



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



**Projekt:
Standortsuche für Photovoltaikanlagen
bei gemeindeeigenen Altlasten**

Ergebnisbericht



altlasten

Flächenrecycling

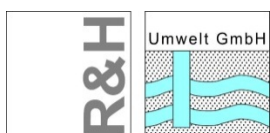


Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Projekt: Standortsuche für Photovoltaikanlagen bei gemeindeeigenen Altlasten

Ergebnisbericht



Flächenrecycling
UmweltSpezial

Impressum

Projekt „Standortsuche für Photovoltaikanlagen bei gemeindeeigenen Altlasten“ - Ergebnisbericht

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 96, Matthias Heinkel, auf Grundlage des Projektabschlussberichtes der R & H Umwelt GmbH unter Mitarbeit der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH (GAB)

Redaktion:

LfU, Referat 96, Matthias Heinkel

Bildnachweis:

Titelbild: Bayerisches Landesamt für Umwelt

Seite 5: R & H Umwelt GmbH

Stand:

Juli 2013

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	5
1	Einleitung	7
2	Charakterisierung der Standorte	7
3	Rechtliche Eignungsprüfung	8
3.1	Bau- und Planungsrecht	8
3.2	Naturschutzrecht	9
3.3	Bodenschutz- und Abfallrecht	10
3.4	Erneuerbare-Energien-Gesetz (Konversionsflächen)	11
4	Technische Umsetzung	13
4.1	Modulplanung	13
4.2	Nutzbare Flächenanteile	13
4.3	Installierbare Leistung und Stromertrag	14
5	Wirtschaftlichkeit	15
5.1	Eingangsgrößen	15
5.2	Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	17
5.3	Auswertung der Zielberechnungen	17
5.4	Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit	18
5.5	Optimierung der Wirtschaftlichkeit	19
6	Anlagenplanung	20
6.1	Altlastenspezifische Aspekte	20
6.2	Kosten- und Planungssynergien	21
7	Fazit	21
Anlage 1:	Ausgewählte Kernaussagen für PV-Anlagen auf Altlasten	23

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Hochwertiger Bewuchs mit Teich auf einer Altablagerung	5
Abb. 2:	Verteilung der 40 Standorte auf die Regierungsbezirke	6
Abb. 3:	Anteil amtlich kartierter Biotope an der Ablagerungsfläche	9
Abb. 4:	Betroffenheit der Schutzgüter	10
Abb. 5:	Mächtigkeit der Überdeckungs- bzw. Rekultivierungsschicht	11
Abb. 6:	Flächenangaben zu den 40 Standorten	14
Abb. 7:	Installierbare Leistung und Planungsumgriff	15
Abb. 8:	Wirtschaftlichkeit der 40 Anlagen über die Eigenkapitalrendite	17
Abb. 9:	Zielberechnungen 0 % und 5 % (jeweils mit ALNE-Förderung)	18

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vergütungsfähigkeit gemäß EEG-Einstufung	12
---------	--	----

0 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Standortsuche für Photovoltaikanlagen bei gemeindeeigenen Altlasten“ wurden für 40 ausgewählte Altlasten- und Altdeponiestandorte Standortanalysen durchgeführt. Dabei wurde die Eignung der jeweiligen Flächen für eine Photovoltaikanlage (PV-Anlage) untersucht. Durch die Standortanalysen liegen den Gemeinden umfassende Bewertungen vor, ob und zu welchen Bedingungen der Bau einer PV-Anlage möglich erscheint. Die Bewertung von Standort, Planungsrecht und Wirtschaftlichkeit zeigt Möglichkeiten, aber auch kritische Punkte und daraus möglicherweise resultierende Planungsschwierigkeiten auf und kann als Grundlage für eine detailliertere Prüfung und für die Entscheidung einer Vorplanung herangezogen werden.

Auf den 40 Standorten könnten jährlich 24.300 MWh Strom zur Versorgung von ca. 7.000 Haushalten erzeugt werden. Im gleichen Zug würden 54 ha Brachfläche einer neuen Nutzung zugeführt.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen, dass durch die zusätzliche Förderung aus dem Programm „Alte Lasten – Neue Energien“ (ALNE-Förderung) einerseits zwar eine deutliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erzielt und somit der gewünschte Investitionsanreiz in Form einer Kompensation anfallender Mehrkosten auf Altlasten geschaffen wurde. Auf der anderen Seite sind jedoch trotz Förderung weiterhin 23 der 40 untersuchten Standorte als nicht wirtschaftlich betreibbar einzustufen (Eigenkapitalrendite negativ bis maximal 3 %).

Aus den 40 Standortanalysen lassen sich folgende grundlegenden Aussagen ableiten:

- Alle Standorte können als „wirtschaftliche Konversionsfläche“ gem. EEG eingestuft werden.
- Der verfügbare Planungsumgriff beträgt im Mittel 85 % des Ablagerungsumgriffs bzw. der ehemaligen Betriebsflächen.
- Die Modulbelegungsfläche sollte mindestens 7.000 m² groß sein, damit sich eine PV-Anlage wirtschaftlich betreiben lässt.
- Bei einer Modulbelegungsfläche von über 10.000 m² ist auch eine Entfernung zum Netzeinspeisepunkt von über 1.000 m vertretbar.
- Auf vielen Standorten ist zwischenzeitlich ein hochwertiger, schützenswerter Bewuchs entstanden (Abb. 1). Teilweise liegen amtlich kartierte Biotope vor. I. d. R. nehmen diese jedoch bei den 40 ausgewählten Flächen nur einen untergeordneten Teil der Gesamtfläche ein.



Abb. 1:
Hochwertiger Bewuchs mit Teich auf
einer Altablagerung

- I. d. R. ist mit Nachbesserungen bzw. erhöhten Aufwendungen für die Gründung und Stand-sicherheit der PV-Anlagen zu rechnen.
- Fast 30 % der Standorte liegen in Landschaftsschutzgebieten und stellen somit erhöhte Anforderungen an die naturschutzfachliche Umsetzung.
- Die installierbare Leistung sollte mindestens 400 kWp zur Darstellung einer positiven Eigenkapitalrendite mit ALNE-Förderung betragen.
- Die Obergrenze von 1.000 € Investitionskosten pro kWp installierbarer Leistung sollte nicht überschritten werden, um eine positive Rendite zu erzielen.

Der Stand der Altlastenbearbeitung steht in unmittelbarem Bezug zur zeitlichen Abwicklung, zur Planungssicherheit und zu möglicherweise erzielbaren Synergieeffekten eines PV-Anlagenprojektes. Bereits sanierte Standorte bieten die schnellsten Umsetzungsmöglichkeiten, während noch nicht abschließend erkundete Standorte die besten Planungssynergien aufweisen können. Ist die Gefährdungsabschätzung abgeschlossen, liegt die höchste Planungssicherheit für eine PV-Anlage vor, mögliche Synergieeffekte stehen dann in Abhängigkeit zu ggf. erforderlichen Sanierungsmaßnahmen.

Das größte Synergiepotenzial lässt sich bei den Standorten ableiten, bei denen noch Maßnahmen zur Erkundung und ggf. Sanierung anstehen. Ebenfalls günstig sind Standorte, die erst kürzlich saniert wurden und somit ohne größere Bauelfreimachung überplant werden können. Bei länger brach liegenden Standorten wurde dem gegenüber festgestellt, dass durch Neuausbildung schützenswerten Bewuchses der naturschutzfachliche Wert der Flächen teilweise deutlich zugenommen hat und einer Entwicklung als PV-Anlagenfläche entgegensteht.

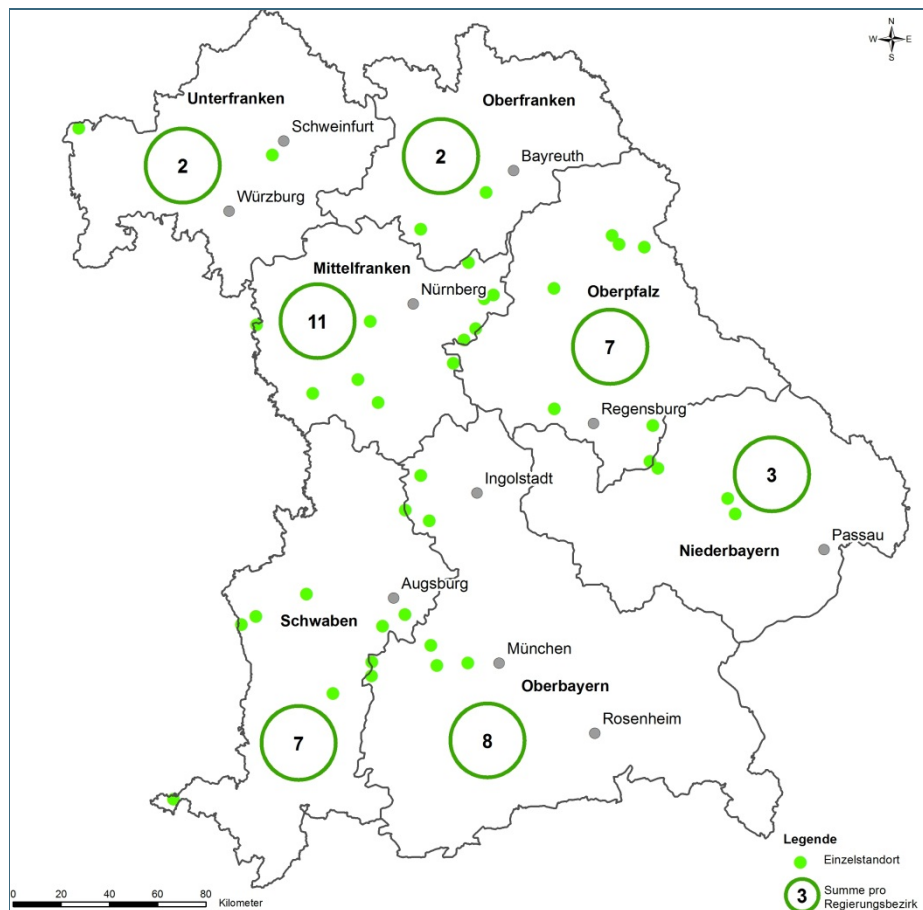


Abb. 2:
Verteilung der 40
Standorte auf die Re-
gierungsbezirke

1 Einleitung

Die Bayerische Staatsregierung hat sich im Rahmen ihres Energiekonzepts „Energie innovativ“ das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2021 den Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch auf 50 % zu erhöhen. Die Solarstromerzeugung spielt dabei eine wichtige Rolle und soll auf 16 % der Stromerzeugung ausgebaut werden. Brachliegende Altlasten und stillgelegte Deponien können günstige Standorte für die Erzeugung solarer Energie sein. Ziel ist es, die Errichtung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) auf Flächen wie Altlasten und Deponien zu lenken, da sich daraus ein doppelter Gewinn für die Umwelt ergibt: erstens die Steigerung der Erzeugung regenerativer Energie und zweitens das Flächenrecycling, indem diese oft brachliegenden und Kosten verursachenden Flächen einer sinnvollen Nachnutzung zugeführt werden.

Um die Nachnutzung von o. g. vorgenutzten Flächen durch erneuerbare Energien zu beschleunigen, wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) das Programm „Alte Lasten – Neue Energien“ (ALNE) entwickelt. Im Rahmen des Programms sollen u. a. potenzielle Standorte für PV-Anlagen auf vorgenutzten Flächen wie stillgelegten Deponien und Altlasten / Altlastverdachtsflächen (Altablagerungen und Altstandorte) identifiziert werden.

Das Landesamt für Umwelt (LfU) wurde vom StMUG beauftragt, potenzielle Standorte für PV-Anlagen auf gemeindeeigenen Altlasten zu ermitteln. Dementsprechend wurden vom LfU zusammen mit der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH (GAB) nach bestimmten Kriterien 40 gemeindeeigene Flächen vorausgewählt, für die Standortanalysen hinsichtlich der Eignung für die Errichtung einer PV-Anlage durchgeführt werden sollten. Bei den vorausgewählten Flächen handelte es sich um Altlasten (Altablagerungen und untergeordnet Altlastverdachtsflächen, einen Altstandort und unter Auflagen o. ä. bereits aus dem Altlastenkataster entlassene Flächen) und Altdeponien nach Abfallrecht.

Mit der Durchführung und Bearbeitung der 40 Standortanalysen wurde das Ingenieurbüro R & H Umwelt GmbH, Nürnberg im März 2012 beauftragt. Ziel der Standortanalysen war es, v. a. durch Darstellung des Status der Altablagerungs- und Altdeponieflächen, der planungsrechtlichen Situation und der naturschutzfachlichen Gegebenheiten die Standortvoraussetzungen für die Installation einer PV-Anlage zu beschreiben. Bei der Bewertung standen die grundsätzliche technische und wirtschaftliche Machbarkeit sowie die Einstufung als Konversionsfläche i. S. d. Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Vordergrund. Der GAB oblag die Projektsteuerung.

Im Folgenden werden auf Grundlage eines ausführlichen Projektberichtes der R & H Umwelt GmbH die wichtigsten Projektergebnisse zusammengefasst.

2 Charakterisierung der Standorte

Die **Flächenvorauswahl** wurde durch das LfU nach Kriterien wie Mindestflächengröße, Eigentumsverhältnisse, Flächenzuschnitt und Topographie vorgenommen. Datenbasis war das Altlastenkataster gem. Art. 3 Bayerisches Bodenschutzgesetz (Altlasten-, Bodenschutz- und Deponieinformationssystem; kurz ABuDIS). Das LfU übermittelte der GAB eine Vorauswahl von 135 Standorten. Nach Kontaktaufnahme mit den jeweiligen Gemeinden gingen schließlich 42 positive Rückmeldungen mit Einverständniserklärungen für die Projektteilnahme bei der GAB ein. Die Ablehnungsgründe gegen eine Teilnahme am Projekt waren vielfältig, wobei v. a. eine andere Nutzung (bereits vorhandene Nutzung auf der Fläche, die beibehalten werden sollte oder zukünftig geplante Nutzung) angegeben wurde. Häufig wurden auch naturschutzfachliche Aspekte, Störwirkungen aus der Nachbarschaft, gegenüber den Annahmen andere Eigentumsverhältnisse oder die Lage innerhalb eines Waldgebietes als Begründung für die Ablehnung genannt.

Die Datensätze zu den 42 Flächen wurden dann der R & H zur Verfügung gestellt. Während der **Datenaufnahme** entfielen auf Grund neuer Erkenntnisse zwei Standorte, so dass letztlich 40 Standortanalysen erstellt wurden.

Die 40 untersuchten Standorte weisen folgende charakterisierenden Merkmale auf:

- **Räumliche Verteilung:** die Standorte sind über ganz Bayern verteilt, so dass alle sieben Regierungsbezirke berücksichtigt werden konnten (Abb. 2 und Anlage 2).
- **Lage:** die Standorte haben einen sehr unterschiedlichen räumlichen Bezug zu Siedlungskörpern. Über die Hälfte liegen siedlungsfern in der freien Landschaft, vier davon in Waldgebieten. Fünf Standorte befinden sich in geschlossenen Ortschaften und weitere neun grenzen an eine Siedlung an bzw. liegen siedlungsnah (max. 150 m Entfernung).
- **Größe:** als Mindestflächengröße wurde 0,5 ha festgelegt. Die durchschnittliche Flächengröße der 40 Standorte liegt bei 2,2 ha. Der größte Standort weist (mit elf Flurstücken) 7,2 ha auf, der kleinste 0,52 ha. Der Schwerpunkt liegt bei relativ kleinen bis mittelgroßen Standorte bis zu 2 ha.
- **Nutzung:** alle Standorte werden derzeit nicht oder nur geringfügig genutzt. Häufig weisen sie Brach- bzw. Sukzessionsstadien auf. Vier Standorte sind mit Wald bestanden bzw. aufgeforstet. Zehn Flächen werden zumindest in Teilbereichen landwirtschaftlich genutzt. Ebenfalls zumindest in Teilbereichen liegen bei einigen Standorten gewerbliche Nutzungen vor.
- **Eigentumsverhältnis:** es wurden nur Flächen im Eigentum der Kommune, des Landkreises oder des Freistaates Bayern untersucht.
- **Stand der Altlastenbearbeitung:** 28 Standorte unterliegen dem Bodenschutzrecht (BBodSchG), davon 27 Altablagerungen bzw. Altlastverdachtsflächen (19 ehemalige Hausmülldeponien, vier ehemalige Bauschutt- bzw. Erdaushubdeponien und vier als Bauschutt- bzw. Erdaushubdeponie weitergeführte ehemalige Hausmülldeponien) und ein Altstandort. Bei 12 Standorten handelt es sich um ehemalige Deponien nach Abfallrecht in der Nachsorgephase (sechs als Bauschutt- bzw. Erdaushubdeponie weitergeführte ehemalige Hausmülldeponien, fünf ehem. Bauschutt- bzw. Erdaushubdeponien und eine ehemalige Hausmülldeponie).
- **Ausschlussgebiete:** Standorte, die in Planungsbereichen mit ausschließenden Kriterien gemäß Schreiben des StMI¹ liegen (z. B. Nationalpark, Naturschutzgebiet, Natura 2000 Gebiet und Überschwemmungsgebiet) wurden, soweit zu Projektbeginn bekannt, ausgeschlossen.

3 Rechtliche Eignungsprüfung

3.1 Bau- und Planungsrecht

Die 40 Standorte befinden sich überwiegend außerhalb von Ortschaften. Nur fünf Flächen liegen innerhalb zusammenhängend bebauter Gebiete. Die Änderung des Flächennutzungsplans und die Aufstellung eines Bebauungsplans sind erforderlich. Allein bei dem einen Altstandort ist keine Änderung des Flächennutzungsplanes notwendig, da die bestehende Flächenausweisung als Gewerbegebiet prinzipiell die Errichtung einer PV-Anlage zulässt. Zwei Altablagerungen liegen in Anbindung an Ge-

¹ Bayerisches Staatsministerium des Innern (2009): Freiflächen Photovoltaikanlagen, Schreiben vom 19.11.2009, München

werbegebiete, so dass bei diesen Standorten ebenfalls geeignete Voraussetzungen für die planungsrechtliche Umsetzung bei entsprechender Änderung des Flächennutzungsplanes und Aufstellung eines Bebauungsplanes bestehen.

3.2 Naturschutzrecht

Bei der naturschutzfachlichen Prüfung wurden zunächst die Kriterien des Staatsministeriums des Innern (StMI)¹ für die Auswahl von geeigneten PV-Anlagenstandorten abgefragt. Dementsprechend sind bestimmte Standorte aufgrund ihrer hohen naturschutzfachlichen bzw. landschaftlichen Relevanz für die Errichtung von PV-Anlagen nicht oder nur bedingt geeignet. Die Aussagen der Unteren Naturschutzbehörden bzgl. naturschutzfachlicher Hemmnisse wurden bei der Prüfung berücksichtigt. Elf Standorte liegen demnach in einem als **Restriktionsgebiet** eingestuftem Landschaftsschutzgebiet. Ein Standort liegt in einem Überschwemmungsgebiet als **ausschließendes Kriterium**.

Bei 13 Standorten wurden **amtlich kartierte Biotope** festgestellt, die aber stets nur einen Teil der Untersuchungsflächen betreffen (durchschnittlich 20 % der Gesamtfläche) (Abb. 3). Die amtlich kartierten Biotope beinhalten in einigen Fällen auch gesetzlich geschützte Biotope, die sich auf Teilflächen der kartierten Biotopflächen beschränken. Amtlich kartierte Biotope wurden aufgrund der Einstufung als Ausschlusskriterium im Allgemeinen nicht überplant.

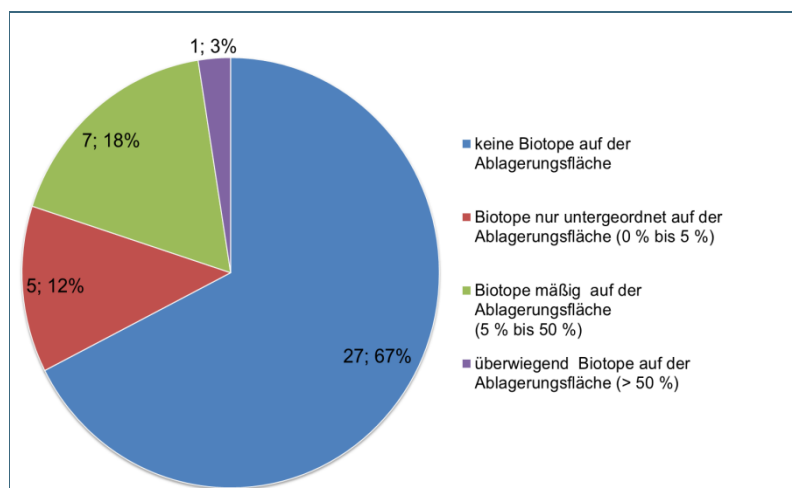


Abb. 3:
Anteil amtlich kartierter Biotope an der Ablagerungsfläche

Darüber hinaus wurden bei weiteren 16 Standorten, teilweise neben den amtlich kartierten Biotopen, (noch) nicht kartierte, aber dennoch **hochwertige Vegetationsbestände** festgestellt. Neun Standorte liegen zusätzlich innerhalb eines **Naturparks**, wobei diese Einstufung kein aufgelistetes Kriterium i. S. d. Hinweise des StMI¹ darstellt.

Die Bewertung der eventuell auftretenden negativen Auswirkungen der Vorhaben auf die **Schutzgüter nach § 2 UVPG** (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung) kam zum Ergebnis, dass am stärksten das Schutzgut Pflanzen/Biotope betroffen ist (bei über der Hälfte der Standorte sind auf Grund von amtlich kartierten Biotopen bzw. wertvollen Gehölz- bzw. Waldstrukturen v. a. starke, aber auch erhebliche Auswirkungen zu erwarten) (Abb. 4). Die Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser und Kulturgüter wurden i. d. R. als gering eingestuft, für das Schutzgut Tiere (generelle Einstufung ohne einzelfallbezogene Artenschutzkartierung) als mäßig. Bei 26 Standorten wurden mäßige bis starke Auswirkungen auf das Schutzgut Landschaftsbild prognostiziert. Bei den restlichen Standorten wurden die Auswirkungen als gering eingeschätzt. Das Schutzgut Mensch ist bei der Hälfte der Standorte mäßig bis stark, bei den restlichen Standorten nur gering betroffen.

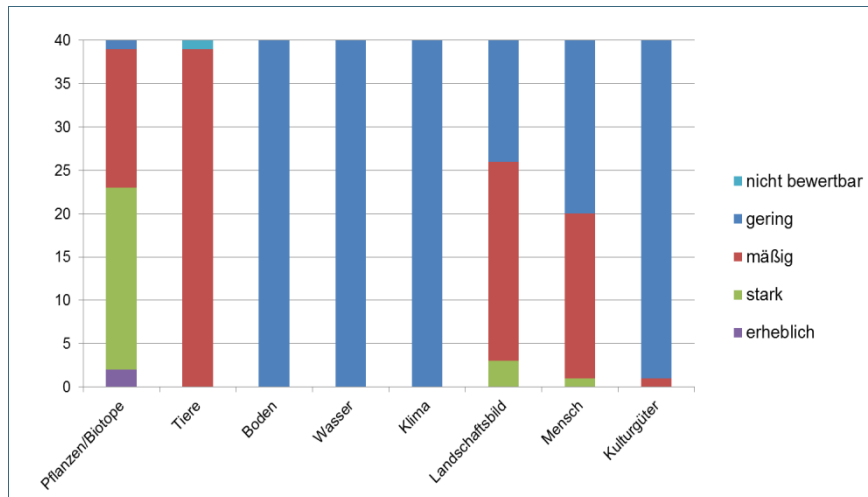


Abb. 4:
Betroffenheit der Schutzgüter

Der **Ausgleichsflächenbedarf** ergibt sich aus der Fläche der genutzten PV-Anlage (eingezäunte Fläche) multipliziert mit einem fachlich festzulegenden **Kompensationsfaktor**. Der Kompensationsfaktor liegt bei PV-Anlagen in der Regel bei 0,2. Bei Gebieten mittlerer Bedeutung (Sukzessionsflächen mit Gehölzaufwuchs) wurde der Kompensationsfaktor auf 0,5 hochgesetzt. Forstflächen wurden mit einem Faktor von 1,0 und Waldbereiche bzw. Biotopstrukturen mit 1,2 veranschlagt.

Bei 14 Standorten wurde für die gesamte Fläche ein Faktor von 0,2 angesetzt. Bei zwölf Standorten wurde der Faktor auf 0,5 erhöht. Für einen Standort wurde der Faktor zur Berücksichtigung der Baumschutzsatzung auf 0,7 erhöht. Bei sechs Flächen, die innerhalb von geschlossenen Waldgebieten liegen und selbst Waldstrukturen aufweisen, wurde der Kompensationsfaktor auf einen Faktor von 1,0 bzw. 1,2 hochgesetzt. Bei vier weiteren Standorten wurde nur für einen Teilbereich (mit höherwertigerem Bewuchs) ein höherer Faktor angesetzt, während die verbleibenden Flächen mit 0,2 bewertet wurden.

Aus dem Vergleich der Kosten der Ausgleichsflächen mit den Renditeergebnissen ergibt sich, auch bei einem hoch angesetzten Kompensationsfaktor (beispielsweise 1,2), kein signifikanter Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Hinsichtlich der naturschutzfachlichen Rahmenbedingungen sollte jedoch in Zukunft ein größeres Augenmerk darauf gelegt werden, dass sich auf den Standorten von PV-Anlagen durchaus neue Lebensräume und Ökosysteme bilden können. Diese können z. B. durch geschickte Planung der Anlagen, Anlegen von Hecken etc. deutlich aufge bessert werden und so zu einer höheren Akzeptanz der Anlagen führen.

3.3 Bodenschutz- und Abfallrecht

Im Rahmen der Standortanalysen erfolgte die Darstellung der Altlasten- bzw. Belastungssituation nach aktuellem Kenntnisstand. Darzustellen war weiterhin die Stufe der Altlastenbearbeitung bzw. der Stand der Nachsorgephase als Grundlage für die Bewertung der Eignung und Aussagen zur Planungssicherheit.

Bei 26 Standorten ist die Gefährdungsabschätzung bzw. -untersuchung bereits abgeschlossen. Bei 14 Standorten sind noch weitere Erkundungsmaßnahmen notwendig. Bei zwei Standorten wurde das Sanierungserfordernis bereits festgestellt. Für drei weitere Flächen wird trotz abgeschlossener Gefährdungsabschätzung darauf hingewiesen, dass bei einer Nutzungsänderung weitere Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen zu erwarten sind. Insgesamt acht Flächen sind bereits saniert. Bei vier (ehemaligen) Altablagerungen konnte der Altlastverdacht ausgeräumt werden, so dass keine weiteren Maßnahmen zu erwarten sind.

Je nach Stand der Erkundung und Sanierung ergeben sich hinsichtlich der Errichtung einer PV-Anlage unterschiedliche Umsetzungsmöglichkeiten:

- Eine **geringe Planungssicherheit** der EEG-Vergütungsfähigkeit liegt bei insgesamt 16 Standorten vor (Gefährdungsabschätzung noch nicht abgeschlossen bzw. Altlastverdacht bereits ausgeräumt).
- Eine konkrete Möglichkeit zur Nutzung von **Synergieeffekten** besteht nur bei zwei Standorten, bei denen gesichert absehbar ist, dass eine Sanierung erforderlich wird. Weitere 16 Standorte haben jedoch ein Potenzial zur Nutzung möglicher Synergieeffekte, da Sanierungsmaßnahmen zwar noch nicht sicher erforderlich sind, aber auch noch nicht ausgeschlossen werden können.
- **Hemmnisse** durch zeitliche Einschränkungen weisen 18 Standorte auf, bei denen noch weitere Maßnahmen zwingend vor der Errichtung einer PV-Anlage erforderlich sind. Ein Potenzial zur **raschen Umsetzung** besteht dagegen bei 21 Standorten.

Die **Überdeckung** der Abfälle bzw. des Belastungsbereiches hat, über die Faktoren Mächtigkeit und Zusammensetzung, direkten Einfluss auf die Planung einer PV-Anlage und somit auf die Baukosten. Bei etwa der Hälfte der Standorte liegt, zumindest in relevanten Teilbereichen, keine oder nur eine geringmächtige Überdeckungsschicht bis max. 0,5 m vor (Abb. 5). Hier ist i. d. R. mit erhöhten Aufwendungen und ggf. Nachbesserungen zu rechnen. 13 Standorte haben eine über 0,5 m mächtige Überdeckung. Nur ein Standort weist eine Überdeckung von über 1,3 m auf, so dass hier eventuell Dreh- oder sogar Rammpfahlgründungen in Betracht kämen. Bei den verbleibenden acht Standorten lassen sich aus den vorhandenen Unterlagen keine Informationen zu einer Überdeckungs- oder Rekultivierungsschicht ermitteln.

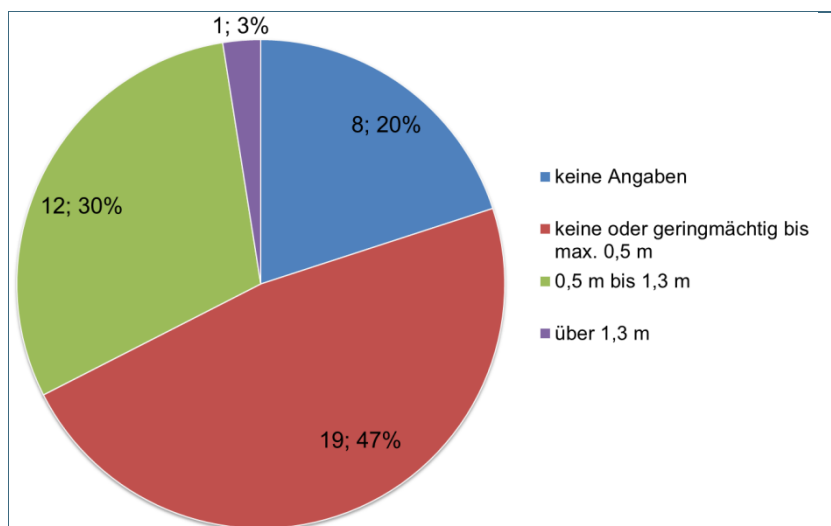


Abb. 5:
Mächtigkeit der Überdeckungs-
bzw. Rekultivierungsschicht

3.4 Erneuerbare-Energien-Gesetz (Konversionsflächen)

Ein Vergütungsanspruch nach dem EEG für Freiflächenanlagen kann angenommen werden, wenn die Kriterien nach § 32 Abs. 1 Nrn. 2 und 3 EEG erfüllt sind. Voraussetzung für eine Konversionsfläche i. S. d. EEG ist, dass der ökologische Wert der Fläche infolge der ursprünglichen wirtschaftlichen oder militärischen Nutzung schwerwiegend beeinträchtigt ist. In der Empfehlung Nr. 2010/2 der EEG Clearingstelle wird der Begriff Konversionsfläche näher erläutert. Entsprechend den Kriterien sind alle 40 Standorte als „wirtschaftliche Konversionsflächen“ einzustufen.

Demnach besteht eine **widerlegliche Vermutung** dafür, dass der ökologische Wert schwerwiegend beeinträchtigt ist und somit eine Konversionsfläche vorliegt, bei folgenden Fällen (Tab. 1):

- a) Vorliegen einer Altlast bzw. Bestätigung eines hinreichenden Verdachts einer Altlast (Existenz von Altlasten i. S. d. § 2 Abs. 5 BBodSchG bzw. eines hinreichenden Verdachtes einer Altlast i. S. d. § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG, § 3 Abs. 4 BBodSchV) (14 Standorte).
- b) Altdeponien nach Abfallrecht in der Nachsorgephase (zwölf Standorte).
- c) Zusätzlich Versiegelung der Bodenoberfläche durch eine Oberflächenabdichtung oder Oberflächenabdeckung, die mit einer schwerwiegenden Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 BBodSchG einhergeht (vier Standorte).

Tab. 1: Vergütungsfähigkeit gemäß EEG-Einstufung

	wirtschaftliche Konversionsfläche	hiervon zusätzliche Vergütung
Indizienkette	10	2 (1 Bahn/AB; 1 AB)
Altlastverdacht nach BBodSchG	13	2 Bahn
Altlast nach BBodSchG	1	
Versiegelung der Oberfläche	4	
Abfallrechtliche Überwachung	12	3 Bahn

Sind die oben aufgeführten Kriterien nicht zutreffend, kann für die verbleibenden zehn der 40 Standorte angenommen werden, dass **Indizien**, wie z. B. Veränderungen des Bodens durch Abfälle, Schadstoffe und sonstige im oder auf dem Boden befindliche Materialien, die aus der Vornutzung stammen (z. B. Trümmer), jeweils in Verbindung mit einer hierdurch eingetretenen schwerwiegenden Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen i. S. d. BBodSchG, für eine Einstufung als Konversionsfläche i. S. d. EEG sprechen. Bei vier Standorten wurde der Verdacht einer Altlast nicht bestätigt, sondern ausgeräumt. Die Flächen wurden nutzungsorientiert bzw. mit Auflagen aus dem Altlastenkataster entlassen. Bei sechs Standorten wurde der Verdacht einer Altlast noch nicht hinreichend bestätigt (vor Abschluss der Orientierenden Untersuchung).

Im Hinblick auf eine planungssichere Einstufung des Standortes als Konversionsfläche i. S. d. EEG lassen sich bei Flächen, die dem Abfallrecht unterliegen (Altdeponien), einfacher belastbare Kriterien heranziehen. Bei Flächen, die dem Bodenschutzrecht unterliegen sind hingegen noch weitere Schritte für eine widerlegliche Vermutung abzu prüfen, die sich durch weitere Maßnahmenschritte ggf. noch ändern können. Für Flächen, die dem Abfallrecht unterliegen ist nur die Entlassung aus der Nachsorge als kritischer Zeitpunkt zu betrachten, aus dem sich ggf. Änderungen für die Einstufung als Konversionsfläche ergeben können. Nach abschließender Sanierung mittels Oberflächenabdeckung bzw. Abdichtung entfällt auch bei der Entlassung aus der Nachsorge eine mögliche Einstufung als Konversionsfläche nicht, sofern noch weitere Auflagen für den Standort bestehen.

Zusätzlich zur o. g. Einstufung als wirtschaftliche Konversionsfläche besteht für sieben Standorte die Möglichkeit einer Vergütung i. S. d. EEG durch die Lage längs von Schienenwegen oder Autobahnen.

4 Technische Umsetzung

4.1 Modulplanung

In den Standortanalysen wurde vom Einsatz polykristalliner Module mit einer Flächenleistung von mindestens 230 Wp/m² ausgegangen. Als Ausrichtung wurde i. d. R. eine Südlage (Ausrichtung: 0°) mit 20° Modulneigung vorgesehen. Die Layoutplanung erfolgte auf Grundlage der Geländebegehungsdaten (Hangneigung, Exposition etc.), der aktuellen Fotos und der digitalen Plangrundlage anhand eines 3D-Geländemodells. Durch die Ermittlung des Sonnentiefststandes am 21. Dezember und des zu erwartenden Verschattungswinkels wurde der Reihenabstand zwischen den Modulen berechnet. Es folgte die Festlegung der Tischgrößen durch Bestimmung der einzelnen Stringlängen.

Auf Grundlage der Berechnung des Schattenwurfes der Verschattungsobjekte wurde die Layoutplanung mit der Belegung der nutzbaren Bereiche des Standortes durch Module erstellt. Die Modultische wurden dabei an das Gelände angepasst und den Mindestverschattungswinkel einhaltend platziert. Somit war es bei manchen Standorten notwendig, Teilflächen von einer Modulbelegung freizuhalten, obwohl sich diese innerhalb des ermittelten Planungsumgriffs befanden. Gründe dafür waren meist Verschattungen durch Hänge oder durch angrenzenden Vegetations- oder Gebäudebestand. Grundsätzlich ergibt sich jedoch bereits durch die Notwendigkeit von Betriebswegen und durch erforderliche Abstände zu den Grundstücksgrenzen, dass die Modulbelegungsfläche in jedem Fall geringer als die zur Verfügung stehende Ablagerungsfläche ist.

4.2 Nutzbare Flächenanteile

Der **Planungsumgriff** ist die Fläche, die mit PV-Modulen, Transformatorgebäude und ggf. weiteren Betriebseinrichtungen belegt wird. Im Rahmen der Studien wurde die Belegung der PV-Module zwingend innerhalb des ermittelten Belastungs- bzw. Auffüllbereiches ausgeführt, damit die Tatbestände der wirtschaftlichen Konversionsfläche i. S. d. EEG erfüllt waren. Für die Festlegung des Planungsumgriffs waren somit die Ergebnisse der Bestandsaufnahme und der genehmigungsrechtlichen Situation sowie die Bewertungen zum Standort zu berücksichtigen.

Der Umgriff der Altlagerungen bzw. Altdeponien liegt bei den 40 Standorten durchschnittlich bei 16.300 m² (von 3.800 m² bis 64.200 m²) (Abb. 6). Demgegenüber steht ein mittlerer Planungsumgriff von 13.400 m² (von 3.800 m² bis 34.000 m²). Im Mittel konnten somit fast 85 % des Ablagerungsumgriffs bzw. der ehemaligen Betriebsflächen als Planungsumgriff genutzt werden. Bei 17 Standorten war die Ablagerungsfläche sogar identisch mit dem Planungsumgriff (100 %), da keine Planungseinschränkungen vorlagen.

Die **Modulbelegungsfläche** beträgt im Mittel 9.200 m² und liegt somit bei durchschnittlich 67 % des Planungsumgriffs. Unter Berücksichtigung weiterer erforderlicher Betriebseinrichtungen, die durchschnittlich mit 15 % der jeweiligen Modulbelegungsfläche angenommen wurden, resultieren im Vergleich zum Planungsumgriff im Mittel 78 % mit Modulen (inkl. Betriebseinrichtungen) belegbarer Fläche.

Für die Berechnung der Ablagerungsfläche, die vorhanden sein muss, um eine wirtschaftliche Mindestgröße an nutzbarer Fläche zu erlangen (= Modulbelegungsfläche von mindestens 7.000 m²), wurde der Anteil der Modulbelegungsfläche an der Ablagerungsfläche errechnet. Dieser Wert schwankt sehr stark zwischen 19 % und 81 %. Im Mittel beträgt der Anteil der für die Modulbelegung nutzbaren Fläche rd. 55 % der Ablagerungsfläche. Betrachtet man die Höchstwerte, so bedeutet das, dass auch bei einer vollständigen Nutzung der Ablagerungsfläche als Planungsumgriff nur maximal rd. 80 % der zur Verfügung stehenden Ablagerungsfläche für die Modulbelegung genutzt werden könnten.

Flächenreduzierungen resultieren v. a. aufgrund von Planungseinschränkungen (Besitzverhältnisse, Nutzungen, Schutzgebiete etc.), standortspezifische Eigenschaften (Verschattung, Neigung etc.) und erforderlichen Grenzabständen.

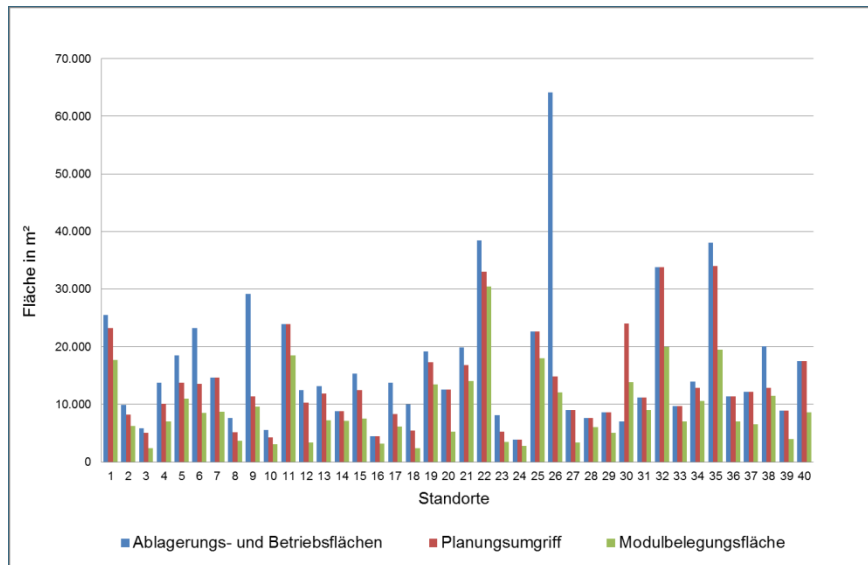


Abb. 6:
Flächenangaben zu den 40
Standorten

4.3 Installierbare Leistung und Stromertrag

Als **installierbare Leistung** wird die Leistung in Kilowattpeak (kWp) bezeichnet, die auf der vorhandenen Fläche installiert werden kann. Zu Flächeneinbußen und somit Minderungen der installierbaren Leistung kann es z. B. durch Verschattungen oder morphologische Ungunfstfaktoren kommen. Die durchschnittliche installierbare Leistung liegt bei den 40 Standorten bei 625 kWp (von 152 kWp bis 2.171 kWp) (Abb. 7). Bei über der Hälfte der Standorte wurde eine installierbare Leistung von weniger als 500 kWp ermittelt. Weitere 30 % eignen sich für eine Anlage mit maximal 1.000 kWp. Größere Anlagen mit über 1.000 kWp könnten nur auf sechs Standorten installiert werden. Insgesamt könnte bei den 40 Standorten eine installierbare Leistung von ca. 25.000 kWp umgesetzt werden.

Die **spezifisch installierbare Leistung** (kWp/ha) berechnet sich als Quotient aus der installierbaren Leistung und der Modulbelegungsfläche. Einflussparameter für die Dichte der Modulbelegung bilden hierbei v. a. die Gestalt und der Zuschnitt der Fläche, die Ausrichtung des Geländes, die Morphologie innerhalb des Standortes, die Hangneigung und die Verschattungssituation. Bei nach Norden ausgerichteten Flächen (bis max. 10 % Neigung) müssen die Module z. B. mit relativ großen Reihenabständen aufgestellt werden, um Verschattungseffekte untereinander zu vermeiden. Bei südexponierten Flächen mit leichter bis mäßiger Neigung (bis 20 %) ergibt sich eine optimale Belegung, da hier der Reihenabstand sehr gering gewählt werden kann. Die durchschnittliche spezifische installierbare Leistung beträgt rd. 690 kWp/ha (von 945 kWp/ha bis 490 kWp/ha).

Der **spezifische Ertrag** gibt an, wie viel Energie [kWh] pro installierter PV-Anlagenleistung [kWp] innerhalb eines Jahres durch die Modulbelegung der Fläche eingespeist werden kann. Der spezifische Stromertrag würde im Schnitt 970 kWh/kWp betragen.

Aus der Multiplikation der installierbaren Leistung [kWp] und des spezifischen Stromertrages ergibt sich die **Jahresstrommenge** in kWh für das erste volle Betriebsjahr. Diese würde im Schnitt 608.000 kWh betragen (von 141.000 kWh bis 2.193.000 kWh). In der Summe könnte bei den 40 Standorten im ersten Jahr 24.300.000 kWh produziert werden, was dem Verbrauch von fast 7.000 Durchschnittshaushalten entspräche (bei 3.500 kWh/a pro Haushalt).

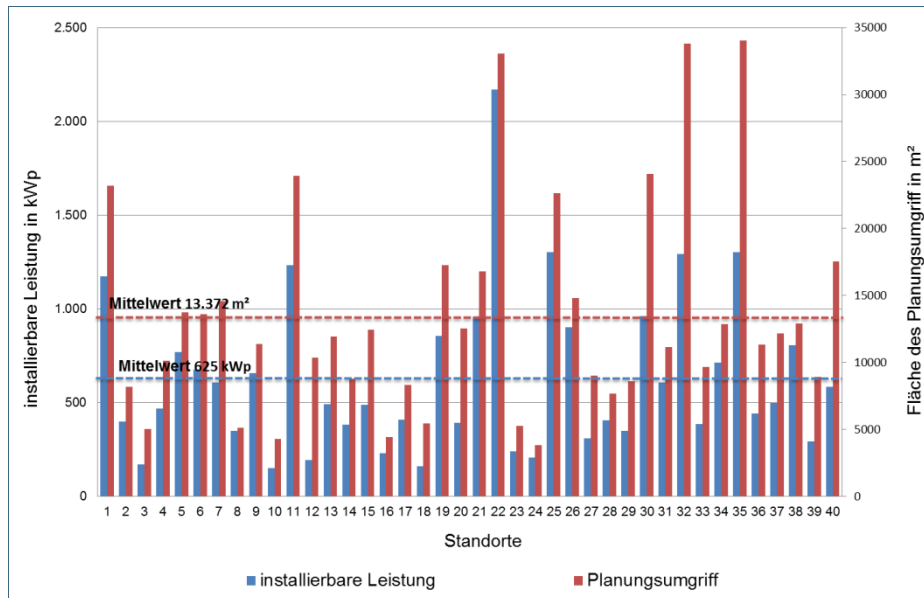


Abb. 7:
Installierbare Leistung
und Planungsumgriff

5 Wirtschaftlichkeit

5.1 Eingangsgrößen

Bei den hier betrachteten Standorten handelt es sich ausschließlich um Konversionsflächen i. S. d. EEG, auf denen Freiflächenanlagen errichtet werden könnten. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde das Programm PV-Kalk (Version 9.02) der RWC Software verwendet. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist der Zeitpunkt der **Inbetriebnahme** von entscheidender Bedeutung. Bei der Berechnung der Stromerträge des ersten Jahres wurden dabei die verbleibenden Monate nach Inbetriebnahme mit Erfahrungswerten des Gesamtjahresertrags berücksichtigt. Die konstante Stromproduktion ist entscheidend für die Rentabilität einer Investition. Der Rückgang des jährlichen Stromertrags (Degradation) wurde mittels Standardwerten, wie sie in Ertragsgutachten üblich sind, ermittelt.

Neben der Stromproduktion ist die **Vergütung** der eingespeisten Energie entscheidend für den Umsatz. Mit fortschreitender Zeit ist eine geringere Vergütung zu erwarten. Somit müssten bei einer späteren Inbetriebnahme der PV-Anlage (z. B. bedingt durch längere Erkundungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen oder durch ein Bauleitplanverfahren) größere Anstrengungen auf andere Optimierungsmaßnahmen (Direktvermarktung, Eigenstromnutzung etc.) sowie auf eine kostenoptimierte Planung unternommen werden, um eine vergleichbare Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Vergütungen wurden für die 40 Standorte nach dem EEG (Stand: 17.08.2012) unter der Annahme einer Inbetriebnahme der PV-Anlage zum Januar 2014 berechnet.

Folgende weitere Annahmen wurden den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu Grunde gelegt:

Finanzierung und steuerliche Aspekte

- Eigenkapital: Anteil 30 % (Standardwert bei Anlagen, die von Fonds oder ähnlichen Organisationen betrieben werden).
- Fremdkapital: Anteil 70 %; Annuitätendarlehen mit einer Laufzeit 15 Jahre, davon ein Jahr tilgungsfrei mit 10 Jahren Zinsbindung bei einem Soll-Zinssatz von 4,0 % während der Zinsbindung und unterstellter Soll-Zinssatz im Anschluss an die Zinsbindung ebenfalls von 4,0 %.

- Vergleichende Investitionsberechnung: Zinssatz für Alternativenanlagen des eingesetzten Eigenkapitals von 3,0 %; Guthabenzinsen werden für nicht entnommene Liquiditätsüberschüsse berechnet.
- Steuerliche Aspekte: lineare Abschreibung über 20 Jahre; Steuersatz des Betreibers von 35 % und Annahme, dass Betreiber nicht der Gewerbesteuerpflicht unterliegt.

Laufende Kosten

- Betriebskosten: jährlich 31 €/kWp (Allgefahrenversicherung 3 €/kWp, Rückstellungen und Reparaturen 8 €/kWp, Wartungsvertrag 9 €/kWp und Verwaltungskosten [v. a. Buchhaltungs-, Abschluss- und Steuerberatungskosten] 11 €/kWp, mindestens jedoch 4.000 €).
- Pacht: 3 % des Stromertrags.
- Zählermiete: 40 € pro Jahr.
- Berücksichtigung einer sogenannten Rückbaugarantie.

PV-Anlagenkosten, Kosten für Leitungsanschluss und sonstige Baukosten

- PV-Anlagenkosten: 900 €/kWp (Lieferung, Installation und technische Planung der PV-Grundkomponenten, Gründung ohne Berücksichtigung altlasten- bzw. deponiespezifischer Spezialplanungen sowie elektrischer Anschluss inkl. der Trafostation auf dem Gelände).
- Baugenehmigung (Bauleitplanung): Preisstaffelung 30.000 € (bis 1 MW), 40.000 € (bis 2 MW) und 50.000 € (bis 3 MW).
- Ausgleichsmaßnahmen: 11.000 €/ha PV-Anlagengesamtfläche unter Berücksichtigung des Ausgleichflächenbedarfs.
- Detailvermessung: 1.000 €/ha PV-Anlagengesamtfläche (inkl. 10 % Zuschlag für die Anschlussvermessung bestehender Geländeflächen).
- Baugrunduntersuchung: 2.500 €/ha PV-Anlagenfläche (= Modulbelegungsfläche).
- Erschließung: Errichtung schwerlastverkehrstauglicher Wege mit 100 €/lfdm.
- Baufeldfreimachung: Kosten für Beräumung von Anlagen und Gebäuden, Rodungen von Gehölzen und ggf. Profilierung des Untergrundes (mit entsprechenden m²- bzw. m³-Preisen).

Die Kosten für Vermessung, Erschließung und Baufeldfreimachung wurden bei Standorten, bei denen gesichert feststand, dass eine Sanierung mittels Oberflächenabdichtung/-abdeckung erforderlich wird, aus den Kostenberechnungen herausgenommen.

Kosten Übergabestation und Leitungsverlegung

- Übergabestation (bzw. Umbaukosten bestehender Trafostation): 40.000 €/Stück.
- Anschlussleitung zur Übergabestation: 70 €/lfdm; falls erforderlich Zuschläge für Anschlussleitung bei Hindernissen (wie Querungen von größeren Straßen oder Bachläufen) 150 €/lfdm oder Querungen von Bahnlinien 250 €/lfdm.

5.2 Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde für zwei Varianten erstellt:

- **Wirtschaftlichkeitsberechnung 1:** Berechnung der Renditen unter Zugrundelegung der oben aufgeführten Rahmendaten auf Basis der EEG-Förderung (Stand zum 01.01.2014 nach EEG 2012).
- **Wirtschaftlichkeitsberechnung 2:** Berechnung der Renditen unter Zugrundelegung der oben aufgeführten Rahmendaten auf Basis der EEG-Förderung (Stand zum 01.01.2014 nach EEG 2012) zuzüglich der Förderung des Freistaats Bayern im Programm „Alte Lasten – Neue Energien“ i. H. v. 200 €/kWp (max. 200.000 €).

Die Eigenkapitalrenditen (EK-Renditen) wurden programmbedingt auf minimal -10 % begrenzt und in die vier Kategorien „wirtschaftlicher Betrieb“ (über 5 %), „kostenneutraler Betrieb“ (über 3 % bis 5 %), „kein wirtschaftlicher Betrieb jedoch mit Optimierungsmöglichkeit“ (über 0 % bis 3 %) und „kein wirtschaftlicher Betrieb aufgrund negativer Bilanz“ (negativ bis 0 %) aufgeteilt (Abb. 8).

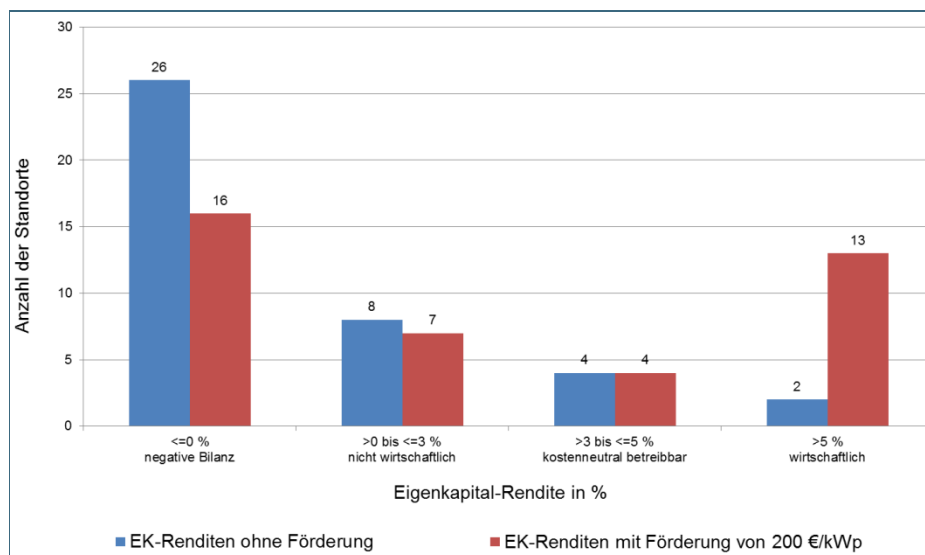


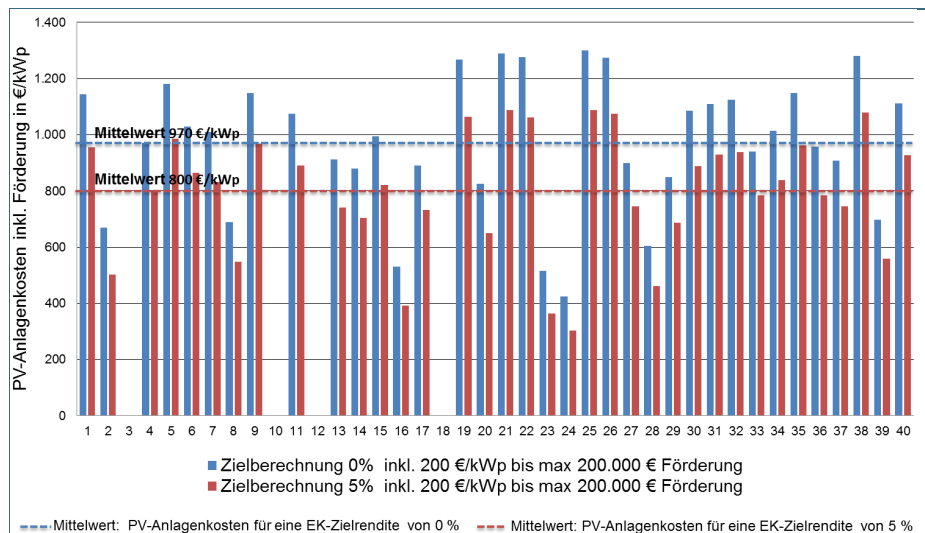
Abb. 8:
Wirtschaftlichkeit der 40 Anlagen über die Eigenkapitalrendite

Die EK-Renditen ohne ALNE-Förderung liegen im Durchschnitt bei -3,6 %. Nur sechs Standorte liegen über der 3 % EK-Rendite-Grenze, wobei zwei Standorte hiervon mit über 5 % EK-Rendite wirtschaftlich zu betreiben wären.

Mit ALNE-Förderung liegt die EK-Rendite im Mittel bei 0,9 %. Bereits 17 Standorte haben EK-Renditen über 3 %, wobei 13 Standorte sogar über 5 % aufweisen. Im Mittel ergibt sich durch die ALNE-Förderung eine Erhöhung der EK-Renditen um ca. 4,5 %. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass sich bei vielen Standorten durch Synergieeffekte und Kostenumlagerung die Renditen noch verbessern könnten.

5.3 Auswertung der Zielberechnungen

Es wurden zwei Zielberechnungen vorgenommen, die aufzeigen sollten, auf welchen Wert sich die PV-Anlagenkosten reduzieren müssten, um eine vorgegebene Rendite des Eigenkapitals von 0 % bzw. 5 % zu erreichen. Die kalkulierte Inbetriebnahme erfolgt im Januar 2014, wodurch eine Vergütung von 10,93 ct/kWh angesetzt werden konnte. Bei vier Standorten konnten keine Anlagenkosten im Rahmen der Zielberechnungen bestimmt werden, da die Bau- und Betriebskosten bereits den Vergütungsertrag des erzeugten Stroms übersteigen würden (selbst bei einer kostenlosen PV-Anlage würde die EK-Rendite bei den angenommenen Parametern im negativen Bereich liegen).



Unter Berücksichtigung der ALNE-Förderung lägen bei den übrigen 36 Flächen die Kosten im Durchschnitt bei rd. 970 €/kWp (Spanne von 430 €/kWp bis 1.300 €/kWp), um 0 % EK-Rendite zu erzielen (Abb. 9). Zur Erreichung der 5 % EK-Renditen lägen die PV-Anlagenkosten durchschnittlich bei rd. 800 €/kWp (Spanne von 300 €/kWp bis 1.100 €/kWp).

5.4 Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit

Die gemeinsame Betrachtung der Flächenangaben, Anlagendaten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen lassen folgende allgemeine Schlussfolgerungen zu:

- Unterschreitet die **Modulbelegungsfläche** eine Mindestgröße von 7.000 m², fallen die leistungsunabhängigen Kosten für Übergabestation und Leitungsverlegung gegenüber den Gesamtinvestitionskosten überproportional ins Gewicht. Ausnahmen sind möglich, wenn bei geringer Flächengröße die Leitungsverlegungskosten sehr gering sind (geringe Entfernung zum nächstmöglichen Netzeinspeisepunkt) und zusammen mit den sonstigen Baukosten einen Anteil von rund 23 % an der Gesamtinvestitionssumme nicht überschreiten.
- Betrachtet man die **Leitungsanschlusskosten** von Standorten mit einer Modulbelegungsfläche über 10.000 m², so liegt der Anteil dieser Kosten an der Gesamtinvestitionssumme im Durchschnitt bei nur 6,8 %. Bei einer Modulbelegungsfläche ab ca. 10.000 m² kann auch bei einem weiter entfernten Netzeinspeisepunkt (Grenzwert: rd. 1.300 m) noch eine wirtschaftliche Machbarkeit gegeben sein.
- Die **installierte Leistung** muss mindestens 400 kWp betragen, damit sich die PV-Anlage mit einer positiven EK-Rendite (mit ALNE-Förderung) darstellen lässt. Ausnahmen sind dann möglich, wenn bei geringerer installierbarer Leistung auch die leistungsunabhängigen Kosten (Leitungsverlegungskosten und sonstige Baukosten) geringer sind.
- Aufgrund der deutlich regressiven Stromvergütung durch das EEG sollten die **Gesamtinvestitionskosten** je kWp installierbarer Leistung unter Einberechnung der ALNE-Förderung nicht über 1.000 €/kWp liegen. Überschreiten die Kosten diese Obergrenze, sind die leistungsunabhängigen Kosten trotz Einbeziehung der ALNE-Förderung zu hoch. Ausnahmen sind dann möglich, wenn die PV-Anlagenkosten gesenkt werden können und somit die Gesamtkosten pro kWp weiterhin unter 1.000 €/kWp liegen.
- Durch die ALNE-Förderung lässt sich eine Erhöhung der **EK-Rendite** um bis zu 7,6 % erzielen. Hierbei ist es optimal, wenn die installierbare Leistung bei maximal 1.000 kWp liegt.

Oberhalb dieser Grenze greift der Förderhöchstsatz von 200.000 € (max. 200 €/kWp), so dass der Förderbeitrag unter 200 €/kWp fallen würde.

5.5 Optimierung der Wirtschaftlichkeit

Die Standortanalysen basieren auf einer Datenbasis, die noch nicht dem Stadium einer Vorplanung entspricht. Die hier angesetzten Rahmenparameter können sich im Laufe einer Konkretisierung der Planung noch verändern. Des Weiteren bestehen nach der Absenkung der EEG-Vergütungssätze im Jahr 2012 Unsicherheiten bei der Abschätzung der künftigen PV-Anlagenkosten, jedoch auch über die Höhe der anzusetzenden Vergütungssätze zu einem zukünftigen Inbetriebnahmezeitpunkt.

Die ausgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen stellen eine schematische Berechnung dar, welche im Rahmen der konkreten Anlagenplanung deutlich verbessert werden kann. Für die Gemeinden gibt es im Hinblick auf die Verwertung der produzierten Strommenge unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten, die einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage haben könnten. Folgende Faktoren könnten die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage verbessern:

- **Direktvermarktung:** dem Anlagenbetreiber steht offen den erzeugten Strom direkt an der Strombörse zu vermarkten. Durch das geltende Marktprämienmodell können sich hier teilweise höhere Stromerträge ergeben als im Rahmen der EEG-Vergütung angesetzt. Genau zu prüfen sind hierbei jedoch die notwendigen Zusatzkosten und Pflichten des Anlagenbetreibers (Prognoseerstellung).
- **Eigenstromverbrauch** (evtl. verbunden mit der Annahme, dass die Strompreise weiterhin deutlich steigen werden): es existiert die Möglichkeit, den produzierten Strom für kommunale Einrichtungen selbst zu verbrauchen oder an Endkunden (z. B. Firmen in Gewerbegebieten) zu verkaufen. Hierbei können die anfallenden Stromkosten der Gemeinde oder der gezahlte Strompreis der Endabnehmer gegengerechnet werden.
- **Darlehen:** Günstigere kommunale Darlehenskonditionen oder Finanzierung über günstigere Darlehen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) als im vorliegenden Fall mit 4 % angenommen, sowie zukünftige günstigere Zinsentwicklung. Insbesondere bei Kommunen könnten auch bestehende, günstigere kommunale Darlehenskonditionen betrachtet werden.
- **Eigenkapital:** Änderung des Eigenkapitalanteils (hier angenommen mit 30 %), was zu günstigeren Renditen führen kann.
- **Anlagenlaufzeit:** Berücksichtigung einer realen Anlagenlaufzeit (hier angesetzt mit 20 Jahren auf Grund der über 20 Jahre garantierten EEG-Vergütungszahlung) von z. B. 30 Jahren. Bei einer realistischen Laufzeit von über 30 Jahren kann die Anlage auch nach Ende der Förderung weiterbetrieben werden. Die erzeugte Strommenge muss dann von dem Energieversorgungsunternehmen zu einem neu zu verhandelnden Marktpreis weiterhin abgenommen werden.
- **Eigenleistungen der Gemeinde:** Planung, Zaunanlage, Kabelverlegung, Betrieb, Geschäftsführung, Pflegekosten etc.
- **Restwert der Anlagenteile:** Berücksichtigung der zukünftigen Rohstoffpreise für verzinkte Stahlrohre, Aluminium, Kabel, Zaunanlage etc.

6 Anlagenplanung

6.1 Altlastenspezifische Aspekte

Die Errichtung einer PV-Anlage auf einer Altlast oder einer Altdeponie stellt gegenüber einem unbelasteten Standort besondere Anforderungen an die Planung und Ausführung. Im Folgenden werden einige wichtige Aspekte aufgezählt, die im Rahmen der Standortanalysen behandelt wurden. Weitere Anforderungen können sich im Laufe der konkreten Vorhabensplanung durch die örtlichen Behörden oder Träger öffentlicher Belange ergeben, so dass die folgende Aufstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Im Übrigen sind die Vorgaben des LfU-Merkblattes „Photovoltaikanlagen auf Deponien“ zu beachten.

- **Abfall- oder bodenschutzrechtlich erforderlicher Maßnahmen** dürfen nicht eingeschränkt oder behindert werden.
- Bestehende **Oberflächenabdeckungen oder -abdichtung** dürfen, sofern sie eine Funktion zur Gefahrenabwehr oder -minimierung einnehmen, in ihrer Funktionsfähigkeit nicht verringert oder beeinträchtigt werden. Der Aufbau einer Oberflächenabdeckung bzw. -abdichtung ist im Hinblick auf die Gründung der PV-Anlage zu untersuchen. Die Mächtigkeit einer Rekultivierungsschicht muss im Bereich der PV-Module mindestens 0,9 m bis 1,0 m betragen, um eine sichere Gründung der ca. 0,4 m starken Fundamente mit ausreichendem Abstand von 0,5 m zum Dichtungs- bzw. Entwässerungssystem zu gewährleisten. Unter Umständen ist eine Reduzierung auf einen Abstand von 0,2 m möglich, wenn die Funktionsfähigkeit der Entwässerungsschicht gewährleistet ist. Dies entspricht zugleich den Mindestanforderungen bei abfallrechtlich beurteilten Oberflächenabdichtungen gemäß Deponieverordnung. Sofern dies nicht gewährleistet werden kann, sind spezielle Planungen für die Fundamentierung notwendig.
- **Nutzungsbezogene Bewertungen** der Belastungssituation (Gefährdungsabschätzung) sind auf die neue Situation hin zu überprüfen.
- Ggf. vorhandene **Rekultivierungsschichten** sind vor Bodenerosion zu schützen.
- Die **Deponiegassituation** ist bei einer geplanten Nutzungsänderung zu beachten.
- Der Erhalt von und der Abstand zu **technischen Einrichtungen** wie Grundwassermessstellen, aber auch Entgasungsschächten, Entwässerungsleitungen und andere Kontrollmessstellen, ist zu berücksichtigen.
- Die **Sickerwasserbildung** und das **Niederschlagswasseraufkommen** sind zu berücksichtigen. Bei einer Fassung und geordneten Ableitung des Niederschlagswassers könnte die PV-Anlage zu einer Verminderung der Durchsickerung der Rekultivierungsschicht und des Ablagerungskörpers beitragen. Andererseits verursacht eine Verminderung des Bewuchses, z. B. im Zuge von Gehölzrodungen, eine Erhöhung der Sickerwasserbildung und damit möglicherweise eine Erhöhung der von dem Standort ausgehenden Schadstoffeinträge in das Grundwasser, soweit dies nicht durch eine Niederschlagswasserfassung kompensiert wird. Sofern eine Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich einer möglichen Erhöhung der Schadstoffeinträge ins Grundwasser erforderlich wird, wäre dies im Detail, hier jedoch im Abgleich zu der verringerten Evapotranspiration aufgrund des verminderten Bewuchses, zu berücksichtigen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass nach Rückbau der PV-Anlage nach mehr als 20 Jahren eine erneute Bewertung der Gesamtsituation erforderlich wird.
- I. d. R. wird eine **Baugrunduntersuchung** zur Beurteilung der baustatischen Anforderungen erforderlich. Im Böschungsbereich ist die Standsicherheit zu prüfen um sicher auszuschließen, dass durch die zusätzliche Auflast Schäden entstehen (Hangrutschungen, Erosionsrinnen

etc.). Dies betrifft auch die Dimensionierung von Bauwerken wie Stützmauern im oder am Fuße der Böschungen. Mehraufwendungen sind u. U. die Folge.

- Erstellung von Stand- und Gleitsicherheitsberechnungen bei geneigten Flächen zur Gewährleistung der **Standsticherheit** durch die zusätzliche Auflast der PV-Module.
- Evtl. chemische **Untersuchungen** bei oberflächennahen Ablagerungskrpern zur Sicherstellung, dass die Gründungselemente nicht beeinträchtigt werden (z. B. durch Korrosion).
- **Eingriffe** in den Ablagerungskrper sind zu vermeiden.

6.2 Kosten- und Planungssynergien

Wesentliche Voraussetzung für die Errichtung einer PV-Anlage auf einem vorbelasteten Standort (Altlast oder Altdeponie) ist eine ausreichende **Planungssicherheit** bezüglich des abfall- oder bodenschutzrechtlich erforderlichen Manahmenumfangs. Diese kann als gegeben betrachtet werden, wenn eine verbindliche Sanierungsplanung (Sanierungsplan, Plangenehmigung o. .) vorliegt oder die abschließende Gefährdungsabschätzung den Status Quo bestätigt hat und die künftig dauerhafte Gestalt der Oberfläche eindeutig erkennen lässt. Umgekehrt ist in der Phase der (Detail-)Untersuchung (Gefährdungsabschätzung noch nicht abgeschlossen) in der Regel noch keine hinreichend gesicherte Perspektive des künftigen Bestands erkennbar. Eine Entscheidung über die Errichtung einer PV-Anlage ist vor diesem Hintergrund noch nicht belastbar möglich.

Wird eine PV-Anlage zeitlich mit der Sanierung (z. B. Errichtung einer Oberflächenabdichtung bzw. -abdeckung) gekoppelt, ergeben sich in der genehmigungsrechtlichen Planung möglicherweise **Synergieeffekte**. Eingriffe in den Naturhaushalt, wie Rodungen, Beeinträchtigungen von bestehenden Biotopen und Entfernung der Vegetationsschicht, sind im Rahmen der zur Gefahrenabwehr notwendigen Sanierung ohnehin erforderlich, sodass diese nicht mehr die PV-Anlagenplanung als Planungshindernis bzw. als Kostenfaktor berühren. Die Planung der PV-Anlage stellt nur noch eine geringfügige Veränderung der späteren Oberfläche dar und der Eingriff kann in die Planung der zukünftigen Rekultivierungsschicht mit aufgenommen werden.

Die **Kosten** für die Planung sowie die Ausführung der Rodung, Baufeldfreimachung, Umprofilierung etc. entfallen, wenn der Standort einer Sanierungsmaßnahme durch Oberflächenabdichtung bzw. -abdichtung unterzogen werden muss. Ebenso ist es möglich, dass starke Verschattungselemente, beispielsweise durch dichte Gehölze, im Zuge einer Sanierung ohnehin entfernt werden müssten und so die Ertragsleistung der PV-Anlage steigt. Ggf. können auch im Zuge der gemeinsamen Planung bei einer anstehenden Umprofilierung günstigere Bedingungen, beispielsweise durch das Anlegen sdexponierter Hänge, geschaffen werden. Außerdem können Aspekte zur Standsticherheit bereits bei der Sanierungsplanung berücksichtigt und eingearbeitet werden. Wird eine PV-Anlage dagegen auf einer Fläche geplant, auf der keine weiteren Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind, so sind die erforderlichen Eingriffe nicht nur naturschutzfachlich, sondern auch bezüglich einer etwaigen Beeinträchtigung der von der Vegetation geleisteten Schutzwirkung für den Ablagerungskrper bzw. die Altlast zu berücksichtigen.

7 Fazit

Die 40 Standorte dieses Projektes stellen als Konversionsflächen grundsätzlich ein Flächenpotenzial dar, welches für die Errichtung von PV-Anlagen herangezogen werden könnte, da der hier erzeugte Strom nach erster Einschätzung vergütungsfähig i. S. d. EEG ist. Zusätzlich könnten sich in einigen

Fällen Synergieeffekte durch eine gemeinsame Planung von Sanierungsmaßnahmen und der Errichtung einer PV-Anlage ergeben, welche die Initialisierung eines Solarprojektes begünstigen würden.

Das größte Potenzial leitet sich von denjenigen Standorten ab, bei denen noch Maßnahmen zur Erkundung und ggf. Sanierung anstehen. Ebenfalls konnten die Standorte positiv bewertet werden, die erst kürzlich saniert wurden und ohne größere Baufeldfreimachung überplant werden könnten. Bei länger brach liegenden Standorten wurde dem gegenüber festgestellt, dass durch Neuausbildung schützenswerten Bewuchses der naturschutzfachliche Wert der Flächen teilweise deutlich zugenommen hat und einer Entwicklung als PV-Anlagenfläche entgegensteht.

Sofern die Modulbelegungsfläche auf den einzelnen Standorten ausreichend groß ist, könnten die PV-Anlagen trotz abnehmender Einspeisevergütung wirtschaftlich betrieben werden. Die Entwicklung dieser belasteten Standorte birgt von dieser Seite her ein großes Potenzial für die Umsetzung der Energiewende in den teilnehmenden Kommunen.

Ein kritischer Aspekt ist die teilweise grenzwertige Wirtschaftlichkeit der Standorte. Auf der einen Seite besteht durch die Förderung aus dem Programm „Alte Lasten – Neue Energien“ zwar eine deutliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, indem der Mehraufwand, den diese Flächen verursachen, abgedeckt wird. Auf der anderen Seite sind jedoch trotz Förderung weiterhin noch 23 der 40 Standorte als nicht wirtschaftlich betreibbar anzusehen, so dass hier bei einer konkreten Planung unbedingt die in der Studie erarbeiteten Grenzdaten der Wirtschaftlichkeit beachtet und geprüft werden müssten.

Vor dem Hintergrund der weiteren kontinuierlichen Vergütungsabsenkung ist eine zeitnahe Entscheidung einzuleitender Planungsschritte zu empfehlen. Es sollte bei entsprechenden Planungsabsichten und geeigneten Standorten zeitnah das Bauleitplanverfahren eingeleitet werden. Damit wäre nach Abschluss aller Erkundungsmaßnahmen und der ggf. erforderlichen Sanierung die Umsetzung einer PV-Anlage zeitnah zu günstigeren Randbedingungen umsetzbar.

Durch die Degression der Einspeisevergütung werden die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus den Standortanalysen zukünftig empfindlich verändert. Es bleibt im Auge zu behalten, wie sich das EEG entwickelt, um die Planungsansätze für die Errichtung einer PV-Anlage darauf abzustimmen. Eine schematisch gestaltete, renditenabhängige Projektentwicklung ist bereits jetzt nicht mehr ohne weiteres möglich. Der Planungsoptimierung und der Verwertung des Stroms kommt eine immer bedeutendere Rolle zu. Durch die Prüfung der vielgestaltigen Einflussparameter wie Eigenstrombedarf, Planungssynergien und Betreibertypus ergeben sich weiterhin Entwicklungsmöglichkeiten für die Umwandlung dieser Standorte hin zu einer wirtschaftlichen Nutzung.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind jedoch vor allem im kommunalen Bereich auch die folgenden „weichen“ Faktoren bei der Entscheidung für eine PV-Anlage mit zu beachten:

- Wie definiert sich die Wirtschaftlichkeit für die Kommune?
- Welches energiepolitische Ziel verfolgt die Kommune?
- Wie definiert die Kommune ihren Beitrag zur Energiewende?
- Will die Kommune die Bürger an der Energieversorgung teilhaben lassen?
- Wie kann die Kommune die PV-Anlage in ein Gesamtenergiekonzept einbinden?
- Welche Zukunftspläne hat die Kommune (z. B. Umstieg auf Elektrofahrzeuge mit zukünftig deutlich erhöhtem Eigenstromverbrauch)?

Somit ist die reine Wirtschaftlichkeitsberechnung nur ein Teil der Betrachtung. Auch derzeit als nicht wirtschaftlich ausgewiesene Standorte könnten durchaus weiterhin für eine Kommune als PV-Anlage interessant sein.

Anlage 1: Ausgewählte Kernaussagen für PV-Anlagen auf Altlasten

Im Folgenden werden Kernaussagen für die Planung und den Bau von PV-Anlagen auf Altlasten wiedergegeben, die aus dem vorliegenden Projekt anhand der 40 betrachteten Standorte hervorgegangen sind. Maßnahmen zur Optimierungen, andere Zielvorstellungen oder stark abweichende Standortvoraussetzungen können im Einzelfall zu anderen Einschätzungen führen. Im Rahmen der Detailplanung sind weitere Faktoren und Aspekte zu prüfen, so dass die folgende Aufstellung nicht als abschließend angesehen werden kann. Weitere Hinweise finden sich z. B. in der Checkliste „Relevante Faktoren für die Standorteignung“ (Anlage 1 zum Bericht „Machbarkeitsvorstudien zu Photovoltaikanlagen auf gemeindlichen Hausmülldeponien“; GAB München 2012) und der Deponie-Info Nr. 2 „Photovoltaikanlagen auf Deponien“ (LfU Augsburg 2012).

Standorteignung		
Flächengröße	<input type="checkbox"/> Mindestgröße beachten	Die Modulbelegungsfläche sollte mindestens 7.000 m ² betragen, damit sich eine PV-Anlage wirtschaftlich betreiben lässt. Anmerkung: max. 80 % der Ablagerungsfläche können für die Modulbelegung genutzt werden. (Kap. 4.2 und Kap. 5.4)
Eigentumsverhältnisse	<input type="checkbox"/> Für Investoren: Eigentümer der betroffenen Grundstücke feststellen	Komplexe Eigentumsverhältnisse (z.B. große Anzahl an Eigentümern) kann die Flächenentwicklung hemmen oder gar verhindern.
Entfernung zum Netzeinspeisepunkt	<input type="checkbox"/> Maximale Entfernung in Bezug zur Flächengröße beachten	Die Möglichkeit des Anschlusses an einen weiter entfernten Netzeinspeisepunkt steht im Zusammenhang mit der Flächengröße. Bei einer Modulbelegungsfläche von über 10.000 m ² ist auch eine Entfernung zum Netzeinspeisepunkt von über 1.000 m wirtschaftlich noch vertretbar (Kap. 5.4).
Naturschutz		
Ausschlussgebiete und Restriktionsgebiete	<input type="checkbox"/> Vorgaben des StMI beachten	Bei der naturschutzfachlichen Prüfung sind die Kriterien des Staatsministeriums des Innern (StMI) für die Auswahl geeigneter PV-Anlagenstandorte zu berücksichtigen (Kap. 3.2).
Biotope und hochwertiger Bewuchs	<input type="checkbox"/> Biotope bzw. hochwertigen Bewuchs aufnehmen und Vorgehen mit der Unteren Naturschutzbehörde abstimmen	Auf vielen Standorten (Brachflächen) ist zwischenzeitlich ein hochwertiger, schützenswerter Bewuchs entstanden. Teilweise liegen amtlich kartierte Biotope vor (Kap. 3.2).

Ausgleichsflächen	<input type="checkbox"/> Kompensationsfaktor festlegen	Der Kompensationsfaktor von üblicherweise 0,2 kann sich beispielsweise durch Sukzessionsflächen mit Gehölzbewuchs, Forst- und Waldbereiche oder Biotope auf bis zu 1,2 erhöhen (Kap. 3.2). Im Rahmen des Projektes konnte nur bei 35 % der Fälle für den gesamten Standort ein Faktor von 0,2 angesetzt werden.
Landschaftsschutzgebiete	<input type="checkbox"/> Lage innerhalb eines LSG prüfen ob Maßnahmen im Einklang mit den Schutzzielen sind	Fast 30 % der ausgewählten Standorte liegen in Landschaftsschutzgebieten und erfordern somit erhöhte Anforderungen an die naturschutzfachliche Umsetzung (Kap. 3.2) in Abstimmung mit der Unteren Naturschutzbehörde.
Altlasten		
Altlastensituation	<input type="checkbox"/> Anlagenbau auf die Untergrundsituation ausrichten	Für den Bau einer PV-Anlage sind besondere Anforderungen zu beachten. Eventuell werden zusätzliche Untersuchungen erforderlich (Kap. 6.1). Erforderliche Maßnahmen, wie z. B. zur Überwachung der Altlast, dürfen durch die PV-Anlage nicht behindert werden. Bestehende Oberflächenabdichtungen- oder Abdeckungen dürfen in ihrer Funktionsfähigkeit nicht verringert oder beeinträchtigt werden. Weitere Vorgaben siehe Kapitel 6.1.
Stand der Altlastenbearbeitung	<input type="checkbox"/> Vorhandene Unterlagen prüfen und ggf. frühzeitig Maßnahmen planen und abstimmen	Je nach Stand der Altlastenerkundung und -sanierung können zeitliche Hemmnisse und mangelnde Planungssicherheit, aber auch die Möglichkeit von Planungssynergien bestehen (Kap. 3.3).
Gründung, Standsicherheit	<input type="checkbox"/> i.d.R. ist eine Baugrunduntersuchung vorzunehmen	Bei etwa der Hälfte der 40 Standorte liegt, zumindest in relevanten Teilbereichen, keine oder nur eine geringmächtige Überdeckungsschicht bis max. 0,5 m vor. In der Regel ist hier mit Nachbesserungen bzw. erhöhten Aufwendungen für die Gründung und Standsicherheit der PV-Anlagen zu rechnen (Kap. 6.1).
PV-Anlagenplanung und PV-Anlagenbau		
Bebauungsplan	<input type="checkbox"/> Bebauungsplan beantragen	Bei Altablagerungen sind i.d.R. die Aufstellung eines Bebauungsplans und die Änderung des Flächennutzungsplans erforderlich (Kap. 3.1).

Installierbare Leistung	<input type="checkbox"/> Mindestanlagenleistung beachten	Die installierbare Leistung sollte mindestens 400 kWp zur Darstellung einer positiven Eigenkapitalrendite (mit ALNE-Förderung) betragen.
Wirtschaftlichkeit, Finanzierung		
EEG-Vergütung	<input type="checkbox"/> EEG-Vergütung sicherstellen	Ist der Standort vergütungsfähig als Konversionsfläche i. S. d. EEG (Kap. 3.4) bzw. bestehen alternative Vergütungsmöglichkeiten (z. B. entlang von Autobahnen und Schienenwegen)? Alle Standorte dieses Projektes konnten als wirtschaftliche Konversionsfläche eingestuft werden. Aspekte der Planungssicherheit sind zu beachten.
Investitionskosten	<input type="checkbox"/> Obergrenze beachten	Die Obergrenze von 1.000 € Investitionskosten pro kWp installierbarer Leistung sollte nicht überschritten werden, um eine positive Rendite zu erzielen.
ALNE-Förderung	<input type="checkbox"/> Fördervoraussetzungen prüfen und Förderung beantragen	Investitionsanreiz in Form einer Kompensation anfallender Mehrkosten nutzen.
Optimierungsmöglichkeiten der wirtschaftlichen Machbarkeit	<input type="checkbox"/> Optimierungsmöglichkeiten ausloten	Die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage kann durch verschiedene Faktoren, wie z. B. Eigenstromverbrauch, Direktvermarktung, höherer Eigenkapitalanteil oder Eigenleistungen z. T. deutlich verbessert werden (Kap. 5.5).

