



 **Solarkataster NRW**

www.solarkataster.nrw.de

Solarkataster NRW

Methodik der Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“

Stand: Juli 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangssituation und Ziele der Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“	3
2. Aufbereitung der Freiflächen	4
3. Solarpotenzialanalyse	7
3.1. Standortanalyse	7
3.1.1. <i>Digitales Oberflächenmodell</i>	8
3.1.2. <i>Zerlegung der Positivflächen</i>	8
3.2. Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse	9
3.3. Berechnung des Solarpotenzials	11
3.4. Eignung der Freiflächen	13
4. Fazit	13
5. Abbildungen & Tabellen	14
5.1. Abbildungen	14
5.2. Tabellen	14

1. Ausgangssituation und Ziele der Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“

Seit 2018 ist das Solarkataster Nordrhein-Westfalen (NRW) online (www.solarkataster.nrw.de) und hat sich zu einer wichtigen Informationsquelle nicht nur für interessierte Hauseigentümer*innen und Gewerbetreibende, sondern auch für Energieberater*innen und Planende, Wohnungsbaugesellschaften, Kommunen und Energieversorger entwickelt. Insbesondere standen bisher die Angebote zur Dachflächenphotovoltaik im Fokus.

In NRW hat der Ausbau der Photovoltaik (PV) erheblich an Fahrt aufgenommen, bisher ist der größte Teil der Leistung auf Dachflächen installiert (Ende 2022 94 %). Mit dem neuen Erneuerbaren Energiegesetz von Anfang 2023 (EEG 2023) und der Photovoltaik-Strategie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat der Bund ehrgeizige Ziele für den Zubau der Photovoltaik gesetzt. Dieser soll hälftig auf Dach- und Freiflächen stattfinden. NRW liegt bisher im Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik im Vergleich zu den Dachflächen weit zurück.

Insgesamt sollen neue, verbesserte Rahmenbedingungen seitens des Bundes (z.B. EEG-Förderung, Privilegierung von Flächen) sowie der Landesregierung (neuer LEP, Kampagnen) die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik (FFPV) verbessern.

Bei der Thematik Freiflächen-PV haben die Städte und Gemeinden – anders als bei der Windenergie – die Möglichkeit, selbst eine strategische Standortsicherung und –steuerung durchzuführen. Dies kann beispielsweise über städtebauliche Entwicklungskonzepte, den Flächennutzungsplan, Potenzialflächenanalysen und Standortkonzepte oder Kriterienkataloge erfolgen. In vielen Fällen helfen Geodaten einen Überblick über die Situation und Möglichkeiten der Freiflächen-PV im Gemeindegebiet zu erhalten.

Das LANUV unterstützt die Städte und Gemeinden und auch sonst alle Planenden, indem es im Solarkataster NRW Karten- und Datengrundlagen öffentlich und zum Download zur Verfügung stellt. So sind beispielsweise die Flächenkulissen dargestellt, auf denen eine EEG-Förderung zu erwarten ist, sowie die privilegierten Infrastrukturbereiche nach Baugesetzbuch (BauGB) und die Flächenkulisse des Landesentwicklungsplans (LEP) für Freiflächen-PV. Der Bereich „Solarpotenziale Freiflächen“ soll sukzessive weiter ausgebaut werden.

Mit der Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“ ist hier nun eine Karte vorhanden, die Städte und Gemeinden als Ausgangsbasis für weitere (GIS-)Analysen nutzen können. Es werden darin alle aus Landessicht von ihrer Nutzung her für eine Freiflächen-PV-Nutzung in Frage kommenden Freiflächen abgebildet, aufbauend auf der hier beschriebenen Methodik. Juristische Einschränkungen für die Flächenkulisse, die bspw. durch den kommunalen Bauleitplanungs- und Genehmigungsprozess geprüft werden, sind in dieser Flächenkulisse nicht berücksichtigt. Die Flächen wurden einer Solarpotenzialanalyse unterzogen, so dass diese auch technisch hinsichtlich einer Solarnutzung überprüft wurden.

Die Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“ stellt weiterhin die Grundlage für die Nutzung des „Ertragsrechners Freiflächen-PV“ dar. Indem Nutzende mit dem Werkzeug „Freiflächenauswahl“ eine Fläche in der Karte einzeichnen, gelangen sie in den Ertragsrechner. Hier besteht die Möglichkeit -

sowohl für klassische Freiflächen-PV-Anlagen als auch für Agri-PV-Anlagen (aufgeständerte FFPV-Anlagen auf Ackerflächen unter bzw. zwischen denen eine landwirtschaftliche Nutzung weiterhin möglich ist) - installierbare Leistungen sowie die erzielbaren Stromerträge auf der ausgewählten Fläche zu berechnen. Auch gibt es eine Abschätzung über die Kosten der Anlage (ohne Planungskosten und Netzanschlusskosten). Insgesamt gewinnt der Nutzende damit einen Eindruck über die Möglichkeiten der Freiflächen-PV auf seiner Fläche.

Im Folgenden wird detailliert auf die Erstellung der Karte der „Suchflächen für Freiflächen-PV“ eingegangen, um die Qualität und die Grenzen dieser Karte aufzuzeigen.

2. Aufbereitung der Freiflächen

Zunächst wurden alle für Freiflächen-PV in Frage kommenden Freiflächen in NRW ermittelt. Als Grundlage diente ein landesweiter ALKIS-Datensatz auf Flurstücksebene, der die Flurstücksgrenzen inkl. der Flurstückskennzeichnung enthält. Es wurde ein Kriterienkatalog mit Negativflächen erstellt, auf denen Freiflächen-PV normalerweise nicht in Frage kommen sollte. Weiterhin wurden Negativflächen aus den Bereichen Infrastruktur und Schutzgebiete definiert (Tabelle 1).

Die Negativflächen nach Tabelle 1 wurden von der Gesamtflächenkulisse NRW abgezogen. Übrig geblieben sind die Positivflächen, die für die Erstellung der Karte „Suchflächen für die Freiflächen-PV“ weiterverarbeitet wurden.

Tabelle 1: Negativflächen, die nicht für Freiflächen-PV-Anlagen in Frage kommen.

Datengrundlage	Datenquelle	Beschreibung/ Flächennutzung	Pufferungen
ALKIS (bDLM)	OpenGeodata.NRW	Verkehrsbegleitfläche Bahnverkehr	Nein
		Verkehrsbegleitfläche Straße	Nein
		Platz, Fußgängerzone	Nein
		Bahnverkehr	Nein
		Platz	Nein
		Schiffsverkehr	Nein
		Straßenverkehr	Nein
		Weg	Nein
		Fläche besonderer funktionaler Prägung	Nein
		Fläche gemischter Nutzung	Nein
Gebäude in Industrie- und Gewerbegebieten	2m		

	Wohnbaufläche	Nein
	Campingplatz	Nein
	Erholungsfläche	Nein
	Freizeitanlage	Nein
	Friedhof	Nein
	Grünanlage	Nein
	Kleingarten	Nein
	Schwimmbad, Freibad	Nein
	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	Nein
	Sportanlage	Nein
	Flugverkehr	Nein
	Wald	Nein
	Tagebau, Grube, Steinbruch nicht stillgelegt	Nein
	Park	Nein
	Streuobstwiese	Nein
	Wald, Laubholz	Nein
	Wald, Nadelholz	Nein
	Gehölz	Nein
	Moor	Nein
	Sumpf	Nein
	Fließgewässer	Nein
	Hafenbecken	Nein
ATKIS	Bahnverkehr + 15 m	Ja, 15 m Tierwanderung und Schutz der Anlage
	Bundesautobahn	Ja, 40 m (Anbauverbotszonen nach § 9 FStrG)
	Bundesstraße	Ja, 20 m (Anbauverbotszonen nach § 9 FStrG)
	Straßenachsen	Ja, 5 m

Schutzgebiete		Wasserschutzgebiete Zone I und II	Nein
		Naturschutzgebiete	Nein
		Nationalparks	Nein
		festgesetzte Überschwemmungsgebiete	Nein
		FFH-Gebiete	Nein
		Geschützte Biotope	Nein
		Vogelschutzgebiete	Nein
Netz-Energie- infrastruktur	OSM (Open Street Map)	Hochspannungsleitungen (minor-line)	25 m
		Niedrig- Mittelspannungsleitungen (line)	10 m

Die im Ergebnis erhaltenden Positivflächen sind im nachfolgenden Schritt alle auf Überlappungen und Schnittpunkte mit sich selbst überprüft und darauf bereinigt worden. Alle Flächen kleiner als 50 m² wurden nicht weiter berücksichtigt und aus dem Datensatz entfernt.

Die identifizierten Positivflächen enthalten als Sachinformation ihre Nutzungskennung aus den ALKIS-Daten, damit die Herkunft und die Nutzungsart eindeutig identifizierbar sind.

3. Solarpotenzialanalyse

Um die technische Eignung der Positivflächen für die Freiflächen-PV zu analysieren, wurde eine Solarpotenzialanalyse durchgeführt. Diese besteht zunächst aus einer Standortanalyse der Flächen hinsichtlich der Neigung und Ausrichtung und im Anschluss aus einer Analyse der Einstrahlung und Verschattung.

3.1. Standortanalyse

Die Standortanalyse für die Positivflächen wurde auf der Grundlage von hochaufgelösten Laserscandaten durchgeführt. Genutzt wurden Laserscanrohdatenpunkte des first- und only pulse, die im Auftrag der Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW, für ganz NRW aufgenommen wurden. Aufgrund der Größe des Bundeslandes wird jedes Jahr nur ein Teil von NRW neu befliegen. Alle 5 Jahre werden so die gesamten Daten aktualisiert. Dies entspricht einer Aktualisierung von rund 1/5 der Landesfläche pro Jahr. Die aktuellsten Daten wurden 2022 in der Region um Aachen und in der Eifel aufgenommen (Abbildung. 1).

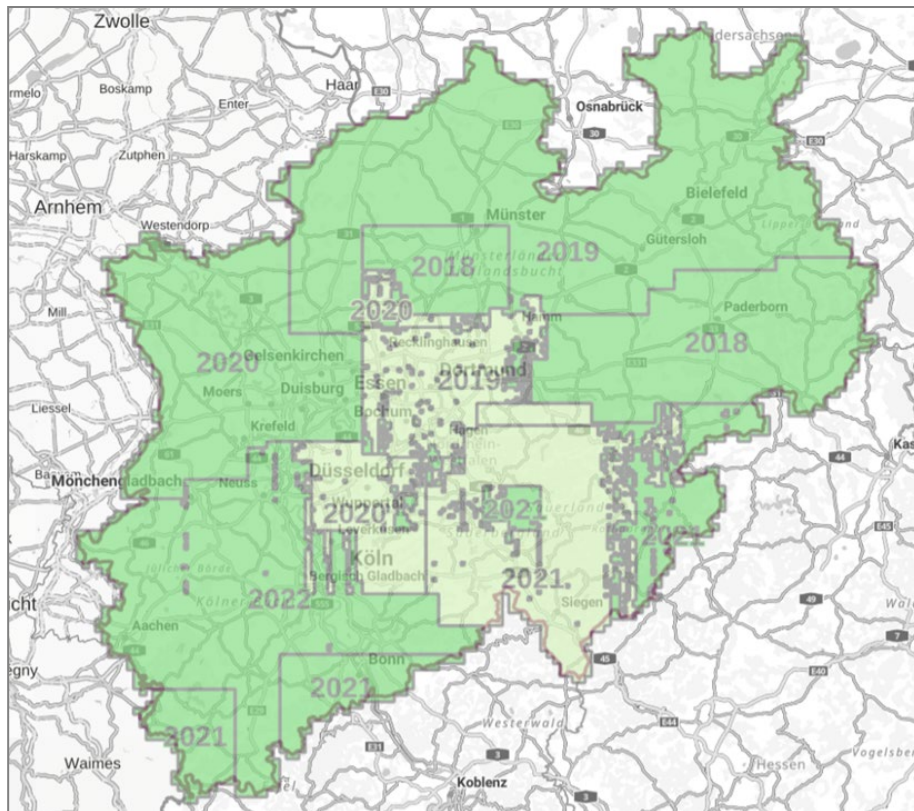


Abbildung 1: Befliegungsjahre der Laserscandaten in Nordrhein-Westfalen (Quelle: Geobasis NRW, Bezirksregierung Köln 2023)

Das Gebiet NRW wurde für die Standortanalyse in drei Teilgebiete aufgeteilt. An den Grenzen der Teilgebiete wurde jeweils eine Pufferzone eingerichtet, um teilgebietsübergreifende Verschattungen, die für einen späteren Berechnungsschritt erforderlich sind, zu berücksichtigen. Die Pufferzonen wurden berechnet, indem der maximale Höhenunterschied im jeweiligen Teilgebiet berechnet wurde und dann je 200 m Höhenunterschied ein Puffer von 1.000 m angesetzt wurde. Abbildung 2 zeigt die Einteilung

von NRW in die drei Teilgebiete.

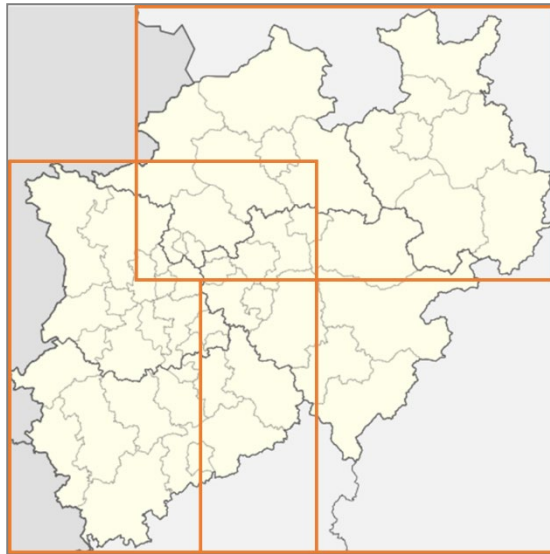


Abbildung 2: Aufteilung in 3 Teilgebiete für die Freiflächenanalyse mit Überlappungen

3.1.1. Digitales Oberflächenmodell

Im Rahmen der Interpolation zu einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) aus den Laserscanrohdatenpunkten wurden die punktuellen Höheninformationen auf die Fläche als Raster umgerechnet. Die Qualität der Laserscandaten ist mittlerweile mit mindestens 4 bis 10 Punkten pro Quadratmeter so gut, dass keine zusätzliche Prüfung der Qualität der Daten notwendig war. Für die Analyse der Positivflächen wurde zusätzlich ein DOM in der Auflösung 1 m x 1 m erzeugt. Dieses ist bewusst geringer aufgelöst als für die Berechnung der Dachflächen, da nicht jede Geländeunebenheit, wie z. B. ein Maulwurfshaufen, berücksichtigt werden soll, sondern erst größer dimensionierte Strukturen wie Gehölze einen Einfluss auf die PV-Freiflächeninstallation haben sollen.

3.1.2. Zerlegung der Positivflächen

Für die spätere Analyse des möglichen Energieertrags wurden zunächst alle Freiflächen in homogene Teilflächen gemäß ihrer Neigung und Ausrichtung zerlegt. Die Zerlegung der Flächen in Teilflächen wurde über einen Algorithmus nach LUDWIG (2016)¹ umgesetzt.

Eine homogene Teilfläche verfügt jeweils über eine einheitliche Neigung und Ausrichtung und ist damit gleichermaßen mit Solarmodulen belegbar. Störelemente werden dabei ausfindig gemacht und separiert. Dies ermöglicht die spätere differenzierte Berechnung der Einstrahlung pro homogener Teilfläche (Abbildung 3).

¹ Ludwig, D.: (2016): Methodenentwicklung zur computergestützten Standortanalyse von Solaranlagen auf Grundlage von hochauflösenden Laserscannerdaten, Dissertation, Universität Osnabrück

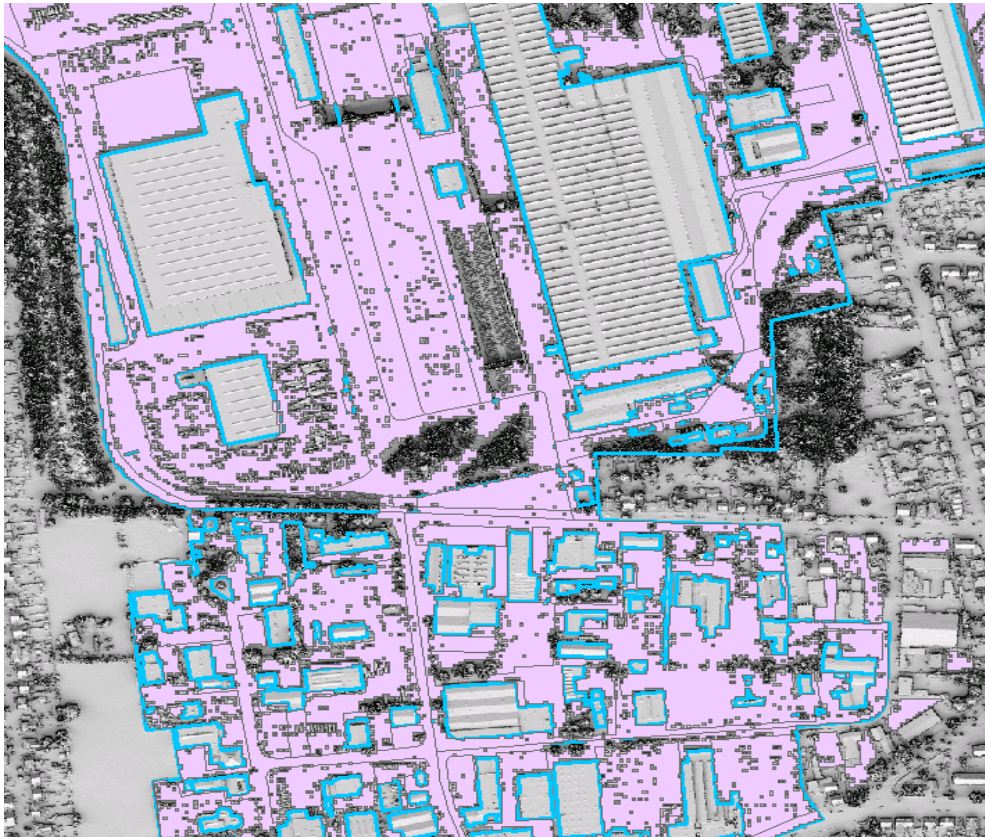


Abbildung 3: Die rosa eingefärbten Bereiche stellen die für PV geeigneten Gewerbe- und Industrieflächen dar. Unterbrechungen in der Neigung (Gehölze etc.) werden ausgespart, da sie aufgrund Ihrer veränderten Neigung und Ausrichtung zur Umgebung und der dadurch entstehenden kleinen Flächengröße ungeeignet sind.

3.2. Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse

Im Zuge der Einstrahlungsanalyse wurden die solare Einstrahlung sowie der prozentuale Anteil der Verschattung errechnet. Über eine Ganzjahreseinstrahlungsanalyse ist es möglich, die Jahressumme der solar nutzbaren Strahlung genau zu ermitteln.

Die durchgeführte 3-dimensionale Analyse bietet den Vorteil, eine genaue Berechnung der solaren Einstrahlung und Abschattung durch umliegende Gebäude und Vegetation zu berechnen. Dabei werden durch Berücksichtigung zahlreicher Sonnenstände über den Tages- und Jahreslauf die direkte und die diffuse Einstrahlung errechnet. Starke Minderung der direkten Einstrahlung führt zur Ausweisung von verschatteten Freiflächenbereichen, die für die Nutzung von Solarenergie ungeeignet sind.

Der Einstrahlungsalgorithmus wurde anhand von örtlichen Strahlungsdaten an lokale Verhältnisse kalibriert. Dazu wurden Strahlungsdaten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) in NRW aus dem

Zeitraum 1991 – 2020 im 30-jährigen Mittel für jeden Monat genutzt. Der DWD bietet die Strahlungsdaten als Rasterdatensatz mit einer Auflösung von 1.000 m * 1.000 m an. Aus diesem Raster wurde die Strahlung der zu betrachtenden Fläche als Referenzwert zu Grunde gelegt. Abbildung 4 zeigt

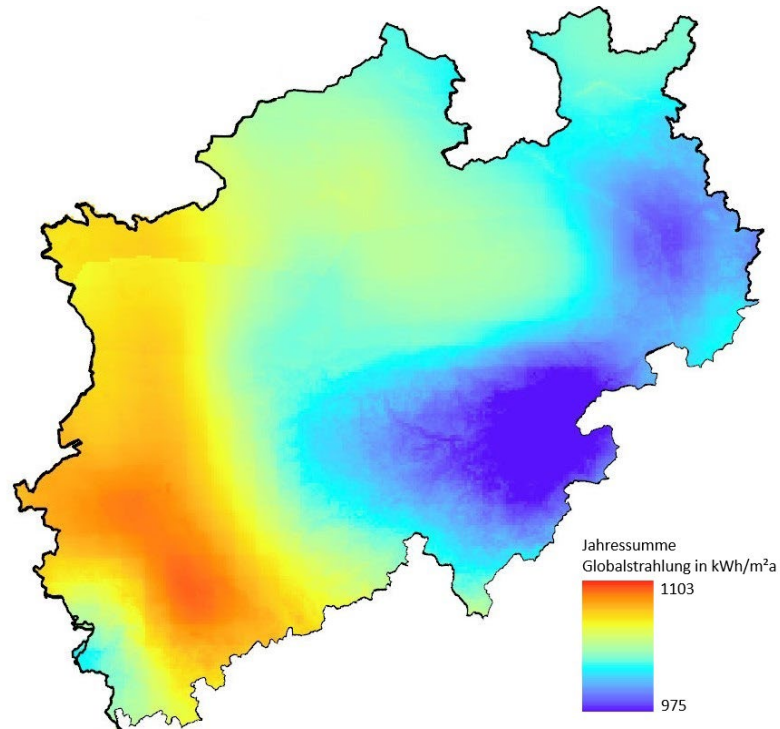


Abbildung 4: Langjähriger Mittelwert der Jahressumme Globalstrahlung für NRW (1991 – 2020) (Quelle: Deutscher Wetterdienst).

den mittleren Jahreswert der Globalstrahlung.

Im Ergebnis der Einstrahlungsanalyse entstehen Einstrahlungsraster mit Monatsmittelwerten und der Jahressumme. Zur Berechnung der Abschattung auf Freiflächen wird die Einstrahlungsanalyse einmal ohne Berücksichtigung von Verschattungsquellen und einmal mit Berücksichtigung von Verschattungsquellen durchgeführt und abschließend die Differenz daraus errechnet. Verschattungen können durch Bäume, angrenzende Gebäude oder Geländeerhöhungen verursacht werden. Für die Positivflächenanalyse ist die Ableitung der Verschattung über generalisierte Einstrahlungsraster in 1 x 1 m Auflösung vorgenommen worden (Abbildung 5).



Abbildung 5: Ergebnis der Verschattungsberechnung in der Freiflächenanalyse. Die blauen Bereiche signalisieren mehr als 20 % Verschattung.

Im nächsten Schritt wurden die verschatteten Bereiche mit den homogenen Teilflächen verschnitten. Es wurden alle Positivflächen als ungeeignet klassifiziert und aus dem Datensatz entfernt, die mehr als 20 % verschattet sind.

3.3. Berechnung des Solarpotenzials

Für die Positivflächen mit weniger als 20 % Verschattung wurden die Einstrahlungsergebnisse der Einstrahlungsanalyse statistisch ausgewertet (Median der Jahres- und Monatssummen der Einstrahlungsergebnisse). Des Weiteren wurden auf Grundlage der Einstrahlungswerte und der Modulflächengröße für jede mit Modulen belegbare Positivfläche die Solarpotenzialwerte für eine mögliche Freiflächen-PV-Anlage berechnet (s.u.).

Bei Freiflächen wurde bei einer Neigung der Fläche von bis zu 20° davon ausgegangen, dass die Module nach Süden mit einem Neigungswinkel von 20° aufgeständert werden. Die geeignete Fläche wird bei einer Neigung von 0 bis 10° mit 33 % ausgenutzt, bei einer Neigung von 10 bis 20° mit 50 % (Tabelle 2). Bis 10° Neigung wird dabei die horizontale Fläche zugrunde gelegt. Ab 10° Neigung wird die 3D-Fläche reduziert. Ab einer Neigung von über 30° müssen die Module für eine optimale Ertragsausbeute nicht mehr aufgeständert werden. Es kann die vollständige Fläche mit Modulen belegt werden.

Tabelle 2: Annahme der Aufständigung der Module je nach Neigung der Fläche sowie ausgenutzte Grundfläche.

Neigung		Ausgenutzte Fläche als Modulfläche	Ausrichtung	Jahressumme Einstrahlung
0 – 10°		33 %	Alle Richtungen	Optimale Einstrahlung
10 – 20°		50 %	Alle Richtungen	Optimale Einstrahlung
20 – 30°		70 %	150 – 210°	Optimale Einstrahlung
20 – 30°		70 %	0 – 150° & 210 – 360°	Ausgelesener Medianwert
>30°		100 %	Alle Richtungen	Ausgelesener Medianwert

PV-Modulwirkungsgrad

Für die Berechnung des potenziell zu erwirtschaftenden Stromertrags wurde wie bei den Dachflächen ein Wirkungsgrad von 21,7 % zu Grunde gelegt.

kWp-Leistung

Für die als Nennleistung von Photovoltaikanlagen bezeichnete Kilowatt-Leistung wurden für eine 21,7 %-Wirkungsgrad-Anlage 4,61 m² pro kWp angesetzt.

Performance Ratio

Der Qualitätsfaktor – auch als „Performance Ratio“ bezeichnet – beschreibt das Verhältnis zwischen dem maximal möglichen Ertrag und dem tatsächlich erreichten Ertrag. Zur Verringerung des Ertrags führen unter anderem Verluste in den Leitungen oder am Wechselrichter ebenso wie Verschmutzungen der Solarmodule. In der Berechnung des Solarkatasters wurde ein Wert von 0,80 angenommen.

Stromertrag

Basierend auf den errechneten Parametern Modulfläche, Einstrahlungsenergie und dem Performance Ratio wurde der potenzielle Stromertrag für die Freifläche mit nachfolgender Berechnungsformel ermittelt.

$$Y = \eta \cdot H \cdot F_{3D} \cdot PR$$

Y	=	zu erwartender Jahresenergieertrag für die Freifläche [kWh/a]
η	=	Wirkungsgrad der Anlage
H	=	mittlere jährliche solare Einstrahlung auf die geeignete Fläche [kWh/(m ² · a)]
F_{3D}	=	geeignete Modulfläche [m ²]
PR	=	Performance Ratio

Spezifischer Stromertrag (kWh pro kWp)

Berechnet wurde der spezifische Stromertrag in kWh pro kWp installierbarer Leistung. Dazu wurde der ermittelte Stromertrag durch die ermittelte installierbare kWp-Leistung dividiert.

Für die technische Eignung der Positivflächen wurde ein Wert von 450 kWh/kWp als Mindestwert vorausgesetzt. Alle Positivflächen, die diesen Wert nicht erreichten, wurden ausgeschlossen.

3.4. Eignung der Freiflächen

Im Ergebnis weist die Karte „Suchflächen für Freiflächen-PV“ sämtliche Flächen in Nordrhein-Westfalen aus, die

- nicht als Negativfläche bezüglich ihrer Flächennutzung ausgeschlossen wurden,
- nicht mehr als 20 % verschattet sind,
- mindestens 50 m² groß sind
- und einen spezifischen Stromertrag von mindestens 450 kWh/kWp installierbarer Leistung bei Ausrichtung nach Tabelle 2 generieren.

Die Mindestflächengröße wurde bewusst sehr klein gewählt. Durch die Analyse auf Basis der Flurstücke kann es immer möglich sein, Flächen für den Bau einer Freiflächen-PV-Anlage zusammen zu fassen. Auch sollen auf den Flächen nicht nur raumbedeutsame Anlagen gemäß Landesentwicklungsplan NRW planbar sein, sondern auch kleinere Freiflächen-PV-Anlagen

4. Fazit

Im Ergebnis gibt es in NRW rund 13.300 km² Suchflächen für Freiflächen-PV. Diese Flächenkulisse enthält alle aus Landessicht von ihrer Nutzung her für eine Freiflächen-PV-Nutzung in Frage kommenden Freiflächen, aufbauend auf der hier beschriebenen Methodik. Juristische Einschränkungen für die Flächenkulisse, die bspw. durch den kommunalen Bauleitplanungs- und Genehmigungsprozess geprüft werden, sind in dieser Flächenkulisse nicht berücksichtigt.

Die Suchflächen können der kommunalen Ebene als Grundlagendaten für die weitere Qualifizierung bzw. Eingrenzung der Flächen dienen. Denn es ist klar, dass für die Erreichung der Bundesziele nur ein Bruchteil dieser Flächenkulisse tatsächlich für die Freiflächen-PV in Anspruch genommen werden muss.

Die Daten sind im Solarkataster NRW online eingebunden und werden auf Open.NRW auf Gemeindeebene zugeschnitten der Öffentlichkeit zum Download zur Verfügung gestellt. Städte und Gemeinden sowie weitere Nutzende können die Daten frei verfügbar als GIS-Daten herunterladen und damit im eigenen GIS weiterbearbeiten.

Für die weitere Analyse auf kommunaler Ebene ist der erste Schritt, die Karte mit den lokalen Gegebenheiten vor Ort abzugleichen. Über Kriteriensets können weitere Ausschluss – und Gunstflächen definiert werden und damit geeignete (und gewollte) Bereiche und Flächen im Gemeindegebiet ermittelt werden. Dafür stellt das Solarkataster auch weitere Planungskarten des Solarkatasters zur Verfügung, wie z.B. zu den förderungswürdigen Flächen nach dem EEG, zur Flächenkulisse nach LEP für raumbedeutsame Anlagen oder zu den privilegierten Infrastrukturf lächen.

5. Abbildungen & Tabellen

5.1 Abbildungen

Abbildung 1: Befliegungsjahr der Laserscandaten in Nordrhein-Westfalen (Quelle: Geobasis NRW, Bezirksregierung Köln 2023)	7
Abbildung 2: Aufteilung in 3 Teilgebiete für die Freiflächenanalyse mit Überlappungen	8
Abbildung 3: Die rosa eingefärbten Bereiche stellen die für PV geeigneten Gewerbe- und Industrieflächen dar.	9
Abbildung 4: Langjähriger Mittelwert der Jahressumme Globalstrahlung für NRW (1991 – 2020) (Quelle: Deutscher Wetterdienst).	10
Abbildung 5: Ergebnis der Verschattungsberechnung in der Freiflächenanalyse.	11

5.2 Tabellen

Tabelle 1: Negativflächen, die nicht für Freiflächen-PV-Anlagen in Frage kommen.	4
Tabelle 2: Annahme der Aufständigung der Module je nach Neigung der Fläche sowie ausgenutzte Fläche.	12

Fotorechte Titelseite: LANUV NRW