



© Stadt Kaiserslautern

## **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<sub>p</sub>**
  - aktuell insgesamt installiert in Dtl. **ca. 67 GW<sub>p</sub>**

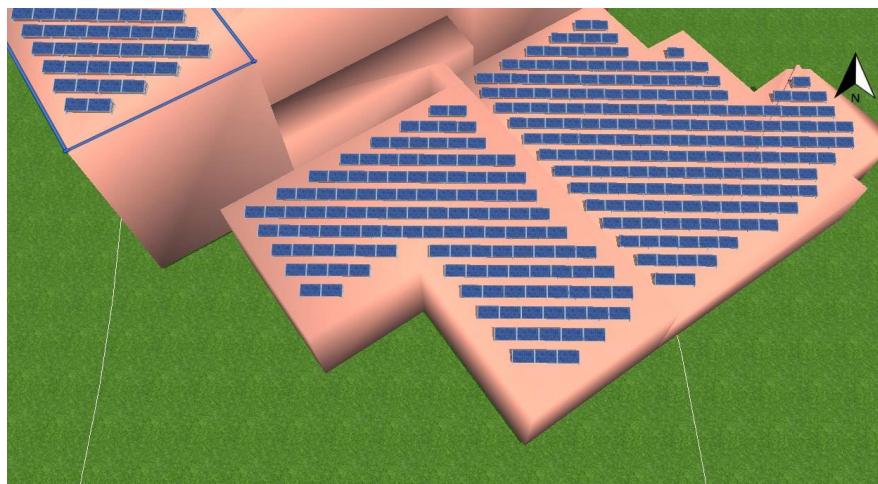


# Photovoltaik – Auslegungsvarianten

- **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-Aufständerung**
    - Ca. 70 % höhere Leistung
    - Ca. 55 % höherer Ertrag



## Ost-West-Ausrichtung der Module



## Südausrichtung der Module

# Photovoltaik - Theoretisches Potenzial

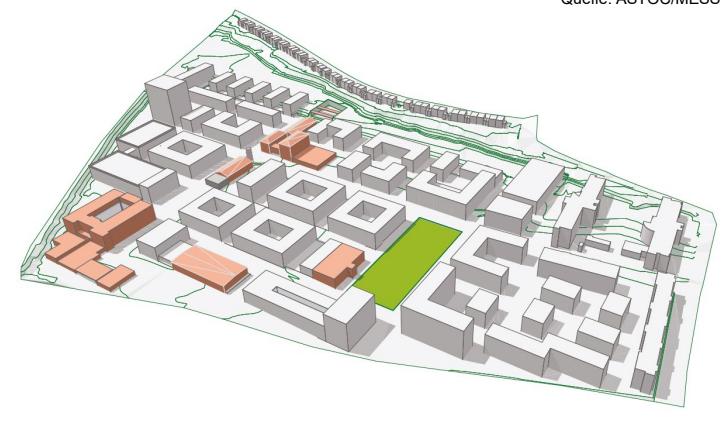
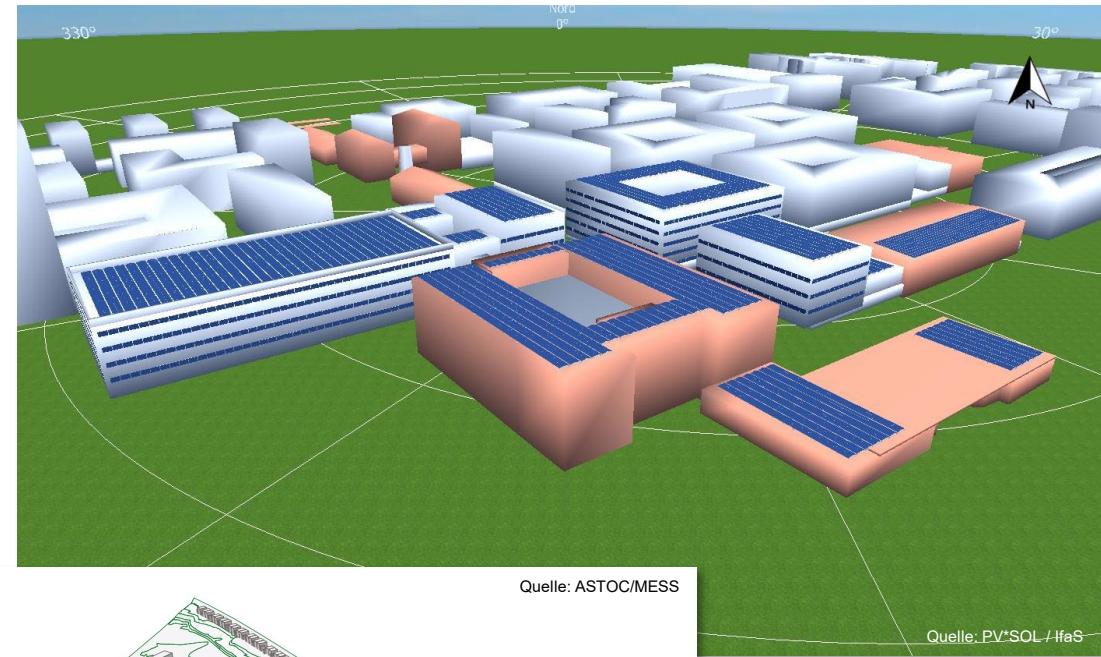
## ▪ Maximaler Ertrag bei einer SW-NO Ausrichtung

- 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 <sup>2</sup>	7.600 kW <sub>p</sub>	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 m<sup>2</sup>**
- 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



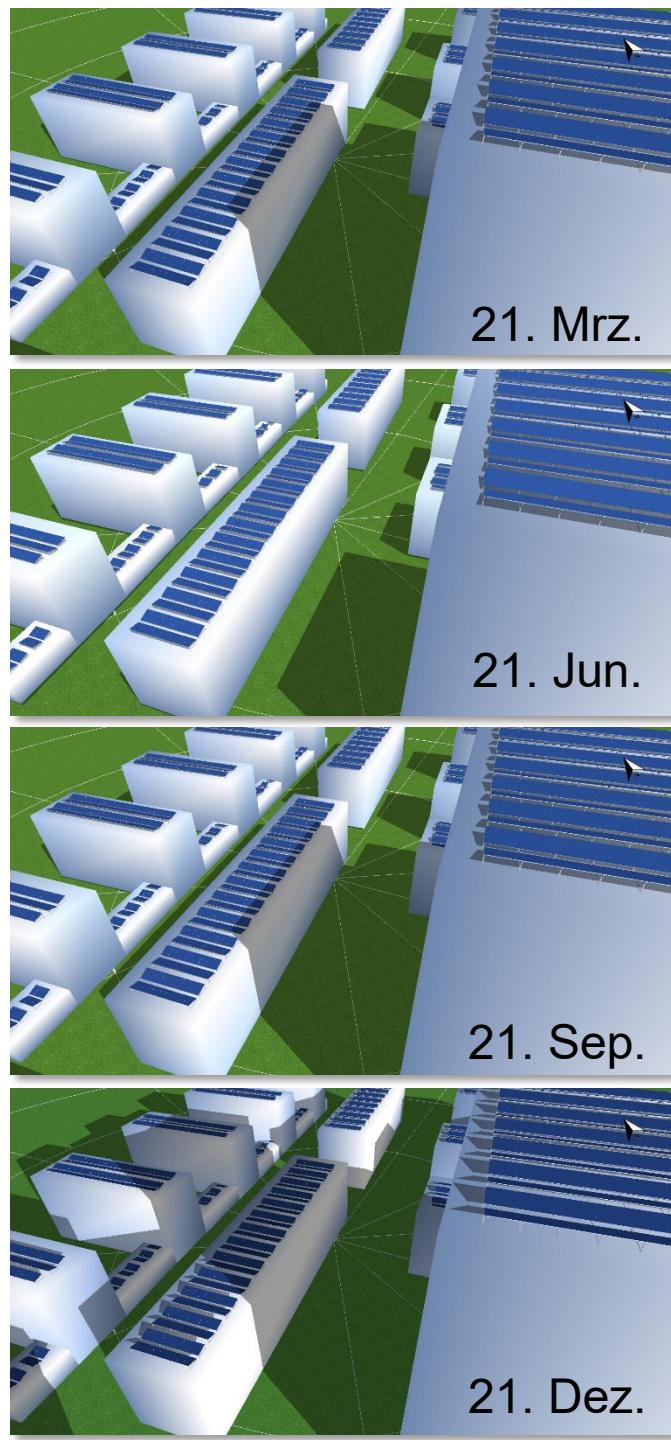
# Solarpflicht – Rechtliche Grundlagen

- 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**



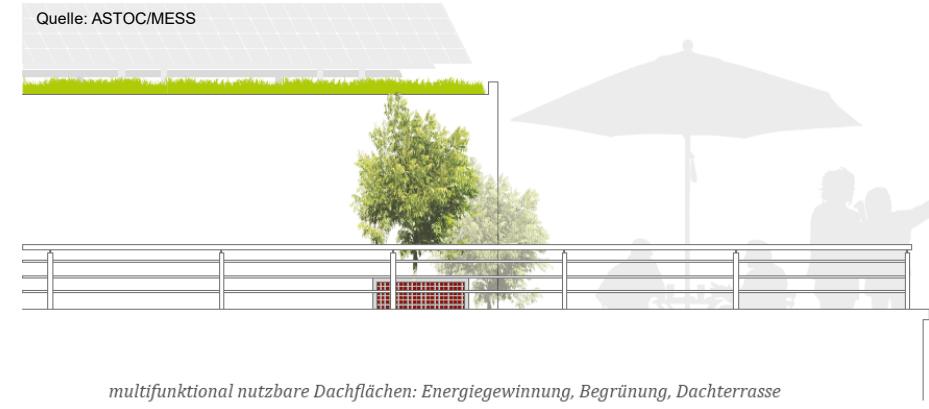
**Reallabor** PFAFF

## 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**

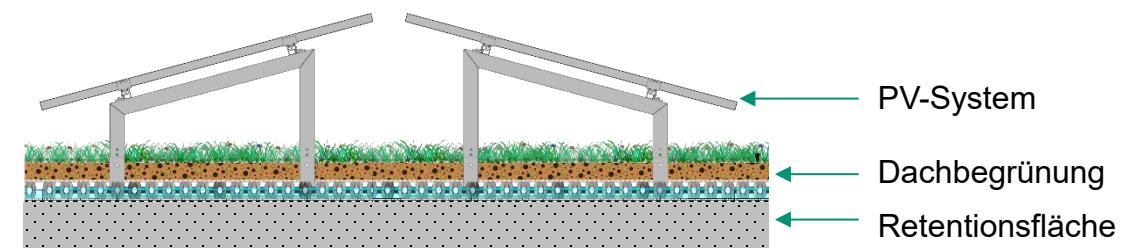


*multifunktional nutzbare Dachflächen: Energiegewinnung, Begrünung, Dachterrasse*



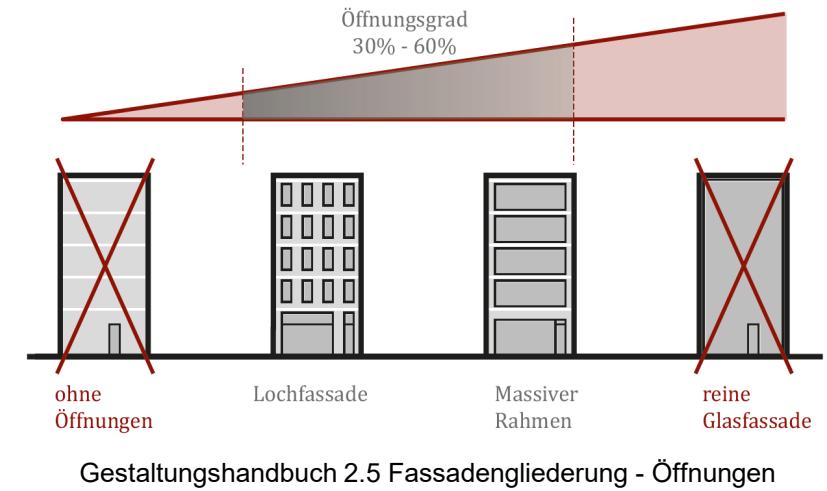
# Multifunktionale Gebäudeflächen – PV-Gründächer und Retentionsflächen

- **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
		<b>Ca. 950 kWp</b>

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>)

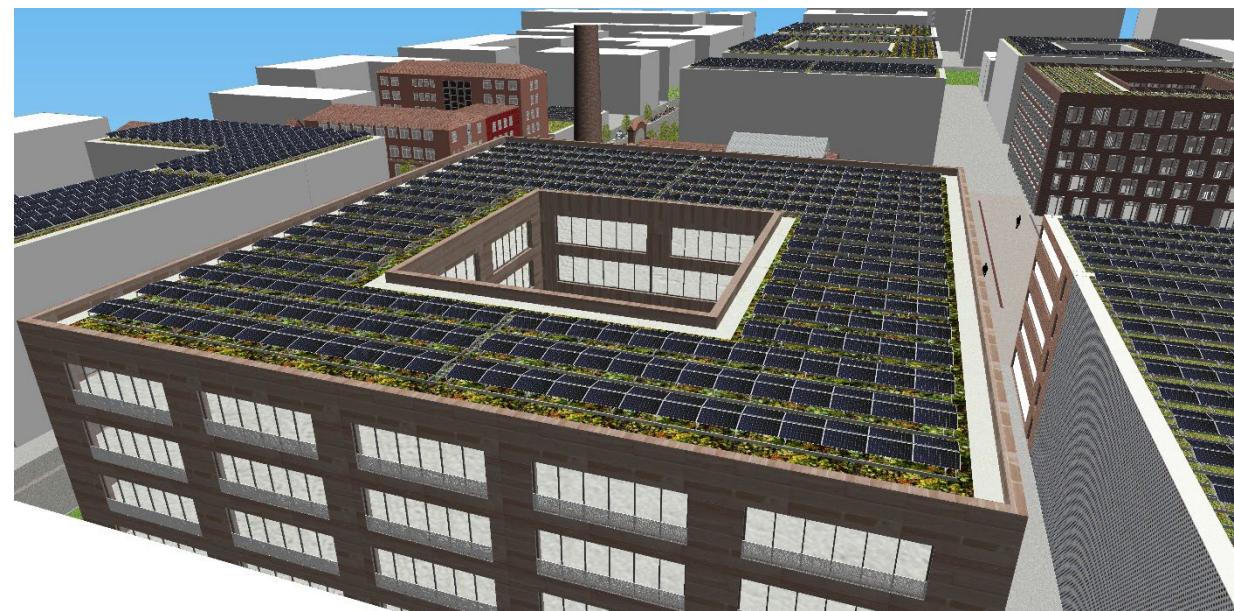


Post Fossil City Contest. PV-Fußweg-Überdachung futuristisch. <http://postfossil.city/en/finalists/photovoltaic-pergolas>.

# 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 <sup>2</sup>	7.600 kW <sub>p</sub>	6.500 MWh
Techn.-archit. Potenzial		5.390 kW <sub>p</sub>	4.300 MWh
Öffentlicher Raum	N/A	950 kW <sub>p</sub>	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.)



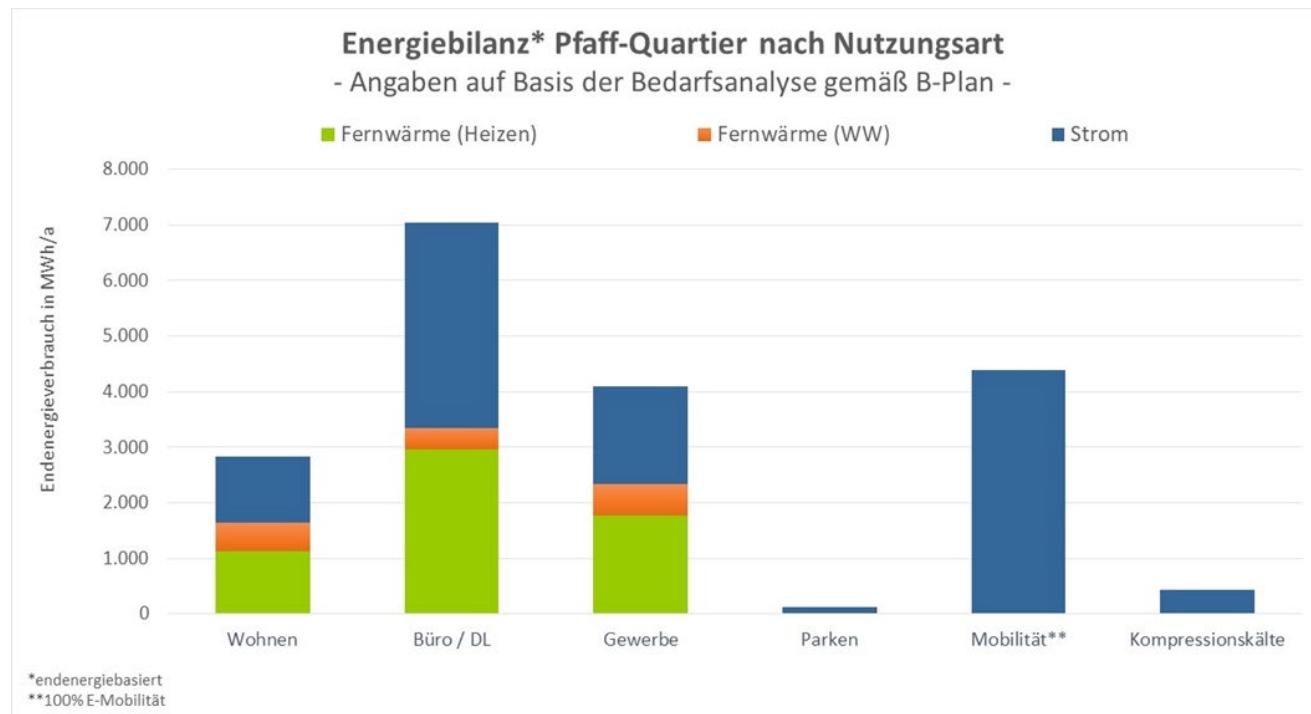
**Reallabor** PFAFF

© 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](http://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

