



Fraunhofer

ISE

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENEGIESYSTEME, ISE

AP 2.1.5.1 - MACHBARKEITSSTUDIE ZU PV-SYSTEMEN ÜBER ÖFFENTLICHEN WEGEN UND PLÄTZEN

FHG-SK: ISE-INTERNAL

MACHBARKEITSSTUDIE

PV-SYSTEME ÜBER ÖFFENTLICHEN WEGEN UND PLÄTZEN IM NEUEN PFAFF AREAL DER STADT KAISERSLAUTERN

Johannes Wüllner

Martin Meyer

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE
in Freiburg.

Kontakt:

Dr. Nils Reiners

Gruppe Angewandte Speichersysteme

Abteilung Elektrische Energiespeicher

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstraße 2 | 79110 Freiburg

Telefon + 49 7611 4588-5281

nils.reiners@ise.fraunhofer.de | www.ise.fraunhofer.de

Inhalt

1	Aufgabe und Zielsetzung	4
1.1	Aufgabe.....	4
1.2	Zielsetzung.....	4
2	Grundsätzliches	6
2.1	Vorteile für PV im öffentlichen Raum	6
2.2	Herausforderungen	6
2.2.1	Diebstahl/Vandalismus	6
2.2.2	Versicherungsschutz/Haftung.....	6
2.2.3	Blendwirkung.....	7
3	Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers	8
3.1	Integration in die Grünflächen (Pfaff- und Rückhaltepark).....	9
3.1.1	Beleuchtungskonzept.....	10
3.1.2	Parkmobiliar.....	10
3.1.3	Künstlerisch	11
3.1.4	Spielplatz	13
3.1.5	Überdachung für die Sportanlagen des Rückhalteparks.....	13
3.1.6	Hang am Pfaff-Park.....	14
3.2	Integration in die Infrastruktur	15
3.2.1	Überdachung von Fußwegen oder Plätzen	15
3.2.1.1	Umsetzungsmöglichkeiten.....	16
3.2.1.2	Private, öffentliche und halböffentliche Flächen.....	16
3.2.1.3	Anforderungen an eine Fußweg-Überdachung in Gebäudehöhe	16
3.2.1.4	Abschätzung der realisierbaren PV-Leistung im Pfaff Quartier.....	18
3.2.2	Mobilitätsstationen	19
3.2.2.1	Energetisches Potential.....	20
3.2.2.2	Demonstrator PV-Überdachung für E-Mobil-Ladestation am Reallabor-Zentrum	21
3.2.3	Infrastruktureinrichtungen	23
3.2.3.1	Technische Anforderungen an die Umsetzung.....	26
3.2.4	Solarstraße.....	26
3.2.4.1	Szenario „minimaler Demonstrator“	26
3.2.4.2	Szenario „maximaler Ertrag“	27
3.2.5	Lärmschutzwand zur Bahnstrecke	28
3.2.6	PV-Überdachung für Gastronomien	29
3.2.7	Weitere PV-Anwendungen.....	29
4	Fazit.....	31
5	Quellen.....	32

1 Aufgabe und Zielsetzung

1.1 Aufgabe

Die vorliegende Machbarkeitsstudie wurde im Rahmen des Verbundvorhabens „EnStadt Pfaff“ erstellt, bei dem Konzepte für zukünftige klimaneutrale Quartiere auf dem ehemaligen Fabrikgelände der Firma Pfaff in Kaiserslautern erforscht und entwickelt werden. Das neu zu erschließende Pfaff-Quartier fungiert dabei als Reallabor und soll zu einem klimaneutralen Wohn-, Gewerbe- und Technologiequartier konzipiert werden.

Mit der Machbarkeitsstudie „PV-Systeme über öffentlichen Wegen und Plätzen“ sollen Stakeholdern der Stadt Kaiserslautern Möglichkeiten aufgezeigt werden, den öffentlichen Raum zur nachhaltigen Energieproduktion durch Photovoltaik (PV) zu nutzen. Gerade PV bietet in Gebieten mit hohen Gebäuden- und Nutzungsdichten ein Potential zur Energiegewinnung wie keine andere nachhaltige Energietechnologie. Ein Ausbau im öffentlichen Raum ist umweltfreundlich, kann zur lokalen Wertschöpfung beitragen und bietet je nach Umsetzung auch ökonomische Vorteile.

1.2 Zielsetzung

Die in der Studie aufgeführten Empfehlungen beziehen sich zumeist auf einen konkreten Standortvorschlag für das Pfaff-Quartier. In abgeschlossener Form soll die Machbarkeitsstudie allerdings nicht nur auf das Pfaff Quartier anwendbar sein, sondern auch für andere Kommunen eine Hilfestellung bieten, Photovoltaik im öffentlichen Raum zu maximieren.

Vorschläge für PV-Systeme sollten möglichst so getätigt werden, dass bei Implementierung ein doppelter Nutzen generiert wird. Neben der einwandfreien technischen Funktionalität und der damit verbundenen Energieproduktion, sollte auch immer auf eine gute Sichtbarkeit mit dem Ziel einer erhöhten Wahrnehmung geachtet werden. Zudem müssen die Umsetzungen gemäß den Vorgaben des Gestaltungshandbuches gestaltet werden. Dadurch soll eine sinnvolle Integration in das Stadtbild gelingen und eine Akzeptanz unter den Entscheidungsträgern und den Nutzern des Quartiers erreicht werden.

Da im Reallabor Pfaff-Quartier auch innovative Technologien erforscht und optimiert werden, wurden mögliche Pilotprojekte vorgeschlagen, deren Umsetzung in zukünftigen klimaneutralen Quartieren als wahrscheinlich eingeschätzt wird. Dabei werden die sich neu ergebenden technischen und (bau-)rechtlichen Herausforderungen thematisiert.

Im Laufe des Projekts wurde zudem seitens anderer Arbeitsgruppen festgestellt, dass die im Quartier vorhandenen Dachflächen weder für die gewünschte Stromerzeugung mit Photovoltaik noch für die angestrebte Wärmeerzeugung durch Solarthermie ausreichen. Es wurden in diesem Arbeitspaket deshalb auch optimistische, jedoch prinzipiell realisierbare Vorschläge unterbreitet, mit denen die installierte PV-Leistung im Quartier signifikant erhöht werden könnte, ohne dabei in direkter Konkurrenz zur Solarthermie auf den Dächern zu stehen.

Vorschläge für die Nutzung von öffentlichen Dachflächen mit PV-Anlagen sind nicht Teil dieser Studie. Die Notwendigkeit von PV-Aufdachanlagen sowie die Möglichkeit

mit diesen unter üblichen Rahmenbedingungen einen zusätzlichen Beitrag zur Energieversorgung zu generieren sind hinlänglich bekannt und werden zudem in einem anderen Arbeitspaket thematisiert.

.....
Aufgabe und Zielsetzung
.....

2 Grundsätzliches

2.1 Vorteile für PV im öffentlichen Raum

Für den Ausbau von PV-Systemen durch die öffentliche Hand gibt es eine Vielzahl an Argumenten:

- Sauberer Energiegewinnung in der eigenen Stadt: Es entstehen weder Lärm noch Abgase oder Abfälle.
- Klimafreundlich: Es kann ein Beitrag zu den eigenen Klimazielen geleistet werden.
- Lokale Wertschöpfungsmöglichkeit: Installation und Instandhaltung der PV-Systeme kann beispielsweise an lokale Handwerker vergeben werden.
- Zukunftsträchtige Investition: PV ist wichtiger Bestandteil der zukünftigen Energieversorgung.
- Vorbildfunktion: Nachhaltiges Handeln wird den Bewohnern „vorgelebt“.
- Image: Durch die Außenwirkung entsteht ein Prestigegewinn.
- Betriebswirtschaftlichkeit: Je nach Art der PV-Installation kann auch der öffentliche Haushalt davon profitieren.

2.2 Herausforderungen

2.2.1 Diebstahl/Vandalismus

Da der öffentliche Raum für jeden Menschen frei zugänglich ist, sind die sich dort befindlichen PV-Installationen besonders anfällig für Diebstahl und Vandalismus. Die Installationen sollten deshalb vorbeugend so gestaltet werden, dass eine mutwillige Beschädigung oder Mitnahme der PV-Systemkomponenten erschwert wird. Um die verwendeten Module vor Diebstahl zu schützen bieten sich zum einen mechanische Sicherungen an, welche den Demontageaufwand erhöhen, zum anderen eine individuelle Kennzeichnung der Module, durch die der Weiterverkauf erschwert wird. Als Vandalismusschutz sollte vor allem bei Modulen in geringer Höhe ein ausreichend dickes gehärtetes Solarglas verwendet werden. Bei einem hohen Vorkommen von Vandalismus oder Diebstahl könnten die Module auch höher als eigentlich notwendig montiert werden.

2.2.2 Versicherungsschutz/Haftung

Bei PV-Installationen empfiehlt es sich eine Betreiberhaftpflicht abzuschließen, welche Personen- Sach- und Einleitungsschäden gegenüber Dritten abdeckt. Vor allem bei Umsetzungen mit innovativem Charakter, welche noch nicht kommerziell vertrieben werden (Solarstraße, PV-Überdachung in Höhe der Traufe), sollte auf diese nicht verzichtet werden.

Mit einer Allgefahrenversicherung lassen sich nach dem Prinzip der Vollkaskoversicherung die PV-Komponenten gegen alle äußeren Umwelteinflüsse, die zu Schäden führen können, versichern. In der Regel beinhaltet dies auch Vandalismus und Diebstahl.

2.2.3 Blendwirkung

PV-Module werden mit einem Antireflexionsglas oder einer Antireflexionsschicht ausgestattet, welche dafür sorgt, dass ein geringerer Anteil der auftreffenden Sonnenstrahlung reflektiert wird. Neben einem höheren Wirkungsgrad wird dadurch auch die Blendwirkung der Module verringert. Allerdings kann die Reflexion nicht vollständig verhindert werden, wodurch ein geringer reflektierter Strahlungsanteil zu einer Blendung führen kann. Bei kleineren PV-Installationen stellt dies in der Praxis kein Problem dar. Bei Projektierung größerer PV-Anlagen in der Nähe von Straßen oder Schienen wird die Blendwirkung i. d. R. von den Planern bzw. Solarteuren berücksichtigt. Um einer Blendung entgegen zu wirken gibt es mehrere Ansatzpunkte. Zum einen können Ausrichtung und Aufstellwinkel der Module angepasst, zum anderen hochwertigere Module mit einer geringeren Reflexionswirkung verwendet werden. Zudem existieren auf dem Markt Module, welche speziell darauf konzipiert sind eine Blendung auszuschließen.

3 Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers

Für mögliche PV-Systeme im öffentlichen Raum des Pfaff-Quartiers wurden zunächst anhand des ersten Beschlusses des städtebaulichen Rahmenplans Pfaff (02/2017) systematisch die zur Verfügung stehenden Flächen des öffentlichen Raums analysiert. (vgl. Abb. 1)

FLÄCHENBILANZEN

14%	● OFFENTLICHER FREIRAUM	25.952 m ²
13%	● OFFENTLICHE ERSCHLIESSUNG	23.367 m ²
73%	● NETTOBAULAND	130.446m ²
	● DAVON PRIVATE GRÜNFLÄCHEN	9.106 m ²

100%	BRUTTOFLÄCHE	179.765 m ²
	○ EXTERNE GRUNDSTÜCKE	30.136 m ²
	● BAHNBÖSCHUNG	



9

Abb. 1 Flächenbilanzen aus dem Rahmenplan (Stand 06.02.2017) der Stadt Kaiserslautern.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden anschließend für die jeweiligen Flächen konkrete Vorschläge erarbeitet, deren Standorte in der 1. Fortschreibung des Rahmenplans (Stand: 02/2018) gekennzeichnet und mit den Verantwortlichen diskutiert. (vgl. Abb. 2)

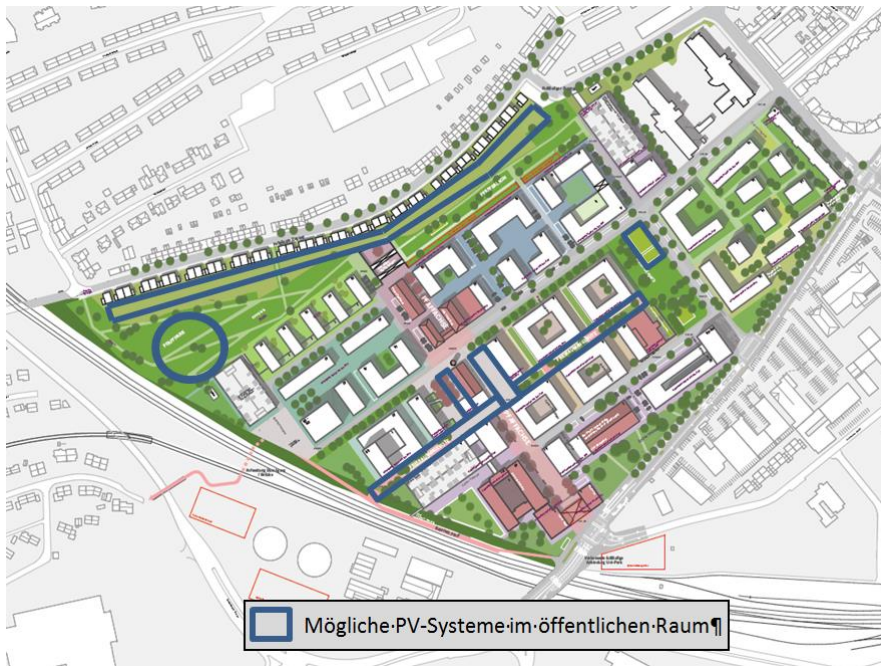


Abb. 2 Vorgeschlagene Flächen für die Installation von PV-Systemen. (Stand: 19.01.2018)

Im Folgenden werden die Vorschläge thematisiert, die sich im Pfaff-Quartier grundsätzlich umsetzen lassen würden. Hierbei handelt es sich um einen Ideenkatalog, welcher das vorhandene technische Potential im Quartier aufzeigen soll.

3.1 Integration in die Grünflächen (Pfaff- und Rückhaltepark)

Pfaff- und Rückhaltepark bieten eine Vielzahl von Möglichkeiten Photovoltaik sinnvoll und gut sichtbar in den öffentlichen Raum einzubinden. Die konkrete Gestaltung der Parkflächen erfolgt anhand eines landschaftsplanerischen Ideenwettbewerbs. Für die Machbarkeitsstudie wurde deswegen für den Pfaffpark eine beispielhafte Gestaltung erstellt. (vgl. Abb. 3)

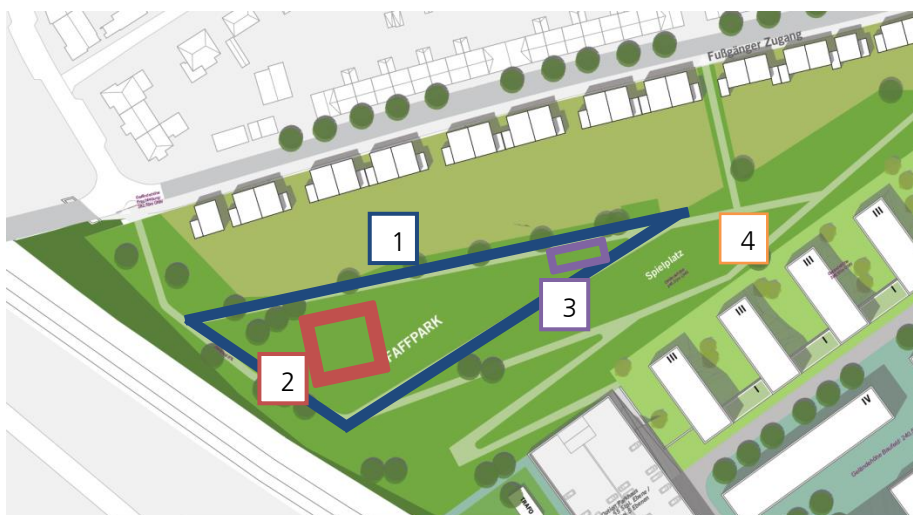


Abb. 3 Farbige Kennzeichnung möglicher Standorte für mit PV integrierter Parkeinrichtungen im Pfaffpark.

- 1) Beleuchtungskonzept
- 2) Parkmobiliar
- 3) Kunst
- 4) Spielplatz

3.1.1 Beleuchtungskonzept

Für die Beleuchtung der Fußwege könnten autark versorgte Solarleuchten verwendet werden, die unabhängig von der Jahreszeit genügend Licht spenden. Die Module sind frostsicher und deren senkrechte Integration sorgt für das Abrutschen von Schnee. Durch eine ausreichende Sonneneinstrahlung und die entsprechende Dimensionierung des internen Akkus wird kein Netzanschluss benötigt und aufwendige Bereitstellung von elektrischer Infrastruktur im Park sowie Stromkosten entfallen.

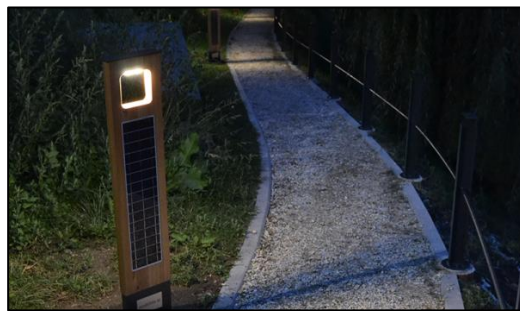


Abb. 4 Beispiel für eine architektonisch ansprechende Umsetzung einer Solarleuchte mit Verwendung von Lärchenholz. [1]



Abb. 5 Umsetzung in der Gemeinde St. Andrä zur Beleuchtung einer Teichanlage. [1]

Bei einer Installation der Beleuchtung auf denen im Rahmenplan beispielhaft gekennzeichneten Wegen würde sich bei einem Abstand der Leuchten von 10 Metern folgende PV-Leistung realisieren lassen:

PV-Leistung/Leuchte (Wp)	Anzahl	Gesamtleistung (Wp)
15	35	525

Tabelle 1 Beispielhafte Dimensionierung eines solaren Beleuchtungskonzeptes für den Pfaffpark.

3.1.2 Parkmobiliar

Eine Einbindung von PV in das Parkmobiliar könnte Strom für mobile Endgeräte, wie Laptop, Tablet oder Handy, für Parkbesucher bereitstellen. Bänke und Tische könnten beispielsweise mit PV überdacht werden, die in Kombination mit einem Batteriespeicher Energie für die elektronischen Geräte liefern. (vgl. Abb. 6) Die Solarüberdachung würde dabei gleichzeitig als Sonnen- und Regenschutz fungieren. Auch eine direkte Integration von Photovoltaik in einzelne Bänke oder Tische wäre denkbar. (vgl. Abb. 7 und Abb. 8). Eine enge Abstimmung mit dem lokalen Energieversorger ist zu empfehlen. Erfolgt ein Netzanschluss sollte geprüft werden, ob die Möglichkeit besteht, ein Net-Metering-Konzept in Kooperation zwischen Stadt und Energieversorgungsunternehmen (EVU) zu realisieren. Beim Net-Metering handelt es sich um ein einfaches Vergütungsmodell für kleine PV-Anlagen, wobei dem

Prosumenten (hier bspw. Stadt KL) nur die Differenz aus Einspeisung und Bezug von dem EVU (hier bspw. SWK) in Rechnung gestellt wird. Net-Metering wird in einigen Ländern schon praktiziert, allerdings nicht in Deutschland. Ein solches Projekt könnte eine Leuchtturmfunktion für den EVU und eine erhöhte Wirtschaftlichkeit für den Betreiber bedeuten.

 Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers



Abb. 6 Beispiel für eine Solarüberdachung mit einer Leistung von 500 W. [2]



Abb. 7 Tisch der Firma Out-Sider mit integrierter PV. Neben dem Aufladen elektronischer Geräte kann auch W-Lan bereitgestellt werden. [3]



Abb. 8 Parkbank mit integrierter PV, die eine netzunabhängige LED-Beleuchtung und USB-Aufladen ermöglicht. [3]

3.1.3 Künstlerisch

Um das Bewusstsein für Erneuerbare Energien zu stärken und dabei gleichzeitig zu zeigen, dass Photovoltaik auch ästhetisch in das Stadtbild eingebunden werden kann, bietet sich ein Kunstprojekt mit integrierter Photovoltaik an. Damit würde für Photovoltaik in der Stadt geworben und der Eindruck eines nachhaltigen Quartiers vermittelt. Für solch ein Projekt könnten Universität und lokale Kunstszene mit eingebunden werden. Der Standort würde sich auch gleichzeitig für eine Aufklärung über die im Quartier installierte PV-Leistung und deren Beitrag zur eigenen Stromversorgung durch eine Infotafel eignen. Der beispielhafte Standortvorschlag (vgl. Abb. 3) wurde so gewählt, dass das Kunstobjekt noch an die von der SWK vorgeschlagenen Versorgungsleitungen angeschlossen werden kann und die Stromerträge somit ins Netz eingespeist werden könnten.

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers



Abb. 9 Smartflower (links) [4] und Sonnensegel in Münsingen (rechts) [5]. Die Smartflower verfügt über eine Leistung von 2,31 kWp und richtet ihre Sonnensegel entsprechend des aktuellen Sonnenstandes aus um den maximal möglichen Energieertrag zu erzielen.

Photovoltaik muss dabei nicht zwingend im Vordergrund stehen, sondern könnte durch deren vielfältige Gestaltungsmöglichkeit dezent in andere Werke eingebunden werden. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt „Solar Graffiti“ in Mexiko City, bei dem farbige organische PV-Module mit Street Art kombiniert wurden. (vgl. Abb. 10)



Abb. 10 Die in Street Art eingebundenen PV-Module liefern Strom für 15 LED- Lampen, welche die Parkfläche und das darauf befindliche Basketballfeld ausleuchten. [6]

Bei einer Errichtung einer Teichanlage oder eines Brunnens im Park könnte der Betrieb der Pumpe über integrierte Solarmodule erfolgen.

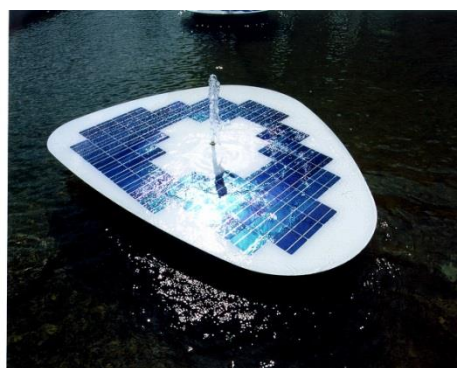


Abb. 11 Solarbrunnen der ggf. mit LED-Beleuchtung, Batterie und Bewegungssensor ausgestattet werden kann. [7]

3.1.4 Spielplatz

Eine dezente und ästhetische Einbindung von Photovoltaik in den Spielplatz bietet eine Möglichkeit das Thema Erneuerbare Energien mit Spaß und weniger Abstrakt an Kinder heranzutragen. Ein Beispiel dafür ist das Hüpfspiel „The Gamer“ (vgl. Abb. 12), welches aus neun begehbaren Solarplatten und einer kinetischen Platte besteht. Letztere dient der Aktivierung des durch LED-Lampen beleuchtenden Spielfeldes. Ein in der Nähe angebrachter Monitor visualisiert die erzeugte Solarenergie.



Abb. 12 The Gamer von der Firma Energy Floors. Jede der neun Solarplatten verfügt über eine Leistung von 35 Wp. [8]

3.1.5 Überdachung für die Sportanlagen des Rückhalteparks

Für den Rückhaltepark bietet sich eventuell noch eine zusätzliche Möglichkeit an. In Diskussion steht ob auf dem Rückhaltepark Freiluft-Sportplätze umgesetzt werden könnten. Werden für diese Überdachungen erwägt, sollte Photovoltaik auch hierbei berücksichtigt werden. Überdachte Sportplätze bieten wetterunabhängig ganzjährig gute Bedingungen um Sport an der frischen Luft zu betreiben. Die PV-Anlage könnte konventionell auf der Überdachung installiert werden oder selbst direkt als Überdachung fungieren. Bei letzterem könnte die Überdachung wieder mit transparenten PV-Modulen erfolgen, wobei die Module in eine bruchsichere Spezialverglasung eingebunden werden müssten. Die semitransparenten Glas-Glas Solarmodule spenden zwar ausreichend Schatten lassen aber gleichzeitig auch noch eine angenehme Menge an Tageslicht durch. In dem Rückhaltepark werden allerdings auch Bäume stehen, die für Verschattung sorgen könnten. Eine mögliche PV-Überdachung im Rückhaltepark müsste deswegen schon bei dessen Planung berücksichtigt werden. Nach einer ersten Einschätzung scheint die nordöstliche Ecke des Parks (vgl. Abb. 13) ein geeigneter Standort.

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers

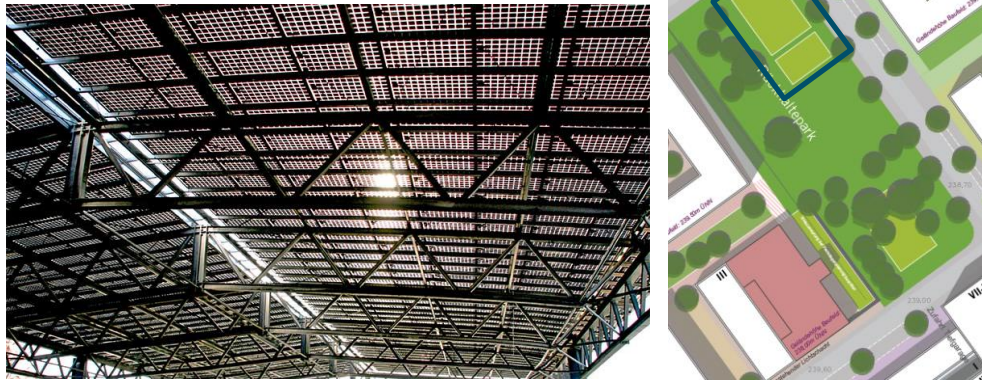


Abb. 13 Überdachung mit transparenten PV-Modulen (links). [9] Möglicher Standort von Freiluft-Sportanlagen im Rückhaltepark (rechts).

Die Überdachung der Sportanlagen bietet dabei folgendes energetisches Potential:

Transparenz Module (%)	PV- Leistung Module (Wp)	PV- überdachte Fläche (m ²)	Gesamtleistung (kWp)
19-32	130	640	83

Tabelle 2 Beispielhafte Dimensionierung einer PV-Überdachung für die im Rahmenplan eingezeichneten Sportflächen.

3.1.6 Hang am Pfaff-Park

Der Hang am Pfaff-Park würde sich durch seine Süd-Ausrichtung und Flächigkeit (ca. 460 m Länge, ca. 10 m Hanghöhe) gut eignen, um Photovoltaikmodule zu installieren. (vgl. Abb. 14) Aufgrund der relativ einfachen Baumaßnahmen und dem großen Erzeugungspotential ist mit einer guten Wirtschaftlichkeit der Maßnahme zu rechnen. Allerdings muss auch hier auf Lichtreflektionen sowie auf die Integration des Erscheinungsbildes im Pfaff-Park geachtet werden. Eine vollständige Belegung des Hangs ist sicherlich nicht empfehlenswert.



Abb. 14 Hangflächen im Norden des Pfaff Geländes.

3.2 Integration in die Infrastruktur

Einsatzmöglichkeiten für PV im
öffentlichen Raum am Beispiel des
Pfaff Quartiers

3.2.1 Überdachung von Fußwegen oder Plätzen

Mit Überdachungen von öffentlichen Wegen lässt sich durch deren Nutzung als Treffpunkt oder Sonnen- und Regenschutz die Aufenthaltsqualität im Quartier erhöhen. Durch die Verwendung von PV-Modulen als Dachfläche lässt sich dabei ein doppelter Nutzen erzielen.

Für PV-Überdachungen würden sich im Quartier vor allem die folgenden Fußwege anbieten:

- 1) entlang des Parkhauses.** Die Überdachung wäre nahe der Bahnhaltestelle und am Parkhaus. Dadurch könnte die Bereitschaft gesteigert werden sich ohne Auto durch das Quartier zu bewegen und das Quartier somit insgesamt autoärmer gestaltet werden
- 2) entlang des Reallabor-Zentrums, Quartiersmitte.** Zentraler Aufenthaltsplatz im Quartier, welcher an die Überdachung entlang des Parkhaus angebunden werden könnte.
- 3) zwischen Pfaffachse und Rückhaltepark.** Weiterführung der Überdachung entlang des Parkhauses, wodurch auch die Quartiersmitte und ein Teil des östlichen Quartiersbereichs mit in das Überdachungskonzept integriert und der fußläufige Zugang zum Reallaborzentrum verbessert wird. Die Überdachung könnte dabei allerdings nicht durchgängig verlaufen, da die Sicht entlang der Pfaffachse freigehalten werden soll.

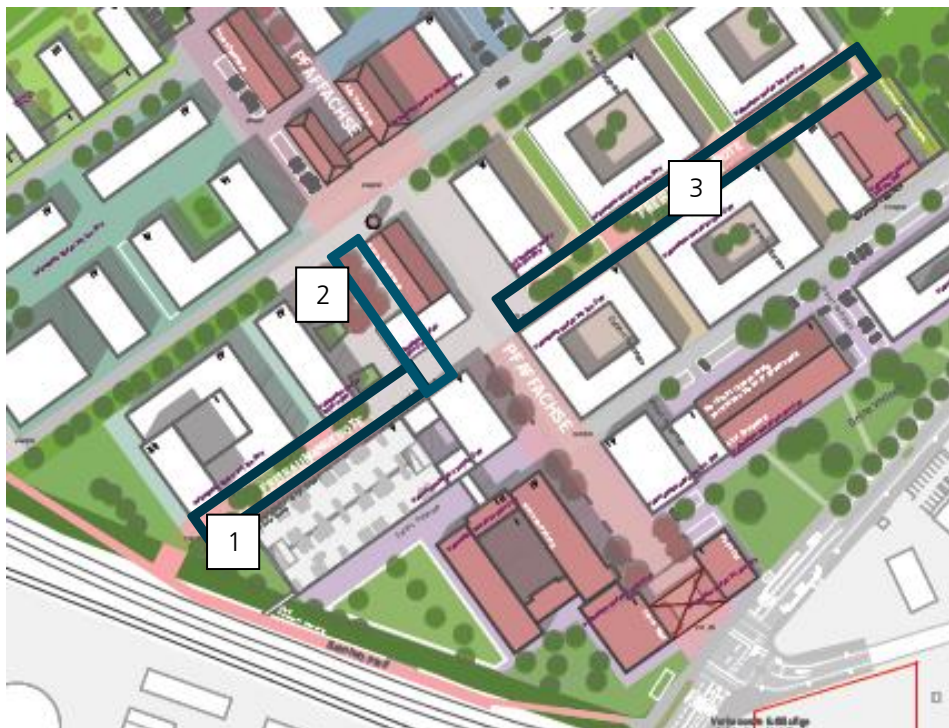


Abb. 15 Bereich möglicher PV-Fußwegüberdachung im Quartier

3.2.1.1 Umsetzungsmöglichkeiten

Die Überdachung könnte mit lichtdurchlässiger Photovoltaik (transparenten PV-Modulen) erfolgen. Diese spenden angenehmen Schatten und sind aufgrund freier Gestaltungsmöglichkeiten sowie durch das entstehende Zusammenspiel von Licht und Schatten auch architektonisch ansprechend. Die Module könnten entweder auf der vorhandenen Gebäudestruktur befestigt oder durch eine eigene moderne Konstruktion getragen werden. Erfolgt eine Umsetzung als Flachdachkonstruktion in gleicher Höhe der umgebenden Gebäude (vgl. Abb. 17), würden sich deutliche Verschattungsverluste vermeiden lassen. Dies würde sich vor allem für die Fußgängerwege entlang des Parkhauses und in Richtung des Rückhalteparks anbieten, da sich dort viele mehrstöckige Gebäude befinden, die bei einer niedrig angebrachten Aufständering für Verschattung sorgen würden. Für eine Überdachung entlang des Reallabor-Zentrums wäre auch eine weniger hohe Konstruktion aussichtsreich, wie sie vielerorts schon erfolgreich umgesetzt wurde. (vgl. Abb. 16 und Abb. 18). Der zentrale Platz neben dem Reallabor soll als Aufenthaltsort für die Quartiersbewohner dienen, eine Überdachung würde bei Niederschlag sowohl eine kurzfristige Unterstellmöglichkeit als auch einen längeren Aufenthalt ermöglichen. Zudem könnte hier eine gestalterische Anbindung an den dort geplanten Solar-Carport und eine Einbindung in die E-Ladestation erfolgen



Abb. 16 Beispiel für eine niedrig aufgeständerte PV-Fußweg-Überdachung. [10]



Abb. 17 Beispiel für eine Fußweg-Überdachung mit integrierter Photovoltaik in Gebäudehöhe und futuristischem Design. [11]

3.2.1.2 Private, öffentliche und halböffentliche Flächen

Die Bereiche zwischen Pfaffachse und Rückhaltepark sowie entlang des Parkhauses stellen baurechtlich einen Sonderfall dar. Hierbei handelt es sich um halböffentliche Räume, die zwar für die Allgemeinheit zugänglich sind, sich aber im privaten Besitz befinden. In diesen Bereichen müsste die PV-Überdachung über Auflagen in den Kaufverträgen festgelegt werden.

3.2.1.3 Anforderungen an eine Fußweg-Überdachung in Gebäudehöhe

Bei einer PV-Überdachung, die in Höhe der Dachtraufe angebracht ist, handelt es sich um eine innovative Lösung, die in Deutschland nach deutschem Baurecht in der Art

noch nicht umgesetzt wurde. Für eine konkrete Umsetzung müssen technische Lösungen erarbeitet und baurechtliche und brandschutztechnische Anforderungen geklärt und beachtet werden.

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers

Grundsätzliche technische Anforderungen:

An die Statik der Tragekonstruktion, welche die Standsicherheit der Überdachung gewährleisten muss, werden hohe Anforderungen gestellt. Auftretender Windsog und -schub sowie Schneelasten müssen ausreichend berücksichtigt werden. Als Bestandteil der Tragekonstruktion könnten neben Stelzen auch angrenzende Gebäude mit eingebunden werden (vgl. Abb. 17), wodurch sich die Statik der Konstruktion etwas vereinfachen würde. Zudem könnte ggf. auch die Entwässerungsführung der Überdachung in das Entwässerungssystem des Gebäudes integriert werden.

Eine weitere Möglichkeit wäre eine mittige Anbringung der Überdachung über dem Fußweg, mit einem festen Abstand zu den auf beiden Seiten bestehenden Gebäuden. Für das Ableiten von Regenwasser und Schnee sowie zur Nutzung des Selbstreinigungseffektes müsste die Überdachung mit einer leichten Neigung versehen werden. Die gesamte Konstruktion sollte so gestaltet werden, dass sämtliche Wartungsarbeiten von unterhalb der PV-Anlage durchgeführt werden können.

Baurechtliche Anforderungen:

Die Erfüllung baurechtlicher Anforderungen stellt bei einem solchen Projekt eine große Herausforderung dar. Die großflächige PV-Überdachung wäre genehmigungsbedürftig, wobei folgende Punkte eine Rolle spielen könnten:

1. Es müsste geprüft werden wie eine solche Überdachung sich auf Faktoren wie das nähere Umgebungsklima und die Luftqualität auswirkt. Wärme, die sich unter der Überdachung staut müsste abgeführt werden können und mögliche negative Auswirkungen auf darunter befindliche Flora und Fauna abgeschätzt werden.
2. Bauordnungsrechtlich sind Standsicherheit und Brandschutz nachzuweisen. Bauliche Anlagen dieser Größenordnung erfordern zudem Abstandsflächen und sind grundsätzlich auch nicht innerhalb der Abstandsflächen der angrenzenden Gebäude zulässig.
3. Die Fußwege sind generell als öffentliche Flächen für den Straßenverkehr gewidmet. Eine großflächige Überdachung wäre eine Sondernutzung, welche mit der Straßenverkehrsbehörde abgeklärt werden müsste.
4. Eine Überdachung dieser Größenordnung bedeutet zudem einen starken Eingriff in das Stadtbild. Im Vorfeld müsste abgeschätzt werden, ob eine solche Konstruktion von den Quartiersnutzern als positiv empfunden wird und welches Design für das Quartier geeignet wäre. Es bietet sich eine Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten (bspw. organische/transparente Module; vgl. Abb. 17 und Abb. 18).

Die Genehmigung wird vom Baurechtsamt erteilt, wobei im Einzelfall generell Abweichungen, Ausnahmen oder Befreiungen von baurechtlichen Anforderungen möglich sind.

Brandschutztechnische Anforderungen:

Bezüglich des Brandschutzes müsste die Projektierung in enger Abstimmung mit der lokalen Feuerwehr stattfinden. Auch hier müssen zentrale Kriterien erfüllt werden:

1. Das Rettungswegesystem der Gebäude müsste mit einer solchen Überdachung vereinbar sein.
2. Es müsste sichergestellt werden, dass das Feuer bei einem Gebäudebrand nicht auf die Überdachung überschlägt.
3. Die Entrauchung im Brandfall müsste trotz der Konstruktion gegeben sein.
4. Um Löscharbeiten durchführen zu können, müsste die PV-Anlage im Brandfall mit einer Abschaltlösung zuverlässig spannungsfrei geschaltet werden können.

3.2.1.4 Abschätzung der realisierbaren PV-Leistung im Pfaff Quartier

Bei der Verwendung von herkömmlichen transparenten Modulen und einer angenommenen Überdachungsbreite von 6 (Reallabor-Zentrum) bzw. 12 Metern (Parkhaus, Pfaffachse-Rückhaltepark) könnte prinzipiell folgende PV-Leistung installiert werden:

Transparente Module	
Transparenz (%)	Leistung (Wp)
19-32	130

Tabelle 3 Beispielhafte Leistungsdaten der PV-Module.

Position	Fußweg	überdachte (lxbxm ²)	Fläche	Leistung (kWp)
1	Parkhaus-Quartiersmitte	130*12		203
2	Reallabor-Zentrum	74*6		57
3	Pfaffachse- Rückhaltepark	166*12		258

Tabelle 4 Fußwegflächen und mögliche Gesamtleistung der PV-Überdachungen.

Damit könnte eine solare Überdachung der Fußwege einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung des Quartiers liefern, ohne dabei die im Quartier nutzbare Fläche einzuschränken.



 Einsatzmöglichkeiten für PV im
 öffentlichen Raum am Beispiel des
 Pfaff Quartiers

Abb. 18 Überdachung eines zentralen und vielfältig nutzbaren Platzes in Ludesch, als Beispiel dafür, wie die Fußweg-Überdachung entlang Reallabor-Zentrum umgesetzt werden könnte. [12]

3.2.2 Mobilitätsstationen

Für die zahlreichen im öffentlichen Raum vorgesehenen Mobilitätsstationen (vgl. Abb. 19) bieten sich wieder solare Überdachungen an. Grundsätzlich schützen Überdachungen die Fahrzeuge vor der Witterung, verringern im Sommer die Aufheizung im Inneren der Fahrzeuge und fungieren als Schutz vor Niederschlägen beim Ein- und Aussteigen der Nutzer.



Abb. 19 Vorschlag der AG Mobilität für die Verteilung der Mobilitätsstationen innerhalb des Quartiers (Stand: 26.04.2018).

Die solare Überdachung steht allerdings in Konkurrenz zu der fürs Quartier großflächig gewünschten Dachbegrünung, da Carports sich gut für eine Dachbegrünung eignen. Hier würde sich ein Kompromiss anbieten, bei dem Überdachungsflächen mit hohen Sonnenerträgen mit integrierter PV erfolgen und Überdachungsflächen mit geringer, aber für Pflanzen noch ausreichender Einstrahlung begrünt werden.

Die Überdachung kann mit lichtdurchlässigen (transparenten) (vgl. Abb. 20) oder konventionellen (vgl. Abb. 21) Modulen erfolgen. Transparente Module bieten einen zusätzlichen architektonischen Mehrwert, konventionelle Module hingegen stellen die betriebswirtschaftlich günstigere Lösung dar und verfügen über eine höhere Leistung.

3.2.2.1 Energetisches Potential

Für die Mobilitätsstationen gelten folgende Rahmenbedingungen:

Mobilitätsstationen	klein	mittel	mittel (2)	groß
Fläche (m ²)	104	229	201	142
Anzahl	5	2	1	2
für PV präferiert	2	1	1	1

Tabelle 5 Rahmendaten der Mobilitätsstationen und jeweilige Eignung für PV.

Bei einer Modulleistung von 130 W/m² (transparent) ließe sich bei einer Überdachung aller Mobilitätsstationen (Szenario „max.“) bzw. bei einer Überdachung der weniger von Verschattung betroffenen Mobilitätsstationen (Szenario „für PV präferiert“) folgende Leistung installieren:

Szenario	Leistung (kWp)
max (kWp)	190
präferiert (kWp)	101

Tabelle 6 PV-Gesamtleistung beider Szenarien.



Abb. 20 Außergewöhnliches Design: Überdachung mit bogenförmigen transparenten Modulen. [13]



Abb. 21 Konventionelle Solare Überdachung in Burghausen [14]. Die Stadt setzt mit der 258 kWp Anlage über dem Parkplatz den ersten Grundstein hin zur „Solarstadt“ und kalkuliert dabei mit einer Rendite zwischen 8 und 9 %.



Abb. 22 Beispiel für eine solare Überdachung einer Bushaltestellen.
[15]

3.2.2.2 Demonstrator PV-Überdachung für E-Mobil-Ladestation am Reallabor-Zentrum

Im Außenbereich des Reallabor-Zentrums soll eine E-Mobil-Ladestation mit PV-Überdachung für vier E-Autos und zwei E-Fahrräder realisiert werden (AP 2.1.5.3). Anhand dieses Projektes ließe sich demonstrieren wie PV-Überdachungen für Mobilitätsladestationen im Quartier optimal projektiert, gestaltet und umgesetzt werden könnten. Dabei generiertes Know-how würde sich auf die Realisierung bei anderen Mobilitätsstationen übertragen lassen.

Für den Außenbereich des Reallabor-Zentrums wurden möglichst gering verschattete und gebäudenaher Standorte mit hoher jährlicher Einstrahlung identifiziert. (vgl. Abb. 23)

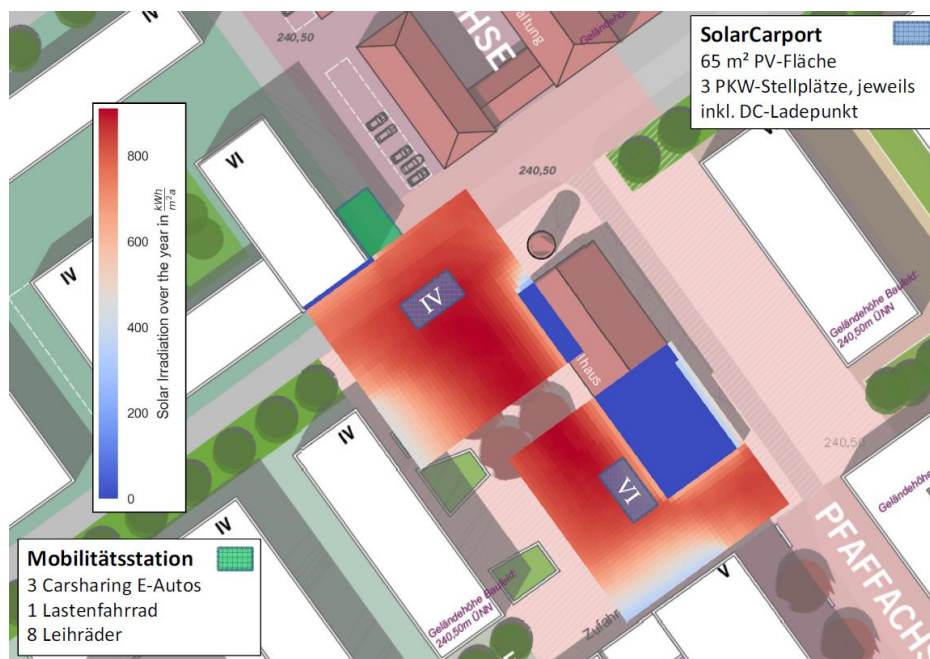


Abb. 23 Mögliche Standorte mit relativ hoher Einstrahlung für den Solarcarport.

Die gute Lage- und Anfahrtsmöglichkeiten sowie etwas besserer Einstrahlungswerte wären Vorteile der Variante IV, die direkte Nähe zum Besucherzentrum und die dortige hohe Sichtbarkeit sprechen für die Variante V.

Installierbare Leistung, Energieerträge und Erscheinungsbild variieren mit der Art und Weise wie der Solarcarport umgesetzt wird. Hierbei muss eine enge Zusammenarbeit mit der Stadt KL und der Arbeitsgruppe Mobilität erfolgen. Am gängigsten sind Umsetzungen, bei denen die PV-Module als Dachfläche fungieren. Das Dach wird dabei leicht geneigt um höhere PV-Erträge zu erzielen. Bei einer verfügbaren Fläche von 65 m² wären beispielsweise folgende Dimensionierungen denkbar:



PV-Anlage	transparent, dachintegriert	konventionell, dachintegriert
Modulleistung (Wp/m ²)	130	180
Neigung (°)	15	15
Ausrichtung	Süd-Ost	Süd-Ost
Beispielbild		
	Abb. 24 Solarcarport mit transparenten Modulen [16]	Abb. 25 Solarcarport mit konventionellen Modulen [16]
Gesamtleistung (kWp)	8,7	12

Tabelle 7 Beispiele für Solar Carports mit dachintegrierter Photovoltaik.

Auch eine nicht dachintegrierte Lösung, wie sie beispielsweise im Gestaltungshandbuch (Stand 02.07.2018, vgl. Abb. 27) skizziert wurde, ist prinzipiell möglich.


PV-Anlage	konventionell, mit Aufständering
Modulleistung (Wp/m ²)	180
Neigung (°)	15
Ausrichtung	Süd-Ost
Beispielbild	 
	Abb. 26 PV-Montagesystem Flachdach [17] Abb. 27 Beispiel für eine Mobilitätsstation mit PV-Anlage aus dem Gestaltungshandbuch (Stand 02.07.2018)
Gesamtleistung (10m ² /kWp)	6,5

Tabelle 8 Beispiel für eine aufgeständerte PV-Anlage für ein Carport mit Flachdach

Soll die Sichtbarkeit verringert werden, könnten die Module auch ohne Neigung als Dachfläche fungieren, allerdings würden sich dadurch auch die Energieerträge mindern.

Für ein modernes und ansprechendes Design bietet sich eine Variation Dachform an. (vgl. Abb. 28 und Abb. 29)

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers



Abb. 28 Bogenförmiger Solarcarport [18]



Abb. 29 Solarcarport mit Kurven für Ost-West-Ausrichtung [19]

3.2.3 Infrastruktureinrichtungen

Zuverlässige und oftmals betriebswirtschaftlich günstige Infrastruktureinrichtungen könnten mit netzunabhängigen (Off-Grid) PV-Systemen umgesetzt werden. Der durch integrierte Photovoltaik erzeugte Strom wird in Akkumulatoren zwischengespeichert, wodurch eine dauerhafte Stromversorgung sichergestellt wird und aufwendige Grabungsarbeiten für den Netzanschluss entfallen. Die Lösungen sind energieeffizient, verringern den CO₂-Ausstoß und tragen zu einem modernen technischen Stadtbild bei. Folgende Anwendungen wären denkbar:



Abb. 30 Solar betriebene Parkautomaten kommen in immer mehr Städten zum Einsatz. [20]



Abb. 31 Energieeffizienter Solar-Ticketautomat mit LED-Display, der die gleiche Funktionalität konventioneller Automaten bietet. [21]

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers



Abb. 32 Autonom solar betriebene Taxirufsäule in München. [5]

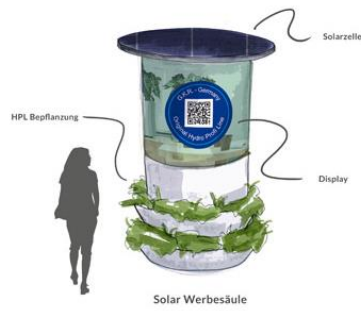


Abb. 34 Informationssäule mit Solarmodul und integrierter Begrünung. [22]



Abb. 33 Werbung im öffentlichen Raum mit solarer Beleuchtung. [1]



Abb. 35 Solare Straßenbeleuchtung. [1]



Abb. 36 Autarke Verkehrssignale. [23]



Abb. 37 Solarstromversorgte Bushaltestelle in Berlin. Die dadurch ermöglichte Beleuchtung lässt den Busfahrer wartende Personen nachts besser erkennen. [24]



Abb. 38 PV-Obelisk: Autonom oder hybrid mit Strom versorgte Informationssäule. [25]



ten für PV im
n am Beispiel des

Abb. 39 Mit buntem Graffiti auf Trafostation könnte für Photovoltaik und die Energiewende geworben werden [26]



Abb. 40 Mit Solarzellen versorgte Wetterstation. [27] Neben Temperatur- und Feuchtesensoren kann auch ein WLAN-Module für eine Übertragung der Daten betrieben werden.



Abb. 41 Einbindung in das Mobilitätskonzept: Die Elektrifizierung des Verkehrssektors führt dazu, dass verstärkt damit experimentiert wird PV direkt in Fahrzeuge zu integrieren. Dies könnte für ein innovatives Carsharing / Bikesharing interessant sein. Die Abbildung zeigt ein „Light-electric-Vehicle“. [28]



Abb. 42 Smart City tauglicher Solar Lichtmast der Firma Soluxio. [29]

3.2.3.1 Technische Anforderungen an die Umsetzung

Für alle Infrastruktureinrichtungen hat der permanente reibungslose Betrieb Priorität. Der Speicher muss ausreichend dimensioniert werden und die solare Einstrahlung für den jeweiligen Standort berücksichtigt werden, um den jeweiligen Verbrauch zu decken. Die Ausfallsicherheit muss für jedes Objekt im Einzelfall überprüft werden. Für besonders kritische Einrichtung bietet sich auch eine hybride Umsetzung an, bei denen Strom bei ungenügend zur Verfügung stehender Solarenergie durch einen Netzanschluss bereitgestellt wird.

3.2.4 Solarstraße

Mit Solarstraßen können versiegelte Flächen doppelt genutzt werden, als Verkehrsweg und zur nachhaltigen Energiegewinnung. Der erzeugte Solarstrom kann vor Ort gleich vielfältig genutzt werden. Beispielsweise zur Beheizung der Straßen, um ein Zufrieren zu vermeiden oder für eine LED-Beleuchtung, zur Verkehrsführung. Zukünftig ist auch ein induktives Laden von Elektrofahrzeugen während der Fahrt denkbar.



Abb. 43 In Pilotprojekten wird die Integration von Photovoltaik in öffentliche Plätze (rechts [30]), Straßen (links [31]) und Fahrradwege erprobt.

Solarstraßen wurden schon an einigen Orten umgesetzt, haben aber noch nicht vollständige Marktreife erlangt. Mit einem Pilotprojekt im Pfaff-Quartier könnte man sich an der Entwicklung der Solarstraßen von der Innovation hin zur kommerziellen Lösung beteiligen. Bestimmte Modelle erlauben zudem eine direkte Montage auf die vorhandene Wegfläche, wodurch auch eine Montage nach erfolgter Erschließung möglich ist.

Für die Umsetzung haben wir grundsätzlich zwei Szenarien gerechnet. Auf der einen Seite eine kleine Fläche, hierdurch wäre es möglich mit überschaubarem finanziellen Aufwand eine sehr innovative Lösung für PV im öffentlichen Raum zu präsentieren. Das zweite Szenario wäre eine Maximierung des möglichen Energieertrags aus der Photovoltaik im öffentlichen Raum wodurch der Beitrag zum klimaneutralen Quartier erhöht werden könnte.

3.2.4.1 Szenario „minimaler Demonstrator“

Für eine geringflächige Umsetzung bieten sich die zentralen Plätze rund um das Reallabor-Zentrum an. (vgl. Abb. 44).

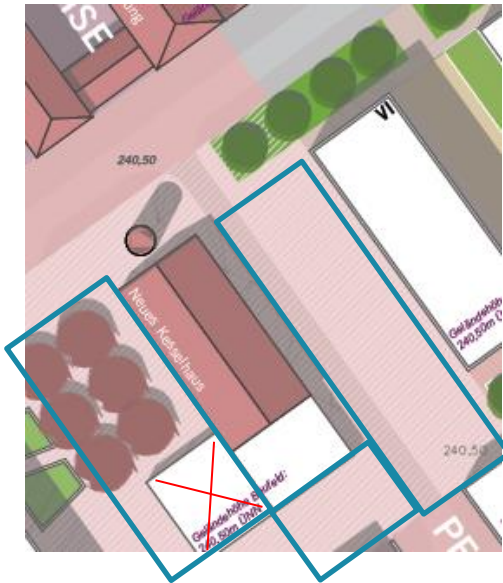


Abb. 44 Zentrale Plätze am Reallabor-Zentrum.

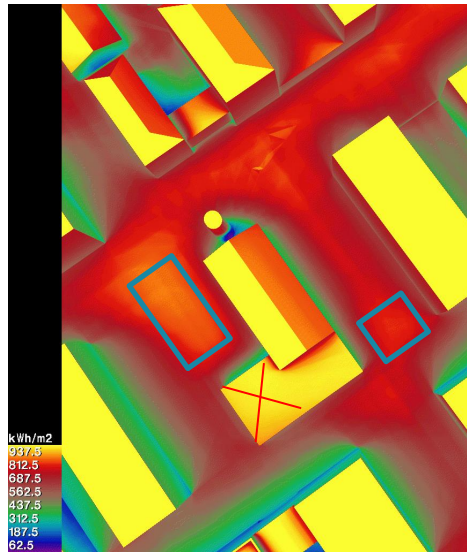


Abb. 45 Beispiel für energieoptimale Standorte.

 Einsatzmöglichkeiten für PV im
 öffentlichen Raum am Beispiel des
 Pfaff Quartiers

Für die Auswahl eines genauen Standortes müssen neben der Ertragsoptimierung (vgl. Abb. 45) noch weitere Rahmenbedingungen, wie die stimmige Einbindung und die konkrete Verwendung des Solarstroms berücksichtigt werden.

Ein solcher „minimaler Demonstrator“ würde keinen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung des Quartiers beitragen.

3.2.4.2 Szenario „maximaler Ertrag“

Bei einer großflächigen Dimensionierung, beispielsweise am Reallabor-Zentrum, bestände die Möglichkeit die Solarstraße in das Konzept der in 3.2.1 angeführten PV-Fußwegüberdachungen zu integrieren. (vgl. Abb. 46 und Abb. 47) Da eine Solarstraße den freien Blick entlang der Pfaffachse nicht behindern würde, wäre auch eine Überlagerung mit dieser annehmbar.

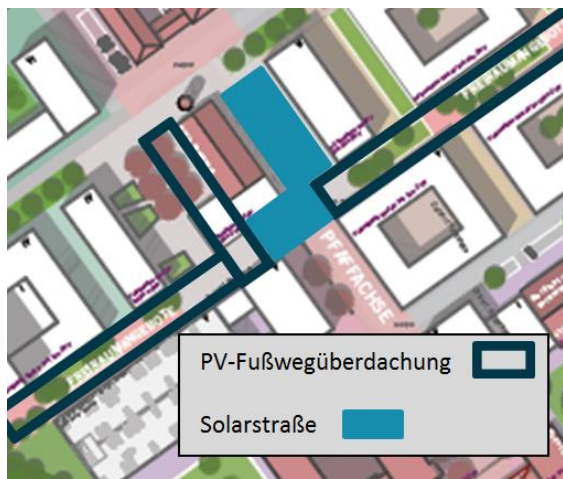


Abb. 46 Gestalterische Integration der Solarstraße in die möglichen PV-Fußwegüberdachungen.

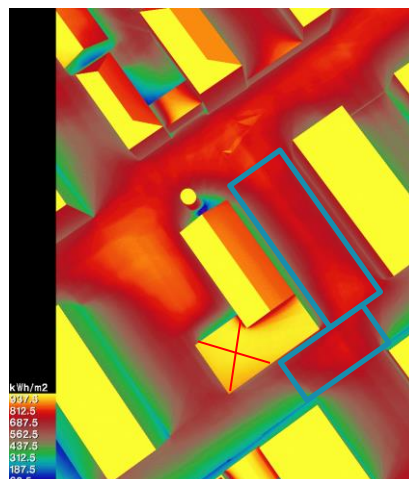


Abb. 47 Jährliche solare Einstrahlung auf die Fläche der Solarstraße des Szenario „maximaler Ertrag“.

Bei einer spezifischen Leistung der Solarstraße von 100 W würde sich für dieses Szenario „maximaler Ertrag“ folgende installierte Leistung ergeben:

Fläche (m ²)	Leistung (kWp)
1400	140

Tabelle 9 Flächenbedarf und Gesamtleistung einer groß dimensionierten Solarstraße am Reallabor-Zentrum

3.2.5 Lärmschutzwand zur Bahnstrecke

Eine Möglichkeit ist die Errichtung einer Lärmschutzwand mit Photovoltaikbelegung. (vgl. Abb. 48) Diese könnte an der südwestlichen Begrenzung des Pfaff-Quartiers zu den Bahnschienen entstehen. Über die komplette Strecke von der Königsstraße im Süden bis zum nördlich gelegenen „Auf dem Bännjerrück“ würde die Wand eine Länge von ca. 570 m umfassen. Mit einer Höhe von 3 m über dem Schienenbett könnte eine Lärmschutzwand aus Glas-Photovoltaikpanelen und einer Ausrichtung, die schätzungsweise von Süden abweichend 10° - 15° Richtung Westen zeigt, gute 300.000 kWh /a erzeugen. Dies würde einen erheblichen Beitrag zur Stromerzeugung im Quartier leisten. Allerdings können hier die Reflexionen des Schalls und des Lichts in Richtung der westlich gelegenen Karl-Pfaff-Siedlung ein Hemmnis darstellen und muss aus dem Grund bei der weiteren Planung berücksichtigt werden. Mit einem deutlich geringeren Erzeugungspotential könnte eine Lärmschutzwand aus schallabsorbierendem Beton geplant werden. Die Photovoltaikmodule würden auf der Mauerkrone im optimalen Winkel installiert werden. Der Beton würde den Schall der vorbeifahrenden Bahnen zu einem Großteil absorbieren und die Solarmodule würden keine starken Lichtreflexionen hervorrufen. Eine weitere Herausforderung zur konkreten Umsetzung dieses Vorschlags im Pfaff Quartier könnten die erhöhte Bahntrasse, die vorhandene Vegetation, der Schattenwurf ins Quartier und der Abstand zu den Gebäuden im Pfaff-Gelände darstellen.



Abb. 48 Lärmschutzwand mit integrierter Photovoltaik im oberbayrischen Neuötting. [32]

3.2.6 PV-Überdachung für Gastronomien

Auch bei Terrasse von möglichen Gastronomien könnte ein lichtdurchflutetes Photovoltaikdach integriert werden. (vgl. Abb. 49) Der Außenbereich der Gastronomie ließe sich damit wettergeschützte als Biergarten sowie ggf. als Veranstaltungsfläche nutzen. Bei privaten oder halböffentlichen Räumen würde sich eine Umsetzung wiederum etwas schwieriger gestalten und müsste über Kaufverträge gelöst werden.

Einsatzmöglichkeiten für PV im öffentlichen Raum am Beispiel des Pfaff Quartiers



Abb. 49 Beispiel für eine-Terrasse [12]

3.2.7 Weitere PV-Anwendungen

Im Folgenden werden weitere Möglichkeiten aufgeführt, für die im Pfaff-Quartier allerdings kein Bedarf besteht.



Abb. 50 Nutzung von Sonnenenergie für die Fortbewegung auf Gewässern. Beispielsweise bei Einsatz von Schiffen für den öffentlichen Personennahverkehr. Solarschiff „Thun“ (o. rechts [33]) und „MobiCat“ (u. links [34]). Am Steg angebrachte Photovoltaik kann netzunabhängig zusätzlichen Strom für die Batterien bereitstellen [35].

Einsatzmöglichkeiten für PV im
öffentlichen Raum am Beispiel des
Pfaff Quartiers



Abb. 51 Solarschranke ohne Netzanbindung, die ausfallsicher über das ganze Jahr betrieben werden kann. [13]

4 Fazit

Für die Integration von PV im öffentlichen Raum des Pfaff-Quartiers gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Die nutzbare Quartiersfläche wird dabei nicht verringert und oftmals lassen sich auch Synergieeffekte erzielen, die die Aufenthaltsqualität im Quartier erhöhen. Dass Photovoltaik zudem auch ästhetisch in das Stadtbild integriert werden kann, zeigen die in der Studie verwendeten Bilder von Umsetzungen in anderen Kommunen.

Im Vergleich zu PV-Aufdachanlagen bieten einige der Empfehlungen ein eher geringes energetisches Potential (bspw. Beleuchtung, Infrastruktureinrichtungen). Dennoch könnten diese in der Summe auch einen wichtigen Beitrag zum klimaneutralen Quartier liefern und oftmals kostenintensive Infrastrukturmaßnahmen ersetzen. Der große Vorteil liegt vor allen auch in der Außenwirkung. Durch viele, wenn auch kleinere, PV-Installationen würde man sich gut sichtbar als umweltbewusstes Quartier präsentieren.

Vor allem PV-Überdachungen bieten eine Möglichkeit auch größere Leistungen im Quartier zu installieren. Diese könnten dazu beitragen einen Flächennutzungskonflikt auf den Dächern zwischen Solarthermie, Photovoltaik und intensiver Dachbegrünung zu entschärfen. Insgesamt würden die vorgeschlagenen PV-Überdachungen mit ca. 518 kWp einen signifikanten Beitrag zu einem klimaneutralen Pfaff-Quartier leisten.

Die nächst höhere PV-Leistung im öffentlichen Raum des Quartiers ist durch Solarstraßen erreichbar. In einem beispielhaften Szenario wurden bei einer großflächigen Dimensionierung um das Reallabor-Zentrums 140 kWp erreicht.

Das größte Hemmnis für die tatsächliche Umsetzung der Empfehlungen stellt weniger die technische Machbarkeit, sondern eher die Finanzierung dar, da für die Realisierung im Pfaff Quartier kein Budget für solche Installationen vorgesehen wurde. Diese Studie fokussiert sich auf die technische Machbarkeit und soll als Unterstützung und Inspiration für die mögliche städtebauliche Planung dienen. Die Finanzierung und die Wirtschaftlichkeit solcher Vorhaben, sowie die Erarbeitung innovativer Geschäftsmodelle, werden im Zuge eines weiteren Arbeitspakets, dem AP 2.1.5.2. „Geschäftsmodelle für PV-System im öffentlichen Raum“ bearbeitet. Neben Vorschlägen für geeignete Besitzer/Betreiber/Nutzer Verträge und Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollen auch Finanzierungsmöglichkeiten vorgeschlagen und im Idealfall auch konkretisiert und möglicherweise in Teilen auch umgesetzt werden.

5 Quellen

References

1. Firma ecoliGhts SOLARE BELEUCHTUNG GmbH. Solare Beleuchtung. <http://www.ecolights.at/home/>.
2. Firma Sunbolt. Solares Parkmobiliar. <https://gosunbolt.com/contact/>.
3. Firma metsolar. Custom Solar Solutions. <https://metsolar.eu/>.
4. meinbezirk.at. Smartflower. <https://www.meinbezirk.at/guessing/wirtschaft/guessinger-solartechnik-firma-smartflower-ist-pleite-d2320753.html>.
5. Bundesamt für Energie BFE. Solarstrom in der Gemeinde.
6. #ENGIEHarmonyProject. Solar Graffiti. <https://harmonyproject.engie.com/en/projet/presents-solar-graffiti/#content>.
7. Firma RayPower. Solarbrunnen. <http://www.kopf-solardesign.com/portfolio-item/solarbrunnen/>.
8. Firma Energy Floors. The Gamer. <https://www.energy-floors.com/category/products/>.
9. Rudolf HÖRMANN GmbH & Co. KG. PV-Überdachung Sportanlage. <https://www.hoermann-photovoltaik.com/index.php/pv-anlage/referenzen>.
10. Firma WindGate AG. PV-Spezialprojekt in Geroldswil. http://www.windgate.ch/xml_1/internet/de/file/modul/news/html.cfm?config=3A2118F8-5056-8276-9C631A4DD61788AD&did=1&lid=1&lg=DE&userLG=DE&newsID=106&pid=1.
11. Post Fossil City Contest. PV-Fußweg-Überdachung futuristisch. <http://postfossil.city/en/finalists/photovoltaic-pergolas>.
12. Gemeinde Ludesch. PV-Überdachung Ludesch. http://www.pvdatabase.org/pdf/Broschuere_Ludesch.pdf.
13. KameleonSolar. PV-Überdachung für Fahrräder. <https://kameleonsolar.com/customization-options/>.
14. Wirtschaftsförderungsgesellschaft Burghausen mbH. Konventionelle PV-Überdachung Mobilitätsstation. https://www.burghausen.com/stadtmarketing/index.php?id=114&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=285&cHash=53f411a245a60679794a6c02aff7f678.
15. makeuseof.com. PV-Bushaltestelle. <https://www.makeuseof.com/tag/solar-energy-sustainable-4-problems-stop-solar-revolution-tracks/>.
16. bluetopsolar. Solar Carport konventionelle Module mit Neigung. <https://www.bluetopsolar.com/commercial-solar-parking/>.
17. archiproducts. Solar Carport mit Aufständerung konventionelle Module. https://www.archiproducts.com/de/produkte/ibc-solar/unterkonstruktion-fur-photovoltaikanlagen-ibc-topfix-200-delta-support_110550.
18. NYREER. Solar Carport Bogen. https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwiwq_DEm7rdAhWlb1AKHZe6D-cQjhx6BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.nyreer.com%2Fproject%2Fsolar-carport%2F&psig=AOvVaw3g2mudmv_CKvD6bWmeU03G&ust=1537004888984736.
19. OnTour Solar. Solar Carport kurvig. <https://www.e-mobility-solar.de/carport/>.
20. Firma WATTSTUNDE GmbH. Solarsysteme für Parkscheinautomaten und Verkehrstechnik. <https://www.wattstunde.de/leistungen/solar-inselanlagen.html>.
21. scon-marketing GmbH. Sonne speist Fahrkartenautomaten. <https://www.solaranlagen-portal.de/news/sonne-speist-fahrkartenautomaten.html>.
22. Firma LINEA FUTURA Handels GmbH. Litfaßsäulen / Lit columns. <https://floating-plants.com/litfassaeulen-lit-columns/>.
23. Firma Solar- und Haustechnik. Solar-LED-Blinklicht. <http://www.solartechnik-shop.de/Solarstrom/Solar-Lampen/Solar-Beleuchtung/Solar-LED-Blinklicht>.
24. ScienceBlogs. Bushaltestelle mit Solarstromversorgung. <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjD0tfx9ofcAhVEKuwKHfV8CeIqjB16BAgBEAQ&url=http%3A%2F%2Fscienceblogs.de%2Ffrischer-wind%2F2009%2F04%2F20%2Fbushaltestelle-mit-solarstromversorgung%2F&psig=AOvVaw1MftxFM7KcmRWAP8IBrv4H&ust=1530879015477713>.
25. Bundesamt für Energie. PV-Obelisk Orientierungssystem mit Photovoltaik. http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/36/023/36023852.pdf.
26. Badenova AG & Co. KG. Graffiti Projekte. <https://www.badenova.de/web/%C3%9Cber-uns/Engagement/Regional/Schule-Jugend/Projekte/Graffiti-Aktionen/index.jsp>.
27. Hans-Günter Kremser. Solarspeisung richtig dimensionieren. <https://www.elektroniknet.de/elektronik/power/solarspeisung-richtig-dimensionieren-141460.html>.
28. Firma Evovelo. Light-electric-Vehicle. <https://www.evovelo.com/en/index.php>.
29. Firma Soluxio. Smart City tauglicher Solar Lichtmast. <https://soluxio.lighting/de/projekte/>.
30. Egészség és Életmód. Az egészségünket is óvják az újrahasznosított anyagból készült térkövek. <http://www.ogyik.hu/az-egeszsegunket-is-ovjak-az-ujrahasznositott-anyagbol-keszult-terkovek>.
31. Amelia Heathman. Die erste Solar-Straße der Welt liegt in Frankreich. <https://www.wired.de/collection/science/die-erste-solar-strasse-der-welt-liegt-frankreich>.
32. R. KOHLHAUER GmbH. Ein echter Hingucker: Lärmschutz mit integrierter Photovoltaik. <https://www.kohlhauer.com/blog/tags/solar>.
33. Solarschiffthunersee GmbH. Solarschiff Thun. <https://jzz.ch/solarschiff-thun/>.

34. Schweiz Tourismus. Solarkatamaran auf dem Bielersee. <https://www.myswitzerland.com/de-de/solarkatamaran-auf-dem-bielersee.html>.
35. Firma Blue Isles PowerDocks. Solar Powered Docks. <https://www.blue-isles.com/power-docks>.

Quellen.....
.....