

 reviewed paper

Urbane Photovoltaikproduktion auf österreichischen Großparkplätzen: ein Beitrag zu nachhaltiger Energieversorgung, zukünftiger Elektromobilität und Bewusstseinsbildung bei Entscheidungsträgern/-innen

Boris Salak, Christoph Graf, Andreas Muhar

(DI Dr. Boris Salak, Swiss Federal Research Institute WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf & University of Natural Resources and Life Sciences, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Vienna, boris.salak@boku.ac.at)

(Mag (FH), B.Sc. Christoph Graf, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Vienna, christoph.graf@boku.ac.at)

(Univ. Prof. DI Dr. Andreas Muhar, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Vienna, andreas.muhar@boku.ac.at)

1 EINLEITUNG

Die Photovoltaikbranche erlebte in den vergangenen Jahren stetige Zuwachsraten im zweistelligen Prozentbereich (International Energy Agency 2014; European Photovoltaic Industry 2014).

Dennoch stößt der Ausbau der Photovoltaik zunehmend auf Grenzen, da die Nutzung von Photovoltaik zur Energieproduktion viel Platz beansprucht und in Konkurrenz mit traditionellen Nutzungen wie Siedlungswesen, Landwirtschaft, Tourismus, Naturschutz etc. steht, was dazu führt, dass Photovoltaikenergie nur dort produziert werden kann, wo ausreichend Platz verfügbar ist. Dies ist umso zutreffender, je weniger Raum für die verschiedenen Nutzungsansprüche zur Verfügung steht. Für die Photovoltaiknutzung bedeutet dies, dass eine Nutzung auf Flächen mit starkem Nutzungsdruck schwierig ist, es sei denn eine multifunktionale Nutzung ist möglich.

Die Eignung ländlicher Freiflächen zur Photovoltaiknutzung ist bereits gut erforscht (Bundesamt für Naturschutz 2012; Bundesamt für Naturschutz und Technische Universität Berlin 2013; Knoll Planung & Beratung 2011; Naturschutzbund Deutschland und BSW-Solar 2005; Stadt Wien 2013). Weit weniger gut ist die Photovoltaiknutzung im Siedlungsgebiet untersucht, da diesen Gebieten, mit Ausnahme horizontaler Dachflächen, ein allgemein zu geringes Potenzial attestiert wird (Hunter und Baldwin 2013; Genske et al. 2009). Hier ist anzumerken, dass vor allem in urbanen Bereichen der Fokus der Potenzialanalysen auf öffentlich verfügbaren Flächen liegt und Potenziale auf privaten Flächen erst gar nicht in die Berechnungen Einzug finden. Eine Flächenkategorie, die derzeit in Österreich kaum im Zusammenhang mit der Photovoltaikproduktion beachtet wird, ist jene der Großparkplätze. Studien geben Auskunft über die Potenziale der vereinzelt Nutzung dieser Flächen (Strauss et al. 2009; Neumann et al. 2012; Tulpule et al. 2013; Chukwu und Mahajan 2014; Serrano-Luján et al. 2015), doch gibt es derzeit keine Übersicht über die Anzahl von möglicherweise geeigneten Parkplätzen in Österreich, noch über die damit verbundene Bedeutung für heimische Photovoltaikunternehmen und die nachhaltige österreichische Stromproduktion.

Durch die Mehrfachnutzung der Parkplätze zur Energieerzeugung und zur niederschweligen Verwendung (Abstellfläche für PKWs), können Synergieeffekte bei ursprünglich konkurrierenden Flächennutzungen erzielt werden. So bedeutet eine mehrdimensionale Nutzung verfügbarer Fläche auch eine Vermeidung von zusätzlicher Flächenversiegelung, die vor allem für Österreich und Europa ein anhaltendes Problem darstellt (Heinrich-Böll-Stiftung et al. 2015). Weiter wird dadurch ein Mehrwert für die Nutzerinnen und Nutzer (z. B. zusätzlicher Komfort durch Beschattung), sowie für Verwalterinnen und Verwalter (z. B. geringere Betriebserhaltungskosten, zusätzliche Einnahmen aus der Energieproduktion, neue Dienstleistungen) der Fläche geschaffen, was zu erhöhter Akzeptanz in siedlungsnahen Gebieten führen kann.

Bislang gibt es keinen Überblick über Möglichkeiten einer energieorientierten Bewirtschaftung von Großparkplätzen in Österreich und deren potenziellen Beitrag zur Energiewende und zur Stärkung der heimischen Photovoltaikindustrie. Weiter ist bislang nicht bekannt, für welche Branchen sich durch eine Hebung des Erwartungspotenzials auf Großparkplätzen neue Entwicklungsmöglichkeiten öffnen.

Dieses Paper trägt zur Identifikation von zur Energienutzung geeigneten Großparkplätzen in Österreich bei. Hierfür wurden sämtliche Großparkplätze (Parkplätze > 600 m²) untersucht und basierend auf Langzeitdaten (klimatologisch, atmosphärisch) und aufgrund der räumlich umgebenden Infrastruktur (3D-Gebäude) analysiert.

Keywords: Photovoltaik, Synergie, mehrdimensionale Nutzung, Erwartungspotenzial, urbane Parkplätze

2 METHODE

Die Analyse des Photovoltaikpotenzials auf Großparkplätzen erfordert neben der Berücksichtigung klimatischer und physikalischer Einflüssen auch eine Berücksichtigung räumliche Aspekte:

2.1 Klimatische und physikalische Einflüsse

2.1.1 Physikalische Grundlagen

Um die Energieproduktion einer Fläche beurteilen zu können, wird die darauf tatsächlich auftretende Sonnenleistung herangezogen. Ausgegangen wird von der durchschnittlichen elektromagnetischen Strahlungsleistung der Sonne, die durch Schwankungen in der Sonnenaktivität um bis zu $\pm 0,1$ % schwankt. Durch die Exzentrizität der Erdumlaufbahn verändert sich dieser Wert um weitere $\pm 3,67$ % im Jahresverlauf. Die dann auf die Atmosphäre auftreffende durchschnittliche Leistung ist als Solarkonstante mit 1370 W/m^2 definiert (Kaltschmitt et al. 2013, S. 49 f.).

Durch die Atmosphäre reduziert sich die auf der Erdoberfläche tatsächlich auftreffende Strahlung. Die wesentlichen Faktoren sind dabei:

- Absorption und Rückstrahlung durch die Atmosphäre
- Luftmasse
- Absorption und Rückstrahlung der Wolken

Die Summe aus der direkten und der diffusen Strahlung, die am Boden auftrifft, ist die Globalstrahlung

2.1.2 DSSF - Down-welling Surface Short-wave radiation Flux

Die verwendeten DSSF-Daten basieren auf Messungen des EUMETSAT Satellitensystems und liegen in einer zeitlichen Auflösung von 30 Minuten und einer räumlichen Auflösung von etwa $3,0 \times 3,0 \text{ km}$ vor und wurden mit der „Cloudy Sky Method“ (Gautier et al. 1980; Brisson et al. 1999) berechnet.

2.1.3 Datenbasis für die Analyse

Alle relevanten Parkplätze wurden entsprechend ihrer Lage der nächstgelegenen DSSF-Koordinate zugeordnet. Alle Datensätze, die sich auf nicht zugeordnete Koordinaten (Datenpunkte in deren Umkreis kein relevanter Parkplatz liegt) beziehen, wurden entfernt. Von den 1.107.351 Koordinaten des gesamten Datensatzes liegen 4.729 innerhalb Österreichs und 2.121 (44,85 %) davon in der Nähe von relevanten Parkplätzen.

2.2 Räumliche Aspekte

2.2.1 Parkplätze

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Geometrien der Parkplätze wurden im Februar 2016 aus dem OpenStreetMap-Datensatz exportiert (Geofabrik 2016). Im Rahmen der Studie wurden Parkplätze größer 600 m^2 als Großparkplätze definiert und weiter berücksichtigt. Die Parkplätze wurden weiter nach ihrer Urbanität gefiltert. Hierfür wurden die Geodatensätze SINUS (Peterseil et al. 2004) und Urban Atlas (European Environment Agency 2012) verwendet.

2.2.2 Sparten und Branchen der Österreichischen Wirtschaftskammer

Für die Einteilung und Strukturierung der österreichischen Unternehmen wurde der Branchenbaum der Wirtschaftskammern Österreichs (WKÖ 2016) verwendet. Dieser weist insgesamt 1.214 Branchen in 93 Fachverbänden bzw. 7 Sparten aus (Stand 02/2017). Basierend auf den Datenpunkten der WKÖ konnten 2 Kernindikatoren berechnet werden:

- Häufigkeitsrelevanz: Branchen die in Relation zu allen Parkplätzen in der Summe ihrer Distanzpunkte häufig vorkommen (häufig aber nicht zwingend nahe).
- Relative Nähe: Branchen die in Relation zu Parkplätzen besonders nahe von Parkplätzen vorkommen unabhängig von der Anzahl der Häufigkeit (dem Auftreten), wobei nicht relevanten Branchen gefiltert wurden (nahe aber nicht zwingend häufig).

2.2.3 Schattenberechnung

Neben den klimatischen Einflüssen ist die Beschattung der größte weitere Einflussfaktor (Hofierka und Suri 2002, S. 2) auf die Energiewerte einer Fläche. Sie kann entsprechend ihrer Quelle unterteilt werden:

- Fernverschattung – Schatten, die durch das Gelände entstehen
- Nahverschattung – Schatten, die durch Objekte (v.a. Gebäude und Vegetation) entstehen.

Die Fernverschattung konnte in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden. Bei der Nahverschattung konnten umliegende Gebäude, nicht aber die Vegetation mitberücksichtigt werden. Die Gebäude in diversen Pufferbereichen der Parkplätze wurden je nach Bundesland unterschiedlichen Quellen entnommen:

Bundesland	Gebäudequelle	Pufferbereich
Burgenland	DKM	1500 m
Kärnten	Basemap	1500 m
Niederösterreich	Basemap	1500 m
Oberösterreich	Basemap	1500 m
Salzburg	Basemap	1500 m
Steiermark (ohne Graz)	DKM	150 m
Steiermark (Graz)	DKM	500 m
Tirol	DKM	1500 m
Vorarlberg	Basemap & OSM	1500 m
Wien	Baukörpermodell	-

Tabelle 1: Datenquellen und Einzugsbereiche der Gebäude

Die Gebäudehöhen wurden aus der Differenz von Oberflächen- zum Geländemodell berechnet und von den Landesregierungen zur Verfügung gestellt.

2.3 Potenzialberechnung

Dreier (2000) beschreibt die Abschätzung möglicher Beiträge eines Energieträgers am Beispiel der Biomasse und definiert unterschiedliche Stufen von Potenzialen. Ziel ist die Ermittlung des Erwartungspotenzials bzw. auch dem „ausschöpfbaren Potenzial“. Über das theoretische Potenzial (theoretisches Maximum) wird ein technisches Potenzial (Reduktionen durch begrenzende Faktoren wie z. B. Verschattung, PV-Zelleffizienz) und von diesem ausgehend das Erwartungspotenzial errechnet. Das Erwartungspotenzial berücksichtigt eine gewisse maximale Flächennutzung mit PV-Paneelen, die in vorliegender Studie mit 40 % festgelegt wurde.

Das Ergebnis gibt berücksichtigt keine Fernverschattung, Verschattung durch Vegetation, Ausrichtung, oder Neigung der PV-Module.

3 ERGEBNISSE

3.1 Charakteristik der untersuchten Parkplätze

Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die geographische Lage und Verteilung, sowie über die durchschnittlichen Größen der zur Analyse verwendeten Parkplätze, pro Bundesland.

Insgesamt wurden 15.245 Großparkplätze mit einer Fläche über 600 m² analysiert. Die durchschnittliche Parkplatzgröße in Österreich beträgt in etwa 2.502 m² (Min. 600 m², Max. 107.246 m², Median 1.504 m²) und befindet sich im Mittel auf 441 m Seehöhe (Min. 116 m, Max. 2.264 m, Median 393 m).

Mehr als die Hälfte der untersuchten Parkplätze befindet sich in lediglich drei Bundesländern. So sind knapp ein Viertel (3.570; 23,4 %) der Parkplätze im flächenmäßig größten Bundesland Niederösterreich, gefolgt von Oberösterreich (2.911; 19,1 %) und der Steiermark (2.495; 16,4 %) zu finden. Auch bezogen auf die Gesamtflächengröße der Parkplätze zeigt sich eine ähnliche Verteilung auf die Bundesländer Niederösterreich (23,7 %), Oberösterreich (18,4 %) und Steiermark (16,5 %).

Pro Quadratkilometer Landesfläche zeigt sich eine deutliche Konzentration von Großparkplätzen im Bundesland Wien (2,77 Parkplätze/km²), sowie, wenn auch mit großen Abstand, in den Bundesländern Vorarlberg (0,26 Parkplätze/km²) und Oberösterreich (0,24 Parkplätze/km²).

Im Durchschnitt ist in Österreich pro 5,5 km² ein Großparkplatz verfügbar, wobei es auch hier deutliche Unterschiede zu erkennen gibt (pro 0,36 km² in Wien – pro 8,82 km² in Kärnten).

	Landesfläche (km ²)	Anteil der Landesfläche am Staatsgebiet (%)	Anzahl der Parkplätze pro Bundesland (n)	Anteil an der Summe der Parkplätze (%)	Summe der Parkplatzfläche pro Bundesland (km ²)	Anzahl der Parkplätze pro km ² Landesfläche	Parkplatzdichte pro Bundesland (in km ² pro Parkplatz)	Anteil an der Gesamtfläche der Parkplätze (%)	mittlere Parkplatzgröße pro Bundesland (m ²)	mittlere Seehöhe der Parkplätze pro Bundesland (m)
Burgenland	3.962	4,7	584	3,8	1,61	0,15	6,78	4,2	2.764	228
Kärnten	9.538	11,4	1.081	7,1	2,90	0,11	8,82	7,6	2.686	572
Niederösterreich	19.186	22,9	3.570	23,4	9,02	0,19	5,37	23,7	2.528	289
Oberösterreich	11.978	14,3	2.911	19,1	7,00	0,24	4,11	18,4	2.406	404
Salzburg	7.156	8,5	1.210	7,9	2,90	0,17	5,91	7,6	2.396	661
Steiermark	16.403	19,6	2.495	16,4	6,28	0,15	6,57	16,5	2.516	452
Tirol	12.640	15,1	1.563	10,3	3,99	0,12	8,09	10,5	2.554	784
Vorarlberg	2.590	3,1	683	4,5	1,45	0,26	3,79	3,8	2.117	575
Wien	415	0,5	1.148	7,5	2,98	2,77	0,36	7,8	2.593	191
Österreich	83.868	100	15.245	100	38,1	0,18	5,50	100,0	2.502	441

Tabelle 2: Überblick über Anzahl, Größe, Verteilung und Seehöhe der untersuchten Parkplätze. n = 15.245, grau hinterlegte Zellen = Bezug auf Gesamtanzahl der Parkplätze in Prozent

3.2 Solarpotenzial

Tabelle 3 bietet eine Übersicht über das theoretische, das technische und das Erwartungspotenzial zur photovoltaikorientierten Nutzung von Großparkplätzen in Österreich. Das theoretische Solarpotenzial aller österreichischen Großparkplätze entspricht ca. 92,1 TWh Energie pro Jahr (Terrawattstunden) und beschreibt die Menge an Energie die ohne jegliche Abschläge (atmosphärisch, physikalisch oder räumlich) auf den jeweiligen Parkplätzen, in 3 m Höhe auftrifft.

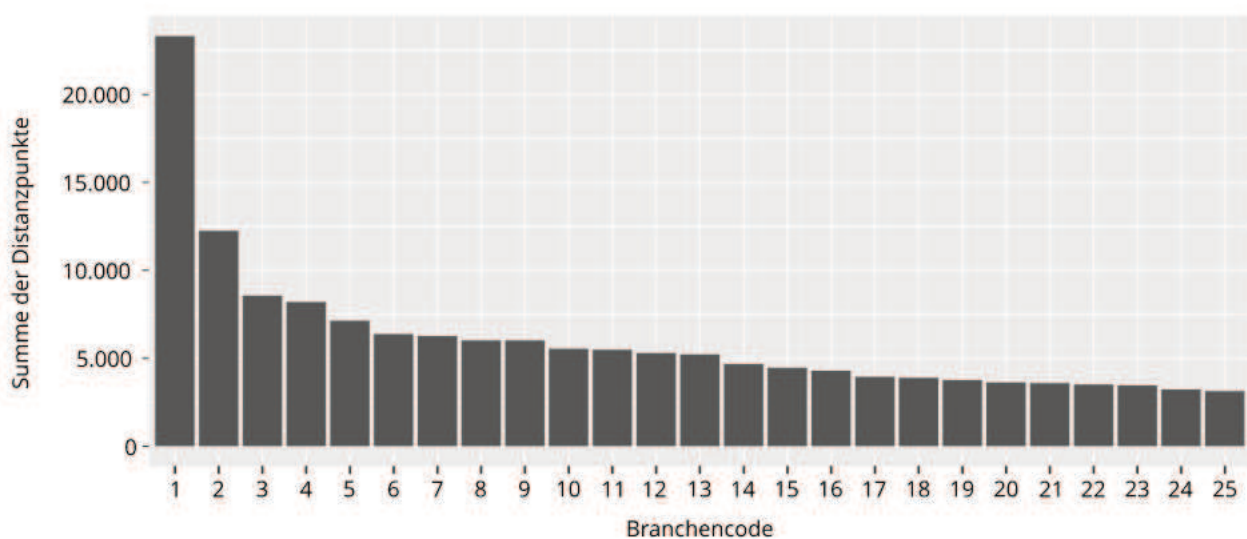
Das technische Solarpotenzial berücksichtigt im vorliegenden Fall sowohl atmosphärische, physikalische (Wolken) und räumliche (Gebäude) Einflüsse und beträgt in etwa 42,4 TWh.

Da der Wirkungsgrad der Photovoltaikzellen in Standardmodulen nicht das gesamte auftreffende Sonnenlicht in Energie umwandeln kann, kommt es zu einer weiteren Reduktion der potenziell zu erntenden Energiemenge auf insgesamt 8,5 TWh Energie pro Jahr.

Abschließend muss noch der potenzielle Bebauungsgrad der Flächen berücksichtigt werden, womit ein potenzielles zu erwartendes Solarpotenzial (Erwartungspotenzial) von ca. 4,2 TWh Energie pro Jahr zur Verfügung steht.

Bundesland	Theoretisches Solarpotenzial (GWh)	mittlere Verschattung (1 = 100 %)	Technisches Solarpotenzial (GWh)	Technisches Solarpotenzial (20 % Effizienz in GWh)	Erwartungspotenzial (GWh)
Burgenland	4.070	0,53	1.967	393	193
Kärnten	7.389	0,54	3.435	687	337
Niederösterreich	21.683	0,53	10.222	2.044	1003
Oberösterreich	16.298	0,55	7.534	1.507	739
Salzburg	6.718	0,55	3.065	613	301
Steiermark	15.505	0,56	7.042	1.408	691
Tirol	9.688	0,44	4.378	876	430
Vorarlberg	3.440	0,44	1.559	312	153
Wien	7.289	0,42	3.155	631	310
Österreich	92.080	0,45	42.357	8.471	4.157

Tabelle 3: Überblick über das theoretische, technische und zu erwartende Solarpotenzial bei der Nutzung von Photovoltaikanlagen auf Großparkplätzen in Österreich



Branchenbezeichnung

- | | |
|---|--|
| 1 = Einzelhandel mit Lebensmitteln | 14 = Handel mit Eisen, Stahl, NE-Metallen und Halbfertigprodukten |
| 2 = Handel mit Automobilen, Motorrädern inkl. Bereifung, Zubehör | 15 = Handel mit Möbeln, Büromöbeln |
| 3 = Kraftfahrzeugtechnik | 16 = Handel mit Raumausstattungswaren und Heimtextilien |
| 4 = Handel mit Medizinprodukten | 17 = Vermieten von KFZ ohne Beistellung eines Lenkers |
| 5 = Handel mit Computern und Computersystemen | 18 = Automatenbetriebe, Spielautomatenkaufleute |
| 6 = Handel mit Baustoffen | 19 = Unternehmungen zur Wartung von KFZ (Serviceunternehmen) |
| 7 = Handel mit Pyrotechnikartikeln | 20 = Abgabe von Betriebsstoffen für KFZ im Betrieb von Zapfsäulen |
| 8 = Bars, Tanzlokale, Diskotheken, Clubbinglounges | 21 = Erzeuger kunstgewerblicher Gegenstände u. Modeschmuckerzeuger |
| 9 = Kleintransportgewerbe - mit unbeschränkter KFZ-Anzahl | 22 = Buch- und Medienhandel |
| 10 = Elektroeinzelhandel | 23 = Handel mit Hausrat und Küchengeräten, Haushaltswaren |
| 11 = Handel mit Lebensmitteln, ausgenommen Waren des Agrarhandels | 24 = Großhandel mit Lebensmitteln |
| 12 = Versandhandel | 25 = Handel mit Holz |
| 13 = Elektrohandel | |

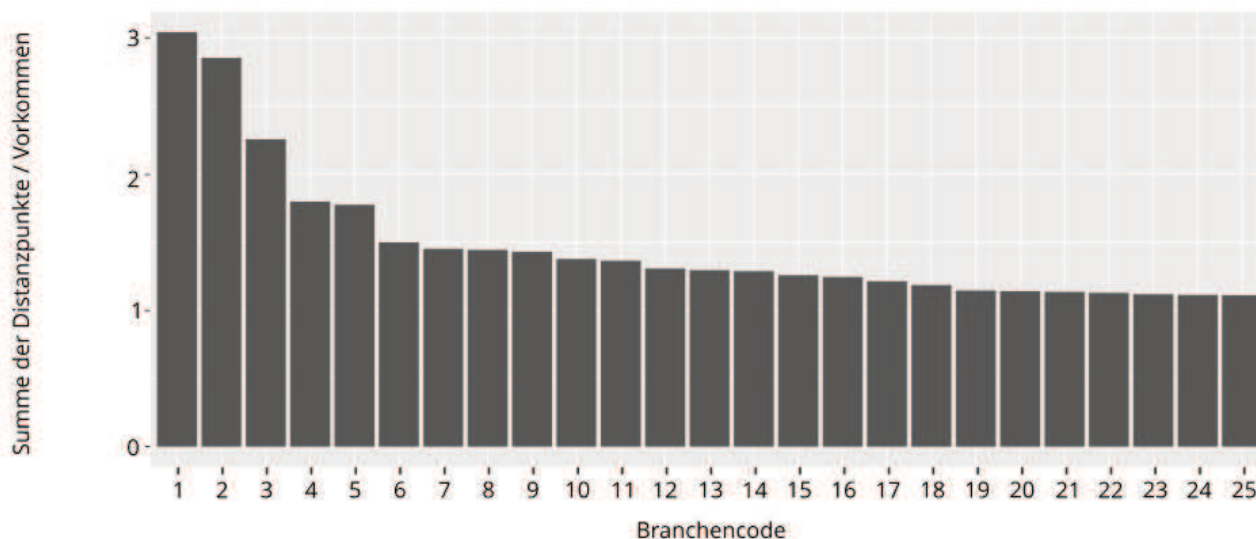
Abbildung 1: Verteilung der Summe der Distanzpunkte auf die Branchen der Österreichischen Wirtschaftskammer (TOP 25)

3.3 Relevanz des solaren Erwartungspotenzials für Österreichs Wirtschaft

Um die Bedeutung der Ergebnisse für einzelne Sparten und Branchen der österreichischen Wirtschaft zu ermitteln, wurden sowohl die ermittelten Entfernungen (Distanzpunkte) pro Branche aufsummiert, als auch die Relevanz der Summe der Distanzpunkte in Abhängigkeit zur Anzahl des Vorkommens ermittelt.

Abbildung 1 zeigt die TOP-25-Ränge aus dem Ergebnis der Aufsummierung der Distanzpunkte nach Branchen (Häufigkeitsrelevanz). Es ist zu erkennen, dass vor allem Branchen der Sparte Handel in den oberen 25 Rängen verweilen. Die Branche des „Einzelhandel(s) mit Lebensmittel“ zeigt sich als relevanteste, weil am häufigsten vorkommende Branche mit der insgesamt größten Nähe zu den untersuchten Parkplätzen. Auf Rang 2, doch bereits mit deutlichem Abstand, befindet sich die Branche des Automobil- und Motorradhandels. Erneut mit deutlichem Abstand folgen auf Rang 3 die Branche „Kraftfahrzeugtechnik (Sparte Gewerbe und Handwerk) und auf Rang 4 die Branche „Handel mit Medizinprodukten“ (Sparte Handel).

Abbildung 2 zeigt die relative Nähe der Branchen in Abhängigkeit vom Vorkommen. Es werden jene Branchen dargestellt, die, wenn sie vorkommen, im Durchschnitt eine große Nähe zu den Parkplätzen aufweisen, unabhängig von ihrer Häufigkeit des Vorkommens. In den TOP-25-Rängen ist ein deutlicher Spartenmix zu erkennen. Die ersten drei Ränge zeigen deutlich unterschiedliche Ausprägungen. So kommt die Branche der „Automatenbetriebe“ im Durchschnitt am nächsten zu den untersuchten Parkplätzen vor. Dicht gefolgt von der Branche der „Kraftfahrlinienunternehmungen“ (Sparte Transport und Verkehr) und bereits mit Abstand der Branche des „Einzelhandel(s) mit Lebensmitteln“ (Sparte Handel). Die Häufigkeit der Vorkommen unterscheidet sich deutlich untereinander.



Branchenbezeichnung

- | | |
|--|---|
| 1 = Automatenbetriebe, Spielautomatenkaufleute | 14 = Bars, Tanzlokale, Diskotheken, Clubbinglounges |
| 2 = Kraftfahrlinienunternehmungen | 15 = Elektro Einzelhandel |
| 3 = Einzelhandel mit Lebensmitteln | 16 = Sprengmittelindustrie |
| 4 = Binnenseeschifffahrt (bis 12 Personen) | 17 = Verbandstoff- und Watteindustrie |
| 5 = Handel mit Lebensmitteln, ausgenommen Waren des Agrarhandels | 18 = Elektrohandel |
| 6 = Schleplifte | 19 = Löschsysteme |
| 7 = Metallpulver auf metallurgischer Basis erzeugenden Industrie | 20 = Handel mit Computern und Computersystemen |
| 8 = Handel mit Automobilen, Motorrädern inkl. Bereifung, Zubehör | 21 = Schleplift (301 bis 800 m) |
| 9 = Kleintransportgewerbe - mit unbeschränkter KFZ-Anzahl | 22 = Betrieb von Eisenbahn-, Restaurants- und Schlafwagen |
| 10 = Handel mit ärztl. Apparaten, Instrumenten, Einrichtungsgegenständen | 23 = Textil-, Leder- und Papierhilfsmittelindustrie |
| 11 = Stickereiwirtschaft | 24 = Luftfahrzeug-Vermietungsunternehmungen |
| 12 = Einzelhandel mit Parfümerie-, Wasch- und Haushaltswaren | 25 = Schleplift (bis 300 m) |
| 13 = Handel mit Medizinprodukten | |

Abbildung 2: Verteilung des Verhältnisses der Summe der Distanzpunkte pro Anzahl des Vorkommens auf die Branchen der Österreichischen Wirtschaftskammer (TOP 25)

Tabelle 4 zeigt Branchen die innerhalb der ersten 25 Ränge sowohl in Abbildung 1, als auch in Abbildung 2 liegen. Damit werden Branchen identifiziert, die sowohl in großer Anzahl, als auch in großer Nähe zu Parkplätzen vorkommen.

Sparte	Branche	Vorkommen (Anzahl)	relative Nähe (Summe der Distanzen/Anzahl)	Summe der normierten Distanzpunkte
Handel	Einzelhandel mit Lebensmitteln	10.335	2,256	23.313,389
Handel	Handel mit Automobilen, Motorrädern etc.	8.473	1,446	12.248,008
Handel	Handel mit Medizinprodukten (z. B. Apotheken)	6.345	1,294	8.213,335
Handel	Handel mit Computern und Computersystemen	6.259	1,141	7.143,105
Tourismus und Freizeitwirtschaft	Bars, Tanzlokale, Diskotheken, Clubbinglounges	4.672	1,289	6.023,485
Transport und Verkehr	Kleintransportgewerbe - mit unbeschränkter KFZ-Anzahl	4.207	1,430	6.017,589
Handel	Elektroeinzelhandel	4.414	1,259	5.555,552
Handel	Handel mit Lebensmitteln, ausg. Waren des Agrarhandels	3.094	1,775	5.492,356
Handel	Elektrohandel	4.397	1,187	5.219,181
Tourismus und Freizeitwirtschaft	Automatenbetriebe, Spielautomatenkaufleute	1.279	3,042	3.891,058

Tabelle 4: Übersicht über Branchen aus den TOP 25 mit großer Nähe zu Parkplätzen und häufigem Vorkommen (n=474)

4 ENERGIEPARKPLÄTZE DER ZUKUNFT

Die vorliegende Studie zeigt, dass mit der Energiegewinnung auf bestehenden Großparkplätzen in Österreich ein Beitrag von 4,2 Twh Energie pro Jahr geleistet werden kann (Parkplätze > 600 m²; Potenzial in 3 m Höhe). Nicht mit berücksichtigt wurden aktuelle Entwicklungen zur Kombination von Straßenbelägen und Photovoltaik, da zum Untersuchungszeitpunkt keine zuverlässigen Kennzahlen verfügbar waren.

Aktuell beträgt der Beitrag der Photovoltaikenergie in Österreich insgesamt lediglich 0,9 Twh/a, was in etwa 0,9 % am Bruttoendenergiebedarf entspricht (Biermayr 2016, S. 7). Um den langfristigen Umstieg auf ein nachhaltiges Energiesystem mit 100 % erneuerbarer Energie erreichen zu können, muss der Beitrag der Photovoltaik zur Energiewende in den kommenden Jahren deutlich steigen.

Veigl (2015) berechnet den potenziellen Energiebedarf Österreichs mit insgesamt 164 Twh/a (2030) und 212 Twh/a (2050). Unter der Voraussetzung, dass die Energie zu diesen Berechnungszeitpunkten ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen stammt, beträgt der Beitrag der Photovoltaikenergie am Bruttoendenergieverbrauch dann 12,7 Twh/a (7,7 %; 2030) bzw. 30 Twh/a (14 %; 2050). Bei einer vollständigen Realisierung des Erwartungspotenzials würden ca. 33 % (2030) bzw. 14 % (2050) des Photovoltaikanteils am Bruttoendenergieverbrauch durch die Energiegewinnung auf versiegelten, urbanen Parkplätzen stattfinden (ungeachtet der Berücksichtigung neuer Entwicklungen wie bspw. PV-Beläge, bzw. neu entstehender Parkplatzflächen). Um das Ziel zu erreichen ist, bezogen auf 2015, bis 2030 die 11,4 fache und bis 2050 die 26,1 fache Photovoltaikleistung in Österreich zu installieren.

Fechner et al. (2016, S. 49) berechnen, dass die benötigten Flächen (~174 km²) durchaus auf Gebäuden (Dächer, Fassaden) bereitgestellt werden könnten. Eine intensive Nutzung der Dachlandschaften zur Energiegewinnung könnte sicherlich einen großen Beitrag leisten. Doch neben der Tatsache, dass aufgrund einer Erweiterung bestehender statischer Normen (ÖNORM B 1991-1, 2017) eine Vielzahl an theoretisch günstigen Dächern auf Gewerbe- und Industriehallen wegen statischer Probleme für eine Photovoltaikproduktion uninteressant wurden, zeigen sich bei Projekten auf urbanen Flachdächern steigende Nutzungskonkurrenzen zwischen der Energieproduktion, dem Naturschutz, Interessen das Stadtklima betreffend (UHI; Urban Heat Island) und der Lebensmittelproduktion (Urban gardening).

Neben der Nutzungskonkurrenz in den Dachlandschaften zeigen sich in den vergangenen Jahren vermehrt rechtliche Herausforderungen im Zusammenhang mit historisch sensiblen Gebieten (z. B. VGH Baden-Württemberg 2011; Bayerischer Verwaltungsgerichtshof 2015), die immer deutlicher die Grenzen des Entwicklungspotenzials der urbanen Photovoltaik aufzeigen.

Urbane Parkplatzflächen eignen sich zur Bewirtschaftung mit Photovoltaiküberdachungen aus mehreren Gründen: Einerseits weil die bereits versiegelte Fläche vorhanden ist und es keine zusätzliche Flächeninanspruchnahme benötigt. Andererseits aber auch, weil durch die energetische Nutzung mit Photovoltaik weitere Nutzungen auf ein und derselben Fläche möglich werden. So kann auf der bislang als Stellplatz genutzten Fläche, neben der zusätzlichen Energieproduktion, auch Komfort für Nutzerinnen und Nutzer entstehen. Im Sommer kann eine Photovoltaiküberdachung auf Parkplätzen die Nutzerinnen und Nutzer vor großer Hitze (z. B. in den Fahrzeugen) bzw. auch vor Niederschlägen schützen. Im Winter wird Schutz vor Schnee und Eis geboten und erspart somit Eiskratzen und Schneekehren bei tiefen Temperaturen. Aus Sicht des Betreibers könnten potenziell Kosten für Räumdienste (z. B. Schneeräumung) reduziert werden. Die Nutzung von Parkplätzen zur Energieproduktion zeigt daher aus verschiedenen Perspektiven ein großes Synergiepotenzial und schafft keine neuen räumlichen Nutzungskonkurrenzen.

4.1 Energieparkplätze als Beitrag zur Elektromobilität

Vor dem Hintergrund der Entwicklung eines lebendigen Marktes für Elektromobilität (BMLFUW und BMWFJ 2009), können lokale Energiedienstleistungen angeboten werden und so bspw. während eines Einkaufs, oder auch über Nacht Fahrzeug aufgeladen werden. Probst (2014, S. 10 f.) berechnet, dass 1 Mio. Elektrofahrzeuge mit einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km und einem durchschnittlichen Verbrauch von 0,2 kWh/km im Jahr in etwa 3 Twh Energie benötigen. Umgelegt auf das errechnete Erwartungspotenzial der vorliegenden Studie (4,2 Twh/a) könnte somit ein Äquivalent des Energiebedarfs von über 1,39 Mio. Elektrofahrzeuge auf Parkplätzen gewonnen werden. Insgesamt sind in Österreich derzeit 6,7 Mio. Kraftfahrzeuge unterwegs (Statistik Austria 2017). Vorausgesetzt, dass langfristig nur noch Elektrofahrzeuge unterwegs wären und sich die Gesamtanzahl durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr stabilisiert, entspräche das 20,7 % der Kraftfahrzeuge.

Systeme von Elektrotankstellen sind bereits im Umlauf und sollen in den kommenden Jahren deutlich ausgebaut werden. Allerdings werden die aktuellen Systeme häufig mit dem regulären Strommix (Mix aus konventionellen, erneuerbaren bzw. auch nuklearen Energieträgern) versorgt und schneiden daher in ihrer CO₂-Bilanz ungünstig ab.

4.2 Voraussetzungen für eine großräumige Entwicklung von Energieparkplätzen

Um großräumig Parkplätze in Energieparkplätze umzuwandeln bzw. auch neu entstehende Parkplätze nach dem Prinzip der Energieparkplätze zu entwickeln, benötigt es neben einer hohen lokalen sozialen Akzeptanz, auch gestaltungsorientierte Grundprinzipien die einen sensiblen Umgang mit dem Raum gewährleisten und Konzepte zur gleichberechtigten Nutzung der Parkplatzflächen zur Umweltkommunikation und/oder Energieernte.

Folgende grundlegende Aspekte können eine großräumige Umsetzung von Energieparkplätzen unterstützen:

4.2.1 Planung und Beteiligung

Das Betätigungsfeld der Energieparkplätze zeigt ein großes Potenzial zur inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit verschiedenster Fachdisziplinen (Stadtplanung, Landschaftsplanung, (Energie-)Raumplanung, Architektur etc.) und eröffnet neue Möglichkeiten für eine partizipativ orientierte Planung (Mitbestimmung und -gestaltung durch Bürger).

Da die untersuchten Parkplatzflächen ausschließlich in besiedelten Gebieten liegen, bietet sich neben der Miteinbeziehung der lokalen Bevölkerung in die Planungsstruktur auch eine finanzielle Beteiligung an Projektvorhaben an. Scherhauser et al. (2017) zeigt die Bedeutung einer gleichberechtigten Einbindung der lokalen Bevölkerung in die Entwicklung von Energieprojekten und sieht darin einen entscheidenden Schritt für eine lokale Akzeptanz und damit für eine potenzielle Realisierung.

4.2.2 Akzeptanz

Es gibt derzeit allerdings kaum Informationen darüber wie sich die lokale Bevölkerung eine Energiewende in ihrer direkten Umgebung, ihrem Wohn-, Arbeits- und Freizeitumfeld vorstellt. Die Entwicklung von Photovoltaikprojekten auf Parkplatzflächen soll keineswegs als eine bloße Überdachung vorhandener Flächen mit PV-Elementen verstanden werden.

Es jedoch ist unklar ob gestalterische Maßnahmen, technische Kennzahlen (z. B. Anlagenleistung), oder geplante vor Ort angebotene Energiedienstleistungen für eine erhöhte Akzeptanz entscheidend sind. Aktuell findet im Rahmen eines von der FFG und dem BMVIT geförderten Forschungsprogramms mit dem Titel „Synergiepotenziale zwischen Stadtplanungszielen und Photovoltaiknutzung auf Freiflächen“ (Syn[En]ergy 2017) eine Untersuchung der Bedeutung unterschiedlicher Aspekte in der lokalen Entwicklung von Photovoltaikanlagen auf urbanen Freiflächen statt. Der Fokus liegt hierbei neben den ökonomischen und technischen Potenzialen auch auf gestalterischen Aspekten zur synergieorientierten Nutzung urbaner Freiräume. Erste Ergebnisse werden Ende 2017 erwartet.

4.2.3 Gestaltung

Bisherige Transitionen von Parkplätzen in Energieparkplätze zeigen vielfach eine Lücke in ihrer Ausgestaltung und Raumadaption. Beruhend auf dem Prinzip der Energiemaximierung werden vornehmlich technische (Frei-)Räume mit wenig Verweilpotenzial geschaffen. Lediglich Designstudien gehen hier einen Schritt weiter und zeigen Mögliche Entwicklungen auf.

Die zukünftige Gestaltung von Energieparkplätzen soll (Frei-)Räume schaffen, die in der Lage sind mehr zu leisten, als bloß Energie zu produzieren und als Stellplatz zu fungieren, wobei selbst diese beiden Basissynergien bereits einen Erfolg darstellen.

Um Energieparkplätze qualitativ aufzuwerten können gestalterische Aspekte einen wesentlichen Beitrag leisten:

- **Höhe der PV-Überdachung:** Die Höhe einer PV-Überdachung soll sich sowohl an der Umgebung orientieren, als auch eine gewisse Mindesthöhe nicht unterschreiten. Als Mindesthöhe gilt ein Maß, indem Nutzerinnen und Nutzer sich nicht von der PV-Überdachung eingeeengt fühlen. Einer gefühlten Einengung könnte ein Zusammenspiel aus Höhe, Schattenwurf und Gestaltung der Unterseite entgegen wirken und so zu einer qualitativen Aufwertung führen.
- **Schattenwurf:** Abhängig von der Transparenz der PV-Module, dem Abstand der PV-Elemente auf den Modulen zueinander und der Dichte der Module (Anzahl/m²). Der Schattenwurf kann durch seine bewusste Gestaltung positiv zum Erleben einer Anlage beitragen und die Aufenthaltsqualität erhöhen.
- **Gestaltung der Unterseite der PV-Überdachung:** Es macht den Eindruck, dass bei vielen PV-Anlage auf Parkplätzen die Gestaltung an ihrer Unterseite aufzuhören scheint. Doch gerade die Unterseite der PV-Überdachung ist jener Bereich der möglicherweise von den Nutzerinnen und Nutzern besonders intensiv wahrgenommen wird und daher besonderer Aufmerksamkeit bedarf.
- **Materialwahl:** Die Materialwahl der Ständerkonstruktion kann entscheidend für die Wahrnehmung, die Wichtigkeit der Gesamtkonstruktion sein. Hierbei wird in vielen Fällen mit den Standardmaterialien (Stahl) gearbeitet. Um das der technischen Prägung einer PV-Überdachung entgegen zu wirken, könnten „weichere“ Materialien und Ständerkonstruktionen entscheidend sein.
- **Vegetation:** Vegetation und PV-Überdachungen müssen sich keineswegs untereinander ausschließen. Zu beachten ist, wo auf der Parkplatzfläche welche Vegetation sinnvoll ist. Höhere Gehölze an der Nordseite (NNW-NNO) eines Parkplatzes können einen positiven Beitrag zur Gesamtwahrnehmung einer PV-Anlage leisten und die Leistung der Anlage nicht beeinträchtigen. In den übrigen Bereichen kann sich die Vegetation an Lichtausparungen in der PV-Überdachung orientieren (bzw. umgekehrt). Neuere PV-Systeme können mit kleinräumiger Beschattung bereits intelligent umgehen, so dass bei einer Teilverschattung einzelner Module nicht das gesamte Modul in seiner Leistung gedrosselt wird.
- **Retention:** Da das auf den PV-Überdachungen auftreffende Regenwasser nicht, wie vom Parkplatz ablaufendes Regenwasser speziell gereinigt werden muss (ÖNORM B 2506-1, 2013; ÖNORM B

2506-2, 2012), sondern direkt weiterverwendet werden kann, sollten Energieparkplätze das auftreffende Regenwasser sammeln und damit umliegende Biotope versorgen können. Dies entlastet die örtlichen Kanäle und Kläranlagen.

- Biotopgestaltung: Eine weitere Möglichkeit die Fläche der Energieparkplätze aufzuwerten ist die bewusste Konzipierung von Trittsteinbiotopen für bestimmte Tierarten. Diese Biotope könnten an für die Photovoltaik ungünstigen Orten entstehen und einen Beitrag zum Naturschutz in urbanen Räumen leisten.

4.2.4 Bewusstseinsbildung

Urbane Parkplatzflächen unterscheiden sich in ihrer Form, Lage, Umgebung und Größe deutlich voneinander. Manche Parkplätze eignen sich daher besser zur Energieproduktion als andere. Doch auch Parkplätze mit einer geringeren Energieausbeute können einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energiewende leisten. So könnten beispielsweise energetisch wenig effiziente Parkplätze an neuralgischen Punkten, an Orten mit viel Personenaufkommen etc. als Bewusstseinsindikatoren fungieren. Hier könnten beispielsweise Energiedienstleistungen für die breite Masse angeboten werden (Handy-Aufladestationen, Getränkekühlung etc.). Auch könnten die Leistungen der Städte im Zusammenhang mit der Energiewende sichtbar kommuniziert werden (z. B. LED-Wände mit Themenschwerpunkten). Weiter könnte es so zu einem System an bewusstseinsbildungs- und energieeffizienzorientierten Anlagen in unterschiedlichen Stadtbereichen kommen. Um einen unkontrollierten „Wildwuchs“ an Anlagen des einen, oder des anderen Typs vorzubeugen, könnten Konzepte zur Eignungszonierung entstehen, die in Verbindung mit Förderinstrumenten eine Entwicklung steuern könnten.

4.2.5 Branchen

Die erstmalige Abschätzung der Relevanz einzelner Sparten und Branchen im Rahmen dieser Studie ermöglicht eine gezielte Ansprache einzelner Branchen zur Hebung des Erwartungspotenzials. Damit könnten Rahmenbedingungen zukünftig speziell auf Bedürfnisse, beispielsweise des Einzelhandels mit Lebensmittel, des Elektrohandels, oder des Handels mit Automobilen, abgestimmt werden. Existierende Förderprogramme könnten Nischen für bestimmte Branchen mit hohem Realisierungspotenzial entwickeln und die verantwortlichen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger direkt adressieren.

4.2.6 Verwaltung

Seitens der öffentlichen Verwaltungen könnten Leitfäden zum energieorientierten Umgang mit urbanen Parkplatzflächen entstehen und bestimmte grundlegende Aspekte zur Planungsvoraussetzung erhoben werden. So könnte die Vergabe finanzieller Unterstützungen zur Projektrealisierungen bspw. an trans- und interdisziplinär arbeitende Projektteams, Einbeziehung der Bevölkerung, Anteilsmöglichkeiten der Bevölkerung, besondere gestalterische Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten, Bereitstellung von bestimmten Energiedienstleistungen, Nutzung bestimmter Materialien, Mindestdurchlässigkeit von Sonnenlicht etc. geknüpft werden. Zusätzlich könnten mit der Realisierung des errechneten Erwartungspotenzials langfristige Entwicklungsstrategien (SmartCities, Energieregion, Vorzeigeregion, Nachhaltige Stadt etc.) in ihrer Außendarstellung unterstützt werden. Der Energiewandel könnte dadurch ein „Gesicht“ bekommen und die lokale Bevölkerung in ihrer Vorstellungskraft über zukünftige Entwicklungen unterstützen. Aus touristischer Sichtweise könnte dadurch auch die Positionierung als innovative, umweltfreundliche, erneuerbare Energien unterstützende und nachhaltige Stadt unterstützt werden und zusätzliche Besuchersegemente attraktivieren.

5 LITERATURVERZEICHNIS

- Austrian Standards. (2017): ÖNORM B 1991-1: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-1 und nationale Ergänzungen. Online verfügbar unter: https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/592218/OENORM_B_1991-1-1_2017_02_01.
- Bayerischer Verwaltungsgerichtshof. (2015): Beeinträchtigung des überlieferten Erscheinungsbilds eines Baudenkmals. Online verfügbar unter: <http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/Y-300-Z-BECKRS-B-2015-N-46412?hl=true&AspxAutoDetectCookieSupport=1>.
- Biermayr, P. (2016): „Erneuerbare Energie in Zahlen 2016: Entwicklung in Österreich auf Datenbasis 2015“. Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.



- BMLFUW, B. für L.F., Umwelt und Wasserwirtschaft und BMWFJ, B. für W., Familie und Jugend. (2009): „Energiesstrategie Österreich“. Online verfügbar unter: <http://www.energiesstrategie.at/initiative-ziele> [Zugegriffen am: Jänner 15, 2013].
- Brisson, A., Le Borgne, P., und Marsouin, A. (1999): „Development of algorithms for Surface Solar Irradiance retrieval at O&SI SAF Low and Mid Latitudes Presentation and content“. Météo France/SCM/CMS.
- Bundesamt für Naturschutz. (2012): „Energiewendungslandschaften - Kulturlandschaften der Zukunft? Workshop 1: Energiewende – Fluch und / oder Segen für unsere Landschaften?“ Online verfügbar unter: http://www.bfn.de/0610_energiewendungslandschaften-01.html.
- Bundesamt für Naturschutz und Technische Universität Berlin. (2013): „Energiewendungslandschaften - Kulturlandschaften der Zukunft? Workshop 2: Energiewende = Energiewendungslandschaft - Die Neugestaltung der Landschaft?“
- Chukwu, U.C. und Mahajan, S.M. (2014): „V2G parking lot with pv rooftop for capacity enhancement of a distribution system“. IEEE Transactions on Sustainable Energy 5(1):119–127.
- Dreier, T. (2000): Ganzheitliche Systemanalyse und Potenziale biogener Kraftstoffe L. für E. und A. T. U. M. IfE, Hrsg. Herrsching: E und M, Energie-und-Management-Verl.-Ges.
- European Environment Agency. (2012): „Copernicus Land Monitoring Service - Local Component: Urban Atlas“. Online verfügbar unter: <http://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/urban-atlas-mapping-guide>.
- European Photovoltaic Industry. (2014): „Global Market Outlook: for Photovoltaics 2014-2018“.
- Gautier, C., Diak, G., und Masse, S. (1980): „A Simple Physical Model to Estimate Incident Solar Radiation at the Surface from GOES Satellite Data“. Journal of Applied Meteorology 19(8):1005–1012.
- Genske, D.D., Jödecke, T., und Ruff, A. (2009): Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien ein Projekt des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Hrsg. Berlin: BMVBS [u.a.]. Online verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0093-SO0309R159> [Zugegriffen am: Juli 2, 2013].
- Geofabrik. (2016): „OpenStreetMap Data Extracts“. Online verfügbar unter: <http://download.geofabrik.de/> [Zugegriffen am: Juni 1, 2017].
- Heinrich-Böll-Stiftung, IASS, I. for A.S.S., BUND, B. für U.N.D., Le Monde diplomatique, und GLOBAL 2000. (2015): „Bodenatlas 2015 - Daten und Fakten über Acker, Land und Erde“. Bodenatlas No. 1, Online verfügbar unter: <https://www.global2000.at/bodenatlas2015> [Zugegriffen am: Februar 5, 2015].
- Hofierka, J. und Suri, M. (2002): „The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications“. In Proceedings of the Open source GIS-GRASS users conference. S. 51–70.
- Hunter, C. und Baldwin, J.G. (2013): „The Financial Viability of Solar Photovoltaic Canopies as Urban Climate Change Mitigation: An Analysis of the Potential Utilization of Public Space in Boston, Massachusetts“. Energy and Environment Research 3:p158.
- International Energy Agency. (2014): „Renewable energy“. Online verfügbar unter: <http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/> [Zugegriffen am: Februar 4, 2015].
- Kaltschmitt, M., Lippitsch, K., Müller, J., Reichert, S., Schulz, D., und Schwunk, S. (2013): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte M. Kaltschmitt, W. Streicher, und A. Wiese, Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-03249-3_6.
- Knoll Planung & Beratung. (2011): „Photovoltaik in der Landschaft - Steuerungsstrategie für Photovoltaik-Freiflächenanlagen aus der Sicht des Naturschutzes und der Raumordnung“.
- Naturschutzbund Deutschland und BSW-Solar. (2005): „Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen“. Online verfügbar unter: <http://imperia.verbandsnetz.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/nabu-kriterien-solarparks-2012.pdf>.
- Neumann, H.-M., Schär, D., und Baumgartner, F. (2012): „The potential of photovoltaic carports to cover the energy demand of road passenger transport“. Progress in Photovoltaics: Research and Applications 20(6):639–649.
- Peterseil, J., Wrška, T., Plutzer, C., Schmitzberger, I., Kiss, A., Szerencsits, E., Reiter, K., Schneider, W., Suppan, F., und Beissmann, H. (2004): „Evaluating the ecological sustainability of Austrian agricultural landscapes - the SINUS approach“. Land Use Policy 21(3):307–320.
- Photovoltaik Austria. (2014): „Daten & Fakten“. Kernbotschaften. Online verfügbar unter: <http://www.pvaustria.at/daten-fakten/> [Zugegriffen am: Februar 4, 2015].
- Probst, A. (2014): Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung. Monographie. Stuttgart: Universität Stuttgart. Online verfügbar unter: http://www.uni-stuttgart.de/ieh/forschung/dissertationen/Diss_Probst.pdf.
- Scherhauer, P., Höltinger, S., Salak, B., Schuppenlehner, T., und Schmidt, J. (2017): „Linking patterns of acceptance and non-acceptance with the claims of environmental justice: A case study on wind energy expansion in Austria“. Energy Policy (accepted).
- Serrano-Luján, L., García-Valverde, R., Espinosa, N., García-Cascales, M.S., Sánchez-Lozano, J.M., und Urbina, A. (2015): „Environmental benefits of parking-integrated photovoltaics: A 222 kWp experience“. Progress in Photovoltaics: Research and Applications 23(2):253–264.
- Stadt Wien, M. der S.W., Magistrat 20-Energieplanung. (2013): „Photovoltaik- und Solarwärme-Anlagen auf Freiflächen“. Online verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/publikationen/#studien> [Zugegriffen am: Jänner 14, 2015].
- Statistik Austria, B.S.Ö. (2017): „Kraftfahrzeuge - Bestand“. Online verfügbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html [Zugegriffen am: Juni 12, 2017].
- Strauss, D., Fehr, R., und Cain, A. (2009): „Vehicle Surfaces: A Parking Lot PV Solar Energy Power Generation System“. Online verfügbar unter: <http://papers.sae.org/2009-01-2870/> [Zugegriffen am: Jänner 12, 2015].
- Syn[En]ergy. (2017): „Syn[En]ergy – Synergiepotenziale zwischen Stadtplanungszielen und Photovoltaiknutzung auf Freiflächen“. Online verfügbar unter: <http://synenergy.boku.ac.at/> [Zugegriffen am: Juni 13, 2017].

- Tulpule, P.J., Marano, V., Yurkovich, S., und Rizzoni, G. (2013): „Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station“. Applied Energy 108:323–332.
- Veigl, A. (2015): „Energiezukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050“. No. 1, Online verfügbar unter: http://www.wwf.at/de/view/files/download/showDownload/?tool=12&feld=download&sprach_connect=2970.
- VGH Baden-Württemberg. (2011): Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes einer als Kulturdenkmal geschützten Kirche durch Photovoltaikanlage; Bedeutung des Klimaschutzes als Staatsziel; kirchliches Selbstbestimmungsrecht und Glaubensfreiheit. Online verfügbar unter: <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&docid=MWRE110002944&psml=bsbawueprod.psml&max=true&doc.part=L&doc.norm=all> [Zugegriffen am: Mai 19, 2016].
- Wirtschaftskammer Österreich. (2016): „Branchenbuch österreichischer Unternehmen: WKO - Firmen A-Z“. Online verfügbar unter: <https://firmen.wko.at/Web/SearchComplex.aspx> [Zugegriffen am: Juni 9, 2017].

