschaftlich integrierte Anlagen – nicht an Siedlungseinheiten angebunden	88
6.	Erweiterung bestehender Anlagen	90
IV.	ABSTIMMUNG MIT DEN STÄDTEN UND GEMEINDEN	91
IV.a	Bestandsaufnahme	92
1.	Entwicklungsvorstellungen der Städte und Gemeinden	93
2.	Akzeptanzkriterien für PV-Freiflächenanlagen	93
3.	Aufnehmen von Flächenpotenzialen aus Sicht der Städte und Gemeinden	94
4.	Vorstellung bezüglich der Nutzung von anderen regenerativen Energiequellen	95
5.	Akzeptanzkriterien und Realisierung von Dachflächenanlagen	95
IV.b	Solarflächenkataster als Orientierungshilfe	96
IV.c	Ergebnis	98
V.	STÄDTEBAULICH UND REGIONALPLANERISCH SINNVOLLE POTENZIALE (ZUSAMMENFASSUNG DER ANALYSEERGEBNISSE FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET)	101
E	BESTANDSANALYSE VON DACHFLÄCHEN	106
I.	AUSSCHLUSSGEBIETE NACH FACHPLANERISCHEN BELANGEN	107
II.	STÄDTEBAULICH MACHBARE POTENZIALE	109
II.a	Referenzgebiete	109
II.b	Großgebäude > 750 m²	117
III.	SOLARTECHNISCH MÖGLICHE POTENZIALE	121
III.a	Berechnung der Kollektorflächen	121
1.	Kollektorfläche bei Satteldächern	123
2.	Kollektorfläche bei Pultdächern	125
3.	Kollektorfläche bei Flachdächern	126
4.	Faktoren zur Berechnung der Kollektorfläche	130

F	POTENZIALANALYSE	134
I.	POTENZIALANALYSE FREIFLÄCHEN	134
I.a	Berechnungsmethodik	134
I.b	Flächenbedarf PV-Freiflächenanlagen	134
I.c	Systemwirkungsgrad Photovoltaik	135
I.d	Berechnung des Photovoltaikpotenzials auf Freiflächen	138
II.	POTENZIALANALYSE DACHFLÄCHEN	142
II.a	Berechnungsmethodik	142
II.b	Aufteilung der Kollektorfläche in Solarthermie und Photovoltaik	142
II.c	Systemwirkungsgrad Photovoltaik	144
II.d	Berechnung des Photovoltaikertrages auf Dachflächen	145
II.e	Fehlerbetrachtung	147
II.f	Zusammenfassung der Potenzialanalyseergebnisse für das Untersuchungsgebiet	150
II.g	Solarthermie	155
II.h	Photovoltaik	156
G	ENTWICKLUNGSKONZEPT	159
I.	DARSTELLUNG ALLER MÖGLICHEN POTENZIALFLÄCHEN (DACH- UND FREIFLÄCHEN) DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	160
II.	AUTARKIEZIEL DER KLIMAALLIANZ BAMBERG	161
II.a	Photovoltaik	162
II.b	Solarthermie	163
III.	SZENARIENENTWICKLUNG	165
III.a	PV-Ausbaurate	165
III.b	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	169
1.	Systempreisentwicklung	169
2.	Investitionskostenberechnung	171
3.	Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung	173
4.	Wirtschaftlichkeitsberechnung	179
5.	Autarkieanalyse unter Wirtschaftlichkeitsaspekten	181

IV.	ERGEBNIS DER SZENARIENANALYSE - ENTWICKLUNGSKONZEPT	183
IV.a	Szenario 3 als Basis für die Verwirklichung des Autarkieszenarios	183
IV.b	Szenario 3 – Bedeutung für die Kommunen – Überschuss und Defizit	183
IV.c	Entwicklungskonzept für die Stadt und den Landkreis Bamberg	186
	1. Empfehlung zur Realisierung des Ausbauszenarios	186
	2. Entwicklung von Solarparks	188
V.	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	190
	1. Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen in der gemeindlichen Bauleitplanung	190
	2. Transparente Darstellung und Diskussion	190
	3. Bürgersolaranlagen	191
	4. Solarrechner	191
	5. Fragebogen	193
	6. GIS-Dateien	194
VI.	EMPFEHLUNGEN ZUR GESTALTUNG VON SOLARANLAGEN IN DER LANDSCHAFT UND IN DEN SIEDLUNGEN	195
VI.a	Empfehlungen zur Standortwahl und Standortgestaltung von Freiflächen	195
	1. Standortwahl für Freiflächen	195
	2. Standortgestaltung für Freiflächen	197
VI.b	Empfehlungen zur Standortwahl und Standortgestaltung von Dachflächen	201
	1. Standortwahl für Dachflächen	201
	2. Standortgestaltung für Dachflächen	203
H	ANHANG	206
I.	ANHANG A: PLÄNE DES LANDKREISES UND DER STADT BAMBERG	206
II.	ANHANG B: DATENBANK DER GIS-DATEI	206
III.	ANHANG C: FRAGEBÖGEN	206
IV.	QUELLENVERZEICHNIS	207

A EINFÜHRUNG

I. AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Das Thema Energieversorgung hat sich in den vergangenen Jahren zu einem zentralen Diskussionsgegenstand in Politik und Gesellschaft entwickelt. Sowohl aus Gründen der begrenzten Verfügbarkeit der fossilen Ressourcen als auch des Klimaschutzes muss der Übergang zu alternativen und umweltschonenden Energien vorangetrieben werden. Aus diesem Grund hat der Landkreis Bamberg gemeinsam mit der Stadt Bamberg im September 2008 die Klimaallianz ins Leben gerufen [2 Anhang Punkt 1].

Erster wichtiger Schritt zur Ausrichtung der Energieversorgung in Stadt und Landkreis Bamberg auf die Nutzung erneuerbarer Energien war die im September 2009 beauftragte Erstellung einer „Potenzialanalyse erneuerbare Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg“ durch das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen. In dieser Analyse wurden die Potenziale erneuerbarer Energien in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelt, um eine Entscheidungsgrundlage zur Energieversorgung für Gewerbe, öffentliche Einrichtungen und Privathaushalte zu schaffen und den Städten und Gemeinden konkrete Nutzungsempfehlungen und Informationen bezüglich möglicher Einsparpotenziale an die Hand zu geben (vgl. [31]).

Zur Präzisierung der Ergebnisse aus der Fraunhofer UMSICHT - Studie haben sich die teilnehmenden Städte und Gemeinden der Klimaallianz Bamberg entschlossen, aufbauend auf die vom Fraunhofer-Institut UMSICHT erarbeitete Potenzialanalyse für erneuerbare Energien eine Untersuchung in Auftrag zu geben, die in einer kritischen Herangehensweise die Flächen des Untersuchungsraums (Dach- und Freiflächen) hinsichtlich ihrer Eignung und ihres Potenzials für die Solarenergienutzung analysiert und in einem Gesamtkonzept aufzeigt, wo und wie die Potenziale zur solaren Nutzung zugänglich gemacht werden können.

Mit der Durchführung wurden im Sommer 2010 das Büro für Städtebau und Architektur Dr. Holl, Würzburg, und das Ingenieurbüro EGS – plan, Stuttgart, beauftragt. In einer gemeinsamen Präsentation am 16. Juli 2010 vor Vertretern der Klimaallianz Bamberg haben beide Büros die von ihnen beabsichtigte Vorgehensweise (siehe Kapitel CI) und den Beteiligungsprozess (siehe Kapitel CII) zur Erstellung eines „Konzepts für die Ausarbeitung eines Solarkatasters für die Stadt und den Landkreis Bamberg zur Nutzung von Photovoltaik- und solarthermischen Anlagen auf Frei- und Dachflächen“ in den Grundzügen vorgestellt.

In einer Gesamtbetrachtung des Untersuchungsgebiets soll ermittelt werden, welche Flächenpotenziale für solare Energiequellen in den Städten und Gemeinden zur Verfügung stehen und unter welchen Voraussetzungen diese für die Nutzung in Frage kommen. Ziel ist es, mittels Nutzung des Datenmaterials der Potenzialanalyse die mengenmäßige Verfügbarkeit und die Eignung der Flächenpotenziale für die Erzeugung erneuerbarer Energien zu ermitteln.

Das Solarflächenkataster soll als Orientierungs- und Planungshilfe für die beteiligten Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets dienen. Es erleichtert als Vorstufe einer Planung die Umsetzung von Solarflächen auf Gebäuden und Freiflächen, indem es die Rahmenbedingungen aufzeigt, unter denen solche Solarflächen realisiert werden können. Das Solarflächenkataster soll allerdings nicht das eigenverantwortliche Handeln der Städte und Gemeinden auf dem Weg zur Energieautarkie ersetzen.

„Die Städte und Gemeinden stehen zum Einen vor der Herausforderung die Klimaschutzziele umzusetzen. Zum Anderen sind sie aufgefordert ihre Flächen nachhaltig zu bewirtschaften und den Flächenverbrauch einzuschränken“ [2]. Es gilt vor allem die städtebaulichen Planungsgrundsätze zu berücksichtigen und die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen miteinander in Einklang zu bringen. Die städtebauliche Gestalt der Stadt- und Ortskerne, aber auch das traditionelle Landschaftsbild müssen in einem ausgewogenen Maß baukulturell erhalten und entwickelt werden [2].

II. UNTERSUCHUNGSGEBIET

II.a Untersuchungsgebiet des Landkreises Bamberg

Zum Untersuchungsgebiet zählt der gesamte Landkreis Bamberg, der 36 kreisangehörige Städte und Gemeinden umfasst. Er liegt im Bezirk Oberfranken des Freistaates Bayern und hat eine Größe von 1.165 km². Mit fast 145.000 Einwohnern, d.h. 124 Einwohnern pro km², ist er der bevölkerungsstärkste Landkreis in Oberfranken. Wald und Landwirtschaft stellen mit jeweils ca. 39% bzw. 49% Flächenanteil die größte Raumnutzung dar.

Der Landkreis Bamberg liegt sehr zentral in Franken und vereint Natur, Kultur und Wirtschaft in besonderer Weise. Den Westen kennzeichnet die Waldlandschaft des Steigerwaldes, den Osten die Jurahochfläche mit ihren kargen Feldern, durchzogen von den Tälern der Fränkischen Schweiz. Der Norden wird durch die Ausläufer der Haßberge und die breiten fruchtbaren Talgründe um Main und Regnitz geprägt.

Ein Großteil der im Landkreis Bamberg gelegenen Städte und Gemeinden zählt zum Verdichtungsraum Bamberg, der von seiner Zugehörigkeit zur Metropolregion Nürnberg sowie von seiner sehr guten verkehrlichen Anbindung profitiert. Heute ist der Verdichtungsraum Bamberg der ökonomische Schwerpunkt Oberfrankens (siehe weitere Ausführungen in Kap. Bl.a).

II.b Untersuchungsgebiet der Stadt Bamberg

Im Zentrum des Untersuchungsgebiets steht die Welterbestadt Bamberg mit ihren rund 2.000 Einzeldenkmälern. Bamberg als kreisfreie Stadt mit ca. 70.000 Einwohnern auf einer Fläche von 54,6 km² ist der bedeutendste Wirtschaftsstandort in Oberfranken mit annähernd 50.000 Arbeitsplätzen und einem großen Einzugsbereich für Berufspendler. Die Stadt übernimmt zudem eine zentrale Rolle als Kultur- und Bildungsstandort und verfügt mit der Otto-Friedrich-Universität, zahlreichen Gymnasien und Fachschulen, den Bamberger Symphonikern und dem E.T.A.-Hoffmann-Theater über herausragende Einrichtungen des Kultur- und Bildungswesens. Hinzu kommen hochrangige Verwaltungs- sowie zahlreiche Handels- und Dienstleistungseinrichtungen zur Versorgung der Bevölkerung der Stadt Bamberg und ihres Einzugsbereichs.

Neben der außergewöhnlichen historischen Bausubstanz ist es gerade die einmalige Verbindung von historischer Bebauung mit den im Stadtgebiet vorhandenen Freiräumen, die zur Besonderheit Bambergs und damit zur Auszeichnung als Weltkulturerbe der UNESCO beigetragen hat. Für eine nachhaltige Stadtentwicklung haben die Bewahrung dieses historischen Erbes und der Erhalt der be-

sonderen städtebaulichen Zusammenhänge höchste Priorität (siehe weitere Ausführungen in Kap. Bl.b).

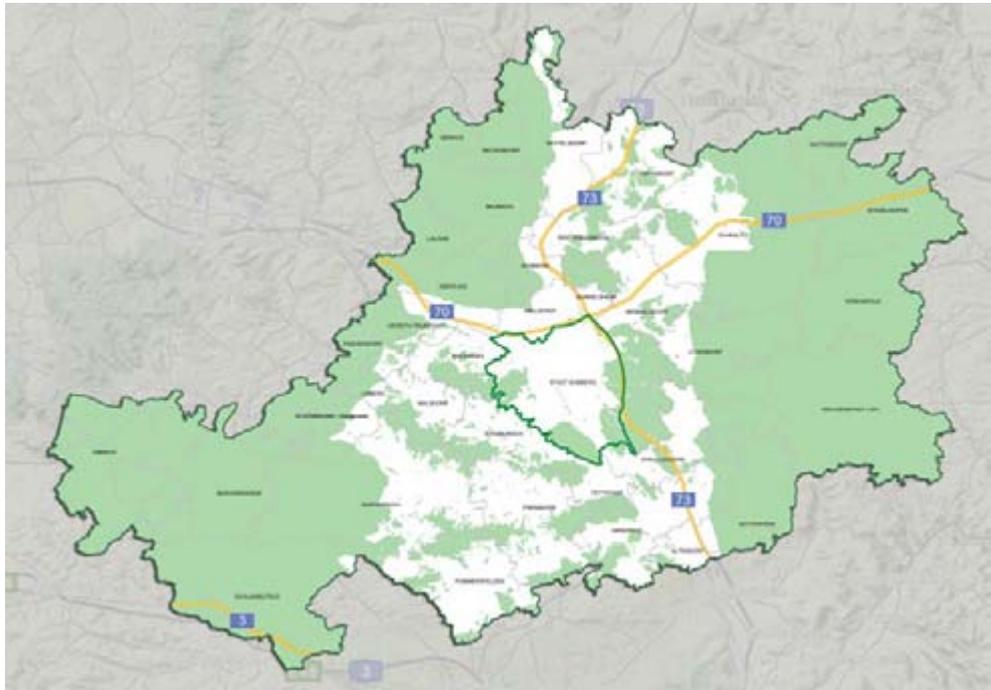


Abbildung A-1: Untersuchungsgebiet

B RAHMENBEDINGUNGEN

I STRUKTURELLE RAHMENBEDINGUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

I.a Strukturelle Rahmenbedingungen im Landkreis Bamberg

1. Lage im Raum

Der Landkreis Bamberg liegt im bayerischen Regierungsbezirk Oberfranken und in der Planungsregion 4 Oberfranken-West. Teile des Landkreisgebietes zählen zum Verdichtungsraum Bamberg und damit zur Metropolregion Nürnberg. Der Landkreis weist somit eine relativ zentrale Lage mit guter Anbindung an das überörtliche Verkehrsnetz (Straßen-, Schienen- und Wasserstraßennetz) und guten Ausgangsvoraussetzungen für die wirtschaftliche Entwicklung auf (siehe einleitende Ausführungen in Kap. All.a). Zum Landkreisgebiet zählt neben den 36 kreisangehörigen Städten und Gemeinden auch der Steinersee, eine Exklave, die vollständig vom Landkreis Erlangen-Höchstadt umgeben ist und ca. einen Kilometer vom Landkreisgebiet Bamberg entfernt liegt.

Zu den ältesten Siedlungen im Landkreis Bamberg zählen Hallstadt, Königsfeld, Lisberg, Scheßlitz und Trunstadt. Insbesondere in diesen Orten mit älterem Siedlungskern, aber auch in allen anderen Landkreisgemeinden ist den Belangen des Denkmalschutzes und des Ortsbildes mit Blick auf die Errichtung von Dachflächensolaranlagen bzw. PV-Freiflächenanlagen besonders Rechnung zu tragen. Eine Beeinträchtigung des Ortsbildes sowie der schützenswerten baulichen und städtebaulichen Strukturen in den Landkreisgemeinden durch die Ausweitung der Solarenergienutzung soll grundsätzlich vermieden werden. Insofern kann ein beträchtlicher Teil der potenziell für Solaranlagen geeigneten Dach- und Freiflächen nicht für die Solarenergienutzung in Anspruch genommen werden.

2. Naturräumliche Gegebenheiten

Der Landkreis Bamberg weist eine starke landschaftliche Prägung durch das Maintal und drei Naturparks auf, die sich teilweise in den Landkreis hinein erstrecken: der Steigerwald im Westen, die Fränkische Schweiz im Osten und die Haßberge im Norden. Bedingt durch die Ausläufer dieser Naturräume einschließlich der im Osten gelegenen Jurahochfläche weist der Landkreis im Anschluss an das Maintal mit seinen teils ausgedehnten Auenbereichen und stärker besiedelten Bereichen eine relativ starke Reliefierung durch Berge, Täler und kleinere Höhenrücken zwischen den Talzügen auf.

Durch das südliche Landkreisgebiet fließt als wichtigstes Fließgewässer neben dem Main die Regnitz, die in Bischberg, nördlich von Bamberg, in den Main

mündet. Weitere das Landschaftsbild prägende Fließgewässer sind die Baunach und die Itz im Norden sowie die Aurach und die Rauhe Ebrach mit Nebengewässern im Westen. Hinzu kommen mehrere kleine Fließgewässer im Osten (u.a. Gründleinsbach, Leitenbach).

Die höchsten Erhebungen im Landkreis Bamberg finden sich im Bereich der östlich gelegenen Jurahochfläche mit Höhen von über 500 m, darunter der rund 590 m hohe Geisberg als höchste Erhebung nahe den Gemeinden Litzendorf und Strullendorf sowie dem Markt Heiligenstadt in der Fränkischen Schweiz. Im Steigerwald und in den Haßbergen werden Höhen von bis zu 400 m, teilweise auch darüber erreicht. Der tiefste Punkt des Landkreises befindet sich in rund 230 m Höhenlage im Maintal bei Unterhaid.

Aufgrund der insgesamt sehr attraktiven Landschaft mit einem hohen Anteil von Waldflächen, schützenswerten Talräumen und naturschutzrechtlich geschützten Gebietsteilen sowie für Tourismus und Erholung vorzusehenden Landschaftsteilen bestehen im Landkreisgebiet relativ starke Restriktionen für die flächenhafte Ausdehnung von PV-Freiflächenanlagen. Diese Anlagen sollten gezielt auf eine begrenzte Zahl von Standorten mit hoher Eignung und ausreichendem Flächenzuschnitt gelenkt werden, die vorzugsweise entlang der bestehenden Infrastrukturtassen (insbesondere Autobahnen und Bahnlinien) in den stärker besiedelten Bereichen liegen sollten. Dagegen sollten die landschaftlich besonders wertvollen Bereiche in den ausgewiesenen Naturparks von der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen weitgehend ausgenommen werden.

3. Sozioökonomische Rahmendaten

Der Landkreis Bamberg weist mit 124 Einwohnern pro km² Landfläche eine im Vergleich zum bayerischen Landesdurchschnitt (ca. 177 Einwohner pro km²) und zum Bundesdurchschnitt (ca. 229 Einwohner pro km²) unterdurchschnittliche Besiedlungsdichte auf. Die Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Bamberg war in der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts insgesamt positiv, doch lässt sich seit 2007 eine leicht rückläufige Entwicklungstendenz auf Landkreisebene erkennen. So lag die Landkreisbevölkerung mit rund 144.400 Menschen am Ende des Jahres 2009 deutlich über dem Wert von 1999, als rund 141.700 Menschen registriert wurden (Steigerung um rund 1,9% seit 1999), doch unter dem Wert Anfang 2007, als rund 145.000 Menschen registriert wurden (Rückgang um rund 0,4% seit 2007).

Ursächlich für die zuletzt rückläufige Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Bamberg ist vor allem der Rückgang der Geburtenzahlen in den Landkreiskommunen bei gleichzeitig höher werdender Sterberate. Hinzu kommt, dass die Ende der

1990er Jahre noch stärkere Zuwanderung in das Landkreisgebiet tendenziell schwächer wird, so dass negative Wanderungssalden in den zukünftigen Jahren nicht auszuschließen sind. Mit Blick auf den zukünftigen Energiebedarf privater Haushalte heißt dies, dass dieser im Landkreis keine zusätzliche Steigerung erfahren und sich langfristig eher abschwächen wird, auch wenn die Zahl der privaten Haushalte aufgrund eines höher werdenden Anteils von 1- und 2-Personen-Haushalten weniger stark abnehmen wird als die Bevölkerungszahl. Durch energiesparende und effizienzsteigernde Maßnahmen (z.B. energetische Sanierung von Wohngebäuden) kann der private Energiebedarf weiter gesenkt werden.

Günstiger als die Bevölkerungsentwicklung ist im Landkreis Bamberg in jüngster Vergangenheit die Entwicklung bei den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten verlaufen. Hier konnte seit Ende der 1990er Jahre bis 2010 ein Zuwachs von durchschnittlich rund 12,5% auf insgesamt rund 30.000 Beschäftigte in den Landkreiskommunen verzeichnet werden. Dies verdeutlicht die hohe Attraktivität des Landkreises – insbesondere der im Verdichtungsraum Bamberg gelegenen Landkreiskommunen – als Standort für meist kleine und mittlere Wirtschaftsbetriebe – darunter eine große Zahl produzierender Gewerbebetriebe (Beschäftigtenanteil von fast 44%) neben den zahlenmäßig dominierenden Betrieben des Handels- und Dienstleistungsgewerbes (Beschäftigtenanteil von rund 55%). Auch zeigt dies, dass zukünftig mit einem weiterhin hohen Energiebedarf durch die im Landkreis Bamberg ansässigen Wirtschaftsbetriebe gerechnet werden muss, der aber durch energiesparende und effizienzsteigernde Maßnahmen deutlich gesenkt werden kann (Datenquelle für Zahlen der Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung: [11], zur prognostizierten Senkung des Energiebedarfs siehe Ausführungen in Kap. BVI).

4. Verkehrliche Anbindung

Der Landkreis Bamberg ist über die Bundesautobahnen A 70 (Schweinfurt – Bamberg – Bayreuth) und A 73 (Nürnberg – Bamberg – Coburg – Suhl) sowie indirekt auch über die A 3 (Aachen – Köln – Frankfurt – Nürnberg – Regensburg – Passau) gut an das bundesdeutsche Fernstraßensystem angebunden. Mehrere Bundes- und Staatsstraßen ergänzen die überregionalen Verkehrsverbindungen.

Auch im Bereich des Schienenverkehrs besteht eine sehr gute Anbindung der Landkreismunicipalitäten an das Fernverkehrsnetz über den zentralen Bahnhof Bamberg. Darüber hinaus bestehen sieben weitere Bahnhöfe für Personen- und Güterverkehr im Landkreisgebiet. Bereits im Jahre 1844 wurde Bamberg an die erste Staatsbahnstrecke Nürnberg – Bamberg (Ludwig-Süd-Nord-Bahn) angebunden, die 1846 mainaufwärts nach Lichtenfels weitergeführt wurde. Mit der Er-

öffnung der Strecke Bamberg – Haßfurt (Ludwigs-West-Bahn) im Jahre 1852 wurde Bamberg zum Eisenbahnknotenpunkt, an den später noch Lokalbahnlinsen in die Umgebung angeschlossen wurden. Heute ist die Stadt Bamberg Haltepunkt entlang der ICE-Strecke München – Berlin.

Der durch den Landkreis Bamberg verlaufende Main-Donau-Kanal ist eine wichtige europäische Wasserstraße, der die Flüsse Main und Donau verbindet und einen Warentransport auf Binnenschiffen von der Nordsee bis zum Schwarzen Meer ermöglicht.

Die teils hohe Dichte von Verkehrswegen und anderen linienhaften Infrastruktureinrichtungen im Landkreisgebiet führt zu einer Zerschneidung des Landschaftsraums und damit auch zu einer gewissen Einschränkung der Möglichkeit Freiflächenphotovoltaikanlagen auf wenige großflächige Standorte zu konzentrieren. Andererseits bestehen entlang bestimmter durch das Landkreisgebiet verlaufender Verkehrswege (Autobahnen, Bahnlinien) besondere Potenziale zur Errichtung von Freiflächenphotovoltaikanlagen, die es zu nutzen gilt.

5. Überblick über Städte und Gemeinden im Landkreis Bamberg

Städte:	Stadt Baunach	3.981 Einwohner	30,9 km ² Gebietsgröße
	Stadt Hallstadt	8.559 Einwohner	14,5 km ² Gebietsgröße
	Stadt Scheßlitz	7.071 Einwohner	94,9 km ² Gebietsgröße
	Stadt Schlüsselfeld	5.718 Einwohner	70,2 km ² Gebietsgröße
Märkte:	Markt Burgebrach	6.476 Einwohner	87,9 km ² Gebietsgröße
	Markt Burgwindheim	1.394 Einwohner	37,4 km ² Gebietsgröße
	Markt Buttenheim	3.337 Einwohner	30,0 km ² Gebietsgröße
	Markt Ebrach	1.853 Einwohner	29,6 km ² Gebietsgröße
	Markt Heiligenstadt	3.688 Einwohner	76,7 km ² Gebietsgröße
	Markt Hirschaid	11.669 Einwohner	41,0 km ² Gebietsgröße
	Markt Rattelsdorf	4.494 Einwohner	39,6 km ² Gebietsgröße
	Markt Zapfendorf	5.023 Einwohner	30,6 km ² Gebietsgröße
Gemeinden:	Gem. Altendorf	1.984 Einwohner	8,6 km ² Gebietsgröße
	Gem. Bischberg	6.037 Einwohner	17,5 km ² Gebietsgröße
	Gem. Breitengüßbach	4.643 Einwohner	16,9 km ² Gebietsgröße
	Gem. Frensdorf	4.878 Einwohner	44,0 km ² Gebietsgröße
	Gem. Gerach	979 Einwohner	7,8 km ² Gebietsgröße
	Gem. Gundelsheim	3.301 Einwohner	3,8 km ² Gebietsgröße
	Gem. Kemmern	2.597 Einwohner	8,3 km ² Gebietsgröße
	Gem. Königsfeld	1.350 Einwohner	42,7 km ² Gebietsgröße
	Gem. Lauter	1.134 Einwohner	12,8 km ² Gebietsgröße
	Gem. Lisberg	1.748 Einwohner	8,4 km ² Gebietsgröße
	Gem. Litzendorf	6.015 Einwohner	25,9 km ² Gebietsgröße
	Gem. Memmelsdorf	8.922 Einwohner	26,2 km ² Gebietsgröße
	Gem. Oberhaid	4.653 Einwohner	27,2 km ² Gebietsgröße
	Gem. Pettstadt	1.957 Einwohner	9,9 km ² Gebietsgröße
	Gem. Pommersfelden	2.927 Einwohner	35,7 km ² Gebietsgröße
	Gem. Priesendorf	1.540 Einwohner	8,4 km ² Gebietsgröße
	Gem. Reckendorf	1.988 Einwohner	13,1 km ² Gebietsgröße
	Gem. Schönbrunn	1.914 Einwohner	24,7 km ² Gebietsgröße
	Gem. Stadelhofen	1.234 Einwohner	41,0 km ² Gebietsgröße
	Gem. Stegaurach	6.824 Einwohner	23,9 km ² Gebietsgröße
Gem. Strullendorf	7.686 Einwohner	31,7 km ² Gebietsgröße	
Gem. Viereth-Trunst.	3.609 Einwohner	15,8 km ² Gebietsgröße	
Gem. Walsdorf	2.574 Einwohner	16,2 km ² Gebietsgröße	
Gem. Wattendorf	685 Einwohner	22,2 km ² Gebietsgröße	

Gemeindefreie Gebiete:

Gesamtfläche 90,85 km² / zum größten Teil unbewohnt

Ebracher Forst	11,67 km ² Gebietsgröße
Eichwald	4,33 km ² Gebietsgröße
Geisberger Forst	10,32 km ² Gebietsgröße
Hauptsmoorwald	20,82 km ² Gebietsgröße
Koppenwinder Forst	12,89 km ² Gebietsgröße
Lindach	6,27 km ² Gebietsgröße
Semberg	4,50 km ² Gebietsgröße
Steinachsranen	5,75 km ² Gebietsgröße
Winkelhofer Forst	8,52 km ² Gebietsgröße
Zückshuter Forst	5,78 km ² Gebietsgröße

Verwaltungsgemeinschaften:

VG Baunach:	Baunach, Gerach, Lauter, Reckendorf
VG Burgebrach:	Burgebrach, Schönbrunn i. Steigerwald
VG Ebrach:	Burgwindheim, Ebrach
VG Lisberg:	Lisberg, Priesendorf
VG Stegaurach:	Stegaurach, Walsdorf
VG Steinfeld:	Königsfeld, Stadelhofen, Wattendorf



Datenquelle für Einwohner/ Gebietsgröße: [11]

I.b Strukturelle Rahmenbedingungen in der Stadt Bamberg

1. Lage im Raum

Die kreisfreie Stadt Bamberg war bereits in historischer Zeit als alte fränkische Kaiser- und Bischofsstadt sowie als Handelsstadt ein wichtiges politisches, kulturelles und wirtschaftliches Zentrum im nordbayerischen Raum. Sie ist heute Oberzentrum im Regierungsbezirk Oberfranken und Teil der Metropolregion Nürnberg. Im LEP Bayern ist die Stadt Bamberg zusammen mit den Gemeinden ihres engeren Verflechtungsbereichs als Verdichtungsraum Bamberg mit insgesamt rund 200.000 Einwohnern ausgewiesen, der eine hervorragende Anbindung an das überregionale Verkehrsnetz (Straßen-, Schienen- und Wasserstraßennetz) aufweist. Insbesondere in den Bereichen Wirtschaft, Kultur und Bildung erfüllt die Stadt Bamberg heute neben ihren administrativen Aufgaben zentrale Funktionen für die Stadt- und Umlandbevölkerung (siehe einleitende Ausführungen in Kap. All.b). Zudem ist Bamberg Sitz des Erzbistums sowie Garnisonsstadt für rund 4.400 Soldaten der US-Streitkräfte und deren Familien.

Herausragende Bedeutung hat in Bamberg die Altstadt, die seit 1993 als Weltkulturerbe in die Liste der UNESCO eingetragen ist und den größten unverseht erhaltenen historischen Stadtkern innerhalb Deutschlands aufweist („Stadtdenkmal“ Bamberg). Ein zusätzlicher Anziehungspunkt von überregionaler Bedeutung wird zukünftig in Bamberg im Zuge der Bayerischen Landesgartenschau 2012 im Bereich des ehemaligen ERBA-Geländes sowie der Regnitzinsel entstehen, wo umfangreiche städtebauliche und landschaftsplanerische Maßnahmen durchgeführt werden. Darüber hinaus weist Bamberg als „Gärtnerstadt“ eine Vielzahl erhaltenswerter Kleingartenanlagen und Grünzonen auf.

Das Stadtgebiet Bamberg gliedert sich in mehrere Stadtteile, zu denen die Stadtteile Berggebiet, Mitte (Inselstadt), Theuerstadt (Gärtnerstadt, St. Gangolf), Wunderburg, Gereuth, Nord (St. Otto), Ost (St. Heinrich) und Gartenstadt (St. Kunigunda) zählen. Hinzu kommen die zu Beginn der 1970er Jahre eingemeindeten Stadtteile Kramersfeld und Bruckertshof (ursprünglich Stadt Hallstadt), Bug, Gaustadt, Wildensorg und Bughof (zuvor Gemeinde Strullendorf) sowie Hirschknock (zuvor Gemeinde Gundelsheim).

Aufgrund der herausragenden baulichen Potenziale insbesondere im Altstadtbereich bestehen in Bamberg besondere Auflagen des Denkmalschutzes und der Stadtbilderhaltung, die der Errichtung von Dachflächensolaranlagen vielfach im Wege stehen. Auch im weiteren Stadtgebiet Bamberg bestehen insgesamt nur begrenzte Dachflächen- und Freiflächenpotenziale zur verstärkten Nutzung der Solarenergie. U.a. schränken die zu erhaltenden Kleingartenanlagen in der „Gärtnerstadt“ Bamberg, aber auch freizuhaltende Frischluftschneisen, Blickachsen (u.a.

Altenburg, Schloss Seehof) und Biotopentwicklungsflächen die Möglichkeiten zukünftiger Solarenergienutzung in Bamberg deutlich ein. Insofern ist eine verstärkte Kooperation der Stadt Bamberg mit den umgebenden Gemeinden des Landkreises Bamberg im Hinblick auf eine möglichst effiziente und regional orientierte Nutzung der im gesamten Untersuchungsgebiet vorhandenen Solarenergiepotenziale unabdingbar.

2. Naturräumliche Gegebenheiten

Die Stadt Bamberg liegt im Regnitztal, das sich von der Regnitzquelle südlich von Nürnberg bis zur Mündung in den Main bei Bischberg etwa sieben Kilometer nördlich von Bamberg erstreckt. Östlich von Bamberg befindet sich der Übergang zur Jurahochfläche und zur Fränkischen Schweiz, im Nordwesten und Westen sind die Ausläufer der Haßberge bzw. des Steigerwalds gelegen, die jedoch das rund 55 Quadratkilometer große, zwischen 230 m (Bereich Hafen) und 386 m (Bereich Altenburg) hoch gelegene Stadtgebiet Bamberg nicht direkt tangieren. Nordöstlich und westlich von Bamberg erstreckt sich das landschaftsprägende Maintal.

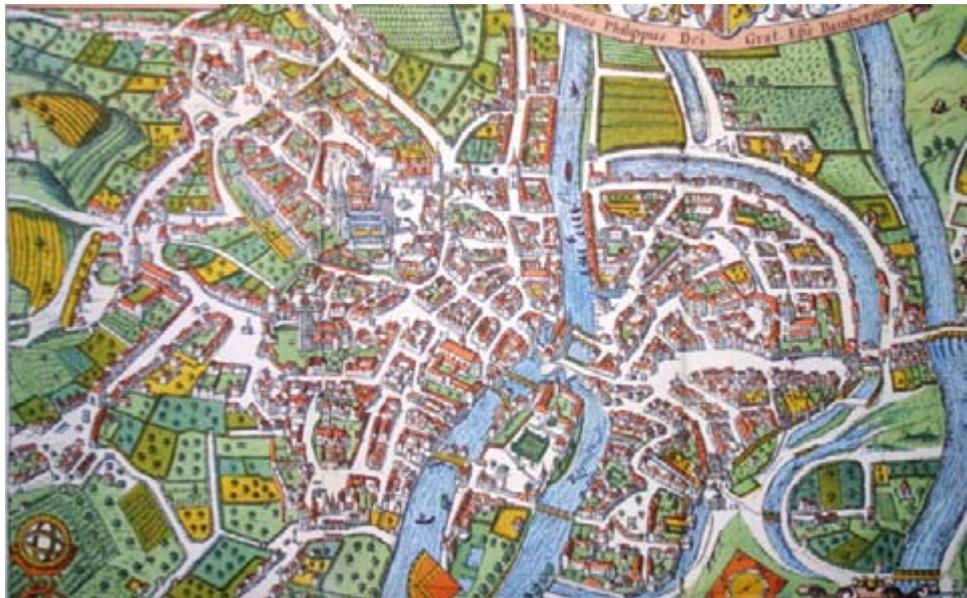


Abbildung B-1: Altenburg bis Seesbrücke [65]

Die Altstadt von Bamberg liegt teilweise auf einer Insel zwischen den beiden Regnitzarmen und vereinnahmt darüber hinaus den westlich angrenzenden Bereich unterhalb des Domberges. Spätere Stadterweiterungen erstreckten sich vor allem in östlicher Richtung. Bamberg wird aufgrund seiner Lage auf sieben Hügeln auch als „Fränkisches Rom“ bezeichnet. Die ehemalige Schiffer- und Fischersiedlung an der Regnitz ist als „Klein-Venedig“ bekannt.

Aufgrund der räumlichen Begrenztheit des Stadtgebiets Bamberg und der hier bestehenden stärkeren Zersiedlungstendenzen stehen in der Stadt Bamberg insgesamt kaum nennenswerte Flächenpotenziale für die Nutzung der Solarenergie zur Verfügung. Die wenigen unzersiedelten Flächen größeren Zuschnitts sind zu großen Teilen von Wald bestanden oder kommen aus anderen Gründen (Erhaltung von Kleingartenanlagen; Freihaltung von Freiluftschneisen, Sichtachsen und Biotopentwicklungsflächen; sonstige städtebauliche Kriterien) nicht für die Solarenergienutzung in Frage.

3. Sozioökonomische Rahmendaten

Die kreisfreie Stadt Bamberg weist mit 1.280 Einwohnern pro km² eine im Vergleich zum Durchschnitt des Landkreises Bamberg (ca. 124 Einwohner pro km²) deutlich höhere Besiedlungsdichte auf. Ähnlich wie im Landkreis Bamberg war in der Stadt Bamberg im Zeitraum von 1999 bis 2009 eine insgesamt positive Bevölkerungsentwicklung zu konstatieren, wobei sich allerdings seit 2006 eine leicht rückläufige Entwicklung im Stadtgebiet abzeichnet. So lag die Stadtbevölkerung mit rund 69.800 Menschen am Ende des Jahres 2009 zwar über dem Wert von 1999, als rund 69.000 Menschen registriert wurden (Steigerung um rund 1,2% seit 1999), doch unter dem Wert Anfang 2006, als rund 70.100 Menschen registriert wurden (Rückgang um rund 0,4% seit 2006).

Zurückzuführen ist die zuletzt schrumpfende Bevölkerungsentwicklung in der Stadt Bamberg vor allem auf den Rückgang der Geburtenzahlen im Stadtgebiet bei einer relativ gleich bleibenden Sterberate. Zudem schwächt sich die Ende der 1990er Jahre noch stärkere Zuwanderung in das Stadtgebiet tendenziell ab, so dass die negative natürliche Bevölkerungsentwicklung kaum noch durch positive Wanderungssalden ausgeglichen werden kann. Mit Blick auf den zukünftigen Energiebedarf privater Haushalte heißt dies, dass sich dieser in der Stadt Bamberg zukünftig etwas abschwächen wird, auch wenn die Zahl der privaten Haushalte aufgrund eines höher werdenden Anteils von 1- und 2-Personen-Haushalten weniger stark abnehmen wird als die Bevölkerungszahl. Zu einer weiteren Senkung des Energiebedarfs können zukünftig – ähnlich wie im Landkreis Bamberg – energiesparende und effizienzsteigernde Maßnahmen wie insbesondere die energetische Sanierung von Wohngebäuden beitragen.

Aufgrund der hohen Wirtschaftskraft und günstiger struktureller Rahmenbedingungen in der Stadt Bamberg weist diese eine überaus hohe Beschäftigtenquote von rund 68 Beschäftigten je 100 Einwohnern auf (Landkreis Bamberg: durchschnittlich 21 Beschäftigte je 100 Einwohner, Stand 2010). Insgesamt nahm in Bamberg seit Ende der 1990er Jahre bis 2010 die Zahl der sozialversicherungs-

pflichtig Beschäftigten um rund 4,0% auf heute rund 47.800 Beschäftigte zu, unter denen sich ein hoher Anteil von Einpendlern aus den Umlandgemeinden des Landkreises Bamberg und darüber hinaus befindet.

Bedingt durch die oberzentralen Funktionen, die Bamberg für die einheimische und die Umlandbevölkerung zu erfüllen hat, bei gleichzeitig hoher touristischer Anziehungskraft der Stadt Bamberg ist hier der Beschäftigtenanteil im tertiären Sektor (rund 63%) überaus hoch. Gleichwohl ist das Handels-, Dienstleistungs- und Tourismuszentrum Bamberg auch ein wichtiger Standort für Betriebe des produzierenden Gewerbes (Beschäftigtenanteil von ca. 36%), darunter v.a. Betriebe der Kfz-Zulieferindustrie, der Elektrotechnik und des Ernährungsgewerbes. Angesichts der insgesamt günstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Bamberg ist hier zukünftig mit einem weiterhin hohen Energiebedarf durch die ansässigen Wirtschaftsbetriebe zu rechnen, der aber durch energiesparende und effizienzsteigernde Maßnahmen deutlich gesenkt werden kann (Datenquelle für Zahlen der Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung: [11], zur prognostizierten Senkung des Energiebedarfs siehe Ausführungen in Kap. BVI).

4. Verkehrliche Anbindung

Die Stadt Bamberg weist eine hohe verkehrliche Lagegunst mit guter Anbindung an das regionale und überregionale Verkehrsnetz auf. So liegt Bamberg im Schnittpunkt der Bundesautobahnen A 70 (Schweinfurt – Bamberg – Bayreuth) und A 73 (Nürnberg – Bamberg – Coburg – Suhl) sowie unweit der südlich verlaufenden A 3 (Aachen – Köln – Frankfurt – Nürnberg – Regensburg – Passau) und verfügt somit über einen hervorragenden Anschluss an das bundesdeutsche Fernstraßennetz. Mehrere Bundes- und Staatsstraßen ergänzen die überregionalen Verkehrsverbindungen.

Im Bereich des Schienenverkehrs besteht für die Stadt Bamberg mit ihrem Bahnhof der Kategorie 3 (Regionalknoten mit möglichem Fernverkehrshalt) Anschluss an das Fernverkehrsnetz über die ICE-Linie Berlin – München bzw. die Fernverkehrsstrecke Leipzig – Nürnberg, die im Zweistunden-Takt von ICE-Zügen sowie darüber hinaus durch weitere Fernverkehrszüge bedient werden. Im Bau befindet sich derzeit noch die Fernverkehrsstrasse Nürnberg – Erfurt – Berlin. Der regionale Schienenverkehr wird über verschiedene Regionalstrecken bedient, darunter die Strecke Bamberg – Haßfurt – Schweinfurt – Würzburg. Seit kurzem ist Bamberg zudem an das S-Bahn-Netz der Stadt Nürnberg im Rahmen des Verkehrsverbunds Großraum Nürnberg angebunden.

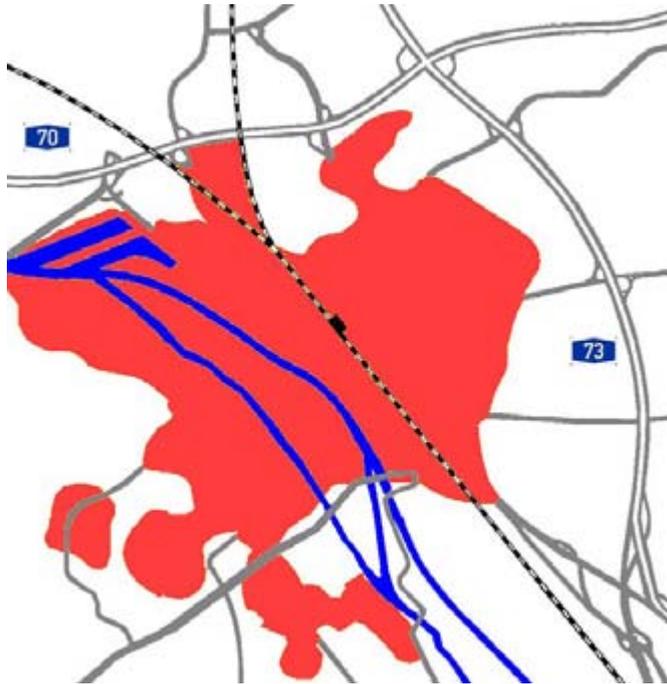


Abbildung B-2: Wasserwege, Autobahnen und Eisenbahngleise [64 mit Überarbeitung]

Mit dem Flugplatz Bamberg-Breitenau besitzt die Stadt Bamberg einen der ältesten noch im Betrieb befindlichen Landeplätze Deutschlands. Der Flugplatz ist offiziell ein Militärflugplatz (Bamberg US Airfield), wird aber heute in erster Linie zivil genutzt. Mit ihrem Binnenschiffhafen ist die Stadt Bamberg zudem an den Main-Donau-Kanal als bedeutender europäischer Wasserstraße angebunden.

Insgesamt besteht im Stadtgebiet Bamberg eine überaus hohe Dichte an Verkehrswegen und anderen linienhaften Infrastruktureinrichtungen, die zu einer starken Zerschneidung des ohnehin sehr begrenzten Landschaftsraums führt und kaum Möglichkeiten für die Solarenergienutzung auf großflächigen Standorten eröffnet. Auch in unmittelbarer Nähe der durch das Stadtgebiet verlaufenden Verkehrswege (Autobahnen, Bahnlinien) besteht kaum Spielraum zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen.

5. Bildungsinfrastruktur und öffentliche Einrichtungen

Die Stadt Bamberg ist Universitätsstadt mit über 10.000 Studierenden. Dabei sind die Einrichtungen der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als führender Universität für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften auf Standorte im gesamten Stadtgebiet verteilt. Insbesondere die Universität, aber auch mehrere Gymnasien, weiterführende Schulen, Wirtschaftsschulen, Förderschulen, berufliche Schulen, Privatschulen, Internate und weitere Bildungseinrichtungen machen Bamberg zu einem zentralen Bildungsstandort in Oberfranken mit starken Ausstrahlungseffekten in das nähere und weitere Umland.

Grundsätzlich stellen die zahlreichen Bildungsstätten in Bamberg einen wichtigen baulichen Anknüpfungspunkt für die Errichtung solarthermischer oder photovoltaischer Anlagen dar. Ähnliches gilt für die zahlreichen öffentlichen Einrichtungen in Bamberg, zu denen u.a. Ämter und Verwaltungseinrichtungen, Kliniken, Seniorenheime und andere soziale Einrichtungen, Museen, Tagungs- und Kulturstätten, Schwimmbäder, Stadien und andere Sportstätten sowie technische Infrastruktureinrichtungen zu zählen sind.

6. Stadtdenkmal und Weltkulturerbe Bamberg

Die tausendjährige Kaiser- und Bischofsstadt Bamberg stellt mit ihren mehr als 2.000 Einzeldenkmälern, darunter zahlreiche Monumentalbauten und das rund 1000 Jahre alte Gärtnerviertel, ein städtebauliches Gesamtkunstwerk von weltweitem Rang dar. Die erhaltenen Bauwerke und die Stadtstruktur fügen sich zu einem geschlossenen Ensemble, das mehr als 1000 Jahre Stadtgeschichte und städtebauliche Entwicklung erlebbar macht. Die gesamte Altstadt Bamberg besitzt den Status „Stadtdenkmal“ und ist mit einer Ausdehnung von 425 Hektar Deutschlands größtes Altstadtensemble. Für Gebäude innerhalb des Ensembles gilt, dass bei Fassadenveränderungen eine denkmalschutzrechtliche Erlaubnis eingeholt werden muss. Zusätzlich stehen innerhalb des „Stadtdenkmals“ über 2000 Gebäude unter Einzelschutz, an denen ohne denkmalschutzrechtliche Erlaubnis keine Veränderungen vorgenommen werden dürfen (vgl. [34] u. [62]).

Innerhalb des in Abbildung B-3 gelb abgegrenzten Stadtdenkmals befindet sich der Bereich des Weltkulturerbes Bamberg. Seit 1993 sind die Bereiche Bergstadt, Inselstadt und Gärtnerstadt Teil des Weltkulturerbes, wodurch die Altstadt Bamberg als weltweite Kulturstätte anerkannt wurde. Die drei Siedlungskerne stellen ein zusammengewachsenes Gebiet dar, das der Ausdehnung der Stadt seit der Bistumsgründung (1007) durch Kaiser Heinrich II. bis zum Ende des 16. Jahrhunderts entspricht und das im 18. Jahrhundert prachtvoll barockisiert wurde.

Kriterien für die Ausweisung als Weltkulturerbe waren die Kriterien II und IV der „Kriterien für die Aufnahme in die UNESCO-Welterbeliste“¹.

- Kriterium II:

Die Bamberger Stadtstruktur und die Architektur des Mittelalters und der Renaissance übten seit dem 11. Jahrhundert einen starken Einfluss auf städtische Formen und Entwicklungen in den Ländern Zentraleuropas aus.

- Kriterium IV:

Bamberg ist ein hervorragendes und repräsentatives Beispiel einer frühmittelalterlichen Stadt in Zentraleuropa sowohl in seinem Grundriss als auch in seiner Vielzahl erhaltener kirchlicher und weltlicher Bauten.

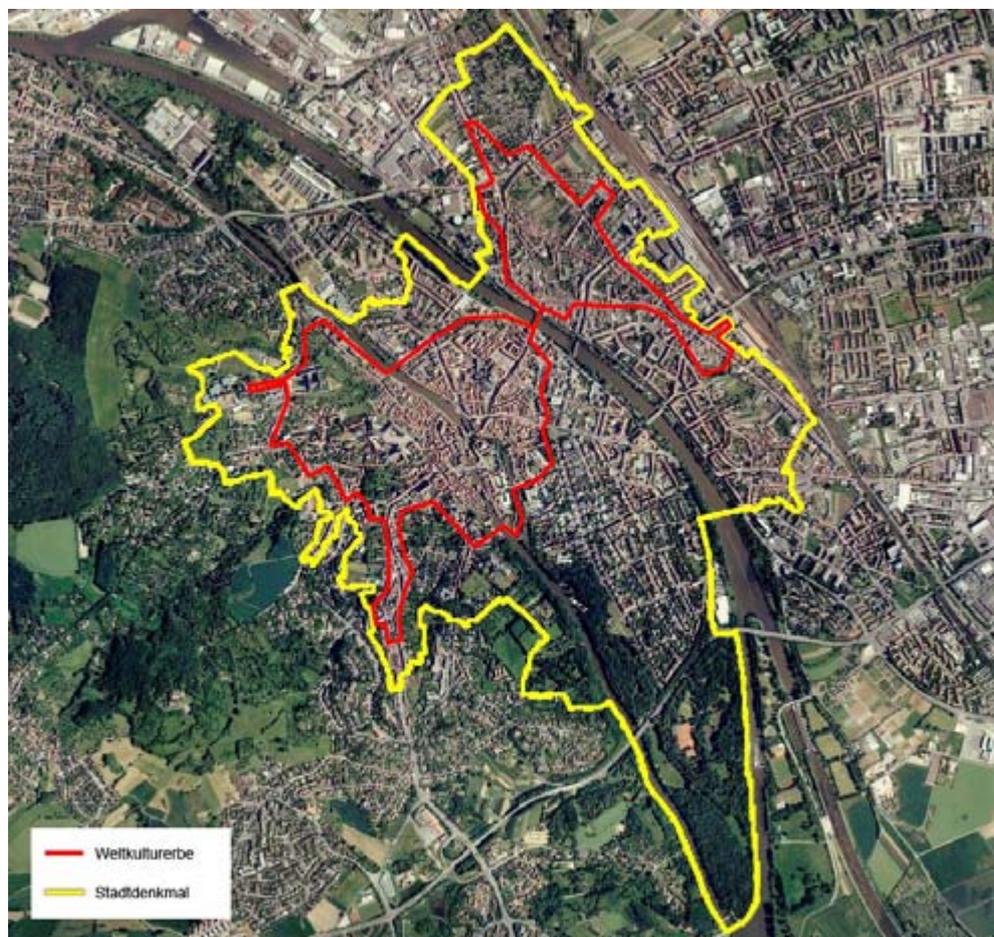


Abbildung B-3: Abgrenzungsplan StadtDenkmal und Weltkulturerbe Bamberg

¹ Siehe die 10 Punkte unter <http://www.unesco.de/348.html>

Bergstadt:

Die Bergstadt war als Domberg mit der Babenburg eine Keimzelle mittelalterlicher Siedlung in Bamberg. Die Bergstadt war bürgerlicher Siedlungsraum, aber auch weltliches und kirchliches Zentrum. Neben bedeutenden kirchlichen Bauten (Dom, St. Michael, St. Stephan, St. Jakob und Obere Pfarre/Unserer Lieben Frau) wurden auch bedeutende weltliche Bauwerke, wie die Neue Residenz, hier errichtet [62].

Inselstadt:

Die Inselstadt bildete stets das bürgerliche Zentrum der Stadt und noch heute liegt hier das Geschäftszentrum Bambergs. In ihrem Bereich liegen die ehemalige Fischersiedlung („Klein Venedig“), die Niederlassung anderer Handwerker, die Märkte und bürgerliche Bauten. Das Alte Rathaus der Stadt hat hier seinen Sitz und verdeutlicht den Konflikt zwischen Bürgertum, Bischof und Domkapitel um den Einfluss in der Stadt [62].

Gärtnerstadt:

Neben dem Domberg ist die Theuerstadt mit St. Gangolf ein mittelalterliches Zentrum Bambergs. Sie bildet das Zentrum der Besiedelung des Gärtnerviertels. Die dort verlaufende Königstraße markiert heute noch den Verlauf der alten Nord-Süd-Fernstraße durch Bamberg. Die Gärtnerstadt rechts der Regnitz bildet durch Weite, frei Räume und die typischen Häuser der Gärtner ein städtebauliches Alleinstellungsmerkmal Bambergs und hebt sich so vom städtischen Charakter der Bergstadt und Inselstadt ab [62].

Durch den Rang Bambergs als Weltkulturerbe und den historischen Wert des Stadtdenkmals ergeben sich besondere Ausgangsvoraussetzungen und Restriktionen im Hinblick auf bauliche Eingriffe in die Stadtgestalt und städtebauliche Struktur der Stadt Bamberg. Dies gilt insbesondere auch im Hinblick auf bauliche Maßnahmen im Gebäudebestand zur Nutzung der Solarenergie.

II. AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Die Ausgangsvoraussetzungen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Stadt und Landkreis Bamberg wurden ausführlich untersucht in der „Potenzialanalyse zu erneuerbaren Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg“ des Fraunhofer-Instituts UMSICHT [31]. Zentrale Aussagen aus dieser Untersuchung werden im Folgenden knapp zusammengefasst.

II.a Stromverbrauch

Die aktuell für Stadt und Landkreis Bamberg ermittelbaren Stromverbräuche sind im Vergleich zum bayerischen Landesdurchschnitt als gering einzustufen. Besonders gering sind die Stromverbräuche in den Wohngemeinden des Landkreises Bamberg, in denen nur wenige oder gar keine industriellen Ansiedlungen anzutreffen sind.

Den größten Gesamtverbrauch weist mit rund 610 GWh/a die Stadt Bamberg auf, was durch die besonderen lokalen Verhältnisse (urbanes Umfeld, Bevölkerungsstruktur, Industrieansiedlungen) bedingt ist. Relativ hohe Gesamtverbräuche bestehen zudem in Hirschaid, Hallstadt und Zapfendorf (zwischen 60 und 81 GWh/a). Die geringsten Gesamtverbräuche sind mit jeweils 3 GWh/a in den Gemeinden Gerach und Lauter zu konstatieren, die als Wohngemeinden mit geringer Bevölkerungszahl und geringen Siedlungsflächen und ohne nennenswerte Industrieansiedlungen zu charakterisieren sind.

Auch im Pro-Kopf-Verbrauch liegen die meisten Gemeinden in Stadt und Landkreis Bamberg unter dem jährlichen Bundesdurchschnitt von rund 6,3 MWh/a. Nur sieben der insgesamt 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets liegen überhalb dieses Wertes. Hierzu zählt neben der Stadt Bamberg (8,7 MWh/a) die Stadt Hallstadt (8,5 MWh/a), die neben Bamberg der wichtigste Industriestandort im Untersuchungsgebiet mit zahlreichen mittleren und kleinen Betrieben ist. Zudem befindet sich auf der Gemarkungsgrenze zwischen Bamberg und Hallstadt Bayerns größtes zusammenhängendes Gewerbegebiet für den Einzelhandel, zu dem noch ein zweiter Gewerbepark für den Einzelhandel an der A 70 hinzukommt. Den größten Pro-Kopf-Verbrauch weist mit 11,9 MWh/a der Markt Zapfendorf auf, wo neben zahlreichen Handwerksbetrieben größere Betriebe der Holz- und Milchverarbeitung, der Kiesgewinnung und des Betonbaus angesiedelt sind.

Beim Wärmeverbrauch liegen die meisten Städte und Gemeinden im Untersuchungsgebiet in der Größenordnung des Bundesdurchschnitts. Deutlich über diesem Bundesdurchschnitt liegen nur die Stadt Bamberg und vier weitere Ge-

meinden des Landkreises Bamberg, wo demzufolge das größte Einsparpotenzial für Wärme besteht.

Überdurchschnittlich hohe Werte ergeben sich in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes beim Verbrauch von Kraftstoff-Strom. Zurückzuführen sind diese Werte auf die hohe Industriedichte an zentralen Punkten wie Bamberg und Hallstadt und den starken Pendlerverkehr aus den Umlandgemeinden [31 S.7f und S. 167ff].²

II.b Bestand an erneuerbaren Energien

Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch liegt in Bayern bei 8% und damit über dem Bundesdurchschnitt (6%). Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung beträgt in Bayern 20% (Bundesdurchschnitt: 13%; Stand 2008). Die Hälfte der gesamtdeutschen Photovoltaikleistung entfällt auf Bayern [31 S.4 und S. 115].³

Ähnlich wie im gesamten Freistaat Bayern sind auch in Stadt und Landkreis Bamberg bereits grundlegende Schritte zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien zur Deckung des Energiebedarfs unternommen worden, insbesondere in den Bereichen Wasserkraft, Biogas, Solarenergie, Geothermie und Windkraft.

Der Ausbau der **Wasserkraft** unter Ausschöpfung des Potenzials entlang von Gewässern I. und II. Ordnung ist in Stadt und Landkreis Bamberg insgesamt sehr gut. Es existieren zahlreiche Anlagen mit installierten Leistungen zwischen 10 und 100 kW, eine Anlage mit 300 kW sowie zwei Großanlagen, darunter das Laufwasserkraftwerk Hirschaid an der Regnitz (3,9 MW) und das Laufwasserkraftwerk Viereth am Main (6,2 MW). Diese Anlagen decken einen Anteil am Gesamtstrombedarf in Stadt und Landkreis Bamberg von 13,1%. Ein weiterer Ausbau in größerem Maßstab ist aufgrund bestehender Restriktionen (Naturschutz, Verschlechtsverbot Wasserrahmenrichtlinie) stark erschwert und aktuell nicht praktikabel.

Hinsichtlich der Nutzung von **Biogas** als regenerativer Energiequelle ist aktuell auf einen sehr guten Bestand an Biogasanlagen in Stadt und Landkreis Bamberg zu verweisen. Die bestehenden Anlagen decken einen Anteil von 16,2% am Gesamtstrombedarf und 9,8% am Gesamtwärmebedarf in Stadt und Landkreis Bamberg. Zukünftig besteht noch Ausbaupotenzial im Bereich der Biogasnutzung.

² Daten zum Stromverbrauch wurden im Rahmen der Potenzialanalyse von E.ON Bayern und von den Stadtwerken Bamberg zur Verfügung gestellt

³ Zahlen entnommen aus: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Eckpunkte der bayerischen Energiepolitik, 2008, Download: http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie-und-rohstoffe/energieversorgung/Eckpunkte_Energiepolitik.pdf

Ähnlich wie die Nutzung von Biogas ist auch die Nutzung der solaren Energie mittels **Photovoltaik** und **Solarthermie** in Stadt und Landkreis Bamberg bereits deutlich ausgeprägt. Allerdings decken die aktuell bestehenden photovoltaischen und solarthermischen Anlagen nur einen Anteil von 2,5% am Gesamtstrombedarf bzw. von 1,2% am Gesamtwärmebedarf in Stadt und Landkreis Bamberg. Zukünftig besteht noch ein hohes Ausbaupotenzial zur Nutzung der Solarenergie, wofür die vorliegende Untersuchung eine entsprechende Orientierungshilfe bieten soll.

Der Bestand an **geothermischen Anlagen** in Stadt und Landkreis Bamberg ist im Gegensatz zum bereits hohen Ausbaustand in den Bereichen Wasserkraft, Biogas und Solarenergie sehr gering. Im Bereich der oberflächennahen Geothermie decken Wärmepumpen nur etwa 0,2% des Wärmebedarfs in Stadt und Landkreis Bamberg, Anlagen zur Nutzung von Potenzialen der tiefen Geothermie sind bislang nicht bekannt. Insgesamt besteht im Bereich der Geothermie noch ein hoher lokaler (z.B. Untergrundeignung) und technischer Forschungsbedarf im Hinblick auf die Nutzung vorhandener Potenziale.

Die Nutzung der **Windkraft** stellt nach aktuellem Stand der Technik die effizienteste Form regenerativer Energienutzung dar; sie ist jedoch bislang in Stadt und Landkreis Bamberg noch nicht weit fortgeschritten. Aktuell sind in Stadt und Landkreis Bamberg sieben Windkraftanlagen in Betrieb, die einen Anteil von rund 5,8 % am Gesamtstrombedarf in Stadt und Landkreis Bamberg decken. Diese Anlagen befinden sich größtenteils in einem Windpark auf den Gemarkungen des Marktes Heiligenstadt und des Marktes Buttenheim (7,5 MW). Hinzu kommen zwei Einzelanlagen in Litzendorf (3 MW) und Zapfendorf (1,1 MW). Zukünftig bietet die Windkraft ein hohes Potenzial zur Stromerzeugung, doch bestehen gleichzeitig erhebliche Restriktionen im Untersuchungsgebiet, welche die Möglichkeiten zur Ausweitung der Windkraftnutzung deutlich einschränken [31 S.11f und S.170f].

II.c Potenziale erneuerbarer Energien

Ganz allgemein ist für ganz Bayern festzustellen, dass die vorhandenen Fließgewässer für die **Wasserkraftnutzung** weitestgehend ausgebaut sind. Dies gilt grundsätzlich auch für die Fließgewässer in Stadt und Landkreis Bamberg. Hier gibt es keine geeigneten Standorte für den Neubau neuer großer Wasserkraftanlagen. Denkbar wäre allerdings, die Leistung bestehender Wasserkraftanlagen durch entsprechende technische Maßnahmen zu erhöhen.

Mit Blick auf die Ausweitung der **Nutzung von Biogas** sind nur die effizientesten und technisch aussichtsreichsten Nutzungspfade zu betrachten (Biogas aus Silomais und Grassilage, Verbrennung von Holz aus Kurzumtriebsplantagen, zu-

sätzliche Energiegewinnung aus Wirtschaftsdünger). Insgesamt besteht im Untersuchungsgebiet noch Steigerungspotenzial bei der Nutzung von Biogas, wobei aber Nachhaltigkeitskriterien besonders zu beachten sind. Relativ hohe Hektarerträge und Nettoenergieerträge sind bei der Verwendung von Silomais zu erwarten. Dagegen ist das nachhaltig nutzbare Holzpotenzial im Untersuchungsgebiet begrenzt und dürfte bis 2020 erschlossen sein.

Der Einsatz oberflächennaher **Geothermie** ist in Stadt und Landkreis Bamberg an fast allen Orten möglich. Die höchste Eignung weisen dabei Gebiete entlang der Fließgewässer auf. Nicht geeignet sind die Gebiete im Osten des Landkreises Bamberg.

Das größte Potenzial zur Stromproduktion bietet die **Windenergieerzeugung**. Mit weniger als 16 Windkraftanlagen der 2-MW-Leistungsklasse je Gemeinde ließe sich der größte Teil des Strombedarfs (inkl. Kraftstoffstrom) in Stadt und Landkreis Bamberg decken. Dies ist aber grundsätzlich nur realisierbar, wenn zukünftig Windkraftanlagen auch in Landschaftsschutzgebieten errichtet werden dürfen. Ohne diese Bedingung sind zukünftig etwa 262 Windkraftanlagen im Untersuchungsgebiet denkbar, ansonsten bis zu 594 Windkraftanlagen. Grundsätzlich sind bei der Nutzung der Windenergie rechtliche Rahmenbedingungen für die Standortwahl zu beachten. Besondere Restriktionen ergeben sich aus Gesetzen und Bestimmungen des Natur- und Landschaftsschutzes, aus Abstandsregelungen und aus dem Gewässerschutz.

Mit Blick auf die Nutzung der **Sonnenenergie** weisen unter Zugrundelegung der vorhandenen Globalstrahlungswerte praktisch alle Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets eine grundsätzliche Eignung auf. Besonders gut geeignet sind die Gemeinden Buttenheim, Heiligenstadt, Königsfeld, Stadelhofen und Watterndorf im Osten des Untersuchungsgebiets, in denen relativ hohe, über dem Landkreisdurchschnitt liegende Globalstrahlungswerte zu verzeichnen sind. Insgesamt liegt die jährliche Globalstrahlung im Untersuchungsgebiet gemäß der Fraunhofer UMSICHT - Studie [31 S. 83] zwischen 875 und 1.175 kWh/qm, in den östlich gelegenen Gemeinden liegt sie bei mind. 1.055 kWh/qm.

Die Globalstrahlung stellt die wichtigste Grundlage für die Berechnung des Solarpotenzials im Untersuchungsgebiet dar. Weitere wichtige Berechnungsfaktoren sind die im Untersuchungsgebiet verfügbaren Flächen für Solarmodulinstallationen sowie die jeweils verwendete Anlagentechnik.

Als nutzbare Flächen kommen – neben Freiflächen – vor allem Dachflächen, darüber hinaus auch Fassaden- und Sonderflächen wie z.B. Verkehrsflächen, Vorgärten und Überdachungen in Frage, wobei die Nutzbarkeit dieser Flächen von besonderen Faktoren abhängt. So sind z.B. bei Dachflächen folgende Faktoren zu

berücksichtigen: Flach- oder Schrägdach, bauliche Restriktionen (Tragfähigkeit, Denkmalschutz, Dachaufbauten), Abschattungen, Neigungswinkel, Dachausrichtung.

Hinsichtlich der Anlagentechnik können unter Standardtestbedingungen Modulwirkungsgrade zwischen 13 und 25% bei Modulen aus großtechnischer Produktion erreicht werden. Unter realen Bedingungen werden die größten Wirkungsgrade bei Materialien aus monokristallinem Silizium (high efficiency: ca. 18%, Standard: ca. 15,5%) erreicht. Etwas geringer liegt der Wirkungsgrad bei polykristallinem Silizium (ca. 14,5%) und deutlich geringer bei amorphem Silizium (ca. 6%). Abzüge im Nutzungsgrad des Gesamtsystems müssen durch Wechselrichterverluste und Verluste durch Verschmutzung hingenommen werden (sog. Performance Ratio) ([31 S. 12ff, S. 76ff und S 253f]; detailliertere Ausführungen zum Modulwirkungsgrad von Photovoltaikanlagen sind in Kap. FII.c enthalten).

In Ergänzung zu den Ausführungen des Fraunhofer-Instituts UMSICHT in seiner „Potenzialanalyse zu erneuerbaren Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg“ zum Thema Solarenergie sei hier zum Abschluss noch eine Karte der durchschnittlichen jährlichen Globalstrahlung im Untersuchungsgebiet angefügt (Abbildung B-4).

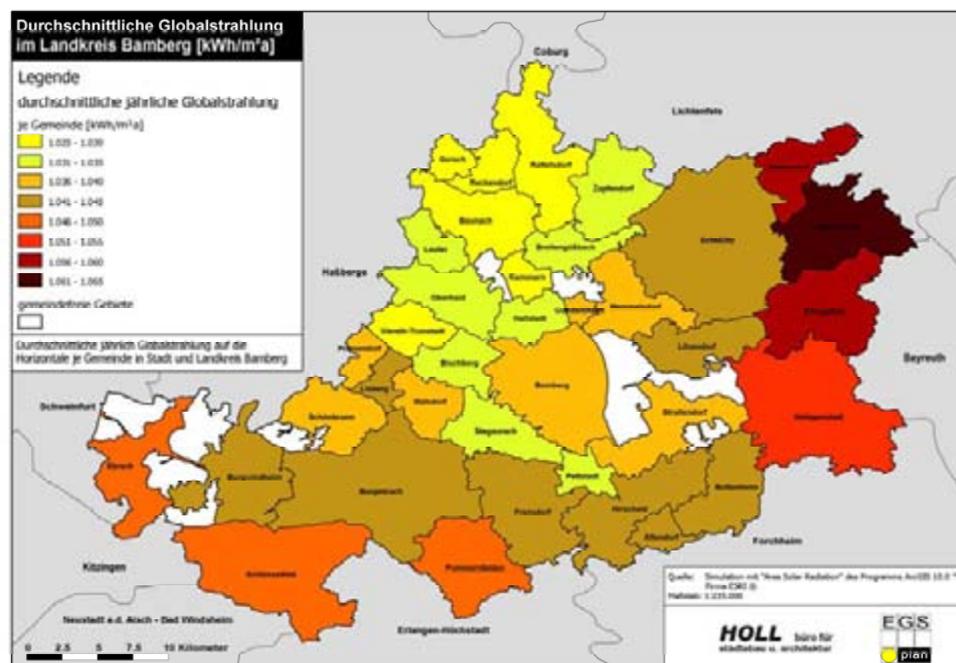


Abbildung B-4: Durchschnittliche Globalstrahlung im Untersuchungsgebiet

Die Werte in dieser Karte weichen von den in der Fraunhofer-Untersuchung genannten Zahlen teilweise etwas ab, unterstreichen aber nochmals, dass im östlichen Landkreisgebiet die höchsten Globalstrahlungswerte zu verzeichnen sind. Insofern besteht hier eine besondere Eignung für die Nutzung der Solarenergie. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die im Osten gelegenen Gemeinden aufgrund ihrer Zugehörigkeit zum Naturpark Fränkische Schweiz nur bedingt für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in Frage kommen.

III. BESTAND AN SOLARANLAGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

III.a Dachflächen

1. Solarthermie

Im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) fördert das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) die Installation solarthermischer Anlagen. Die Daten der Förderanträge werden vom Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar) [19] veröffentlicht und dienen als Grundlage zur Erfassung des solarthermischen Anlagenbestandes in Stadt und Landkreis Bamberg. In Abbildung B-5 ist die installierte Kollektorfläche für jede Stadt und Gemeinde des Untersuchungsgebietes dargestellt. Die absolute Kollektorfläche ist dabei in den einwohnerreichen Städten und Gemeinden am größten, weshalb sich die Kollektorfläche im Stadtgebiet Bamberg vom umgebenden Landkreis abhebt. Ende März 2011 betrug die installierte solarthermische Kollektorfläche der 5.842 Anlagen im gesamten Untersuchungsgebiet 53.669 m². Dies entspricht einer durchschnittlichen Anlagengröße von 9 m² und damit der durchschnittlichen Anlagengröße solarthermischer Anlagen in Deutschland. Bezogen auf die Bevölkerung beträgt die solarthermische Kollektorfläche 0,25 m² pro Einwohner. Das Untersuchungsgebiet liegt damit leicht über dem bayerischen Wert von 0,23 m² Kollektorfläche pro Person und deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt von 0,11 m² pro Person. Hieraus ist zu erkennen, dass Solarthermieanlagen im Untersuchungsgebiet, verglichen mit dem gesamten Bundesgebiet, aufgrund der guten Solarstrahlungsverhältnisse deutlich verbreiteter sind.

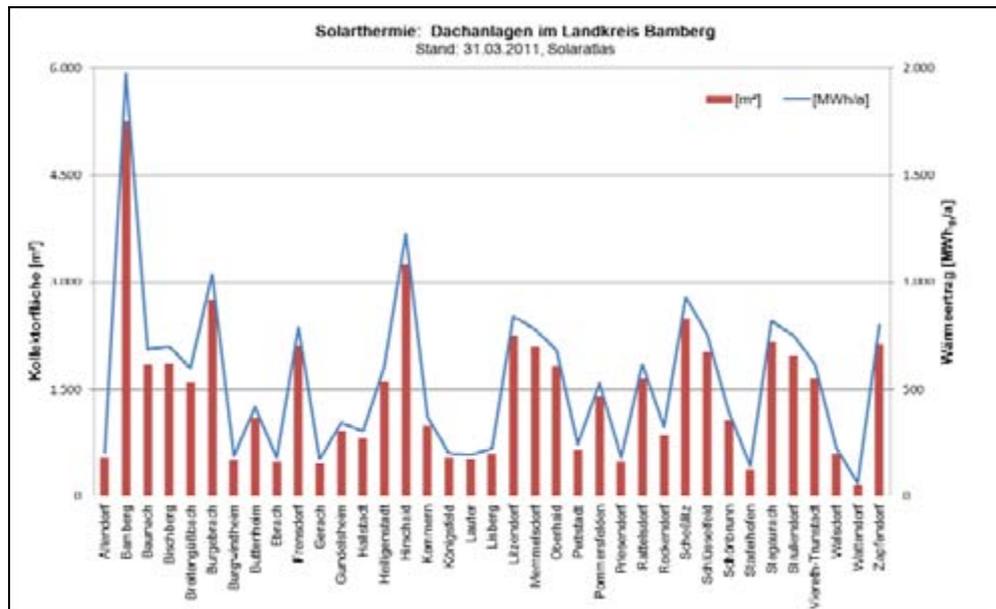


Abbildung B-5: Bestand Solarthermie: Dachflächenanlagen in Stadt und Landkreis Bamberg; Datenbasis: Solaratlas [19]

Die Berechnung und Analyse der jährlichen Solarthermieerträge erfolgt anhand einer detaillierten Hochrechnung. Berücksichtigt sind hierbei die solarthermischen Technologien Flach-, Röhren-, Luft- und Speicherkollektoren sowie die jeweiligen Einsatzgebiete Heizungsunterstützung, Warmwassererzeugung und Prozesswärme.

Tabelle B-1: Kollektortechnologien und Einsatzgebiete im Landkreis Bamberg; Stand: März 2011; Daten: [19]

Anzahl / Prozent	Flachkollektor		Röhrenkollektor		Luft- & Speicherkollektor	
Heizungsunterstützung	1.675	31,6 %	170	31,7 %	5	71,4 %
Prozesswärme	2	0,0 %	3	0,6 %	0	0,0 %
Warmwassererwärmung	3.621	68,3 %	364	67,8 %	2	28,6 %
Summe	5.298	100 %	537	100 %	7	100 %

Tabelle B-1 veranschaulicht, dass der Flachkollektor die am häufigsten eingesetzte Kollektortechnologie ist. Der Einsatz von Vakuumröhrenkollektoren sowie Luft- und Speicherkollektoren ist weit weniger gebräuchlich. Gut zwei Drittel der installierten Anlagen dienen dem Zweck der Warmwassererwärmung. Nur etwa ein Drittel des solarthermischen Anlagenbestandes ist derzeit zur Unterstützung von

Heizungsanlagen vorgesehen. Mit den in Tabelle B-2 aufgeführten spezifischen Wärmeerträgen erfolgte die Berechnung des jährlichen solar nutzbaren Wärmeertrags der Bestandsanlagen. Bei der Berechnung der Ertragswerte sind die unterschiedlichen Technologien sowie die jeweiligen Einsatzgebiete berücksichtigt.

Tabelle B-2: Thermische Nutzenergie (inklusive Speicherverluste).

Nutzenergie $\left[\frac{\text{kWh}_{\text{th}}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$	Flachkollektor	Röhrenkollektor	Luft- & Speicherkollektor
Heizungsunterstützung	350	450	300
Prozesswärme	350	450	300
Warmwassererwärmung	380	420	360

Aus der Kollektorfläche und den spezifischen Ertragswerten errechnet sich eine jährliche thermische Nutzenergie von 20.125 MWh_{th}. Die exakten Kollektorflächen und Jahreserträge der einzelnen Städte und Gemeinden sind im separaten Anhang zur Studie zu finden. Der in der Fraunhofer Analyse für das Jahr 2008 ermittelte thermische Energiebedarf von 2.161.675 MWh_{th} kann durch den Bestand zu annähernd einem Prozent gedeckt werden.

2. Photovoltaik

Das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Kurztitel: Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) schreibt Netzbetreibern und Elektrizitätsversorgungsunternehmen vor, die Daten aller am Netz angeschlossenen Photovoltaikanlagen auf ihren Internetseiten zu veröffentlichen. Das Untersuchungsgebiet liegt im Verwaltungsgebiet des Netzbetreibers TenneT TSO GmbH. Eine übersichtlichere und vollständigere Datenquelle ist die von der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) betriebene Plattform „energymap.de“. In Abbildung B-6 sind die Anlagenzahl und die installierte Leistung in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes dargestellt.

III.b Freiflächen

1. Solarthermie

In der Stadt und im Landkreis Bamberg existieren keine solarthermischen Anlagen auf Freiflächen. Solarthermische Bestandsanlagen zur Erzeugung von Prozesswärme oder zur Trocknung sind ebenfalls nicht bekannt.

2. Photovoltaik

Die Auswertung der auf Freiflächen installierten Photovoltaikanlagen erfolgt analog zu den Dachflächenanlagen auf der Datengrundlage „energymap.de“. Die Verteilung der installierten Leistung auf die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebietes ist in Abbildung B-7 dargestellt. Die Leistungen der insgesamt sechs vorhandenen Anlagen unterscheiden sich signifikant, weshalb die Ordinateachse zur gemeinsamen Darstellung unterbrochen ist.

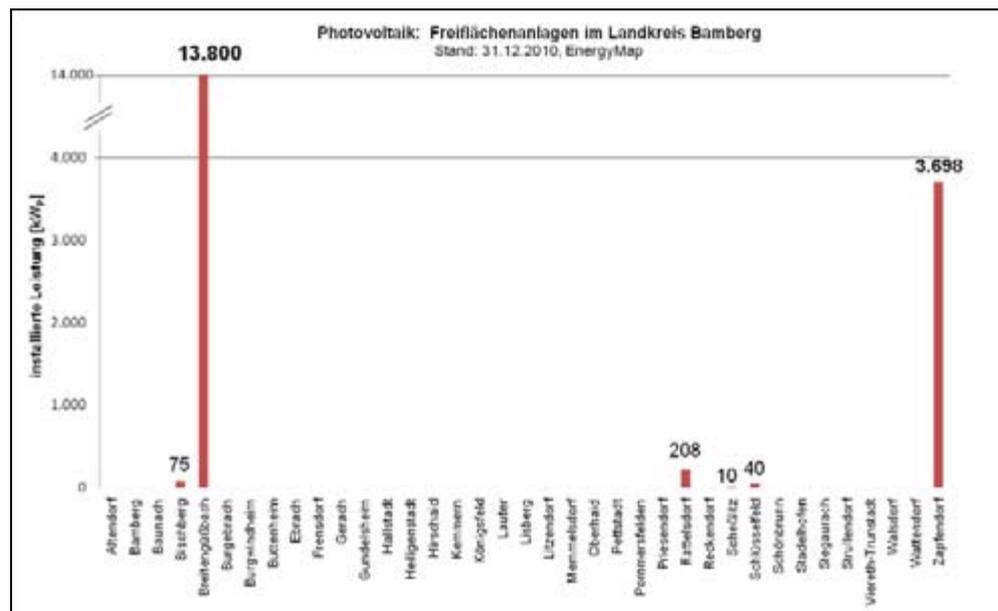


Abbildung B-7: Bestand Photovoltaik: Freiflächenanlagen in Stadt und Landkreis Bamberg; Datenbasis: energymap [23]

Vier Anlagen befinden sich im Leistungsbereich zwischen 10 und 208 kW_p. Diese in den Jahren 2003 bis 2005 errichteten Freiflächenanlagen sind in Abbildung B-8 zu sehen. Die Entscheidung zur Errichtung von Freiflächenanlagen mit im Vergleich zum heutigen Zeitpunkt unüblich kleiner Leistung resultiert vermutlich aus den ehemals hohen EEG-Vergütungen für Photovoltaikanlagen auf Ackerflächen.



Abbildung B-8: PV-Freiflächenanlagen, Bestandsanlagen im Landkreis Bamberg.

Seit dem 30. Juli 2010 werden Freiflächenanlagen, sofern sie nicht bestimmte Kriterien (z.B. Errichtung im Bereich einer Konversionsfläche oder im Abstand von max. 110 Metern zu einer Autobahn oder einer Schienentrasse) erfüllen, nicht mehr nach dem EEG vergütet (vgl. § 32f EEG 2012). Die Wirtschaftlichkeit einer Freiflächenanlage steigt mit ihrer Größe, weshalb die seit jüngster Zeit erbauten Anlagen Leistungen im Megawattbereich aufweisen. Die größte Freiflächenanlage im Landkreis Bamberg besitzt eine elektrische Leistung von 13,8 MW_p (Abbildung B-9).



Abbildung B-9: Solarpark Gut Leimershof in Breitengüßbach [36]

Der auf dem Gut Leimershof in der Gemeinde Breitengüßbach gelegene Solarpark erstreckt sich über eine Ackerfläche von 30 ha. Der Solarpark besteht aus 66.100 polykristallinen Solarmodulen und 14 Zentralwechselrichtern. Betrieben wird die Anlage vom oberfränkischen Photovoltaikanbieter IBC Solar, der die Wartung und die technische Betriebsführung des Solarparks für 20 Jahre übernimmt (vgl. [36]).

IV. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE BESTAND SOLARANLAGEN

Die Verteilung der solarthermischen Kollektorfläche in Stadt und Landkreis Bamberg ist der Karte in Abbildung B-10 zu entnehmen. Die Karte spiegelt die geografische Verteilung der Kollektorfläche im Untersuchungsgebiet wieder. Da im untersuchten Gebiet keine Freiflächenanlagen existieren, ist die installierte Kollektorfläche vornehmlich von der Besiedlungsdichte der einzelnen Gemeindegebiete abhängig. Im Stadtgebiet Bamberg und in den Märkten Burgebrach und Hirschaid ist die größte solarthermische Fläche installiert. Im Unterschied hierzu ist in den schwächer besiedelten Gebieten im Osten (Fränkische Schweiz), im Westen (Steigerwald) und im Nordwesten (Haßberge) des Landkreises Bamberg eine geringere solarthermische Kollektorfläche vorhanden.

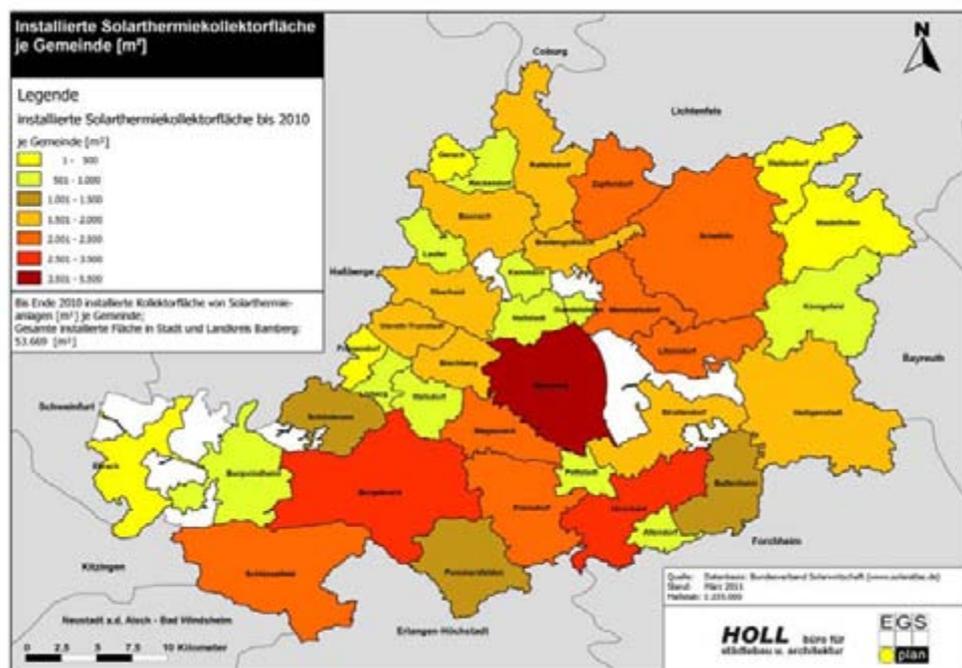


Abbildung B-10: Installierte solarthermische Kollektorfläche in Stadt und Landkreis Bamberg.

Die Ergebnisse der Analyse des solarthermischen Anlagenbestands sind in Tabelle B-3 zusammengefasst, gemeindegroße Angaben sind in Tabelle B-5 zu finden.

Tabelle B-3: Bestandsanalyse Solarthermie (Stand: 31.03.2011) [19]

	Anlagenzahl [-]	Kollektorfläche [m ²]	Jahresertrag [MWh _{th} /a]
Dachflächen	5.842	53.669	20.127
Freiflächen	-	-	-
Summe	5.842	53.669	20.127

In Abbildung B-11 ist dargestellt, wie sich die installierte Photovoltaikleistung des Anlagenbestandes räumlich verteilt. Im Gegensatz zur Solarthermie ist der Photovoltaikbestand nicht ausschließlich durch Anlagen auf Gebäuden geprägt. Die Freiflächenanlage von 13,8 MW_p in Breitengüßbach repräsentiert 86 % der gesamten installierten Photovoltaikleistung in der Gemeinde. Durch den Solarpark ist Breitengüßbach die Gemeinde mit der höchsten installierten Photovoltaikleistung im Untersuchungsgebiet. Im Markt Zapfendorf (3,7 MW_p Freiflächenanlage) und im Stadtgebiet Bamberg ist zusätzlich eine hohe Leistung vorhanden.

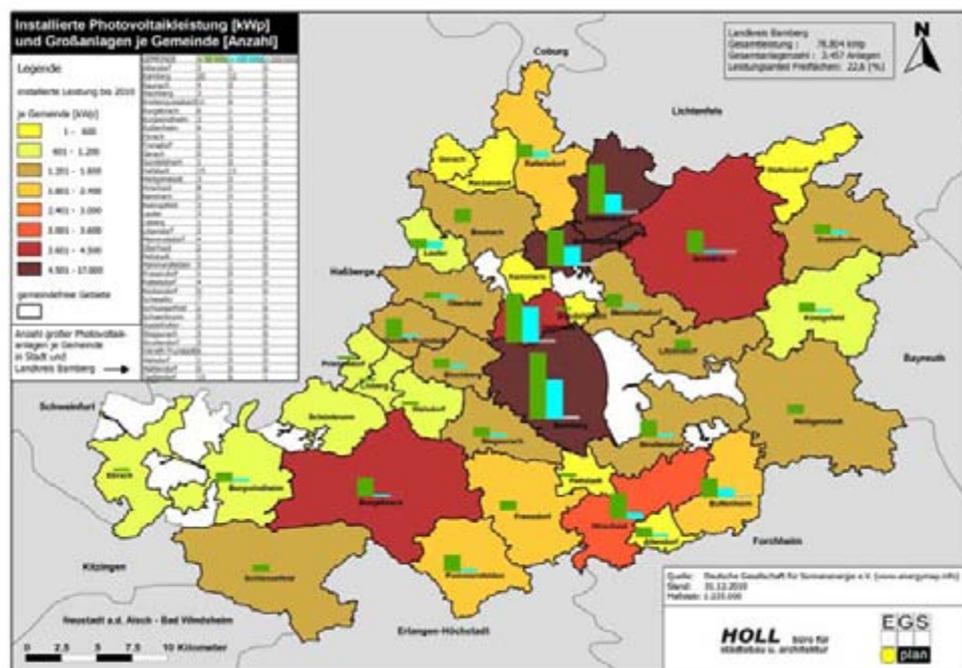


Abbildung B-11: Installierte Photovoltaikleistung in Stadt und Landkreis Bamberg.

Die Balkendiagramme der Darstellung symbolisieren die Anzahl großer Photovoltaikanlagen in den einzelnen Städten und Gemeinden. Anlagen mit elektrischen Leistungen über 50 kW_p sind in nahezu allen Gemeinden vorhanden, Anlagen mit Leistungen über 100 kW_p hauptsächlich in industriereichen Gebieten. Von den sechs Anlagen über 500 kW_p sind zwei Anlagen Freiflächenanlagen im Megawattbereich, die restlichen vier Anlagen haben eine Leistung zwischen 500 und 750 kW_p und sind auf großen Industriehallen installiert. Insgesamt sind im Untersuchungsgebiet 3.457 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 78 MW_p installiert, wobei die installierte Freiflächenleistung einen Anteil von 22,6 % einnimmt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse aus der Analyse des Photovoltaikbestandes in tabellarischer Form zusammengefasst. Angaben zu den einzelnen Städten und Gemeinden befinden sich im separaten Anhang.

Tabelle B-4: Bestandsanalyse Photovoltaik (Stand: 31.12.2010) [23]

	Anlagenzahl	Installierte Leistung
	[-]	[kW_p]
Dachflächen	3.451	60.973
Freiflächen	6	17.831
Summe	3.457	78.804

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

Tabelle B-5: Anlagenbestand Photovoltaik und Solarthermie

	PV [kW] Stand 12/2010	Anlagenzahl PV [-] Stand 12/2010	Solarthermie [m²] Stand 03/2011
Altendorf	555	27	534
Stadt Bamberg	6.926	327	5.256
Baunach	1.455	109	1.841
Bischberg	1.530	106	1.873
Breitengüßsbach	16.030	96	1.596
Burgebrach	4.100	233	2.768
Burgwindheim	962	36	503
Buttenheim	2.228	70	1.093
Ebrach	706	33	486
Frensdorf	2.159	135	2.110
Gerach	70	10	464
Gundelsheim	586	69	925
Hallstadt	4.286	136	808
Heiligenstadt	1.547	83	1.612
Hirschaid	3.281	205	3.250
Kemmern	374	43	996
Königsfeld	951	47	542
Lauter	870	45	523
Lisberg	617	39	604
Litzendorf	1.391	135	2.253
Memmelsdorf	1.342	104	2.096
Oberhaid	1.744	87	1.820
Pettstadt	594	47	647
Pommersfelden	2.042	112	1.403
Priesendorf	665	40	488
Rattelsdorf	2.021	113	1.648
Reckendorf	481	52	866
Scheßlitz	3.661	192	2.495
Schlüßelfeld	1.437	94	2.013
Schönbrunn	687	50	1.061
Stadelhofen	1.256	58	383
Stegaurach	1.418	116	2.176
Strullendorf	1.681	119	1.976
Viereth-Trunstadt	1.542	79	1.652
Walsdorf	841	67	596
Wattendorf	394	26	174
Zapfendorf	6.377	117	2.139

V. ZIELSETZUNGEN UND HANDLUNGSFELDER IM RAHMEN DER KLIMAALLIANZ BAMBERG

Im Rahmen ihrer 2008 gegründeten Klimaallianz verfolgen Stadt und Landkreis Bamberg das Ziel, bis zum Jahr 2035 Energieautarkie durch Substitution fossiler Energieträger, Steigerung der Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energieträger zu erreichen. Der Begriff Energieautarkie wird dabei folgendermaßen definiert: „Deckung des in der Region benötigten Gesamtenergieverbrauchs (Wärme, Strom, Kraftstoffe) mittels aller in der Region vorhandenen regenerativen Energiequellen unter Ausschluss von Stoff- oder Energieimporten aus anderen Regionen, mit der Möglichkeit von Exporten von Stoffen oder Energien zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung“ [31 S. 16 und S. 194].

In ihrer gemeinsamen Klimaschutzklärung haben sich die beteiligten Partner aus Stadt und Landkreis Bamberg verpflichtet, „sich gegenseitig zu unterstützen und bei der Zusammenarbeit ihre jeweiligen Kompetenzen in den Bereichen Energieeinsparung, Steigerung der Energieeffizienz, energieeffizientes Bauen, Ausbau der erneuerbaren Energien, Umweltbildung und Wertediskussion einzubringen. Neben der gegenseitigen Unterstützung verpflichtete man sich auch zum kontinuierlichen Erfahrungsaustausch aller Beteiligten und bemüht sich, Dritte aus Wirtschaft und Gesellschaft als Partner zu werben“ [41].

Folgende zehn Handlungsfelder wurden in der gemeinsamen Klimaschutzklärung benannt [41]:

- Zielvorgabe: Energieautarkie für die Stadt und den Landkreis Bamberg über die Substitution fossiler Energieträger, Energieeffizienz und Nutzung regenerativer Energien
- Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emission bei kommunalen Liegenschaften um 30% bis 2020
- Integration der Gemeinden sowie der kommunalen und privaten Betriebe in eine strategische Klimaschutzpolitik
- Unterstützung der Bürger bei der Mitwirkung an der selbstverantwortlichen Gestaltung des öffentlichen Lebens im Sinn eines nachhaltigen Klimaschutzes
- Ausbau einer neutralen, produktunabhängigen Energieberatung für Bürgerinnen und Bürger sowie ortsansässige Unternehmen
- Förderung der Umwelterziehung und -bildung
- Stärkung und Förderung einer energieeffizienten Mobilität
- Stärkung von Maßnahmen zum Schutz der Ressourcen Boden, Wasser und Luft als Folge der Klimaerwärmung im Sinn einer ganzheitlichen Klimaschutzpolitik

- Anwendung energiesparender Maßnahmen in der Bauleitplanung und kommunales Flächen-ressourcen-Management
- Klimaschutz durch bewusste Ernährung über die Marketingkampagne „Region Bamberg – weil’s mich überzeugt!“

VI. AUSBLICK

In Stadt und Landkreis Bamberg bestehen insgesamt günstige Ausgangsvoraussetzungen für das Erreichen des in Kap. BV formulierten Zieles der Energieautarkie. Als begünstigende Faktoren können insbesondere genannt werden [31 S. 17 und S. 197f.]:

- Der im Vergleich zum Bundesdurchschnitt geringere Energieverbrauch von Haushalten, Gewerbe, Industrie und Verkehr pro Einwohner (-0,6 MWh/EW im Stromsektor)
- Der im Vergleich zum Bundesdurchschnitt höhere Versorgungsgrad an erneuerbaren Energien (+37% im Stromsektor und +48% im Wärmesektor)

Von eher untergeordneter Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass in Stadt und Landkreis Bamberg keine Biokraftstoffe erzeugt werden.

Weiterhin wird die Erreichung des Energieautarkieziels dadurch begünstigt, dass bis zum Zieljahr 2035 mit einer deutlichen Reduktion der Verbrauchswerte gegenüber den zuletzt erhobenen Verbrauchswerten im Jahr 2008 zu rechnen ist. In Anlehnung an den zu erwartenden Bundesdurchschnitt kann in Stadt und Landkreis Bamberg von folgenden Reduktionswerten bis 2035 ausgegangen werden [31 S. 203]:

- - 11,1% beim Stromverbrauch (ohne Kraftfahrzeuge)
- - 27,2% beim Wärmeverbrauch
- - 13,8% beim Kraftstoff-Stromverbrauch

Die beschriebene Reduktion der Verbrauchswerte eröffnet den in der Klimallianz Bamberg zusammengeschlossenen Partnern Möglichkeiten, die Anzahl der für die Erreichung des Energieautarkieziels erforderlichen zusätzlichen Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ebenfalls zu reduzieren. Gleichwohl ist eine schnelle Umsetzung von Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien erforderlich, um die Deckungslücke zwischen Energieverbrauch und Energieerzeugung aus regenerativen Energien bis 2035 zu schließen [31 S. 19 / 197].

Zu empfehlen ist in diesem Zusammenhang eine „gemeindescharfe Schwerpunktsetzung zu Energiearten und Autarkiepotenzialen“ [31 S. 23]. Darüber hin-

aus ist im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energien folgenden allgemeinen Erfordernissen Rechnung zu tragen [31 S. 30]:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Bündelung von Kräften und Kompetenzen
- Einheitliche Strategie für die Öffentlichkeitsarbeit

Mit Blick auf diese Erfordernisse sind in Stadt und Landkreis Bamberg bereits mehrere erfolgreiche Klimaschutzprojekte eingeleitet oder bereits durchgeführt worden. Zu verweisen ist hier etwa auf folgende Projekte [31 S. 99]:

- Fotovoltaik-Förderprogramm der Stadtwerke Bamberg, bei dem Bürger und Firmen bei der Installation einer Fotovoltaik-Anlage einen einmaligen Zuschuss erhalten
- Aktion „100-Dächer-Programm“ (Unterstützung der Installation von Fotovoltaikanlagen durch kostengünstige Pauschalangebote und ein zinsgünstiges Finanzierungsangebot)
- Betrieb einer Bürgersolaranlage der Stadtwerke Bamberg auf deren Parkdeck (108,1 kWp Gesamtleistung)
- Planung und Realisierung von zwei weiteren Fotovoltaik-Anlagen in Bamberg (eine Anlage seit Frühjahr 2010 auf dem Dach des Busdepots, eine Anlage auf öffentlichem Gebäude)

C VORGEHENSWEISE BEI DER ERSTELLUNG DES SOLARFLÄCHENKATASTERS

I. VORGEHENSWEISE

Aufbauend auf die „Potenzialanalyse erneuerbare Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg“ des Fraunhofer-Instituts UMSICHT sind in vorliegender Untersuchung die solarenergetisch nutzbaren Potenziale auf Freiflächen und Gebäudeflächen (Dachflächen) im Stadtgebiet Bamberg und in den Städten und Gemeinden des Landkreises Bamberg zu ermitteln und in einem Solarflächenkataster darzustellen. Die Untersuchung ist klar gegliedert und verfolgt einen systematischen Ansatz, der auf verschiedenen Analyseebenen und unter gesonderter Betrachtung von Freiflächen und Gebäudeflächen (Dachflächen) nachvollziehbares Zahlenmaterial liefert. Das analytische Vorgehen deckt dabei die verschiedenen Annahmen der Potenzialberechnung auf und macht diese transparent.

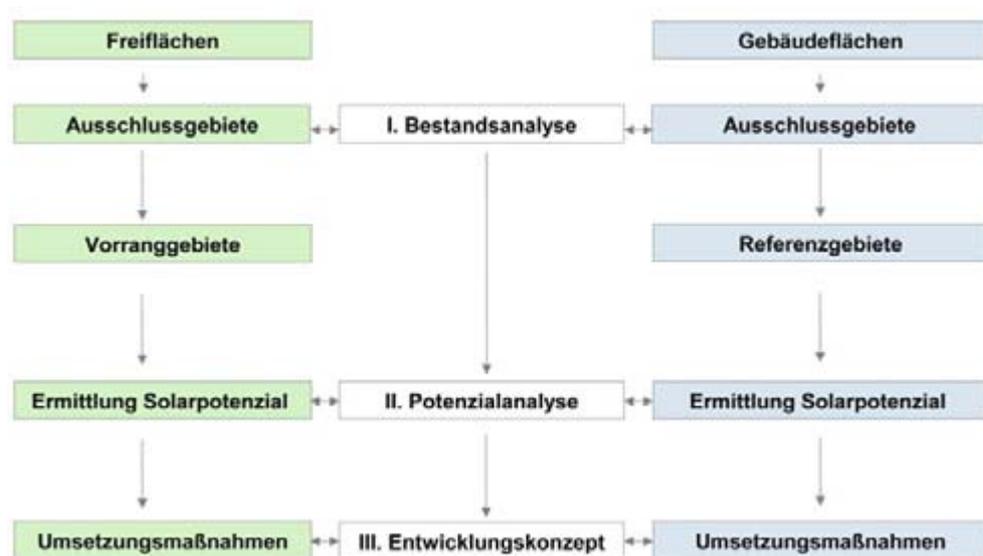


Abbildung C-1: Untersuchungsschritte

Die Untersuchung vollzieht sich in folgenden drei Schritten (siehe Abbildung C-1: Untersuchungsschritte):

- I. Bestandsanalyse mit Ermittlung der für eine Solarenergienutzung nicht in Frage kommenden Ausschlussgebiete sowie der für eine solche Nutzung zur Verfügung stehenden Vorranggebiete bei Freiflächen und Referenzgebiete bei Gebäudeflächen

- II. Potenzialanalyse mit Ermittlung des Solarpotenzials auf Freiflächen und Gebäudeflächen
- III. Entwicklungskonzept mit Darstellung konkreter Maßnahmen zur Nutzung der bestehenden Solarpotenziale auf Freiflächen und Gebäudeflächen

Beim Solarpotenzial auf Gebäudeflächen werden in der vorliegenden Untersuchung sowohl das solarthermische als auch das photovoltaische Potenzial differenziert betrachtet. Dagegen wird das Solarpotenzial auf Freiflächen vollständig dem Photovoltaikpotenzial zugeordnet. Diese Zuordnung hat sich nach Analyse der Freiflächensituierung im Untersuchungsgebiet und unter Berücksichtigung der aus den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden gewonnenen Erkenntnisse bestätigt. Für die Nutzung von Solarthermie liegt entweder ein für die Einspeisung notwendiges Nahwärmenetz nicht vor oder die Freiflächen liegen zu weit entfernt von den Siedlungsgebieten.

II. BETEILIGUNGSPROZESS

Die Erarbeitung eines auf den gesamten Landkreis Bamberg und die Stadt Bamberg bezogenen Solarflächenkatasters stellt eine komplexe Aufgabe dar. Es ergeben sich besondere Herausforderungen im Hinblick auf die Nutzung der in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelten solarenergetischen Potenziale als wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Energieautarkieziels bis zum Jahr 2035. Vor diesem Hintergrund ist eine Kooperation aller betroffenen Kommunen sowie der verantwortlichen Akteure auf Landkreisebene unabdingbar. Mit der 2008 ins Leben gerufenen Klimaallianz Bamberg sind die organisatorischen Voraussetzungen für eine solche Kooperation bereits geschaffen worden.

Im Sinne eines möglichst kooperativen Vorgehens erfolgte die Erarbeitung des Solarflächenkatasters für Stadt und Landkreis Bamberg in Gestalt eines dialogorientierten Beteiligungsprozesses unter Einbindung aller betroffenen Kommunen sowie der zuständigen Vertreter des Landratsamtes Bamberg und der Regierung von Oberfranken. Durch Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes, die im Zeitraum von Mai 2011 bis Juli 2011 jeweils vor Ort in den kommunalen Verwaltungssitzen stattfanden, sowie durch Besprechungen mit den Verantwortlichen auf Landkreis- und Regierungsebene am 16. Juni 2011 und am 06. Oktober 2011 im Landratsamt Bamberg konnten einvernehmliche und mit allen Beteiligten abgestimmte Ergebnisse im Rahmen der Erstellung des Solarflächenkatasters erzielt werden.

Im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Kommunen, die meist im kleinen Kreis unter Beteiligung wichtiger Vertreter wie Bürgermeister und / oder

geschäftsleitenden Beamten stattfanden, wurden zunächst die vom Gutachter zwischenzeitlich erarbeiteten Analyseergebnisse vorgestellt und gutachterliche Empfehlungen bezüglich der Ausweisung solarenergetisch nutzbarer Potenzialflächen im Stadt- bzw. Gemeindegebiet ausgesprochen. Diese Vorschläge wurden dann von den Anwesenden gemeinsam diskutiert. Die dabei von kommunaler Seite geäußerten lokalspezifischen Entwicklungsvorstellungen und eigenen Vorschläge zur Ausweisung konsensfähiger Potenzialflächen wurden von den Gutachtern im Rahmen der weiteren Arbeiten zur Erstellung des Solarflächenkatasters aufgegriffen und entsprechend verarbeitet. Für alle Städte und Gemeinden wurden die Ergebnisse der Abstimmungsgespräche in einem Protokoll festgehalten und den Kommunen mit der Bitte um Zustimmung zugesandt.

Neben den kommunalen Anregungen wurden seitens der Gutachter auch die von den Vertretern des Landkreises und der Regierung in den Gesprächsrunden am 16. Juni 2011 und am 06. Oktober 2011 im Landratsamt Bamberg geäußerten inhaltlichen und formalen Anregungen bezüglich der Erstellung des Solarflächenkatasters entsprechend berücksichtigt. Die Gesprächsrunden dienten darüber hinaus vor allem dazu, die einzelnen Schritte des Planungs- und Beteiligungsprozess zur Erstellung des Solarflächenkatasters zu steuern und zu koordinieren. Zugleich wurde in diesen Gesprächsrunden vorab geklärt, in welcher Form und in welchem Umfang die Ergebnisse des Planungsprozesses zur Erstellung des Solarflächenkatasters seitens der Gutachter in den vorgesehenen größeren Gremiumssitzungen präsentiert werden sollten.

In einer ersten Sitzung des Umweltausschusses des Landkreises Bamberg am 08. Juli 2011 wurden die bis dahin vorliegenden Ergebnisse der Bestandsanalyse im Rahmen der Erstellung des Solarflächenkatasters vom Gutachtertteam vorgestellt und seitens der anwesenden Teilnehmer diskutiert. In diesem Zusammenhang wurden seitens der Gutachter auch die noch anstehenden Untersuchungsschritte der Potenzialanalyse und der Entwicklungskonzepterstellung erläutert.

Die Vorstellung der fertigen Studie zur Erstellung des Solarflächenkatasters für Stadt und Landkreis Bamberg fand am 15. November 2011 im großen Sitzungssaal des Landratsamtes Bamberg statt. Zu dieser Vorstellung waren Vertreter aller 37 beteiligten Kommunen sowie Vertreter des Landratsamtes Bamberg und der Regierung von Oberfranken eingeladen.

D BESTANDSANALYSE VON FREIFLÄCHEN

Ziel der Bestandsanalyse war es, städtebaulich sinnvolle Potenzialflächen für Freiflächenanlagen zu ermitteln, die in die nachfolgende Potenzialanalyse einfließen können. Der Analyseprozess im Rahmen der Bestandsanalyse wurde dazu in folgende vier Untersuchungsschritte unterteilt:

- **Untersuchungsschritt I:**

- **Ausschlussflächen nach fachplanerischen Belangen**

- Im Untersuchungsschritt I wurden fachplanerische Belange zusammengetragen, die eine Solarenergienutzung auf bestimmten Flächen ausschließen. Die ausgeschlossenen Flächen wurden graphisch in einem Ausschlussflächenplan dargestellt (siehe Kap. DI).

- **Untersuchungsschritt II: Solartechnisch mögliche Potenziale**

- Im Untersuchungsschritt II wurden die aus dem Untersuchungsschritt I resultierenden Potenzialflächen, denen im Hinblick auf eine Solarenergienutzung keine fachplanerischen Belange entgegenstehen, nach solartechnischen Faktoren untersucht (siehe Kap. DII).

- **Untersuchungsschritt III: Städtebaulich machbare Potenziale**

- Im Untersuchungsschritt III wurden die aus den Schritten I und II gewonnenen, nach fachplanerischen und solartechnischen Kriterien für eine Solarenergienutzung in Frage kommenden Potenzialflächen nach städtebaulichen Kriterien weiter untersucht. Im Ergebnis konnten städtebaulich machbare Potenzialflächen ermittelt werden, die wiederum in Vorranggebiete mit EEG-Förderung und Vorbehaltsgebiete ohne Förderung eingeteilt werden konnten (siehe Kap. DIII).

- **Untersuchungsschritt IV: Städtebaulich sinnvolle Potenziale**

- Im Untersuchungsschritt IV schließlich wurden die städtebaulich machbaren Potenzialflächen in einem Abstimmungsgespräch mit den betroffenen Städten und Gemeinden auf ihre tatsächliche Realisierbarkeit hin überprüft und mit den jeweiligen kommunalen Entwicklungsvorstellungen abgeglichen (siehe Kap. DIV). Im Ergebnis resultierten die städtebaulich und regionalplanerisch sinnvollen Potenzialflächen (siehe Kap. DV), die im Zuge der Potenzialanalyse (siehe Kap. FI) auf ihren jährlichen Stromertrag hin weiter untersucht wurden.



Abbildung D-1: Untersuchungsschritte Bestandsanalyse Freiflächen

I. AUSSCHLUSSFLÄCHEN NACH FACHPLANERISCHEN BELANGEN

Zur Bestimmung der Ausschlussflächen, die aufgrund fachplanerischer Belange nicht für eine Solarenergienutzung herangezogen werden können und in einem Ausschlussflächenplan für das Untersuchungsgebiet dokumentiert sind, wurden verschiedene Planungsgrundlagen der einzelnen Fachplanungsbehörden herangezogen.

Von den zum Untersuchungsgebiet zählenden Städten und Gemeinden wurden die rechtsgültigen Flächennutzungspläne angefordert, die vorwiegend als eingescannte, abfotografierte Dateiformate oder in Papierform zur Verfügung gestellt wurden. Nur in Einzelfällen konnte eine digitale Planfassung im dwg- oder shape-Format für die Analyse herangezogen werden. In den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden (Kap. DIV) wurden darüber hinaus aktuelle kommunale Planungen und Entwicklungsvorstellungen, die in den Flächennutzungsplänen noch nicht enthalten waren, abgefragt und im Ausschlussflächenplan entsprechend berücksichtigt.

Neben den Flächennutzungsplänen der Städte und Gemeinden dienten verschiedene digitale Kartenmaterialien (shape-Format) von Ämtern und Behörden als Arbeitsgrundlage zur Erstellung des Ausschlussflächenplans. Hierzu zählten Kartenmaterialien des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation [6], des Bayerischen Landesamtes für Umwelt [7] und des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege [4] sowie das Rauminformationssystem (RIS) der

Regierung von Oberfranken [55] und der digitale Katasterplan (dwg-Format) des Landkreises und der Stadt Bamberg [32].

Teilweise wurden die benötigten Informationen direkt von der Stadt Bamberg und vom Landratsamt Bamberg oder von anderen Ämtern zur Verfügung gestellt, teilweise wurden online Kartendienste des Bayerischen Landesamtes für Umwelt [8] [9] hinzugezogen. Eine zusätzliche Informationsquelle zur Erstellung des Ausschlussflächenplans waren digitale Orthofotos des Untersuchungsgebietes [32].

In den nachfolgenden Ausführungen werden die wichtigsten Arten von Ausschlussflächen, die anhand der o.g. Planungsgrundlagen ermittelt und in den Ausschlussflächenplan für das Untersuchungsgebiet integriert wurden, am Beispiel der Stadt Baunach textlich und zeichnerisch veranschaulicht. Hierbei sind im Einzelnen berücksichtigt:

- Siedlungsstrukturen
- Naturräumlicher Bestand
- Naturschutz und Landschaftsschutz
- Bodendenkmäler
- Berücksichtigung der Bodenzahlen
- Nutzungsgebiet des Rauminformationssystems Oberfranken
- Externe Kartendienste zu Wasserschutz- und Überschwemmungsgebieten

I.a Siedlungsstrukturen

Mit Blick auf die zukünftige Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen war vorab zu klären, welche Flächen in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes gemäß kommunaler Bauleitplanung neben den bereits besiedelten Bereichen als Siedlungserweiterungsgebiete für Wohn- oder Gewerbebezwecke vorgesehen sind. Die notwendigen Informationen bezüglich bestehender und geplanter Siedlungsflächen in den einzelnen Städten und Gemeinden konnten aus den aktuellen Flächennutzungsplänen sowie aus der vom Bayerischen Landesamt für Vermessung und Geoinformation zur Verfügung gestellten Datengrundlage „Tatsächliche Nutzung“ [4] gewonnen werden.

Die im Flächennutzungsplan dargestellten Nutzungen wie Wohn- und Mischnutzungen wurden zur Vereinfachung unter der Kategorie „Siedlungsgebiete“ zusammengefasst. Zusätzlich wurden hier die zur Siedlungsstruktur zugehörigen Nutzungsflächen (z.B. Grünzüge, Sportplatz und Friedhof), soweit sie aus den Flächennutzungsplänen hervorgingen, mit einbezogen. Gesondert wurden die Gewerbegebiete, Aussiedlerhöfe und Sondergebiete erfasst, wobei eine Unterschei-

dung der einzelnen Sondergebiete hinsichtlich ihrer Nutzung nicht vorgenommen wurde.

Die aus den Flächennutzungsplänen gewonnenen Informationen wurden digitalisiert und mit der digitalen GIS-Grundlage „Tatsächliche Nutzung“ [6], welche nur die bereits bebauten Grundstücke anzeigt, zusammengeführt und abgeglichen.

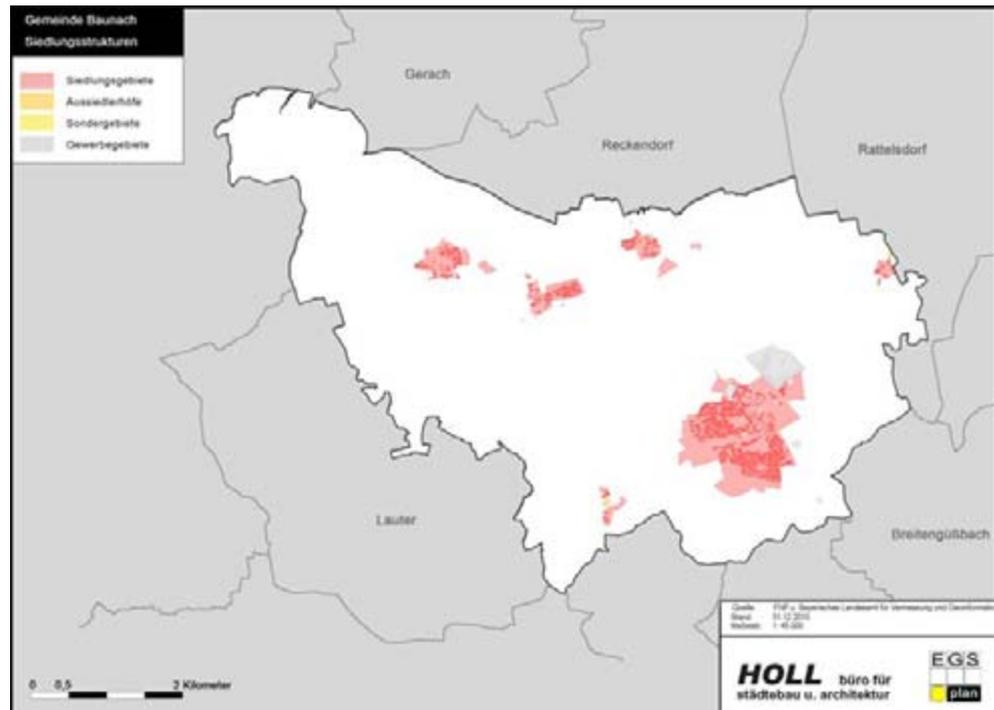


Abbildung D-2: Ausschlussflächen Siedlungsstrukturen am Beispiel Baunach

Eventuell in den Flächennutzungsplänen noch nicht erfasste Siedlungserweiterungen (Wohn-, Misch-, Gewerbe- oder Sondergebiete), die aus Sicht der Kommunen zukünftig realisiert oder als Option offen gelassen werden sollen, wurden in den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden gesondert erörtert. Es wurde somit sicher gestellt, dass im Ausschlussflächenplan neben den in der Bauleitplanung bereits verankerten Planungen auch alle weiteren Planungsabsichten der Kommunen mit erfasst wurden. Zudem konnte in den Abstimmungsgesprächen mit den Kommunen auch geklärt werden, inwieweit bereits ausgewiesene Baugebiete mangels eines entsprechenden Bedarfs zukünftig aufgelassen und ggf. für eine Solarenergienutzung herangezogen werden können.

I.b Naturräumlicher Bestand

Neben den Siedlungsstrukturen muss der naturräumliche Bestand genau erfasst werden. Insbesondere stellen die großflächigen Waldgebiete und Gehölz-

strukturen Ausschlussflächen dar, die zudem Auswirkungen auf benachbarte Freiflächen durch Verschattung und damit verbundene Abstandsflächen (Kaptitel DII.a) haben. Ausgeschlossen wurden weiterhin Flächen mit bestehender nicht landwirtschaftlicher Nutzung (besondere Nutzung und gemischte Nutzung), Moore und Heiden sowie Halden, Sportflächen, Friedhöfe, Tagebauflächen, Gruben und Steinbrüche außerhalb der Siedlungsbereiche, die mit Hilfe von Daten zur „tatsächlichen Nutzung“ [6] des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation ermittelt werden konnten. Auch Wiesen entlang der Bach- und Flussläufe wurden als Ausschlussflächen festgehalten; ebenso die stehenden und fließenden Gewässer, zu denen Informationen auf Grundlage des digitalen Katasterplanes DFK [32] und der Daten zur „tatsächlichen Nutzung“ [6] gewonnen werden konnten.

Mittels einer zusätzlichen visuellen Auswertung der Waldflächen und markanten landschaftlichen Strukturen auf Basis der digitalen Orthophotographien [32] konnte sicher gestellt werden, dass auch wichtige landschaftliche Elemente, wie z.B. Streuobstwiesen, als Ausschlussflächen erfasst wurden.

In Abbildung D-3 sind besonders deutlich die Waldflächen, Gehölzstrukturen, Fließgewässer und Sportflächen als Ausschlussflächen zu erkennen.

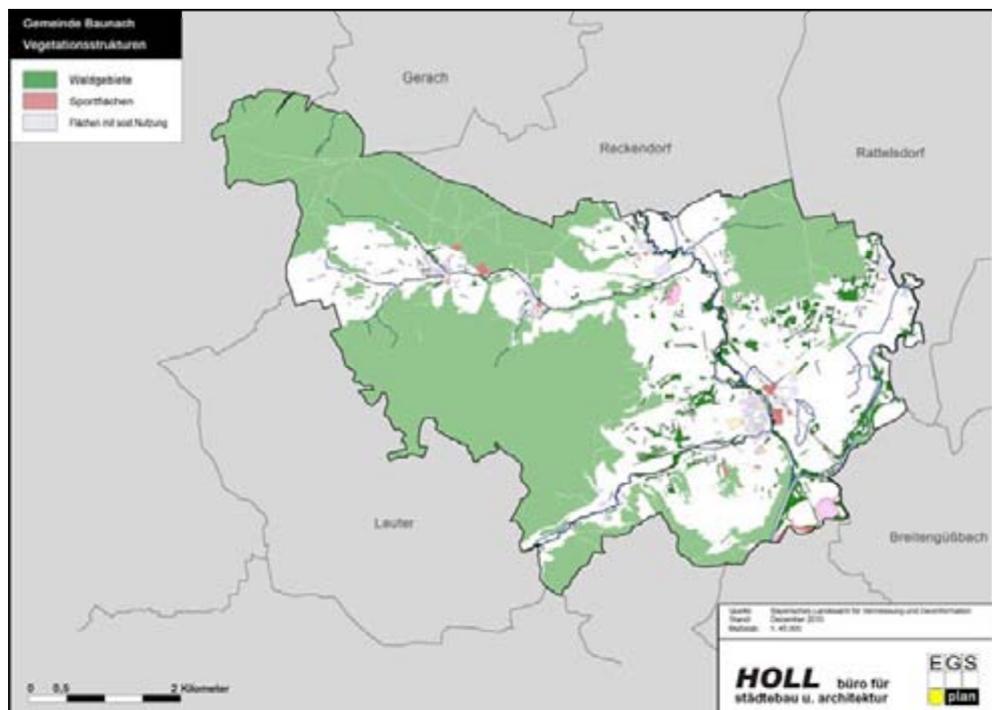


Abbildung D-3: Ausschlussflächen Vegetationsstrukturen am Beispiel Baunach

I.c Naturschutz und Landschaftsschutz

Harte Ausschlusskriterien für die Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen bestehen ganz allgemein auf Flächen mit naturschutzrechtlichen Belangen. Zu diesen Flächen zählen vor allem Landschaftsschutzgebiete, die neben den Waldflächen die größten Ausschlussflächen im Untersuchungsgebiet darstellen. Die Landschaftsschutzgebiete liegen dabei überwiegend in den drei großen Naturparken im Landkreis Bamberg: im Naturpark Haßberge im Nordwesten, im Naturpark Steigerwald im Südwesten und im Naturpark Fränkische Schweiz im Osten.

Die Landschaftsschutzgebiete und alle weiteren naturschutzrechtlich relevanten Gebiete wurden auf Grundlage des Rauminformationssystems Oberfranken [55] und des Kartenmaterials des Bayerischen Landesamtes für Umwelt [7] [8] [9] ermittelt. Dabei wurden insbesondere auch die dort verzeichneten Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete und Biotopflächen berücksichtigt und als Ausschlussflächen markiert.

Die Abbildung D-4 zeigt neben den Landschaftsschutzgebieten im Stadtgebiet Baunach vor allem die kartierten Biotopflächen als Ausschlussflächen.

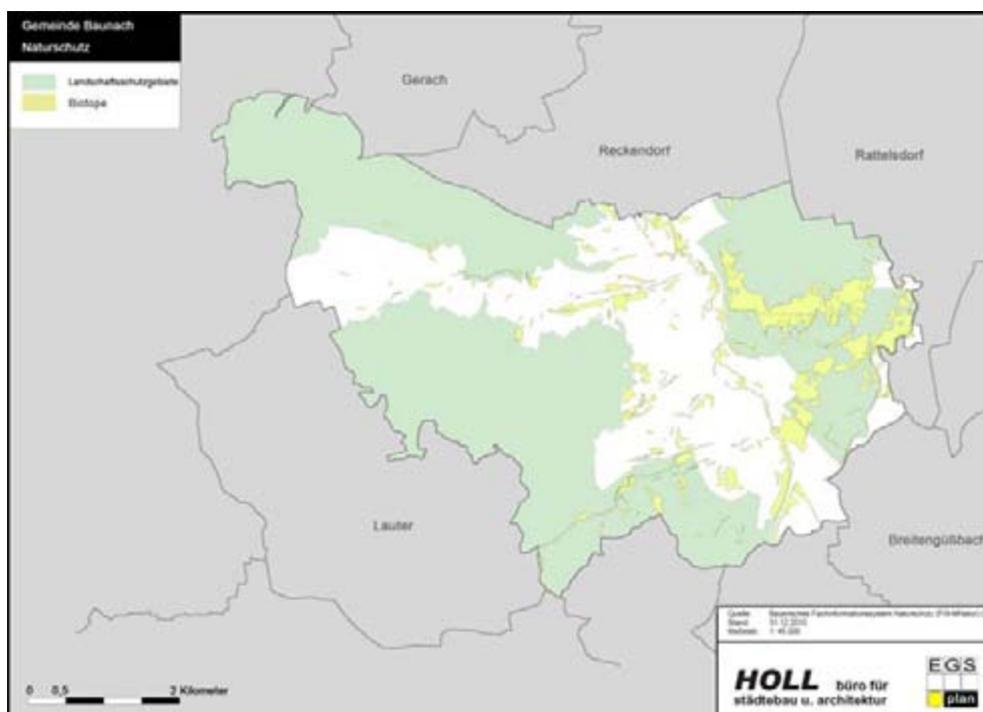


Abbildung D-4: Ausschlussgebiete nach naturschutzrechtlichen Belangen am Beispiel Baunach

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnten spezielle artenschutzrechtliche Prüfungen im Untersuchungsgebiet nicht durchgeführt werden. Derartige Prüfungen sind im Falle der konkreten Ausweisung von Freiflächen für Solaranla-

gen im Rahmen der entsprechenden Bauleitplanverfahren unter Einbeziehung der Unteren Naturschutzbehörde durchzuführen.

Mit Blick auf den Artenschutz ist zu beachten, dass Standorte und Lebensräume mit besonderer Bedeutung für europarechtlich geschützte Arten oder Arten mit besonderer Verantwortung für Bayern, für besonders streng geschützte Arten des BNatSchG oder der BArtSchV sowie für Arten der Roten Liste 1 und 2 mit einer Standortbindung für die Ausweisung als Freiflächen für Solaranlagen nicht in Frage kommen (siehe dazu auch das Schreiben der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern mit dem Titel „Freiflächen Photovoltaikanlagen“) [57].

Des Weiteren wurden auch alle Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen als Ausschlussflächen in den Ausschlussflächenplan mit übernommen, soweit sie aus den zur Verfügung gestellten Flächennutzungsplänen ersichtlich waren oder im Rauminformationssystem Oberfranken [55] verzeichnet sind. Ergänzend dazu wurden auch die in den Abstimmungsgesprächen mit den Kommunen erwähnten Hinweise auf kommunale Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen berücksichtigt.

Durch die vorrangige Ausweisung von Potenzialflächen für die Solarenergienutzung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann im Allgemeinen eine Verbesserung der naturräumlichen Gegebenheiten erreicht werden, da von einer Extensivierung der Flächen auszugehen ist (siehe dazu auch Kap. GVI.a).

Weiter ist davon auszugehen, dass im Bereich der Potenzialflächen ein bestimmter Prozentsatz für Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen vorzusehen ist.

I.d Bodendenkmäler

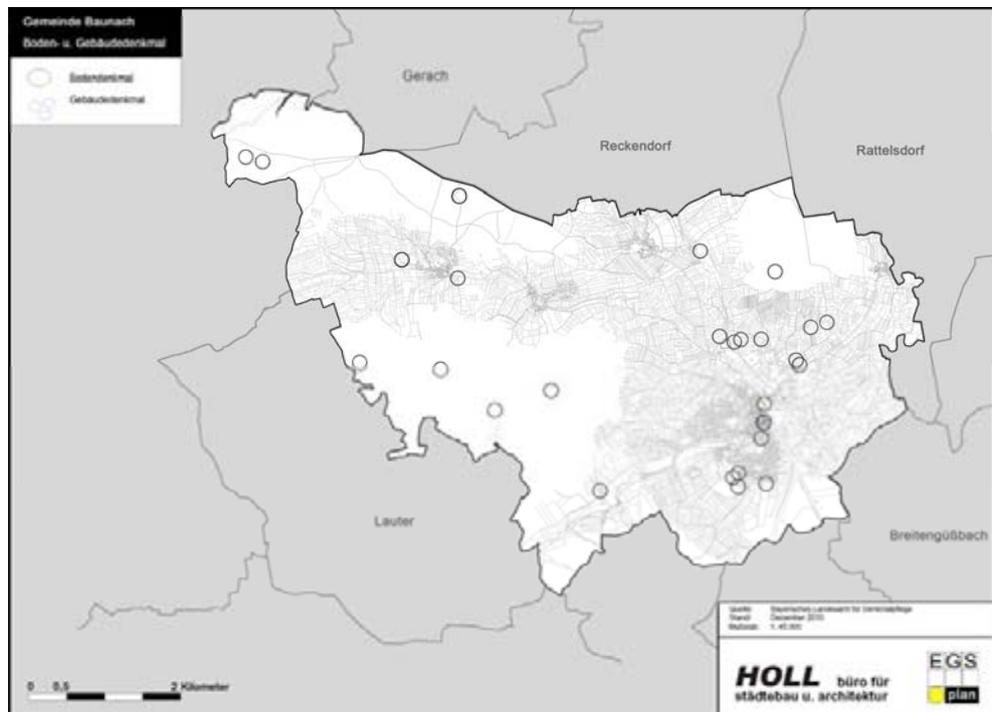


Abbildung D-5. Ausschlussflächen Bodendenkmäler am Beispiel Baunach

Flurstücke, auf denen ein Bodendenkmal besteht oder zu vermuten ist, wurden in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets für eine Solarenergienutzung ausgeschlossen. Die Bestimmung und Abgrenzung der Bodendenkmäler erfolgte dabei auf Grundlage der Daten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege [4].

Die Abbildung D-5 zeigt die im Stadtgebiet Baunach bestehenden bzw. vermuteten Bodendenkmäler in generalisierter Darstellung (Umkreisung des jeweiligen Bodendenkmals).

Besonders zu berücksichtigen waren im Ausschlussflächenplan auch verschiedene Baudenkmäler, die im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind. Hierzu zählen insbesondere Baudenkmäler, die relativ exponiert in freier Landschaft gelegen sind und aufgrund ihrer kulturhistorischen Bedeutung sowie ihrer Attraktivität für Touristen und Naherholungssuchende einen besonderen Schutzstatus genießen (z.B. Altenburg in Bamberg, Giechburg in Scheßlitz, Schloss Seehof in Memmelsdorf, Schloss Weißenstein in Pommersfelden). Um diese Baudenkmäler wurde zur Vermeidung störender Effekte (z.B. Beeinträchtigung von Blickbeziehungen) eine ausreichend bemessene Schutzzone (im Regelfall ca. 1.000 m Schutzradius um das jeweilige Baudenkmal) vorgesehen, innerhalb derer die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen ausgeschlossen werden soll.

Zur Prüfung möglicher Geotope im Untersuchungsgebiet wurde die Karte „Geotope in Bayern“ [10] herangezogen. Durch Analyse von Luftbildern konnten die Bereiche mit Geotopvorkommen im Untersuchungsgebiet für eine Solarenergienutzung ausgeschlossen werden.

I.e Berücksichtigung der Bodenzahlen

Mit Blick auf die zukünftige Errichtung von PV-Freiflächenanlagen waren in vorliegender Untersuchung auch die Bodenzahlen als Indikator für die lokale Bodenbonität zu berücksichtigen. „Bei der Bodenzahl handelt es sich um eine relative Bewertungszahl für die Ertragsleistung eines Bodens, die einen bestimmten Nutzungsstandpunkt dem ertragreichsten Boden gegenüberstellt (die Schwarzerde in der Umgebung von Magdeburg erhält die Bodenzahl 100). Die Bodenzahl ist somit ein ungefähres Maß für die Produktivität der Böden. Bei der Aufstellung legte man als Bezugsgrößen die folgenden Klima- und Geländeverhältnisse sowie betriebswirtschaftlichen Bedingungen fest: 8° C mittlere Jahrestemperatur, 600 mm Jahresniederschlag, ebene bis schwach geneigte Lage, annähernd optimaler Grundwasserstand sowie die landwirtschaftlichen Verhältnisse mittelbäuerlicher Betriebe in Mitteldeutschland“ [47].

Grundsätzlich sind „landwirtschaftliche Böden mit hoher Bonität (...) im Regelfall für die Errichtung von Photovoltaikanlagen nur bedingt geeignet“ [57]. Dennoch stellt die Bodenbonität kein striktes Ausschlusskriterium dar, sondern muss im Einzelfall mit anderen entwicklungsrelevanten Aspekten abgewogen werden. Zu diesen entwicklungsrelevanten Aspekten zählen z.B. die EEG-Förderung, die Nähe zu Siedlungen oder die landschaftliche Integration, die bei der Bestimmung von Potenzialflächen vielfach vorrangig zu sehen sind (siehe Kapitel DIII).

In der vorliegenden Untersuchung wurden die ausgewiesenen Potenzialflächen auf ihre Bodenzahl hin überprüft, die im beigefügten digitalen GIS-Datensatz entsprechend vermerkt ist (siehe Anhang B Freiflächenanlagen). Die ausgewiesenen, städtebaulich sinnvollen Potenzialflächen sind mit einer Kodierung für die Bodenzahl versehen und bieten so eine erste Orientierung bezüglich der lokalen Bodenbonität. Konkrete Details zur Bodenzahl können beim Bayerischen Landesamt für Vermessung und Geoinformation abgefragt werden. Hier ist eine GIS-Datei über die „Bodenschätzung“ mit der exakten Boden- und Ackerzahl erhältlich.

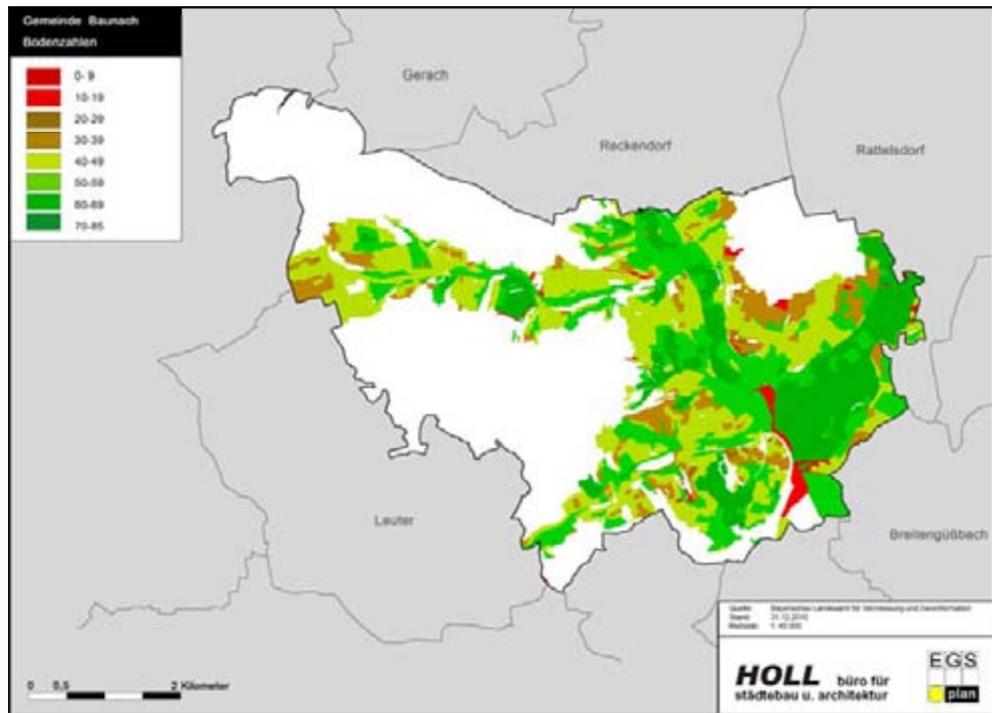


Abbildung D-6: Bodenzahlen im Stadtgebiet Baunach

Auf Basis der Daten der „Bodenschätzung“ des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation wurde folgende Kodierung für die Bodenzahl auf einzelnen Flächen vorgenommen:

Kodierung	Bodenzahl
0	k.A.
1	0-9
2	10-19
3	20-29
4	30-39
5	40-49
6	50-59
7	60-69
8	70-82

Tabelle D-1: Darstellung Kodierung Bodenertragszahlen in GIS-Datenbank

Die Abbildung D-6 zeigt die Verteilung der Bodenzahlen auf landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet Baunach.

I.f Nutzungsgebiet des Rauminformationssystems Oberfranken

Das Rauminformationssystem (RIS) Oberfranken ist ein „geographisches Informationssystem, in dem Flächennutzung, Umweltsituation, Raumbeanspruchung sowie Verteilung raumbedeutsamer Einrichtungen, Planungen und Maßnahmen im Regierungsbezirk digital erfasst, gespeichert und ausgewertet werden“. Es stellt eine „umfassende Informationsbasis für die Koordinierung fachlicher Planungen und Projekte untereinander und für die Abstimmung mit den Erfordernissen der Raumordnung“ dar und „liefert Informationen über Nutzungskonflikte und konkurrierende Planungen“ [56].

Das Rauminformationssystem beinhaltet Planungen zu den Themenbereichen

- Verwaltung
- Bauleitplanung/ Flächennutzungsplanung
- Umwelt (Natur und Landschaft, Technischer Umweltschutz, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Bodenschutz)
- Verkehr und Nachrichtenwesen
- Energie
- Wirtschaftsstandorte
- Gesundheit und Soziales
- Freizeit, Erholung und Sport
- Bildung, Wissenschaft und Kultur
- Regionalplanung

Nähere Informationen inkl. Legende zum Rauminformationssystem der Regierung von Oberfranken können auf der Homepage der Regierung eingesehen werden: http://www.regierung.oberfranken.bayern.de/landesentwicklung/raumordnung_landesplanung/ris.php (Stand: 18.10.2011).

Über die Daten des Rauminformationssystems konnten mehrere für die Ermittlung der Ausschlussflächen relevante Flächen ausgelesen werden. Von besonderer Bedeutung waren dabei die Überschwemmungsgebiete, Trinkwasserschutzgebiete, Abbauflächen und Rekultivierungsflächen sowie die Flächen der Bauleitplanung (Flächennutzungsplan, Qualifizierender Bebauungsplan, Satzung gemäß §§ 34 und 35 BauGB). Darüber hinaus waren auch Angaben über Elektrizitätsanlagen, Fremdenverkehrseinrichtungen, Wirtschaftsstandorte, Leitungstrassen, Verkehrstrassen u.a. bedeutsam. Alle im Rauminformationssystem vermerkten Nutzungen wurden in der vorliegenden Untersuchung als Ausschlussflächen berücksichtigt.

Leider konnte der zur Verfügung gestellte Datensatz des Rauminformationssystems vom Februar 2011 [55] keine lückenlose Darstellung des Untersuchungsgebiets bieten, sodass für einzelne Teilbereiche keine Informationen auslesbar waren. Hier konnten über externe Kartendienste z.B. Informationen zu Überschwemmungsgebieten oder Wasserschutzgebieten abgerufen werden (Kap. DI.g). Ergänzende Informationen lieferte auch der Datensatz „tatsächliche Nutzung“ des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation [6].

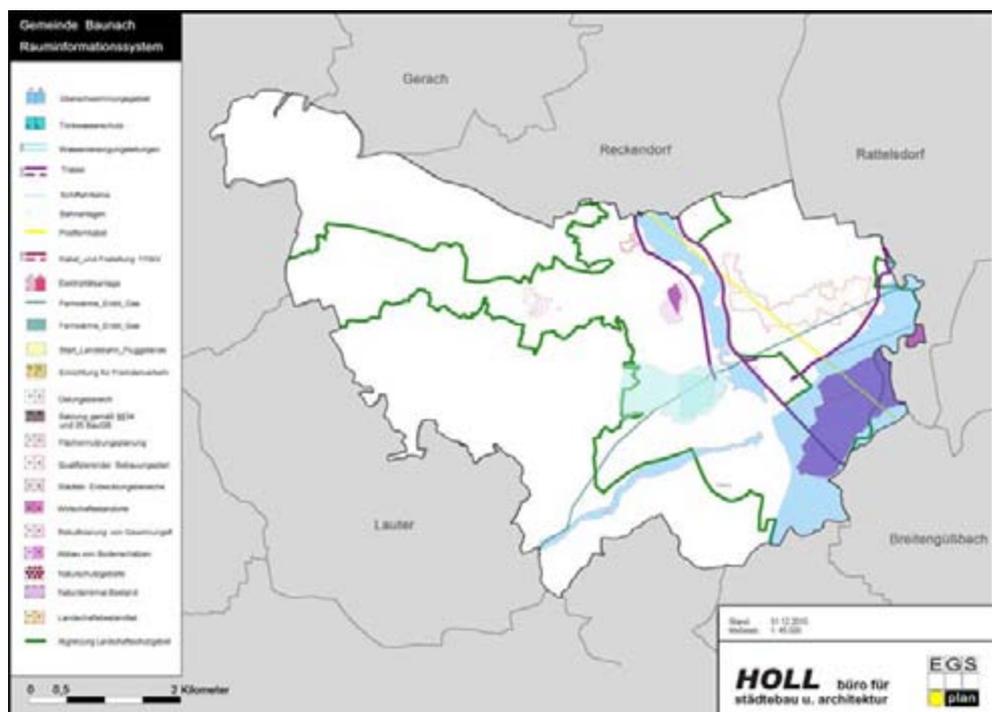


Abbildung D-7: Ausschlussbereiche des Rauminformationssystems (RIS) Oberfranken

Abbildung D-7 zeigt die Informationen aus dem RIS-Datensatz für das Stadtgebiet Baunach. Deutlich erkennbar sind die blauen Bereiche für Überschwemmungs- und Trinkwasserschutzgebiete, die durch externe Karteninhalte ergänzt wurden. Zudem treten die grün umrandeten Grenzen der Landschaftsschutzgebiete und die rot umrandeten Grenzen des Naturschutzgebiets im Osten hervor. Schließlich ist auch das Abbaugelände südwestlich von Baunach entlang der B 279 erkennbar.

I.g Externe Kartendienste

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, waren die digitalen Datensätze nicht ausreichend, um insbesondere die Wasserschutzgebiete und Überschwemmungsgebiete im Untersuchungsgebiet vollständig zu erfassen. Auch

durch die Flächennutzungspläne konnten - bedingt durch die gelieferte Qualität (Fotographie oder Scan) sowie die Datengröße einiger zugesandter PDF-Dateien und die damit verbundene Datenverarbeitung - nicht alle relevanten Flächen erfasst werden. Daher wurden die ermittelten Ausschlussflächen ergänzend mit online erhältlichem Kartenmaterial abgeglichen und konnten so inhaltlich vervollständigt werden.

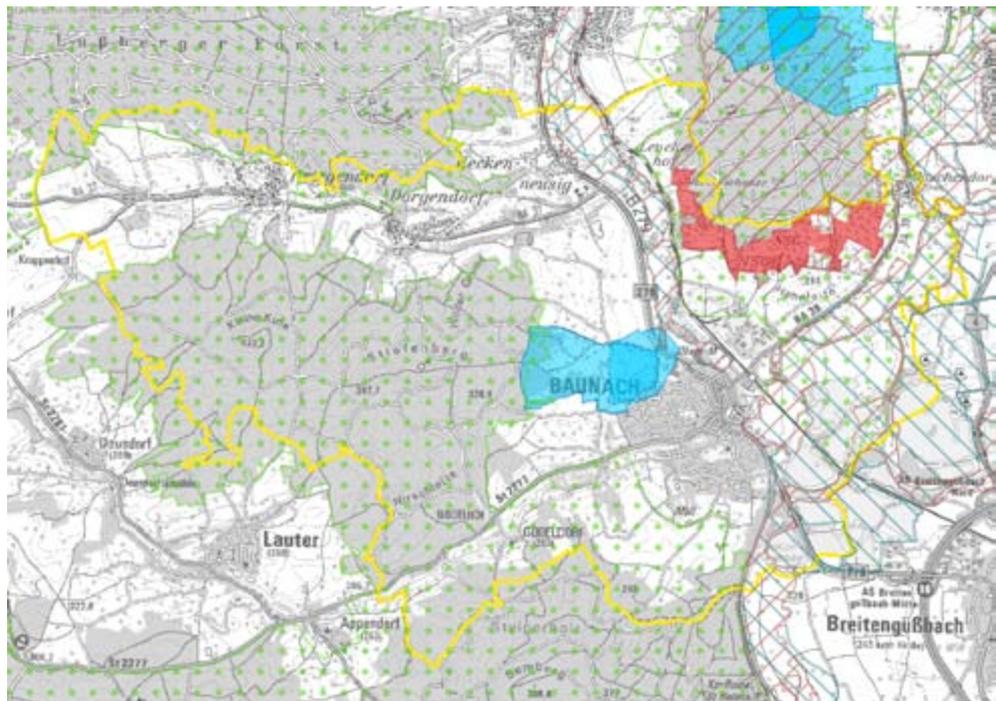


Abbildung D-8: Kartendienst Gewässerbewirtschaftung Bayern mit Darstellung der NSG, FFH- und Vogelschutzgebiete [8]

Abbildung D-8 zeigt den Kartenausschnitt des Stadtgebietes Baunach auf Grundlage des Online-Kartendienstes des Landesamtes für Umwelt, Themenbereich Gewässerbewirtschaftung [8]. Zusätzlich zur Darstellung der Wasserschutzgebiete (hellblau) wurde auch das externe Kartenmaterial „Umweltverwaltung Bayern: Schutzgebiete“ eingelesen. Basierend hierauf wurden Naturschutzgebiete (NSG – rot), Fauna und Flora Habitats (FFH – rot schraffiert), Vogelschutzgebiete (grün – schraffiert) und Landschaftsschutzgebiete (LSG – grün gepunktet) dargestellt.

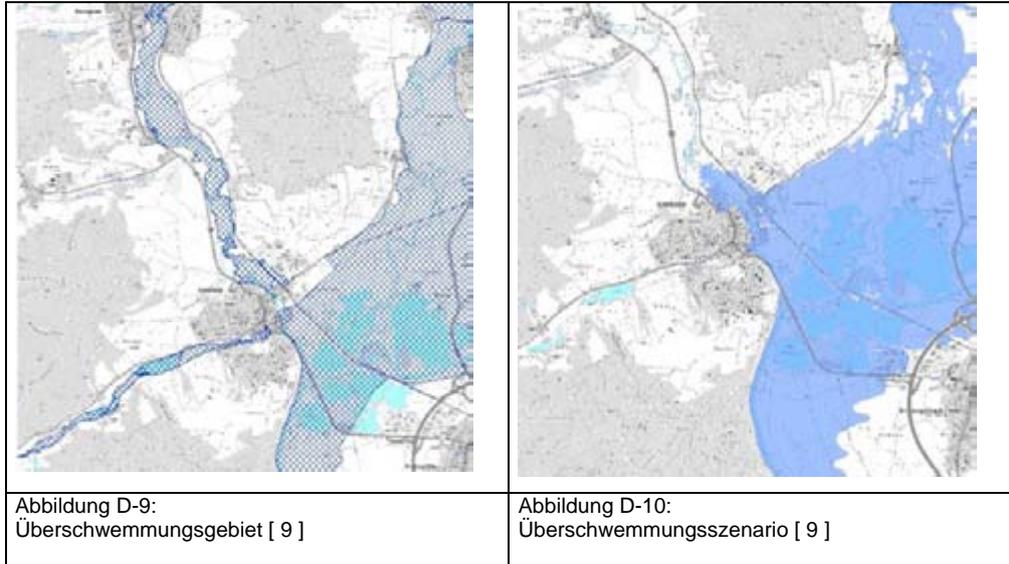


Abbildung D-9 und Abbildung D-10 zeigen Kartenausschnitte für das Stadtgebiet Baunach des Online-Kartendienstes des Landesamtes für Umwelt „IÜG Bayern (Standard)“ [9].

Abbildung D-9 zeigt die Darstellung der Überschwemmungsgebiete, wobei festgesetzte und vorläufig gesicherte Bereiche erfasst sind. Deutlich zu erkennen ist in der Abbildung die als Raute schraffierte Fläche des festgelegten Überschwemmungsgebietes.

Abbildung D-10 zeigt die Darstellung der Überschwemmungsszenarien, wobei eine Unterscheidung von häufigem, mittlerem (HQ 100) und seltenem Ereignis vorgenommen wurde. Deutlich erkennbar ist in der Abbildung das mittlere Ereignis für ein Hochwasserszenario.

I.h Resultierende Freiflächen ohne fachplanerische Belange

Um zu einem aussagekräftigen Ausschlussflächenplan für das Untersuchungsgebiet zu gelangen, wurden die einzelnen in den Kapiteln DI.a bis DI.g beschriebenen Ausschlussflächen überlagert dargestellt. In der überlagerten Darstellung verbleiben „weiße Flächen“, die in den weiteren Untersuchungsschritten zur Analyse der solartechnisch möglichen Eignung herangezogen wurden.

Abbildung D-11 zeigt am Beispiel der Stadt Baunach, wie sich die Überlagerung der Ausschlussflächen konkret darstellt. Anhand dieser Darstellung lassen sich mit Blick auf die Ausweisung konkreter Potenzialflächen bereits erste Aussagen treffen. Für das Beispiel Baunach wird deutlich, dass im Stadtgebiet nur in begrenztem Rahmen Potenzialflächen zur Verfügung stehen. Deutlich erkennbar sind die großen Ausschlussflächen der Wald- und Landschaftsschutzgebiete sowie der großen Biotopflächen. Die meisten „weißen Flächen“, die für die weitere Potenzialbetrachtung relevant sind, treten im nordwestlichen Stadtgebiet zwischen den großen Waldgebieten und nördlich des Hauptortes Baunach hervor.

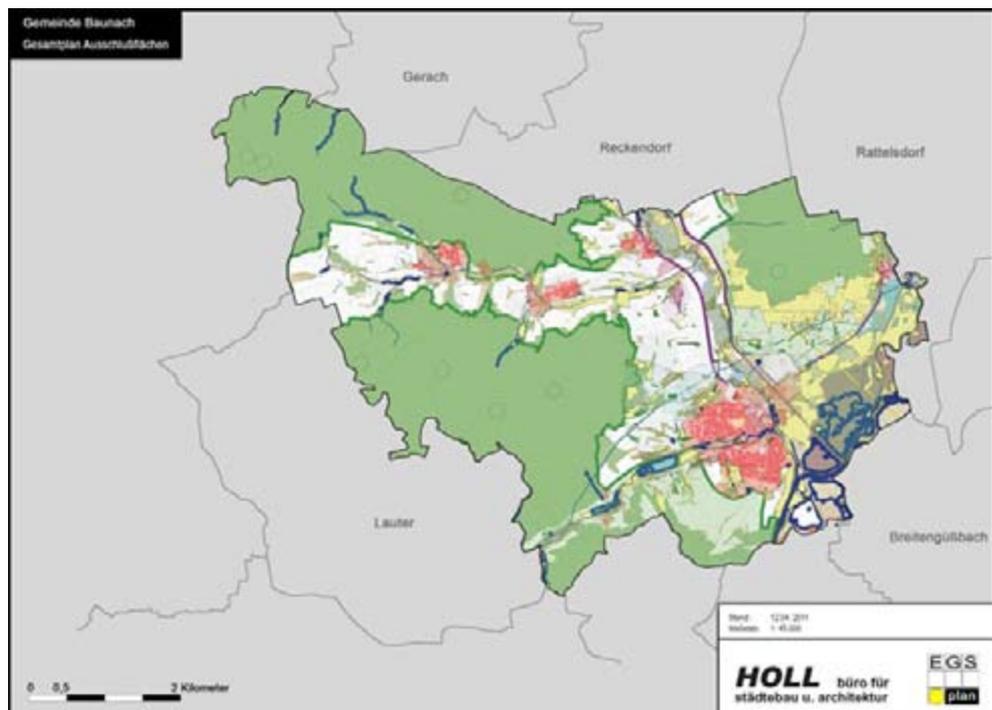


Abbildung D-11: Ausschlussflächenplan Gesamtübersicht am Beispiel Baunach

Eine deutlichere Darstellung der Flächen, die nicht durch fachplanerische Belange oder vorhandene Nutzungen für eine Solarenergienutzung ausgeschlossen sind, zeigt die Abbildung D-12. Die „weißen Flächen“ als Nicht-Ausschlussflächen sind hier optisch durch eine Grünfärbung hervorgehoben. Im folgenden Kapitel DII werden diese Flächen auf ihre solartechnische Eignung hin untersucht, woraus eine weitere Reduzierung der für die Solarenergienutzung in Frage kommenden Flächen resultiert.

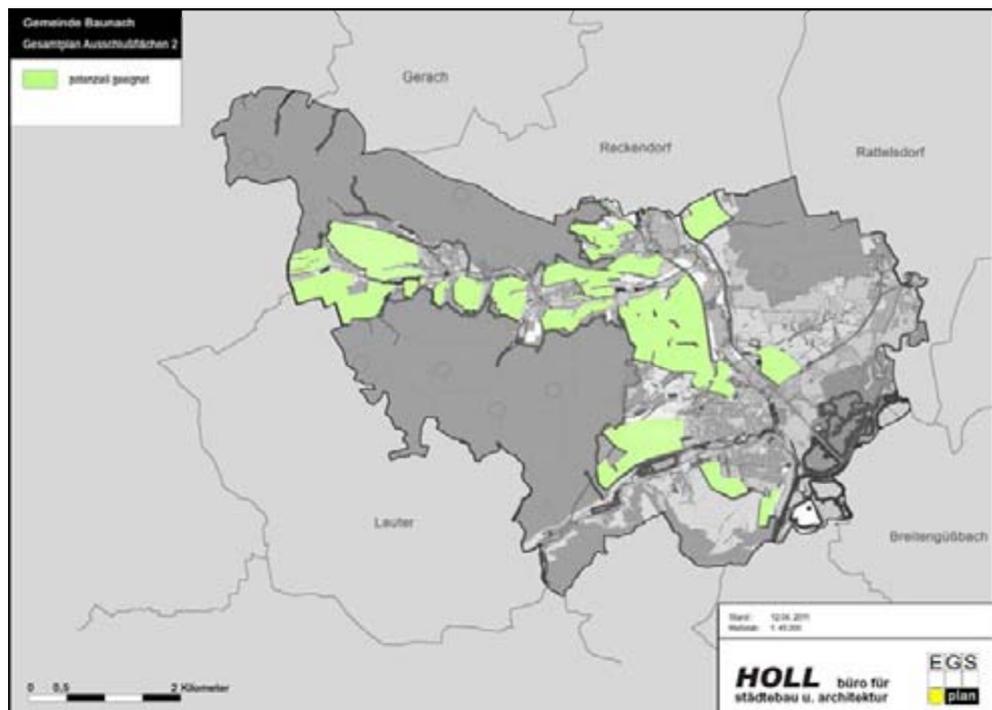


Abbildung D-12: Resultierende Freiflächen nach Ausschluss von fachplanerischen Belangen

I.i Zusammenfassung der fachplanerischen Ausschlussflächen für das Untersuchungsgebiet

Auf Grundlage der Ausschlussflächenbestimmung lassen sich die gesamten Ausschlussflächen des Untersuchungsgebiets in einem Ausschlussflächenplan für alle 36 Städte und Gemeinden des Landkreises Bamberg und für die Stadt Bamberg darstellen (Abbildung D-13). Dieser Plan lässt bereits näherungsweise erkennen, in welchen Bereichen des Untersuchungsgebietes eine Ausweisung von Freiflächenpotenzialen möglich sein wird.

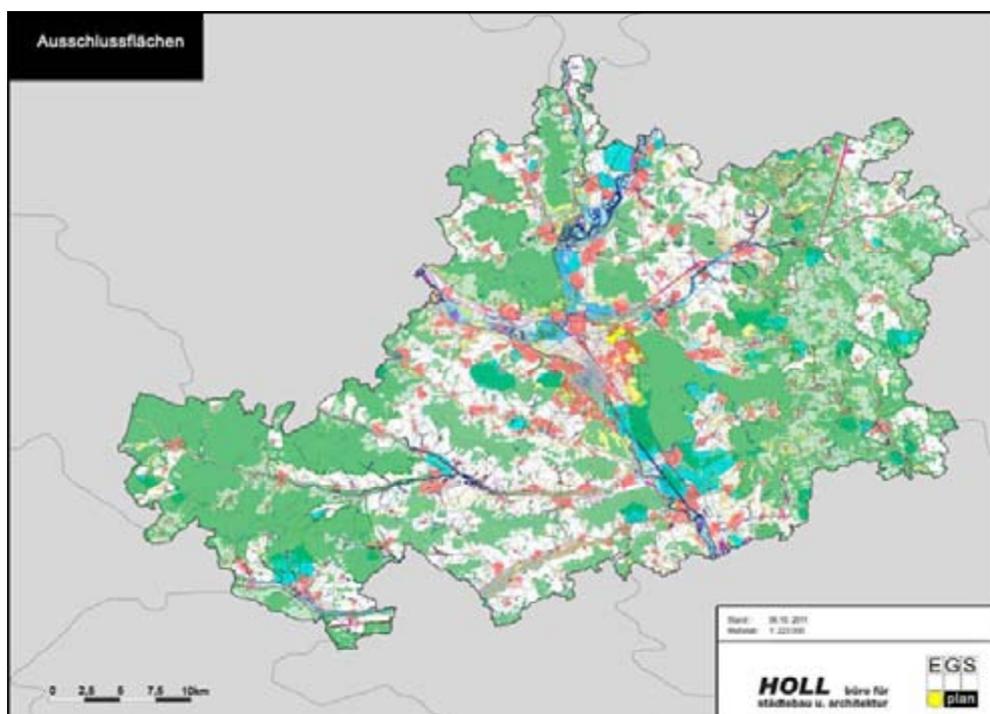


Abbildung D-13: Fachplanerische Ausschlussflächen für das Untersuchungsgebiet

Deutlich erkennbar sind im Ausschlussflächenplan für Stadt und Landkreis Bamberg die großen Ausschlussflächen der Wald- und Landschaftsschutzgebiete. Im Westen des Untersuchungsgebiets dominiert neben den bewaldeten Flächen des Steigerwalds das Landschaftsschutzgebiet des Naturparks Steigerwald. Im Osten wird das Untersuchungsgebiet von Nord nach Süd großflächig vom Landschaftsschutzgebiet innerhalb des Naturparks Fränkische Schweiz überzogen. Im Nordwesten des Untersuchungsgebiets decken sich große Waldbereiche mit der Abgrenzung des Landschaftsschutzgebiets des Naturparks Haßberge.

Die meisten Flächen ohne fachplanerische Belange (Nicht-Ausschlussflächen) liegen in den zentralen Bereichen des Untersuchungsgebietes. Deutlich hebt sich hier allerdings der Verdichtungsraum Bamberg ab, der - umgeben von

Wald- und Landschaftsschutzgebieten - insgesamt nur wenig Potenzial für die Ausweisung von Freiflächen für Solaranlagen bietet. Zusätzliche Einschränkungen ergeben sich hier durch die Überschwemmungsgebiete des Mains und der Regnitz, die im Plan deutlich erkennbar sind.

Insgesamt lässt sich als vorläufiges Fazit festhalten, dass die meisten Potenzialflächen westlich, südwestlich und nordöstlich der Stadt Bamberg ausweisbar sind. Diese erste Feststellung wird durch die Analyseergebnisse aus Kapitel DII weiter untermauert (siehe auch Abbildung D-19).

II. ERMITTLUNG SOLARTECHNISCH MÖGLICHER POTENZIALE

Die unter Kapitel DI ermittelten Flächen, auf denen fachplanerische Belange oder bereits vorhandene Nutzungen einer Solarenergienutzung nicht im Wege stehen, werden in einem nächsten Untersuchungsschritt auf ihre solartechnische Eignung hin untersucht. Prüfkriterien sind dabei die Verschattung der in Frage kommenden Freiflächen und die topographischen Ausgangsvoraussetzungen auf diesen Freiflächen.

Nicht bewertet werden konnte im Rahmen dieser Untersuchung die Möglichkeit des Anschlusses der solartechnisch geeigneten Freiflächen an das vorhandene Stromnetz. Auf Basis der aktuell verfügbaren Informationen über die Verteil- und Übertragungsnetze lassen sich keine belastbaren Rückschlüsse auf potenzielle zukünftige Anschluss- oder Einspeisepunkte für PV-Freiflächenanlagen ziehen. Besonders die Netzauslastung und der Anschluss neuer Erzeugungseinheiten unterliegen einem dynamischen Prozess, der nicht einfach vorherzusagen ist. Ebenso können sich die Verhältnisse im Netz ändern, wenn der Netzbetreiber seiner Pflicht nachkommt und die vorhandene Netzstruktur optimiert, verstärkt oder ausbaut, „um die Abnahme, Übertragung und Verteilung des Stroms sicherzustellen“ [EEG 2012 § 9 Abs. 2]. Der Netzbetreiber ist jedoch nicht zur Optimierung seines Netzes verpflichtet, wenn dies wirtschaftlich unzumutbar ist. Speziell die Frage des Netzausbaus über Freilandleitungen oder Erdkabel ist hier von Brisanz. Die Kosten von Erdkabeln liegen ein Mehrfaches über den Kosten von Freilandleitungen, führen aber im Gegenzug zu keiner Beeinträchtigung des Landschaftsbildes. Dieser Sachverhalt verdeutlicht, dass neben den einem dynamischen Prozess unterliegenden technischen Parametern auch wirtschaftliche Gesichtspunkte die Anschlussmöglichkeiten entscheidend beeinflussen. Aus diesem Grund wurde auf eine Bewertung bezüglich der Einspeisepunkte der analysierten Freiflächen verzichtet, da der Anteil der Unbekannten zu hoch ist und keine gesicherten Aussagen möglich sind.

Im Rahmen der kommunalen Bauleitplanverfahren können Anlagenbetreiber jedoch bei konkreten Planungen zur Solarenergienutzung auf Freiflächen beim Netzbetreiber um Informationen zum Einspeisepunkt anfragen. Bei dieser Anfrage können Themen wie die richtige Netzebene (Niederspannung oder Mittelspannung) oder die Verlegung der Anschlussleitungen geklärt werden. Es empfiehlt sich daher, bei beabsichtigten Planungen zur Solarenergienutzung den Stromnetzbetreiber rechtzeitig zu kontaktieren.

II.a Verschattung

Wichtige Voraussetzung für die solartechnische Eignung von Freiflächen ist der Ausschluss von Verschattungseffekten. Um derartige Verschattungseffekte so weit wie möglich auszuschließen, wurde für Freiflächen in Nachbarschaft zu größeren Waldflächen eine Abstandsgrenze von 50 m zum nördlichen Waldrand sowie von 80 m zum südlichen, westlichen und östlichen Waldrand festgelegt. Damit kann gewährleistet werden, dass im Tagesverlauf keine Modulfläche auf solartechnisch genutzten Freiflächen verschattet wird.

Für Freiflächen in Nähe zu vorhandenen Strommasten wurde zur Aussparung des potenziellen Verschattungsbereichs eine Abstandsgrenze zum Strommast von 100 m angesetzt. Zusätzlich können Verschattungseffekte dadurch vermieden werden, dass die zukünftig zu errichtenden Photovoltaikmodule so platziert werden, dass lediglich solche Flächen, die speziell für Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind, in den Schattenbereich der Strommasten fallen.

Mit Blick auf bereits bestehende oder in naher Zukunft geplante Windkraftanlagen wurden mögliche Verschattungseffekte für PV-Freiflächenanlagen dadurch ausgeschlossen, dass eine Abstandsgrenze von Freiflächen zu vorhandenen Windrädern von 200 m festgelegt wurde. Hierdurch können zugleich mögliche negative Auswirkungen durch im Winter auftretenden Eiswurf reduziert werden.

II.b Topographie

Bezüglich der solartechnischen Eignung der aus fachplanerischer Sicht für eine Solarenergienutzung in Frage kommenden Freiflächen stellen die topographischen Ausgangsvoraussetzungen ein maßgebliches Kriterium dar. Zur Untersuchung der topographischen Eignung der Freiflächen wurde ein digitales Höhenmodell (sh. Abbildung D-14) [32] herangezogen. Mit Hilfe dieses Höhenmodells lassen sich die jeweiligen Steigungsverhältnisse auf den einzelnen Freiflächen darstellen.

Für eine Solarenergienutzung grundsätzlich ausgeschlossen werden alle Freiflächen mit einer Neigung von 20 % und noch steileren Neigungswerten. Auf diesen Flächen kann eine Aufstellung von Photovoltaikmodulen in wirtschaftlich rentabler Weise nicht mehr erfolgen.

Bezüglich der Eignung von Nordhängen gilt, dass hier bis zu einer Neigung von 5 % eine flächeneffiziente Aufstellung von Photovoltaikmodulen möglich ist. Erst bei steileren Neigungsverhältnissen ist mit einer signifikanten Beeinträchtigung der flächenspezifischen Stromerzeugungsleistung aufgrund der Nordhanglage zu rechnen.

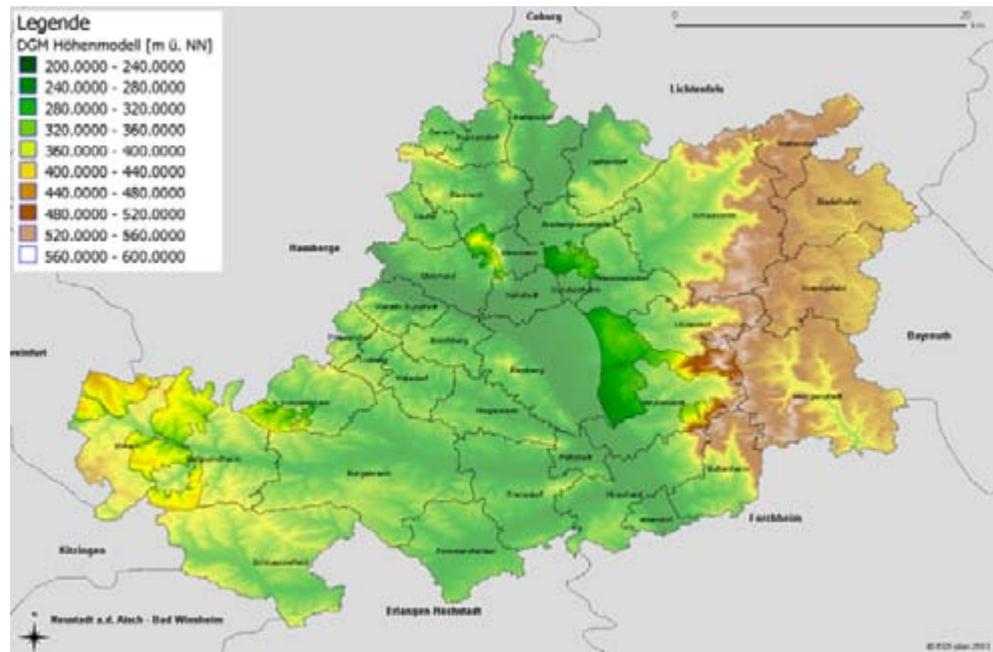


Abbildung D-14: Digitales Höhenmodell des Untersuchungsgebietes

Unter Einhaltung der genannten Neigungswerte kann davon ausgegangen werden, dass die auf Freiflächen ggf. zu installierenden Photovoltaikmodule optimal nach Süden ausgerichtet werden können. In der Regel werden PV-Freiflächenanlagen mit langen, parallel hintereinander angeordneten Modulreihen ausgeführt. Die Verankerung der Unterkonstruktion erfolgt „in Form von zu rammenen Erdständern oder mittels Erdschrauben praktisch ohne Bodenversiegelung“ [3]. Um eine gegenseitige Verschattung durch die Modulreihen zu vermeiden, wird in der Regel ein Abstand von mehreren Metern zwischen den Reihen eingehalten. Dieser Abstand hängt von der Höhe der Modulreihen und der Topographie des Geländes ab. Um den Materialverbrauch gering zu halten, werden niedrige Gestellhöhen angestrebt.

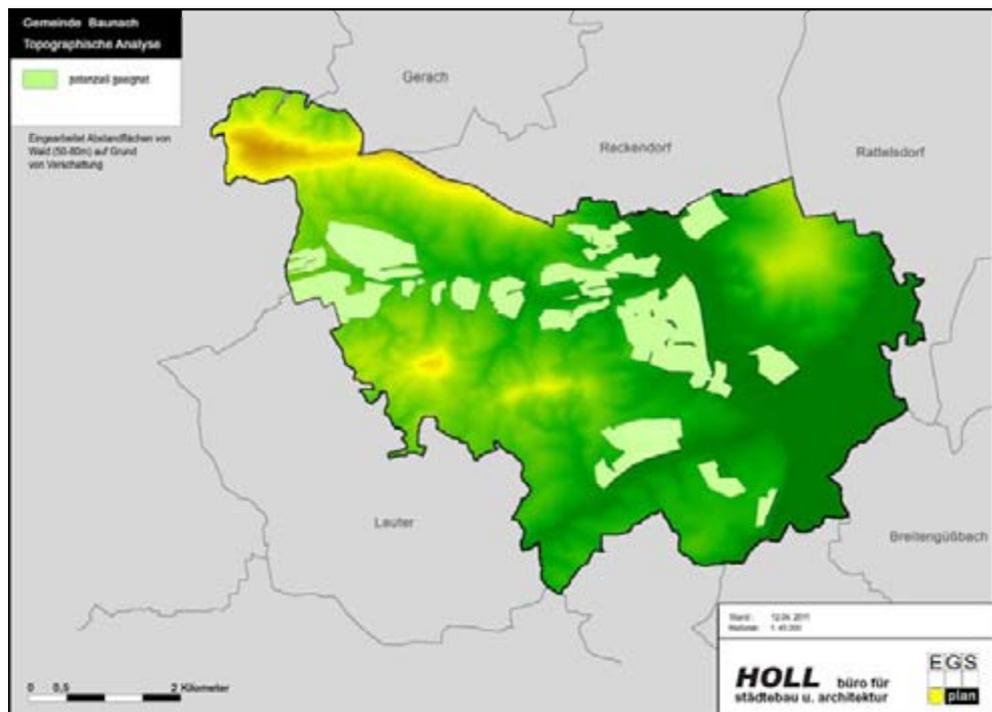


Abbildung D-15. Ermittlung der topographisch möglichen Flächen mit Hilfe des digitalen Höhenmodells am Beispiel Baunach

Die Abbildung D-15 zeigt, wie sich die im Stadtgebiet Baunach aus fachplanerischer Sicht für eine Solarenergienutzung in Frage kommenden Freiflächen in das digitale Höhenmodell einfügen. Unter Anwendung der o.g. topographischen Kriterien (max. Steigung von 5 % auf Nordhängen, ansonsten max. Steigung von 20 %) kann nur ein Teil dieser Flächen in die weitere Potenzialbetrachtung mit einfließen.

Eine Überprüfung der geologischen Verhältnisse im Untergrund einzelner Freiflächen und der hieraus resultierenden Gründungseignung für evtl. zu errichtende PV-Freiflächenanlagen konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht vorgenommen werden. Es wird empfohlen, vor Einleitung konkreter Planungen zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen die geologische Eignung des Untergrunds für die Errichtung derartiger Anlagen überprüfen zu lassen, auch wenn im Allgemeinen davon auszugehen ist, dass die geologischen Verhältnisse wegen der geringen Gründungstiefe der Erdständer für Photovoltaikmodule kein nennenswertes Hemmnis darstellen.

II.c Resultierende Freiflächen nach solartechnischen Faktoren

Unter Berücksichtigung der Kriterien Verschattung und Topographie ergibt sich eine deutliche Reduzierung der aus fachplanerischer Sicht für eine Solarenergienutzung in Frage kommenden Freiflächen auf diejenigen Freiflächen, die aus solartechnischer und topographischer Sicht tatsächlich für eine Solarenergienutzung in Anspruch genommen werden können. Die Abbildung D-16 veranschaulicht für das Stadtgebiet Baunach, welche der fachplanerisch möglichen Flächen (grün eingefärbte Flächen) als solartechnisch bzw. topographisch mögliche Flächen (blau umrandete Flächen) in die weitere Potenzialbetrachtung mit einfließen.

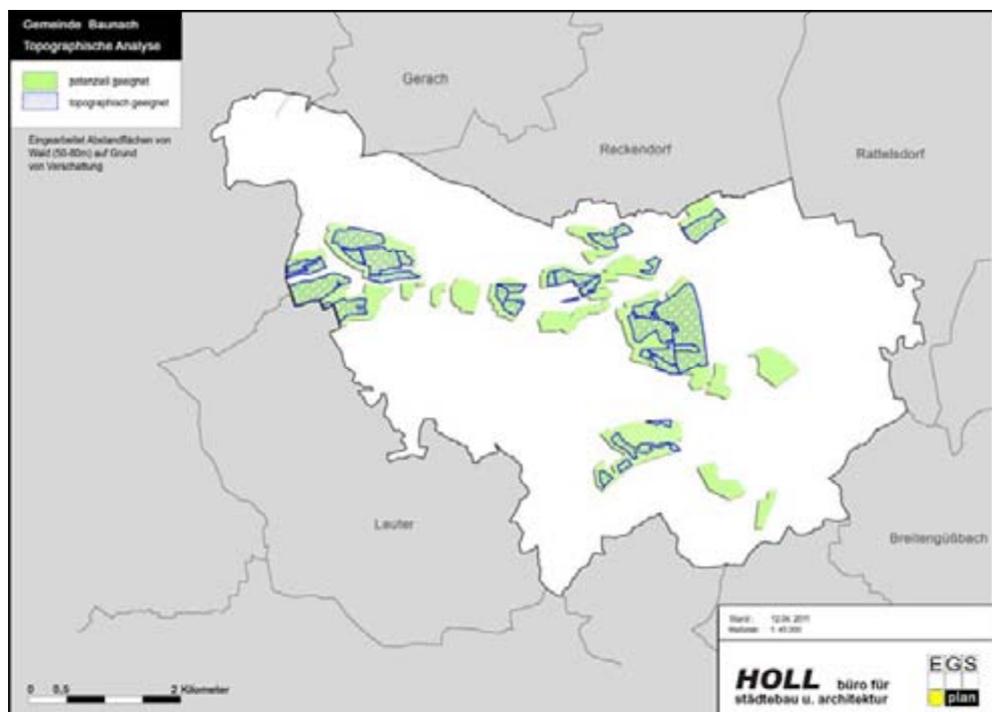


Abbildung D-16: Überlagerung der fachplanerisch möglichen Flächen mit den solartechnisch möglichen Flächen

Die ermittelten solartechnisch bzw. topographisch möglichen Flächen werden den an der Untersuchung beteiligten Städten und Gemeinden als GIS-Datengrundlage zur Verfügung gestellt und können so den kommunalen Entscheidungsträgern als wertvolle Planungshilfe für die zukünftige Ausweisung von Freiflächen für Photovoltaikanlagen dienen. Die Kommunen können nun auf Basis der GIS-Daten Anfragen aus der Bevölkerung oder von Investoren schneller prüfen, da die fachplanerisch bedingten Ausschlussflächen (siehe Kapitel DI) ebenso wie die solartechnisch bzw. topographisch möglichen Flächen (siehe Kapitel DII) gebündelt abrufbar sind.

Die ermittelten solartechnisch möglichen Flächen für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen, d.h. die aus topographischer wie fachplanerischer Sicht möglichen Flächen (TMF), sind hinsichtlich ihrer Ausdehnung noch nicht an den in amtlichen Kartenwerken festgelegten Flurstücksgrenzen und Straßenverläufen ausgerichtet. Dies ist bei der Verwendung der zur Verfügung gestellten GIS-Daten und bei der Ausweisung konkreter Freiflächen für Photovoltaikanlagen zu beachten.

Zu beachten ist ferner, dass eine Kategorisierung der topographisch und fachplanerisch möglichen Flächen hinsichtlich der Bodenzahl in der GIS-Datenbank nicht enthalten ist. Zur genaueren Bestimmung der Boden- und Ackerzahl wird im Falle der Ausweisung von Freiflächen für Photovoltaikanlagen, die nicht aus dem Pool der städtebaulich sinnvollen Potenzialflächen dieser Untersuchung (siehe Kapitel DV) entnommen sind, empfohlen, einen individuellen Datenabgleich mit den Daten des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation auf Basis der Datenbank „Bodenschätzung“ [6] durchzuführen.

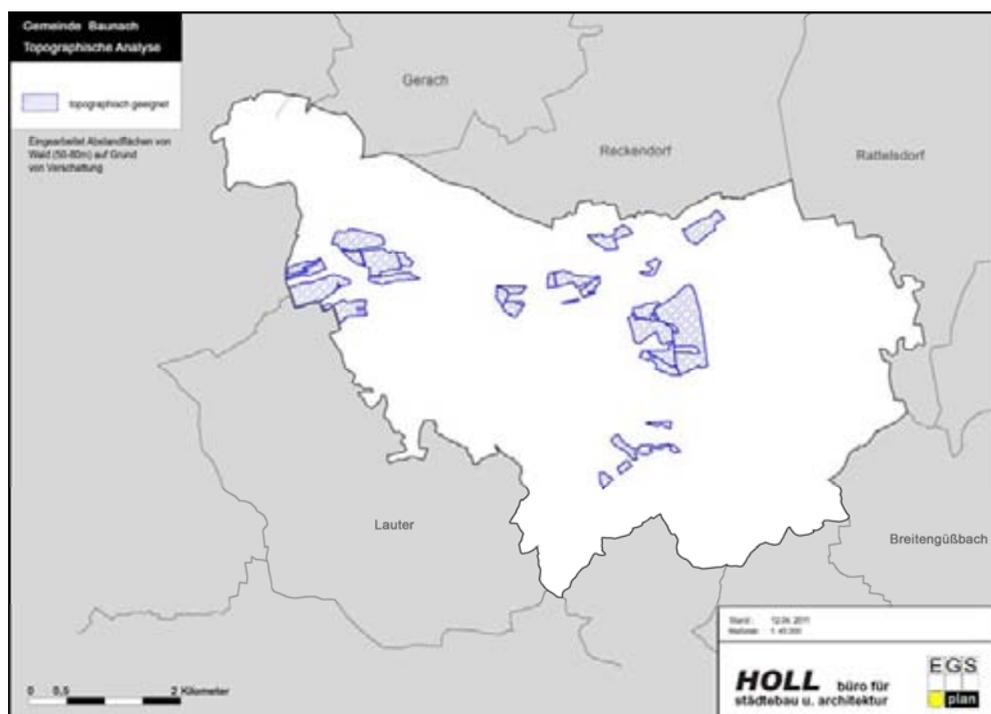


Abbildung D-17: Resultierende solartechnisch mögliche Flächen im Stadtgebiet Baunach

Am Beispiel der Stadt Baunach lässt sich darlegen, dass aufgrund der oben genannten Gesichtspunkte nicht alle Freiflächen, die aus solartechnischer bzw. topographischer Sicht für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet sind, auch sinnvoller Weise in Anspruch genommen werden können. So sind zwar im südlichen Stadtgebiet westlich des Hauptortes Baunach topographisch mögliche Flächen ermittelt worden, doch ist hier aus Gründen der Landschaftsbilderhaltung

und des Schutzes der in unmittelbarer Nähe vorhandenen Biotopflächen die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen aus gutachterlicher Sicht nicht zu empfehlen.

II.d Zusammenfassung der fachplanerisch und topographisch möglichen Potenzialflächen für das Untersuchungsgebiet

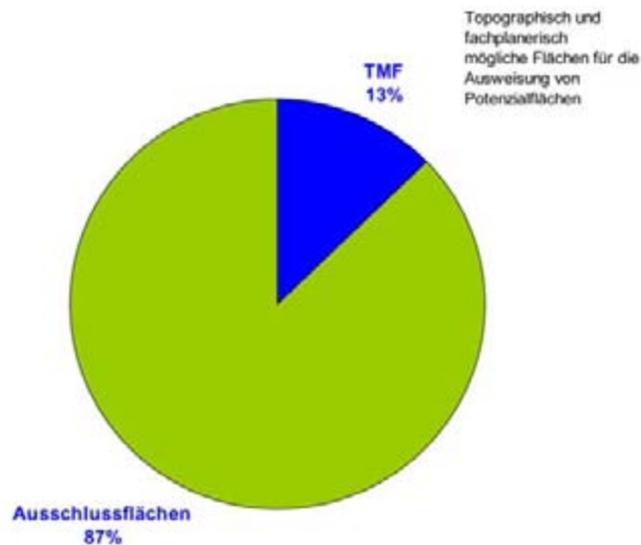


Abbildung D-18: Darstellung TMF-Flächen im Vergleich zu den festgestellten Ausschlussflächen

Aufgrund der in den Kapiteln DII.a bis DII.c erfolgten Überprüfung der aus fachplanerischer Sicht für die Solarenergienutzung in Frage kommenden Freiflächen auf ihre solartechnische bzw. topographische Eignung hin lässt sich für die Städte und Gemeinden im Untersuchungsgebiet folgendes Zwischenergebnis festhalten:

Im Durchschnitt können 13 % der kommunalen Gemarkungsflächen des Untersuchungsgebiets als topographisch und fachplanerisch mögliche Flächen (TMF) für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen ausgewiesen werden. Die genaue Verteilung dieser TMF-Flächen auf die zum Untersuchungsgebiet zählenden 36 Kommunen des Landkreises Bamberg und auf die Stadt Bamberg ist in Tabelle D-2 überblicksartig zusammengefasst. Dieser Tabelle lässt sich entnehmen, dass einzelne Kommunen wie Burgebrach, Frensdorf, Lisberg, Schönbrunn i.Steigerwald und Walsdorf einen TMF-Flächenanteil von deutlich über 20 % aufweisen, während andere Kommunen wie Bamberg, Gundelsheim, Kemmern und Oberhaid einen nur geringen TMF-Flächenanteil von weniger als 6 % verzeichnen können. Ausschlaggebend für die teils erheblichen Unterschiede zwischen den Kommunen sind neben den jeweils verschiedenen fachplanerischen und topographischen

Ausgangsvoraussetzungen auch Unterschiede hinsichtlich der Gebietsgröße und der Siedlungsdichte der einzelnen Städte und Gemeinden.

Insgesamt bilden die topographisch und fachplanerisch möglichen Flächen in Stadt und Landkreis Bamberg einen Flächenpool von 15.756 ha. Hiervon entfällt ein relativ großer Teil auf Kommunen mit großem Stadt- bzw. Gemeindegebiet wie Burgebrach (2.375 ha), Frensdorf (1.341 ha), Scheßlitz (1.627 ha) und Schlüsselfeld (1.003 ha).

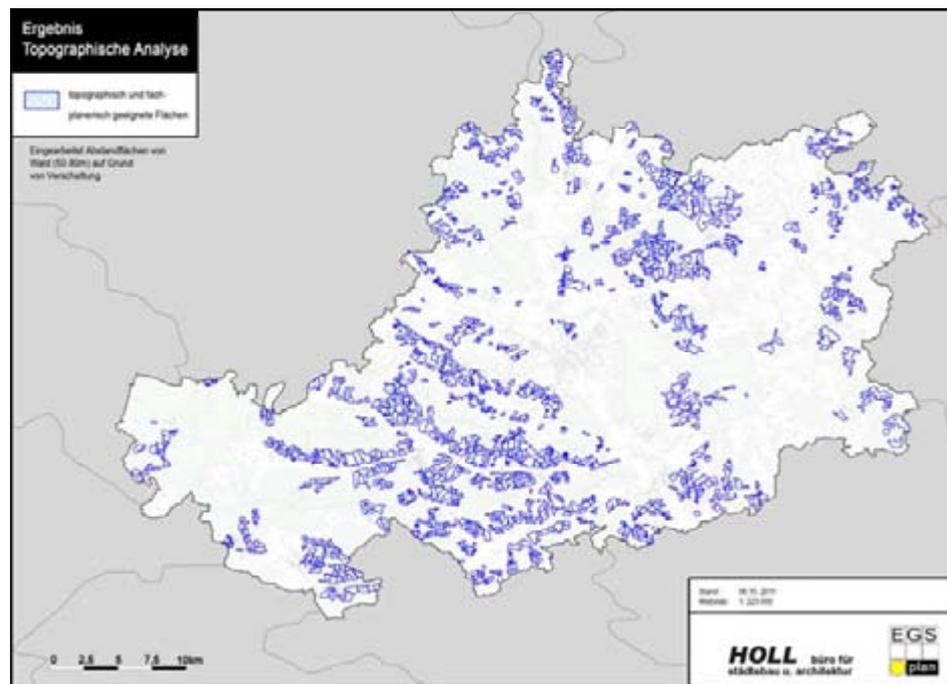


Abbildung D-19: Fachplanerisch und topographisch mögliche Potenzialflächen

Abbildung D-19 zeigt die Verteilung der in den Kapiteln DII.a bis DII.c ermittelten Potenzialflächen, die aus topographischer und fachplanerischer Sicht für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet sind, im Untersuchungsgebiet. Wie bereits am Ende von Kapitel DI.i als Fazit der Ermittlung der Ausschlussflächen erwähnt, verteilt sich der überwiegende Teil der topographisch und fachplanerisch möglichen Flächen im Untersuchungsgebiet auf größere Bereiche westlich, südwestlich und nordöstlich der Stadt Bamberg. Gegenüber diesen Bereichen mit deutlicher Konzentration von geeigneten Potenzialflächen fallen vor allem die Bereiche im Naturpark Steigerwald im Westen und im Naturpark Fränkische Schweiz im Osten sowie auch das Stadtgebiet Bamberg mit seinen umgebenden Wald- und Überschwemmungsgebieten deutlich ab.

Auf Basis der in diesem Kapitel ermittelten topographisch und fachplanerisch möglichen Potenzialflächen und der im nachfolgenden Kapitel DIII beschrie-

benen besonderen energie- und planungsrechtlichen Gesichtspunkte zur Ausweisung von Vorranggebieten für die Solarenergienutzung lassen sich in einem nächsten Analyseschritt die städtebaulich sinnvollen Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet ermitteln (siehe Kapitel DV). Dabei finden auch die kommunalen Entwicklungsvorstellungen, die in Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes eruiert werden konnten (siehe Kapitel DIV), entsprechende Berücksichtigung.

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

Tabelle D-2: Verteilung der TMF-Flächen im Untersuchungsgebiet

	GF [ha]	TMF [ha]	
Stadt Bamberg	5.462	256	4,7 %
Altendorf	870	111	12,8 %
Baunach	3.214	198	6,2 %
Bischberg	1.755	257	14,6 %
Breitengüßsbach	1.685	185	11,0 %
Burgebrach	8.786	2.375	27,0 %
Burgwindheim	3.738	237	6,3 %
Buttenheim	3.006	376	12,5 %
Ebrach	2.955	258	8,7 %
Frensdorf	4.401	1.341	30,5 %
Gerach	778	137	17,6 %
Gundelsheim	377	20	5,3 %
Hallstadt	1.461	131	9,0 %
Heiligenstadt	7.671	606	7,9 %
Hirschaid	4.099	555	13,5 %
Kemmern	827	45	5,4 %
Königsfeld	4.285	281	6,6 %
Lauter	1.240	226	18,2 %
Lisberg	836	206	24,3 %
Litzendorf	2.586	266	10,3 %
Memmelsdorf	2.624	504	19,2 %
Oberhaid	2.705	159	5,9 %
Pettstadt	988	87	8,8 %
Pommersfelden	3.570	649	18,2 %
Priesendorf	835	55	6,6 %
Rattelsdorf	3.960	601	15,2 %
Reckendorf	1.306	154	11,8 %
Scheßlitz	9.489	1.627	17,1 %
Schlüßelfeld	7.025	1.003	14,3 %
Schoenbrunn	2.469	550	22,3 %
Stadelhofen	4.109	428	10,4 %
Stegaurach	2.391	296	12,4 %
Strullendorf	3.170	423	13,3 %
Viereth-Trunstadt	1.582	104	6,6 %
Walsdorf	1.623	406	25,0 %
Wattendorf	2.224	204	9,2 %
Zapfendorf	3.054	438	14,3 %

III. AUSWEISUNG VON VORRANGGEBIETEN

Die für Stadt und Landkreis Bamberg ermittelten solartechnisch möglichen Freiflächenpotenziale bilden einen größeren Flächenpool, aus dem unter Beachtung förderrechtlicher, städtebaulicher und landschaftsplanerischer Aspekte gezielt Flächen in den einzelnen Städten und Gemeinden für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen herausgegriffen werden können. Die Entscheidung darüber, welche Flächen tatsächlich für solarenergetische Zwecke genutzt werden sollen, obliegt den Kommunen im Rahmen ihrer Planungshoheit.

Mit dem in vorliegender Untersuchung erstellten Solarflächenkataster wurde nun der Versuch unternommen, jeder Stadt und Gemeinde im Untersuchungsgebiet besonders geeignete Potenzialflächen zuzuweisen, auf die die Kommunen im Falle einer beabsichtigten Errichtung von PV-Freiflächenanlagen zurückgreifen und die sie im Rahmen ihrer Bauleitplanung als Sondergebiete für die Solarenergienutzung ausweisen können. Dazu wurde nach einem bestimmten Kriterienkatalog vorgegangen, der die besonders zu berücksichtigenden förderrechtlichen, städtebaulichen und landschaftsplanerischen Aspekte beinhaltet. Von Seiten des Gutachters wurden konkrete, an besagtem Kriterienkatalog ausgerichtete Vorschläge für zukünftige Potenzialflächen erarbeitet, die dann in Abstimmungsgesprächen mit den beteiligten Städten und Gemeinden diskutiert und an die kommunalen Entwicklungsvorstellungen angepasst wurden (siehe Kapitel DIV). Dabei wurde die letztendliche Auswahl der Potenzialflächen in den einzelnen Kommunen nicht nach dem Prinzip „entweder oder“, sondern nach dem Prinzip „sowohl als auch“ vorgenommen, um zukünftig mehrere Alternativen für die Inanspruchnahme von Potenzialflächen offen zu halten. Dies heißt, dass das Solarflächenkataster für die einzelnen Städte und Gemeinden i.d.R. deutlich mehr Potenzialflächen ausweist als in Zukunft tatsächlich in Anspruch genommen werden müssen.

Die im Solarflächenkataster enthaltenen, auf die verschiedenen Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets verteilten Potenzialflächen lassen sich grundsätzlich folgenden zwei Hauptkategorien zuordnen:

- Zum einen der Kategorie „Vorranggebiete mit Förderung nach dem Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)“, der alle diejenigen Potenzialflächen zuzuordnen sind, die nach dem EEG zum Stand 2011 förderfähig sind. Auf diesen Flächen ist es aufgrund ihrer EEG-Förderfähigkeit am wahrscheinlichsten, dass eine Solarenergienutzung in naher Zukunft tatsächlich realisiert werden kann. Sie stellen insofern Vorranggebiete vor allen weiteren Potenzialflächen, denen keine EEG-Förderfähigkeit zu bescheinigen ist, dar.

- Zum anderen der Kategorie „Vorbehaltsgebiete ohne Förderung“, zu der alle nicht EEG-förderfähigen Potenzialflächen zählen, die nach besonderen städtebaulichen Gesichtspunkten ausgewählt wurden. Bei diesen Flächen handelt es sich überwiegend um landwirtschaftlich genutzte Flächen, die an Siedlungseinheiten angebunden sind oder in landschaftlich integrierter Lage an besonders geeigneten Außenbereichsstandorten verschiedener Städte und Gemeinden gelegen sind.

III.a Vorranggebiete mit Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Seit dem 30. Juli 2010 können PV-Freiflächenanlagen, für deren Errichtung grundsätzlich die Aufstellung bzw. Änderung eines Bebauungsplans durch die jeweils betroffene Stadt oder Gemeinde erforderlich ist, nur noch unter bestimmten Voraussetzungen, aber nicht mehr flächendeckend nach dem Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG) vergütet werden. Gemäß § 32 Abs. 3 Satz 1 EEG besteht für Strom aus einer PV-Freiflächenanlage, „die im Geltungsbereich eines Bebauungsplans errichtet wurde, der zumindest auch zu diesem Zweck nach dem 1. September 2003 aufgestellt oder geändert worden ist, (...) die Vergütungspflicht des Netzbetreibers nur, wenn sich die Anlage

1. auf Flächen befindet, die zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans bereits versiegelt waren,
2. auf Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung befindet,
3. auf Grünflächen befindet, die zur Errichtung dieser Anlage in einem vor dem 25. März 2010 beschlossenen Bebauungsplan ausgewiesen sind und zum Zeitpunkt des Beschlusses über die Aufstellung oder Änderung des Bebauungsplans in den drei vorangegangenen Jahren als Ackerland genutzt wurden, und sie vor dem 1. Januar 2011 in Betrieb genommen wurde oder
4. auf Flächen befindet, die längs von Autobahnen oder Schienenwegen liegen, und sie in einer Entfernung bis zu 110 Metern, gemessen vom äußeren Rand der befestigten Fahrbahn, errichtet wurde“ [27].

Von dieser gesetzlichen Bestimmung kann gemäß § 32 Abs. 3 Satz 2 EEG nur abgesehen werden, „wenn sich die Anlage auf einer Fläche befindet, die bereits vor dem 1. Januar 2010 als Gewerbe- oder Industriegebiet im Sinne des § 8 oder des § 9 der Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 (BGBl. I S. 466) geändert worden ist, festgesetzt war.“ Dieser Satz 2 gilt ge-

mäß § 32 Abs. 3 Satz 3 EEG „entsprechend bei einem vorhabenbezogenen Bebauungsplan nach § 12 Baugesetzbuch, der zulässige bauliche Nutzungen entsprechend § 8 oder § 9 der Baunutzungsverordnung festgesetzt hat“ [27].

In der vorliegenden Untersuchung wurden alle in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelbaren Potenzialflächen, die gemäß den o.g. Bestimmungen des § 32 Abs. 3 EEG förderfähig sind, im Solarflächenkataster als EEG-förderfähige Flächen dargestellt - unabhängig davon, ob diese Flächen seitens der betroffenen Städte und Gemeinden aufgrund ihrer kommunalen Entwicklungsvorstellungen präferiert wurden oder nicht.

Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet nur wenige für die Solarenergienutzung geeignete Konversionsflächen ermittelt werden, die nach dem EEG förderfähig sind. Dagegen konnten entlang der vorhandenen Autobahnen und Bahntrassen mehrere für die Solarenergienutzung geeignete und zugleich EEG-förderfähige Flächen gefunden werden. Hinsichtlich des Umgriffs dieser EEG-förderfähigen Flächen ist zu beachten, dass sich dieser zukünftig aufgrund geplanter baulicher Veränderungen entlang der Verkehrsachsen partiell verschieben kann. So ist z.B. entlang der Bahnlinie Bamberg - Hof eine Trassenverbreiterung um zwei bis drei zusätzliche Gleise inkl. Lärmschutzflächen (Ausbau als ICE-Trasse) seitens der Deutschen Bahn AG geplant, die im Falle der weiteren Konkretisierung und Umsetzung der planerischen Überlegungen der DB AG eine Verschiebung der an der Bahntrasse gelegenen EEG-förderfähigen Flächen in östlicher bzw. westlicher Richtung erforderlich macht.

Bei der Ermittlung der EEG-förderfähigen, solarenergetisch nutzbaren Flächen im Untersuchungsgebiet wurden alle diejenigen Flächen ausgespart, die zwar potenziell geeignet und förderfähig sind, derzeit aber innerhalb eines Landschaftsschutzgebietes gelegen sind. Wie sich aus den Abstimmungsgesprächen mit einzelnen Städten und Gemeinden ergeben hat, ist es in Einzelfällen durchaus möglich, die Abgrenzung der Landschaftsschutzgebiete so zu verschieben, dass eine Inanspruchnahme von EEG-förderfähigen Flächen, die aktuell noch innerhalb eines Landschaftsschutzgebiets gelegen sind, aber als vorbelasteter Standort einzustufen sind (z.B. Flächen entlang von Autobahnen), möglich wird.

Die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung D-20 und Abbildung D-21) zeigen beispielhaft zwei im Untersuchungsgebiet ermittelte EEG-förderfähige Flächen entlang einer Bahntrasse und einer Autobahn.



Abbildung D-20: Förderfähige Fläche nach EEG entlang einer Bahntrasse



Abbildung D-21: Förderfähige Fläche nach EEG entlang einer Autobahn

Zukünftig werden im Hinblick auf die EEG-Förderung von PV-Freiflächenanlagen die Regelungen der zum 01.01.2012 vorgesehenen Novellierung des EEG gelten. Gemäß der EEG-Novelle 2012 wird zukünftig keine Vergütung für PV-Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen mehr möglich sein, die in Nationalparks und Naturschutzgebieten liegen. Darüber hinaus werden in der EEG-Novelle 2012 folgende Regelungen gelten [28]:

- Beibehaltung der aktuell bestehenden Degressionsregelung („atmender Deckel“) mit halbjährlicher Anpassung (siehe hierzu auch Ausführungen in Kapitel GIII.b3.2),
- Beibehaltung der aktuell bestehenden Eigenverbrauchsregelung mit Verlängerung bis 2013,
- Durchführung gezielter Maßnahmen zur Netzintegration der Photovoltaik.

III.b Vorbehaltsgebiete ohne Förderung

Eine Ausweisung von Freiflächen für Photovoltaikanlagen ausschließlich nach den Kriterien des Erneuerbare Energien-Gesetzes (EEG) wird in Zukunft an Bedeutung verlieren, da die EEG-Förderung künftig reduziert und in absehbarer Zeit ganz wegfallen wird. Insofern sind neben den Vorranggebieten mit EEG-Förderung auch nicht EEG-förderfähige Flächen als Flächen für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen (Vorbehaltsgebiete ohne Förderung) vorzusehen, die zukünftig rentabel sein werden.

Um einer planlosen, den Landschaftsraum der Städte und Gemeinden überproportional beanspruchenden Entwicklung vorzubeugen, ist es notwendig, die Potenzialflächen für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen weiter einzuschränken. Ziel muss es sein, das Potenzial der Flächen weitgehend auszuschöpfen, zugleich jedoch die strukturelle und gestalterische Ordnung der Landschaften und Siedlungen zu beachten und positiv zu entwickeln. Im folgenden Kapitel werden entsprechende Kriterien formuliert, um PV-Freiflächenanlagen auf städtebaulich geeignete und landschaftsverträgliche Standorte zu konzentrieren. Maßgeblich sind dabei die Vorgaben der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, wie sie in deren Rundschreiben vom 19.11.2009 zur bau- und landesplanungsrechtlichen Behandlung von PV-Freiflächenanlagen [57] formuliert sind.

Gemäß dem Schreiben der Obersten Baubehörde ist vorrangig zu überprüfen, ob zukünftig angedachte PV-Freiflächenanlagen an „geeignete Siedlungseinheiten“ angebunden werden können. Eine solche Anbindung kann grundsätzlich nur dann unterstellt werden, wenn eine im Verhältnis zur geplanten Anlage ausreichend große Bebauung vorhanden ist, sich also die Photovoltaikanlage der bestehenden Siedlung unterordnet.

Aufgrund dieser Forderung ergibt sich, dass bei der Ausweisung von Potenzialflächen für die Solarenergienutzung als erstes nach Möglichkeiten zur Anbindung der Flächen an größere Siedlungsgebiete - darunter Wohn-, Misch-, Sonder- und Gewerbegebiete - gesucht werden muss. Wie aus den Ausführungen im Kapitel DIV ersichtlich wird, tritt jedoch die siedlungsnahen Ausweisung von Potenzialflächen häufig in Konflikt mit den lokalen Ansprüchen nach „ungestörtem Wohnen“ und mit den Entwicklungsvorstellungen mancher Städte und Gemeinden im Hinblick auf zukünftige Siedlungserweiterungen.

Angesichts der beschriebenen Problemstellungen war es notwendig, im Untersuchungsgebiet auch nach solchen Potenzialflächen zu suchen, die zwar nicht an bestehende Siedlungseinheiten angebunden, aber in landschaftlich integrierter Lage (also in kaum einsehbarer Lage ohne Beeinträchtigung schützenswerter

Landschaftsteile und ohne Störung von Sichtbeziehungen im Landschafts- und Kulturraum) ausgewiesen werden konnten. In diesen Fällen bietet sich die Möglichkeit, PV-Freiflächenanlagen in Form von „Solarparks“ mit größerem Flächenumfang auszuweisen, wie sie im Anschluss an bestehende Siedlungseinheiten kaum realisierbar sind. Derartige Solarparks sollten, soweit möglich, im Rahmen interkommunaler Entwicklungskonzepte realisiert werden. Ggf. ist auch die Aufstellung gemeinsamer Flächennutzungspläne mit integrierten Landschaftsplänen durch die beteiligten Kommunen denkbar.

1. Freihaltung von erhaltenswerten und schützenswerten Landschaftsräumen

Zentraler Aspekt im Hinblick auf die zukünftige Ausweisung von Potenzialflächen für photovoltaische Anlagen ist der Schutz der erhaltenswerten und schützenswerten Landschaftsräume. Hierzu zählen gemäß Schreiben der Obersten Baubehörde vom 19.11.2009 [57]⁴:

- Nationalparke, Naturschutzgebiete, Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, Natura 2000 Gebiete, soweit die Erhaltungsziele betroffen sind, oder Wiesenbrüteregebiete.
- Gesetzlich geschützte Biotope, amtlich kartierte Biotope.
- Rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster).
- Standorte oder Lebensräume mit besonderer Bedeutung, soweit es zu einer signifikanten und nachhaltigen Verschlechterung des Erhaltungszustandes der betreffenden Population kommt,
 - für europarechtlich geschützte Arten oder Arten, für die Bayern eine besondere Verantwortung hat,
 - für besonders oder streng geschützte Arten des Bundesnaturschutzgesetzes oder der Bundesartenschutzverordnung,
 - für Arten der Roten Liste 1 und 2 mit enger Standortbindung.
- Besonders bedeutende oder weithin einsehbare Landschaftsbestandteile wie landschaftsprägende Höhenrücken, Kuppen und Hanglagen.

Durch den in Kapitel DI dargestellten Untersuchungsschritt wurden die wichtigsten Schutzgebiete im Untersuchungsgebiet bereits als mögliche Potenzialflächen für die Solarenergienutzung ausgeschlossen. In Ergänzung dazu erfolgte ein zusätzlicher Ausschluss von charakteristischen Landschaftsräumen als mögliche Potenzialflächen aufgrund von Vor-Ort-Besichtigungen und visueller Prüfung vorliegender Orthofotos.

⁴ Anlage zum Rundschreiben IIB5-4122.79-037/09 vom 18.11.2009

Hinsichtlich der Ausweisung konkreter Potenzialflächen innerhalb der solar-technisch und topographisch möglichen Flächen wurde so nochmals versucht, die Potenzialflächen in unproblematische Landschaftsräume einzugliedern und unzerschnittene Landschaftsräume zu schützen.



Abbildung D-22: Rücksichtnahme auf Typologie und Struktur der Landschaft



Abbildung D-23: Schloss Seehof bei Memmelsdorf

Nicht nur der Schutz von Landschaftsräumen und die städtebauliche Integration spielen bei der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen eine wichtige Rolle, auch der Schutz der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Baudenkmäler vor optischen Störungen und Beeinträchtigungen ist zu beachten. Insbesondere ist dafür Sorge zu tragen, dass die Sichtachsen zu den in freier Landschaft gelegenen Burgen und Schlössern des Untersuchungsgebiets von PV-Freiflächenanlagen freigehalten werden. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wurden mögliche Sichtbeziehungen in den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden erörtert und notwendige Schutzzonen um bestehende Baudenkmäler abgesteckt.

2. Erhaltung von unzerschnittenen Landschaftsräumen – Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten

Zweckmäßiger Weise sind Potenzialflächen zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen im Anschluss an geeignete Siedlungseinheiten, z.B. in Nachbarschaft zu Gewerbegebieten, auszuweisen. Dadurch werden Landschaftsräume geschont.

In der vorliegenden Untersuchung wurde versucht, geeignete Siedlungseinheiten in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets zu finden, die eine städtebaulich sinnvolle Angliederung von PV-Freiflächenanlagen ermöglichen. Der Grundsatz, derartige Anlagen „vorrangig an Misch-, Dorf-, Industrie-, Gewerbe- oder Sondergebiete“ [57 S. 6] anzuschließen, ließ sich dabei aber nur sehr bedingt verfolgen.

Zwar wurde die Angliederung von PV-Freiflächenanlagen an Industrie- und Gewerbegebiete bevorzugt angestrebt, doch waren solche Gebiete in geeigneter Form meist nur im engeren Verdichtungsraum Bamberg zu finden. Hier wurde die gewünschte Angliederung von PV-Freiflächenanlagen teilweise dadurch verhindert, dass in unmittelbarer Nachbarschaft zu den vorhandenen Industrie- und Gewerbeflächen häufig Überschwemmungsgebiete anzutreffen waren, auf denen die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen von vorne herein ausgeschlossen war. Teilweise war hier eine Angliederung deshalb nicht möglich, weil aufgrund des hohen Nutz- und Schutzanspruchs der Funktionen Wohnen und Gewerbe und die erforderliche Freihaltung zukünftiger Entwicklungsflächen in den Städten und Gemeinden des Verdichtungsraumes kaum Freiflächen für eine Solarenergienutzung zur Verfügung standen.

Dörfliche Siedlungen erwiesen sich meist als zu klein, um rentable PV-Freiflächenanlagen in der Nachbarschaft errichten zu können, da derartige Anlagen in Proportion zur jeweiligen Siedlungseinheit stehen sollen. Auch im Umfeld vorhandener Mischgebiete in den Siedlungen ergaben sich meist nur sehr geringe Möglichkeiten der Anbindung solcher Anlagen.

Günstiger sind die Voraussetzungen für eine Angliederung von PV-Freiflächenanlagen im Umfeld von geeigneten Sondergebieten [57] wie von Flächen für Versorgungsanlagen. Eine Angliederung an Flächen für Versorgungsanlagen ist im Regelfall möglich, wobei vor allem auf die Verfügbarkeit von Flächen in Nähe vorhandener Umspannwerke zu verweisen ist. Zu beachten ist hier allerdings die Verschattungsproblematik aufgrund der verdichtenden Anzahl der Hochspannungsleitungen.

Aufgrund der oben beschriebenen Rahmenbedingungen lassen sich die Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen am leichtesten an die ausgewiesenen Wohngebiete in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets angliedern. Besonders der Verdichtungsraum Bamberg und die Hauptorte in den einzelnen Stadt- und Gemeindegebieten weisen meist große Wohnsiedlungseinheiten auf, die Möglichkeiten zur Angliederung rentabler PV-Freiflächenanlagen bieten. Aus gutacherlicher Sicht kann eine solche Angliederung auch insofern präferiert werden, als sie eine direkte Einspeisung des erzeugten Stroms ohne lange Übertragungswege in das in den Wohngebieten bereits bestehende Stromnetz ermöglicht („kurzer Weg der Energie“).



Abbildung D-24: Ausweisung von Flächen in Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten - Baunach



Abbildung D-25: Ausweisung von Flächen in Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten - Frensdorf

Abbildung D-24 zeigt eine Potenzialfläche im Stadtgebiet Baunach, die in an ein ausgewiesenes Wohngebiet angebinden ist. Eine Photovoltaikanlage auf dieser Fläche integriert sich städtebaulich gut zwischen Siedlungskörper und Waldrand und fügt sich in verträglicher Weise in die vorhandene Landschaft ein. Mögliche Sichtstörungen für die Anwohner durch die Anlage sind als gering einzuschätzen, da davon ausgegangen werden kann, dass die Wohnhäuser vorrangig nach Süden orientiert sind und Begrünungsmaßnahmen die Anlage positiv aufwerten.

Grundsätzlich gilt, dass PV-Freiflächenanlagen in Proportion zur jeweiligen Siedlungseinheiten stehen sollen. Somit sind größere PV-Freiflächenanlagen an größere Siedlungseinheiten anzugliedern. Das Beispiel in Abbildung D-25 zeigt, wie Potenzialflächen im Gemeindegebiet Frensdorf an ein bereits ausgewiesenes größeres Gewerbegebiet am Siedlungsrand angegliedert werden. Die Potenzialflächen liegen hier gleichzeitig an der Bahnlinie Strullendorf - Schlüsselfeld und sind somit teilweise - bis zu einer Entfernung von 110 m zur Bahntrasse - nach dem EEG förderfähig. Empfohlen wird hier eine über den 110-m-Korridor hinausgehende Ausweisung der Potenzialflächen, da dies zu einer sinnvollen Ergänzung der vorhandenen Siedlungsstruktur führt. Die in der Abbildung zwischen vorhandener Bebauung und Potenzialfläche erkennbare Baulücke wird in Zukunft durch neue Ansiedlungen im ausgewiesenen Gewerbegebiet geschlossen werden.

3. Entwicklung entlang von Entwicklungsachsen

Generell empfiehlt es sich, PV-Freiflächenanlagen vorzugsweise innerhalb der im Regionalplan festgelegten regional und überregional bedeutsamen Entwicklungsachsen auszuweisen, die am dichtesten besiedelt sind und eine hohe Konzentration verkehrlicher und technischer Infrastruktureinrichtungen sowie bereits vorbelasteter Standorte aufweisen. Insbesondere die am Verlauf der Entwicklungsachsen orientierten Bundesautobahnen und Bahnlinien bieten besondere

Möglichkeiten zur Ausweisung EEG-förderfähiger Freiflächen für Photovoltaikanlagen. Hinzu kommen die in den Entwicklungsachsen gelegenen Stromleitungen einschließlich ihrer Umspannstationen, in deren Umfeld die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen meist auf sinnvolle Weise möglich ist.

Zukünftig ist im Bereich der Entwicklungsachsen mit den stärksten Zuwächsen an weiterer baulicher Entwicklung in Stadt und Landkreis Bamberg zu rechnen, was eine entsprechende Überformung des Siedlungs- und Landschaftsraums mit sich bringt. Insofern wirkt sich hier die zusätzliche Errichtung von PV-Freiflächenanlagen weniger störend aus als in den peripherer gelegenen und geringer überformten Regionsteilen mit ihrem höheren Anteil an schützenswerten Landschaftsräumen. Zugleich bestehen im Bereich der Entwicklungsachsen i.d.R. günstigere Voraussetzungen zur Einspeisung des durch die PV-Freiflächenanlagen erzeugten Stroms in das bestehende Leitungsnetz, da nur in begrenztem Umfang neue Leitungen zur Einspeisung benötigt werden.

Die genannten Aspekte sind bei der Ausweisung von Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen in Stadt und Landkreis Bamberg entsprechend berücksichtigt worden. Demgemäß ist ein größerer Teil der für das Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen im Bereich der Entwicklungsachsen gelegen, wie sie im Regionalplan für die Region 4 „Oberfranken-West“ festgelegt sind.

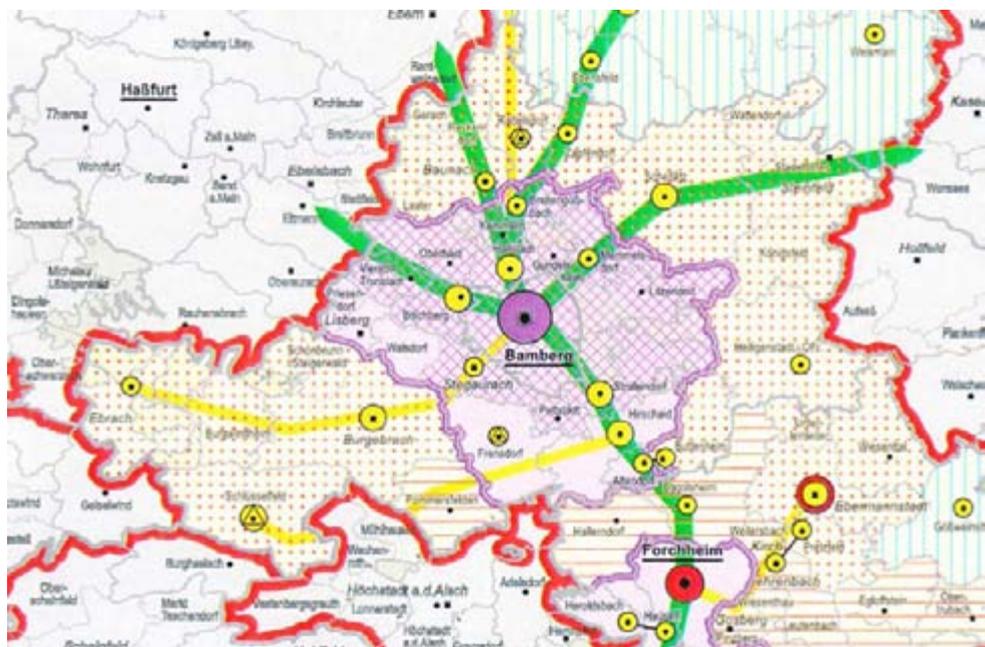


Abbildung D-26: Regionalplan Oberfranken-West, 2. Änderung 1999 (Karte 1), mit Darstellung der regional und überregional bedeutsamen Entwicklungsachsen

Bei den peripher gelegenen Gemeinden des Untersuchungsgebiets, die sich nicht innerhalb einer Entwicklungsachse bzw. an einer Autobahn- oder Bahntrasse befinden, wurde als bevorzugter Bereich für die Ausweisung von Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen die jeweilige Hauptverkehrs- bzw. Hauptsiedlungsachse im Gemeindegebiet in Betracht gezogen. Aus gutachterlicher Sicht wird insgesamt jedoch empfohlen, in den peripher gelegenen Gemeinden nur moderate Ausweisungen von PV-Freiflächenanlagen vorzunehmen. Dies gilt insbesondere für die in den Naturparks gelegenen Gemeinden im Westen und Osten des Untersuchungsgebietes.

4. Entwicklung auf vorbelasteten Flächen

Für die Ausweisung von Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen können gemäß dem Schreiben der Obersten Baubehörde vom 19.11.2009 [57] auch vorbelastete Standorte ins Auge gefasst werden. Derartige Standorte kommen dann für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in Frage, wenn keine Standorte mit direkter Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten in den jeweiligen Stadt- und Gemeindegebieten gefunden werden können.

Als vorbelastete Standorte gelten vor allem brachliegende, ehemals baulich genutzte Flächen und Konversionsflächen (Deponien, Abbauflächen von Rohstoffen etc.). Da Konversionsflächen nach der aktuell geltenden Fassung des EEG noch förderfähig sind, wurden die meisten der im Untersuchungsgebiet vorhandenen vorbelasteten Flächen schon unter Kapitel DIII.a ermittelt. Doch konnten auch im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets noch vorbelastete Standorte eruiert werden, die aus den zur Verfügung gestellten Planunterlagen zunächst nicht ersichtlich waren.

Abbildung D-27 und Abbildung D-28 zeigen beispielhaft zwei vorbelastete Standorte, die in den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden nachträglich benannt werden konnten und städtebaulich integrierbar sind.



Abbildung D-27: Gewerbebrache in Strullendorf



Abbildung D-28: Ehemaliger Schießplatz in Heiligenstadt in OFr.

Abbildung D-27 zeigt eine Gewerbebrache in Strullendorf, über deren zukünftige Entwicklung derzeit laut Information aus dem gemeindlichen Abstimmungsgespräch keine sichere Aussage getroffen werden kann. Es wäre hier durchaus denkbar, die noch vorhandenen Gewerbebauten abzureißen und das freigewordene Gelände für solarenergetische Zwecke zu nutzen.

Als vorbelastete Standorte sind auch ehemalige Militäranlagen anzusehen, wie sie teilweise im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind. So verfügt zum Beispiel die Stadt Bamberg über einen Schießplatz, der für eine Solarenergienutzung in Betracht gezogen werden kann. Die Abbildung D-28 zeigt das Areal eines ehemaligen US-Sprengplatzes in Heiligenstadt, das als Potenzialfläche in das Solarflächenkataster für Stadt und Landkreis Bamberg aufgenommen wurde. Das frei in der Landschaft liegende Areal befindet sich in Nachbarschaft zu einem bestehenden Windpark, der in Kombination mit einer PV-Freiflächenanlage auf besagtem Areal zu einem „regenerativen Energiepark“ weiter entwickelt werden könnte.

5. Landschaftlich integrierte Anlagen – nicht an Siedlungseinheiten angebunden

Im Untersuchungsgebiet sind solarenergetisch nutzbare Freiflächen mit Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten oder auf vorbelasteten Standorten zwar in einem gewissen Rahmen vorhanden. Diese Flächen werden jedoch seitens der im Untersuchungsgebiet gelegenen Städte und Gemeinden aus Gründen der Freihaltung von Entwicklungsflächen und der Vermeidung von Beeinträchtigungen der Wohnqualität nicht in jedem Fall als Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen akzeptiert. Es wurde daher in vorliegender Untersuchung nach zusätzlichen Potenzialflächen in landschaftlich integrierter Lage gesucht, um ausreichend Alternativen für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen im Untersuchungsgebiet anbieten zu können. Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Auswahl der Potenzialflächen

in landschaftlich integrierter Lage ist, dass diese Flächen nur beschränkt einsehbar sein sollen. Eine optische Fernwirkung von PV-Freiflächenanlagen und eine Bestückung von landschaftsprägenden Höhenrücken, Kuppen oder Hanglagen sollte möglichst vermieden werden. Hierauf verweist auch das Schreiben der Obersten Baubehörde vom 19.11.2009 [57 S. 7].

Mittels Luftbildanalyse und Vor-Ort-Untersuchung der topographischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wurden die Potenzialflächen in landschaftlich integrierter Lage ermittelt, die alternativ zu den an Siedlungseinheiten angebundener und auf vorbelasteten Standorten gelegenen Potenzialflächen in Stadt und Landkreis Bamberg ausgewiesen werden können. Ergänzend dazu wurde in den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden darüber diskutiert, ob von den ermittelten Potenzialflächen tatsächlich keine unzumutbaren Störwirkungen ausgehen, so dass letztlich nur die aus Sicht der Kommunen geeigneten Potenzialflächen im Solarflächenkataster verblieben sind.

Unter den ermittelten Potenzialflächen in landschaftlich integrierter Lage befinden sich vor allem landschaftliche Nischen, die i.d.R. von drei Seiten von Wald bzw. Gehölzstrukturen umschlossen werden.



Abbildung D-29: Landschaftlich integrierte Fläche - Potenzial Solarpark

Abbildung D-29 zeigt ein Beispiel für eine vorbildlich landschaftlich integrierte Potenzialfläche im Stadtgebiet Baunach. Die Fläche ist nicht nur zu großen Teilen von Wald umschlossen, sondern liegt zusätzlich auf einer erhöhten Ebene, wodurch sie weder von der benachbarten Siedlung noch von der nahegelegenen Ver-

kehrachse aus einsehbar ist. Die mit der Stadt Baunach abgestimmte Fläche könnte aus gutachterlicher Sicht sogar zu einem Solarpark ausgeweitet werden.

6. Erweiterung bestehender Anlagen

Neben den neu zu bestimmenden Potenzialflächen wurden in der vorliegenden Untersuchung auch die bereits bestehenden PV-Freiflächenanlagen in Stadt und Landkreis Bamberg erfasst. Zum einen sollte damit der vorhandene Bestand berücksichtigt werden, der in die Potenzialanalyse mit einfließt, zum anderen sollten damit auch Überlegungen angestoßen werden, inwieweit eine Erweiterung bestehender Anlagen aus städtebaulicher Sicht möglich und zweckmäßig ist.

Die Ausweitung bestehender Anlagen hat u.a. den Vorteil, dass an eine bereits bestehende Infrastruktur für Photovoltaikanlagen angeknüpft werden kann. Gleichzeitig kann vermieden werden, dass bislang unbelastete Landschaftsteile zum Zwecke der Ausweitung der Solarenergienutzung auf Freiflächen in Anspruch genommen werden müssen. Es kann somit ein wesentlicher Beitrag zum Landschaftsschutz im Untersuchungsgebiet geleistet werden, indem statt mehrerer Standorte nur ein größerer, durch die vorhandene Solarenergienutzung bereits vorbelasteter Standort eine zusätzliche technische Überformung erfährt. Im Ergebnis kann im Untersuchungsgebiet eine klare Funktionstrennung zwischen „natur-nahen Landschaftsräumen“, die dem Naturschutz und der Erholung dienen, und „technisch geprägten Landschaftsräumen“, die der Energieversorgung dienen, erreicht werden.

IV. ABSTIMMUNG MIT DEN STÄDTEN UND GEMEINDEN

Das Solarflächenkataster für Stadt und Landkreis Bamberg stellt ein nach städtebaulichen, fachplanerischen und förderrechtlichen Gesichtspunkten erarbeitetes Planwerk zum theoretisch verfügbaren Frei- und Dachflächenpotenzial für eine solarenergetische Nutzung dar. Es beinhaltet zudem konkrete Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Realisierbarkeit einer Solarenergienutzung auf den ermittelten Potenzialflächen. Als Grundlage für die Übernahme solcher konkreter Hinweise in das Solarflächenkataster dienen neben der Verarbeitung der schriftlichen und digitalen Planungsgrundlagen, die zur Bestandsanalyse heranzuziehen waren, auch Befragungen der im Untersuchungsgebiet gelegenen Städte und Gemeinden zu ihren Einschätzungen und Entwicklungsvorstellungen. Außerdem war es für die Formulierung dieser Hinweise hilfreich, durch punktuelle Vor-Ort-Besichtigungen die jeweiligen landschaftlichen und siedlungsstrukturellen Ausgangsvoraussetzungen in den beteiligten Kommunen grob zu erfassen (eine umfassende Begehung des gesamten Untersuchungsgebiets war im Rahmen der vorliegenden Untersuchung innerhalb des vereinbarten Kostenrahmens nicht möglich). Insgesamt konnten die aus den schriftlichen und digitalen Quellengrundlagen gewonnenen Informationen durch die vor Ort gewonnenen Informationen sinnvoll ergänzt werden. Seitens der befragten Städte und Gemeinden konnten dabei spezifische Informationen vermittelt werden, die in keinem Plan verzeichnet und in keiner schriftlichen Quelle genannt sind.

Aufgrund der Einbeziehung der betroffenen Kommunen in die Erarbeitung des Solarflächenkatasters durch Vor-Ort-Befragung war es möglich, ein hohes Maß an Akzeptanz bei den Kommunen im Hinblick auf das vorgelegte Planwerk zu erreichen. Die Akzeptanz des Solarflächenkatasters bei den Kommunen ist besonders wichtig, da die Umsetzung des in vorliegender Untersuchung enthaltenen Entwicklungskonzepts und das Erreichen des Energieautarkieziels für Stadt und Landkreis Bamberg bis zum Jahr 2035 von der Mitwirkungsbereitschaft jeder einzelnen Kommune abhängen. Insbesondere die Realisierung von PV-Freiflächenanlagen im Untersuchungsgebiet ist nur unter konkreter Mitwirkung der Kommunen möglich. Es liegt im Ermessen der Kommunen, ob sie die für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen erforderliche Bauleitplanung (Aufstellung eines Bebauungsplans und entsprechende Änderung des Flächennutzungsplans) durchführen möchten. Denn anders als z.B. Windkraftanlagen stellen PV-Freiflächenanlagen keine privilegierten Vorhaben dar, die bei entsprechender behördlicher Genehmigung auch ohne kommunale Bauleitplanung realisiert werden können, sondern sind vom Planungswillen der betroffenen Kommune abhängig.

Aufgrund des oben beschriebenen Sachverhalts war es unverzichtbar, mit die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets aktiv zu beteiligen. Nur so konnte ein möglichst realitätsbezogener und von den Kommunen weitgehend akzeptierter Flächenpool für das Solarflächenkataster ermittelt werden und konnte die Bereitschaft der Kommunen zur Beteiligung an zukünftigen Maßnahmen zur Nutzung solarenergetischer Potenziale erhöht werden. In den Abstimmungsgesprächen mit den Kommunen wurden nicht nur für den Gutachter wichtige Informationen zusammengetragen, sondern es wurde auch auf individuelle Fragestellungen der Kommunen eingegangen. Dabei wurden u.a. auch Sinn und Zweck der Erstellung des Solarflächenkatasters und die resultierenden Vorteile für die Kommunen ausführlich diskutiert.

Die Ergebnisse der vor Ort mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets durchgeführten Abstimmungsgespräche wurden in Gesprächsprotokollen festgehalten, die den einzelnen Städten und Gemeinden jeweils zur Prüfung zugesandt wurden. Im Anhang der vorliegenden Untersuchung sind die wesentlichen Inhalte der Gesprächsprotokolle für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets zusammengetragen. Dabei sind auch die Teilnehmer an den Abstimmungsgesprächen entsprechend verzeichnet. Die Abstimmungsgespräche fanden im kleinen Rahmen statt, wobei i.d.R. der Bürgermeister und der Bauamtsleiter der jeweiligen Stadt bzw. Gemeinde am Gespräch teilnahmen.

Im Einzelnen sind in den Abstimmungsgesprächen mit den Kommunen folgende Fragestellungen behandelt worden, die im nachfolgenden Kapitel DIV.a näher beleuchtet werden:

- Entwicklungsvorstellungen der Städte und Gemeinden,
- Akzeptanzkriterien für PV-Freiflächenanlagen aus Sicht der Kommunen,
- Vorschläge der Kommunen für die Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen,
- Vorstellungen der Kommunen bezüglich der Nutzung anderer regenerativer Energiequellen,
- Akzeptanzkriterien für Dachflächensolaranlagen aus Sicht der Kommunen

IV.a Bestandsaufnahme

In den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden wurden die von Seiten des Gutachters bereits erarbeiteten Analyseergebnisse knapp dargestellt. Anschließend wurden die vom Gutachter ermittelten Ausschluss- und Potenzialflächen für die Solarenergienutzung auf ihre gemeindliche Akzeptanz und ihre tatsächliche Nutzbarkeit hin diskutiert. Die von Seiten der Stadt bzw. Gemeinde bestehenden Entwicklungsvorstellungen wurden angesprochen und hinsichtlich

der Ausweisung von Potenzialflächen im Stadt- oder Gemeindegebiet entsprechend berücksichtigt. Im Einzelfall bedeutete dies, dass vom Gutachter vorgeschlagene Potenzialflächen ergänzt, reduziert oder ganz gestrichen wurden.

1. Entwicklungsvorstellungen der Städte und Gemeinden

Wesentliche Grundlage für die vorliegende Untersuchung waren die rechtsgültigen Flächennutzungspläne der zum Untersuchungsgebiet zählenden Städte und Gemeinden, die durch zusätzliches Kartenmaterial weiter ergänzt wurden. Aufgrund dieser Planungsunterlagen waren jedoch nicht alle neueren Entwicklungen in den Städten und Gemeinden und die neuesten kommunalen Entwicklungsvorstellungen ersichtlich; diese konnten erst in den Abstimmungsgesprächen mit den Kommunen in Erfahrung gebracht werden. In den Abstimmungsgesprächen wurde zunächst besprochen, ob Ergänzungen der vom Gutachter im Rahmen der Bestandsanalyse ermittelten Ausschlussflächen für eine Solarenergienutzung notwendig waren. Besonders zu überprüfen waren dabei die Abgrenzungen der Überschwemmungs- und Wasserschutzgebiete; anzusprechen waren zudem naturschutzrechtliche Belange, die vorgesehenen Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sowie zukünftig angedachte Entwicklungsflächen.

Aus gutachterlicher Sicht besonders wichtig war, dass zukünftige Planungsvorhaben der Städte und Gemeinden, die in den vorliegenden Plänen bislang nicht festgehalten waren, besprochen wurden. In diesem Zusammenhang wurden neben den aktuellen Tendenzen der baulichen Entwicklung auch die seitens der Kommunen verfolgten Strategien z.B. hinsichtlich der Stärkung von Tourismus und Naherholung oder der Nutzung regenerativer Energien abgefragt. Je nach Aktualität der kommunalen Planungen und nach Ermessen der Kommunen wurden die vom Gutachter vorgeschlagenen, an Siedlungsrändern gelegenen Potenzialflächen für die Solarenergienutzung entweder aus dem Flächenpool des Solarflächenkatasters entfernt oder hierin als alternative Potenzialflächen behalten. Darüber hinaus wurden - unabhängig von der gemeindlichen Akzeptanz - die aus topographischer und fachplanerischer Sicht für eine Solarenergienutzung geeigneten Flächen im Stadt- bzw. Gemeindegebiet im Regelfall darstellerisch nicht verändert, da die Information bezüglich der solartechnischen Eignung kommunaler Freiflächen für die betroffenen Kommunen grundsätzlich erhalten bleiben sollte.

2. Akzeptanzkriterien für PV-Freiflächenanlagen

In allen Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets wurde deren grundsätzliche Haltung zum weiteren Ausbau der Solarenergienutzung abgefragt. Dabei wurden auch konkret bestehende Planungsüberlegungen der Kommunen

zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen besprochen, die entweder bereits realisiert wurden bzw. realisiert werden sollen oder aber aufgrund verschiedener Hemmnisse (z.B. Widerstand seitens der Wohnbevölkerung, Unsicherheit bezüglich EEG-Förderung) zurückgestellt bzw. ganz verworfen werden mussten. Weiter wurde mit den Kommunen besprochen, auf welchen Standorten in ihrem Stadt- bzw. Gemeindegebiet sie PV-Freiflächenanlagen präferieren würden, ob eher auf Standorten mit Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten oder eher auf siedlungsfernen Standorten in landschaftlich integrierter Lage.

Bezüglich der vom Gutachter vorgeschlagenen Potenzialflächen wurde mit den Städten und Gemeinden erörtert, inwieweit diese Flächen aus kommunaler Sicht akzeptabel sind und damit tatsächlich für eine Solarenergienutzung in Anspruch genommen werden können. Als wesentliches Akzeptanzkriterium stellte sich heraus, dass mit der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in landschaftlich integrierten Lagen keine Beeinträchtigung bestehender Sichtachsen oder Erholungsräume verbunden sein darf. Auch bestehende Nutzungsansprüche auf den vorgeschlagenen Potenzialflächen (z.B. durch die Landwirtschaft) wurden als Akzeptanzkriterium genannt.

3. Aufnahmen von Flächenpotenzialen aus Sicht der Städte und Gemeinden

Im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets wurden neben den vom Gutachter vorgeschlagenen Potenzialflächen für die Solarenergienutzung vielfach weitere Potenzialflächen seitens der befragten Kommunen für eine Aufnahme in das Solarflächenkataster vorgeschlagen, sei es aufgrund eigener kommunaler Entwicklungsvorstellungen oder aufgrund konkreter Anfragen aus der Bevölkerung oder von Investorenmenseite. Soweit eine Überschneidung dieser von den Kommunen vorgeschlagenen Potenzialflächen mit den topographisch und fachplanerisch für eine Solarenergienutzung geeigneten Flächen feststellbar war, haben diese Flächen Eingang in die weitere Potenzialanalyse und in das Solarflächenkataster gefunden. Ergänzend zu den von kommunaler Seite vorgeschlagenen Potenzialflächen wurden von den Städten und Gemeinden auch wichtige Informationen zu vorbelasteten Standorten im Untersuchungsgebiet gegeben, die bei der Erstellung des Solarflächenkatasters entsprechend berücksichtigt wurden.

4. Vorstellung bezüglich der Nutzung von anderen regenerativen Energiequellen

Neben der verstärkten Nutzung der im Untersuchungsgebiet ermittelten solarenergetischen Potenziale müssen auch andere regenerative Energieformen wie Windkraft, Geothermie oder Biomasse verstärkt genutzt werden, wenn das für 2035 angestrebte Energieautarkieziel in Stadt und Landkreis Bamberg erreicht werden soll. Die vom Fraunhofer-Institut UMSICHT erstellte „Potenzialanalyse erneuerbare Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg“ hat den Kommunen des Untersuchungsgebiets bereits umfassende Informationen zu den im Untersuchungsgebiet geltenden Rahmenbedingungen bezüglich der Nutzung regenerativer Energieformen an die Hand gegeben. Ergänzend zu diesen Informationen wurde im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebietes erfragt, welche Projekte zur Nutzung regenerativer Energien in den einzelnen Kommunen bereits verwirklicht wurden oder zukünftig konkret geplant sind. Die gewonnenen Informationen zu den kommunalen Projekten zur Nutzung regenerativer Energien wie Windkraft, Wasserkraft, Geothermie oder Biomasse sind im Anhang der vorliegenden Untersuchung für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets knapp zusammengefasst. Sie sind mit Blick auf die angestrebte Ausweitung der Solarenergienutzung im Untersuchungsgebiet entsprechend zu berücksichtigen.

5. Akzeptanzkriterien und Realisierung von Dachflächenanlagen

Im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets wurde neben der grundsätzlichen gemeindlichen Akzeptanz von PV-Freiflächenanlagen auch die Akzeptanz von Dachflächensolaranlagen in den besiedelten Bereichen der beteiligten Kommunen erörtert. Dabei wurde deutlich, dass seitens der Kommunen keine grundsätzlichen Vorbehalte gegen die Nutzung von Dachflächen für solarenergetische Zwecke bestehen, sondern im Gegenteil meist eine eindeutige kommunale Präferenz von Dachflächensolaranlagen vor PV-Freiflächenanlagen erkennbar ist. Darüber hinaus konnte auch eine hohe Akzeptanz von Dachflächensolaranlagen in der Bevölkerung konstatiert werden. Lediglich für denkmalgeschützte Ensembles in den Altortbereichen (in der Stadt Bamberg für das gesamte „StadtDenkmal Bamberg“) sowie für einzelne denkmalgeschützte Baudenkmäler wurde seitens der Kommunen eine solarenergetische Nutzung von Dachflächen im Regelfall ausgeschlossen.

Vielfach können die Städte und Gemeinden in ihrem eigenen kommunalen Gebäudebestand (z.B. Rathaus, Bauhof) oder auf sonstigen öffentlichen Gebäuden (z.B. Schulen, Mehrzweckhallen) Dachflächen für eine solarenergetische Nut-

zung zur Verfügung stellen oder haben diese Dachflächen bereits mit photovoltaischen oder solarthermischen Anlagen bestückt. Der aktuelle Stand des Dachflächenausbaus auf kommunalen und öffentlichen Gebäuden für solarenergetische Zwecke ist im Anhang der vorliegenden Untersuchung für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets in knapper Form zusammengefasst. Teilweise sind in dieser Zusammenfassung auch Hinweise zu nutzbaren Dachflächen auf gewerblichen Bauten enthalten.

IV.b Solarflächenkataster als Orientierungshilfe

Im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets wurde von gutachterlicher Seite betont, dass es sich beim Solarflächenkataster für Stadt und Landkreis Bamberg nicht um eine abgeschlossene und allgemein verbindliche Planung, sondern um eine planerische Studie handelt. Diese Studie soll den zum Untersuchungsgebiet zählenden Kommunen und den Verantwortlichen auf Landkreisebene als wichtige Orientierungs- und Planungshilfe zur Nutzung der im Untersuchungsgebiet bestehenden solarenergetischen Potenziale und zur Erreichung des Energieautarkieziels für Stadt und Landkreis Bamberg bis zum Jahr 2035 dienen. Mit Blick auf die im Solarflächenkataster enthaltenen Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen wurde immer von gutachterlicher Seite darauf hingewiesen, dass die Entscheidung darüber, ob PV-Freiflächenanlagen in den jeweiligen Stadt- und Gemeindegebieten tatsächlich errichtet werden sollen, ausschließlich den Städten und Gemeinden als Trägern der kommunalen Planungshoheit vorbehalten ist.

Mit der GIS-Datenbank zu den topographisch und fachplanerisch möglichen Flächen zur Solarenergienutzung, die Bestandteil des Solarflächenkatasters für Stadt und Landkreis Bamberg ist, wird den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets zukünftig ein wichtiges Instrument für die Bearbeitung von Anfragen zur solarenergetischen Nutzung von Grundstücken an die Hand gegeben. Mit Hilfe der GIS-Daten können die Städte und Gemeinden im Falle einer Anfrage zügig klären, ob die angefragte Fläche aus solartechnischer Sicht für eine solarenergetische Nutzung geeignet ist. In einem zweiten Schritt können die Städte und Gemeinden an Hand der Ausführungen in Kapitel DIII zur Ausweisung von Vorranggebieten prüfen, ob die angefragte Fläche auch aus städtebaulicher Sicht für die Errichtung einer PV-Freiflächenanlage in Frage kommt. In einem dritten Schritt schließlich können die Stadt- bzw. Gemeinderatsgremien darüber beschließen, ob ein Bauleitplanverfahren zur Ausweisung eines Sondergebiets für die Solarenergienutzung im Bereich der angefragten Fläche eingeleitet werden soll.

Auf Grundlage der für die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets ermittelten Potenzialflächen des Solarflächenkatasters können zukünftig seitens der Kommunen auch Überlegungen darüber angestellt werden, ob sie in eigener Regie einen Solarpark als Bürgersolaranlage ausweisen möchten. Dabei ist zu beachten, dass die derzeit für die Realisierung von Solarprojekten oft maßgebliche EEG-Förderung, die auch von den Kommunen als wesentliches Kriterium für die Verwirklichung derartiger Projekte angesprochen wurde, in absehbarer Zeit keine Bedeutung mehr haben wird. Aus gutachterlicher Sicht wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahren durch den mittelfristigen Wegfall der EEG-Förderung eine zunehmende Angleichung des Strompreises an die Investitionskosten eintreten wird. Damit wird zukünftig ein rentabler Betrieb von PV-Freiflächenanlagen auf derzeit nach dem EEG bereits nicht mehr förderfähigen, meist landwirtschaftlich genutzten Freiflächen möglich sein.

In Städten und Gemeinden, für die das Solarflächenkataster eine größere Zahl von Potenzialflächen zur Solarenergienutzung ausweist, sind die ausgewiesenen Flächen grundsätzlich als Alternativen aufzufassen. Nicht alle ausgewiesenen Flächen sind hier für eine tatsächliche Solarenergienutzung vorzusehen; vielmehr soll seitens der Stadt bzw. Gemeinde eine Auswahl der aus ihrer Sicht am besten für eine Solarenergienutzung geeigneten Flächen aus den alternativen Potenzialflächen erfolgen. Ziel ist es, nicht ein Höchstmaß an Freiflächen für die Solarenergienutzung im Stadt- bzw. Gemeindegebiet in Anspruch zu nehmen, sondern eine städtebaulich sinnvolle, auf bestimmte Standorte beschränkte Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen vorzunehmen. Um hier den Kommunen einen möglichst breiten Auswahlrahmen und einen möglichst großen Handlungsspielraum zu eröffnen, wurden im Solarflächenkataster nach dem „Sowohl-als-auch“-Prinzip alle städtebaulich möglichen Potenzialflächen dargestellt. Ob die Kommunen von diesen dargestellten Potenzialflächen eher Flächen in landschaftlich integrierter Lage oder Flächen mit Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten präferieren, liegt in deren eigenem Ermessen.

Die im Untersuchungsgebiet gelegenen Landschaftsschutzgebiete können grundsätzlich nicht für die Ausweisung solarenergetisch nutzbarer Freiflächen in Anspruch genommen werden. Entsprechend wurden im Solarflächenkataster für Stadt und Landkreis Bamberg keine Potenzialflächen im Bereich bestehender Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Im Rahmen der Arbeiten zur Erstellung des Solarflächenkatasters wurde allerdings festgestellt, dass eine Anpassung der Abgrenzung von Landschaftsschutzgebieten durchaus möglich ist, wenn ein vorbelasteter, bislang in einem Landschaftsschutzgebiet gelegener Standort (z.B. Flä-

chen entlang einer Autobahntrasse) für eine solarenergetische Nutzung in Anspruch genommen werden soll.

Mit Blick auf die Errichtung von Dachflächensolaranlagen in den besiedelten Bereichen wird es aus gutachterlicher Sicht für zweckmäßig erachtet, die im Untersuchungsgebiet gelegenen Städte und Gemeinden weiter für das Thema des städtebaulichen Denkmalschutzes in den Ortskernbereichen zu sensibilisieren, so dass neben den bereits denkmalgeschützten Ensembles und Baudenkmalern auch größere Ortskernbereiche mit ortsbildprägender Bausubstanz von der Errichtung von Dachflächensolaranlagen ausgenommen werden können. Zudem sollten, wie seitens des Gutachters in den Abstimmungsgesprächen mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets bereits angeregt, die in den Kommunen bestehenden Möglichkeiten zur Errichtung von Bürgersolardächern stärker ausgeschöpft werden.

IV.c Ergebnis

Auf Basis der Ergebnisse der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets wurde der Flächenpool für das Solarflächenkataster dahingehend angepasst, dass zum einen die vom Gutachter vorgeschlagenen Potenzialflächen modifiziert und durch seitens der Kommunen ins Gespräch gebrachte Flächen ergänzt wurden. Zum anderen wurden Flächen, die in Konflikt mit kommunalen Planungen stehen oder aus Sicht der Kommunen Störungen im Landschaftsbild mit sich bringen, zurückgenommen.

Wie in den Abstimmungsgesprächen deutlich wurde, ist vielfach die EEG-Förderfähigkeit ausschlaggebend dafür, dass die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets befürwortet werden kann. Entsprechend sollten in denjenigen Kommunen, die einen höheren Anteil an EEG-förderfähigen Potenzialflächen aufweisen, vorrangig diese Flächen für eine solarenergetische Nutzung ins Auge gefasst werden, während andere Flächen, die nicht nach dem EEG förderfähig sind, eher von einer solarenergetischen Nutzung ausgenommen werden sollten.

Insgesamt ließen die Abstimmungsgespräche erkennen, dass es im Untersuchungsgebiet zahlreiche Kommunen mit einer tendenziell positiven Grundhaltung bezüglich der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen, aber auch einzelne Kommunen mit einer eher skeptischen oder sogar ablehnenden Haltung gibt. Einzelheiten zur Einschätzung der solarenergetischen Nutzbarkeit von Freiflächen durch die Kommunen sind im Anhang der vorliegenden Untersuchung für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets genauer beschrieben.

Generell wurden seitens der in den Abstimmungsgesprächen befragten Kommunen die an Siedlungseinheiten angebondenen Potenzialflächen kritischer beurteilt als die Potenzialflächen in landschaftlich integrierter Lage. Dabei wurde bei den siedlungsangebundenen Flächen weniger die durch diese Flächen resultierende Behinderung der zukünftigen Siedlungsentwicklung bemängelt, als vielmehr die Einsehbarkeit dieser Flächen und die hieraus resultierende Minderung der Wohnqualität in den angrenzenden Wohnsiedlungsbereichen. Ein größeres Konfliktthema stellt die Behinderung der zukünftigen Siedlungsentwicklung durch photovoltaisch genutzte siedlungsnahe Freiflächen nur in den Städten und Gemeinden des Verdichtungsraumes Bamberg mit ihrem erhöhten Baulandbedarf dar. Dagegen ist der Baulandbedarf in den peripher gelegenen Gemeinden eher begrenzt und eine Behinderung der zukünftigen Siedlungsentwicklung durch siedlungsnahe PV-Freiflächenanlagen hier nur selten der Grund für eine ablehnende Haltung der Kommune gegenüber der Errichtung solcher Anlagen.

Unabhängig vom jeweils unterschiedlichen Grad der Akzeptanz von PV-Freiflächenanlagen in den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets kann für alle in den Abstimmungsgesprächen befragten Kommunen in Stadt und Landkreis Bamberg festgehalten werden, dass diese vorrangig den Ausbau von Dachflächensolaranlagen vor der Errichtung von PV-Freiflächenanlagen vorantreiben möchten. Zudem sollte nach Ansicht der meisten der befragten Kommunen auch die Nutzung anderer regenerativer Energieformen (insbesondere der Windenergie, die gegenüber der Solarenergie als die effizienter nutzbare Energieform eingeschätzt wird) weiter forciert werden.

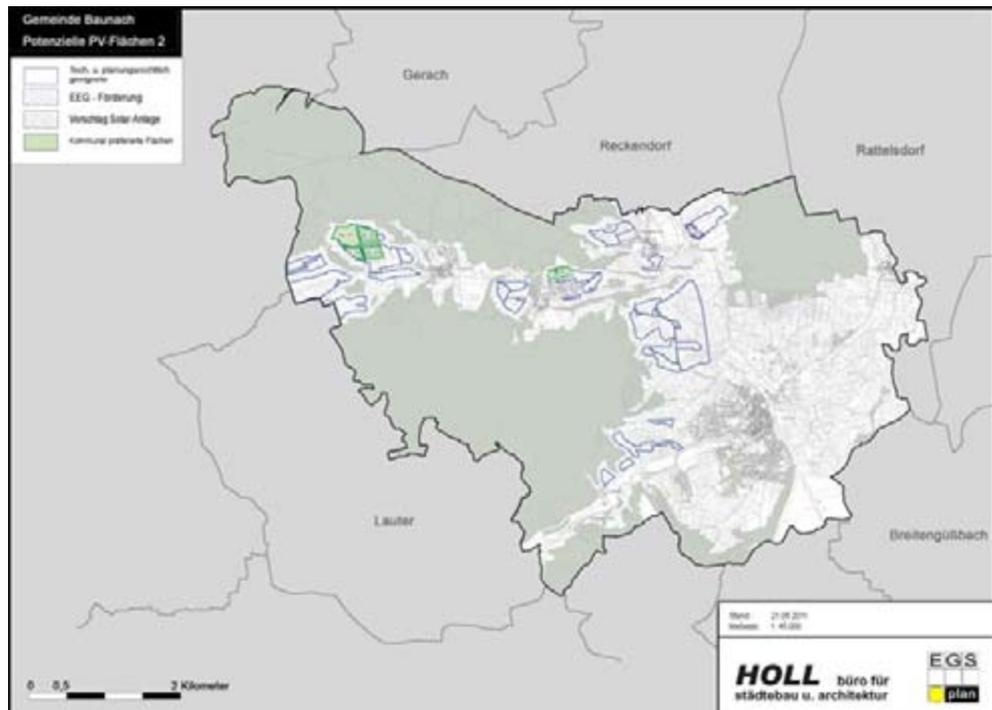


Abbildung D-30: Potenzialflächen Freiflächen Stadtgebiet Baunach

Nach Auswertung aller Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets konnte im Solarflächenkataster für Stadt und Landkreis Bamberg die abschließende Ausweisung von Potenzialflächen für die Solarenergienutzung vorgenommen werden. Dabei wurden die auszuweisenden Potenzialflächen in sechs Kategorien eingeteilt, die nachfolgend im Kapitel DV genauer beschrieben sind. Abbildung D-30 zeigt beispielhaft die als Ergebnis des Abstimmungsgesprächs mit der Stadt Baunach im Solarflächenkataster erfolgte endgültige Ausweisung von Potenzialflächen für den Bereich Baunach. Wie für die Stadt Baunach sind im Solarflächenkataster auch für alle anderen Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets die jeweils topographisch und fachplanerisch geeigneten Flächen für die Solarenergienutzung (blau umrandete Flächen) und die aus städtebaulicher Sicht geeigneten Potenzialflächen (farblich markierte Flächen) entsprechend dargestellt. Die gemeindespezifischen Darstellungen sind im Anhang der vorliegenden Untersuchung für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets einzusehen. Zudem werden die dargestellten Flächen auch als GIS-Daten zur Verfügung gestellt und können so den beteiligten Städten und Gemeinden als wertvolle Orientierungs- und Planungshilfe bei der zukünftigen Ausweisung von solarenergetisch nutzbaren Freiflächen dienen.

V. STÄDTEBAULICH UND REGIONALPLANERISCH SINNVOLLE POTENZIALE (ZUSAMMENFASSUNG DER ANALYSEERGEBNISSE FÜR DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET)

Unter Berücksichtigung der in den vorausgegangenen Kapiteln untersuchten Kriterien zur Ausweisung solarenergetisch nutzbarer Potenzialflächen konnten für das Untersuchungsgebiet von Stadt und Landkreis Bamberg insgesamt 343 Potenzialflächen für die Solarenergienutzung mit einem Flächenumfang von zusammen rund 954 ha ermittelt werden. Die gemeindespezifischen Ergebnisse der Potenzialflächenermittlung sind im Anhang der vorliegenden Untersuchung für alle 37 Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets dargestellt.

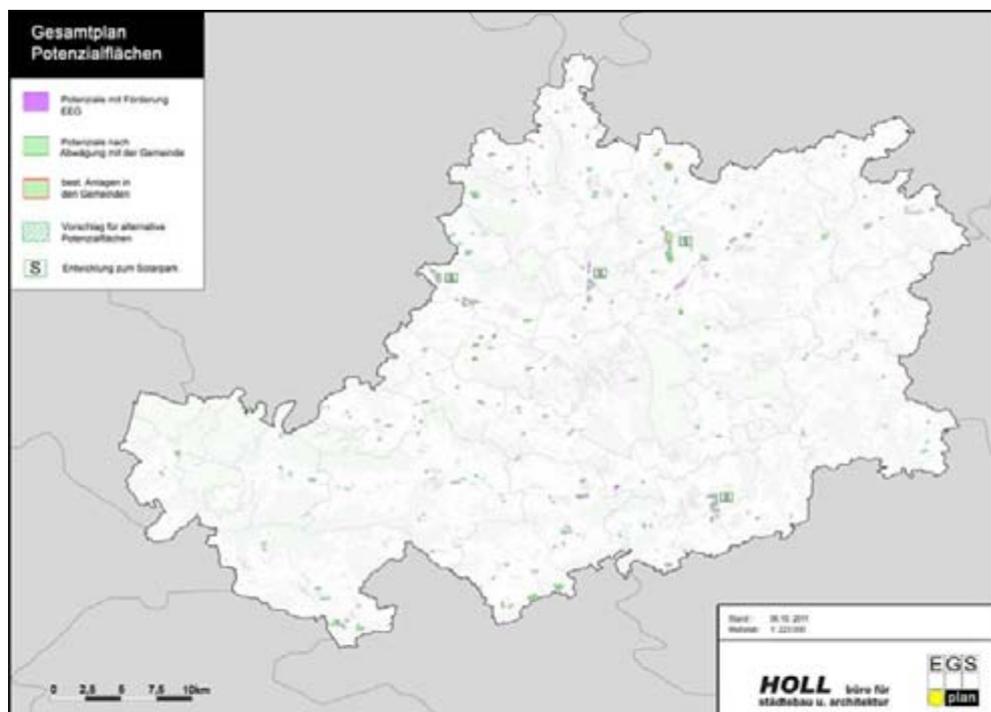


Abbildung D-31: Städtebaulich und regionalplanerisch sinnvolle Potenzialflächen

Die Verteilung der ermittelten Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet ist zum einen abhängig von gebietsübergreifenden Parametern wie der Verortung von Ausschlussflächen für die Solarenergienutzung im Untersuchungsgebiet (siehe Abbildung D-13) und der Situierung der aus fachplanerischer und topographischer Sicht geeigneten Flächen für die Solarenergienutzung (siehe Abbildung D-19). Zum anderen hängt die Verteilung der Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet auch ab von der Lage, der Größe und den spezifischen städtebaulichen Eignungsvoraussetzungen in den zugehörigen Städten und Gemeinden.

Eine Konzentration von Potenzialflächen ergibt sich an vier Stellen des Untersuchungsgebiets, die besondere Eignungsvoraussetzungen für die Etablierung größerer Solarparks bieten. Diese vier Stellen befinden sich zum einen im Norden des Untersuchungsgebiets auf der Gemarkung Oberhaid, in einem Gebietsdreieck der Gemarkungen Bischberg, Kemmern und Hallstadt und in einem Gebietsdreieck der Gemarkungen Breitengüßbach, Memmelsdorf und Scheßlitz sowie im Süden des Untersuchungsgebiets an der Gemarkungsgrenze zwischen Hirschaid und Altendorf.

Neben den in den Schwerpunktbereichen für die Etablierung größerer Solarparks gelegenen Kommunen können auch alle diejenigen Städte und Gemeinden, die aufgrund ihrer günstigen Eignungsvoraussetzungen für die Errichtung von Freiflächenphotovoltaikanlagen einen „Überschuss“ an Potenzialflächen aufweisen, einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Energieautarkieziels für Stadt und Landkreis Bamberg bis 2035 leisten.

Tabelle D-4 zeigt, wie sich die für das Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen anteilmäßig auf die einzelnen Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets verteilen. Bei diesen Potenzialflächen handelt es sich jeweils um städtebaulich und regionalplanerisch geeignete Flächen für eine solarenergetische Nutzung, die für die nachfolgende Berechnung des aus einer solchen Nutzung resultierenden Energiepotenzials herangezogen werden. Die tatsächliche Ausschöpfung dieses Energiepotenzials hängt davon ab, inwieweit die Städte und Gemeinden im Rahmen ihrer kommunalen Planungshoheit die solarenergetische Nutzung der ermittelten Potenzialflächen faktisch ermöglichen. Insofern stellen die ermittelten Potenzialflächen keine fixe Größe im Hinblick auf zukünftig erzielbare Energieerträge, sondern lediglich eine Orientierungs- und Planungshilfe für den Landkreis und die Kommunen hinsichtlich der Nutzung bestehender Solarenergiepotenziale dar.

In der Summe nehmen die in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelten Potenzialflächen rund 1 % der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets ein. Sie lassen sich in folgende sechs Kategorien unterteilen:

- Flächen mit bereits bestehenden Photovoltaikanlagen (bPV),
- kommunal gewünschte Freiflächen (KGF),
- kommunal präferierte Freiflächen ohne Förderfähigkeit nach EEG (KPF),
- kommunal präferierte Freiflächen mit Förderfähigkeit nach EEG (KPF / EEG),
- Flächen mit Förderfähigkeit nach EEG ohne kommunale Präferenzierung (EEG),
- alternative Potenzialflächen (APF).

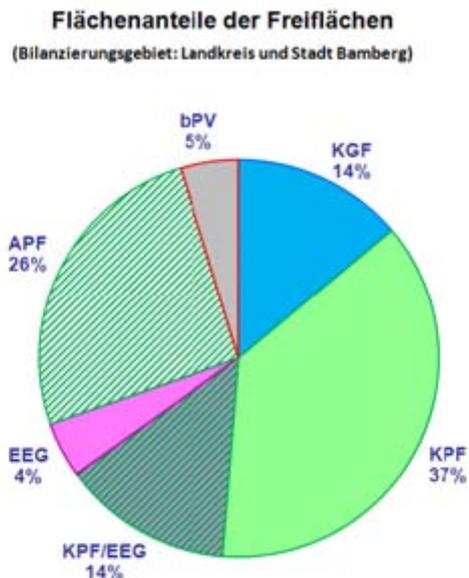


Abbildung D-32: Darstellung Flächenanteil der Freiflächenpotenzialflächen

Zu den alternativen Potenzialflächen (APF), die rund 26 % der insgesamt für das Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen einnehmen, ist anzumerken, dass es sich hierbei vor allem um Flächen handelt, die aus kommunaler Sicht zwar abgelehnt werden, aus städtebaulicher Sicht aber sinnvoll an Siedlungseinheiten angebunden werden können. Außerdem zählen zu den alternativen Potenzialflächen vom Gutachter vorgeschlagene Flächen in Kommunen, die keine klare Präferenz für PV-Freiflächenanlagen geäußert haben oder derartige Anlagen generell ablehnen. Im Rahmen der Potenzialanalyse kann dargelegt werden, inwieweit die alternativen Potenzialflächen einzelner Kommunen für die Erreichung des Energieautarkieziels auf Gesamtgebietsebene relevant sind oder nicht.

Bezüglich der Potenzialflächen mit Förderfähigkeit nach EEG ist darauf hinzuweisen, dass sich hierunter sowohl EEG-förderfähige Flächen mit kommunaler Präferenz (EEG / KPF) als auch solche ohne kommunale Präferenz (EEG) befinden. Bei letzteren konnte im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden des Untersuchungsgebiets nicht eindeutig festgestellt werden, dass sie seitens der betroffenen Kommunen vollständig als solarenergietisch nutzbare Flächen befürwortet werden. Insgesamt lassen sich innerhalb der für das Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen rund 14 % als EEG-förderfähige Flächen mit kommunaler Präferenz (EEG / KPF) und rund 4 % als EEG-förderfähige Flächen ohne kommunale Präferenz (EEG) deklarieren.

Neben den EEG-förderfähigen Flächen sind für die nachfolgende Potenzialanalyse vor allem die kommunal gewünschten Freiflächen (KGF) und die kommunal präferierten Freiflächen ohne Förderfähigkeit nach EEG (KPF) relevant. Unter den kommunal gewünschten Freiflächen sind dabei all diejenigen Flächen zu verstehen, die im Rahmen der Abstimmungsgespräche von den Kommunen selbst als solarenergetisch nutzbare Flächen vorgeschlagen und entsprechend in das Solarflächenkataster mit aufgenommen wurden, während zu den kommunal präferierten Freiflächen all diejenigen Potenzialflächen zu zählen sind, die im Rahmen der Abstimmungsgespräche vom Gutachter als Potenzialflächen vorgeschlagen und von kommunaler Seite entsprechend akzeptiert wurden. Insgesamt stellen etwa 14 % der für das gesamte Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen kommunal gewünschte Freiflächen (KGF) dar, 37 % sind als kommunal präferierte Freiflächen ohne Förderfähigkeit nach EEG (KPF) aufzufassen. Diese Flächen machen zusammen mit den EEG-förderfähigen Flächen fast 70 % der für das gesamte Untersuchungsgebiet ermittelten Potenzialflächen aus, die vorrangig für das Autarkieszenario auf Gesamtgebietsebene Berücksichtigung finden können.

Tabelle D-3: Übersicht Kategorien Freiflächenpotenziale

	Beschreibung	Flächen [ha]	Anzahl	Anteil
BPV	Bestehende Photovoltaikanlage	45	5	5 %
EEG	Nach EEG förderfähige Fläche	43	26	4 %
APF	Alternative Potenzialfläche	244	89	26 %
KGF	Kommunal gewünschte Freifläche	132	38	14 %
KPF	Kommunal präferierte Freifläche	356	114	37 %
EEG / KPF	Nach EEG förderfähige Fläche und kommunal präferierte Freifläche	133	72	14 %
Σ		953	344	100 %

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

Tabelle D-4: Darstellung Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet (alle Werte in Hektar [ha])

	BPV	EEG	APF	KGF	KPF	EEG/ KPF	Σ
Stadt Bamberg			1,5		5,2	8,7	15,4
Altendorf		7,8	7,4				15,2
Baunach		2,0	14,1		7,3		23,4
Bischberg	2,8		6,9		8,4		18,1
Breitengüßbach	30,9	2,7			1,4		35
Burgebrach			25,4	2,7			28,1
Burgwindheim				4,0	15,5		19,5
Buttenheim			2,3		4,0		6,3
Ebrach					10,7		10,7
Frensdorf			9,3		21,9	19,4	50,6
Gerach				4,4	9,4		13,8
Gundelsheim					1,7	0,5	2,2
Hallstadt			10,2			8,6	18,8
Heiligenstadt				19,7		5,4	25,1
Hirschaid			19,4	8,1	7,9	14,3	49,7
Kemmern		6,1		10,6		10,2	26,9
Königsfeld			3,3	9,2	11,0		23,5
Lauter			1,9		21,3		23,2
Lisberg			3,9		5,3		9,2
Litzendorf					11,0		11,0
Memmelsdorf		2,3	4,7	28,6	1,7	11,1	48,4
Oberhaid			4,0	9,2	28,6	20,4	62,2
Pettstadt		5,5			2,9		8,4
Pommersfelden		4,9	9,0	6,6	38,9		59,4
Priesendorf					6,8		6,8
Rattelsdorf	0,8		13,5		17,1		31,4
Reckendorf		10,0	5,0				15
Scheßlitz				20,4	31,3	10,9	62,6
Schlüsselfeld			25,0	9,0	32,0	2,5	68,5
Schönbrunn			22,8				22,8
Stadelhofen			4,3		10,6	17,2	32,1
Stegaurach			17,8				17,8
Strullendorf					10,1	4,3	14,4
Viereth-Trunstadt					12,5		12,5
Walsdorf			12,5				12,5
Wattendorf			5,8				5,8
Zapfendorf	10,4	2,7	10,7		21,7		45,5

E BESTANDSANALYSE VON DACHFLÄCHEN

Mit der vorgenommenen Bestandsanalyse von Dachflächen werden alle solartechnisch möglichen Dachflächen im Untersuchungsgebiet ermittelt. Der Analyseprozess im Rahmen der Dachflächenanalyse gliedert sich hierbei in die nachfolgend abgebildeten Schritte:

- Analyseschritt I: Ausschlussflächen nach fachplanerischen Belangen**
 Im Analyseschritt I wurden Gebäude identifiziert, die Teil von denkmalgeschützten Gebäudeensembles und Altorten sind oder selbst ein Gebäude- denkmal darstellen. Die mit dieser Charakteristik versehenen Gebäude werden für die weitere Betrachtung ausgeschlossen.
- Analyseschritt II: Städtebaulich machbare Potenziale**
 Im Rahmen des Analyseschritts II werden im GIS Großgebäude und Referenzgebiete markiert. Dachflächen von Gebäuden in Referenzgebieten werden auf Basis einer Hochrechnung ermittelt. Eine detaillierte Betrachtung der Dachflächen erfolgt bei den zehn größten Gebäuden je Stadt bzw. Gemeinde.
- Analyseschritt III: Solartechnisch mögliche Potenziale**
 Durch die Verwendung von Umrechnungsfaktoren, die Verschattung, Dachorientierung und Aufbauten berücksichtigen, werden im Analyseschritt III die nutzbaren Dachflächen auf dem Gebäudebestand ermittelt.

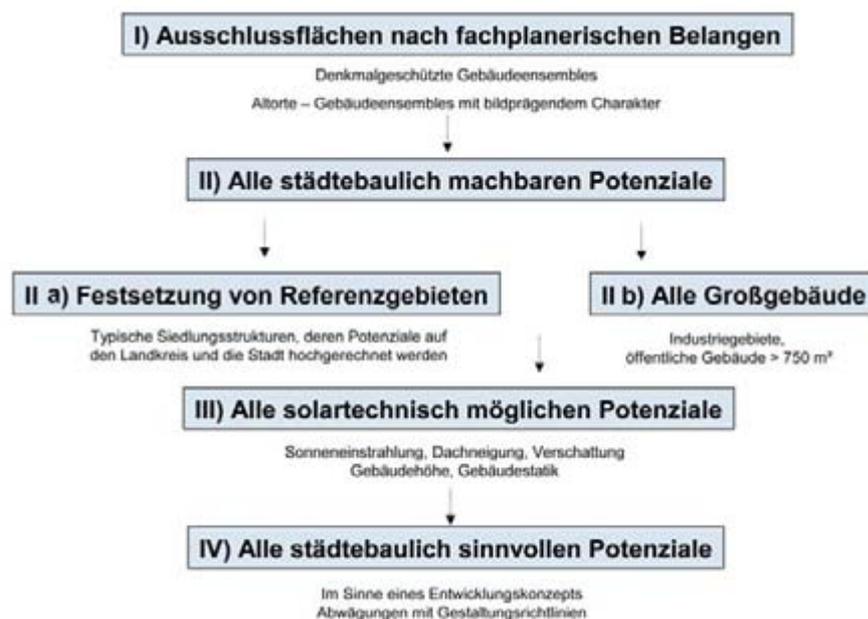


Abbildung E-1: Untersuchungsschritte Bestandsanalyse Dachflächen

I. AUSSCHLUSSGEBIETE NACH FACHPLANERISCHEN BELANGEN

Die Datengrundlage zur Ermittlung des Dachflächenpotenzials ist das digitale Liegenschaftskataster, welches die Gebäudegrundrisse aller Gebäude in Stadt und Landkreis Bamberg enthält. Denkmalgeschützte Gebäude werden in der Potenzialanalyse ausgeschlossen, sie tragen nicht zum Potenzial bei.

Maßgeblich hierfür ist die Beratungsrichtlinie A 02 des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, in der es u.a. heißt: „Bei Kirchen, Kapellen, Schlössern und Burgenanlagen sowie anderen Denkmälern mit besonderer historischer, kunsthistorischer, städtebaulicher oder landschaftsprägender Bedeutung sind Solaranlagen allerdings ausnahmslos abzulehnen“ [5].

Weiter heißt es in der Beratungsrichtlinie A 02: „Abweichend von der sonstigen Genehmigungsfreiheit (z.B. BayBO, Art. 57) ist bei der Installation von Solaranlagen auf Baudenkmalern, innerhalb von Ensembles, in der Nähe von Denkmälern oder über Bodendenkmälern ausnahmslos ein Erlaubnisverfahren nach Art. 6 bzw. Art. 7 DSchG erforderlich. Örtliche Vorschriften, z. B. Gestaltungssatzungen, sind ebenfalls zu berücksichtigen“ [5].

Im linken Bereich der Abbildung E-2 sind die denkmalgeschützten Gebäude mit einer roten Umrandung gekennzeichnet. In diesem Beispiel ist die exakte Grundfläche des Kirchengebäudes markiert, das Nebengebäude ist dagegen durch eine Kreisfläche gekennzeichnet. Um möglichst alle denkmalgeschützten Gebäude zu berücksichtigen, werden in der Analyse alle Gebäude als Denkmal identifiziert, die von einer roten Linie geschnitten werden. Im dargestellten Beispiel resultieren aus dieser Herangehensweise die drei schraffierten Grundflächen, da die Kreisfläche zwei Gebäude schneidet. Diese konservative Auslegung kommt dem Bestreben des Landratsamtes (Untere Denkmalschutzbehörde) entgegen, das traditionelle Ortsbild von Altorten zu bewahren.



Abbildung E-2: Vergleich der Kennzeichnungen bei denkmalgeschützten Gebäuden.

Zusätzlich zu den Baudenkmalern gibt es Pläne, in denen sogenannte Bauensembles verzeichnet sind. Unter einem Ensemble versteht die Bayerische Vermessungsverwaltung die „Mehrheit von baulichen Anlagen, deren Orts-, Platz- oder Straßenbild insgesamt erhaltenswürdig ist“. Die Ensembles sind flächenscharf kartiert und werden ebenfalls vom solaren Dachflächenpotenzial ausgeschlossen.

Neben Bauensembles und denkmalgeschützten Gebäuden werden zudem alle Altstadtquartiere und Altorte mit ortsbildprägendem Charakter vom Dachflächenpotenzial ausgenommen. Der Bewahrung des Ortsbildes und der Freihaltung der historischen Dachlandschaft von störenden baulichen Elementen wie z.B. Solaranlagen sollte hier aus gutachterlicher Sicht ein besonderer Stellenwert eingeräumt werden. Denn in der Regel stellen die Altorte der einzelnen Siedlungen wertvolle bauliche Potenziale nicht nur aus städtebaulicher und kulturhistorischer Sicht, sondern vielfach auch aus touristischer Sicht dar, die nicht sorglos in ihrer Wertigkeit gemindert oder gar zerstört werden dürfen.

Außerhalb der vom Dachflächenpotenzial auszunehmenden Altstadtquartiere und Altorte werden alle geeigneten Gebäude in der Potenzialanalyse berücksichtigt. Besondere einschränkende Faktoren sind hier im Regelfall nicht anzunehmen.

II. STÄDTEBAULICH MACHBARE POTENZIALE

II.a Referenzgebiete

Die Zusammenfassung der Gebäude des Landkreises und der Stadt Bamberg in Referenzgebiete mit jeweils charakteristischen Eigenschaften dient dazu, die Bebauungsstruktur auf diese Gebiete zu verallgemeinern und für die anschließende Potenzialanalyse nutzbar zu machen. Im Folgenden werden die Gebiete auf ihre individuelle Eignung zur solaren Energiegewinnung untersucht.

Die Analyse der Siedlungsstruktur des Untersuchungsgebietes anhand von Orthofotos ergab die in Tabelle E-1 aufgeführten, für Stadt und Landkreis Bamberg typischen Referenzgebiete.

Tabelle E-1: Übersicht der Referenzgebiete.

Referenzgebiet	Beschreibung
1	Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe
2	Dörfliche Struktur
3	Altstadtquartier
4	Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser
4.1	Dachausrichtung Nord-Süd
4.2	Dachausrichtung Ost-West
4.3	Dachausrichtung Flachdach
5	Geschosswohnungsbau/ Zeilenbau
5.1	Dachausrichtung Nord-Süd
5.2	Dachausrichtung Ost-West
5.3	Dachausrichtung Flachdach
6	Gewerbegebiet
7	Sonstige

Jedes Referenzgebiet zeichnet sich durch charakteristische Merkmale aus und beschreibt ein idealtypisches Gebiet. Die Merkmale, anhand derer sich die Gebiete voneinander abgrenzen, sind nachfolgend beschrieben. Die Abgrenzungskriterien dienen dazu, alle Siedlungen des Landkreises je nach Bebauungsstruktur einer der Kategorien zuzuordnen. Die Zuordnung zu einem Referenzgebiet erfolgt anhand der überwiegend dominierenden Merkmale.

Referenzgebiet 1

Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe

Die Gebäudeanzahl in diesem Gebiet ist geringer als die Gebäudeanzahl in einem Dorf. Das Referenzgebiet zeichnet sich durch Gehöfte aus. Die Verteilung der Gebäude ist diffus, es existiert keine dominierende Ausrichtung der Dächer. Die Bebauung ist nicht geschlossen, Gebäude mit zentraler Funktion sind nicht vorhanden.



Referenzgebiet 2

Dörfliche Struktur

Das Referenzgebiet wird zumeist von Gehöften dominiert. Die Gebäude sind teilweise regelmäßig und mit gleichem Abstand zur Straße angeordnet, wobei oftmals ein fließender Übergang zwischen bebauten Bereichen und Landschaft besteht. Eine diffuse Anordnung der Gebäude ist ebenfalls möglich. Im Referenzgebiet befinden sich oftmals Gebäude mit zentraler Funktion.



Referenzgebiet 3

Altstadtquartier

Eine relativ enge Bebauung der Häuser mit gleichem Abstand zur Straße kennzeichnet dieses Referenzgebiet. Es sind keine Gehöfte, sondern (kleine) Stadthäuser vorhanden. Die Abgrenzung zwischen bebauten Bereichen und Landschaft ist klar ablesbar. Häufig ist ein zentral gelegener Platz vorhanden.



Referenzgebiet 4.1

Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser

Das Referenzgebiet besteht aus neugebauten Ein- und Zweifamilienhäusern, Doppelhaushälften und Reihenhäusern. Es zeichnet sich durch eine dominierende Dachausrichtung aus.

- Dachausrichtung: Nord-Süd



Referenzgebiet 4.2

Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser

Das Referenzgebiet besteht aus neugebauten Ein- und Zweifamilienhäusern, Doppelhaushälften und Reihenhäusern. Es zeichnet sich durch eine dominierende Dachausrichtung aus.

- Dachausrichtung: Ost-West



Referenzgebiet 4.3

Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser

Das Referenzgebiet besteht aus neugebauten Ein- und Zweifamilienhäusern, Doppelhaushälften und Reihenhäusern. Es zeichnet sich durch eine dominierende Dachform aus.

- Dachform Flachdach



Referenzgebiet 5.1

Geschosswohnungsbau/ Zeilenbau

Im Referenzgebiet befinden sich Gebäude in geschlossenem und lang gestrecktem Baustil. Es ist durch eine offene Bauweise gekennzeichnet. Mitunter ist das Gebiet von Parks und Grünflächen umgeben. Auch Strukturen, die einer reinen Blockrandbebauung ähneln, sind eingeschlossen. Eine dominierende Dachausrichtung ist erkennbar.

- Dachausrichtung: Nord-Süd



Referenzgebiet 5.2

Geschosswohnungsbau/ Zeilenbau

Im Referenzgebiet befinden sich Gebäude in geschlossenem und lang gestrecktem Baustil. Es ist durch eine offene Bauweise gekennzeichnet. Mitunter ist das Gebiet von Parks und Grünflächen umgeben. Auch Strukturen, die einer reinen Blockrandbebauung ähneln, sind eingeschlossen. Eine dominierende Dachausrichtung ist erkennbar.

- Dachausrichtung: Ost-West



Referenzgebiet 5.3

Geschosswohnungsbau/ Zeilenbau

Im Referenzgebiet befinden sich Gebäude in geschlossenem und lang gestrecktem Baustil. Es ist durch eine offene Bauweise gekennzeichnet. Mitunter ist das Gebiet von Parks und Grünflächen umgeben. Auch Strukturen, die einer reinen Blockrandbebauung ähneln, sind eingeschlossen. Eine dominierende Dachform ist erkennbar.

- Dachform: Flachdach



Referenzgebiet 6

Gewerbegebiet

Das Gebiet ist durch großflächige Produktions- und Lagerhallen gekennzeichnet.



Referenzgebiet 7

Sonstiges

Dieses Referenzgebiet beinhaltet Gebäude, die keinem der vorgestellten Referenzgebiete zuzuordnen sind. Darunter fallen hauptsächlich öffentliche Gebäude wie Schulen und Gemeindehallen.



Referenzgebiet 99

Ohne Zugehörigkeit zu einem Referenzgebiet

Alle Gebäude, die keinem Referenzgebiet zugeordnet werden können, auch nicht dem Referenzgebiet 7, sind im GIS-System als Referenzgebiets-typ 99 gekennzeichnet. Die Gebäude sind für das Solarpotenzial ohne Bedeutung. Große Bezirke wie die Bamberger Innenstadt, die bewusst vom Solarpotenzial ausgenommen wurden, zählen ebenfalls zu diesem Typ.



In Abbildung E-3 ist am Beispiel der Stadt Baunach dargestellt, wie die einzelnen Gebäude der Gemeinde in Abhängigkeit von ihrer Siedlungsstruktur in Referenzgebiete eingeteilt sind.

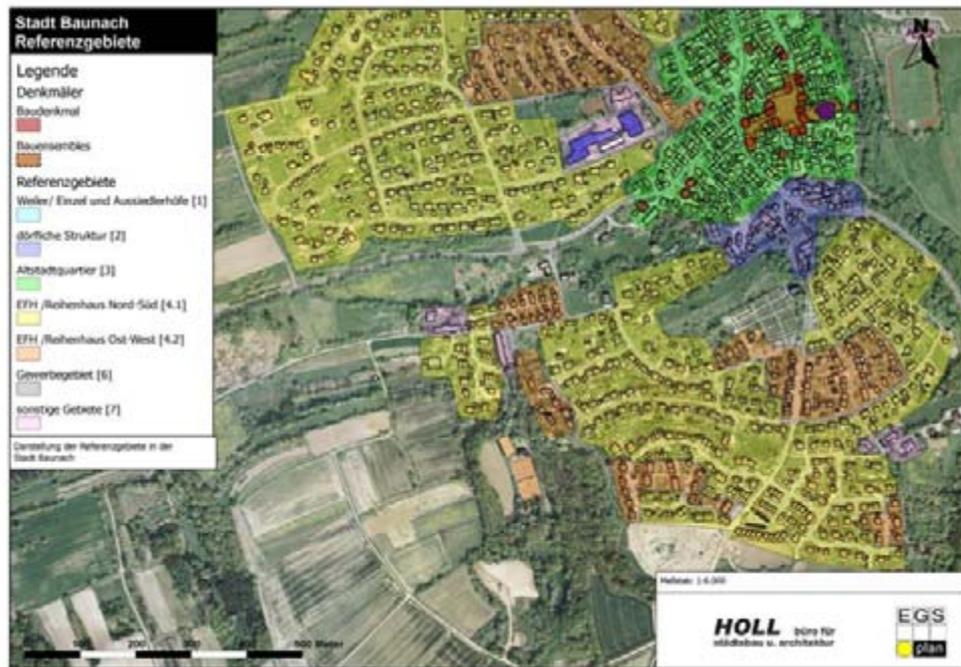


Abbildung E-3: Referenzgebiete in der Stadt Baunach.

In Summe wurden die Gebäude des Landkreises und der Stadt Bamberg in über 3.000 Referenzgebiete der Kategorien Eins bis Sieben aufgeteilt. Kategorisiert sind über 144.000 Gebäudegrundrisse mit einer Gesamtgrundfläche von annähernd 1.600 ha. Wie sich die Gebäudegrundflächen auf die einzelnen Referenzgebietstypen verteilen, ist anhand der nachfolgenden Abbildung ersichtlich. Eine dominierende Rolle kommt dem Siedlungstyp „Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser“ zu, dessen Gebäudegrundflächen einen Anteil von 34 % aller Grundflächen einnehmen. Die Kategorie „dörfliche Struktur“ steht mit 24 % an zweiter Stelle. Zusammen repräsentieren die beiden Siedlungstypen annähernd 60 % aller Gebäudegrundflächen. Die restlichen Referenzgebiete indessen haben nur etwa 40 % der Fläche inne. Für das Solarpotenzial sind diese Siedlungstypen dennoch von hoher Bedeutung, da sich für leistungsstarke Solaranlagen gerade die großen zusammenhängenden Dachflächen innerhalb der Referenzgebiete „Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe“ und „Gewerbegebiete“ eignen. Das mit einem Flächenanteil von 10 % klassifizierte Referenzgebiet „Sonstiges“ repräsentiert vornehmlich die Schulgebäude und Gemeindehallen des Landkreises und bietet daher ebenfalls ein hohes Potenzial zur solaren Energiegewinnung.



Abbildung E-4: Anteil der Referenzgebiete an den Gebäudegrundflächen.

II.b Großgebäude > 750 m²

Für leistungsstarke Solaranlagen eignen sich besonders große zusammenhängende Dachflächen. Als Referenzgröße zur Identifizierung „großer“ Gebäude im Liegenschaftskataster ist eine Grundfläche von 750 m² festgelegt. Die Untersuchung der einzelnen Städte und Gemeinden im Hinblick auf vorhandene Gebäude mit Grundflächen über 750 m² führt zu dem in Abbildung E-5 dargestellten Ergebnis.



Abbildung E-5: Gebäudegrundflächen größer 750 m² im Landkreis Bamberg.

Insgesamt besitzen im Landkreis und in der Stadt Bamberg laut Liegenschaftskataster 1.695 Gebäude eine Grundfläche über 750 m². Viele der nicht erfassten Gebäude (Referenzgebiet 99) stehen unter Denkmalschutz oder sind Teil eines Ensembles. Diese Gebäude können für die weitere Betrachtung ausgeschlossen werden. Ohne Denkmäler und Bauensembles reduziert sich die Gebäudeanzahl von 1.695 auf 1.490. Dies entspricht einem Prozent aller im Liegenschaftskataster verzeichneten Gebäudegrundflächen. Die Grundflächen dieser Gebäude repräsentieren hingegen 20 % aller im Liegenschaftskataster verzeichneten Gebäudegrundflächen. Durch eine gebäudescharfe Betrachtung dieser Gebäude kann somit eine große Fläche auf ihr Potenzial hin untersucht werden. Wie der Grafik zu entnehmen ist, befinden sich die meisten Gebäude mit Grundflächen über 750 m² in den Referenzgebieten Sechs und Sieben. Gemessen an der Anzahl vereinnahmen diese Referenzgebiete 83 % aller „Großgebäude“, bezogen auf die Fläche 91 %. Der Fokus der Untersuchung der großen Gebäude in Stadt und Landkreis Bamberg liegt daher auf diesen beiden Referenzgebieten. Die Analyse dieser großen Gebäude anhand von Satellitenbildern und Liegenschaftskataster zeigt, dass viele der identifizierten Flächen Anbauten aufweisen, die ebenfalls zur solaren Energiegewinnung in Frage kommen.



Abbildung E-6: Gebäudegrundflächen im Liegenschaftskataster, Angaben in [m²].

Um die 1.490 identifizierten Grundflächen als zusammenhängende Gebäude analysieren zu können, müssen daher zusätzlich noch ihre Anbauten mit einbezogen werden. In jeder Gemeinde werden die jeweils zehn größten Gebäudegrundflächen inklusive Anbauten detailliert untersucht. Das angestrebte Ziel, in jeder Gemeinde mindestens ein Gebäude dieser Größenklasse detailliert zu betrachten, wird dadurch erreicht. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der nutzbaren Fläche entspricht dem Vorgehen zur Auswertung der vor Ort besichtigten Referenzgebiete. Die Analyse erfolgte anhand von Luftbildern. Jedes Gebäude wurde hinsichtlich seiner nutzbaren Dachfläche sowie möglicher Verschattungen und Reduktionen durch Einbauten analysiert, die Dachausrichtung ist berücksichtigt. Informationen über Dachüberhänge und Dachneigung gehen nicht in die Analyse ein. Aufgrund des hohen Anteils an Flachdächern und sehr flachen Pultdächern ist der resultierende Fehler vernachlässigbar.

In Summe wurden mit dieser Vorgehensweise 986 Grundflächen und die dazugehörigen Dachflächen untersucht. Berücksichtigt sind zusätzlich Gebäude, die von den Städten und Gemeinden als besonders geeignet vorgeschlagen wurden. Die Vorschläge wurden mittels eines an alle Städte und Gemeinden versandten Fragebogens gesammelt. Die Grundflächen der 986 einzeln untersuchten Gebäude entsprechen 56 Prozent der Grundfläche aller 1.490 Großgebäude. Der untersuchte Anteil ist in Abbildung E-7 veranschaulicht.

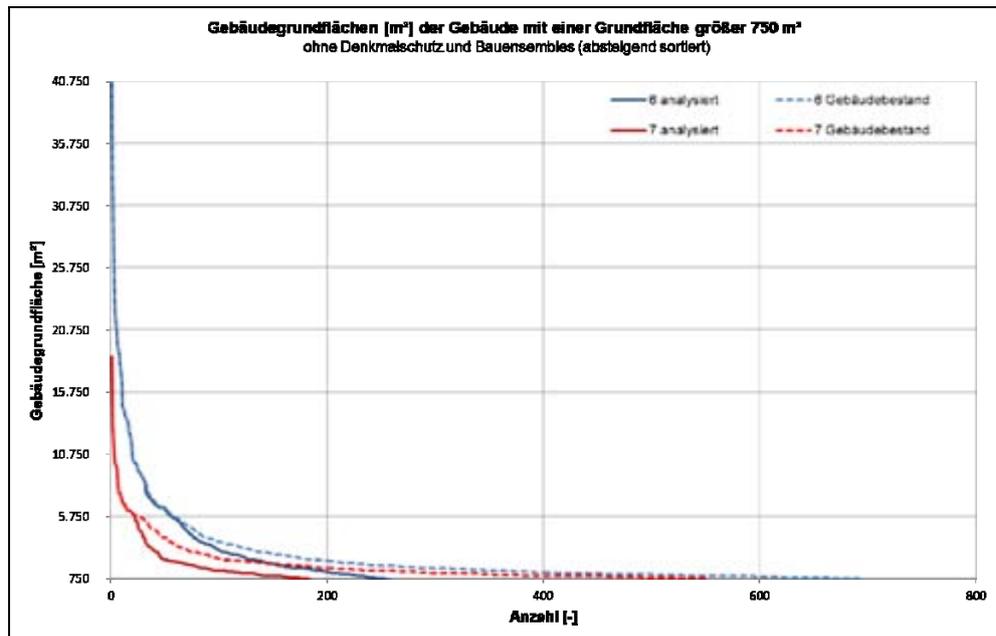


Abbildung E-7: Gegenüberstellung der größten Gebäudegrundflächen im Landkreis und der analysierten Gebäudegrundflächen in den Referenzgebieten 6 und 7.

In der Abbildung sind die Gebäude der Referenzgebiete Sechs und Sieben in nach Gebäudegrundfläche sortierter Reihenfolge dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich in beiden Referenzgebieten viele Gebäude an der Grenze zu 750 m² befinden. Die Gegenüberstellung der analysierten Gebäude mit dem Gebäudebestand verdeutlicht, dass vor allem die sehr großen Flächen in der Untersuchung berücksichtigt sind. Das solare Potenzial der restlichen Gebäude bleibt dennoch berücksichtigt, da diese Gebäude über die definierten Referenzgebiete (Kapitel EII.a) erfasst sind. Das Auseinanderdriften der beiden Kurven ist darauf zurückzuführen, dass je Stadt bzw. Gemeinde die zehn größten Gebäudekomplexe untersucht wurden. Das im Nordwesten des Stadtgebiets Bamberg gelegene Industriegebiet mit einer hohen Anzahl großer Gebäude ist daher nicht vollständig abgedeckt.

III. SOLARTECHNISCH MÖGLICHE POTENZIALE

Für die Berechnung der solartechnisch möglichen Potenziale werden die bisher identifizierten Dachflächen des Gebäudebestands näher untersucht. Für die Ermittlung der Solarkollektorflächen werden Umrechnungsfaktoren angewendet. Informationen über den Gebäudebestand in den einzelnen Referenzgebieten wurden durch Vor-Ort-Begehungen gewonnen. Einflüsse auf das Solarkollektorenpotenzial der Gebäude haben hierbei die Dachorientierung, Verschattung, Dachaufbauten und -einbauten. Unter Berücksichtigung dieser Daten kann die potenzielle Solarkollektorfläche für das Untersuchungsgebiet bestimmt werden. Im Folgenden ist das prinzipielle Vorgehen dargestellt.

III.a Berechnung der Kollektorflächen

Zur Bestimmung der möglichen installierbaren Kollektorfläche auf einem Gebäude muss die Dachfläche bekannt sein. Für ein einzelnes Gebäude ist diese Information durch eine Messung bei einer Vor-Ort-Begehung oder durch Baupläne zu erfahren. Zur Bestimmung der Dachfläche aller Gebäude in Stadt und Landkreis Bamberg ist dieser Ansatz wenig praktikabel. Die Dachfläche wird daher auf Grundlage des digitalen Liegenschaftskatasters bestimmt. Das vom Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern zur Verfügung gestellte Kataster [6] beinhaltet 161.411 Grundrisse auf dem Gebiet des Landkreises und der Stadt Bamberg. In [3] ist die relative Summenhäufigkeit der Grundflächengröße für die einzelnen Referenzgebiete dargestellt. Je flacher eine Kurve im Diagramm verläuft, desto gleichmäßiger ist die Verteilung der Grundflächengrößen. In den meisten Referenzgebieten ist die Hälfte aller Grundflächen deutlich kleiner als 100 m². Neben kleinen Wohngebäuden deutet dies in Wohngebieten vor allem auf Garagen hin, in dörflichen Gebieten auf kleinere Hütten und Stallungen. Große Grundflächen sind vorzugsweise in Gewerbegebieten (Referenzgebiet 6) und im Gebiet „Sonstiges“ (Referenzgebiet 7) vorhanden. Die kleinen Flächen in diesen Gebieten resultieren überwiegend aus Anbauten.

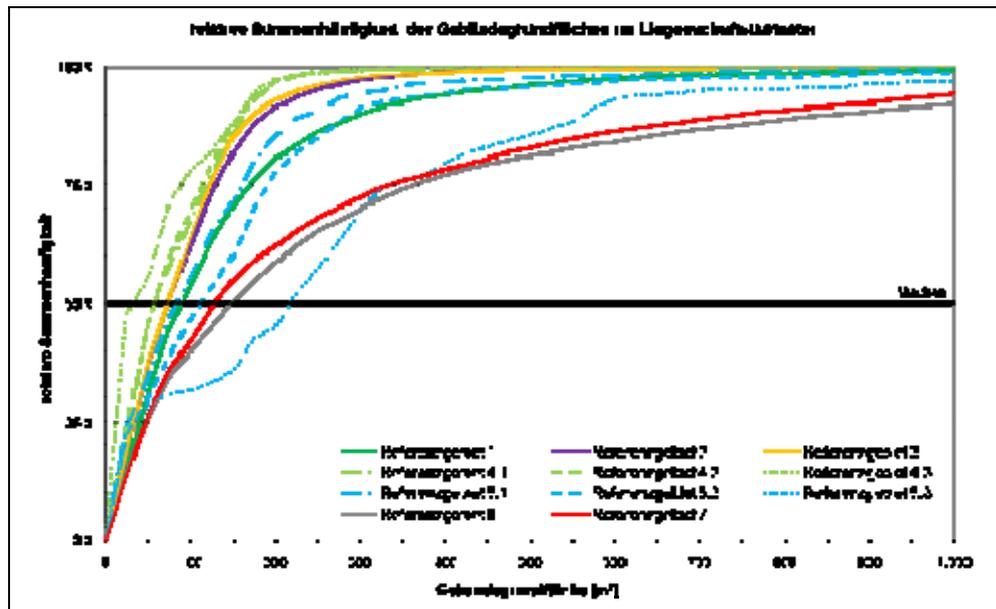


Abbildung E-8: Relative Summenhäufigkeit der Gebäudegrundflächen im Landkreis Bamberg (kumuliert).

Aus dem digitalen Liegenschaftskataster sind mittels GIS die geografische Lage und die Geometrie des Grundrisses von jedem einzelnen Gebäude ersichtlich. Die dem Liegenschaftskataster beigefügte Attributtabelle enthält zusätzliche Informationen. Die Dachfläche der Gebäude ist hier nicht hinterlegt, weshalb diese zur Potenzialbestimmung wichtige Information, wie nachfolgend beschrieben, über geometrische Zusammenhänge aus der Grundfläche errechnet wird.

1. Kollektorfläche bei Satteldächern

In Abbildung E-9 ist die Geometrie eines Gebäudes mit Satteldach abgebildet. Die vereinfachte und idealisierte Darstellung dient als Modell zur Berechnung der Dachfläche von Gebäuden mit Satteldächern.

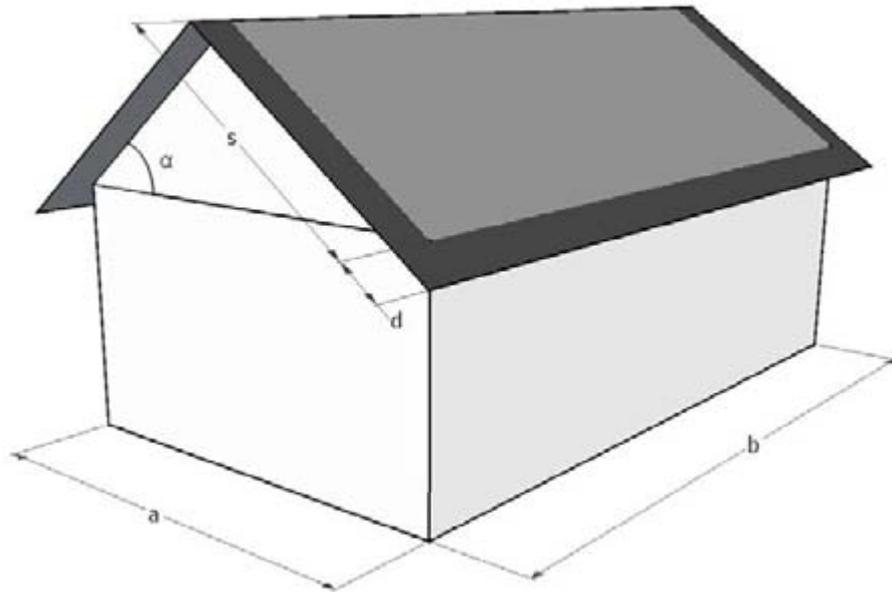


Abbildung E-9: Geometrie Satteldach.

Bei der Berechnung des Dachflächenpotenzials für Solaranlagen wird davon ausgegangen, dass jeweils die besser ausgerichtete Dachhälfte eines Gebäudes mit Kollektoren belegt werden kann. Die geometrischen Zusammenhänge zur Dachflächenberechnung sind den nachfolgenden Formeln zu entnehmen. In die Berechnung der Dachfläche gehen nach Formel (E-3) die Dachneigung α und die Gebäudegrundfläche A_{GG} ein.

$$A_{GG} = a \cdot b \rightarrow \alpha = \frac{A_{GG}}{b} \quad (E-1)$$

$$A_D = a \cdot s \rightarrow s = \frac{b}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (E-2)$$

$$A_D = \frac{A_{GG}}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (E-3)$$

Steht das Dach über die Grundfläche hinaus, erhöht sich die Dachfläche entsprechend Formel (E-4). Neben der Gebäudegrundfläche und der Dachneigung sind zusätzlich der Dachüberhang d sowie die Gebäudebreite b zu berücksichtigen.

$$A_{\text{Überhang, schrägdach}} = 2d^2 + d \left[\frac{b}{\cos\alpha} + \frac{A_{\text{GF}}}{b} \right] \quad (\text{E-4})$$

Die durchschnittliche Dachneigung liegt in Deutschland für Ein- und Zweifamilienhäuser bei 35°, für Mehrfamilienhäuser bei 44°. [38 S. 55] Die Annahme der Belegung einer Dachhälfte eines Satteldaches ist im Hinblick auf das Jahr 2035 eine eher konservative Betrachtungsweise, da durch fallende Modulpreise in naher Zukunft auch weniger optimal ausgerichtete Dachflächen zur Solarenergiegewinnung genutzt werden können. Auf diesen Dachflächen ist von einem geringeren spezifischen Energieertrag auszugehen, es könnte aber theoretisch die doppelte Fläche mit Kollektoren belegt werden (vgl. [43 S. 7]).

2. Kollektorfläche bei Pultdächern

Die zweite in Stadt und Landkreis Bamberg häufig anzutreffende Dachform ist das in Abbildung E-10 abgebildete Pultdach.

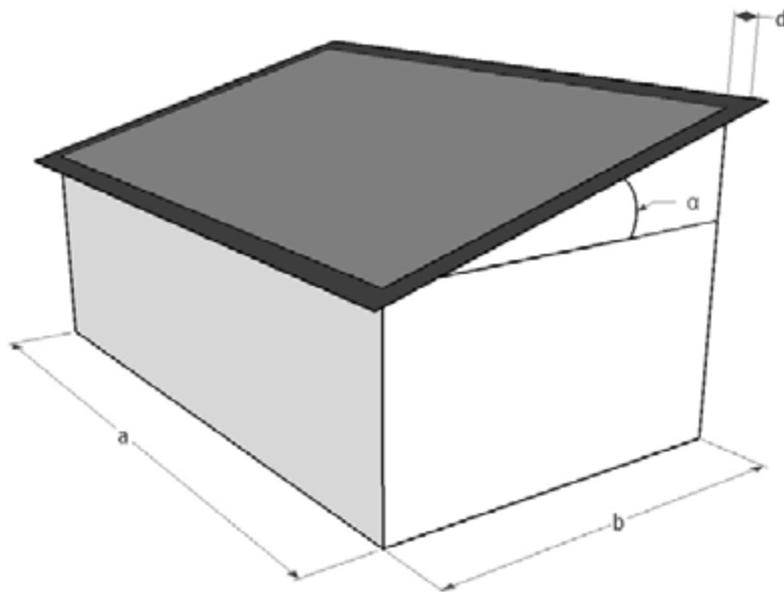


Abbildung E-10: Geometrie Pultdach.

Die Dachfläche eines Pultdaches ist anhand nachstehender Formel bestimmbar:

$$A_{\text{GG}} = a \cdot b \rightarrow a = \frac{A_{\text{GG}}}{b} \quad (\text{E-5})$$

$$A_{\text{D}} = a \cdot s \rightarrow s = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (\text{E-6})$$

$$A_{\text{D}} = \frac{A_{\text{GG}}}{\cos \alpha} \quad (\text{E-7})$$

Steht das Dach gleichmäßig über die Grundmauern hinaus, vergrößert sich die effektiv nutzbare Dachfläche eines Pultdaches mit Überhang d gemäß Formel (E-8).

$$A_{\text{Überhang, Pultdach}} = 4d^2 + 2d \left[\frac{b}{\cos \alpha} + \frac{A_{\text{GG}}}{b} \right] \quad (\text{E-8})$$

3. Kollektorfläche bei Flachdächern

Die Fläche eines Gebäudes mit Flachdach entspricht in erster Näherung seiner Grundfläche. Steht das Dach gleichmäßig über die Grundmauern hinaus, erhöht sich die nutzbare Fläche entsprechend.

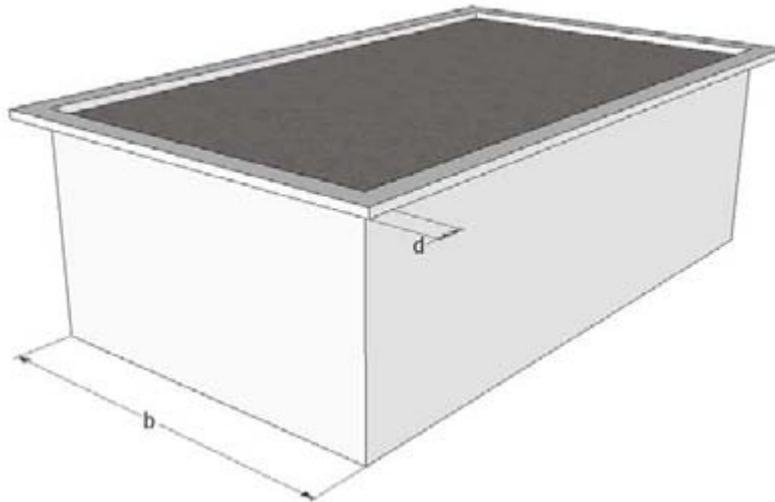


Abbildung E-11: Geometrie Flachdach.

Bei Schrägdächern ist die Neigung und Ausrichtung der Kollektoren durch die Dachneigung vorgegeben. Bei der Installation von Solarkollektoren auf Flachdächern können die beiden Größen individuell angepasst werden. Daher lassen sich die Module durch eine geeignete Aufständering „optimal“ zur Sonne ausrichten. Aus Tabellen mit Flächenfaktoren zur Berücksichtigung von Elevations- und Azimutwinkel folgt eine „optimale“ Ausrichtung für Solarkollektoren in Mitteleuropa bei exakter Südausrichtung und einem Aufstellwinkel von 40° (vgl. [63 S. 238]). Die üblicherweise in Quellen empfohlenen Aufstellungsbedingungen liegen bei Südausrichtung zwischen 26° u. 30° Anstellwinkel (vgl. [43 S. 8] [51] [16 S. 71]). Welcher Anstellwinkel sich für die vorliegende Potenzialanalyse am besten eignet, ist im Folgenden erörtert.

Die Literaturwerte der Anstellwinkel beruhen auf rechnerisch maximalen Jahresenergieerträgen, welche sich aus der Sonnengeometrie ableiten. Für einen relativ steilen Anstellwinkel spricht zusätzlich eine gute Selbstreinigung der Module, da die Neigung eine gute Abflussmöglichkeit von Schmutzwasser ermöglicht (vgl. [51]). Für Satteldächer sind die Empfehlungen sehr gute Richtwerte, zumal ein Anstellwinkel um 30° den üblichen Dachneigungen von Ein- und Zweifamilienhäusern entspricht. Zur Auslegung von Solaranlagen auf Flachdächern sind weitere Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen. Im Hinblick auf das Jahr 2035 besteht

das Ziel einer maximalen Belegung des Daches ohne gegenseitige Verschattung der aufgeständerten Module. Eine eventuelle Reduzierung des spezifischen Energieertrags wird vor dem Hintergrund rapide sinkender Modulpreise in Kauf genommen.

Grundsätzlich gilt, je flacher die Zellen aufgeständert sind, desto besser kann die zur Verfügung stehende Dachfläche ausgenutzt werden. Mögliche Ertragsminderungen gegenüber steil angestellten Modulen müssen in diesem Zusammenhang beachtet werden. Es ist davon auszugehen, dass die Module auf Flachdächern nach Süden ausgerichtet werden können, in Tabelle E-2 sind daher die Flächenfaktoren nur für diesen Azimutwinkelbereich dargestellt. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass der Neigungsgewinn bei Anstellwinkeln von 30° nur zwei Prozentpunkte gegenüber einem Anstellwinkel von 20° beträgt. Bei südlicher Ausrichtung besteht für einen breiten Anstellwinkelbereich eine nur geringfügige Abweichung der Neigungsgewinne vom Maximalwert.

Tabelle E-2: Flächenfaktoren zur Berechnung der Einstrahlung auf geneigte Flächen. [63 S. 238]

Strahlungsgewinn auf geneigte Fläche in [%]		Azimutwinkel [°]				
		150	165	180	195	210
Elevation [°]	0	100	100	100	100	100
	10	107	108	108	108	107
	20	112	113	113	113	112
	30	113	114	115	114	113
	40	112	117	118	117	112
	50	112	115	116	115	112
	60	107	110	111	110	107
	70	100	103	104	103	100
	80	92	94	95	94	92
	90	83	84	85	84	83

Die angegebenen Flächenfaktoren bestätigen sich durch Simulation eines Kollektorfeldes mit der Software TRNSYS. Bei einem Anstellwinkel von 15° ergibt die Simulation einen Neigungsgewinn von 110 Prozent gegenüber der Einstrahlung auf eine horizontale Fläche, bei einem Winkel von 30° erfolgt eine Steigerung um 4 Prozent auf einen Wert von 114 Prozent.

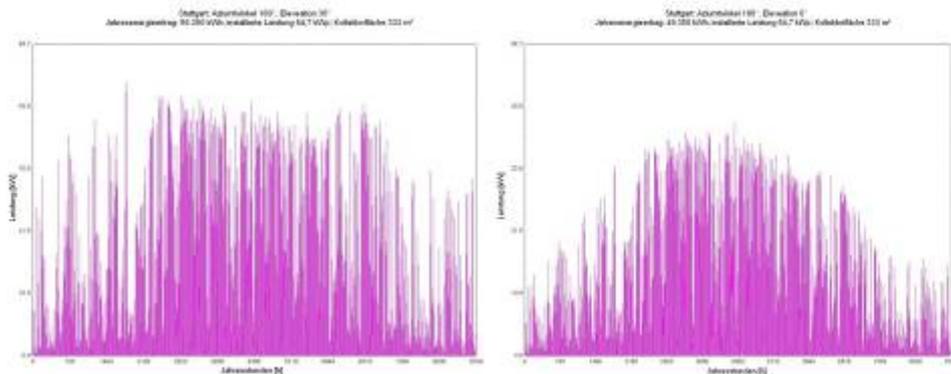


Abbildung E-12: Simulation mit TRNSYS: Vergleich der Jahresenergieerträge bei 0° Anstellwinkel (links) und bei 30° Anstellwinkel (rechts).

Anhand

Abbildung E-12 ist ersichtlich, dass sich eine steilere Aufständering mit einem Anstellwinkel von 30° bei niedrigem Sonnenstand, also in den Morgen- und Abendstunden sowie in den Wintermonaten, als vorteilhaft erweist. Durch den höheren Anteil diffuser Strahlung in den Wintermonaten schwindet dieser Vorteil. Dies ist durch Praxiserfahrungen belegbar, wonach Anlagen mit 15° Anstellwinkel keine „wesentlichen“ Ertragseinbußen gegenüber optimal aufgeständerten Anlagen aufweisen (vgl. [51]).

Weiterhin ist bei der Aufständering von Modulen auf Flachdächern die dafür notwendige Unterkonstruktion zu berücksichtigen. Steile Module werden stärker als flache Module vom Wind beeinträchtigt. Um die Module ausreichend gegen Windeinflüsse zu schützen, sind stabile und zugleich schwere Unterkonstruktionen (Flächenlasten ~70 kg/m²) notwendig. Es ist pauschal nicht anzunehmen, dass alle Dächer in Stadt und Landkreis Bamberg diese Last tragen können.

Da schwere Unterkonstruktionen zudem teuer sind, werden für die Potenzialanalyse flachere Aufstellwinkel in Betracht gezogen. Anstellwinkel von 10° - 20° sind mit Leichtbaukonstruktionen (Flächenlasten 7-10 kg/m²) zu realisieren, die erforderliche Auflast nimmt im Verhältnis zu Schwerlastaufständeringen gravierend ab (vgl. [43 S. 48]). Für die Potenzialanalyse ist davon auszugehen, dass diese Last von der breiten Masse der Dächer in Stadt und Landkreis Bamberg getragen werden kann. Die nachfolgende Optimierung der bestmöglichen Dachausnutzung mit Kollektoren erfolgt daher innerhalb eines Aufstellwinkelbereichs zwischen 10° und 20°.

Die Aufständering der Module ruft bei zu geringem Abstand der Modulreihen eine gegenseitige Verschattung hervor. Die zur Verfügung stehende Dachfläche muss folglich möglichst effektiv mit Kollektoren belegt werden. Basis der Flächenoptimierung ist der Winkel des Sonnenstandes. Zur Erzielung eines optimalen

Jahresertrags erfolgt die Berechnung am Tag des niedrigsten Sonnenstands des Jahres (21. Dezember, 12.00 Uhr) an der nördlichen Grenze des Landkreises Bamberg (Rattelsdorf; 50° n.B.). Dies entspricht einem Einfallswinkel der Sonne von 16,5°. Das Verhältnis von Modulfläche zur benötigten Dachfläche wird nur von der Anzahl hintereinander aufgebauter Module sowie vom Aufstellwinkel beeinflusst. Die Abmessungen der Module gehen nicht in die Verhältnisbildung ein.

Abbildung E-13 zeigt das Verhältnis von Modulfläche zu benötigter Dachfläche in Abhängigkeit von Elevationswinkel und der Anzahl hintereinander angeordneter Reihen.

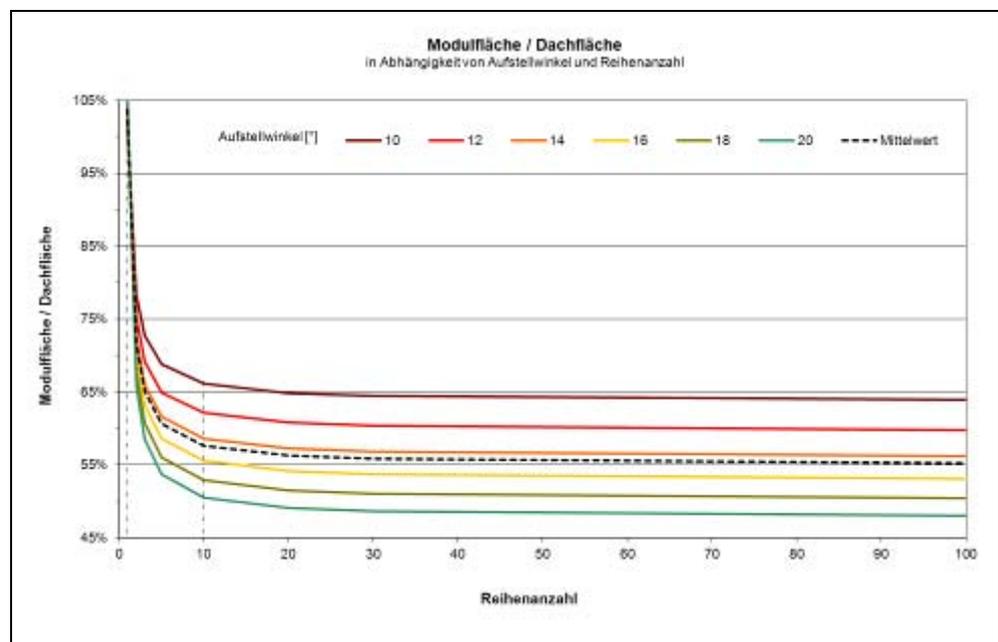


Abbildung E-13: Verhältnis von Modulfläche zu Dachfläche in Abhängigkeit des Elevationswinkels und der Anzahl aufgeständerter Reihen.

Die Grafik verdeutlicht, dass die Dachfläche bei kleinen Aufstellwinkeln am besten ausgenutzt werden kann. Je steiler die Module stehen, desto schlechter ist die Fläche nutzbar. Im Mittelpunkt der Potenzialanalyse steht die Energieautarkie, es wird daher angestrebt, einen möglichst hohen Ertrag aus der zur Verfügung stehenden Fläche zu erzielen. Die Einschränkung des optimalen Energieertrages in Bezug auf die installierte Leistung spielt eine untergeordnete Rolle.

Die Potenzialanalyse für den Landkreis und die Stadt Bamberg erfolgt daher unter der Annahme eines Aufstellwinkels von 15°. In der Auswertung wird anhand der Gebäudegrundfläche die hintereinander installierbare Modulreihenanzahl berücksichtigt. Unter Beachtung von Randabständen (Attika = 1,2 m), Einbauten (Oberlichter, Aufzüge, Lüftungsanlagen) und Verschattung ist davon auszugehen,

dass etwa 60 Prozent der Dachfläche nutzbar sind. Unter diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle F-3 dargestellten Verhältnisse, welche mit Literaturangaben übereinstimmen (vgl. [45 S. 6] [38 S. 30] [35]).

Tabelle E-3: Verhältnis von Modulfläche zu Dachfläche in Abhängigkeit der Anzahl aufgeständerter Reihen.

Reihenanzahl	Modulfläche / Dachfläche	Faktor Für: Einbauten, Verschattung, Randabstand	Gesamtfaktor	Beispiel
1	104 %	60 %	60 %	Garagendach
2-10	64 %	60 %	37 %	←→
>10	56 %	60 %	32 %	Industriehalle

4. Faktoren zur Berechnung der Kollektorfläche

Die in Kapitel EII.a vorgestellten Referenzgebiete wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Solarenergiegewinnung analysiert. Für jeden Referenzgebietstyp erfolgte eine detaillierte Bewertung der nutzbaren Kollektorfläche anhand eines jeweils repräsentativen Gebietes. Vor Ort wurden Daten über die Gebäudeausrichtung, die Dachart, die Dachneigung und den Überhang des Daches erhoben. Es erfolgte eine Beurteilung der Verschattungssituation durch benachbarte Gebäude und Bäume. Die Dachflächen wurden hinsichtlich vorhandener Dachaufbauten wie Schornsteinen und Dachfenstern analysiert. Grundsätzlich ungeeignete Dachflächen und Gebäude konnten bei der Begehung identifiziert werden. In den folgenden Abbildungen sind hierfür einige Beispiele zu sehen.



Abbildung E-14: Gebäude mit Dachüberhang (links); ungeeignetes Gebäude (rechts).

Das Dach des linken Gebäudes Abbildung E-14 ragt über seine Grundflächen hinaus. Dieses Merkmal ist oftmals bei Scheunen in Weilern und Aussiedlerhöfen zu beobachten. Im rechten Bild ist ein Bauwerk dargestellt, welches allein aus statischen Gründen nicht zur solaren Energiegewinnung nutzbar ist. Dennoch ist das Bauwerk im Liegenschaftskataster eingetragen. Weitere typische Beispiele

für nicht nutzbare, aber dennoch im Liegenschaftsplan vermerkte Bauten sind Brunnen und kleinere Kapellen. Auf der linken Seite der Abbildung E-15 sind Dächer dargestellt, welche durch umstehende Bäume verschattet sind. Um welchen Anteil sich die solar nutzbare Dachfläche hierdurch verringert, wurde analysiert. Auf der rechten Seite der Abbildung E-15 sind Einfamilienhäuser mit Dachfenstern, Gauben und Schornsteinen zu sehen. Die nutzbare Dachfläche reduziert sich hierdurch erheblich.



Abbildung E-15: Verschattung durch Bäume (links); Gauben und Schornsteine (rechts).

Unter Berücksichtigung der aufgenommenen Daten erfolgt auf Basis des digitalen Liegenschaftskatasters und der vorgestellten geometrischen Dachflächenmodelle für jeden Referenzgebietstyp die Berechnung der nutzbaren Dachfläche. Anhand der erhobenen Daten konnte ein Faktor $f_{GG/Kollektor}$ abgeleitet werden, welcher für jeden Referenzgebietstyp das Verhältnis von Gebäudegrundfläche A_{GG} zur nutzbaren Kollektorfläche $A_{Kollektor}$ beschreibt. Die ermittelten Faktoren dienen im weiteren Verlauf zur Hochrechnung der Kollektorflächen auf das gesamte Untersuchungsgebiet.

Referenzgebiet [-]	A_{GG} [m ²]	$A_{Kollektor}$ [m ²]	$f_{GG/Kollektor}$ [%]
1	1.678	687	41%
2	6.513	2.376	36%
3	5.874	1.885	32%
4.1	3.164	1.112	35%
4.2	1.350	449	33%
4.3	4.109	1.938	47%
5.1	9.294	3.810	41%
5.2	7.058	2.979	42%
5.3	1.749	562	32%
6	15.613	7.479	48%
7	4.391	1.703	39%

Tabelle E-4: Ergebnisse der vor Ort untersuchten Referenzgebiete zur Hochrechnung.

Die Gültigkeit der erlangten Ergebnisse wird durch eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse anderer Studien belegt. Im Rahmen einer Studie der TU München und der Siemens AG wurde 2010 zur Umrechnung der Gebäudegrundfläche auf die nutzbare Kollektorfläche für Satteldächer und für Flachdächer der Faktor 0,5 ($A_{\text{Kollektor}} = 0,5 \cdot A_{\text{GG}}$) ermittelt. In der Studie wird - wie in der vorliegenden Untersuchung - davon ausgegangen, dass bei Satteldächern jeweils die südliche Dachhälfte mit Kollektoren bestückt werden kann, wobei von einer durchschnittlichen Dachneigung von 35 Prozent ausgegangen wird. Bei Flachdächern für landwirtschaftliche Hallen und Industriegebäude erfolgt keine Berücksichtigung der Flächenreduktionen durch Einbauten, da dieser Fehler aufgrund des geringen Vorkommens dieser Dachform als gering eingestuft wird (vgl. [45 S. 6]).

PRINZ ermittelt im Buch „Zukunftsweisende Stadtplanung durch Photovoltaik“ für Quartiere mit Ein- und Zweifamiliengebäuden und Satteldächern (Referenzgebietstyp 4.1 und 4.2) ein Verhältnis der Kollektorfläche zur Gebäudegrundfläche von 45 Prozent. In Quartieren mit Mehrfamilienhäusern mit Satteldach stellt er einen Umrechnungsfaktor von 55 Prozent fest. Bei Mehrfamilienhäusern mit Flachdach wird angenommen, dass die Kollektorfläche 24 Prozent der Grundfläche entspricht. Da keine Angaben über den Aufstellwinkel bekannt sind, ist dieser Wert nur bedingt vergleichbar (vgl. [52 S. 66ff]⁵).

Aufgrund der grundsätzlichen Übereinstimmung mit den Aussagen anderer Arbeiten werden die errechneten Faktoren zur Ermittlung des Photovoltaikpotenzials auf Dachflächen verwendet.

In der nachfolgenden Tabelle sind die resultierenden Kollektorflächen auf dem Gebäudebestand dargestellt. Neben der Gesamtfläche informiert diese Auflistung auch über die potenzielle Kollektorfläche je Referenzgebiet in den einzelnen Gemeinden.

⁵ Anmerkung: Lödl weist in seiner Arbeit Dachflächen mit Einstrahlungsverlusten von 5 % - 15 % als nicht geeignet aus; zur besseren Vergleichbarkeit sind diese Flächen ebenfalls mit einbezogen.

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

	Ref						Gesamt
	Ref 1	Ref 2	Ref 4	Ref 5	Ref 6	7 + 99	
Altendorf	1,2	15,6	26,0		22,2	3,4	68,5
Stadt Bamberg	4,3	30,5	324,1	225,8	383,0	305,2	1.272,9
Baunach	8,2	21,0	45,5		16,0	6,1	96,8
Bischberg	2,5	21,8	80,2	1,1	29,3	6,3	141,3
Breitenguessbach	4,3	17,2	53,6	1,1	25,9	12,8	114,9
Burgebrach	18,0	113,3	72,7		45,4	18,5	267,9
Burgwindheim	11,4	32,6	10,9		1,4	7,3	63,6
Buttenheim	2,9	33,8	38,5	0,2	22,5	15,2	113,0
Ebrach	10,9	23,8	17,1	1,7	7,3	16,2	77,0
Frensdorf	11,4	69,8	76,9		1,6	5,1	164,7
Gerach	1,5	10,6	10,9		0,6	0,8	24,4
Gundelsheim	0,5	4,4	54,6		1,8	2,9	64,1
Hallstadt	2,3	9,1	93,0		110,4	23,1	237,9
Heiligenstadt	11,8	93,0	28,0		9,0	9,5	151,4
Hirschaid	6,5	51,8	159,8	0,8	37,3	37,0	293,3
Kemmern	0,8	14,3	38,3		2,1	0,9	56,5
Koenigsfeld	3,7	55,4	6,3		4,2	2,0	71,7
Lauter	3,0	24,1	12,4		1,3	0,9	41,7
Lisberg	6,0	15,8	22,5		1,1	4,0	49,4
Litzendorf	2,9	41,6	92,8			7,3	144,6
Memmelsdorf	4,9	49,3	108,9	6,4	4,9	10,0	184,5
Oberhaid	4,2	43,9	57,6		14,8	7,7	128,2
Pettstadt	5,8	12,6	29,9		12,3	15,8	76,4
Pommersfelden	6,8	56,3	30,8		12,5	2,1	108,5
Priesendorf	0,8	17,8	18,7	0,2	2,3	2,0	41,9
Rattelsdorf	13,7	33,8	51,9	1,3	6,7	10,6	118,1
Reckendorf	2,4	4,9	23,3		4,1	1,4	36,0
Schesslitz	14,7	119,2	73,4	0,2	39,7	27,4	274,6
Schluesselfeld	11,3	105,3	62,0		63,6	15,6	257,8
Schoenbrunn	3,8	43,7	17,6		5,6	3,0	73,6
Stadelhofen	3,1	47,8	9,3			11,7	71,9
Stegaurach	3,8	43,2	96,2		9,9	5,7	158,8
Strullendorf	6,8	64,5	94,6	1,1	65,0	10,1	242,1
Viereth-Trunstadt	3,1	33,6	46,7		8,8	5,4	97,6
Walsdorf	3,9	27,6	30,4		1,9	9,9	73,7
Wattendorf	0,2	26,1	3,0			2,2	31,5
Zapfendorf	2,2	42,5	55,7		28,7	5,3	134,4

Tabelle E-5 Darstellung potenzieller Solarkollektorflächen auf Gebäuden [Tsd. m²]

F POTENZIALANALYSE

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse von Frei- und Dachflächen dienen als Berechnungsgrundlage für die weitere Ermittlung des Solarenergiepotenzials. In den vorangegangenen Kapiteln wurden hierzu die potenziellen Freiflächen und nutzbaren Dachflächen im Untersuchungsgebiet identifiziert. Auf Basis der gewonnenen Flächeninformationen werden im Folgenden die solaren Potenziale berechnet. Es erfolgt hierbei eine gesonderte Betrachtung von Frei- und Dachflächen. In den folgenden Kapiteln werden neben der angewandten Berechnungsmethodik zur Bestimmung des Photovoltaik- und Solarertrags auch die technischen Randbedingungen näher erläutert.

I. POTENZIALANALYSE FREIFLÄCHEN

I.a Berechnungsmethodik

Auf Basis der in Kapitel DV identifizierten Freiflächen, die aus städtebaulicher Sicht für eine Solarenergienutzung geeignet sind, kann das resultierende Solarenergiepotenzial ermittelt werden. Hierbei wird angenommen, dass lediglich Photovoltaikanlagen auf Freiflächen zum Einsatz kommen. Diese Annahme hat sich nach Analyse der Freiflächenlage im Untersuchungsgebiet und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Abstimmungsgespräche mit den Städten und Gemeinden bestätigt. Für die Nutzung von Solarthermie liegt entweder ein für die Einspeisung notwendiges Nahwärmenetz nicht vor oder die Freiflächen liegen zu weit entfernt von den Siedlungsgebieten.

I.b Flächenbedarf PV-Freiflächenanlagen

Der erste Schritt zur Berechnung des Photovoltaikpotenzials auf Freiflächen besteht in der Ermittlung der potenziell installierbaren Module. Bei einer Freiflächenanlage wird davon ausgegangen, dass die Module optimal nach Süden ausgerichtet werden können. In der Regel werden PV-Freiflächenanlagen mit langen, parallel hintereinander angeordneten Modulreihen ausgeführt. Die Verankerung der Unterkonstruktion erfolgt „in Form von zu rammenden Erdständern oder mittels Erdschrauben praktisch ohne Bodenversiegelung“ [3]. Um eine gegenseitige Verschattung durch die Modulreihen zu vermeiden, wird in der Regel ein Abstand von mehreren Metern zwischen den Reihen eingehalten. Dieser Abstand hängt von der Höhe der Modulreihen und der Topographie des Geländes ab. Um den Materialverbrauch gering zu halten, werden niedrige Gestellhöhen angestrebt.

Für die Potenzialanalyse wird folgendes Schema für die Aufstellung und den sich daraus ergebenden Flächenbedarf verwendet (Abbildung F-1):

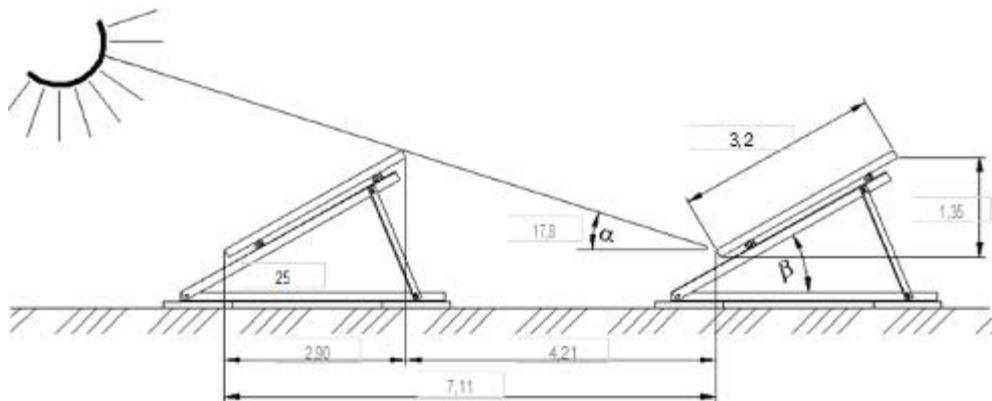


Abbildung F-1: Schema für die Freiflächenaufstellung

Mit dem dargestellten Schema und den darin angegebenen Größen- und Abstandsangaben resultiert ein Verhältnis von zur Verfügung stehender Freifläche zur Modulfläche von 2,2. Der Elevationswinkel der Module, der Winkel zwischen der Horizontalen und der Moduloberfläche, wird dabei mit 25° festgelegt.

Aus Versicherungsgründen werden die Freiflächenanlagen in der Regel eingezäunt. Dabei erfolgt um die Außengrenze eine Einzäunung durch Hecken, Sträucher und Büsche. Im Rahmen von naturschutzrechtlichen Eingriffsregelungen sind die negativen Auswirkungen von Freiflächenanlagen „auf die Schutzgüter Arten und Lebensräume, Wasser, Boden, Luft und Klima, Landschaftsbild und Erholung“ zu minimieren. Daher sind in manchen Fällen Kompensationsmaßnahmen durchzuführen, zu denen auch die Ausweisung von Ausgleichsflächen zählt. Dieser Kompensationsbedarf ergibt sich aus der eingezäunten Freifläche multipliziert mit dem Kompensationsfaktor. Laut [57 S. 3] liegt der Kompensationsfaktor in der Regel bei 0,2. Für die abschließende Berechnung der potenziellen Kollektorfläche auf Freiflächen wird ein Verhältnis zwischen Freifläche und Kollektorfläche von 2,6 verwendet.

I.c Systemwirkungsgrad Photovoltaik

Die Aussagen der Potenzialanalyse in der vorliegenden Untersuchung zielen auf das Jahr 2035 ab. Um heute Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Photovoltaikmodulen treffen zu können, ist ein Blick auf die bisherige Entwicklung unentbehrlich.

In Abbildung F-2 ist der Verlauf des Modulwirkungsgrades monokristalliner und polykristalliner Module seit dem Jahr 2000 dargestellt.

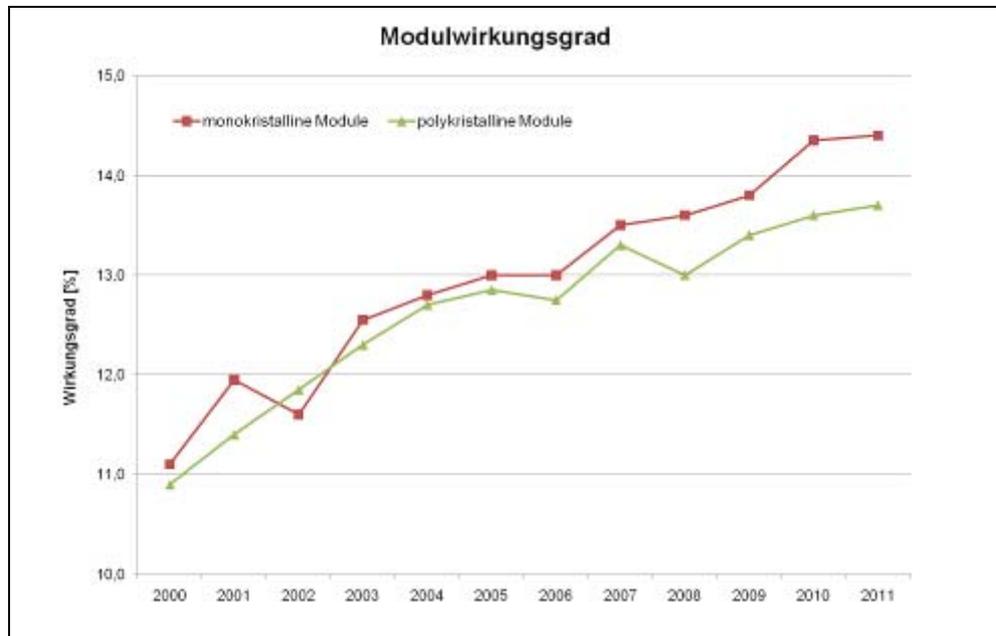


Abbildung F-2: Wirkungsgradentwicklung polykristalliner und monokristalliner Module (Durchschnittswerte der PHOTON-Datenbank; 5252 Module; 2000-2011) [50 S. 21].

Als Datenbasis dient die Datenbank des PHOTON-Magazins. Die Datenbank beinhaltet nur Module zur netzgekoppelten Stromerzeugung. Die in der Grafik dargestellten Wirkungsgrade sind die Mittelwerte der in der Datenbank enthaltenen Modultypen. Da die Datenbank eine große Anzahl älterer Module enthält, welche noch in geringen Stückzahlen gehandelt werden, liegt die Effizienz der heute hauptsächlich am Markt gehandelten Module höher. Ungeachtet dieser Tatsache ist dennoch die durchschnittliche Wirkungsgradsteigerung der am Markt gehandelten Module aus der Kurve ableitbar. Für beide Modultypen ergibt sich für den Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2000 eine durchschnittliche jährliche Wirkungsgradsteigerung von 2 % / Jahr.

Welche Modultechnologien sich derzeit auf dem Markt befinden und welchen Anteil diese Technologien einnehmen, ist in Abbildung F-3 dargestellt. Monokristalline und polykristalline Module dominieren derzeit den Markt. An dritter Stelle folgen amorphe Silizium-Module.

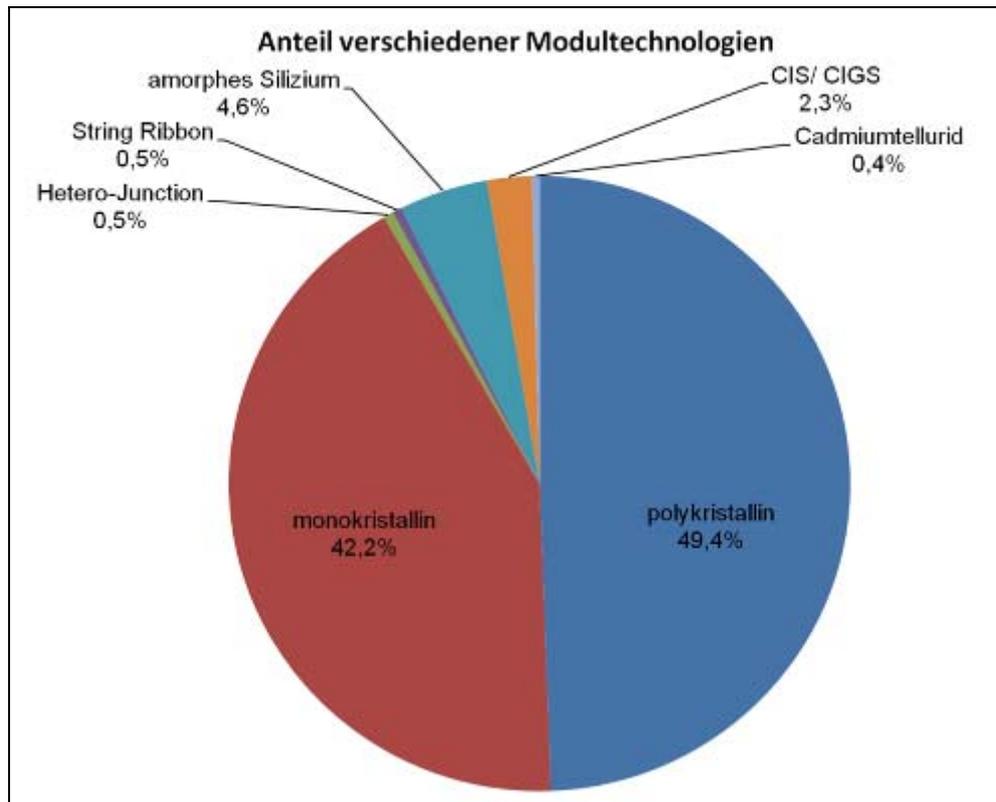


Abbildung F-3: Anteil der verschiedenen Modultechnologien [50 S. 23]

Zur Ermittlung aktueller Modulwirkungsgrade können Angaben aus der Literatur nur bedingt herangezogen werden, da die Angaben bei der Veröffentlichung der Bücher meist schon überholt sind. Die in Tabelle F-1 aufgelisteten Wirkungsgrade beziehen sich daher auf aktuelle Modulwirkungsgrade verschiedener Hersteller.

Tabelle F-1: Annahmen zur Berechnung; Modulwirkungsgrade 2011.

Modultyp	Marktanteil [%]	η_{\min} [%]	η_{\max} [%]
polykristallin	49,4	16	18
monokristallin	42,2	18	20
Hetero-Junction	0,5	18	20
String Ribbon	0,5	16	18
amorphes Silizium	4,6	6	6
CIS/ CIGS	2,3	10	11
Cadmiumtellurid	0,4	10	10
η (nach Technologien)	-	16,23	18,11

Zur Berechnung des Wirkungsgrades für die Potenzialanalyse wird ein technologiegewichteter Wirkungsgrad angenommen. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wird vom geringeren Wirkungsgrad ausgegangen. Zur Berechnung des Wirkungsgrades im Hinblick auf das Jahr 2035 wird eine jährliche lineare Wirkungsgradsteigerung von 1 % festgelegt. Für das Jahr 2035 resultiert hieraus ein Wirkungsgrad von 20,61 %. Die Berechnung erfolgt mit dem mittleren Wirkungsgrad der Jahre 2010 bis 2035, welcher 18,3 % beträgt.

Zur Berechnung der erzeugten Strommengen kann nicht nur der Modulwirkungsgrad angesetzt werden, da der reale Ertrag durch Staub, Vogeldreck, Erwärmung, Leitungsverluste, Reflexionen und Wechselrichterverluste beeinträchtigt werden kann (vgl. [54 S. 122]). Zur Berücksichtigung dieser Verluste wird im weiteren Rechnungsgang eine Performance Ratio von 0,75 angesetzt (vgl. [63 S. 110, 178]). Langzeitbeobachtungen zeigen, dass die Leistungsfähigkeit einer Photovoltaikanlage über ihre Lebensdauer hinweg abnimmt; aus diesem Grund wird eine Degradation von 0,4 % / Jahr unterstellt. Unter Einbeziehung der genannten Rahmenbedingungen errechnet sich der für die Potenzialanalyse eingesetzte Systemwirkungsgrad von 13,8 Prozent.

I.d Berechnung des Photovoltaikpotenzials auf Freiflächen

Für die Berechnung des Photovoltaikertrags wird die Einstrahlung auf die geneigte Modulfläche benötigt. Auf Basis der in Kapitel BII.c genannten Globalstrahlungswerte und den zuvor definierten Randbedingungen bezüglich der Modulaufstellung bei Freiflächenanlagen kann nun das Stromerzeugungspotenzial bestimmt werden. Gegenüber der Horizontalen ergibt sich bei einem Aufstellwinkel von 25° ein Neigungsgewinn von 14 %. Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich damit ein Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen von insgesamt 578.405 MWh_{el}/a. Abbildung F-4 verdeutlicht die jeweiligen Anteile der einzelnen Freiflächenkategorien am Gesamtpotenzial.

Anteile der Freiflächen am Strompotenzial
(Bilanzierungsgebiet: Landkreis und Stadt Bamberg)

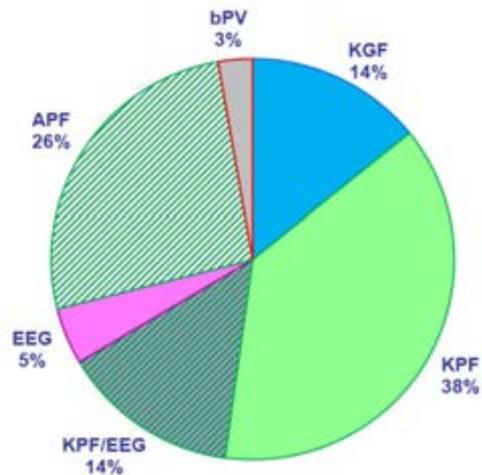


Abbildung F-4: Anteile der Freiflächen am Strompotenzial

Die Grafik zeigt anschaulich, dass das größte Stromerzeugungspotenzial bei den kommunal präferierten Flächen (KPF) mit einem Anteil von 38 % zu finden ist. An zweiter Stelle folgen die alternativen Potenzialflächen (APF) mit 26 %, die jedoch von den Gemeinden nicht präferiert sind. Anschließend kommen die KGF- und KPF-/ EEG-Flächen mit jeweils 14 %.

Wie sich die PV-Freiflächenpotenziale der einzelnen Städte und Gemeinden im Untersuchungsgebiet verteilen, ist in Abbildung F-5 dargestellt.

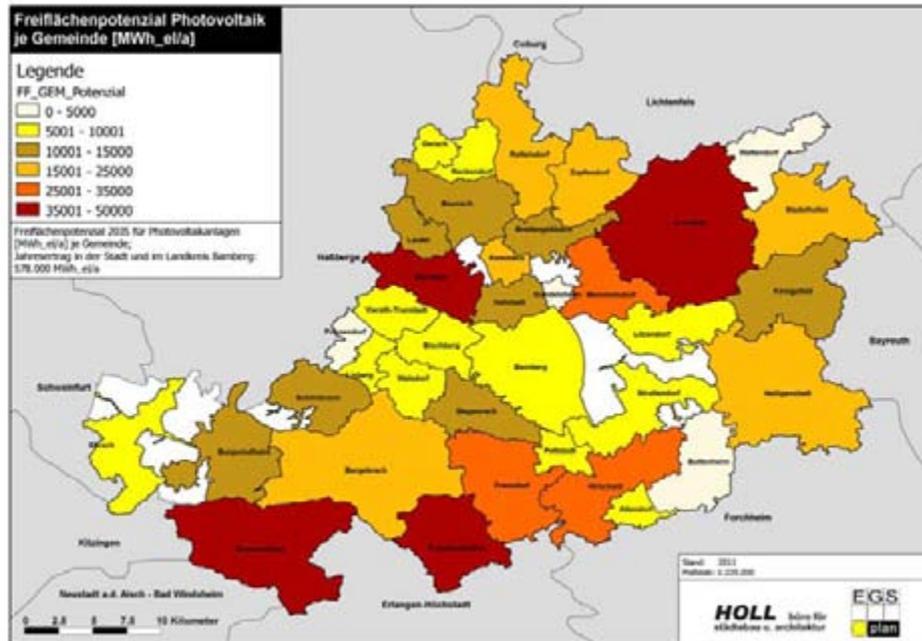


Abbildung F-5: PV-Freiflächenpotenzial für die Stadt und den Landkreis Bamberg

Die Verteilung des Freiflächenpotenzials lässt vier Städte und Gemeinden erkennen, deren Potenzial besonders hoch ist. Dies sind die Stadt Scheßlitz, die Stadt Schlüsselfeld, der Markt Burgebrach und die Gemeinde Pommersfelden. Auf dem Gebiet der Stadt Bamberg ist erwartungsgemäß das Freiflächenpotenzial gering.

Die nachfolgenden Tabellen beinhalten auf Ebene des gesamten Untersuchungsgebiets und auf gemeindlicher Ebene die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Freiflächen.

Tabelle F-2 Übersicht Kategorien PV-Freiflächenpotenziale

	Beschreibung	PV-Potenzial [MWh/a]	Anteil
bPV	Bestehende Photovoltaikanlage	15,9	3%
EEG	Nach EEG förderfähige Fläche	26,6	5%
APF	Alternative Potenzialfläche	151,6	26%
KGF	Kommunal gewünschte Freifläche	82,4	14%
KPF	Kommunal präferierte Freifläche	219,9	38%
EEG / KPF	Nach EEG förderfähige Fläche und kommunal präferierte Freifläche	82,4	14%
Σ		578,4	100 %

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

Tabelle F-3: Darstellung PV-Potenzial Stadt und Landkreis Bamberg (alle Werte in [MWh/a])

	bPV	EEG	APF	KGf	KPF	KPF/EEG	Gesamt
Altendorf		4.599	4.834				18.649
Stadt Bamberg			916		3.161	5.332	180.395
Baunach		1.189	8.593		4.438		26.871
Bischberg	67		4.203		5.182		27.737
Breitengüßbach	12.347	1.626			886		30.244
Burgebrach			15.735	1.695			53.621
Burgwindheim				2.456	9.575		20.467
Buttenheim			1.451		2.489		19.217
Ebrach					6.632		17.173
Frensdorf			8.531		13.547	12.028	55.233
Gerach				2.701	5.744		11.437
Gundelsheim					1.033	275	9.380
Hallstadt			6.319			5.295	45.288
Heiligenstadt				12.327		3.349	35.412
Hirschaid			12.032	5.041	4.922	8.828	69.805
Kemmern		3.707		6.463		6.204	23.451
Königsfeld			2.072	5.776	6.931		24.146
Lauter			1.166		13.042		19.462
Lisberg			2.399		3.267		12.086
Litzendorf					6.830		24.815
Memmelsdorf		1.401	2.888	17.606	1.027	6.834	52.794
Oberhaid			2.445	5.643	17.515	12.471	54.501
Pettstadt		3.342			1.746		15.440
Pommersfelden		3.019	5.608	4.109	24.214		51.207
Priesendorf					4.168		9.491
Rattelsdorf	185		8.251		10.437		33.973
Reckendorf		6.066	3.057				13.678
Scheßlitz				12.615	19.353	6.716	75.172
Schlüßelfeld			15.565	5.608	19.943	1.580	77.793
Schönbrunn			14.064				23.523
Stadelhofen			2.700		6.664	10.839	29.718
Stegaurach			10.935				31.049
Strullendorf					6.241	2.608	41.088
Viereth-Trunstadt					7.633		20.014
Walsdorf			7.696				17.217
Wattendorf			3.623				7.602
Zapfendorf	3.305	1.635	6.546		13.274		42.199

II. POTENZIALANALYSE DACHFLÄCHEN

II.a Berechnungsmethodik

Für Gebäude- sowie Dachflächen basiert die Berechnung der möglichen installierbaren Kollektorfläche auf Flächeninformationen aus dem GIS. Mit welcher Herangehensweise das Solarenergiepotenzial für Dachanlagen in der vorliegenden Untersuchung bestimmt wird, ist im Folgenden dezidiert erläutert.

II.b Aufteilung der Kollektorfläche in Solarthermie und Photovoltaik

Die zur solaren Energiegewinnung nutzbaren Flächen können solarthermisch oder photovoltaisch genutzt werden. Es besteht eine Konkurrenzsituation zwischen beiden Technologien. Im Falle der Freiflächen wird die komplette Fläche dem Photovoltaikpotenzial zugeordnet, solarthermische Freiflächenanlagen werden nicht berücksichtigt. Die Aufteilung der Kollektorfläche auf Gebäuden erfolgt bedarfsorientiert, denn nur dort, wo thermische Energie benötigt wird, ist die Solarthermie der Photovoltaik vorzuziehen.

Rund 20 % des Wärmebedarfs eines Wohngebäudes sind nötig, um das Trinkwasser zu erwärmen. Der restliche Wärmebedarf von 80 % dient der Raumheizung (vgl. [15 S. 14]). Entsprechend hoch ist das Einsparpotenzial bei der Verwendung einer solarthermischen Kombianlage zur Trinkwassererwärmung bei gleichzeitiger Unterstützung der Heizungsanlage. Für Wohngebäude erfolgt die Bewertung des solarthermischen Potenzials unter der Annahme eines solaren Deckungsanteils zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung von 15-20 % des Gesamtwärmebedarfs.

Die Bedingungen für solarthermische Dachanlagen zur Stromerzeugung sind in Deutschland zu schlecht, weshalb diese Alternative nicht in Betracht gezogen wird.

Die Bewertung des solarthermischen Potenzials für Kombisysteme zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung für Wohngebäude erfolgt auf Basis der zu beheizenden Wohnfläche. Die Referenzgebiete der Kategorien Sechs und Sieben bleiben hinsichtlich einer solarthermischen Nutzung unberücksichtigt. Auf Dächern von Wohngebäuden besteht eine direkte Konkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik. Um im digitalen Liegenschaftskataster zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden zu selektieren, werden Gebäudegrundflächen innerhalb der in

Tabelle F-4 angegebenen Schranken als Wohngebäude berücksichtigt. Die Festlegung der Schranken beruht auf statistischen Werten über durchschnittliche Gebäudegrößen und auf der Überprüfung anhand von Luftbildaufnahmen. Aus der

Gebäudegrundfläche kann auf eine durchschnittliche Wohnfläche geschlossen werden. Hierzu dienen die in

Tabelle F-4 dargestellten Faktoren (A_{WFL}/A_{GG}). Die Festlegung der Faktoren erfolgte in Anlehnung an die von KALTSCHMITT & WIESE ermittelten Verhältnisse von Wohnfläche zu Gebäudegrundfläche (vgl. [38 S. 26]).

Referenzgebiet	$A_{GG,min}$ [m ²]	$A_{GG,max}$ [m ²]	A_{WFL}/A_{GG} [-]
Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe	110	185	1,3
Dörfliche Struktur	100	185	1,4
EFH Nord-Süd	75	-	1,15
EFH Ost-West	75	-	1,15
EFH Flachdach	50	-	1,1
MFH Nord-Süd	75	-	1,9
MFH Ost-West	75	-	1,9
MFH Flachdach	75	-	4,0

Tabelle F-4: Verhältnis von Wohnfläche (A_{WFL}) und Gebäudegrundfläche (A_{GG}). (vgl [38 S. 26])

Im Referenzgebiet „Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe“ sind Wohngebäude anhand der Grundfläche nicht eindeutig zu erkennen, da die im Vergleich zu anderen Quartieren großen Wohngebäude schwer von Scheunen und Bestallungen abgrenzbar sind. Zur Bemessung der Wohnfläche wird der Faktor 1,3 festgelegt, da sowohl Ein- als auch Zweifamilienhäuser vorzufinden sind. Wohngebäude im Referenzgebiet „Dörfliche Struktur“ weisen eine annähernd ähnliche Gebäudegrundfläche auf. Die Wohnfläche der überwiegend vorzufindenden zweistöckigen Wohngebäude wird mit dem Faktor 1,4 errechnet. Die Gebäudegrundflächen im Referenzgebiet „Ein- und Zweifamilienhäuser“ sind durchschnittlich kleiner, Wohngebäude sind ab 75 m² vorhanden. Kleinere Bauwerke sind in diesen Gebieten meist Garagen oder Anbauten. Zur Beheizung von Treppenhäusern geben KALTSCHMITT & WIESE einen Zuschlag von 5 % an (vgl. [38 S. 26]). Da bei Ein- und Zweifamilienhäusern das Treppenhaus in die Wohnfläche integriert ist, erhöht sich der ausgewiesene Faktor von 1,1 auf 1,15. In Referenzgebieten mit Flachdächern sind die Gebäudegrundflächen grundsätzlich geringer als bei Giebelhäusern, große Garagen sind kaum vorhanden. Der Faktor zur Berechnung der Wohnfläche ist 1,1. Mehrfamilienhäuser werden ab einer Grundfläche von 75 m² erfasst, da sich hinter kleineren Grundflächen meist Garagen oder Tiefgarageneinfahrten befinden. Die

Faktoren zur Errechnung der Wohnfläche sind nach KALTSCHMITT & WIESE angesetzt (vgl. [38 S. 26]).

Unter den beschriebenen Annahmen werden 48.000 der laut Statistik 52.000 im Untersuchungsgebiet vorhandenen Wohngebäude erfasst; dies entspricht einer Abweichung von 8 Prozent. Die historische Altstadt Bambergs ist im GIS System keinem der angegebenen Referenzgebiete zugeordnet. Um die Anzahl der Wohngebäude zu vergleichen, muss der angegebene Gebäudebestand des gesamten Untersuchungsgebiets von 52.000 Gebäuden um die Gebäudezahl der historischen Altstadt Bambergs reduziert werden. Die Abweichung verringert sich somit auf 3 %. Vor diesem Hintergrund ist die um 7 % zum gesamten Untersuchungsgebiet abweichende Wohnfläche ein gutes Resultat (vgl. [12 S. 11] [26 S. 11]). Die Wohnfläche des Untersuchungsgebiets ist mit den angegebenen Faktoren ausreichend genau abgebildet und kann als Grundlage zur Auslegung des solarthermischen Potenzials herangezogen werden.

Der durch eine solarthermische Anlage erzielbare Wärmeertrag ist von der Kolleorttechnologie und vom Prinzip der Wärmespeicherung abhängig. In Deutschland liegen die üblichen jährlichen Ertragswerte zwischen 230 und 600 kWh_{th} pro m² Kollektorfläche (vgl. [38 S. 37] [43 S. 5] [31 S. 90] [25 S. 76] [46 S. 3]). Um bei der kombinierten solaren Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung solare Deckungsgrade von 15 - 20 % zu erzielen, sind große Kollektoren nötig. Dies liegt darin begründet, dass die Einstrahlung im Winter geringer ist als im Sommer, wobei gerade in den Wintermonaten eine Unterstützung der Heizungsanlage notwendig ist. Die Auswertung der Potenzialanalyse erfolgt unter der Annahme von 0,1 m² Kollektorfläche pro m² Wohnfläche (vgl. [15 S. 16] [25 S. 81] [14 S. 3]). Große Kollektoren zur Heizungsunterstützung in der kalten Jahreszeit haben den Nachteil, dass sie für den Sommer entsprechend überdimensioniert sind und die überschüssige Wärmemenge nicht verwertbar ist. Dieser Problematik kann durch eine sehr steile Aufstellung der Kollektoren entgegengewirkt werden. Dies ermöglicht einen hohen Wärmegewinn bei niedrigem Sonnenstand bei gleichzeitiger Reduzierung des Wärmeüberschusses im Sommer.

II.c Systemwirkungsgrad Photovoltaik

Der für die Potenzialanalyse verwendete Modulwirkungsgrad wird unter Berücksichtigung verschiedener Modultechnologien, deren Anteil am Photovoltaikmarkt und zukünftiger Effizienzsteigerungseffekte berechnet. Mit der in Kapitel I.c beschriebenen Vorgehensweise zur Ermittlung des potenziellen Systemwirkungsgrads der Photovoltaik resultiert ein Wert von 13,8 %.

II.d Berechnung des Photovoltaikertrages auf Dachflächen

Zur Berechnung des Photovoltaikertrages wird die Einstrahlung auf eine geneigte Fläche benötigt, daher müssen Neigung und Ausrichtung eines Daches berücksichtigt werden. Als Grundlage dienen die bei der Begehung der Referenzgebiete erhobenen Daten über die Ausrichtung und Dachneigung. Der Azimutwinkel gibt die Ausrichtung der nach Süden gerichteten Dachhälfte eines Gebäudes an. Die Angabe des Azimutwinkels erfolgt anhand der in Abbildung F-6 dargestellten Konvention.

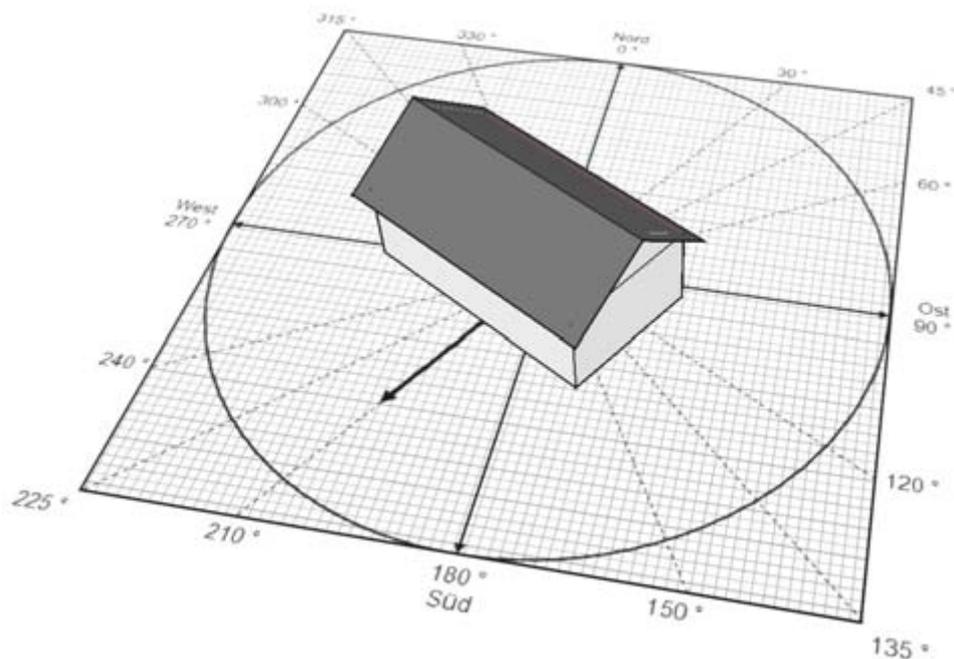


Abbildung F-6: Azimutwinkel.

Die in Kapitel BII.c genannten Globalstrahlungswerte beziehen sich auf eine horizontale Fläche. Durch Neigung der nach Süden ausgerichteten Kollektorfläche erhöht sich der Jahresertrag gegenüber der horizontalen Fläche.

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser der Referenzgebiete 4.1, 4.2, 5.1 und 5.2 ist bereits anhand des Referenzgebietes eine einheitliche Dachausrichtung berücksichtigt. Um die Ausrichtung auch in Referenzgebieten mit willkürlicher Anordnung der Gebäude abzubilden, erfolgt in den untersuchten Referenzgebieten die Bildung eines für das Quartier typischen Neigungsfaktors. Hierzu wurde der Quotient aus der innerhalb eines Referenzgebietes auf die Horizontale treffenden Globalstrahlung und der Globalstrahlung in Abhängigkeit von Elevation und Azimut gebildet. Die Ergebnisse sind in Tabelle F-5 abgebildet.

Tabelle F-5: Neigungsgewinne und -verluste der untersuchten Referenzgebiete.

Referenzgebiet [-]	Ertrag horizontal [kWh _{horizontal}]	Ertrag real [kWh _{real}]	Neigungsgewinn [%]
1	769.561	869.604	113
2	2.722.831	2.689.660	99
3	2.220.253	2.331.935	105
4.1	1.329.971	1.488.453	112
4.2	534.616	491.363	92
4.3	2.008.021	2.228.903	111
5.1	4.320.252	5.018.515	116
5.2	3.334.532	3.202.000	96
5.3	581.822	645.822	111
6	7.733.620	8.548.951	111
7	1.760.725	1.919.671	109

Erwartungsgemäß treten die größten durchschnittlichen Neigungsgewinne in den einheitlich nach Süden gerichteten Referenzgebieten 4.1 und 5.1 auf. Die ungünstigere Ausrichtung der nach Ost-West gerichteten Gebiete 4.2 und 5.2 hat Faktoren unter 100 % zur Folge. Dies bedeutet einen Verlust gegenüber der Einstrahlung auf die horizontale Fläche.

Auf die Neigungsgewinne auf Flachdächern wurde bereits in Kap. EIII.a3 eingegangen. Aufgrund der Möglichkeit zur optimalen Aufstellung ergibt sich bei einem Elevationswinkel von 15° nach Tabelle F-6 ein Neigungsgewinn von 111 Prozent. Die Neigungsgewinne bei Freiflächenanlagen betragen bei dem gewählten Aufstellwinkel von 25° 114 Prozent gegenüber der Horizontalen. Durch Multiplikation der Flächenfaktoren mit der in Kap. BII.c genannten Globalstrahlung auf die Horizontale wird der Einfluss von Dachneigung und Ausrichtung für jeden Referenzgebietstypen berücksichtigt.

Neigungsgewinn		Aziumtwinkel																									
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	360°	
Elevation	0°	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10°	90	91	92	93	94	95	100	102	104	105	107	108	108	108	107	105	104	102	100	95	94	93	92	91	90	
	20°	79	80	82	85	89	94	97	102	106	109	112	113	113	113	112	109	106	102	97	94	89	85	82	80	79	
	30°	69	70	72	76	82	88	95	100	106	110	113	114	115	114	113	110	106	100	95	88	82	76	72	70	69	
	40°	59	60	63	68	75	84	90	97	104	109	112	117	118	117	112	109	104	97	90	84	75	68	63	60	59	
	50°	49	51	55	61	69	77	85	93	101	106	112	115	116	115	112	106	101	93	85	77	69	61	55	51	49	
	60°	42	44	48	55	64	72	80	87	95	102	107	110	111	110	107	102	95	87	80	72	64	55	48	44	42	
	70°	38	39	44	50	57	65	74	81	89	95	100	103	104	103	100	95	89	81	74	65	57	50	44	39	38	
	80°	36	37	41	46	52	60	67	75	81	87	92	94	95	94	92	87	81	75	67	60	52	46	41	37	36	
	90°	33	34	37	43	48	54	61	67	74	78	83	84	85	84	83	78	74	67	61	54	48	43	37	34	33	

Tabelle F-6: Flächenfaktoren zur Berechnung der Einstrahlung auf geneigte Flächen; gültig in Mitteleuropa (für 51°N und 7°O) (vgl. [63 S. 238])

II.e Fehlerbetrachtung

Im letzten Abschnitt sollen in einer kritischen Herangehensweise die möglichen Fehlerquellen und Ungenauigkeiten der Vorgehensweise aufgezeigt werden. Grundsätzlich gehen nur Gebäudeflächen in die Potenzialberechnung ein, wenn sich diese innerhalb eines Referenzgebietes befinden. Welcher Anteil der Gebäudegrundflächen im GIS durch Referenzgebiete erfasst werden konnte, veranschaulicht Abbildung F-7.

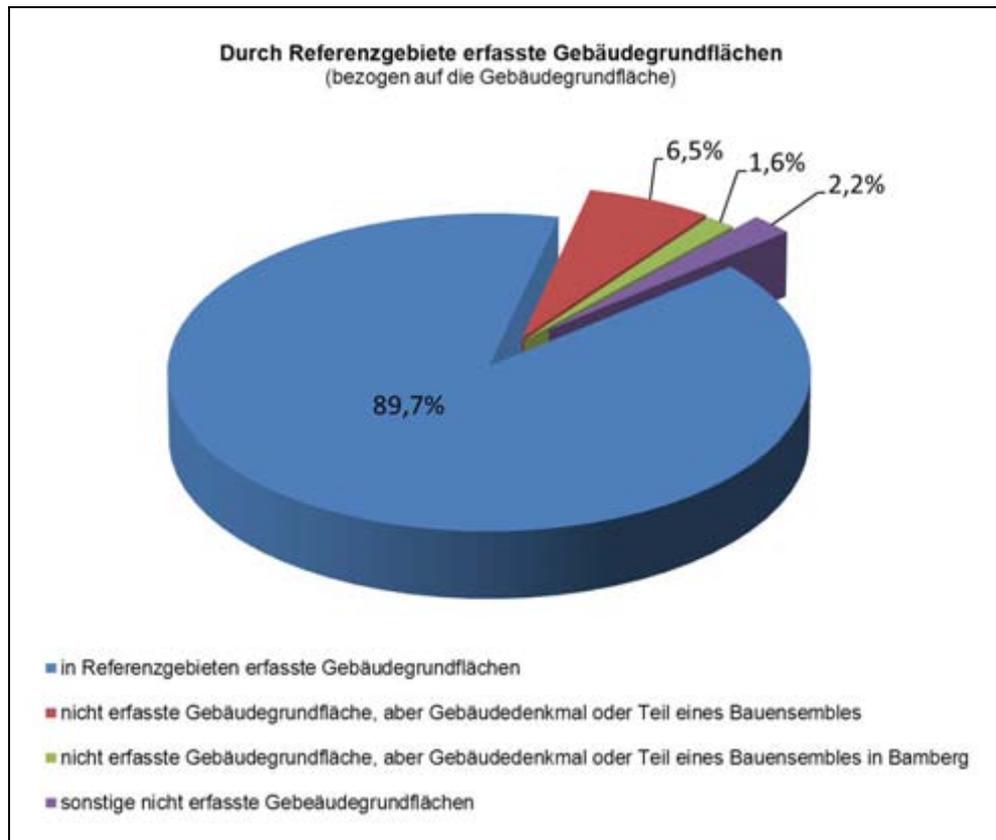


Abbildung F-7: Durch Referenzgebiete erfasste Gebäudegrundflächen.

Das Diagramm zeigt, dass annähernd 90 % der 161.411 Grundflächen des Liegenschaftskatasters durch Referenzgebiete erfasst sind. Das Diagramm verdeutlicht zudem, dass die restlichen 10 Prozent nicht als Fehler anzurechnen sind. 6,5 Prozent der nicht erfassten Gebäudegrundflächen sind denkmalgeschützte Gebäude oder Gebäude, die Teil eines Ensembles sind. Diese Grundflächen wurden wissentlich keinem Referenzgebiet zugeordnet, da sie ohnehin nicht zur Solarenergiegewinnung herangezogen werden können. Derselbe Sachverhalt trifft auf 1,6 % der Gebäude zu, welche sich in der denkmalgeschützten Altstadt von Bamberg befinden. Insgesamt reduziert sich die Anzahl der nicht in einem Referenzgebiet erfassten Gebäudegrundflächen folglich auf 2,2 %. Diese Grundflächen befinden sich teilweise weit entfernt von Siedlungsgebieten und wurden bei der Analyse des Landkreises mit Satellitenbildern nicht aufgezeichnet. Obwohl alle Polygone der Referenzgebiete innerhalb des Landkreises auf Überschneidungen mit Grundflächen untersucht wurden, ist es trotzdem möglich, dass einige Flächen durch die Analysefunktion im PostGIS nicht korrekt identifiziert werden konnten. Grundflächen, die sich in Regionen der gemeindefreien Waldgebiete befinden, bleiben ebenfalls unberücksichtigt.

Welcher Fehler sich durch die durchgeführte Hochrechnung im Vergleich zu einer gebäudescharfen Solarpotenzialermittlung ergibt, ist am Beispiel der Verwaltungsgemeinschaft Stegaurach überprüft. In der Verwaltungsgemeinschaft wurde von der Firma SUN-AREA⁶ im Jahr 2009 bereits eine Dachflächenanalyse durchgeführt. Der Vergleich bietet sich an, da das Untersuchungsgebiet im Landkreis Bamberg liegt und die Ermittlung des Dachflächenpotenzials auf Basis von Laserscandaten erfolgte. Die Laserscandaten wurden durch eine Befliegung des Gebietes gewonnen. Das Ergebnis dieser Befliegung ist ein detailliertes digitales Oberflächenmodell, aus welchem Informationen über die Dachgröße, die Dachausrichtung sowie die Verschattungssituation jedes einzelnen Gebäudes ableitbar sind. Aus datenschutzrechtlichen Gründen werden keine Informationen zu einzelnen Gebäuden veröffentlicht. Auf eine Anfrage hin erklärte sich die Verwaltungsgemeinschaft Stegaurach dazu bereit, die zur Solarenergiegewinnung nutzbare Dachfläche in Summe für einige Gebäude bekannt zu geben. Die Dachfläche des vor Ort untersuchten Referenzgebietes 4.1 kann somit mit den SUN-AREA-Messdaten verglichen werden. Die selbst ermittelte nutzbare Dachfläche in diesem Gebiet beträgt 1.112 m² (Tabelle F-7). Mit einer Fläche von 1.105 m² aus der SUN-AREA-Messung wird der ermittelte Wert bestätigt. Die Herangehensweise zur Berechnung der zur Solarenergiegewinnung nutzbaren Dachfläche innerhalb der vor Ort untersuchten Referenzgebiete führt demzufolge zu vergleichbaren Ergebnissen.

Für einen weiteren Vergleich werden Gebäude aus dem Referenzgebiet 4.1 und dem Referenzgebiet 2 herangezogen, da die Gebäude dieser Referenzgebiete etwa 60 % des gesamten Gebäudebestandes einnehmen (vgl. Abbildung E-4). Das durch die SUN-AREA-Messung ermittelte Verhältnis von Dachfläche zu Gebäudegrundfläche beträgt in beiden Fällen 31 Prozent. Die Berechnung der Dachfläche mit den in Kap. E.III.a4, Tabelle E-4 ermittelten Faktoren erfolgt für die gewählten Gebäude mit einer Abweichung von vier bzw. fünf Prozentpunkten. Angesichts des zugrunde liegenden Berechnungsverfahrens und der definierten Zielsetzung dieser Arbeit ist die Abweichung durchaus nachvollziehbar.

Inwieweit die ermittelte Kollektorfläche des gesamten Gebietes der Verwaltungsgemeinschaft Stegaurach von der gemessenen Fläche abweicht, ist aufgrund unvollständiger Informationen nicht zu bestimmen. Ursache hierfür ist, dass in der SUN-AREA-Studie lediglich „geeignete“ Flächen zur Nutzung für Photovoltaik ausgewiesen sind. Dachflächen mit Einstrahlungen geringer als 900 kWh/m²a sowie Flächen kleiner 20 m² sind in dieser Zahl unberücksichtigt. Hinsichtlich einer zu-

⁶ Informationen zum Verfahren online unter: www.sun-area.net

künftigen Solarenergiegewinnung sind diese Flächen jedoch in das Dachpotenzial einzubeziehen. In Tabelle F-7 sind die Ergebnisse des durch Laserscandaten ermittelten Dachflächenpotenzials der eigenen Berechnung gegenübergestellt.

Tabelle F-7: Dachflächenpotenziale zur Solarenergienutzung in Stegaurach und Walsdorf

	Einheit	EGS-plan	SUN-AREA	Abweichung
untersuchte Fläche	[km ²]	40,2	40	0,5 %
Gebäude	[Anzahl]	7.018	6.847	2,5 %
Gebäudegrundfläche	[m ²]	646.428	640.000	1,0 %
geeignete Gebäude PV	[Anzahl]	7.018	3.037	-
Modulfläche PV	[m ²]	194.597	174.297	11,6 %
Modulfläche Solarthermie	[m ²]	37.912	45.435 ⁷	-16,4 %
Gesamtmodulfläche	[m²]	231.957	219.651	5,6 %

Die Abweichung der nutzbaren Dachfläche beläuft sich auf unter 6 %. In Anbetracht der grundsätzlich unterschiedlichen Herangehensweisen und Berechnungsmethodik ist diese Abweichung ein akzeptables Ergebnis.

Die Dachflächenermittlung über Referenzgebiete bildet demnach das solare Potenzial des Untersuchungsgebiets ausreichend genau ab.

II.f Zusammenfassung der Potenzialanalyseergebnisse für das Untersuchungsgebiet

Die Grundlage zur Ermittlung des Dachflächenpotenzials hinsichtlich der erzielbaren thermischen und elektrischen Energieerträge ist die zur Installation von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen zur Verfügung stehende Dachfläche. Die anhand der Potenzialanalyse ermittelte Dachfläche zur solaren Energiegewinnung beläuft sich auf annähernd 563 ha. Um die Dimension der Fläche einordnen zu können, folgt eine vergleichende Betrachtung mit in anderen Studien ermittelten Potenzialen in Deutschland und Bayern.

Das Dachflächenpotenzial eines Untersuchungsgebietes ist vom Gebäudebestand, der Besiedlungsdichte und der flächenmäßigen Ausdehnung abhängig. Die Flächen der Stadt Bamberg, der umliegenden 36 Städte und Gemeinden sowie der gemeindefreien Waldgebiete innerhalb des Landkreises besitzen ein Ausmaß

⁷ Bildung des Verhältnisses PV/Solarthermie anhand eines von der Gemeinde Stegaurach zur Verfügung gestellten Kartenausschnittes der SUN-AREA-Ergebnisse.

von 122.231 ha. Damit decken Stadt und Landkreis Bamberg rund 1,7 % der Fläche Bayerns und 0,34 % der Fläche Deutschlands ab. Die Besiedlungsdichte innerhalb der 36 Landkreisgemeinden liegt mit 124 Personen pro km² Landfläche deutlich unter der bundesweiten Besiedlungsdichte von 229 Personen pro km². Innerhalb des Untersuchungsgebietes hebt sich das Stadtgebiet Bamberg mit 1.280 Einwohnern pro km² hinsichtlich der Besiedlungsdichte deutlich von den umliegenden Landkreisgemeinden ab. Die Einwohnerdichte des gesamten Untersuchungsgebietes liegt damit bei 175 Personen pro km² und ist mit der bayerischen Bevölkerungsdichte von 177 Personen pro km² Landfläche vergleichbar. Das Untersuchungsgebiet ist also weniger dicht besiedelt als Deutschland und entspricht in etwa der bayerischen Besiedlungsdichte. Die im Folgenden aufgeführten absoluten Potenzialangaben können vor diesem Hintergrund besser gedeutet werden.

Die im Untersuchungsgebiet ermittelte und zur solaren Energiegewinnung nutzbare Dachfläche von rund 563 ha teilt sich auf in rund 76 ha solarthermisch nutzbare Dachfläche und rund 486 ha Kollektorfläche zur Stromgewinnung mit Photovoltaikanlagen. Dies entspricht einer prozentualen Aufteilung von 14 % für Solarthermie und 86 % für Photovoltaik. Existierende Abschätzungen des Dachflächenpotenzials für das Bilanzierungsgebiet Deutschland ermöglichen es, das ermittelte Ergebnis in einen Kontext zu bringen. Die ermittelten Gebäudeflächenpotenziale einiger Studien sind in Tabelle F-8 zusammengestellt.

	Solar nutz- bare Dach- fläche [ha]	Solar nutz- bare Fassa- denfläche [ha]	Solar nutz- bare Gebäu- defläche [ha]
Kaltschmitt und Wiese; 1993 [38 S. 30]	80.000	-	80.000
Enquete Kommission Bundestag; 2002	110.000	80.000	190.000
IEA Task 7; 2002 [33 S. 104]	129.600	46.600	176.200
Quaschnig; 2000 [53s. 46]	130.000	20.0000	150.000
Ecofys GmbH; 2004 [24 S. 18]	167.000	58.400	234.400
TU München ⁸ ; 2011 [45 S. 12]	162.600	-	-
Mittelwert (ohne 1993)	140.000	51.000	188.000

Tabelle F-8: Solares Gebäudeflächenpotenzial in Deutschland; Ergebnisse verschiedener Studien.

⁸ Berechnung aus Angaben der Studie: PV-Anlagenleistung Deutschland: 161 GW; spezifische Leistung: 150 W_{el}/m²; Dachflächenanteil PV an Gesamtdachfläche: 66 %

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Angaben der Ecofys GmbH und der TU München aus den Jahren 2004 und 2011 die höchste Aktualität aufweisen. Aufgrund der Abweichung der Studien untereinander und der verschiedenen Aktualitäten wird für die weitere Betrachtung der Mittelwert der Studien ab dem Jahr 2000 angenommen. Da die solar nutzbare Fassadenfläche in dieser Arbeit unberücksichtigt bleibt, wird die solar nutzbare Dachfläche von 140.000 ha als Bezugsgröße herangezogen. Das in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelte Dachflächenpotenzial entspricht demzufolge 0,4 % des solaren Dachflächenpotenzials in Deutschland. Das Ergebnis entspricht dem flächenmäßigen Anteil, den Stadt und Landkreis Bamberg von Deutschland einnehmen. Zum Vergleich der solar nutzbaren Dachfläche mit dem Bilanzierungsgebiet Bayern konnte nur eine Studie ausfindig gemacht werden. Die Ergebnisse der von der TU München durchgeführten Studie sind in Tabelle F-9 zusammengefasst.

Siedlungskategorie	PV-Potenzial [GW _p]	A _{Solarthermie} ¹ [ha]	A _{PV} ¹ [ha]	A _{Gesamt} ¹ [ha]
Land	2,8	635	1.232	1.867
Dorf	12,0	2.720	5.280	8.000
Kleinstadt	8,3	1.881	3.652	5.533
Mittel- und Großstadt	2,2	499	968	1.467
Summe Bayern	25,3	5.735	11.132	16.867

Tabelle F-9: Solares Dachflächenpotenzial in Bayern. (vgl. [45 S. 11])

Das ermittelte Dachflächenpotenzial der Studie beläuft sich auf 16.867 ha. Im ländlichen Raum und in Kleinstädten wird das höchste Potenzial ermittelt. Die für Stadt und Landkreis Bamberg ermittelte Dachfläche zur Solarenergiegewinnung von 563 ha entspricht 3,3 Prozent des Dachflächenpotenzials in Bayern. Gemessen am flächenmäßigen Anteil, den Stadt und Landkreis Bamberg von Bayern einnehmen, liegt das Ergebnis um den Faktor zwei höher. In Tabelle F-10 sind die ermittelten Dachflächenangaben in spezifischen Größen angegeben.

Tabelle F-10: Spezifische Dachflächenpotenziale.

Kategorie	Einheit	Deutschland	Bayern	LK Bamberg
Besiedlungsdichte	[Pers/km ² _{Land}]	229	177	175
Kollektorfläche	[m ² _K /Pers]	17	13	26
Kollektorfläche	[m ² _K /km ² _{Land}]	3.900	2.400	4.600

Es ist erkennbar, dass die Ergebnisse für Bayern und das Untersuchungsgebiet, obgleich sie sich jeweils auf ein Gebiet mit vergleichbarer Besiedlungsdichte beziehen, voneinander abweichen. Die beste Bezugsgröße zum Vergleich der Dachflächenpotenziale ist die Grundfläche der Gebäude. Angaben hierzu sind weder für Bayern noch für das gesamte Bundesgebiet frei verfügbar. Es ist nicht hinreichend zu klären, ob die Abweichungen allein auf den unterschiedlichen Ansätzen der Ermittlungen beruhen oder ob die Potenziale der verschiedenen Gebiete tatsächlich voneinander abweichen. Der in Kapitel II.e geschilderte Vergleich mit Messwerten verdeutlicht, dass die ermittelten Flächenangaben in einem sehr realistischen Bereich liegen und für die weitere Vorgehensweise als verlässliche Grundlage herangezogen werden können.

Die gemeindescharfen Ergebnisse der Dachflächenanalyse in Stadt und Landkreis Bamberg sind in Tabelle F-11 aufgelistet und in den folgenden Unterkapiteln grafisch dargestellt.

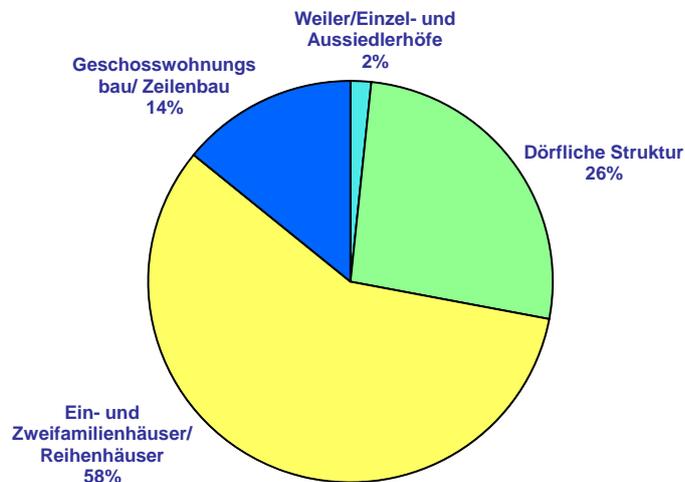
Tabelle F-11: Dachflächenpotenzial in Stadt und Landkreis Bamberg

	A_{GG} [m ²]	A_{Solarthermie} [m ²]	A_{PV} [m ²]	Wärme [MWh _{th} /a]	Strom [MWh _{el} /a]
Altendorf	190.824	8.237	60.255	2.883	9.216
Bamberg	4.537.212	171.499	1.101.367	60.015	170.986
Baunach	326.533	13.386	83.455	4.685	12.650
Bischberg	426.033	21.181	120.107	7.413	18.285
Breitengüßbach	352.132	14.715	100.175	5.150	15.385
Burgebrach	789.959	30.622	237.249	10.712	36.191
Burgwindheim	199.704	7.515	56.090	2.631	8.436
Buttenheim	374.089	13.219	99.805	4.627	15.278
Ebrach	255.884	8.401	68.603	2.940	10.541
Frensdorf	465.817	26.046	138.704	9.111	21.127
Gerach	72.247	3.729	20.668	1.305	2.991
Gundelsheim	182.954	12.361	51.761	4.326	8.072
Hallstadt	724.856	21.999	215.905	7.699	33.674
Heiligenstadt	447.735	19.499	131.856	6.846	19.736
Hirschaid	929.654	42.529	250.789	14.883	38.982
Kemmern	163.821	10.072	46.422	3.525	7.077
Königsfeld	214.897	8.689	62.975	3.041	9.367
Lauter	120.188	6.119	35.596	2.142	5.253
Lisberg	147.447	7.086	42.322	2.481	6.420
Litzendorf	421.446	26.272	118.347	9.193	17.986
Memmelsdorf	517.081	32.515	151.954	11.382	23.038
Oberhaid	361.914	18.486	109.747	6.470	16.428
Pettstadt	199.242	8.869	67.549	3.100	10.351
Pommersfelden	342.446	14.124	94.340	4.944	14.258
Priesendorf	129.977	6.364	35.508	2.227	5.323
Rattelsdorf	439.658	17.469	100.644	6.114	15.100
Reckendorf	157.114	5.800	30.239	2.030	4.555
Scheßlitz	845.476	33.130	241.437	11.600	36.488
Schlüsselfeld	740.014	28.178	229.658	9.869	35.099
Schönbrunn	206.037	9.850	63.752	3.448	9.459
Stadelhofen	208.626	8.494	63.440	2.973	9.516
Stegaurach	446.591	27.067	131.778	9.473	20.114
Strullendorf	678.210	31.356	210.730	10.973	32.238
Viereth-Trunstadt	282.815	15.123	82.434	5.295	12.380
Walsdorf	209.856	10.845	62.819	3.796	9.522
Wattendorf	97.074	4.353	27.174	1.524	3.978
Zapfendorf	457.903	18.270	116.156	6.394	17.439
Σ Stadt / Lkr. BA	17.667.250	763.470	4.861.904	267.223	742.958

II.g Solarthermie

Die in Stadt und Landkreis Bamberg ermittelte Dachfläche zur solarthermischen Nutzung beläuft sich auf 763.470 m². Der jährliche thermische Energieertrag beträgt rund 267.000 MWh_{th}. Dies entspricht einer Energiemenge von 1.244 kWh_{th} pro Einwohner. Der mit den Bestandsanlagen jährlich erzeugte thermische Energieertrag liegt bei 94 kWh_{th} pro Einwohner. Hieraus resultiert ein möglicher Ausbau der Solarthermie um den Faktor 13. In der folgenden Abbildung ist die Verteilung des Solarthermiepotenzials auf die Referenzgebiete dargestellt. Die Grafik beinhaltet lediglich Referenzgebiete, in denen die Hauptnutzungsart „Wohnen“ vertreten ist. Es wird ersichtlich, dass die „Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser“ das größte Potenzial mit 58 % vorweisen können, gefolgt von den Kategorien „Dörfliche Struktur“ mit 26 % und „Geschosswohnungsbau/ Zeilenbau“ mit 14 %. Der Referenzgebietstyp „Weiler/ Einzel- und Aussiedlerhöfe“ nimmt einen geringen Anteil von 2 % ein.

Anteile der Referenzgebiete am Wärmeerzeugungspotenzial
(Bilanzierungsgebiet: Landkreis und Stadt Bamberg; ohne denkmalgeschützte Gebäude, Bauensembles und Altstadtquartiere)



Wie sich das solarthermische Dachflächenpotenzial auf die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebietes aufteilt, ist in Abbildung F-8 grafisch dargestellt.

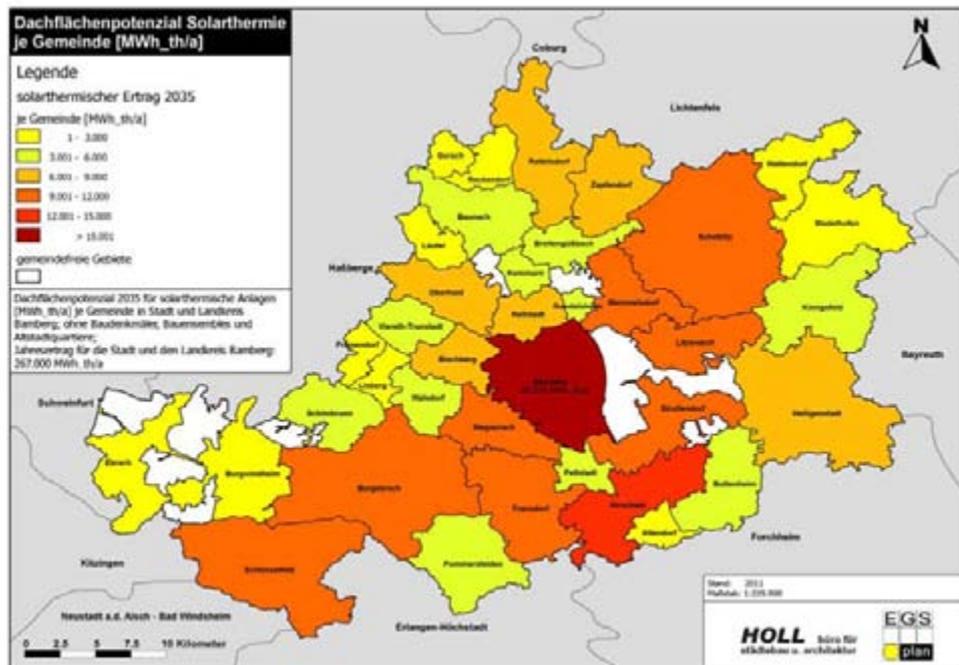


Abbildung F-8: Dachflächenpotenzial Solarthermie 2035.

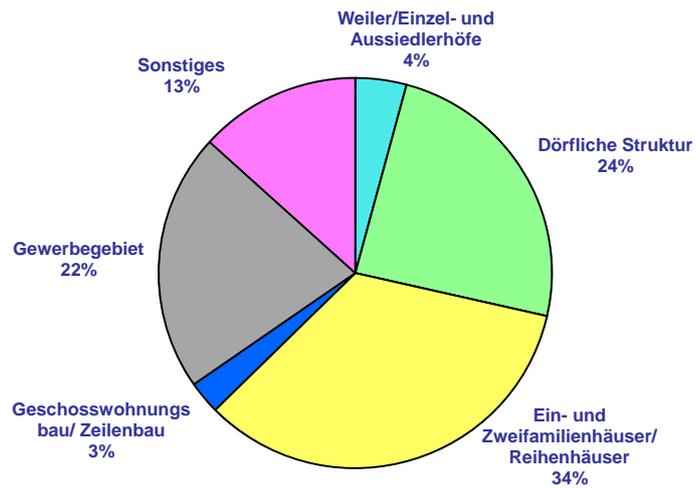
Die Verteilung des solarthermischen Potenzials gleicht der Verteilung der installierten Solarthermiekollektorfläche aus der Bestandsanalyse (vgl. Abbildung B-5). Der solarthermische Anlagenbestand spiegelt indirekt die Bevölkerungsverteilung in Stadt und Landkreis Bamberg wieder. Die Systematik zur Aufteilung der Dachfläche in Solarthermie und Photovoltaik wird durch dieses Ergebnis bestätigt. Aufgrund der hohen Einwohnerdichte ist im Stadtgebiet Bamberg das Potenzial am höchsten, obgleich die komplette Altstadt vom Potenzial ausgenommen ist.

II.h Photovoltaik

Die zur Photovoltaik nutzbare Dachfläche des Landkreises ist rund 486 Hektar groß. Auf dieser Fläche kann eine photovoltaische Leistung von 884 MW_p installiert werden. Bezogen auf das Jahr 2035 können jährlich rund 743.000 MWh elektrischer Strom erzeugt werden. Dies entspricht einer Energiemenge von 3.500 kWh_{el} pro Einwohner. Ende 2010 betrug die pro Einwohner durch Photovoltaik erzeugte Energie weniger als 350 kWh_{el} pro Jahr. Die Verteilung des Photovoltaikpotenzials auf die einzelnen Referenzgebiete ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei dominieren die „Ein- und Zweifamilienhäuser/ Reihenhäuser“ mit einem Anteil von 34 %. Die „Dörfliche Struktur“ mit 24 % und die „Gewerbegebiete“ mit 22 % folgen. Aufgrund der guten Voraussetzungen für Solaranlagen auf Industriebauten erhöht sich deren Anteil im Vergleich zur Gebäudegrundflächenverteilung in Abbildung E-4. Die restlichen Referenzgebietstypen entsprechen einem Po-

tenzialanteil von 20 %. Der Referenzgebietstyp „Altstadtquartier“ weist aufgrund des eingangs definierten Ausschlusses kein Potenzial vor.

Anteile der Referenzgebiete am Stromerzeugungspotenzial
(Bilanzierungsgebiet: Landkreis und Stadt Bamberg; ohne denkmalgeschützte Gebäude, Bauensembles und Altstadtquartiere)



Die räumliche Verteilung des ermittelten Potenzials auf die einzelnen Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets ist in Abbildung F-9 zu sehen.

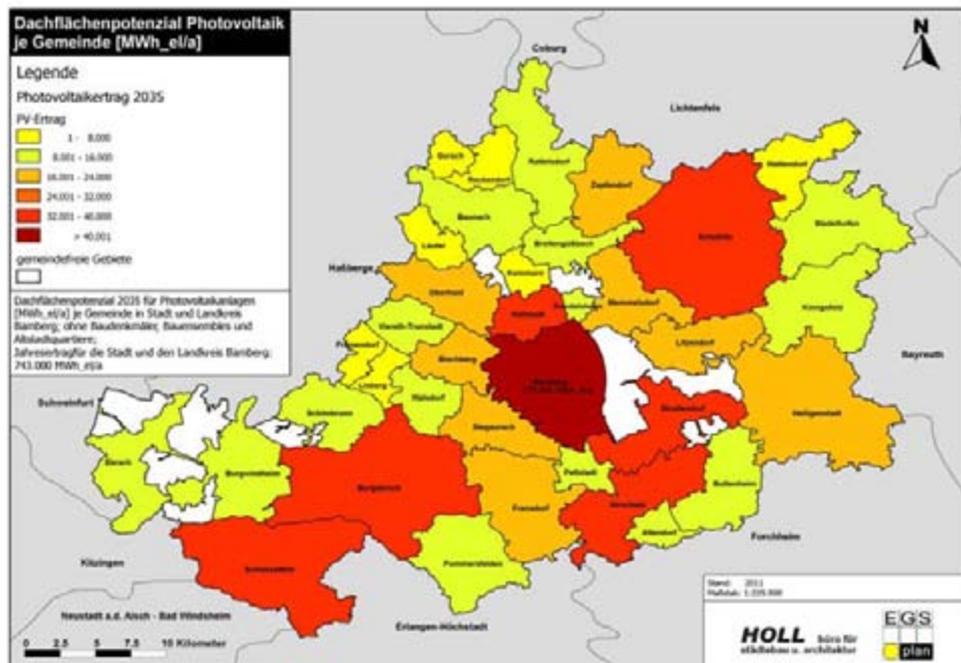


Abbildung F-9: Dachflächenpotenzial Photovoltaik 2035.

Grundsätzlich gleicht die Verteilung dem solarthermischen Potenzial. Das höchste Potenzial besteht im Stadtgebiet Bamberg; dies ist unter anderem auf die großflächigen Industriegebiete im Nordwesten zurückzuführen. Die vielen Industriegebiete sorgen auch in der Stadt Hallstadt für ein im Vergleich zur Solarthermie hohes Photovoltaikpotenzial.

G ENTWICKLUNGSKONZEPT

Das Kapitel G „Entwicklungskonzept“ gibt zunächst einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der Potenzialanalyse und nimmt eine erste Bewertung dieser Ergebnisse vor. Die aus der Potenzialanalyse stammenden Strom- und Wärmeertragsdaten werden sodann in den Kontext des für das Jahr 2035 angestrebten Energieautarkieziels der Klimaallianz Bamberg gestellt. Durch die vergleichende Gegenüberstellung des für Stadt und Landkreis Bamberg ermittelten Solarenergiepotenzials mit dem prognostizierten Energiebedarf im Jahr 2035 können erste Aussagen getroffen werden, inwieweit das Energieautarkieziel erreicht werden kann.

Des Weiteren werden verschiedene Ausbauszenarien entwickelt und im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung bewertet. Die dieser Berechnung zugrunde gelegten, in die Zukunft fortgeschriebenen Rahmenbedingungen sind detailliert dargestellt, so dass die Vorgehensweise bei der Entwicklung der Ausbauszenarien transparent und nachvollziehbar wird.

Aufbauend auf den Ergebnissen, die sich aus den Ausbauszenarien ableiten lassen, wird abschließend das Entwicklungskonzept für das favorisierte Ausbauszenario dargestellt. Dabei werden neben den ersten notwendigen Schritten zur Hebung des Potenzials auch die städtebaulichen und landschaftsplanerischen Erfordernisse dargestellt. Anschließend werden die Hilfs- und Anreizmittel beschrieben, die zur Aktivierung privater Interessenten an der Errichtung solartechnischer Anlagen eingesetzt werden können. Hierzu zählen die Bereitstellung eines Solarrechners auf der Homepage der Klimaallianz Bamberg, die Ausgabe von Fragebögen an Anlageninteressierte und die Verfügbarmachung von Geoinformationsdaten der Potenzialanalyse.

Die vorgenommene Gegenüberstellung des Solarpotenzials und des prognostizierten Energieverbrauchs im Jahr 2035 wird für jede Stadt und Gemeinde des Untersuchungsgebiets in den Anhängen separat wiederholt. Hierbei wird unter Berücksichtigung aller Potenziale bewertet, ob die Stadt bzw. Gemeinde in der Lage ist, bis 2035 eine autarke Energieversorgung oder gar einen Energieüberschuss zu erzielen und damit einen besonderen Beitrag zur Erreichung des Energieautarkieziels auf Gesamtgebietsebene zu leisten.

In den Anhängen wurde für die Städte und Gemeinden keine separate Szenarientwicklung vorgenommen. Die im nachfolgenden Kapitel erläuterte Szenarientwicklung wird auf Grundlage des Analyseergebnisses für das gesamte Untersuchungsgebiet erarbeitet.

I. DARSTELLUNG ALLER MÖGLICHEN POTENZIALFLÄCHEN (DACH- UND FREIFLÄCHEN) DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Die im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelten Potenziale auf Freiflächen und Dachflächen belaufen sich im Bereich Photovoltaik auf 1.321.349 MWh_e/a und bei der Solarthermie auf 267.223 MWh_{th}/a. Bei der Photovoltaik beträgt der Anteil der Dachflächenanlagen am Gesamtpotenzial 56 %, während die Freiflächenanlagen 44 % des Gesamtpotenzials ausmachen. Die geografische Verteilung der Potenzialflächen im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung G-1 veranschaulicht. Das Dachflächenpotenzial, das durch eine Hochrechnung bestimmt wurde und auf die ermittelten Referenzgebiete verteilt ist, ist in der Abbildung zusammengefasst als hellblaue Fläche ablesbar.

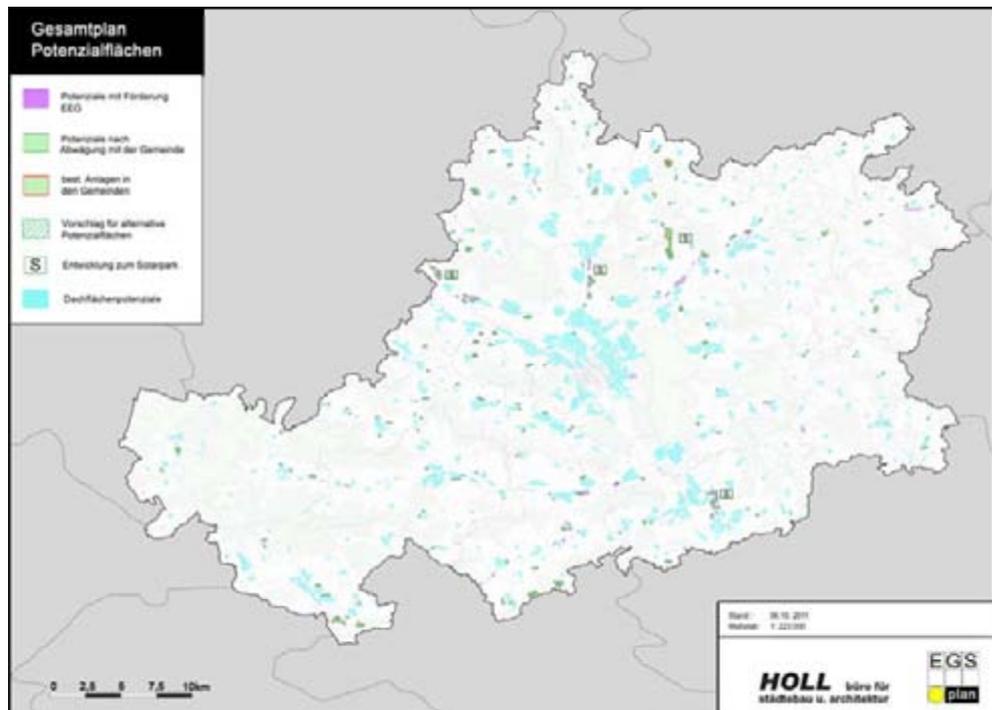


Abbildung G-1: Potenzialflächen (Frei- und Dachflächen) des Untersuchungsgebietes

II. AUTARKIEZIEL DER KLIMAALLIANZ BAMBERG

Die Stadt und der Landkreis Bamberg verfolgen das Ziel, den eigenen Energiebedarf bis zum Jahr 2035 autark durch erneuerbare Energien zu decken. Im vorliegenden Kapitel wird dieses Vorhaben auf seine Realisierbarkeit hin analysiert, indem das ermittelte Solarenergiepotenzial für Stadt und Landkreis Bamberg dem prognostizierten Energiebedarf im Jahr 2035 gegenübergestellt wird.

Der zu deckende thermische und elektrische Energiebedarf der Stadt und des Landkreises Bamberg im Bezugsjahr 2035 ist den Ergebnissen der vom Fraunhofer-Institut UMSICHT durchgeführten „Potenzialanalyse erneuerbare Energien für das Gebiet der Stadt und Landkreises Bamberg“ entnommen (vgl. [31]). Für das Jahr 2035 wird ein jährlicher thermischer Bedarf von 1.443.967 MWh_{th} in Stadt und Landkreis Bamberg prognostiziert. In Abhängigkeit davon, wie der Autarkiebegriff definiert ist, umfasst der Strombedarf auch die Substitution von Kraftstoffen. Der Strombedarf im Jahr 2035 inklusive Substitution von Kraftstoffen beläuft sich auf jährlich 1.717.646 MWh_{el} in Stadt und Landkreis Bamberg. Ohne die Substitution von Kraftstoffen reduziert sich der elektrische Bedarf um ein Drittel auf 1.122.451 MWh_{el}.

Für die Bewertung des Autarkiebestrebens wird für den Bereich Strom das Szenario ohne Stromäquivalente für Verkehrskraftstoffe als Leitszenario verwendet. Der prognostizierte Energiebedarf ist hierbei durch die im Landkreis und in der Stadt Bamberg installierten erneuerbaren Erzeugungsanlagen zu decken. Um den Anteil der Solarenergie an einer autarken Energieversorgung zu ermitteln, wird der erfasste Anlagenbestand entsprechend der „BMU Leitstudie 2010“ auf das Jahr 2035 fortgeschrieben. Die resultierenden Daten erlauben eine Prognose über den zu erwartenden Energieträgermix bei einer Versorgung basierend auf 100 % erneuerbarer Energien. Mit den aus [48] abgeleiteten Ausbaufaktoren, die für das Erreichen einer regenerativen Energieerzeugung notwendig sind, ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein Photovoltaikanteil von 57 % bei der Strombedarfsdeckung. Im Wärmebereich resultiert analog dazu ein erforderlicher Solarthermieanteil von 26 % bei der Wärmebedarfsdeckung. Die restlichen für die Bedarfsdeckung notwendigen Energiemengen werden durch weitere erneuerbare Energieträger bereitzustellen sein.

II.a Photovoltaik

Der für das Jahr 2035 prognostizierte Strombedarf in Stadt und Landkreis Bamberg beläuft sich auf 1.122 GWh_{el}. Unter der Annahme, dass 57 % des Strombedarfs durch Photovoltaik zu decken sind (vgl. Abbildung G-2), reduziert sich die Strommenge auf 636 GWh_{el}. Das gesamte Photovoltaikpotenzial im Untersuchungsgebiet nimmt einen Wert von 1.321 GWh_{el} ein. Abbildung G-3 verdeutlicht, dass mit dem ermittelten Photovoltaikpotenzial der benötigte Strombedarf gedeckt werden kann. Mit der Ende 2010 installierten Leistung können bereits über zehn Prozent des zukünftigen Bedarfs gedeckt werden. Die zusätzlich benötigte Energie ist mit den Photovoltaikanlagen auf Frei- oder Dachflächen zu gewinnen. Diese bilanzielle Betrachtung zeigt zusätzlich, dass das Potenzial den Bedarf um den Faktor zwei übersteigt. Ebenso kann aus der Grafik abgelesen werden, dass das Dachflächenpotenzial zur Bedarfsdeckung ausreichen würde. Die von den Städten und Gemeinden akzeptierten Freiflächen (bPV, KPF, KGF) haben ein Potenzial von 400 GWh_{el}. Werden diese Flächen um ein Drittel des Dachflächenpotenzials gehoben, so kann der erforderliche Strombedarf gedeckt werden. Im Bereich Photovoltaik besteht somit die Situation, dass durch die variabel gestaltbare Ausnutzung von 48 % des Photovoltaikpotenzials der Energiebedarf autark gedeckt werden kann.

Aus der Kenntnis über die zukünftig zu erzeugende elektrische Energie ergibt sich die Photovoltaikleistung, die bis Ende des Jahres 2034 in Stadt und Landkreis Bamberg installiert sein muss. Die benötigte Photovoltaikleistung Ende 2034 beträgt 706 MW_p. Abzüglich der Ende 2010 installierten Leistung von 78,8 MW_p ist in den kommenden Jahren ein Ausbau um den Faktor neun erforderlich.

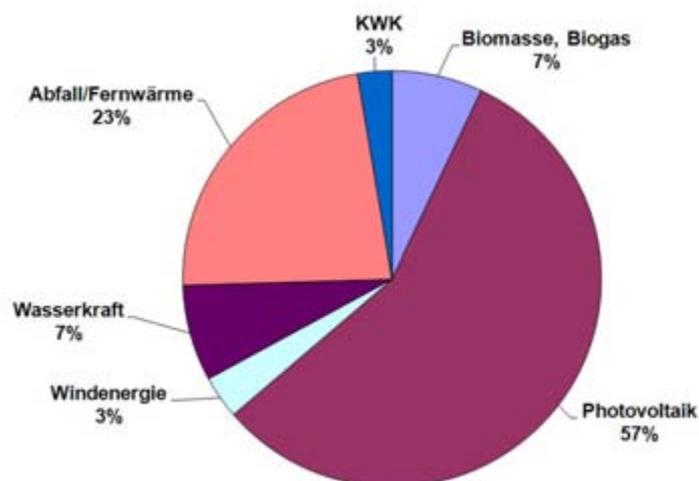


Abbildung G-2: Entwicklung erneuerbarer Energien im Jahr 2035 nach der BMU Leitstudie

II.b Solarthermie

Für den Wärmebereich resultiert nach [31] ein prognostizierter Wärmebedarf im Untersuchungsgebiet in Höhe von 1.444 GWh_{th}/a. Bei einem Ausbau der erneuerbaren Energien entsprechend der „BMU Leitstudie 2010“ sind 26 % des Wärmebedarfs beziehungsweise 373 GWh_{th}/a durch Solarthermie bereitzustellen. Das berechnete Solarthermiepotezial beläuft sich auf 267 GWh_{th}/a. Damit wird ersichtlich, dass das ermittelte Potenzial nicht zur Deckung des Bedarfs ausreicht. Für die Stadt und den Landkreis Bamberg entsteht unter den genannten Rahmenbedingungen eine Versorgungslücke in Höhe von 106 GWh_{th}/a. Mit der Abbildung G-3 wird ersichtlich, dass die Solarthermie den geforderten Beitrag zu einer erneuerbaren Wärmeversorgung nicht komplett decken kann. Folglich sind die weiteren erneuerbaren Energien, die 74 % des Wärmebedarfs zu decken haben, näher zu betrachten und zukünftig verstärkt auszubauen. Dem verstärkten Ausbau der weiteren erneuerbaren Energieträger im Wärmebereich, wie Biomasse, Biogas oder Erdwärme, kommt daher eine besondere Rolle zu. Ebenso ergibt sich die Möglichkeit, einen Teil des Photovoltaik-Überschusses für den Betrieb elektrischer Wärmepumpen zu nutzen, um damit einen Teil des Wärmebedarfs decken zu können.

In Abbildung G-3 sind das Solarenergiepotenzial und der prognostizierte Energiebedarf in Stadt und Landkreis Bamberg nach [31] für die Bereiche Strom und Wärme übersichtlich dargestellt.

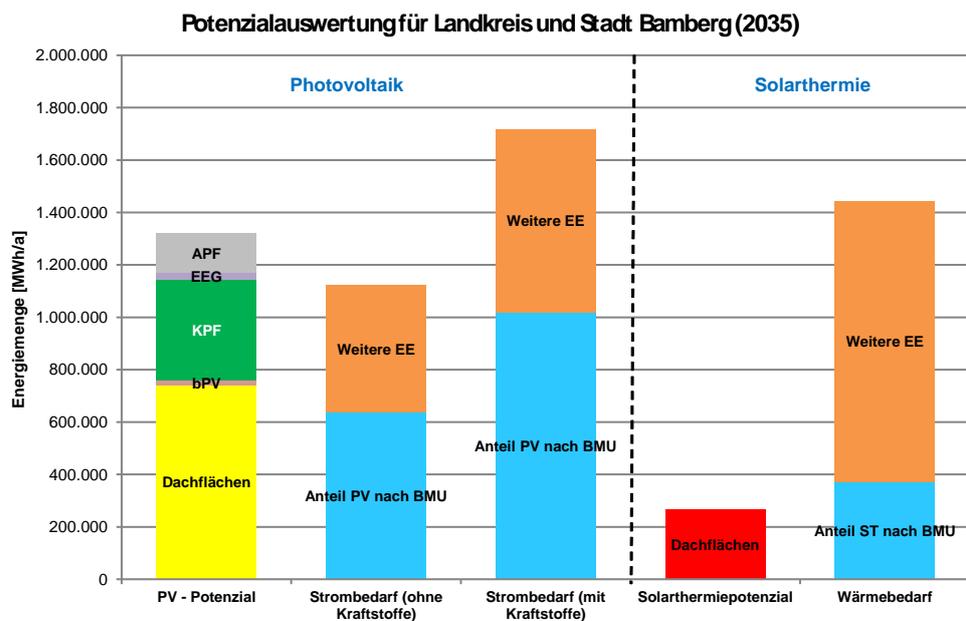


Abbildung G-3: Energiebedarf und solares Potenzial in Stadt und Landkreis Bamberg 2035.

Die im Rahmen dieser Studie vorgenommene Gegenüberstellung von Solarenergiepotenzial und Energiebedarf basiert auf einem bilanziellen Vergleich der Energiemengen. Um das angestrebte Autarkieziel der Klimaallianz Bamberg im Jahr 2035 zu erreichen, sind begleitend hierzu deutliche Anstrengungen und Investitionen in neue Speichertechnologien, den Ausbau des Stromnetzes, „Smart Grids“ und weitere erneuerbare Energien notwendig. Die detaillierte Untersuchung dieser elementaren Bestandteile eines zukunftsfähigen Energiesystems ist jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Studie.

III. SZENARIENENTWICKLUNG

Im Rahmen der Autarkieauswertung für Stadt und Landkreis Bamberg wurden die ermittelten Potenziale dem prognostizierten Bedarf im Jahr 2035 gegenübergestellt. In den folgenden Ausführungen wird das technische Photovoltaikpotenzial unter Berücksichtigung verschiedener Ausbauszenarien und Wirtschaftlichkeitsberechnungen näher untersucht. Zunächst wird dabei das für die Erreichung des Autarkieziels erforderliche Potenzial auf verschiedene Ausbauszenarien projiziert. In einem zweiten Schritt werden die unterschiedlichen Ausbauszenarien anhand von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bewertet. Anschließend kann eine Beurteilung darüber erfolgen, welches Ausbauszenario der Erreichung des Autarkieziels unter Beachtung des Wirtschaftlichkeitsgebots am ehesten dienlich ist.

III.a PV-Ausbaurate

Zum Erreichen des Autarkieszenarios muss der Photovoltaikbestand von 78,8 MW_P in den kommenden Jahren bis Anfang 2035 auf 706 MW_P installierte Photovoltaikleistung ausgebaut werden. Zu welchen Teilen die Leistung auf Dach- oder Freiflächen installiert werden soll, ist ungewiss. Um das Landschaftsbild nicht zu beeinträchtigen, wird von Seiten der Kommunen dazu tendiert, den Anteil der Freiflächen gering zu halten. Theoretisch könnte die gesamte Leistung auf Dachflächen installiert werden. Eine vollständige Hebung des Dachflächenpotenzials bis zum Jahr 2035 ist aber nicht realistisch. In welchem Ausmaß das Dachflächenpotenzial zukünftig gehoben werden muss, ist von der auf Freiflächen installierten Leistung abhängig. Diesen Zusammenhang veranschaulicht Abbildung G-4.

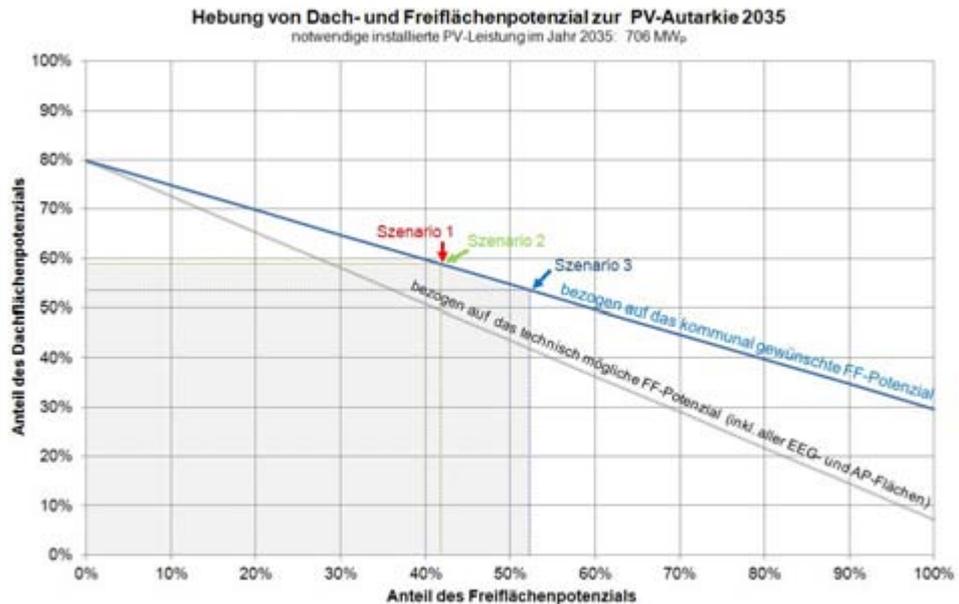


Abbildung G-4: Hebung von Dach- und Freiflächenpotenzial 2035.

Auf der Abszissenachse ist das Freiflächenpotenzial inklusive der bestehenden Freiflächenanlagen aufgetragen. Die Ordinatenachse repräsentiert das Dachflächenpotenzial, bei dem die bestehenden Anlagen ebenfalls berücksichtigt sind. Die blau und grau gefärbten Geraden bilden den zum Erreichen des Autarkieziels nötigen Anteil des Dachflächenpotenzials in Abhängigkeit vom ausgenutzten Freiflächenpotenzial ab. Die graue Gerade beinhaltet hierbei alle geeigneten Freiflächen, während sich die blaue Gerade lediglich auf die von den Städten und Gemeinden präferierten und gewünschten Freiflächen bezieht. Die blaue Gerade wird als Maßstab für die folgende Szenarienbildung verwendet. Die Grafik lässt erkennen, dass im Falle der vollständigen Hebung des Freiflächenpotenzials weniger als 30 % des Dachflächenpotenzials in Anspruch genommen werden müssen, um das Autarkieziel zu erreichen. Ebenso erlaubt die Grafik die Interpretation, dass bei einer Inanspruchnahme von 80 % des Dachflächenpotenzials die Freiflächen nicht genutzt werden müssen.

Im Folgenden sind drei Szenarien definiert, die jeweils als Option für einen möglichen zukünftigen Ausbau der Photovoltaikleistung in Stadt und Landkreis Bamberg aufzufassen sind.

Szenario 1: „Linearer Ausbau“

Ausgehend vom Bestand zum Ende des Jahres 2010 erfolgt im Szenario 1 ein linearer Ausbau der zu installierenden Photovoltaikleistung. Eine autarke Versorgung im Jahr 2035 setzt voraus, dass die benötigte Leistung bereits bis zum Ende des Jahres 2034 installiert ist. Dem Szenario wird eine Ausnutzung des Freiflächenpotenzials von 42 % zu Grunde gelegt. Gemäß Abbildung G-4 bedingt dies, dass das Dachflächenpotenzial zu 59 % gehoben werden muss. Auf Dächern wird dabei ein Zubau von jährlich rund 19 MW_P nötig sein. Auf Freiflächenanlagen erfolgt die Installation von jährlich rund 7 MW_P; dies entspricht der jährlichen Errichtung eines Solarparks mittlerer Größenordnung.

Szenario 2: „Forcierter Ausbau“

Das Szenario sieht vor, dass das Dachflächenpotenzial zu 59 % und das Freiflächenpotenzial zu 42 % gehoben werden. Die Potenzialanteile entsprechen somit dem Szenario 1, lediglich die Ausbaurrate weicht hiervon ab. Ein Viertel der Freiflächenanlagen soll bis zum Jahr 2012 gebaut werden, die restlichen Freiflächenanlagen sollen verstärkt ab dem Jahr 2028 mit einer durchschnittlichen Ausbaurrate von 20 MW_P realisiert werden. Der forcierte Ausbau der Dachflächenanlagen erfolgt bis zum Jahr 2025 und nimmt dann gestaffelt bis zum Zieljahr 2035 hin ab.

Szenario 3: „EEG-Ausbau“

Mit dem Szenario 3 werden jeweils 53 % des Dachflächen- und Freiflächenpotenzials gehoben, so dass das Autarkieziel bis 2035 erreicht wird. Es wird davon ausgegangen, dass im Untersuchungsgebiet bis Ende 2012 50 % der identifizierten EEG-förderfähigen Freiflächenanlagen installiert werden. Der weitere Ausbau von Freiflächenanlagen erfolgt verstärkt gegen Ende des Betrachtungszeitraums. Dachflächenanlagen werden in den nächsten Jahren verstärkt ausgebaut und ab 2015 auf jährlich konstantem Niveau von rund 15 MW_P installiert.

Die wichtigsten Eckpunkte der vorgestellten Szenarien 1 bis 3 sind in Tabelle G-1 zusammengestellt.

Tabelle G-1: Übersicht möglicher Ausbauszenarien.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Dachflächenpotenzial (DF)	59 %	59 %	53 %
Anteil Freiflächenpotenzial (FF)	42 %	42 %	53 %
Beschreibung	Linearer Ausbau	FF zu Beginn, DF verstärkt bis 2025	50 % EEG bis 2012

Die Darstellung der verschiedenen Ausbauszenarien über den Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2035 kann in Abbildung G-5 eingesehen werden. Mit allen drei Szenarien wird das für das Autarkieziel erforderliche Photovoltaikpotenzial in Höhe von 706 MW_p erreicht. Neben dem zeitlichen Verlauf des Photovoltaikausbaus erlaubt die Grafik einen Blick auf die bisherige Entwicklung des Photovoltaikanlagenbestands im Untersuchungsgebiet. Die grüne Linie zeigt dabei den Ausbau bis zum Jahr 2011 auf.

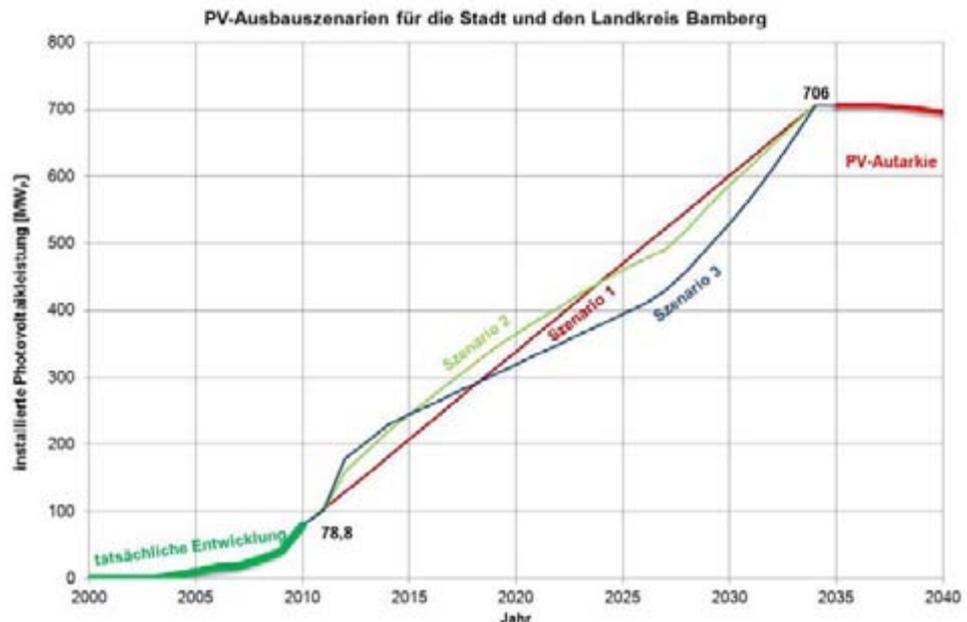


Abbildung G-5: PV-Ausbauzenarien für die Stadt und den Landkreis Bamberg

III.b Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Folgenden soll abgeschätzt werden, welche Investitionskosten bei der Verwirklichung der drei Ausbauszenarien getätigt werden müssen. Dabei werden zukünftige Systempreise auf Basis verschiedener Systempreismodelle entwickelt. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse werden anschließend die Einflüsse zukünftiger Investitionskosten, Vergütungen und Strompreise auf die Wirtschaftlichkeit untersucht. Die abschließende Bewertung der Ergebnisse erlaubt einen Rückschluss, ob die vorgestellten Ausbauszenarien auch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte für das Erreichen des Autarkieziels ausreichen.

1. Systempreisentwicklung

Die Investitionskosten für den Ausbau der Photovoltaik in Stadt und Landkreis Bamberg sind von der Entwicklung der zukünftigen Systempreise abhängig. Im Folgenden ist daher erörtert, welche Preismodelle zur Kostenkalkulation herangezogen werden können und inwieweit die unterschiedlichen Preismodelle die Gesamtinvestition der vorgestellten Ausbauszenarien beeinflussen.

Um Aussagen über die zukünftige Preisentwicklung von Photovoltaikanlagen treffen zu können, soll zunächst die bisherige Preisentwicklung betrachtet werden (Abbildung G-6). Zwischen den Jahren 2006 und 2011 haben sich die Systempreise für Aufdachanlagen halbiert. Im dritten Quartal 2011 lag der durchschnittliche Endkundenpreis für Dachsysteme bei 2.199 €/kW_p. Der Preis für Freiflächenanlagen liegt auf Grund von Skaleneffekten auf einem deutlich geringeren Niveau. Im vergleichbaren Zeitraum wurden Freiflächen-Systeme für ca. 1.800 €/kW_p gehandelt.

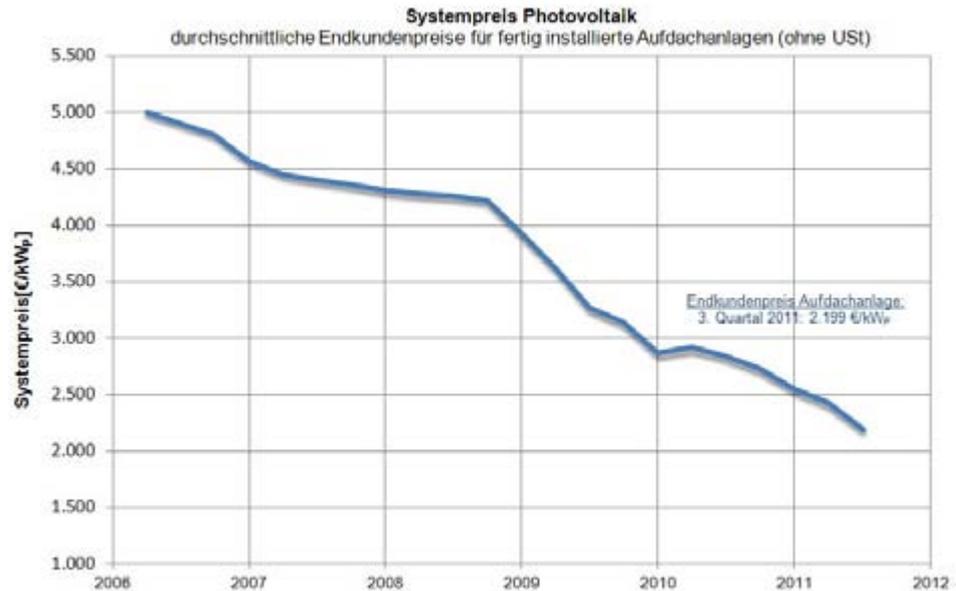


Abbildung G-6: Preisentwicklung Photovoltaikmodule (Daten Dachanlagen: [53 S. 29] [58 S. 4]; Freiflächenpreise gemäß Angeboten)

Inwiefern die zukünftige Preisentwicklung der Photovoltaik aus der bisherigen Systempreisreduktion abzuleiten ist, bleibt fraglich. Fest steht, dass - angetrieben durch die stetig sinkende Förderung durch das EEG - für den zukünftigen wirtschaftlichen Betrieb von Photovoltaikanlagen weitere Preissenkungen notwendig sind. Einsparpotenziale bestehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Photovoltaik-Industrie, vom Rohstofflieferanten bis zum Installateur. Die Systemkosten einer fertig installierten Photovoltaikanlage sind maßgeblich durch die Photovoltaikmodule bestimmt. Eine Reduzierung der Siliziumeinsatzmenge bei der Waferherstellung, eine weitere Steigerung des Zellwirkungsgrades und günstigere Komponenten in der Modulfertigung sind die wesentlichen Hebel zu zukünftigen Kostenreduktionen. Durch Investitionen in Forschung und Entwicklung ist dieses Potenzial ausschöpfbar. Produkt- und Prozessverbesserungen tragen auch im Bereich der verbauten Elektronikkomponenten (Wechselrichter, MPP-Tracker) und der Unterkonstruktionen zu Verbesserungen bei. Eine Erhöhung des Absatzvolumens hat im Produktions- wie auch im Vertriebs- und Installationsbereich Lerneffekte und eine weitere Kostensenkung zur Folge. Der Bundesverband der Solarwirtschaft (BSW) prognostiziert unter der Annahme eines Technologiemixes aus Dünnschicht- und kristallinen Modulen für Aufdachanlagen einen weiteren Preisabfall bis zum Jahr 2020. Weitere fünf Jahre später (2025) könnten die Kosten bereits bei 1.000 €/kW_p liegen (vgl. [42 S. 150]).

In Abbildung G-7 sind vom BSW veröffentlichte Preismodelle bis zum Jahr 2020 zusammengestellt. Die grau hinterlegten Kurven repräsentieren die von der deutschen Photovoltaik-Industrie selbst gesetzten Ziele.

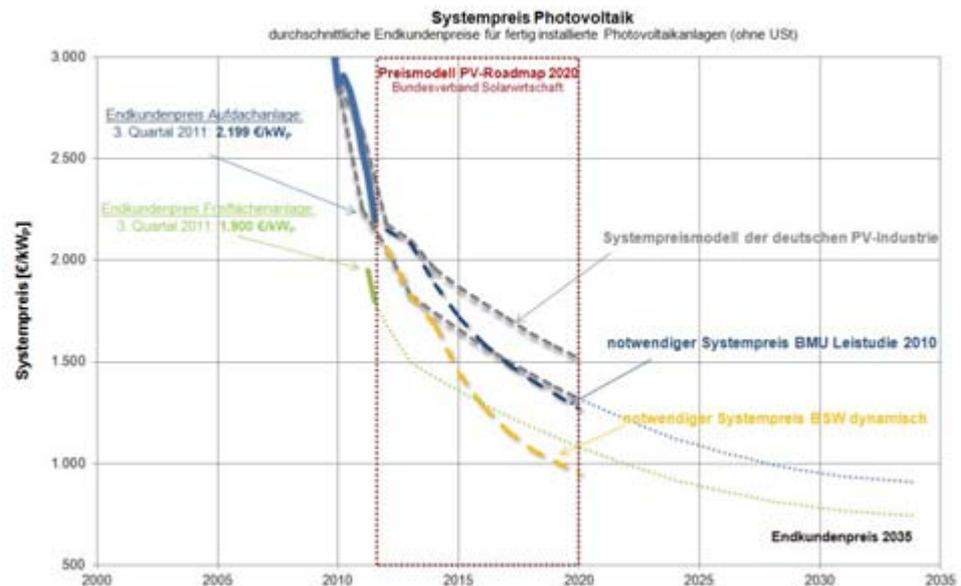


Abbildung G-7: Systempreisentwicklung Photovoltaik bis 2035 (vgl. [53 S. 28ff])

Zur Berechnung der Investitionskosten des geplanten Photovoltaikausbaues in Stadt und Landkreis Bamberg bis Anfang 2035 sind die Systempreise über das Jahr 2020 hinaus notwendig. Zur Kostenkalkulation wird ein weiterer Rückgang der Systempreise angenommen, welcher sich gegen Ende des Betrachtungszeitraumes stabilisiert. Für Freiflächenanlagen ist ausgehend vom Systempreis im Jahr 2011 eine zu den Dachflächen analoge jährliche Degression festgelegt. Für die nachfolgende Berechnung werden in dieser Studie die Preise entsprechend den gepunkteten Linien für Dach- und Freiflächenanlagen herangezogen.

2. Investitionskostenberechnung

Die Investitionskostenberechnung beruht auf den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Systemkostenmodellen. Für jedes Jahr des Betrachtungszeitraumes sollen die Investitionskosten aller im jeweiligen Jahr installierten Anlagen berechnet werden. Die Berechnung erfolgt für die drei definierten Ausbauszenarien. Die Höhe der Gesamtinvestitionen wird von der möglichen Systempreisentwicklung und der Anlagenlebensdauer bestimmt. Als Ergebnis ergibt sich für jedes Ausbauszenario ein Investitionsvolumen, das über den Betrachtungszeitraum hinweg aufgebracht werden muss. Von einer Diskontierung der jährlichen Investitionen auf ein einheitliches Bezugsjahr wird abgesehen.

In Abbildung G-8 sind für die drei vorgestellten Ausbauszenarien die Investitionskosten der jährlich installierten Photovoltaikanlagen dargestellt. Die Berechnung basiert auf dem vorgestellten Systemkostenmodell und einer Anlagenbetriebsdauer von 20 Jahren.



Abbildung G-8: Investitionskostenentwicklung im Untersuchungsgebiet

Da der Ausbau in Szenario 1 linear erfolgt, bilden die jährlichen Investitionssummen das zu Grunde liegende Preismodell ab. Ausgehend von den sinkenden Systemkosten reduzieren sich die jährlichen Investitionen bis zum Jahr 2024 kontinuierlich. Unregelmäßigkeiten ab dem Jahr 2024 erklären sich durch Ersatzinvestitionen, wobei die vor 2011 errichteten Bestandsanlagen erneuert werden, ab dem Jahr 2031 zusätzlich auch die zu Beginn des Betrachtungszeitraums errichteten Anlagen. Die hohen Investitionskosten im Jahr 2031 sind zusätzlich durch den Ersatz der bestehenden Freiflächenanlagen verursacht (17,5 MW_p). In den Szenarien 2 und 3 resultieren die hohen Investitionen im Jahr 2012 aus der Hebung der förderfähigen Freiflächenanlagen. Das über den Betrachtungszeitraum kumulierte Investitionsvolumen liegt für die Szenarien 1 und 3 auf einem ähnlichen Niveau, wobei sich der Ausbau entsprechend Szenario 2 als die günstigste Variante herausstellt. Eine barwertige Betrachtung der Investitionen hätte zur Folge, dass dasjenige Szenario jeweils am günstigsten wäre, bei dem die höchsten Investitionen am Ende des Betrachtungszeitraumes getätigt werden.

Abschließend sind die spezifischen Investitionskosten pro Einwohner und Jahr dargestellt. Bei den drei Szenarien schwanken die spezifischen Investitionskosten zwischen 90 und 650 €/EW*a). Die durchschnittlichen Kosten über den gesamten Betrachtungszeitraum bis 2035 liegen bei rund 180 €/EW*a).



Abbildung G-9: Investitionskostenentwicklung je Einwohner

3. Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Entscheidung zur Installation einer Photovoltaikanlage ist vom wirtschaftlichen Nutzen für den Betreiber abhängig. Um den Ausbau der Photovoltaik im Landkreis und in der Stadt Bamberg unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewerten zu können, sind im Folgenden die in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingehenden Parameter erläutert.

3.1 Betriebs- und Instandhaltungskosten

Neben den einmalig anfallenden Investitionskosten sind während der Betriebszeit einer Photovoltaikanlage weitere Kosten zu betrachten. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die in Tabelle G-2 aufgeführten Betriebs- und Instandhaltungskosten berücksichtigt.

Tabelle G-2: Betriebs- und Instandhaltungskosten (vgl. [59 S. 23])

	Dachanlagen	Freiflächenanlagen	Anzahl der Zahlungen in 20 Jahren
Wechselrichter	10 % der Investition	10 % der Investition	1
Versicherung	10 €/kW _p	10 €/kW _p	20
Messdienste	30 €	500 €	20

Es wird davon ausgegangen, dass die Wechselrichter nach zehn Betriebsjahren ersetzt werden müssen. Innerhalb des EEG-Vergütungszeitraumes von 20 Jahren ist demnach ein einmaliger Wechsel notwendig. Die Höhe der Wechselrichterkosten wird in Abhängigkeit der Investitionskosten kalkuliert. Angesetzt sind diese in einer Höhe von 10 % der Investitionskosten. Durch die Kopplung der Wechselrichter an die Investitionskosten erfolgt eine Berücksichtigung der innerhalb des Betrachtungszeitraumes sinkenden Kosten für Elektronik. Jährlich anfallende Dienstleistungen, wie Versicherungen und Messdienste, sind in absoluten Beträgen angegeben beziehungsweise von der installierten Leistung abhängig. Mit sinkenden Systempreisen bleiben diese Kostenpunkte jedoch konstant, womit eine getrennte Berücksichtigung von Dienstleistungen und Technik gewährleistet ist.

Werden die während der Betriebsdauer von 20 Jahren fälligen Betriebs- und Instandhaltungskosten aufsummiert, ergeben sich jährliche Zahlungen, die einem Prozent der Anlageninvestition entsprechen. Durch abnehmende Wechselrichterkosten erhöht sich dieser Prozentsatz im Betrachtungszeitraum bis 2034. Zusätzlich ist eine jährliche Betriebskostensteigerung von einem Prozent bezogen auf die Vorjahreskosten eingeplant.

Freiflächenanlagen werden häufig auf Gebieten errichtet, die primär für eine andere Verwendung vorgesehen waren. Für die meisten Flächen muss daher eine jährliche Pacht bezahlt werden, die in ihrer Höhe von den alternativen Nutzungsmöglichkeiten der Fläche abhängt. Für Freiflächenanlagen ist eine jährliche Pachtgebühr in Höhe von 2.000 €/ha einkalkuliert.

3.2 Einspeisevergütung nach EEG

Die Vergütungssätze für die Einspeisung von Strom aus solarer Strahlungsenergie sind durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt. Die Höhe der Vergütung richtet sich für den einzelnen Anlagenbetreiber nach dem Jahr der Inbetriebnahme und variiert in Abhängigkeit von installierter Leistung und Anlagenart (Gebäude- oder Freiflächenanlage). Die im Jahr der Installation gültige Vergütung wird konstant über eine Dauer von 20 Jahren ausbezahlt. Dies ermöglicht einen wirtschaftlichen und gut kalkulierbaren Betrieb einer Photovoltaikanlage. Die Höhe der zu Betriebsbeginn festgelegten Vergütung wird jährlich an die sinkenden Investitionskosten der potenziellen Anlagenbetreiber angepasst. In Abbildung G-10 ist die bisherige Entwicklung der Einspeisevergütung von 2004 bis 2011 abgebildet. Dargestellt ist der höchste Vergütungssatz für Photovoltaikanlagen mit Leistungen bis einschließlich 30 kW_p, welche in, an oder auf Gebäuden installiert sind, sowie der geringste Vergütungssatz für Freiflächenanlagen. Aufgrund der immer günstiger zu beziehenden Photovoltaikmodule haben sich die Vergütungssätze seit Inkrafttreten des EEG im Jahr 2004 um 50 % reduziert.

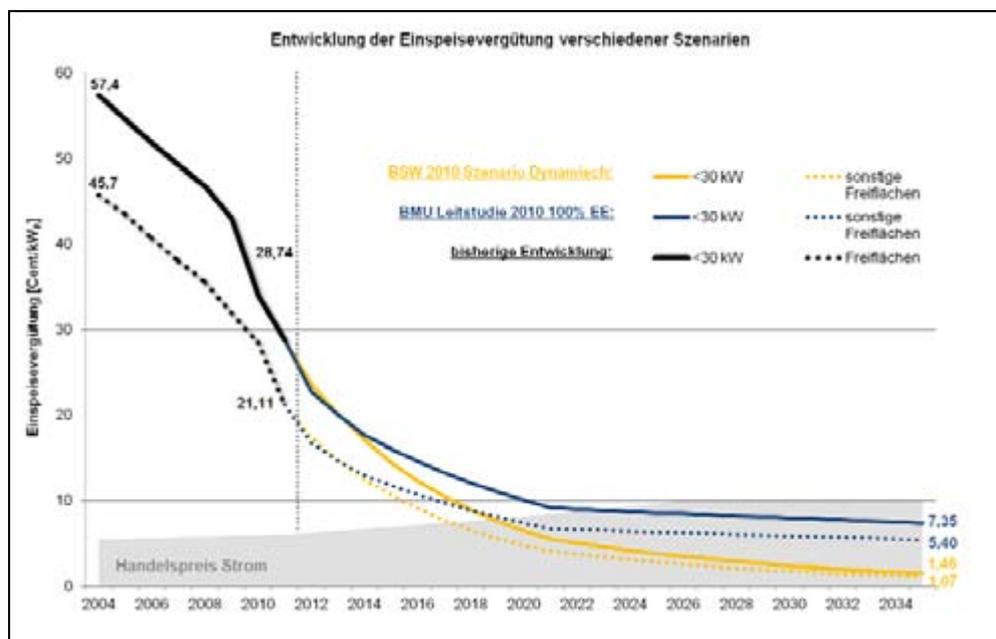


Abbildung G-10: EEG-Vergütung von Strom aus solarer Strahlungsenergie

In den kommenden Jahren verringert sich die Vergütung jährlich um 9 % gegenüber dem Vorjahr. In Abhängigkeit der in Deutschland jährlich zugebauten Photovoltaikleistung erfolgt eine weitere Anhebung oder eine Absenkung des Degressionsrates. Mit dem Inkrafttreten des EEG 2012 erfolgt zudem zukünftig eine innerjährliche Anpassung des Vergütungssatzes.

Ab dem Jahr 2012 sind in Abbildung G-10 die minimalen und maximalen Vergütungssätze dargestellt, wie sie sich aus dem dynamischen BSW Szenario und der BMU Leitstudie ergeben. Im Betrachtungszeitraum bis 2035 erfolgt in beiden Fällen eine deutliche Absenkung der Vergütung. Liegt die Einspeisevergütung in Zukunft unter dem Handelspreis für Strom, wird die Förderung der Photovoltaik durch das EEG überflüssig.

Nutzt ein Anlagenbetreiber den erzeugten Strom selbst, entsteht für ihn ein zusätzlicher Anreiz. Bei Eigenverbrauch von Photovoltaik-Strom in unmittelbarer räumlicher Nähe zur Anlage reduziert sich die Vergütung zunächst für den Teil des selbst genutzten Stroms. Die Reduzierung erfolgt in Abhängigkeit der Höhe des selbst genutzten Anteils. Wird weniger als 30 % des selbst erzeugten Stroms genutzt, verringert sich die Vergütung um 16,38 Cent/kWh. Bei einem Eigennutzungsanteil von 30 % und mehr verringert sich die Reduktion auf 12 Cent/kWh. Der zusätzliche Anreiz der Eigenstromnutzung wird am Beispiel einer Photovoltaikanlage mit einer Leistung unter 30 kW_P deutlich.

$$\begin{array}{l} \text{Eigenstromanteil} \\ < 30 \%: \end{array} \quad 28,74 - 16,38 + 23 = 34,36 \left[\frac{\text{Cent}}{\text{kWh}} \right] \quad \text{Anreiz: } 5,62 \left[\frac{\text{Cent}}{\text{kWh}} \right]$$

$$\begin{array}{l} \text{Eigenstromanteil} \\ \geq 30 \%: \end{array} \quad 28,74 - 12,00 + 23 = 39,74 \left[\frac{\text{Cent}}{\text{kWh}} \right] \quad \text{Anreiz: } 11,00 \left[\frac{\text{Cent}}{\text{kWh}} \right]$$

Gegenüber der kompletten Einspeisung des Stroms ergibt sich bezogen auf die Vergütung, den Strompreis und den Eigenverbrauchsanteil im Jahr 2011 ein zusätzlicher Anreiz von 5,62 bzw. 11,00 Cent/kWh. Laut dem Wechselrichter-Hersteller SMA wird in typischen Mehrpersonenhaushalten im Jahresmittel eine Eigenverbrauchsquote von 20-40 Prozent erreicht [58 S. 2]. In der folgenden Berechnung wird im Sinne einer konservativen Einschätzung bei Dachflächenanlagen ein Eigenstromnutzungsanteil von 25 % festgelegt.

3.3 Strompreis

Zur Bewertung der zukünftigen Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage ist der Strompreis in vielerlei Hinsicht von Bedeutung. Solange die Eigenstromnutzung über das EEG bezuschusst wird, bestimmt der Strompreis ihren wirtschaftlichen Anreiz. Wird die Förderung der Photovoltaik eingestellt, müssen die Stromgestehungskosten auf demselben Niveau liegen wie der aktuelle Strombezugspreis. Für Anlagen, die nicht durch das EEG gefördert werden, kann der produzierte Strom gemäß dem an der Energiebörse gehandelten oder dem mit einem Abnehmer ausgehandelten Preis veräußert werden. Die Strompreise der Energiebör-

se gelten nach Ablauf der EEG-Förderung im Rahmen dieser Studie auch für alle Photovoltaikanlagen, deren Strom nicht durch den Betreiber selbst genutzt wird. Welcher mögliche Preis zukünftig für den Kauf oder den Verkauf einer Kilowattstunde Strom angenommen werden kann, ist im Folgenden erörtert.

Für den in Photovoltaikanlagen ohne EEG-Förderung gewonnenen Strom ist zur weiteren Berechnung der Wirtschaftlichkeit ein Absatzpreis zu definieren. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, den produzierten Strom außerbörslich zu individuell verhandelten Konditionen zu veräußern. Da nach einem belastbaren Referenzpreis für den Zeitraum der nächsten 40 Jahre gesucht wird, soll der an der Europäischen Strombörse EEX (European Energy Exchange AG) erzielbare Preis zu Grunde gelegt werden. Die Geschehnisse der Börse sind verglichen mit dem außerbörslichen Handel deutlich transparenter. An der Strombörse werden standardisierte Produkte gehandelt. Die einzelnen Unterscheidungsmerkmale der Produkte sind der Zeitpunkt der Erfüllung nach Kontraktabschluss (Spot, Termin), die Länge der Erfüllungsdauer (Stunden, Monate, Quartale, Jahre, Season, ...) und das Zeitfenster der Lieferung (Peak, Off Peak, Base, ...) (vgl. [60 S. 270ff]). Photovoltaikstrom kann frühestens Tage, Stunden oder Minuten vor dem Erfüllungszeitpunkt gehandelt werden. Da der Strom nur am Tag produziert wird, beschränkt sich die Erfüllungsdauer auf den Bereich von Stunden. Aus diesem Grund wird unterstellt, dass sich der erzielbare Strompreis am Produkt „Peak“ orientieren muss. Das 200-Tage-Mittel eines Wochentags zur Mittagszeit beträgt im für Deutschland gültigen Marktgebiet PHELIX (Physical Electricity Index) circa 6 Cent/kWh_{el} (vgl. [30]). Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien im Allgemeinen ist von einer Kostendegression auszugehen, dies bestätigen die jüngsten Entwicklungen am Spotmarkt der Strombörse (vgl. [49]).

Der Strombezugspreis für private Haushalte und die Industrie unterlag in der Vergangenheit jedoch einer deutlichen Preissteigerung. Die zurückliegende Entwicklung ist im linken Bereich der Abbildung G-11 dargestellt.

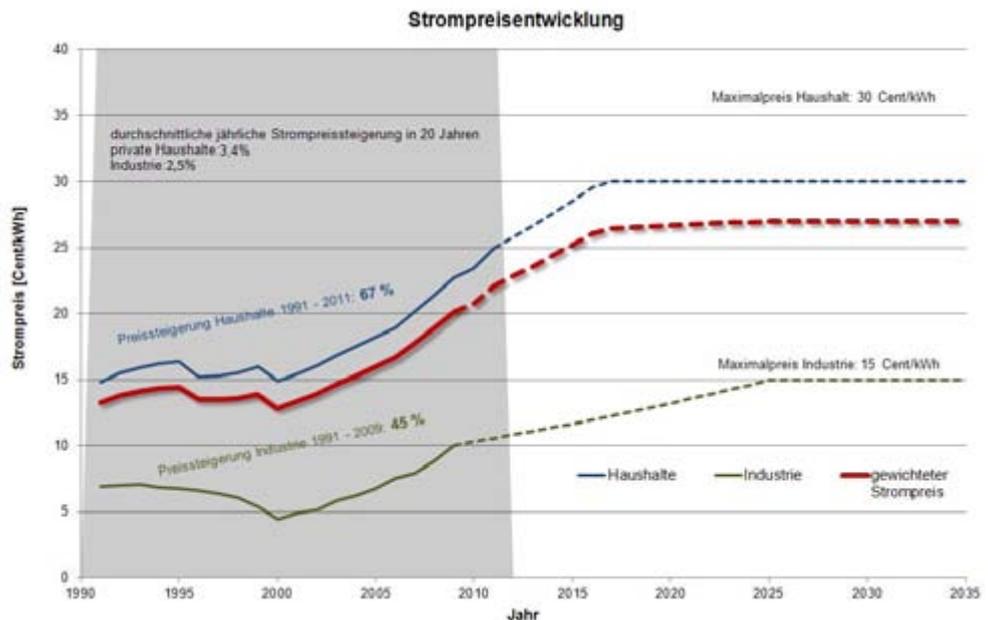


Abbildung G-11: Strompreisentwicklung. (bisherige Entwicklung [20])

Innerhalb der letzten 20 Jahre steigerte sich der mittlere Strombezugspreis für private Haushalte, bezogen auf das Jahr 1991, um 67 %. Im Jahr 2011 liegt der mittlere Bezugspreis bei 25 Cent/kWh⁹. Die Entwicklung entspricht einer dreiprozentigen jährlichen Preissteigerung. Der Strompreis für Abnehmer der Industrie liegt auf einem niedrigeren Niveau. Die Entwicklung weist aber durchaus Parallelen zu der Entwicklung privater Haushalte auf. Die jährliche Preissteigerung beläuft sich auf 2,5 %. Der Grund hierfür liegt an der Gestaltung des Endverbraucherpreises, der sich aus den Stromerzeugungskosten der teuersten Kraftwerke (Merit-Order-Kosten) und den gesetzlichen Abgaben zusammensetzt. Der Anstieg der Preise für fossile Brennstoffe und gesetzliche Abgaben sowie der EEG-Umlage kommen hierfür als Gründe für steigende Endverbraucherpreise in Frage. Die zukünftige Preisentwicklung unterstellt zunächst eine fortlaufende jährliche Preissteigerung gemäß den vergangenen Jahren. Die Endverbraucherpreise erreichen jedoch zukünftig ein Niveau, das sich nicht beliebig nach oben fortführen lässt. Aufgrund der beschriebenen Preisstruktur wird sich zukünftig der Strompreis für Haushalte und Industrie auf ein konstantes Niveau einpendeln. Der gewichtete Strompreis wird nach Erreichen dieser festgelegten Preisobergrenze in der Berechnung als konstant angenommen. Die anschließende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beruht auf einem aus Haushalt und Industrie gewichteten Strompreis (Gewichtung 80 % HH).

⁹ Daten 2011 bis einschließlich Mai

4. Wirtschaftlichkeitsberechnung

EEG-Vergütungen, Strompreise, Investitionskosten sowie Betriebs- und Instandhaltungskosten beeinflussen den wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage. Welchen Einfluss diese zeitlich variablen Parameter auf die definierten Szenarien ausüben, soll die folgende Berechnung aufzeigen. Für die während des Betrachtungszeitraums jedes Jahr zugebauten Photovoltaikanlagen wird jeweils ein durchschnittliches Jahresergebnis berechnet. Die jährlichen Betriebseinnahmen sind den Ausgaben gegenübergestellt, welche sich aus der Finanzierung eines Kredits für die Investition und den Betriebskosten ergeben. Diesen Zusammenhang verdeutlicht die nachstehende Annuitäten-Formel.

$$AN = -I_p \cdot \frac{q^n(q-1)}{q^n-1} + (\text{Einnahmen} - \text{Kosten}) \quad (\text{G-1})$$

Im ersten Term der Formel wird die zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme fällige Investition einer Photovoltaikanlage in gleiche Annuitäten aufgeteilt. Die gleichmäßige Aufteilung erfolgt unter der Berücksichtigung von Zins und Zinseszins über eine Laufzeit von 20 Jahren. Der Finanzierung wird ein für Photovoltaikanlagen üblicher Zinssatz von vier Prozent zu Grunde gelegt (vgl. [39], [61]). Neben der jährlichen Tilgung des Kredites müssen Betriebskosten aufgewendet und bei Freiflächenanlagen noch zusätzlich eine Pachtgebühr entrichtet werden. Zur Berechnung der Betriebskosten sind, abhängig vom Jahr der Anlageninstallation, alle über die Betriebsdauer anfallenden Kosten summiert worden. Umgelegt auf die Betriebsdauer ergeben sich die während der Betriebszeit durchschnittlich resultierenden Jahreskosten. Die Berechnung der Einnahmen erfolgt analog. Die Vergütungen basieren auf den vorgestellten Degressionen in Abhängigkeit der Ausbauszenarien.

Anhand der jährlichen Annuität ergibt sich für die in einem bestimmten Jahr errichteten Anlagen, in Abhängigkeit der jeweiligen Konditionen dieses Zeitpunktes, ein durchschnittliches Jahresergebnis. Ist das Ergebnis positiv, kann eine in diesem Jahr errichtete Anlage wirtschaftlich betrieben werden. Fällt das Jahresergebnis dagegen negativ aus, ist die Summe aus Kredittilgung und Betriebskosten größer als die erzielbaren Einnahmen. Die Annuität ermöglicht es, die in verschiedenen Jahren zu unterschiedlichen Bedingungen errichteten Anlagen bezüglich ihrer wirtschaftlichen Betriebsweise miteinander zu vergleichen.

Abbildung G-12 zeigt die Ergebnisse der vorgestellten Ausbauszenarien. Die Auswertung basiert auf der Annahme, dass sich die EEG-Vergütungssätze gemäß dem nationalen Ausbauszenario der BMU Leitstudie entwickeln (vgl.

„BMU Leitstudie 2010 100 % EE“). Bezüglich der Systempreise ist eine Entwicklung entsprechend dem vom BSW veröffentlichten Preismodell „günstig“ angesetzt. Die Betriebsergebnisse der in den jeweiligen Jahren installierten Anlagen sind auf der primären Ordinatenachse als absolute Größe und auf der Sekundärachse in kumulierter Form aufgetragen.

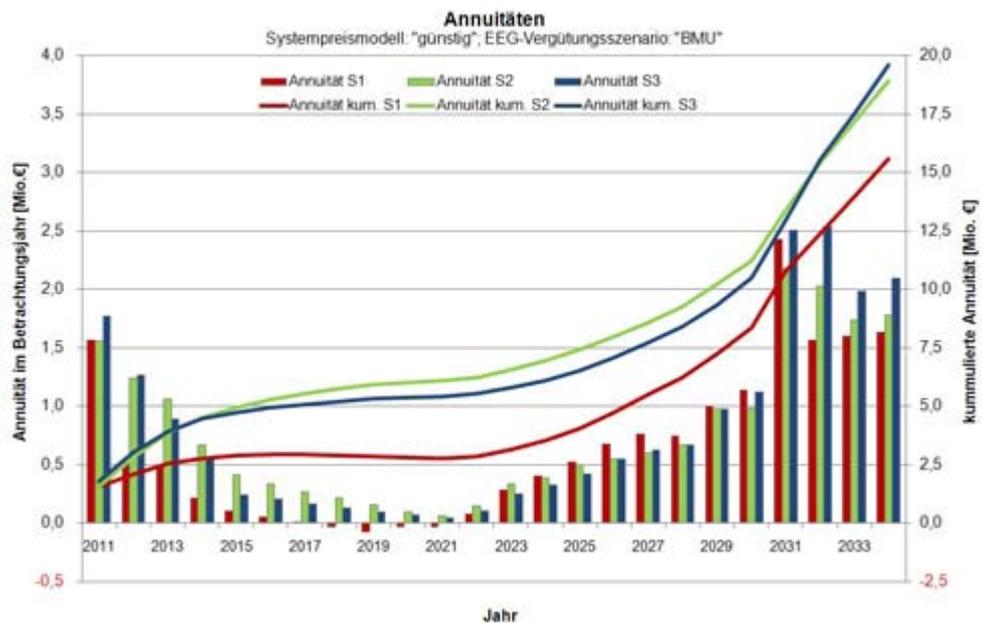


Abbildung G-12: Annuitätenvergleich der Ausbauszenarien.

Im ersten Szenario, dem kontinuierlichen Ausbau, ist zu erkennen, wie die sich über den Betrachtungszeitraum ändernden Eingangsparameter das Betriebsergebnis beeinflussen. Bis zum Ende des Jahres 2023 ist die absolute Größe der installierten Leistung auf einem konstanten Niveau. Da eine maximale Betriebsdauer der Photovoltaikanlagen von 20 Jahren festgelegt wurde, muss der Bestand ab dem Jahr 2024 sukzessive ersetzt werden. Die höheren Annuitäten gegen Ende des Betrachtungszeitraumes resultieren zusätzlich aus günstigeren Betriebsbedingungen. Deutlich wird, dass sich die Verhältnisse besonders gegen Ende der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraumes verschlechtern. Hier fällt das durchschnittliche Betriebsergebnis der in diesem Jahr installierten Anlagen negativ aus.

Der in den Szenarien 2 und 3 beschriebene forcierte Ausbau zu Beginn des Betrachtungszeitraumes erklärt das gegenüber Szenario 1 bessere Betriebsergebnis in diesem Zeitraum. Die Szenarien 2 und 3 weisen ebenfalls eine abnehmende Wirtschaftlichkeit bis zur Mitte des Betrachtungszeitraumes auf. Der starke Anstieg gegen Ende des Szenarios 3 folgt aus dem forcierten Ausbau großer Freiflächenanlagen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit allen drei Ausbauszenarien ein wirtschaftliches Ergebnis erreicht werden kann. Es wird ersichtlich, dass mit den beiden Szenarien 2 und 3 ein deutlich günstigeres Resultat erzielt wird als mit dem Szenario 1, bei dem ein linearer Ausbau vorausgesetzt wird. Grund hierfür ist der forcierte Ausbau von EEG-geförderten Freiflächenanlagen und von Dachanlagen in den nächsten Jahren. Durch sinkende Anlagenpreise und steigende Strompreise resultieren speziell ab 2025 deutlich positive Annuitäten für die ab diesem Zeitpunkt in Betrieb genommenen Anlagen. Unter Berücksichtigung der zum Jahr 2035 hin zunehmend unsicheren Rahmenbedingungen kann das Fazit geäußert werden, dass der verstärkte Ausbau von Frei- und Dachflächen in den nächsten Jahren der notwendige Grundstein für das Erreichen des Autarkieziels bis 2035 ist. Speziell der Ausbau auf Dachflächen wird auch zukünftig aufgrund der Option zur Eigennutzung des Photovoltaik-Stroms wirtschaftlich bleiben.

5. Autarkieanalyse unter Wirtschaftlichkeitsaspekten

Im Folgenden soll untersucht werden, ob mit den zuvor definierten Ausbauszenarien und Wirtschaftlichkeitsberechnungen das Autarkieziel im Untersuchungsgebiet erreicht werden kann. Bei dieser Betrachtung kommt die Vorgabe zum Tragen, dass Photovoltaikanlagen nur dann installiert werden, wenn das Betriebsergebnis der Anlagen positiv ist. Resultiert ein negatives Betriebsergebnis, wird für die weitere Analyse angenommen, dass die Anlagen in dem Jahr nicht installiert werden. Die Betrachtung des Betriebsergebnisses (Annuität) erfolgt für Freiflächen- und Dachflächenanlagen getrennt.

In der nachfolgenden Abbildung G-13 sind die Ergebnisse des Szenarienvergleichs dargestellt. Die 100 %-Grenze markiert in dieser Grafik den Anlagenbestand, der im Jahr 2035 zur Deckung des Strombedarfs notwendig sein wird. Szenario 1 erreicht lediglich 87 % des erforderlichen Ausbaus. Grund hierfür sind die im zweiten Viertel des Betrachtungszeitraums unwirtschaftlichen Freiflächenanlagen, die somit nicht realisiert werden. Im Gegensatz hierzu kann mit den Szenarien 2 und 3 der für das Autarkieziel notwendige PV-Anlagenausbau erreicht werden, wobei unterschiedliche Beiträge von Dach- und Freiflächenanlagen zu verzeichnen sind. Die Grafik veranschaulicht mit den grauen Balken den Anlagenbestand von rund 79 MW_p und zeigt den weiteren Ausbau von Frei- und Dachflächenanlagen in den jeweiligen Szenarien auf.

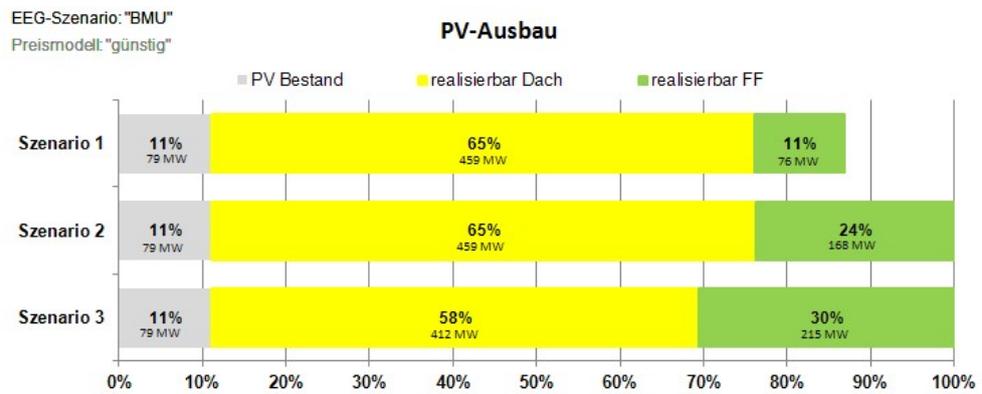


Abbildung G-13: Installierbare Leistung der Szenarien.

Es resultiert somit für den Anlagenausbau entsprechend der Szenarien 2 und 3 sowohl ein wirtschaftlich positives Ergebnis als auch das Fazit, dass mit beiden Varianten das Autarkieziel erreicht werden kann. Für die weitere Analyse und als Grundlage für das Entwicklungskonzept wird daher das Szenario 3 gewählt. Zu begründen ist dies durch das beste wirtschaftliche Ergebnis des Szenarios 3 und die höhere Aussagekraft durch den verstärkten und damit belastbareren Anlagenausbau in der nahen Zukunft.

IV. ERGEBNIS DER SZENARIENANALYSE - ENTWICKLUNGSKONZEPT

IV.a Szenario 3 als Basis für die Verwirklichung des Autarkieszenarios

Die Grundaussage der Potenzialanalyse lautet, dass mit dem ermittelten Photovoltaikpotenzial der prognostizierte Energiebedarf gedeckt werden kann. Das Ausbauszenario 3 benötigt hierzu lediglich 53 % des ermittelten Dach- und Freiflächenpotenzials. In der Abbildung G-14 ist nochmals das ermittelte Potenzial der Dach- und Freiflächen dem benötigten Potenzial entsprechend dem Ausbauszenario 3 dargestellt. Ausgehend vom Dachflächenpotenzial auf der linken Seite, in dem das Potenzial der Referenzgebiete und der Großgebäude enthalten ist, reduziert sich das Gesamtpotenzial um 47 % auf das für die Autarkie notwendige Potenzial. Dabei wird ersichtlich, dass bereits 10 % des Dachflächenpotenzials durch bestehende Anlage gehoben wird. Bei den Freiflächen verringert sich das Potenzial ebenfalls um 47 %. Das für das Szenario 3 nötige Freiflächenpotenzial von 233 MW_p wird dabei schon durch bestehende Freiflächenanlagen zu 8 % gestellt.

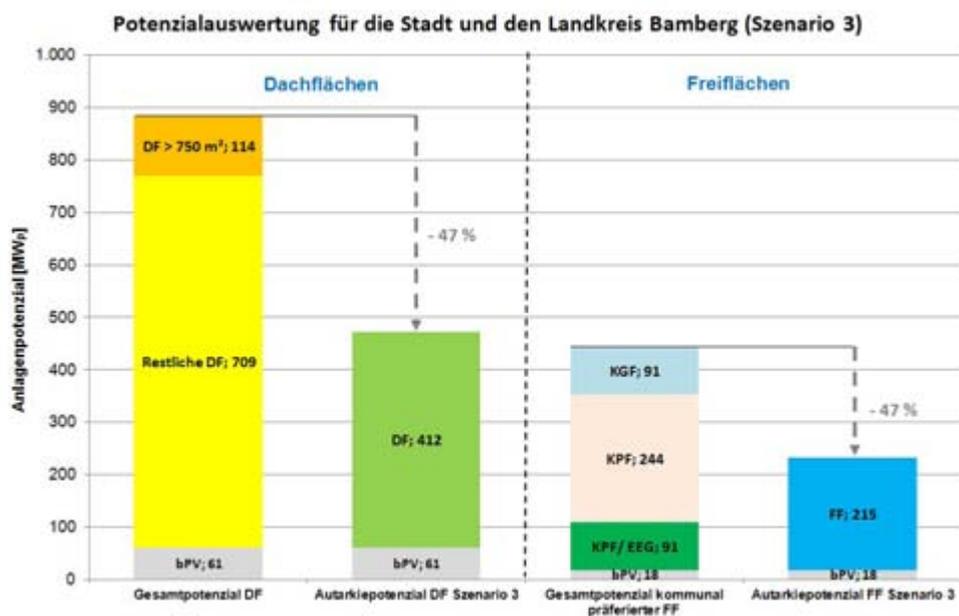


Abbildung G-14: Potenzialausnutzung für das Ausbauszenario 3

IV.b Szenario 3 – Bedeutung für die Kommunen – Überschuss und Defizit

Die bisherige Analyse auf Ebene des Untersuchungsgebiets der Stadt und des Landkreises Bamberg hat einen Potenzialüberschuss ergeben. Dieses Bild ändert sich, wenn die Betrachtungsebene vom gesamten Untersuchungsgebiet auf die Gemeindeebene verschoben wird. Die in Abbildung G-15 enthaltene Karte zeigt die einzelnen Städte und Gemeinden im Untersuchungsgebiet und deren Po-

SOLARFLÄCHENKATASTER BAMBERG

Tabelle G-3: Einwohnerspezifische Kennzahlen des Anlagenbestands 2010 und des Solarenergiepotenzials 2035

	Leistung	Stromertrag	Wärmeertrag	Leistung	Stromertrag	Wärmeertrag
	PV[kw/EV]	PV[kwh/EV]	PV[kwh/EV]	PV[kw/EV]	PV[kwh/EV]	PV[kwh/EV]
	2010	2010	2010	2035	2035	2035
Altendorf	0,29	270	104	11,03	9.608	1.485
Stadt Bamberg	0,10	93	28	3,02	2.581	859
Baunach	0,37	346	175	7,97	6.874	1.199
Bischberg	0,25	237	116	5,37	4.595	1.228
Breitengüßsbach	3,47	3.248	130	7,55	6.555	1.116
Burgebrach	0,63	598	160	9,66	8.293	1.657
Burgwindheim	0,67	633	131	16,46	14.303	1.838
Buttenheim	0,67	634	125	6,78	5.788	1.394
Ebrach	0,38	363	99	10,73	9.308	1.594
Frensdorf	0,44	417	162	12,90	11.302	1.864
Gerach	0,07	65	172	13,19	11.380	1.299
Gundelsheim	0,18	167	104	3,30	2.844	1.312
Hallstadt	0,50	468	35	6,10	5.291	900
Heiligenstadt	0,42	405	166	11,30	9.723	1.880
Hirschaid	0,28	265	105	6,84	5.984	1.276
Kemmern	0,15	136	145	10,53	9.182	1.380
Königsfeld	0,70	674	150	20,39	17.859	2.249
Lauter	0,76	706	170	19,45	16.923	1.862
Lisberg	0,35	331	128	7,98	6.894	1.416
Litzendorf	0,23	217	139	4,81	4.105	1.521
Memmelsdorf	0,15	140	87	6,76	5.868	1.265
Oberhaid	0,37	349	146	13,41	11.675	1.386
Pettstadt	0,31	289	126	9,38	8.054	1.617
Pommersfelden	0,70	659	180	19,70	17.435	1.683
Priesendorf	0,43	406	118	7,24	6.187	1.452
Rattelsdorf	0,45	415	136	8,72	7.498	1.349
Reckendorf	0,24	218	159	7,73	6.695	994
Scheßlitz	0,51	482	130	12,12	10.499	1.620
Schlüsselfeld	0,25	237	132	15,43	13.522	1.716
Schönbrunn	0,35	333	206	14,08	12.157	1.782
Stadelhofen	1,00	957	113	26,56	23.567	2.358
Stegaurach	0,20	191	118	5,21	4.469	1.364
Strullendorf	0,22	202	96	6,18	5.264	1.406
Viereth-Trunstadt	0,42	392	169	6,47	5.491	1.453
Walsdorf	0,32	303	86	7,68	6.622	1.460
Wattendorf	0,56	539	92	12,73	10.875	2.180
Zapfendorf	1,26	1.181	159	9,68	8.370	1.268
Landkreis und Stadt Bamberg	0,37	344	94	7,11	6.151	1.244

IV.c Entwicklungskonzept für die Stadt und den Landkreis Bamberg

Das von der Klimaallianz Bamberg angestrebte Ziel der Energieautarkie erfordert eine Kooperation der einzelnen Städte und Gemeinden im Untersuchungsgebiet. Zum Zwecke des bilanziellen Ausgleichs zwischen den Kommunen mit ihren jeweils unterschiedlichen Energiebilanzen sollten interkommunale Abstimmungen getroffen und städtebaulich sinnvolle Solarfreiflächen erschlossen werden. Die mit einer solchen Erschließung verbundenen Auswirkungen auf Natur und Landschaft im Untersuchungsgebiet sollten minimiert werden. Es ist daher erforderlich, ein städtebauliches Entwicklungskonzept auf regionalplanerischer Ebene zu erstellen, das ein Ordnungsgerüst zur Erhaltung landschaftlicher Strukturen bietet. Dieses Konzept gilt es auf kommunaler Ebene umzusetzen.

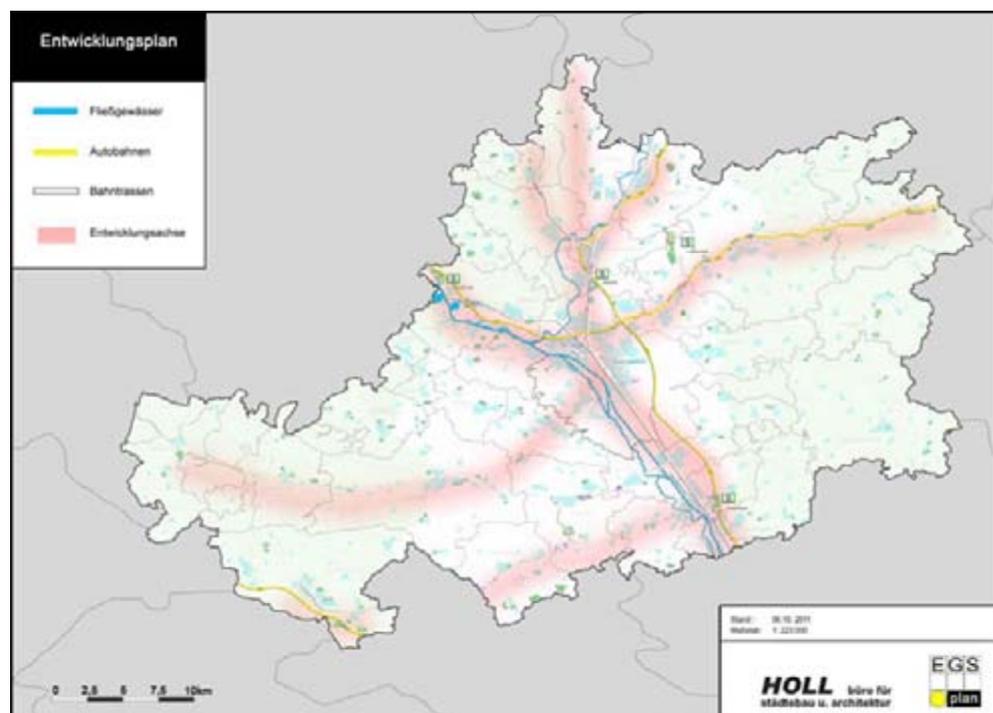


Abbildung G-16 Darstellung des Entwicklungskonzeptes im Untersuchungsgebiet

1. Empfehlung zur Realisierung des Ausbauszenarios

Anhand der Berechnung für das Ausbauszenario 3 konnte dargelegt werden, dass nur 53% des insgesamt ermittelten Freiflächenpotenzials und 53% des insgesamt verfügbaren Dachflächenpotenzials in Anspruch genommen werden müssen, um die Prognose gemäß der BMU Leitstudie (57% Photovoltaik-Anteil zur Stromerzeugung 2035) zu erfüllen.

Bei der Umsetzung der benötigten Freiflächenpotenziale soll zukünftig auf Basis der Zahlen des Ausbauszenarios 3 eine verstärkte Realisierung der EEG-

förderfähigen Freiflächen, auch auf Grund der zu erwartenden Vergütung, ins Auge gefasst werden. Dabei sollen 50 % der EEG-förderfähigen Flächen bis Ende 2012 für eine solarenergetische Nutzung ausgebaut werden. In Abbildung G-16 ist deutlich zu erkennen, dass die regional und überregional bedeutsamen Entwicklungsachsen (rot eingefärbte Bereiche) mit den Infrastrukturachsen, Autobahnen und Bahntrassen des Untersuchungsgebietes nahezu deckungsgleich sind. Da der weitaus größte Teil der EEG-förderfähigen Flächen im Bereich der besagten Infrastruktur- und Verkehrsachsen gelegen ist, bedeutet dies, dass sich der Ausbau der EEG-förderfähigen Flächen besonders entlang der Entwicklungsachsen realisieren lässt.

Neben den EEG-förderfähigen Flächen liegt auch eine größere Zahl der kommunal präferierten Freiflächen (KPF) und der kommunal gewünschten Freiflächen (KGF) innerhalb der regional und überregional bedeutsamen Entwicklungsachsen des Untersuchungsgebietes. Aus gutachterlicher Sicht lässt sich daher sagen, dass die im Bereich der Entwicklungsachsen ermittelten Potenzialflächen zusammen mit den besonders gekennzeichneten vier Potenzialzonen zur Entwicklung eines Solarparks ausreichend sind, um das zur Bedarfsdeckung notwendige Freiflächenpotenzial zu heben.

Im Vergleich mit dem Defizit- und Überschussplan in Abbildung G-15 wird zudem deutlich, dass besonders die Städte und Gemeinden außerhalb des Verdichtungsraums Bamberg einen Stromüberschuss erwirtschaften können. Damit können sie wesentlich zur Unterstützung der Kommunen innerhalb des Verdichtungsraumes Bamberg beitragen, die u.a. auf Grund ihrer meist größeren Gewerbe- und Industriegebiete einen erhöhten Energiebedarf haben.

Als Fazit lässt sich aus gutachterlicher Sicht empfehlen, dass zur Erreichung des Energieautarkieziels auf gesamtheregionaler Ebene vor allem die Kommunen entlang der Entwicklungsachsen ihre solarenergetisch nutzbaren Flächenpotenziale ausschöpfen sollten. Gleichzeitig können auch die städtebaulich sinnvollen Potenzialflächen in den Kommunen außerhalb der Entwicklungsachsen in Anspruch genommen werden, so dass ein zusätzlicher Beitrag zur Erreichung des Autarkieziels durch diese Kommunen geleistet werden kann. Besonders in den peripher gelegenen Kommunen ist es dabei wichtig, bei der zukünftigen Inanspruchnahme der Freiflächen die in Kapitel DIII formulierten Leitlinien zur Ausweisung von Photovoltaikfreiflächen und die in Kapitel GVI enthaltene Gestaltungsempfehlung zu berücksichtigen. Im Einzelnen ist demnach anzustreben:

- Freihalten von erhaltenswerten und schützenswerten Bereichen und Inanspruchnahme von an Siedlungseinheiten angebotenen Flächen,
- Erhalt von unzerschnittenen Landschaftsräumen,

- Entwicklung in Nähe vorhandener Infrastrukturanlagen und auf vorbelasteten Standorten,
- landschaftliche Integration der Freiflächenanlagen.

Bei der Inanspruchnahme der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Dachflächenpotenziale sollte den Belangen des Denkmalschutzes in besonderem Maße Rechnung getragen werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die ortsbildprägenden Ortskerne und Altstädte von der Errichtung von Dachflächensolaranlagen auszunehmen. Der weitaus größte Teil der verfügbaren Dachflächenpotenziale wird von privaten Hauseigentümern in Anspruch zu nehmen sein. Bei der Umsetzung sollten die unter Kapitel GVII beschriebenen Kriterien zur Dachgestaltung entsprechend berücksichtigt werden. Statt der Nutzung vieler kleiner Dachflächen sollte, soweit möglich, die Realisierung größerer Bürgersolaranlagen angestrebt werden.

2. Entwicklung von Solarparks

In Abbildung G-16 sind vier große Potenzialzonen zu erkennen, in denen in konzentrierter Form Potenzialflächen für die Solarenergienutzung in Anspruch genommen werden können. Hier bietet sich also die Möglichkeit, größere und effizient nutzbare Solarparks zu realisieren. Zwar ist damit eine technische Überformung der Landschaft verbunden, doch erfolgt diese nur punktuell, so dass weite Teile des Untersuchungsgebiets von einer Inanspruchnahme von Freiflächen für die Solarenergienutzung ausgenommen und schützenswerte Landschaftsräume vor Beeinträchtigungen geschützt werden können. Im Einzelnen ist auf folgende Solarparks zu verweisen, deren Realisierung aus gutachterlicher Sicht empfohlen werden kann:

- **Solarpark Leimershof:**

Der auf der Gemarkung Breitengüßbach gelegene Solarpark Leimershof bietet sich in besonderer Weise für eine Ausweitung auf angrenzende Potenzialflächen in den benachbarten Kommunen (Stadt Scheßlitz, Gemeinde Memmelsdorf) an. Für eine Ausweitung des Solarparks spricht neben der Größe des nutzbaren Flächenpotenzials, dass dieses Potenzial zwischen zwei Entwicklungsachsen und am Rande des Verdichtungsraums Bamberg gelegen ist. Der erzeugte Strom könnte von hieraus relativ gut über das bestehende Leitungsnetz in den Verdichtungsraum Bamberg geleitet werden, wo ein erhöhter Strombedarf besteht.

- **Solarpark Haßberge:**

Im Gemeindegebiet Oberhaid können in größerem Maße EEG-förderfähige Flächen entlang bestehender Verkehrsachsen und Infrastrukturanlagen für eine Solarenergienutzung herangezogen und zu einem Solarpark ausgebaut werden. U.a. befindet sich auf dem Gemeindegebiet ein Umspannwerk, an das aus gutachterlicher Sicht Freiflächensolaranlagen gut angebunden werden können. Von der Autobahn aus würden die auf der Gemarkung Oberhaid zu errichtenden großflächigen Photovoltaikanlagen wie eine Wasserfläche erscheinen und gewissermaßen einen künstlichen „See“ bilden, der eine visuelle Verbindung zu den auf der anderen Autobahnseite auf der Gemarkung Viereith-Trunstadt gelegenen natürlichen Seen schafft.

- **Solarpark Maintal:**

Im Gemeindegebiet Kemmern befindet sich zwischen der Bundesautobahn A 73 und der Bahnlinie Bamberg - Hof eine größere Dreiecksfläche, die für eine Solarenergienutzung besonders geeignet ist. Es erscheint zweckmäßiger, die ganze Breite zwischen den Verkehrsachsen zu nutzen, als nur Teilbereiche entlang der Achsen in Anspruch zu nehmen. Die auf der Dreiecksfläche in Form eines Solarparks zu errichtende PV-Freiflächenanlage könnte ergänzt werden durch lineare Ausläufer entlang der Autobahn- und Bahntrasse nach Norden und Süden. Der durch die Anlage erzeugte Strom kann neben der Gemeinde Kemmern den benachbarten Kommunen (Stadt Baunach, Stadt Hallstadt, Gemeinde Breitengüßbach, Gemeinde Gundelsheim) direkt zugute kommen.

- **Solarpark Regnitztal:**

Ähnlich wie das Gemeindegebiet Kemmern im Norden des Verdichtungsraums Bamberg bietet im Süden des Verdichtungsraums das Marktgemeindegebiet Hirschaid größere Flächenpotenziale zur Entwicklung eines Solarparks an der Bundesautobahn A 73. In der Energiebilanz des Marktes Hirschaid, die gemäß der Abbildung G-15 ein Defizit ausweist, schlagen diese Flächenpotenziale allerdings nur bedingt zu Buche, da in Hirschaid wegen des starken gewerblichen Besatzes ein wesentlich höherer Energiebedarf anfällt als in den anderen Kommunen des Untersuchungsgebiets. Zukünftig könnten die Gewerbebetriebe in Hirschaid als Stromabnehmer unmittelbar von einem Solarpark profitieren. Eine zusätzliche Ergänzung des Solarparks durch EEG-förderfähige Flächen entlang der Infrastrukturachsen ist denkbar.

V. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

1. Ausweisung von PV-Freiflächenanlagen in der gemeindlichen Bauleitplanung

PV-Freiflächenanlagen, die in das öffentliche Stromversorgungsnetz einspeisen, werden grundsätzlich nicht von den Privilegierungstatbeständen des § 35 ff BauGB erfasst. Die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von PV-Freiflächenanlagen, die im Außenbereich als selbständige Anlagen errichtet werden sollen, erfordert daher generell eine gemeindliche Bauleitplanung.

In der Regel stellt den Antrag auf Errichtung einer Anlage ein Investor bzw. Grundstückseigentümer. Die Stadt oder Gemeinde ist aber an die Standortvorgaben nicht gebunden. Den Interessen des Betreibers sollten immer die gesamtheitlichen Interessen gegenüber gestellt werden.

Es ist daher sinnvoll, zu einem frühen Zeitpunkt und möglichst bevor Einzelanträge gestellt werden, ein gemeindliches Planungskonzept zu entwerfen, das festlegt, welche Standorte für PV-Freiflächenanlagen in Frage kommen. Dies kann auf der Ebene des Flächennutzungsplans geschehen, in dem bestimmte Bereiche als Angebotsflächen für PV-Freiflächenanlagen dargestellt werden.

Die Untersuchung macht deutlich, dass es notwendig ist, ein Entwicklungskonzept für das gesamte Untersuchungsgebiet aufzustellen, da die Angebotsflächen der einzelnen Städte und Gemeinden sehr unterschiedlich sind und das Ziel der Energieautarkie auf Gesamtgebietsebene nur durch Kooperation der beteiligten Kommunen erfolgen kann. Das im Rahmen der Untersuchung dargestellte Entwicklungskonzept bietet hierzu eine erste Grundlage, an der sich die Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets orientieren können.

Gegebenenfalls kann auch die Aufstellung gemeinsamer Flächennutzungspläne mit integrierten Landschaftsplänen in Betracht kommen. Es besteht zudem die Möglichkeit einer interkommunalen Vereinbarung über bestimmte Darstellungen in den Flächennutzungsplänen gemäß § 204 Abs. 1 Satz 4 BauGB.

2. Transparente Darstellung und Diskussion

Die Realisierung der in den Szenarien genannten Entwicklungsziele setzt die breite Zustimmung aller Bürgerinnen und Bürger voraus. Es sind daher Strategien zu entwickeln, in welcher Form und in welchem Umfang die Bürgerinnen und Bürger der jeweiligen Städte und Gemeinden beteiligt werden können.

Wichtige Grundlage eines Beteiligungsprozesses ist die transparente Darstellung aller Ziele und Maßnahmen. Die Untersuchung bietet durch ihren systematischen Ansatz ein strukturelles Gerüst, das das Zusammenspiel aller Faktoren und

Elemente deutlich macht. Den Bürgerinnen und Bürgern sollte hier ein bestmöglicher Einblick gewährt werden. Das erfordert eine mediale Vermittlung. Besonders wichtig ist eine didaktisch einfache Aufbereitung des komplexen Themas. Hilfreich ist hier vor allem die Aufbereitung in Broschüren und Flyern sowie im Internet.

Die Durchführung von Informationskampagnen ist im gesamten Planungs- und Umsetzungsprozess für das Autarkieszenario ein wichtiger Baustein. Die Bürgerinnen und Bürger müssen ständig über die Planungen der Kommunen, aber auch über den neuesten Stand der Technik sowie über Förderprogramme und Finanzierungsmöglichkeiten aufgeklärt werden. Verstärkte Aufklärungsarbeit ist zu leisten zur Energieeinsparung und Energieeffizienz sowie zu den neuesten Entwicklungen von Speichertechnologien, zum Netzausbau oder zu „Smart-Grids“-Systemen. Der intelligente Umgang mit der Ressource Strom (z.B. den Strom dann zu nutzen, wenn er durch Solarzellen und Windräder erzeugt wird) ist eine der Voraussetzungen zur Entwicklung erneuerbarer Energien.

3. Bürgersolaranlagen

Am wirkungsvollsten ist sicher die Strategie, die Bürgerinnen und Bürger bei der Investition der Solaranlagen mit ins Boot zu holen. Zur Errichtung von Bürgersolaranlagen finden sich Bürgerinnen und Bürger meist als Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR) zusammen. Eine andere Möglichkeit ist die Kombination eines Vereins mit einer GbR. Zunehmend an Bedeutung gewinnt im Solarsektor die Unternehmensform der eingetragenen Genossenschaft (eG).

4. Solarrechner

Für potenziell interessierte Bürgerinnen und Bürger wurde ein Solarrechner entwickelt. Mit Hilfe dieses Solarrechners können an der Photovoltaik Interessierte mit wenigen Angaben erste Auskünfte zum solaren Stromerzeugungspotenzial und zur Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage erhalten. Der Solarrechner ist auf der Homepage der Klimaallianz Bamberg platziert und gewährleistet eine einfache Handhabung. In nur drei Schritten können die für die Berechnung notwendigen Standort-, Anlagen- und Finanzierungsdaten eingegeben werden. Die einfache Bedienung über vordefinierte Auswahlmenüs und erläuternde Informationstexte erleichtert die Nutzung für Anlageninteressierte, denen die Photovoltaik noch weitgehend unbekannt ist. Versierte Nutzer des Solarrechners haben zum Teil die Möglichkeit eigene Randbedingungen zu setzen. Mit der Online-Ergebnisauswertung erhalten die Interessierten einen schnellen Überblick über den potenziellen Solarertrag und die wirtschaftlichen Randbedingungen der Berechnung. Daneben werden die durch den Betrieb einer Photovoltaikanlage vermiedenen CO₂-Emissionen ausge-

wiesen. Eine zweistufige Ergebnisdarstellung generiert auf Abruf neben dem Online-Ergebnis einen Ergebnisbericht mit einer ausführlichen Darstellung der Berechnungsergebnisse. Der detaillierte Ergebnisbericht steht den Interessierten zum Download als PDF-Datei zur Verfügung. Über dasselbe Menü der Homepage kann zudem eine Liste mit Handwerkern und Firmen bezogen werden, die für die weiteren Planungsschritte zu kontaktieren sind. Der Solarrechner als Instrument, um interessierten Bürgern den ersten Schritt zur Photovoltaikanlage zu erleichtern, ist von der Klimaallianz Bamberg in geeigneter Form zu bewerben und der Öffentlichkeit bekannt zu machen.



Abbildung G-17: Solarrechner der Klimaallianz Bamberg

5. Fragebogen

Im Rahmen der Erstellung des Solarflächenkatasters für die Stadt und den Landkreis Bamberg wurde ein Fragebogen entwickelt, der von Interessenten beim Landkreis eingereicht werden kann. Sowohl für den Bereich Photovoltaik als auch für den Bereich Solarthermie können mit Hilfe des Fragebogens die wichtigsten Gebäudedaten vom Eigentümer abgefragt werden. Der Eigentümer erhält so erste Hinweise zu den Realisierungsmöglichkeiten auf dem Gebäude. Die Auswertung der Fragebögen beinhaltet dabei Informationen zur möglichen Anlagengröße, zur Ertragsprognose und zu den notwendigen Schritten zur Umsetzung. Der Fragebogen kann entweder direkt beim Landkreis abgegeben werden oder zur Kontaktaufnahme mit regionalen Partnern des Handwerks und mit Planern verwendet werden. Um den Fragebogen der Öffentlichkeit optimal zugänglich zu machen, ist er auf der Homepage der Klimaallianz abrufbar. Durch Printmedien wie Tageszeitungen und Gemeindeblätter ist er offensiv zu bewerben. Zur Erleichterung des ersten Schrittes von der Interessiertheit zur konkreten Anfrage steht zudem eine Liste mit lokalen Firmen und Handwerkern zur Verfügung, die im Bereich der Solarenergie tätig sind. Diese Liste kann ebenso auf der Homepage der Klimaallianz heruntergeladen werden. Nachfolgend ist exemplarisch der Fragebogen abgebildet. Im Anhang und unter der Homepage der Klimaallianz können die Vollversionen eingesehen werden.

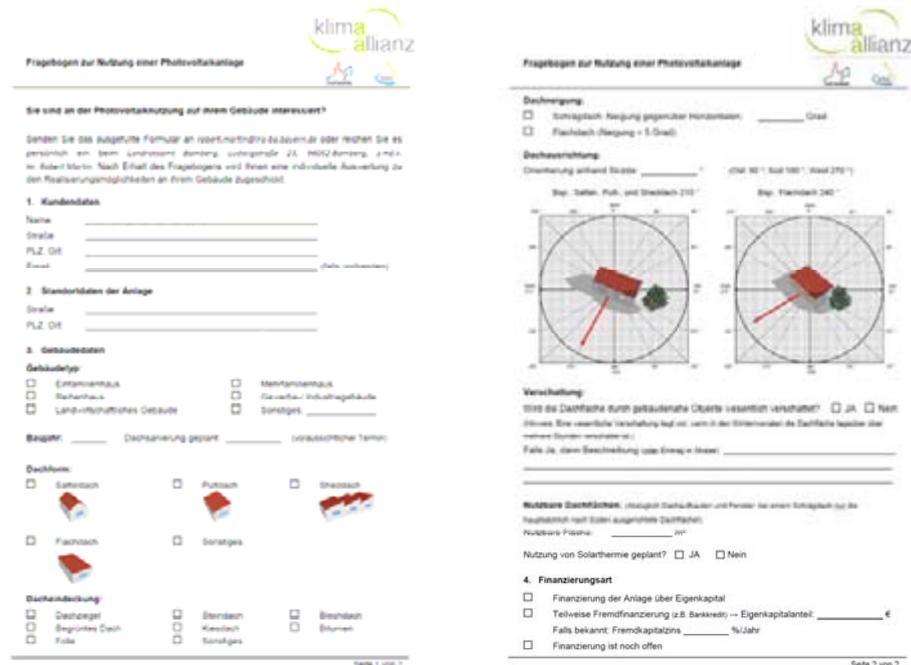


Abbildung G-18: Fragebogen für Photovoltaikinteressierte

6. GIS-Dateien

Für die weitere Verwendung der in dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse werden die Daten des Geoinformationssystems (GIS) an die Vertreter der Klimaa Allianz Bamberg übergeben. Mit den GIS-Daten erhalten die Verantwortlichen der Städte und Gemeinden des Untersuchungsgebiets Zugriff auf wesentliche Informationen zur weiteren Überprüfung von Flächen.

Sowohl für Freiflächen als auch für große Gebäude werden GIS-Daten zur Verfügung gestellt. Dabei sind in der Freiflächendatei Informationen zur geografischen Lage, zur Größe und zu Bodenertragskennzahlen sowie Angaben zum prognostizierten Solarertrag enthalten. Für die großen Gebäude stehen in der GIS-Datei folgende Informationen zur Verfügung:

- Lage des Gebäudes
- Objektbeschreibung
- Referenzgebietszuordnung
- Gebädefaktoren zur Berechnung des Solarpotenzials
- Potenzieller Solarertrag

Aufgrund der Berechnungsmethodik, die einer Hochrechnung gleicht, erlauben die GIS-Daten keine gebäudescharfe Analyse für den restlichen Gebäudebestand. Die Solar- und Flächenpotenziale sind in den GIS-Daten jedoch gemeindscharf enthalten. Im Anhang können die dafür verwendeten Nomenklaturen der Attributstabellen eingesehen werden.

ID	Objekt	Fläche	Ertrag	Ertrag/Fläche	Ertrag/Fläche	Ertrag/Fläche	Ertrag/Fläche
1	Wohnung	1000	1000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Wohnung	2000	2000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	Wohnung	3000	3000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	Wohnung	4000	4000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	Wohnung	5000	5000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	Wohnung	6000	6000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Wohnung	7000	7000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	Wohnung	8000	8000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Wohnung	9000	9000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	Wohnung	10000	10000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	Wohnung	11000	11000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	Wohnung	12000	12000	1.000	1.000	1.000	1.000
13	Wohnung	13000	13000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	Wohnung	14000	14000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	Wohnung	15000	15000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	Wohnung	16000	16000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	Wohnung	17000	17000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	Wohnung	18000	18000	1.000	1.000	1.000	1.000
19	Wohnung	19000	19000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	Wohnung	20000	20000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	Wohnung	21000	21000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	Wohnung	22000	22000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	Wohnung	23000	23000	1.000	1.000	1.000	1.000
24	Wohnung	24000	24000	1.000	1.000	1.000	1.000
25	Wohnung	25000	25000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	Wohnung	26000	26000	1.000	1.000	1.000	1.000
27	Wohnung	27000	27000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	Wohnung	28000	28000	1.000	1.000	1.000	1.000
29	Wohnung	29000	29000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	Wohnung	30000	30000	1.000	1.000	1.000	1.000

Abbildung G-19: Ausschnitt aus der GIS-Datenbank

VI. EMPFEHLUNGEN ZUR GESTALTUNG VON SOLARANLAGEN IN DER LANDSCHAFT UND IN DEN SIEDLUNGEN

Angesichts der angestrebten Ausweitung der Solarenergienutzung in Stadt und Landkreis Bamberg werden die zukünftig zu errichtenden Solaranlagen zu einer mehr oder weniger starken Überformung von Landschaft und Siedlungen führen. Wie bei allen baulichen Eingriffen gilt es auch hier die strukturelle und gestalterische Ordnung der Landschaften und Siedlungen zu beachten und positiv zu entwickeln.

Die folgenden Empfehlungen geben Hinweise, wie eine gute Gestaltung erleichtert werden kann. Sie können allerdings kein Ersatz dafür sein, dass sich erfahrene Architekten in jedem Einzelfall mit den gestalterischen Möglichkeiten auseinandersetzen, um zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen. Die Empfehlungen erstrecken sich auf verschiedene Maßstabsebenen. Sie reichen von der Integration von Anlagen in die großräumigen Strukturen bis hin zu gestalterischen Überlegungen im Detail.

Integration muss dabei nicht bedeuten, dass die Anlagen grundsätzlich unsichtbar gemacht werden sollen. Vielmehr können Solaranlagen auch Träger eines positiven Images einer Kommune oder einer Region sein. Bundesweit bezeichnet sich in der Zwischenzeit eine Reihe von Städten mit dem Begriff „Solarstadt“, um zu zeigen, dass sie fortschrittlich und gegenüber den energiepolitischen Herausforderungen der Zukunft aufgeschlossen sind.

Andererseits verliert dieses Image seinen Wert, wenn die besagte Fortschrittlichkeit mit ungeschickten, Landschaft und Siedlung verunstaltenden Anlagen erkaufte wird.

VI.a Empfehlungen zur Standortwahl und Standortgestaltung von Freiflächen

1. Standortwahl für Freiflächen

Fragen zur Standortwahl von PV-Freiflächenanlagen sind im Kapitel DIII eingehend behandelt worden. Zudem wurde in Kapitel DI ausführlich auf die Kriterien zum Ausschluss von Flächen im Hinblick auf eine Solarenergienutzung eingegangen. Zusammenfassend sind folgende Kriterien zur Standortwahl besonders zu beachten:

1.1 Freihaltung von erhaltenswerten und schützenswerten Landschaftsräumen

PV-Freiflächenanlagen sollten in erhaltenswerten Landschaftsräumen von besonderer Bedeutung als wesensfremde Anlagen nicht errichtet werden. Zu diesen erhaltenswerten Landschaftsräumen zählen [57]¹⁰:

- Nationalparke, Naturschutzgebiete, Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, Natura 200 Gebiete, soweit die Erhaltungsziele betroffen sind, oder Wiesenbrütergebiete
- Gesetzlich geschützte Biotope, amtlich kartierte Biotope
- Rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster)
- Standorte oder Lebensräume mit besonderer Bedeutung, soweit es zu einer signifikanten und nachhaltigen Verschlechterung des Erhaltungszustandes der betreffenden Population kommt
 - für europarechtlich geschützte Arten oder Arten, für die Bayern eine besondere Verantwortung hat
 - für besonders oder streng geschützte Arten des Bundesnaturschutzgesetzes oder der Bundesartenschutzverordnung
 - für Arten der Roten Liste 1 und 2 mit enger Standortbindung
- Besonders bedeutende oder weithin einsehbare Landschaftsbestandteile wie landschaftsprägende Höhenrücken, Kuppen und Hanglagen

1.2 Erhaltung von unzerschnittenen Landschaftsräumen

Dem Ziel der Erhaltung unzerschnittener Landschaftsräume förderlich ist vor allem die Anbindung von PV-Freiflächenanlagen an geeignete Siedlungseinheiten. Wenn eine solche Anbindung nicht möglich ist, kann zur Erreichung des Ziels auch die vorzugsweise Errichtung von PV-Freiflächenanlagen entlang regionaler und überregionaler Entwicklungsachsen angestrebt werden, in denen zukünftig mit einer weiteren baulichen Überformung zu rechnen ist.

1.3 Entwicklung entlang von Verkehrs- und Infrastrukturtrassen

Grundsätzlich ist es aus förderrechtlichen wie auch städtebaulichen Gründen zweckmäßig, PV-Freiflächenanlagen vorrangig entlang bestehender Verkehrs- und Infrastrukturtrassen wie Bundesautobahnen, Bahnlinien und Stromleitungstrassen einschließlich ihrer Umspannstationen auszuweisen.

¹⁰ Anlage zum Rundschreiben IIB5-4122.79-037/09 vom 18.11.2009

1.4 Entwicklung auf vorbelasteten Flächen

Nach Möglichkeit sollten auch vorbelastete Standorte für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen vorrangig ins Auge gefasst werden. Zu den vorbelasteten Standorten zählen brachliegende, ehemals baulich genutzte Flächen und Konversionsflächen (Deponien, Abbauf Flächen von Rohstoffen etc.).

2. Standortgestaltung für Freiflächen

Die Standortgestaltung von PV-Freiflächenanlagen ist in hohem Maße abhängig von der jeweiligen landschaftlichen Situation, in welche die Anlage integriert werden soll. Zu beachten sind im Einzelnen folgende Aspekte:

2.1 An geeignete Siedlungseinheiten angebundene Freiflächen

Bei an geeignete Siedlungseinheiten angebundene PV-Freiflächenanlagen ist die Proportion der Anlage zur jeweiligen Siedlung besonders zu berücksichtigen. Die Größe der PV-Freiflächenanlage sollte im Regelfall deutlich kleiner sein als die Siedlungseinheit, an die sie angebunden ist [57].

2.2 Nicht an geeignete Siedlungseinheiten angebundene Freiflächen

Nicht an geeignete Siedlungseinheiten angebundene PV-Freiflächenanlagen sollten hinsichtlich ihrer Maßstäblichkeit in einem angemessenen Verhältnis zur jeweiligen Landschaftstypologie stehen. Größe und Geometrie der Anlage müssen sich an die jeweilige Landschaftstypologie anpassen. Insbesondere sind Flurteilung und Flurausrichtung zu beachten. Es sind rechteckige Umrissformen anzustreben.



Abbildung G-20: Gestaltung Wiesenfläche



Abbildung G-21: Eingrünung Solaranlage [29]

2.3 Gestaltung zum Schutz der Landschaft

Bei der Gestaltung von PV-Freiflächenanlagen sollten gewisse Richtlinien eingehalten werden, um nicht nur eine landschaftliche Integration zu erreichen, sondern auch die Barrierewirkung der Anlage und eine Beeinträchtigung des Naturhaushaltes möglichst gering zu halten. Die Oberflächenform des Geländes sollte nicht verändert und der Eingriff in den Naturhaushalt möglichst minimal gehalten werden. Ein Einsatz von Düngemitteln ist generell zu vermeiden, da die Flächen extensiviert und durch menschliche Eingriffe möglichst wenig beeinträchtigt werden sollen. Zusätzlich zu den Gestaltungsmaßnahmen auf den Flächen muss für die PV-Freiflächenanlagen auch eine Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme im Zusammenhang mit der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (§ 9 Abs. 1 BauGB) durchgeführt werden.¹¹ Diesbezüglich wurde von der ARGE Monitoring PV-Anlagen ein „Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Anlagen“ herausgegeben [44].

2.3.1 Rücksichtnahme auf die biologische Vielfalt

Installations-, Bau- und Vegetationsarbeiten sollten außerhalb von Vegetations-, Brut- oder Gastvogelperioden durchgeführt werden. Dabei sollte bei Bodenarbeiten auf das Einbringen von Fremdsubstraten verzichtet werden und sollten nur „unbelastete, nährstoffarme und standortgerechte Substrate“ verwendet werden. Um eine geschlossene Vegetationsdecke gewährleisten zu können, sollten die Module der zu errichtenden PV-Freiflächenanlage einen Mindestabstand von 80 cm zum Boden aufweisen.

Zu vermeiden sind eine Beleuchtung und gegebenenfalls auch eine Einzäunung der Anlage. Falls eine Beleuchtung unvermeidbar ist, sollte eine Lockwirkung durch Lichtquellen ausgeschlossen und auf Kaltlichtstrahler zurückgegriffen werden.

Oftmals ist auf eine Einzäunung der Anlage zum Schutz der PV-Module nicht zu verzichten. In diesem Fall sollte die Einzäunung visuell unauffällig und dem natürlichen Geländeverlauf folgend gestaltet werden. Sie sollte ohne Sockelmauern erstellt und durch Vorpflanzungen von Gehölzen in die Landschaftstypologie eingebunden werden. Dabei sollte ein Mindestabstand von 15 cm zum Boden für die Durchgängigkeit von Kleintieren eingehalten werden. Bei großen Solarparks sollten Korridore geöffnet werden, um die Durchgängigkeit für Großtiere zu gewährleisten [44 Tab. 7-2].

¹¹ Siehe dazu auch den Leitfaden des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen „Eingriffsregelung in der Bauleitplanung – Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft“



Abbildung G-22: Nutzung der Freiflächen als Weideland [13]

Meist werden im Bereich der PV-Freiflächenanlage eine extensive Wiesenfläche, Magerrasen, Trockenrasen oder Grünlandbiotop mit einheimischen Pflanzen angesiedelt. Aber auch eine Weidenutzung ist sinnvoll, wobei Konzepte für eine naturschutzfachliche Bewirtschaftung erstellt werden sollten. In den Randbereichen oder Abstandsflächen können neue Biotop angelegt werden; angrenzende Biotop können auf die Solarflächen erweitert werden. Oftmals ist auch eine populationsbezogene Habitatsentwicklung anzustreben [44 Tab. 7-3].

2.3.2 Rücksichtnahme auf die Bodenverhältnisse

Große Bodenversiegelungen sollten grundsätzlich vermieden werden, indem die Fundamentflächen für die Module möglichst klein gehalten werden. Bei der Aufstellung der Module sollte dem natürlichen Geländeverlauf gefolgt werden. Die Erschließung der Anlage sollte möglichst über kurze Wege erfolgen; unnötige Versiegelungen durch Fahrbahnen sind zu vermeiden. Nach Baubetrieb sollte der Boden wieder gelockert werden; gegebenenfalls sollte eine Anpflanzung von ortsüblichen Wiesenpflanzen und Gräsern erfolgen, um die Bodenerosion zu vermeiden.

2.3.3 Gewährleistung der Gewässerversickerung

Oberflächenwasser sollte lokal im Boden versickern können. Gegebenenfalls muss zum Schutz vor Bodenerosion das Wasser über oberirdische Gräben abgeleitet werden, da Leitungen möglichst nicht eingebracht werden sollten. Falls der Boden keine gute Versickerungseignung aufweist, sollte eine Versickerungseinrichtung z.B. in Form einer Rigole oder Versickerungsmulde eingeplant werden.

2.3.4 Schutz des Landschaftsbildes

Die Anlage sollte durch unauffällige Gestaltungsmittel in die Landschaft integriert werden. Dabei ist bei der Gestaltung auf naturraumtypische Landschaftselemente zurückzugreifen [44 Tab. 7-3]. Für die optische Gliederung sollte ein Begrünungsstreifen von mindestens 5 m Breite vorgesehen werden, „da eine Gehölzkulisse in der Regel nicht als Fremdkörper in der Landschaft zu betrachten ist“ [44 S. 84] und hierdurch eine „Sichtverschattung“ der Anlage [44 Tab. 7-3] erreicht werden kann. Die Farbgebung der Anlage sollte dem Landschaftsbild angemessen sein. Für den Stromtransport sollten keine neuen Hochstromleitungen geplant werden; vielmehr sollte die Anlage durch Erdkabel ans Stromnetz angeschlossen werden.

VI.b Empfehlungen zur Standortwahl und Standortgestaltung von Dachflächen

Die Untersuchung geht von einer weitgehenden Nutzung aller Dachflächen im Untersuchungsgebiet für eine Solarenergienutzung aus. Dies bedeutet, dass bis zum Jahre 2035 mit einer mehr oder weniger starken Überformung des gesamten Siedlungsbestandes zu rechnen ist.

Da es sich bei PV-Anlagen um „hochgradig technisch geprägte Erzeugnisse“ handelt, ist eine Integration dieser Anlagen in die vornehmlich durch historische Dachformen geprägte Siedungslandschaft in Stadt und Landkreis Bamberg sehr schwierig. Das artifizielle Erscheinungsbild von Solarstromanlagen erschwert eine harmonische Integration in die Gebäude, da diese meist von traditionellen Baustoffen und Bauweisen geprägt sind. Umso notwendiger ist es, die Errichtung von Solarstromanlagen innerhalb der bestehenden Bausubstanz unter Einsatz der planungsrechtlichen und bauordnungsrechtlichen Instrumente sorgsam zu regeln. Trotz der offenkundigen Vorteile und der hohen finanziellen Förderung bleibt die Solarstromtechnik bisher noch weit hinter ihren Anwendungsmöglichkeiten zurück. Dies liegt nicht zuletzt auch an ihren ästhetischen Eigenschaften [22].

1. Standortwahl für Dachflächen

Grundsätzlich stellt sich die Frage, inwieweit besondere Siedlungsbereiche aus Gründen der Ortsbilderhaltung von der Errichtung von Dachflächensolaranlagen freigehalten werden sollen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine Vielzahl schützenswerter Siedlungsbereiche von jeglicher Inanspruchnahme für solarenergetische Zwecke ausgenommen werden kann, ohne dass hierdurch das Ziel der Energieautarkie für Stadt und Landkreis Bamberg verfehlt würde. Aus diesem Grund wurden in vorliegender Untersuchung neben den denkmalgeschützten Gebäuden und Bauensembles auch die Altortbereiche und Altstädte der einzelnen Städte und Gemeinden (= Referenzgebiete Altstadtquartiere, die nur einen Anteil von 3% ausmachen) als Potenzialflächen für die Solarenergienutzung ausgeschlossen.

Als schützenswerter Bereich gilt vor allem die Altstadt von Bamberg, die als Stadtdenkmal und Weltkulturerbe einen besonderen Rang einnimmt. Darüber hinaus gibt es in Bamberg eine Reihe weiterer Siedlungsbereiche, deren typische Architektur zu erhalten ist. Über die Freihaltung der in diesen Siedlungsbereichen gelegenen Gebäude von Solaranlagen ist jeweils im Einzelfall zu entscheiden.



Abbildung G-23: „Klein Venedig“ in Bamberg [40]



Abbildung G-24: Altstadt Bamberg [1 S.116]

Im Landkreis Bamberg sollten vor allem die historischen Stadt- und Ortskerne von Solaranlagen freigehalten werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn die charakteristische Dachlandschaft als ein wesentliches Merkmal des Ortsbildes für den Betrachter von einem erhöhten Standort aus anschaulich wird.

In einer Reihe von Ortskernen in den Städten und Gemeinden des Landkreises Bamberg sind die Dachlandschaften mehr oder weniger stark gestört. Es finden sich aber noch Bereiche, in denen - meist im Umfeld von Kirche und Rathaus - Reste der ursprünglichen Dachlandschaft erhalten geblieben sind. Solche wertvolle „Inseln“ in der Dachlandschaft sollten nach Möglichkeit von Solaranlagen freigehalten werden.

Unabhängig von solchen Zielvorstellungen aus gemeindlicher Sicht sind die denkmalschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten. In der Beratungsrichtlinie A 02 des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege behält sich das Landesamt vor, einzelfallweise zu entscheiden. „Bei Kirchen, Kapellen, Schlössern und Burgenanlagen sowie anderen Denkmälern mit besonderer historischer, kunsthistorischer, städtebaulicher oder landschaftsprägender Bedeutung sind Solaranlagen allerdings ausnahmslos abzulehnen“ [5].

„Abweichend von der sonstigen Genehmigungsfreiheit (z.B. BayBO, Art. 57) ist bei der Installation von Solaranlagen auf Baudenkmalern, innerhalb von Ensembles, in der Nähe von Denkmälern oder über Bodendenkmälern ausnahmslos ein Erlaubnisverfahren nach Art. 6 bzw. Art. 7 DSchG erforderlich. Örtliche Vorschriften, z. B. Gestaltungssatzungen, sind ebenfalls zu berücksichtigen“ [5].

In den Gesprächen mit den Kommunen des Landkreises zeigte sich allerdings, dass nicht bei allen die Bereitschaft besteht, die historischen Ortskerne gänzlich von Solaranlagen freizuhalten. In solchen Fällen sollte die Stadt bzw. Gemeinde einzelfallweise entscheiden, ob Anlagen störend sind oder nicht.

Um sich eine Entscheidungsmöglichkeit zu sichern, sollten die Städte und Gemeinden örtliche Vorschriften z.B. in Form von Gestaltungssatzungen oder als Teil von Bebauungsplänen erlassen. Derartige Vorschriften sind insofern besonders zu empfehlen, als nach Art. 57 BayBO „Solaranlagen und Sonnenkollektoren in und am Dach und Außenwandflächen sowie Flachdächern mit einer Fläche bis zu 9 m² genehmigungsfrei sind.“ Andere Anlagen als die in Art. 57 BayBO genannten bedürfen zwar eines Verfahrens nach BayBO, doch hat die Stadt bzw. Gemeinde hier nur ein Mitwirkungsrecht.

2. Standortgestaltung für Dachflächen

Auch in den nicht besonders schützenswerten Siedlungsbereichen sind bei der Errichtung von Dachflächensolaranlagen einige einfache Gestaltungsregeln zu beachten. Die Akzeptanz der Solaranlagen in der Wohnbevölkerung kann sich erheblich verschlechtern, wenn sie zur Verunstaltung ganzer Wohnsiedlungsbereiche beitragen.

Während bei neueren Gebäuden der Bau desselben und die Errichtung einer Dachflächensolaranlage meist aus einer Hand geplant werden, werden bei bestehenden Gebäuden die Solaranlagen häufig ohne Hinzuziehung eines Architekten auf den Dächern aufgebracht. Dabei ergeben sich folgende typische Gestaltungsprobleme:



Abbildung G-25: Gesamtelement: Dachfenster und Kollektoren im selben Format [37]



Abbildung G-26: Ruhiges Gesamtbild: Gleicher Abstand der Dachfenster und der Solaranlage zur Traufe [37]

2.1 Richtig proportionieren

Größe und Situierung der Anlage sollten in einem angemessenen Verhältnis zur verfügbaren Dachfläche stehen. Grundsätzlich gilt, dass die Fläche der Solaranlage im Verhältnis zur Dachfläche deutlich kleiner sein sollte. Dies ist bei solarthermischen Anlagen meist der Fall. Bei den größeren PV-Anlagen sollte die Fläche möglichst vollflächig das Dach bedecken.

2.2 Keine Abtreppungen

Ausgebissene und abgetrepte Formen, wie sie meist durch Dachgauben und Dachfenster entstehen, sind besonders störend und sollten vermieden werden. Zu Gunsten der Gestaltung sollte die Anzahl der Module verringert werden. Bei Verschattung durch Dachaufbauten kann es wirtschaftlicher sein, einzelne Zellen nicht anzuschließen. Aus gestalterischen Gründen kann es erforderlich sein, diese „Blindmodule“ dennoch zu platzieren.

2.3 Keine Mischung von Systemen

Bei der Mischung von verschiedenen Systemen und Fabrikaten ergibt sich häufig ein unschöner Fleckenteppich. Besser ist es, auf dem Hauptdach ein Fabrikat und auf einem Nebendach ein anderes zu installieren.



Abbildung G-27: Ruhige Dachfläche durch Solarziegel [37]



Abbildung G-28: Ruhige Dachfläche durch In-Dach-Systeme [21]

2.4 Bei Dachaufbauten und komplizierten Dachverschneidungen Solarziegel verwenden

Solarziegel können am besten die Dachhaut ersetzen. Solche sogenannten „In-Dach“-Konstruktionen können eine Doppelfunktion als Energielieferant und als Witterungsschutz übernehmen. Die Kosten einer herkömmlichen Dachdeckung werden dabei eingespart“[37].

2.5 Keine Aufständering bei Steildächern

„Eine Aufständering der Solaranlagen auf geneigten Dächern ist meist problematisch und ist nur bei Flachdächern oder flachgeneigten Dächern zu empfehlen“ [37].

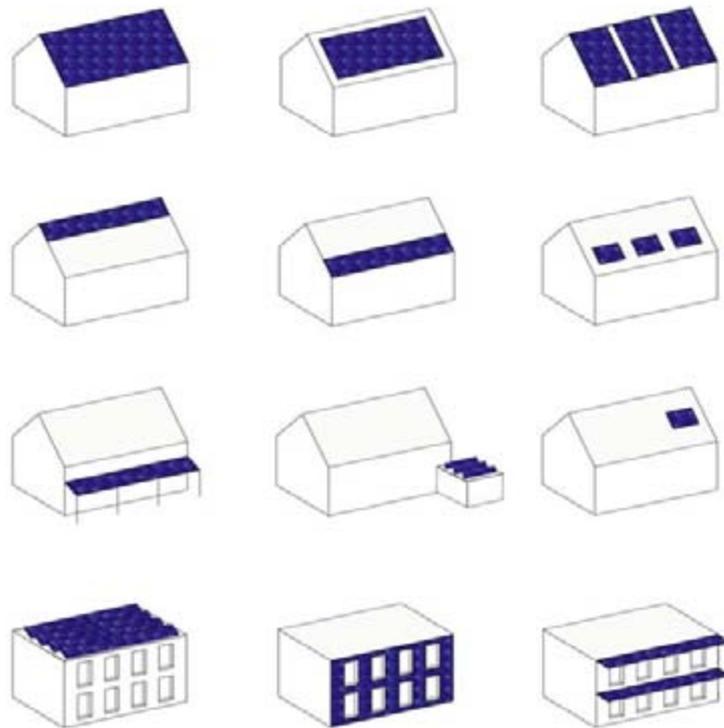


Abbildung G-29: Gestaltungsempfehlungen zur Dachflächen- und Fassadengestaltung

H ANHANG

I. ANHANG A: PLÄNE DES LANDKREISES UND DER STADT BAMBERG

- Ausschlussflächenplan
- Topographisch und fachplanerisch mögliche Freiflächen
- Potenzial_Freiflächen
- Potenzial_Dachflächen
- Potenzial_Gesamt
- Entwicklungskonzept

II. ANHANG B: DATENBANK DER GIS-DATEI

- Gebäudeauswertung – Gebäude 750 m²
- Gebäudeauswertung – Gebäude gesamt
- Gemeindeauswertung – Gebäude
- Freiflächenanlagen (FFA)

III. ANHANG C: FRAGEBÖGEN

- Fragebogen Nutzung Solarthermie
- Fragebogen Nutzung Photovoltaik

IV. QUELLENVERZEICHNIS

- [1] **Alte Städte – Alte Dörfer.** Gestalten und Erhalten durch örtliche Bauvorschriften, Bayerisches Staatsministerium des Innern - Oberste Baubehörde, Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, 3. Auflage (RB Nr.03B/88/11)
- [2] **Angebot für die Ausarbeitung eines Konzepts** einer Frei- und Dachflächenanalyse für die Stadt und den Landkreis Bamberg zur Nutzung von Photovoltaik und solarthermischen Anlagen vom 23.03.2010, Landkreis Bamberg, Herr Robert Martin
- [3] **Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Solarinitiativen.** Leitfaden zur Zulassung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen, Fürstenfeldbruck, Stand 24.01.2011
- [4] **Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege.** Über die Stadt Bamberg, Frau Grothe, vom 26.01.2011, als Shape-Format
- [5] **Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege.** „Beratungsrichtlinie A 02 – Solaranlagen“ Solartechnik und Photovoltaik in denkmalgeschützten Bereichen (Stand: 25.02.2010)
- [6] **Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation.** Lieferung „Bodenschätzung“, „Tatsächliche Nutzung“ und „Gebäudemodel LoD1“ vom 01.04.2011 durch Herrn Schweitzer, Datenvertrieb, als Shape_Format (Briefzeichen: VM 4322 A – 5560/08)
- [7] **Bayerisches Landesamt für Umwelt – Downloaddienst.**
(FIS – Natur) http://www.lfu.bayern.de/natur/biotopkartierung_daten/daten_download/index.htm
- [8] **Bayerisches Landesamt für Umwelt – Kartendienst Gewässerbewirtschaftung.** <http://www.bis.bayern.de/bis/initParams.do>
Gewässerbewirtschaftung Wasserschutzgebiete mit externem Thema „Umweltverwaltung Bayern: Schutzgebiete“ (NSG, FFH, Vogelschutz, NP, LSG), Stand 2011
- [9] **Bayerisches Landesamt für Umwelt – Kartendienst IÜG (Überschwemmungsgebiete).** <http://www.geodaten.bayern.de/bayernviewer-flood/flood/index.cgi?user=standard&rw=4476080.0&hw=5355340.0&layers=tk50,&step=128.0>, Stand 2011
- [10] **Bayerisches Landesamt für Umwelt – Bayerns schönste Biotope.**
http://www.lfu.bayern.de/geologie/geotope_schoensten/index.htm, Stand 17.10.2011

[11] **Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung.** Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung für den Landkreis und die kreisfreie Stadt Bamberg, Stand 31.12.2009, online Bezug

<https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online;jsessionid=D059AB2CD969948A519F687D58D4AC19?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1318861038861&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=33111-001r&auswahltext=%23SGKRL-09471%2C09461&nummer=4&variable=2&name=NUTZG3&nummer=5&variable=3&name=KREISE&werteabruf=Werteabruf>

[12] **Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung.** "Statistik kommunal 2010 - Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten für den Landkreis Bamberg", München 2011, Bestellnummer Z50021 201000.

[13] **Beweidung von Solarfreiflächen.**

http://www.nordbayern.de/polopoly_fs/1.1426656.1313130206!image/422801127.jpg/gen/derivatives/article_full/422801127.jpg

[14] **BINE Informationsdienst.** "Thermische Nutzung der Sonnenenergie", Bonn, Fachinformationszentrum Karlsruhe (FIZ), 2003, ISSN: 1438-3802.

[15] **BINE Informationsdienst.** "Große Solarwärmeanlagen für Gebäude", Karlsruhe, Fachinformationszentrum Karlsruhe (FIZ), 2008, ISSN: 1610-8302.

[16] **Brück, Jürgen.** "Neue Energiekonzepte: Für Haus- und Wohnungsbesitzer", Berlin/ Wien/ Zürich, Beuth Verlag, 2009, ISBN: 978-3-410-17248-2.

[17] **Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar).** "Wegweiser Solarwirtschaft - PV-Roadmap 2020", Berlin/ München/ Stuttgart, Roland Berger Strategy Consultants und Prognos AG, 2010.

[18] **Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar).** www.solarwirtschaft.de. "Statistikpapier Photovoltaik" [Online], August 2011 [Zitat vom: 28. August 2011]. http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/201105_BSW_Solar_Faktenblatt_PV.pdf.

[19] **Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar).** www.solaratlas.de, "Der Vertriebskompass für die Solarbranche" [Online], 31. März 2011 [Zitat vom: 17. August 2011]. <http://www.solaratlas.de>.

[20] **Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).** www.bmwi.de, "Zahlen und Fakten - Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung" [Online], 22. Juni 2011 [Zitat vom: 1. August 2011]. <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/gesamtausgabe.html>. Als Download verfügbare Excel-Datei.

[21] **CREATON- Photovoltaikmodul.**

http://www.creaton.de/typo3temp/pics/2024b_DO_REF_PV_schiefer_eng_9636797dec.jpg , Stand 20.10.2011

[22] **Detail Praxis „Photovoltaik“.** Technik, Gestaltung, Konstruktion, von Bernhard Weller, Claudia Hemmerle, Sven Jakubetz, Stefan Unnewehr, Ausgabe 2009

[23] **Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS).**

www.energymap.info, "Die Daten der EnergyMap zum Download" [Online], 31. Dezember 2010 [Zitat vom: 15. April 2011].

<http://www.energymap.info/download.html>.

[24] **Ecofys GmbH.** "*Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus*" (Zusammenfassung), Köln, Forschungsprojekt der Ecofys GmbH in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landmaschinentechnik und regenerative Energien der Fachhochschule Köln und dem Lehrstuhl für Städtebau und Landesplanung der RWTH Aachen, 2004, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Az. 19719.

[25] **Eicker, Ursula.** "*Solare Technologien für Gebäude*", Stuttgart/ Leipzig/ Wiesbaden, Teubner-Verlag, 2001, ISBN: 3-519-05057-9.

[26] "**Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten für die kreisfreie Stadt Bamberg**". München, Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2011, Bestellnummer Z50021 201000.

[27] **Erneuerbare Energien Gesetz.** zuletzt geändert durch Art. 6 G v. 21.7.2011 I 1475

[28] **Erneuerbare Energien Gesetz.** Novelle Stand 30.6.2011

[29] **Eingrünung von Freiflächenanlagen.** <http://newi-solar.de/blog/uploads/PV-Freiflaeche-newi.jpg>

[30] **European Energy Exchange AG.** www.eex.com. "*Marktdaten - Stundenkontrakte/Spotmarkt*" [Online], 20. September 2011 [Zitat vom: 20. September 2011]. <http://www.eex.com/de/Marktdaten/Handelsdaten/Strom>.

[31] **Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT.** "*Potenzialanalyse erneuerbare Energien für das Gebiet der Stadt und des Landkreises Bamberg*", Bamberg und Oberhausen, erstellt im Auftrag der "Klimaallianz Stadt und Landkreis Bamberg", 2010, gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), FKZ: 03KS0324.

- [32] **Geodatenlieferung.** GIS-Daten für Solarflächenkataster Landkreis Bamberg vom 10.02.2011 durch Herrn Popp, Verwaltungsfachwirt (Briefzeichen: Z1-liK-047), Grundkarte als dxf-autocad-Format in acht Teilen, zudem GIS-kompatible Daten zu Höhenlinien (DHK), Orthofotos (DOP20), Digitales Geländemodell (DMG).
- [33] **Haas, Reinhard, Stieldorf, Karin und Wilk, Heinrich.** *"Photovoltaik in Gebäuden - Ergebnisse eines Projektes im Rahmen des IEA-Implementing-Agreements PV-Power Systems"*, Wien, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), 2002.
- [34] **Homepage der Stadt Bamberg, Weltkulturerbe.**
<http://www.stadt.bamberg.de/index.phtml?mNavID=1829.2&sNavID=1829.13&La=1> und weiterführende Links zum Weltkulturerbe
- [35] **Hübert, Michael.** *"Großflächige Einbindung dezentral verteilter Photovoltaikanlagen in regionale Energieversorgungssysteme: Einfluß und Auswirkungen auf den Netzbetrieb"*, Paderborn, Dissertation, 1995.
- [36] **IBC SOLAR AG.** www.ibc-solar.de. *"IBC SOLAR schließt 13,8 MW-Solarpark ans Stromnetz an"* [Online], 10. Januar 2011 [Zitat vom: 10. August 2001].
<http://www.ibc-solar.de/pressedetail+M50c0cf1d2d1.html>.
- [37] **Infobrief 8 „Planen und Bauen in Oberbayern“.** Regierung von Oberbayern, November 2008
- [38] **Kaltschmitt, Martin und Wiese, Andreas.** *"Erneuerbare Energieträger in Deutschland: Potentiale und Kosten"*, Berlin/ Heidelberg, Springer-Verlag, 1993. ISBN: 3-540-56631-7.
- [39] **KfW Bankengruppe.** www.kfw.de. *"Konditionenübersicht für Endkreditnehmer - Programm 270 274"* [Online], 28. September 2011 [Zitat vom: 28. September 2011]. <https://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionenanzeiger/Net/KonditionenAnzeiger?ProgrammNameNr=270%20274>.
- [40] **„Klein Venedig“.** Abbildung aus dem Internet, Stand 21.10.2011.
<http://www.holidaycheck.at/data/urlaubsbilder/images/41/1156843768.jpg>
- [41] **Klimaallianz Bamberg.** „Gemeinsame Erklärung der Stadt und des Landkreises Bamberg für eine Zusammenarbeit zum Schutz des Klimas“ vom 23. September 2008
- [42] **Koenemann, Detlef.** "Ein Drittel für die Vollversorgung". *Sonne Wind & Wärme - Das Branchen-Magazin für alle erneuerbaren Energien.* 10/2011.

- [43] **Konrad, Frank.** *"Planung von Photovoltaikanlagen - Grundlagen und Projektierung"*, Wiesbaden, Vieweg & Sohn Verlag, 2007. ISBN: 978-3-8348-0106-7.
- [44] **Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen.** ARGE Monitoring PV-Anlagen im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stand 28.11.2007.
- [45] **Lödl, Martin, et al.** *"Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland"*, Graz, TU München, Siemens AG, 2010. 11. Symposium Energieinnovation.
- [46] **Mangold, D., Schmidt, Th. und Müller-Steinhagen, H.** *"Solaranlagen und Nahwärmenetze - Erfahrungen aus dem Programm Solarthermie"*, München, Universität Stuttgart - Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, 2002. AGFW-Seminar "Fernwärme und Solarenergienutzung" am 10. und 11.9.2002 in München.
- [47] **MLU Halle-Wittenberg, Glossardatenbank.** Erläuterung Bodenzahl, Stand 21.08.2009 (08:11): http://mars.geographie.uni-halle.de/mlucampus/geoglossar/terme_datenblatt.php?terme=Bodenzahl
- [48] **Nitsch, Joachim, Sterner, Michael und Wenzel, Bernd.** *"Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global - Leitstudie 2010"*, s.l.: Arbeitsgemeinschaft: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart; Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel; Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE), Teltow, 2010. BMU - FKZ 03MAP146.
- [49] **Photon - das Solarstrom-Magazin.** www.photon.de. *"Photovoltaik verursacht Preiseinbruch an Strombörse"* (Pressemitteilung) [Online], 20. Juli 2011 [Zitat vom: 27. September 2011]. <http://www.photon.de/newsletter/document/49980.pdf>.
- [50] **Photon Profi.** "Schwerpunkt Solarmodule - Marktübersicht", *Photon Profi - Photovoltaik-Fachwissen für die Praxis*, 2/2011.
- [51] **photovoltaik buero.** www.photovoltaikbuero.de. *"pvBueroBlog: Aufständersorgie auf Flachdächern"* [Online], 18. Februar 2009 [Zitat vom: 8. Juni 2011]. <http://www.photovoltaikbuero.de/PVBueroBlog/tabid/128/EntryId/16/Aufst-auml-nderungsorgie-auf-Flachd-auml-chern.aspx>.
- [52] **Prinz, Christian.** *"Zukunftsweisende Stadtplanung durch Photovoltaik: Das Potential der Sonnenenergie in der Stadt"*, Hamburg, Diplomica Verlag GmbH, 2010. ISBN: 978-3-8366-4345-0.

[53] **Quaschnig, Volker.** *"Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert"*, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2000. ISBN 3-318-343706-6.

[54] **Quaschnig, Volker.** *Erneuerbare Energien und Klimaschutz. 2*, München, Carl Hanser-Verlag, 2010. ISBN: 973-3-446-41961-2.

[55] **Rauminformationssystem (RIS) der Regierung von Oberfranken** für das Gebiet des Landkreises Bamberg vom 17.2.2011 durch Herrn Rothe, Sachgebiet 24, als Shape-Format

[56] **Rauminformationssystem (RIS) der Regierung von Oberfranken** Internetpräsenz.

http://www.regierung.oberfranken.bayern.de/landesentwicklung/raumordnung_landesplanung/ris.php (Stand: 18.10.2011)

[57] **Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern.**

Schreiben mit dem Titel „Freiflächen-Photovoltaikanlagen“ vom 19.11.2009 an die Regierungen, Untere Bauaufsichtsbehörde.

[58] **SMA Solar Technology AG.** www.sma.de. *"Die Eigenstromzulage - Informationen und Hintergründe zum Solarstrom-Eigenverbrauch"* [Online], [Zitat vom: 20. September 2011]. http://www.sma.de/fileadmin/fm-dam/knowhow-dateien/SBi_2010_03/Die-Eigenstromzulage.pdf.

[59] **Südtiroler Bauernbund.** *"Leitfaden Photovoltaik"*, Bozen, s.n., 2011.

[60] **Teermann, Aron.** *"Energiamärkte und -handel" (Skript zur Vorlesung SS 2010)*, Nürnberg, Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg, 2010.

[61] **UmweltBank AG.** www.umweltbank.de. *"Kreditkonditionen der Umweltbank - Solarkonditionen"* [Online], 22. September 2011 [Zitat vom: 28. September 2011]. <http://www.umweltbank.de/kreditkonditionen/solarkonditionen.html>.

[62] **UNESCO-Weltkulturerbe und StadtDenkmal.** Broschüre, herausgegeben vom Dokumentationszentrum Welterbe Bamberg, Bezug:

<http://www.stadt.bamberg.de/index.phtml?object=tx|1829.1822&ModID=7&FID=1829.884.1&&sNavID=1829.13&mNavID=1829.2&La=1>

[63] **Wagner, Andreas.** *"Photovoltaik Engineering"*, Berlin/ Heidelberg, Springer-Verlag, 2. Auflage, 2006. ISBN:13 978-3-540-30732-7.

[64] **Wikipedia – Stadt Bamberg. Abbildung Autobahnen.**

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bamberg_Autobahnen.png&filetimestamp=20051208121745, Stand 17.10.2011.

[65] **Wikipedia – Stadt Bamberg. Altenburg bis Seesbrücke.**

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Altenburg_bis_Seesbruecke.jpg&filetimestamp=20051124103726, Stand 17.10.2011.