

Handlungsempfehlungen zum Solarkataster Bremen

Ergebnisse einer exemplarischen Überprüfung des
Solarkatasters Bremen in Neu-Schwachhausen

Impressum

Datenerhebung und Erstauswertung im Modul 4.8 Quartiers- und Infrastrukturentwicklung im Sommersemester 2024 im Internationalen Studiengang Umwelttechnik an der Hochschule Bremen. Mit Unterstützung von Jann Malte Lienemann (Vervollständigung Überprüfung aller Dachflächen im Projektgebiet) und Johanna Rex (Vervollständigung Überprüfung aller Dachflächen im Projektgebiet sowie Lektorat) entstanden im Verbundvorhaben: WärmewendeNordwest - Digitalisierung zur Umsetzung von Wärmewende- und Mehrwertanwendungen für Gebäude, Campus, Quartiere und Kommunen im Nordwesten - Teilprojekte: Potentiale für eine stadtweite und quartiersbezogene Transformation der Wärmeversorgung sowie Bildungsformate für nachhaltige Entwicklung (FKZ: 03SF0624H).



Zitervorschlag:

Schwarz, T., Gerling, Y. und Knies, J. (2025): Handlungsempfehlungen zum Solarkataster Bremen - Ergebnisse einer exemplarischen Überprüfung des Solarkatasters Bremen in Neu-Schwachhausen, DOI: [10.26092/elib/3460](https://doi.org/10.26092/elib/3460)

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Hintergrund	5
2 Methodik	5
3 Ergebnisse und Diskussion	9
4 Fazit und Handlungsempfehlungen	14
Quellen	17

Handlungsempfehlungen zum Solarkataster Bremen - Ergebnisse einer exemplarischen Überprüfung des Solarkatasters Bremen in Neu-Schwachhausen

Zusammenfassung

Zur Beantwortung von Forschungsfragen wird auch im Kontext der Energiewende soweit vorhanden auf bereits öffentlich zugängliche Geodaten zurückgegriffen. Im Kontext des Projektes WärmewendeNordwest¹ wurde das Bremer Solardachkataster genutzt. Im Zuge der konkreten Potenzialermittlung eines Beispielquartiers in Bremen (Neu-Schwachhausen) fielen Abweichungen zwischen den Aussagen des Solarkatasters und den realen Gegebenheiten auf. Aus diesem Grund wurde eine systematische Überprüfung im Projektgebiet durchgeführt. So sind Abweichungen hinsichtlich der Eignung auf Grund konkreter, realer Dachsituationen wie Aufbauten und Dachfenster zu Tage getreten. Auch offensichtliche Sanierungserfordernisse bei schlechtem Zustand vereinzelter Dächer konnten beobachtet werden. Als mögliche Gründe wurden verschiedene Ursachen identifiziert, wie bspw. fehlerhaft abgebildete Dachgeometrien, nicht berücksichtigte Dachauf- und -ausbauten sowie irrtümlich als Dachflächen registrierte Dachterrassen und Balkone. Auch wenn Ausreißerwerte und zwischenzeitlich feststellbare, bereits vorhandene PV-/Solarthermieanlagen außer Acht gelassen werden, sind die Unterschiede zwischen den Aussagen des Katasters und real feststellbaren Gegebenheiten signifikant. Dies spricht für eine Aktualisierung und regelmäßige Fortschreibung des Solardachkatasters in Bremen, ggf. sogar mit einer Ergänzung von Informationen durch Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer selbst.

Ein qualitativ hochwertiges Solarkataster bietet eine verlässliche Beratungsgrundlage für interessierte Bürgerinnen und Bürger. Zugleich stellt dieses eine wichtige Datengrundlage für die strategische Planung der Energiewende in Bremen dar. Es unterstützt damit die kommunale Wärmeplanung, bis hin zu konkreten Quartiersentwicklungen.

¹ <https://www.waermewende-nordwest.de/>

1 Hintergrund

Das vorhandene solare Potenzial zu kennen, ist ein wesentlicher Beitrag zur Umsetzung der Energiewende. Zur Bereitstellung von Wärme kann das solare Potenzial in zweierlei Hinsicht genutzt werden und ist daher u. a. im Kontext des Forschungsprojektes WärmewendeNordwest (WWNW) als Faktor der Energiewende relevant: Die direkte Nutzung erfolgt in Form der Solarthermie (vgl. SUKW 2024). Indirekt wird das solare Potenzial über Photovoltaikanlagen (PV) erschlossen, deren Stromerzeugung dem Betrieb von Wärmepumpen dient. Des Weiteren kann Strom aus PV-Quellen über die sog. Sektorenkopplung (bei Überschussstrom im Netz) mittels Elektrokessel / Wärmespeicher genutzt werden (vgl. Agora Energiewende 2024, S. 78).

Um v. a. auch die vielen geeigneten Dachflächen in privater Hand sichtbar zu machen und eine öffentlich zugängliche Informationsbasis zu schaffen, gibt es in vielen Gemeinden einen über das Internet abrufbaren Solaratlas bzw. ein sog. Solar(dach)kataster. Mithilfe dieser i. d. R. interaktiven Karten lässt sich anhand bestimmter Parameter (Neigung, Ausrichtung, Verschattung) die Eignung für die Nutzung der Sonnenenergie mittels Solarthermie und Photovoltaik für individuelle Dachflächen ablesen (vgl. SENEK 2024).

In Bremen beruht das Solarkataster auf der „Konzeption, Gestaltung und technische[n] Umsetzung [der Firma] Geoplex GIS GmbH“ (SUKW 2024) mit Datenstand 2021. Die tatsächliche Datenerhebung lag zeitlich noch davor.

Im Rahmen der Potenzialermittlung erneuerbarer Energien in WWNW wurden bereits mehrfach die Daten des Solarkatasters genutzt (vgl. Pujianto et al. 2023 und Pujianto 2024). Hierbei fiel immer wieder auf, dass Angaben zum Potenzial bestimmter Dachflächen im Abgleich mit vorliegenden Luftbildern oder Begutachtung vor Ort zum Teil unplausibel erscheinen.

Mit der nachfolgenden Arbeit wurde eine beispielhafte Überprüfung des Solarkatasters in Bremen vorgenommen.

2 Methodik

Vorbemerkung

Die aus dem Solarkatasterdatensatz auslesbare Reduzierung vorhandener Dachflächen für die Nutzung mittels PV/Solarthermie wird in der hier vorliegenden Arbeit als „Reduktion“ bezeichnet. Dem gegenüber wird der Begriff „Einschränkung“ für die im Rahmen der manuellen Überprüfung festgestellte Verringerung der vollen Dachfläche zur erkennbar nutzbaren PV-Restfläche verwendet. Obwohl die Begriffe grundsätzlich synonym gebraucht werden könnten und die jeweiligen Angaben vergleichbar sind, wird diese Unterscheidung vorgenommen, um auch in der statistischen Betrachtung die jeweilige „Herkunft“ der gerade betrachteten Flächenverringerng für PV-Nutzung aufzuzeigen.

Allgemeines Vorgehen

Im Rahmen des Moduls „4.8 Quartier“ im „Internationalen Studiengang Umwelttechnik“ (B.Sc.) an der Hochschule Bremen wurde im Sommersemester 2024 im Zuge der praktischen Arbeit mit Geo-

informationssystemen (GIS) das Bremer Solarkataster im WNW-Projektgebiet Neu-Schwachhausen überprüft. Abbildung 1 zeigt das Projektgebiet mit Darstellung der durch verschiedene Gruppen bearbeiteten Teilgebiete. Das Gebiet (E) diente als Referenzgebiet und wurde sowohl von allen Gruppen als auch von zwei Projektmitarbeitenden aus WNW vollständig überprüft. Es diente in der Auswertung als Vergleichsgrundlage zur Ermittlung der Abweichungen von Gruppenergebnissen.

Die Überprüfung der Gebiete (C) und (D) wurden jeweils von Gruppe 2 und 4 durchgeführt. Gebiet (B) wurde durch Gruppe 1 und 3 überprüft. Die Überprüfung des verbliebenen Gebietes (A) in Neu-Schwachhausen erfolgte durch zwei studentische Hilfskräfte (SHK).

Der Zugriff auf die zu bearbeitenden Datensätze erfolgte über die ArcGIS Field Maps App (über mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones). Die notwendigen Daten wurden online über die Geodatenplattform der Hochschule Bremen bereitgestellt.

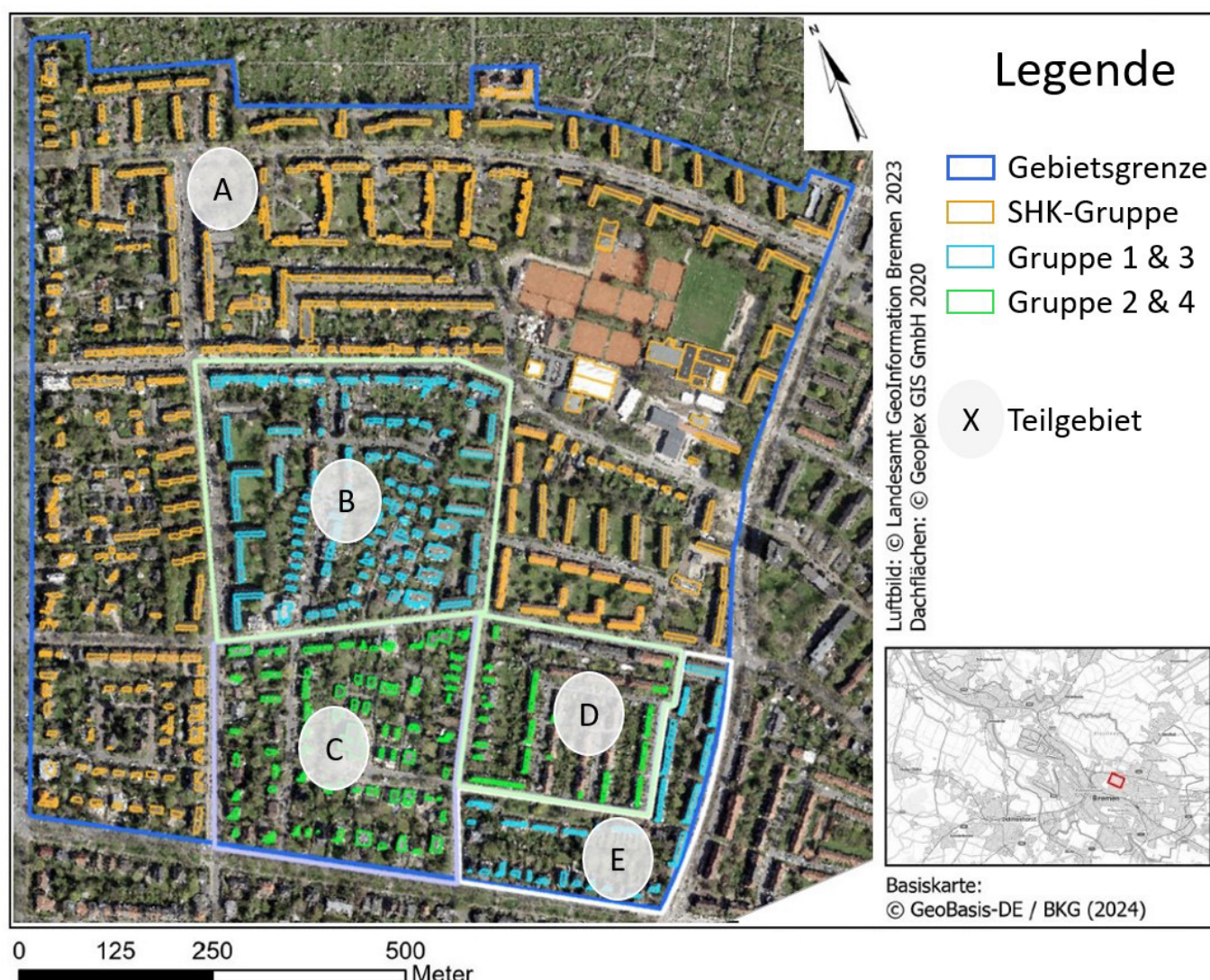


Abbildung 1: Übersichtskarte des Projektgebietes „Neu-Schwachhausen“ in Bremen mit Einfärbung der durch unterschiedliche Gruppen überprüften Dachflächen

Manuelle Erfassung von Einschränkungen (formularunterstützt)

Für die Erfassung jeglicher potenzieller Einschränkungen auf Dachflächen wurde ein Formular implementiert. Dieses unterstützt bei der Identifikation von Dachstrukturen, die eine Beeinträchtigung für die freie Verlegung von Solarthermie- oder Photovoltaik-elementen darstellen können.

Folgende Dachstrukturen waren in der Formularauswahl vorgegeben:

- Satellitenschüsseln
- Luftauslässe
- Zaunelemente (z. B. Schneefanggitter)
- Dachbleche
- Dachfenster
- Schornsteine
- bereits vorhandene Solarthermie/Photovoltaik
- Balkone (die teils als Dachflächenbestandteil im Solarkataster mit ausgegeben werden)
- sonstige Dachausbauten (Gauben, Giebel, Firste, Traufen), wenn eine Modulanbringung in diesen Bereichen offensichtlich nicht möglich ist

Die aus dem jeweiligen Element resultierenden Einschränkungen der für PV nutzbaren Dachfläche wurde nach Auswahl des konkreten Störfaktors in Prozent eingetragen.

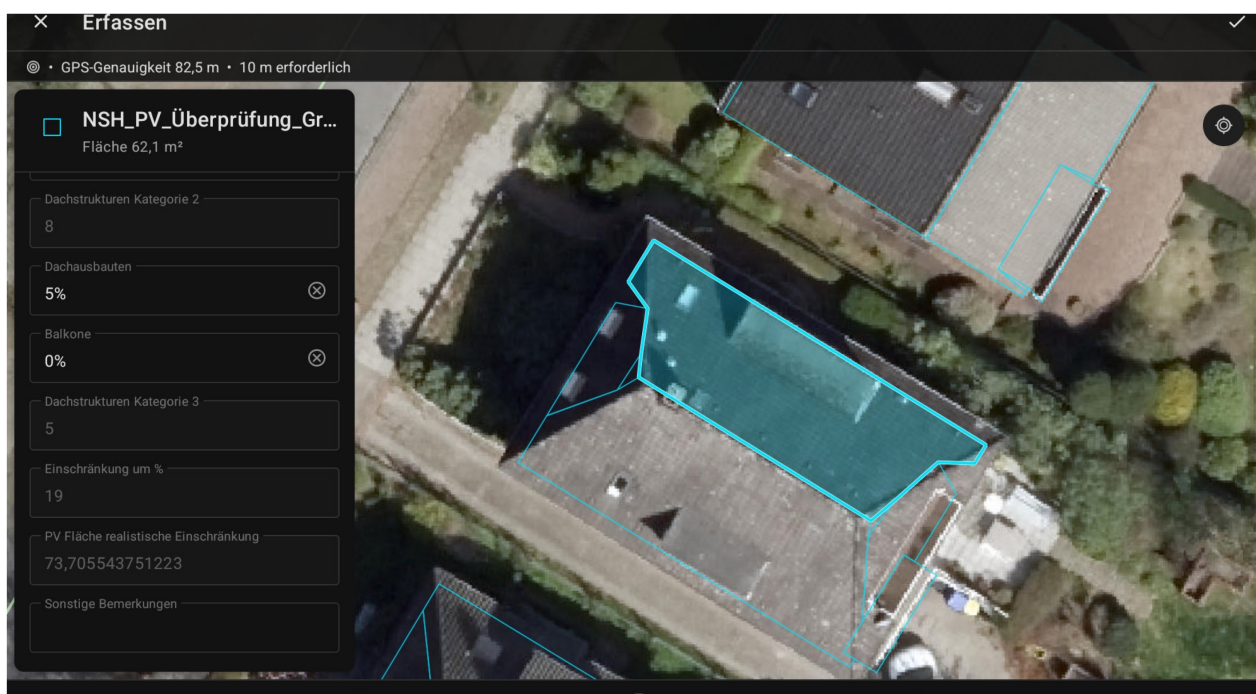


Abbildung 2: Beispielerfassung (Ausschnitt) über Formulareingabe für eine ausgewählte Dachfläche in der ArcGIS Field Maps App (Dachflächen: © Geoplex 2020; Luftbild: © Landesamt GeoInformation Bremen 2023)

Es gab darüber hinaus in der Eingabemaske die Möglichkeit, Sanierungsbedarf anzugeben, sofern ein Dach offensichtlich zunächst grundsaniert werden muss, bevor eine Modulbelegung denkbar wäre. Ein weiteres Auswahlfeld „In-situ / Ex-Situ“ dient der Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Nicht alle Dachflächen konnten vor Ort in Augenschein genommen werden. V. a. wenn die Rückseite eines Gebäudes von öffentlichen Wegen aus nicht einsehbar ist, kommt nur die Einschätzung anhand des vorliegenden Luftbildes (Quelle: Landesamt GeoInformation Bremen 2023) in Frage. Abschließend konnten ergänzende Hinweise und Anmerkungen zu Besonderheiten, wie etwa nicht über das Formular abbildbare Einschränkungen, in einem Freitextfeld erfasst werden. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Eingabemaske und Anwendung in der ArcGIS Field Maps App im Untersuchungsgebiet.

Alle vom Anwender einzutragenden Einschränkungen beziehen sich jeweils auf den Anteil der „Hindernisart“ an der Gesamtfläche des Daches, ohne Rücksicht auf hierzu nötige Modulformate und deren Verlegbarkeit. Am Ende wurden alle einschränkende Dachstrukturanteile aufsummiert und als Gesamteinschränkung (in %) ausgegeben.

Datenvorbereitung und statistische Auswertung

Nach dem Vorliegen aller Einschränkungserfassungen von allen beteiligten Gruppen wurde zunächst eine Validierung anhand des Referenzgebietes (E) (siehe Abbildung 1) vorgenommen. Hierzu wurde ein Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben (Paarvergleichstest) durchgeführt. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die ermittelten Einschränkungen der Gruppen 1 und 4 statistisch signifikant von den als Referenzwert gewählten Einschränkungen (WWNW-Mitarbeitende) abwichen. Bei Betrachtung der einzelnen Werte – insbesondere auch mit Blick auf die Ergebnisse der anderen Gruppen – war nicht ersichtlich, wie die erheblichen Abweichungen bei der Bewertung einzelner Dächer zustande kamen. Die enormen Abweichungen führten im Ergebnis von Gruppe 1 zu einem deutlich kleineren Mittelwert, bei Gruppe 4 zu einem erheblich größeren Mittelwert der ermittelten Einschränkungen (bei zugleich auffallend großer Varianz). Ursprünglich wurde beabsichtigt, für die weitere Auswertung in den doppelt beprobten Teilgebieten Mittelwerte der Gruppen zu verwenden. Hiervon wurde Abstand genommen. Stattdessen setzt sich das Gesamtergebnis der ermittelten Einschränkungen aus den Einzelergebnissen der Gruppen 2, 3 sowie der SHK-Gruppe zusammen. Damit sind alle Teilgebiete abgedeckt (vgl. Abbildung 1).

Grundsätzlich wurden nur Dachflächen der Eignungsbereiche 1 und 2 betrachtet. Diese weisen gemäß Attributbeschreibung des Solarkatasters eine sehr hohe bzw. hohe Einstrahlung auf (SUKW 2024).

Um zu ermitteln, welche prozentuale Einschränkung das Solardachkataster bereits auf die Dachflächen anwendet, wurde zunächst die tatsächliche (3D) Flächengröße der Dachflächen anhand der vorhandenen Informationen „Area“ (Fläche in Quadratmeter) und „Slope“ (Neigung der Dachseite in Grad) mittels Kosinus-Funktion berechnet (vgl. SUKW 2024). Diese Referenzfläche wurde ins Verhältnis gesetzt zur „PVArea“ (Dachfläche in Quadratmetern, die sich für die Installation einer Photovoltaikanlage eignet). Hierdurch ergab sich die durch das Solardachkataster angegebene prozentuale Reduktion gegenüber der vollen Dachfläche. Im Solardachkataster sind bereits Störelemente wie zum Beispiel Ausbauten oder Schornsteine etc., die bei der Laserscannermessung erfasst wurden, von der errechneten Gesamtgröße der Dachfläche abgezogen (SUKW 2024).

Die ermittelte prozentuale Dachflächenreduktion gemäß Solardachkataster konnte nun mit den manuell ermittelten und je Dachfläche kumulierten Einschränkungen verglichen werden. Hierzu wurde sowohl eine einfache Differenz als auch der Betrag der Differenz beider Einschränkungen gebildet. Die Differenz

ist interessant, um auch die Richtung der Abweichung nachvollziehen zu können. Hierdurch bleibt die Information erhalten, welche Auswertung jeweils eine größere Einschränkung/Reduktion pro Dachfläche angibt. Für die statistische Betrachtung (insbesondere der Mittelwerte aller Dachflächen im Vergleich) ist es sinnvoller, absolute Differenzen zu betrachten, da sich positive und negative Abweichungen insgesamt nicht gegenseitig „aufheben“, sondern in beiden Fällen klare Abweichungen voneinander darstellen.

Nach der Bestimmung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Beträge aller Differenzen wurden hierüber auch die einzelnen Wertepaarungen näher untersucht. Als Ausreißer werden alle Paarungen betrachtet, deren Differenzen zwischen prozentualer Einschränkung (selbst ermittelt) und Reduktion (Solarkatasterangabe) größer als der Mittelwert plus 2 Standardabweichungen sind.

Mit den verbliebenen Paarungen wurde ein Zweistichproben t-Test (Paarvergleichstest) bei abhängigen Stichproben durchgeführt. Da es unerheblich ist, welche angegebene Einschränkung oder Reduktion größer oder kleiner ausfällt, handelt es sich um keine gerichtete Hypothese. Deshalb wird ein einseitiger t-Test absolviert. Als Signifikanzniveau wird Alpha = 0,05 festgelegt.

Die **Nullhypothese H_0** lautet: Es gibt keine signifikante Abweichung der manuell festgestellten Einschränkungen gegenüber den Reduktionsangaben gemäß Solardachkataster.

Die **Alternativhypothese H_1** lautet: Die manuell festgestellten Einschränkungen unterscheiden sich signifikant von der im Solardachkataster angegebenen Reduktion der Dachflächen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Nach der Datenvorbereitung, wie in Kapitel 2 beschrieben, wurde zunächst eine grobe Sichtung vorgenommen. Hierbei wurde schnell klar, dass große betragsmäßige Abweichungen v. a. durch manuell identifizierte PV-/Solarthermieanlagen auf den Dachflächen vorlagen. Für die weitere Betrachtung ist die Erfassung solcher bereits bestehender Anlagen relevant. Für die rein statistische Auswertung, um festzustellen, ob und inwiefern Reduktionsannahmen des Solardachkatasters mit einem manuellen Abgleich übereinstimmen, spielen diese Flächen jedoch eine untergeordnete Rolle. Das Ergebnis einer Quartiersauswertung, basierend auf den Angaben eines vorhandenen Solarkatasters sollte eher einem Potenzialüberblick entsprechen, und keiner Detailplanung von Anlagen vor Ort. Für die statistische

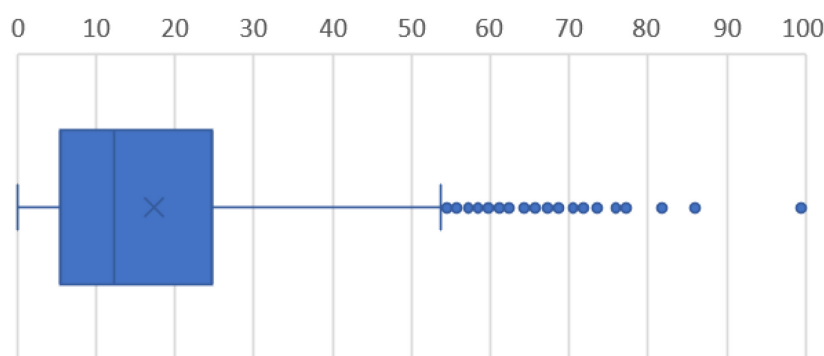


Abbildung 3: Streuungsdiagramm (Boxplot) der Einschränkungsdifferenzen

Auswertung wurden daher entsprechend eingetragene Flächeneinschränkungen aufgrund von vorhandenen PV-/Solarthermieanlagen wieder auf Null gesetzt.

Insgesamt lagen im Untersuchungsgebiet 957 Paarungen vor. Der Mittelwert ihrer betragsmäßigen Differenzen beträgt 17,32. Die Standardabweichung liegt bei 16,53. Abbildung 3 zeigt die Werteverteilungen in Form eines Kastendiagramms (Boxplot):

Die vertikale Linie innerhalb des Kastens zeigt den Medianwert an. Der Kasten selbst spannt den Interquartilsabstand auf und repräsentiert somit die mittleren 50 % der Daten. Ausreißerwerte werden als Punkte außerhalb der „Antennen“ (horizontale Linie mit vertikaler Begrenzung) dargestellt. Die Antennen begrenzen den Werteraum. Der Mittelwert wird durch ein „x“ auf der Linie markiert.

Aus dem Mittelwert addiert mit der doppelten Standardabweichung ergibt sich ein Wert von 50,36. Alle Differenzbeträge oberhalb dieses Wertes werden als Ausreißer betrachtet. Im nachfolgend durchgeführten t-Test bleiben dadurch 62 von 957 Paarungen unberücksichtigt. Abbildung 4 zeigt im Streuungsdiagramm zum Vergleich die Werteverteilung der vorliegenden Dachflächenreduktion im Solarkataster (orange) und der manuell ermittelten, prozentualen Einschränkungen der Dachflächen (grün). Es handelt sich um gut vergleichbare Datensätze. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse des t-Tests. Der Mittelwert der betragsmäßigen Differenzen dieser 895 Paarungen beträgt 14,24. Die Standardabweichung liegt bei 11,78. Der Mittelwert aus allen positiven und negativen Abweichungen (Differenz: Solarkatasterreduktion minus manuell erfasste Einschränkungen) ergibt 5,25 (Standardabweichung 17,71). Dieses Ergebnis zeigt, dass im Solardachkataster im Durchschnitt eine höhere Reduktion der Dachfläche vermerkt ist, als die manuell erfassten Einschränkungen ergeben.

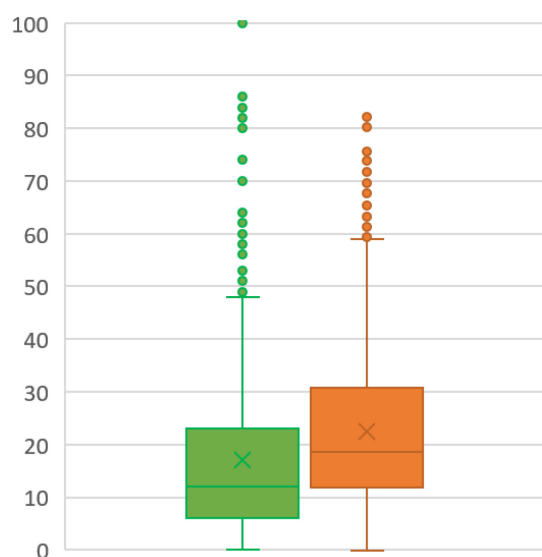


Abbildung 4: Streuungsdiagramme der manuell erfassten Einschränkung (links) sowie der Dachflächenreduktion gemäß Solardachkataster (rechts)

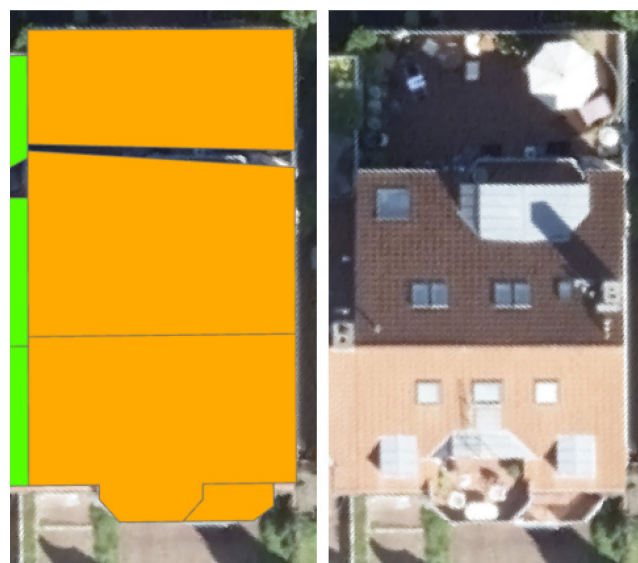
Der P-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau, daher ist die Nullhypothese abzulehnen. Der kritische t-Wert ist kleiner als das Ergebnis der t-Statistik. Somit ist die in Kapitel 3 formulierte Nullhypothese abzulehnen. Die Alternativhypothese wird angenommen: Die manuell festgestellten Einschränkungen unterscheiden sich signifikant von der im Solardachkataster angegebenen Reduktion der Dachflächen.

Exemplarisch sollen an dieser Stelle einige auffallend große Abweichungen bei den Paarungen näher betrachtet werden. V. a. innerhalb der Ausreißerwerte fällt auf, dass bei großen Abweichungen manuell erkannte Dachausbauten und vereinzelt Balkone als Ursache zu nennen sind. Insbesondere Balkonflächen (teils mit Markise) können fälschlicherweise als Dachflächen im Solarkataster vermerkt sein. Abbildung 5 steht dabei symbolhaft für viele Gebäude im Untersuchungsgebiet, bei denen die manuelle Erfassung erhebliche Einschränkungen zutage brachte: Komplexe Dachaufbauten, Fenster, Dachterrassen und Balkone führen eindeutig zu einer Verringerung der für PV potenziell nutzbaren Fläche gegenüber den Daten aus dem Solardachkataster.

Tabelle 1: Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben (einseitiger Paarvergleichstest)

	<i>Solarkataster- reduktion</i>	<i>manuell erfasste Einschränkung</i>
Mittelwert	22,38	17,13
Varianz	216,96	332,70
Beobachtungen	895	895
Pearson Korrelation	0,4383	
Hypothetische Differenz der Mittelwerte	0	
Freiheitsgrade (df)	894	
t-Statistik	8,8693	
P(T<=t) einseitig	0,0000	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,6466	

Umgekehrt wurden jedoch gleichzeitig viele Flächen manuell mit sehr geringer Einschränkung versehen, während das Solardachkataster für dieselben Flächen eine hohe Reduktion angibt. Ein Erklärungsansatz könnte hier die Verschattung sein, die bei der manuellen Erfassung nicht berücksichtigt wurde: Im Mittelwert weisen alle Dachflächen durch Verschattung eine Reduzierung der einfallenden prozentualen Jahreseinstrahlung von 1,92 % auf. Für die als Ausreißer identifizierten Dächer (ohne andere Fehlerquellen wie Balkone) liegt der Mittelwert dagegen bei 3,22 %. Da das Solardachkataster auch die Besonderheiten von Flachdächern berücksichtigt und hierfür (Fall der Aufständigung) einen separaten Schattenwert angibt, ergibt sich für alle Flachdächer im Untersuchungsgebiet ein Mittelwert für die Verschattung von 4,71 %. Für die als Ausreißer identifizierten Dachflächen beträgt der Mittelwert hier 6,60 %. Abbildung 6 zeigt das Beispiel einer möglichen Verschattung als Ursache für starke Abweichungen der Reduktionsangaben für PV-(Teil-)Flächen. Es liegen nur wenige manuell erfassbare Einschränkungen auf den Dachflächen vor. Gleichzeitig ist die Reduktion durch Schattenwurf nicht unerheblich.



*Abbildung 5: Gegenüberstellung - als PV-Flächen erfasste
Einzelflächen des Gebäudes (links, orange) und
Luftbildaufnahme desselben Gebäudes (rechts)
© Landesamt GeoInformation Bremen 2023*



Abbildung 6: Gegenüberstellung - als PV-Flächen erfasste Einzelflächen des Gebäudes (links, rot) und Luftbildaufnahme desselben Gebäudes (rechts) mit erkennbar starkem Schattenwurf © Landesamt GeoInformation Bremen 2023

Abbildung 7 zeigt ein weiteres Beispiel für die Teils sehr komplexen Gebäudearchitekturen, welche die Erfassung von Dachflächen bzw. die Erstellung eines Dachkatasters erschweren. Auch hier lagen erwartungsgemäß große Abweichungen vor, da manuell sämtliche einschränkende Flächenanteile erfasst wurden, was zu einer erheblichen Verringerung der möglichen PV-Fläche führte. Auch die tatsächlich vorliegenden Dachgeometrien und damit Flächen samt Neigungswinkel und Ausrichtung sind hier vom Solarkataster nicht korrekt erfasst worden. Dieser Umstand führt im Resultat zu starken Verzerrungen.



Abbildung 7: Gegenüberstellung - als PV-Flächen erfasste Einzelflächen des Gebäudes (links, orange) und Luftbildaufnahme desselben Gebäudes (rechts) mit deutlich erkennbaren Ausbauten (z. B. Gauben) sowie Balkonflächenanteilen © Landesamt GeoInformation Bremen 2023

Abschließend gibt Abbildung 8 noch einen Überblick über die vorliegenden Differenzen im Projektgebiet. Hierbei wurde als Grenzwert 50,36 % für die Ausreißer gewählt und die entsprechenden Dachflächen rot eingefärbt. Der Rest ergibt sich als gleichmäßige Einteilung nach Ampelfarben von orange zu grün, wobei

grün die geringste Abweichung in der Reduktionsangabe symbolisiert. Es zeigen sich im Projektgebiet keine auffälligen räumlichen Cluster oder sonstige besondere Merkmale bestimmter Gebäudetypen. Auch die manuelle Überprüfung der orange eingefärbten Dächer liefert neben den allgemeinen Feststellungen (siehe Abbildungen 5 und 7) keine neuen Erkenntnisse.



Abbildung 8: Übersichtskarte Projektgebiet Neu-Schwachhausen mit farbllichem Überblick der betragsmäßigen Differenzen zwischen manuell erfassten (prozentualen) Flächeneinschränkungen und den (prozentualen) Reduktionsangaben aus dem Solardachkataster für die Belegung von Dachflächen mit PV-Modulen

Fehlerdiskussion

Wie auch aus anderen wissenschaftlichen Disziplinen mit vergleichbaren Aufgabenstellungen bekannt, unterliegen Kartierungstätigkeiten mitunter großen Ergebnisbandbreiten und werden durch die subjektiven Einschätzungen der jeweils bearbeitenden Personen bestimmt. Fehler lassen sich hierbei allenfalls mit großem Aufwand minimieren, aber nie ganz ausschließen (Bässler 1991). Für die vorliegende Arbeit wurde außer dem nachträglichen Abgleich aller Gruppen mit dem Referenzgebiet vorab keine

gezielte „Standardisierung“ vorgenommen. Die Teilgebiete wurden auch nicht mehrfach unabhängig beprobt.

Des Weiteren unterliegt auch ein weitgehend automatisiert erfasstes bzw. aus diversen Datenquellen abgeleitetes Solarkataster bestimmten Unschärfen, Ungenauigkeiten und Fehlern. Besonders dann, wenn die tatsächliche Geometrie komplexer Dachflächen unzureichend abgebildet wird, sind große Fehler zu erwarten, wenn mit Ausrichtung und Neigungswinkel auf verfügbare Flächen und deren Potenzial geschlossen werden soll.

Signifikante Abweichungen der jeweils angegebenen Reduktionen bzw. Einschränkungen (manuelle Einschätzung gegenüber Angaben im Solardachkataster) von Dachflächen für die Belegung mit PV-Modulen sind daher nachvollziehbar. Sinn und Zweck der vorliegenden Untersuchung war von Anfang an, exemplarisch aufzuzeigen, ob die real vorfindbaren Gegebenheiten in Bezug auf die Angaben aus einem Solaratlas zutreffend sind, oder ob diese sich stark voneinander unterscheiden.

4 Fazit und Handlungsempfehlungen

Das Solardachkataster in Bremen findet sowohl für wissenschaftliche Fragestellungen als auch für Quartiersanalysen Verwendung. Es lag daher nahe, diese genutzte Datengrundlage kritisch zu überprüfen.

Es wurde eine systematische, manuelle Prüfung im Projektgebiet Neu-Schwachhausen vorgenommen. Diese diente der Erfassung von visuell erkennbaren Einschränkungen, welche zu einer Verringerung der möglichen PV-Flächen auf den Dächern führen. Die so erfassten, prozentualen Einschränkungen je Dachfläche wurden zu einem Vergleich mit den im Solardachkataster vorliegenden Reduktionen herangezogen.

Die Ergebnisse zeigten unter Ausschluss der Ausreißerwerte im Mittel eine Reduktion der Flächen für PV-Anlagen auf Dächern in Neu-Schwachhausen gemäß Solardachkataster in Höhe von 22,38 %. Die manuelle Einschränkungserfassung ergab hier nur durchschnittlich 17,13 %. Der Mittelwertsunterschied von 5,25 Prozentpunkten mag auf den ersten Blick nicht gravierend erscheinen. Die Solarkatasterreduktion liegt damit jedoch um 30,65 % höher als der Mittelwert der manuell erfassten Einschränkungen. Selbst wenn die Mittelwerte identisch wären, könnte eine Vielzahl der Dächer stark unterschiedlich erfasste Einschränkungen/Reduktionen aufweisen. Entscheidender sind daher die statistischen Abweichungen, die beim jeweiligen Vergleich der Dachflächen einen signifikanten Unterschied zwischen Reduktionsangabe und manuell erfasster Einschränkung ergaben.

Darüber hinaus sind die vorliegenden Ausreißerwerte keine „Messfehler“, sondern faktisch extreme Abweichungen, die in der statistischen Untersuchung herausgefiltert wurden, in der Praxis aber eindeutig für eine Überarbeitung des Datensatzes sprechen. Dies ist deutlich an den rot markierten Dachflächen in Abbildung 8 zu sehen.

In der Luftbildanalyse wurde ebenfalls ersichtlich, dass es einige Neubauten oder starke Umbauten von Bestandsgebäuden gab. Hier liegen Flächen entweder sehr fehlerhaft oder ggf. auch gar nicht vor.

Ein weiterer, bei der statistischen Analyse unberücksichtigter Aspekt, waren die ebenfalls manuell erfassten Anteile bereits installierter PV-/Solarthermieanlagen. Auf insgesamt 79 Dächern im Gebiet sind

bereits Teilflächen belegt: Im Mittelwert stehen auf diesen Dachflächen 36,44 % nicht mehr zur Verfügung. Genau diese Flächen dürften jeweils dem technisch optimalen Bereich der betreffenden Dächer entsprechen. Bei 33 dieser Dächer sind sogar schon 40 % oder mehr der Dachfläche durch PV/Solarthermie belegt.

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass Dachgeometrien im Solarkataster oftmals nicht nachvollziehbar oder zu kleinteilig vorlagen. Für die vorliegende Untersuchung wurden zu kleine Teilflächen in der manuellen Überprüfung im Sinne der praktischen Durchführbarkeit nicht berücksichtigt. Der zusätzlich vorhandene „Summenfehler“ unter Berücksichtigung aller Kleinstflächen ist somit unbekannt. Abbildung 9 zeigt eine Zusammenstellung von Beispielgebäuden und ihrer unterteilten Dachflächen. Die bereits aufgezählten Fehlerquellen sind hierbei noch einmal eindrucksvoll zu erkennen: Fehlerhafte Dachflächen/-geometrien; Balkon- und Terrassenflächen, die als Dachflächen gewertet wurden; komplexe Dachstrukturen; Auf- und Ausbauten sowie bereits vorhandene PV-/Solarthermieanlagen.



Abbildung 9: Overlay der Solarkataster-Dachflächenpolygone über einem Luftbild für den optischen Abgleich © Landesamt GeoInformation Bremen 2023

Die aufgezeigten Abweichungen und sekundären Erkenntnisse legen nahe, dass es Sinn ergibt, einen Solaratlas regelmäßig fortzuschreiben. Dies kann auf Basis des aktuellen Datenbestandes wie folgt auch kombiniert geschehen:

- 1.) Möglichkeit einer formularbasierten Rückmeldung durch Bewohnerinnen und Bewohner oder Eigentümerinnen und Eigentümer der Gebäude.
- 2.) Justierung der Ergebnisse durch automatisierte Luftbilddauswertung.
- 3.) Automatisierter Abgleich der Dachflächen mit vorhandenen Open Data 3D-Gebäudedaten (siehe Landesamt GeoInformation Bremen 2023 bzw. Landesamt GeoInformation Bremen 2024).

Alternativ ist auch eine komplette Neuauswertung auf Grundlage aktuellerer hochauflösender Laser-scansbefliegungen (vgl. Reiber 2024) denkbar, welche bspw. für die Erstellung von Digitalen Geländeoberflächenmodellen benötigt werden. Verschiedene KI-Verfahren und der Einsatz von Open Data bieten darüber hinaus ergänzende Möglichkeiten insbesondere automatisierter Erfassungen (vgl. Chen et al. 2024).

Für Verwaltung und Forschung wäre darüber hinaus eine aktuelle Übersicht über bereits installierte Anlagen hilfreich. Eine genaue Verortung ist mittels Marktstammdatenregister nicht möglich.

Ein qualitativ hochwertiges Solarkataster bietet eine verlässliche Beratungsgrundlage für interessierte Bürgerinnen und Bürger. Zugleich stellt es eine notwendige Datengrundlage für die strategische Planung der Energiewende in Bremen sowie konkrete Quartiersentwicklungen dar.

Quellen

Agora Energiewende (2024): Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2023. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2024. Online verfügbar unter https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-35_DE_JAW23/A-EW_317_JAW23_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 16.01.2024.

Bässler, Ulrich (1991): Irrtum und Erkenntnis. Fehlerquellen im Erkenntnisprozeß von Biologie und Medizin. Berlin, Heidelberg: Springer (Naturwissenschaften-Bibliothek).

Chen, Zhe; Yang, Bisheng; Zhu, Rui; Dong, Zhen (2024): City-scale solar PV potential estimation on 3D buildings using multi-source RS data: A case study in Wuhan, China. In: *Applied Energy* 359, S. 122720. DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.122720.

Landesamt GeoInformation Bremen (2023): 3D-Gebäudemodelle LoD2 Bremen. Online verfügbar unter https://gdi2.geo.bremen.de/inspire/download/LoD/data/LoD2_Bremen_2024_04_citygml.zip, zuletzt geprüft am 27.01.2025.

Landesamt GeoInformation Bremen (2024): Bremen 3D - Solar. Online verfügbar unter <https://bremen.virtualcitymap.de/Solar/>, zuletzt geprüft am 27.01.2025.

Pujianto, Novi (2024): GIS-based workflow for identifying renewable heat potentials and an optimal strategy for LowEx district heating: Hochschule Bremen, 2024. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.26092/elib/3098>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Pujianto, Novi; Kruse, Michel; Scheuermann, Philipp; Jütting, Marvin; Karantinakis, Georgios; Schwarz, Timmy; Knies, Jürgen (2023): Potentialermittlung erneuerbarer Energien in der Vorderen Neustadt (Bremen) und Ansätze zur Integration in ein zukünftiges Wärmenetz. Unter Mitarbeit von Universität Bremen. Bremen: Hochschule Bremen, 2023. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.26092/elib/2406>, zuletzt geprüft am 13.06.2024.

Reiber, Joachim (2024): LiDAR: Wie die 3D-Technologie Solaranlagen schneller plant. Online verfügbar unter <https://www.techtag.de/it-und-digitalisierung/lidar-wie-die-3d-technologie-solaranlagen-schneller-plant/>, zuletzt geprüft am 27.01.2025.

SENEC (2024): Solarkataster: kostenlos Solar-Potenzial am Wunschort prüfen. SENEC GmbH: Unternehmen der EnBW Energie Baden-Württemberg AG, 04.09.2024. Online verfügbar unter <https://senec.com/de/magazin/solarkataster>, zuletzt geprüft am <https://senec.com/de/magazin/solarkataster>.

SUKW (2024): Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft - Solardachkataster Bremen, 2024. Online verfügbar unter <https://www.solarkataster-bremen.de>, zuletzt geprüft am 29.01.2025.

Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences



✕ **KONTAKT**

Prof. Dr. Jürgen Knies
Hochschule Bremen
Neustadtswall 30
28199 Bremen

waermewende@hs-bremen.de