



© 2023 EnStadt:Pfaff

Vortragsreihe Reallaborzentrum 28.09.2023

Klimaneutrale Quartiere - Erfahrungen aus dem Leuchtturmprojekt EnStadt:Pfaff

Möglichkeiten der Solarenergienutzung in Kaiserslautern am Beispiel des Pfaff-Quartiers

B. Sc. Wirtschaftsingenieur: Bernd Möller
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Reallabor PFAFF

Credit: James

1. Das Projekt EnStadt:Pfaff

Das Projekt EnStadt:Pfaff

- Zielsetzung: Entwicklung, Demonstration, Optimierung innovativer Technologien und Konzepte für klimaneutrale Quartiere /
Entwicklung Pfaff-Quartier zum klimaneutralen Quartier
- Förderung des Bundes durch BMWi und BMBF
- ca. 28 Mio € Gesamtkosten, ca. 24 Mio € Förderung
- Laufzeit: Oktober 2017 – Juni 2024
- Anschlussvorhaben geplant
- 8 Partner, Projektleitung: Stadt KL, wiss. Leitung: Fraunhofer ISE



Bild: Astoc Mess

Das Projekt EnStadt:Pfaff

- **Konzeption als Reallabor:**

Alle Lösungen werden an den Bedürfnissen der Nutzer_innen und Bewohner_innen ausgerichtet mit dem Ziel, eine hohe Arbeits- und Lebensqualität zu erreichen.
[...]

- Arbeits- und Lebensraum Pfaff-Quartier:
Kreativität und Lebensqualität
- Gebäude: Architekturqualität und Energieproduktion
- Energie: Klimaneutralität und hohes Maß der Eigenversorgung
- Mobilität: Ressourcenschutz und Lebensqualität
- Digitalisierung: nutzerorientiert und zukunftsweisend
- Beteiligung und Bildung: Information und Transparenz



Bild: Astoc Mess

Arbeitspakete Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Arbeitspakete unter der Leitung des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement

1.1.2 Quartiersenergiekonzept

1.1.3 Mobilitätskonzept 2029

1.2.2 Digitaler regionaler Wertschöpfungsrechner

2.2.1 Maximierung der solar genutzten Gebäude- und öffentlichen Flächen

2.2.3 Sanierung denkmalgeschützter Gebäude

2.3.2 Innovative Mobilitätsangebote im Quartier

2.4.2 Aktives Quartier – Kooperationen durch Kommunikation / Vernetzung

sowie Mitarbeit in weiteren Arbeitspaketen



Reallabor PFAFF

Credit: Janessa

2. Photovoltaik in urbanen Quartieren

Photovoltaik in urbanen Quartieren

- **Über 75% der Bevölkerung leben weltweit in urban geprägten Gebieten**
 - Städte und Vororte gelten als Energiesenken
 - Flächen zur Erzeugung von EE stark begrenzt
- **Solarenergie entscheidender Vertreter der Erneuerbaren Energien in urbanen Quartieren**
 - Dach- und Gebäudeflächen bieten deutschlandweit **enormes Potenzial von 1.000 GW_p**
 - aktuell insgesamt installiert in Dtl. **ca. 67 GW_p**

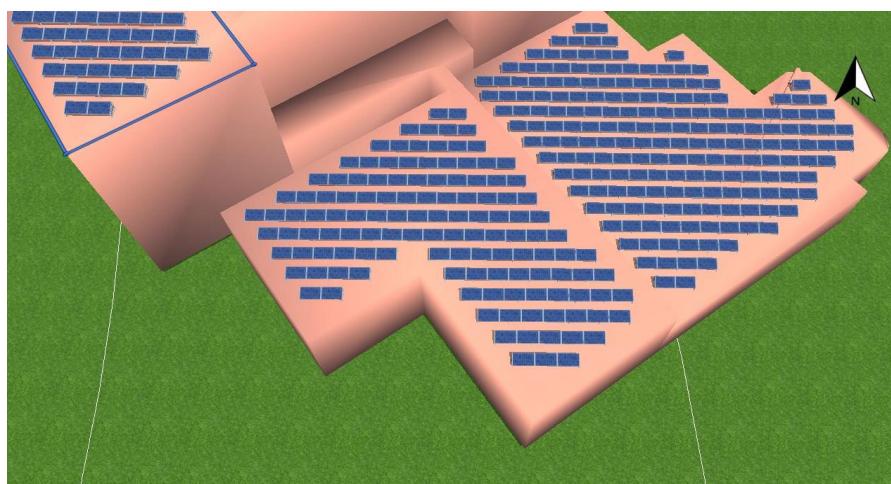


Photovoltaik – Auslegungsvarianten

- **Betrachtung unterschiedlicher Auslegungsvarianten**
 - **Arbeitsgrundlagen:**
 - Rahmenplanung
 - Städtebaulicher Entwurf
 - **Ziel: Maximierung solarer Erträge**
 - Betrachtung auf Objektebene
 - Optimale Auslegung der Photovoltaik-Anlagen
 - Höhenentwicklung und Verschattungsanalysen
 - Einfluss auf Gebäudeorientierung, Verkehrsachsen sowie Dachformen und –aufbauten
 - **Ergebnis: Ost-West-Aufständерung**
 - Ca. 70 % höhere Leistung
 - Ca. 55 % höherer Ertrag



Ost-West-Ausrichtung der Module



Südausrichtung der Module

Photovoltaik - Theoretisches Potenzial

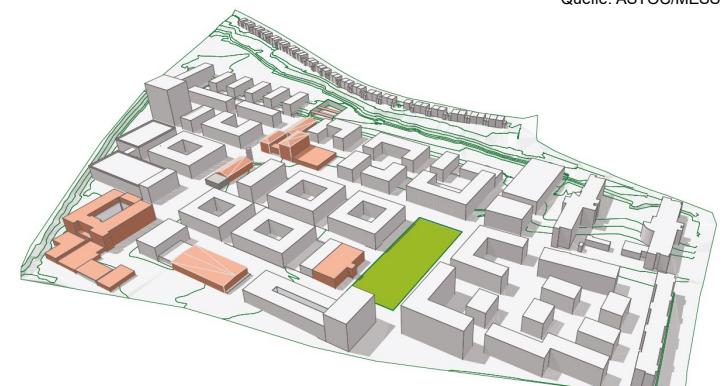
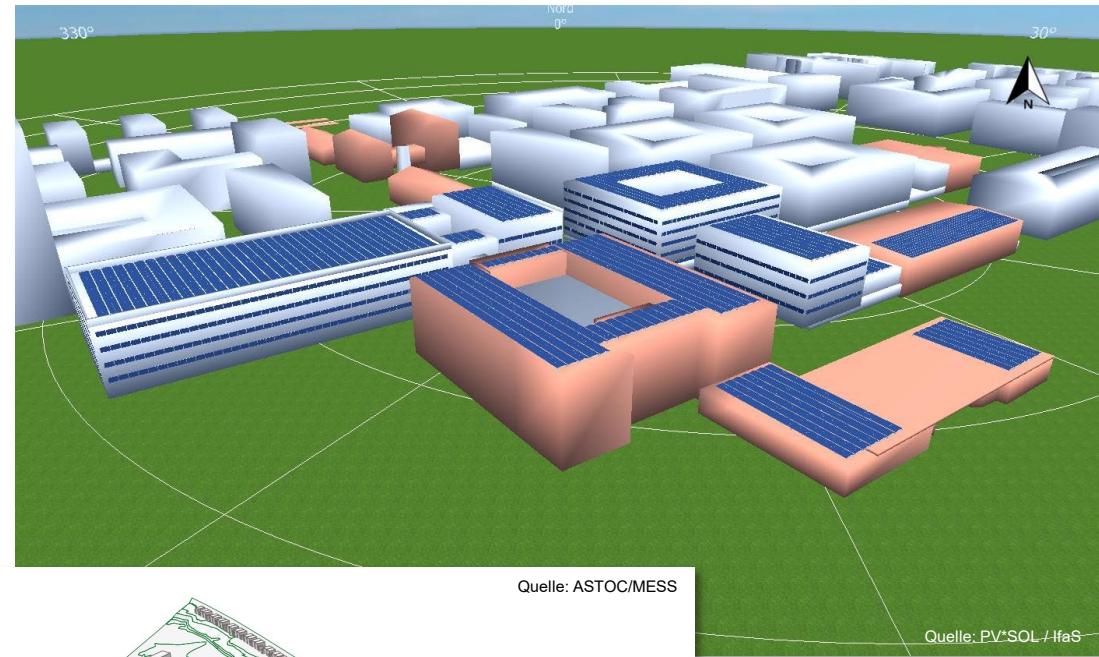
▪ Maximaler Ertrag bei einer SW-NO Ausrichtung

- Belegung aller Dach- und Fassadenflächen mit Ausnahme der Fassaden von Bestandsgebäuden
- Keine „strikte“ Ost-West Ausrichtung, Auslegung dachparallel -> z.B. Süd-West, Nord-Ost
- Ermöglicht höhere Moduldichte
- Dadurch höhere Generatorleistung

→ Bestimmung des theoretischen Potenzials an Photovoltaik im Pfaff-Quartier

	Nutzbare Gebäudefläche	Leistung	Ertrag
Theoretisches Potenzial	Ca. 60.000 m ²	7.600 kW _p	6.500 MWh

Inklusive der Fassadenanlagen





Reallabor PFAFF

© 2016 Pfaff

3. Solarpflicht im Pfaff-Quartier

Solarpflicht im Pfaff-Quartier

- Verpflichtung der Installation von Solaranlagen auf den Dachflächen im Geltungsbereich des Bebauungsplans
- Gilt für Gebäude mit einer **Mindestdachfläche von 20 m²**
- Modulfläche muss **mindestens 45 % der Dachfläche** einnehmen
- Festgesetzte **Dachbegrünung sowie Retention** darf nicht beeinträchtigt werden
- Installation einer Photovoltaikanlage vorrangig. Alternativ aber Solarthermie möglich



Solarpflicht – Rechtliche Grundlagen

- § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB setzt kann eine Verpflichtung zur Nutzung der Dachflächen mit Photovoltaik oder Solarthermie festsetzen
- Solarpflicht setzt die **städtbaulichen Belange der Nutzung erneuerbarer Energien** (§ 1 Abs. 6 Nr. 7 f BauGB) und der **örtlichen Energieversorgung** (§ 1 Abs. 6 Nr. 8 e BauGB) um
- Die Festsetzung der Solarpflicht trägt auch zur **lokalen Energieversorgungssicherheit** (§ 1 Abs. 6 Nr. 8 e BauGB) bei
- Bei einem Ersatz von Strom aus lokaler Erzeugung kann dadurch indirekt auch ein **lokaler Beitrag zur Luftreinhaltung** (§ 1 Abs. 5 Nr. 7 a, e BauGB) geleistet werden



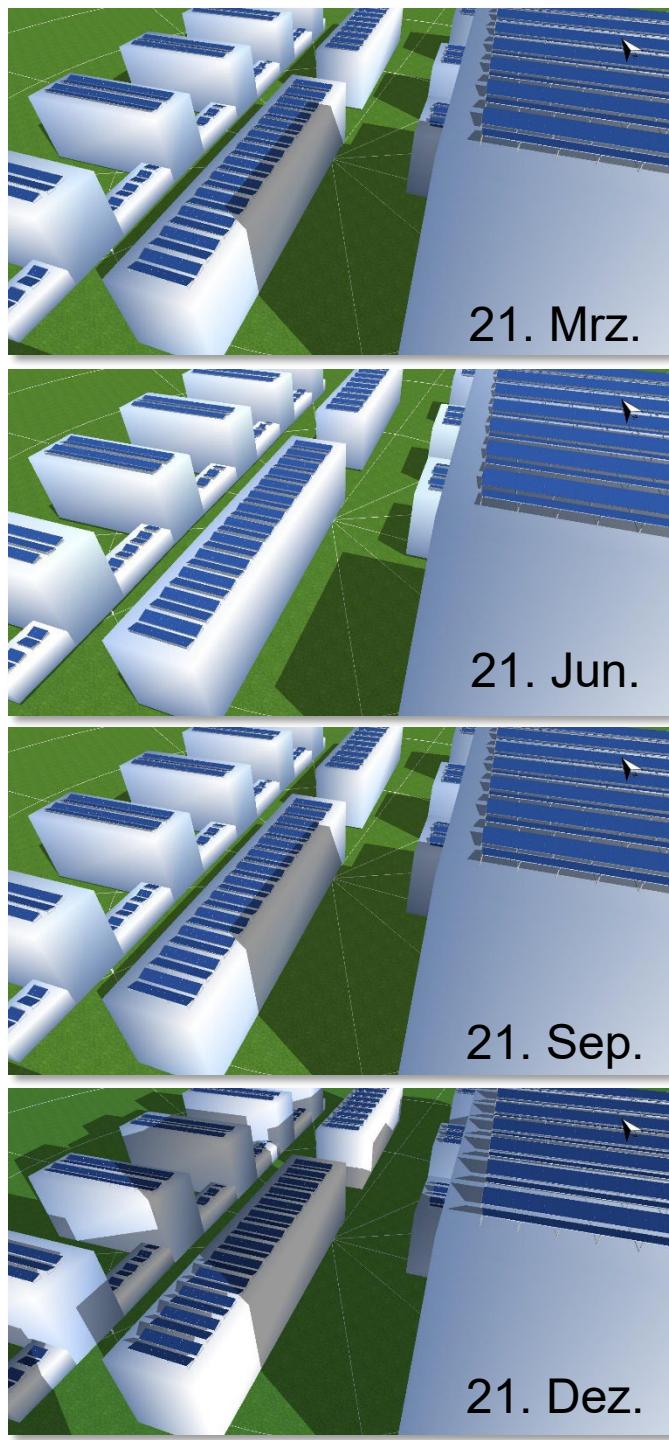
Solarpflicht – Rechtliche Grundlagen

- Stärkung der **städtbauliche Belang des Naturschutzes** (§ 1 Abs. 6 Nr. 7 a, c BauGB)
 - verstärkt werden können die Belange zum Naturschutz durch eine verbindliche Kombination aus Photovoltaik und Dachbegrünung
- Weitere Begründungen können sein:
 - Flächennutzungsplan
 - Klimaanpassungskonzept
 - Masterplan 100% Klimaschutz
 - Stadtrat Beschlüsse zur Nutzung von erneuerbaren Energien, Beitrag zum Klimaschutz, etc.



Solarpflicht – Wirtschaftliche Zumutbarkeit

- Durch die Solarinstallationspflicht werden dem Bauherrn Investitionskosten auferlegt
- **Spielraum für Investoren** hinsichtlich seiner Grundrechte und im Rahmen des Energiefachrechts
 - **Keine Vorgaben zur Betriebsart:** Eigenversorgung, Direktvermarktung etc.
 - Errichtung und Betrieb der Anlage **durch Dritte möglich**
 - Freie Wahl der Vertragspartner
 - **Ausnahmeregelungen bei Härtefällen** bzgl. Verschattung
 - Teilbelegung oder Reduzierung der Mindestfläche ab Ertragsminderung von 20 %
 - Teilbelegung oder Wegfall der Solarpflicht ab Ertragsminderung von 40 %



Kundenanlagen

- **Versorgung von Bewohnern und Mietern über eine eigene PV-Anlage**
- **Vom öffentlichen Netz über einen Summenzähler abgegrenzt**
- **Versorgung von Letztverbrauchern (§ 3 Nr. 24a EnWG)**
- **Wesentliche Merkmale:**
 - Räumlich, zusammengehörendes Gebiet
 - Verbindung mit einem Energieversorgungsnetz bzw. einer Erzeugungsanlage
 - Für den Wettbewerb unbedeutende Größenordnung (ggf. Einzelfallprüfung)
 - Unentgeltliche und diskriminierungsfreie Bereitstellung zum Zweck der Belieferung mittels Durchleitung
- **Vorteile:**
 - Inanspruchnahme der Mieterstromförderung (Registration als Energieversorgungsunternehmen nötig)
 - Wegfall von Netzentgelten und entsprechenden Steuern
- **In Umsetzung im MVZ – Stichwort Reallabor**



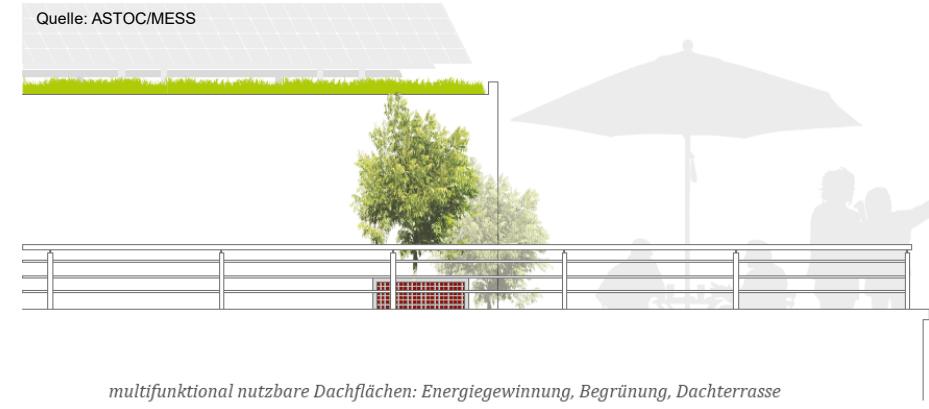
Reallabor PFAFF

4. Multifunktionale Gebäudeflächen

Multifunktionale Gebäudeflächen

Flächenkonkurrenz auf Dach- und Fassadenflächen

- Weitere Fachplanerische Anforderungen:
 - Qualitativ hochwertige Wohnräume
 - Retentionsflächen und Abflussmengen
 - Verbesserung des Stadtklimas
 - Biodiversität im Stadtraum
- Unterschiedliche Ziele gewinnbringend verknüpfen
- Maximierung der solaren Erträge unter den genannten Anforderungen
- **Technisch-architektonisches Potenzial**



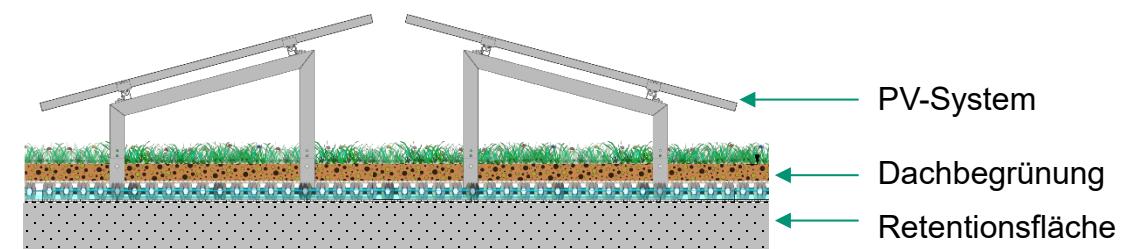
multifunktional nutzbare Dachflächen: Energiegewinnung, Begrünung, Dachterrasse



Quelle: Andi Schmid; StoVentec

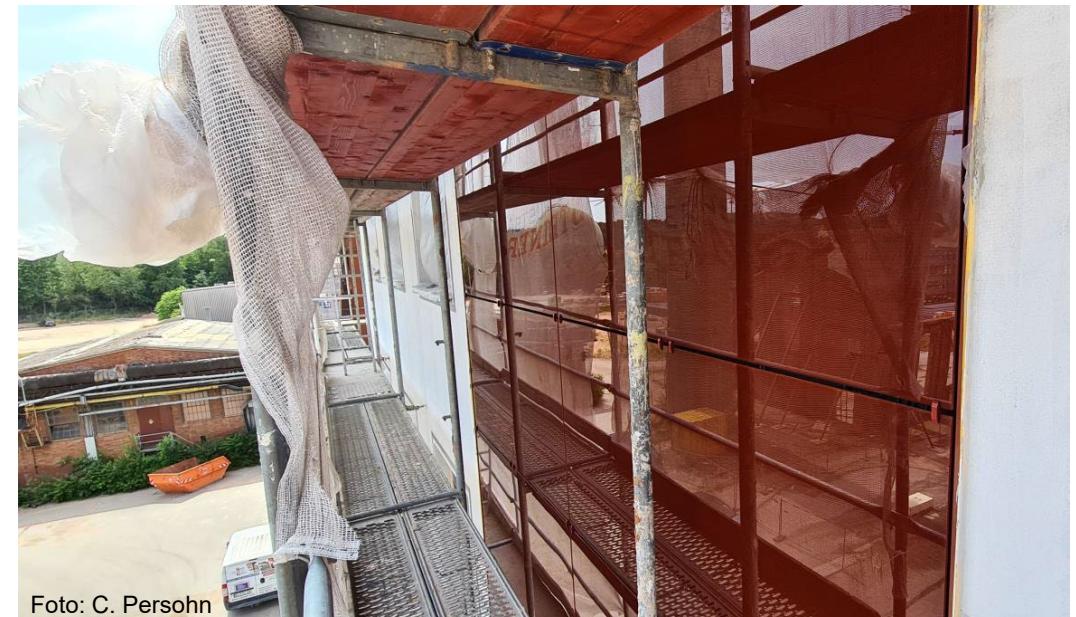
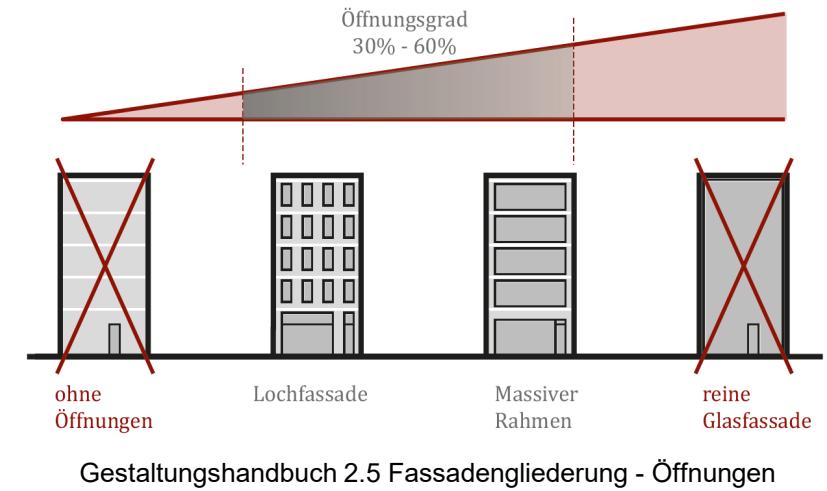
Multifunktionale Gebäudeflächen – PV-Gründächer und Retentionsflächen

- **Ziel: Retentionsflächen auf allen Dächern**
 - Ausgenommen Sattel- oder Walmdächer
 - Wasserrückhalt bei Regenereignissen
 - Verringertes Abflussvolumen
 - Ausgleichende Kühl- und Heizeffekte
 - Verbesserung des Kleinklimas
- **Aber: Ebenso Nutzung von Solarenergie**
 - Energetische Nutzung der Dächer angestrebt
 - Maximaler solarer Ertrag pro Dachfläche
- **Lösung: Kombination aus Photovoltaik- und Retentionsflächen auf den Gebäuden**



Multifunktionale Gebäudeflächen – PV-Fassaden

- **Nutzung der nach SW und SO ausgerichteten Fassaden für Solarenergie (Bestandsgebäude tw. ausgenommen)**
- Die Anordnung der Fassadenanlage ergibt sich aus dem Gestaltungshandbuch
 - Durch einen Öffnungsgrad von 30 % - 60 % ergeben sich **mögliche PV-Flächen zwischen den Fensterreihen**
 - Keine PV-Flächen im Erdgeschoss aufgrund der belebten Erdgeschosse
 - Berücksichtigung von Denkmalschutz-Belangen



Photovoltaik im öffentlichen Raum öffentlichen Raum

▪ Nutzung öffentlicher Wege und Flächen

PV-System	Standort	Leistung
Solarleuchten	Pfaff-Park	0,525 kWp
Parkmobiliar	Pfaff-Park	83 kWp
Kunstobjekt	Pfaff-Park	2 kWp
Spielplatz	Pfaff-Park	3 kWp
Überdachung von Sportanlagen	Rückhaltepark	0,315 kWp
Überdachung von Fußwegen	Parkhaus, Reallabor-Zentrum, Pfaffachse, Rückhaltepark	518 kWp
Mobilitätsstationen*	-	190 kWp
Solarcarport	Reallabor-Zentrum	12 kWp
Solarstraße	Reallabor-Zentrum	140 kWp
		Ca. 950 kWp

Quellen: Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, ISE in Freiburg

* „Szenario Max“: Alle Mobilitätsstationen unabhängig vom Verschattungsgrad



Rudolf HÖRMANN GmbH & Co. KG. PV-integriert (<https://www.hoermann-info.de/photovoltaik/hoermann-photovoltaik>)

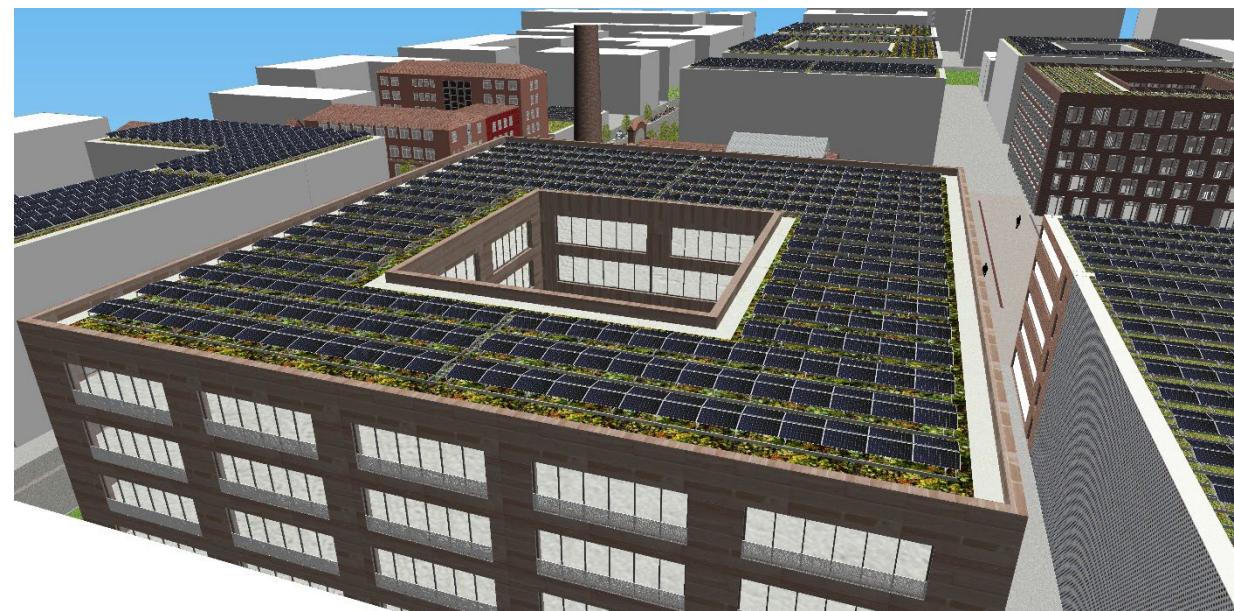


Post Fossil City Contest. PV-Fußweg-Überdachung futuristisch. <http://postfossil.city/en/finalists/photovoltaic-pergolas>.

Multifunktionale Gebäudeflächen - Zusammenfassung

- Photovoltaik-Gründächer
 - Ertragssteigerungen von bis zu 6 %*
 - Reduzierung städtischer Hitzeinseln
 - Rückzugsort für Tiere und Pflanzen
- Retentionsdächer
 - Wasserrückhalt bei (Stark-)Regenereignissen
 - Kontrolliertes Abflussvolumen
- Staffelgeschosse im Wohnbereich
 - Auswahl bestimmter Gebäude
 - Attraktivitätssteigerung der Wohnräume
- Prüfung der Höhenentwicklung und Hochpunkte
 - Verschattungsreduzierung
- Ermöglichung von Photovoltaik-Fassadenanlagen
 - Beachtung der Reflexionseffekte und Farbpalette
 - Bestimmung der Öffnungsgrade

	Nutzbare Gebäudefläche	Leistung	Ertrag
Theoretisches Potenzial	Ca. 60.000 m ²	7.600 kW _p	6.500 MWh
Techn.-archit. Potenzial		5.390 kW _p	4.300 MWh
Öffentlicher Raum	N/A	950 kW _p	760 MWh



*Im Vergleich zu einer Anlage über Bitumen (M. Köhler, W. Wiertalla, R. Feige, Interaction between PV-Systems and extensive green roofs, in: Fifth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities, Minneapolis, 2007.)



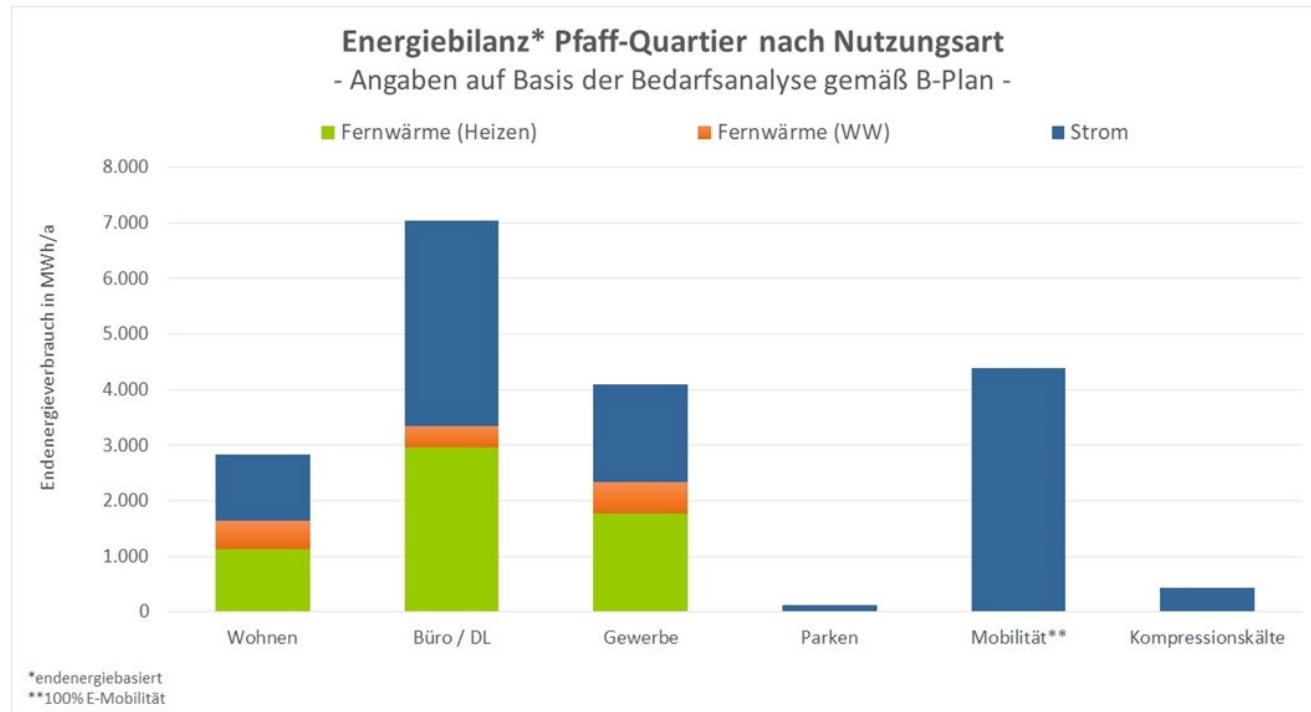
Reallabor PFAFF

© 2012 JONES

5. PV-Potenzial und Energiebilanz

Photovoltaik-Potenzial und Energiebilanz

- Technisch-Architektonischer Photovoltaik-Ertrag ca. **4.300 MWh**
- Bilanzielle Deckung durch Photovoltaik bei ca. **37 %**



Verteilung der Gesamtenergie von 19.000 MWh





Reallabor PFAFF

6. Zusammenfassung

Zusammenfassung - Nachhaltige Chancen im urbanen Quartier

- Gebäudeflächen bieten enormes Potenzial zur Solarenergienutzung
- Fachplanerische Anforderungen und die Maximierung solarer Erträge müssen zusammen gedacht werden
- Die Überführung der Lösungsansätze in z.B. städtebauliche Verträge sowie eine intensive Beratung von Investoren und Nutzern unterstützen die maximale Ausschöpfung des vorhandenen Solarpotenzials



Quelle: Optgrün



**Leitfaden zur
Maximierung
solarer Erträge**

PFAFF Reallabor

www.pfaff-reallabor.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

B. Sc. Wirtschaftsingenieur: Bernd Möller
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement



Leitfaden zur
Maximierung
solarer Erträge

