

# KURZBERICHT - SOLAR<sup>shell</sup>

## DIE PARAMETRISCH OPTIMIERTE FASSADE ALS ENERGIEQUELLE

### Anlass/ Ausgangslage

In Deutschland soll bereits ab 2020 der Gebäudestandard „Niedrigstenergiehaus“ für alle Neubauten verbindlich werden, der alternative Energieerzeuger im oder in der Nähe des Gebäudes vorschreibt. Zudem sollen bis 2050 alle Gebäude „klimaneutral“ sein. Daraus ergibt sich ein großes Potential für gestalterisch hochwertige gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV), deren Ertrag durch Ausrichtungsoptimierung noch erhöht werden kann.

### Gegenstand des Forschungsvorhabens

SOLARshell beleuchtete Potentiale und Möglichkeiten zur Entwicklung ertragsoptimierter, architektonisch hochwertiger Photovoltaikfassaden (PV-Fassaden). Dabei wurde - entgegen aktuellen Trends - auf Kleinteiligkeit der PV-Module gesetzt. Diese können mit vielfältigen Fassadenmaterialien kombiniert werden und durch eine optimierte Ausrichtung zur Sonne maximale Leistungen erbringen. Für die Entwicklung des Elementdesigns wurde im Projekt das parametrisch-generative Entwerfen eingesetzt, welches eine Symbiose zwischen CAD-basierten Modellen, Programmierung und Architektur ist. Hierbei werden 3D-Modelle anhand von Algorithmen und Parametern beschrieben und können so bspw. hinsichtlich gewünschter Eigenschaften optimiert werden (Abb. 1). Die Simulationsalgorithmen geben ein direktes Feedback zum architektonischen Entwurf und erzeugen eine hohe Anzahl von Varianten bei relativ geringem Zeitaufwand.

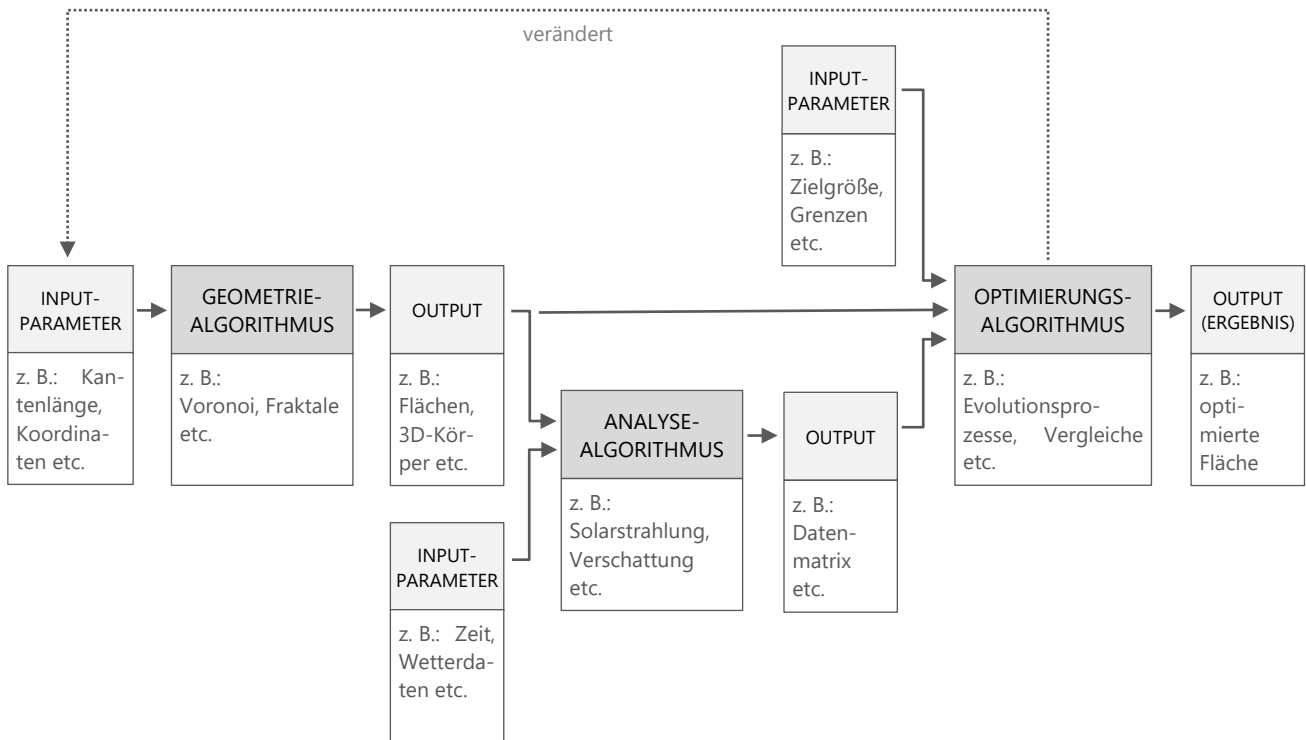


Abb. 1: Zusammenspiel von Parametern & Algorithmen im parametrisch-generativen Design von SOLAR<sup>shell</sup> | Grafik: S. Huth, ai:L - HTWK Leipzig

In der Forschung wurde diese Methodik genutzt, um Entwürfe hinsichtlich des solaren Eintrages zu bewerten und diese durch geometrische Anpassung zu steigern. Dazu wurden zunächst geeignete parametrisch-generative Optimierungsprinzipien ermittelt, Fassadenmaterialien und -systeme sowie PV-Technologien hinsichtlich ihrer Eignung für BIPV untersucht, und ihre Kombinierbarkeit bewertet. Als vorteilhaft haben sich u. a. vorgehängte hinterlüftete Fassaden aus Metall, Beton und Kunststoff sowie Verblendschalen aus Mauerziegeln herausgestellt, welche exemplarisch als BIPV-Fassadenentwürfe ausgearbeitet wurden:

### Gefaltete Metallfassade

Die Variante einer gefalteten Fassade mit integrierten PV-Lamellen (Abb. 2) bietet aufgrund ihrer hohen Anpassungsfähigkeit ein potentiell breites Einsatzfeld. Die Fassade besteht aus 3D-gefalteten kassettenartigen Modulen. Im digitalen Entwurfsprozess ist die PV durch Rotation in 2 Achsen beweglich, im konkreten Einsatzszenario wird eine solar optimierte, fixe Ausrichtung bestimmt. Durch die 3D-Faltung ist eine saubere Ecklösung zwischen Elementen unterschiedlicher Ausrichtung umsetzbar (Abb. 2). Zur Ertragsmaximierung wurde der Einsatz monokristalliner Hochleistungszellen vorgesehen.

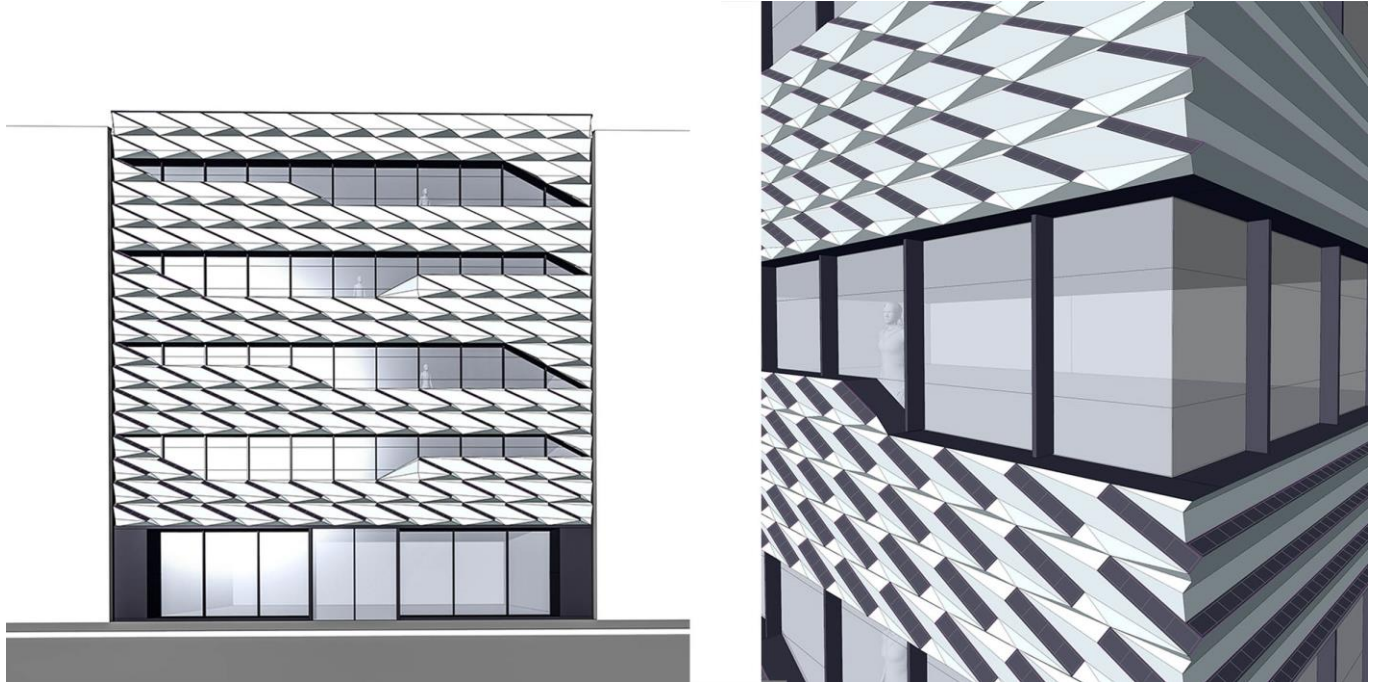


Abb. 2: Gefaltete Metallfassade mit Photovoltaiklamellen - Ansicht & Eckdetail | CGI: A. Heller, ai:L - HTWK Leipzig

### Solarziegelfassade

Ein „Solarziegel“ bietet aufgrund seiner Kleinteiligkeit große Flexibilität zur Steuerung der solaren Erträge. Durch Herauschieben der Mauersteine aus der Fassadenebene entstehen Flächen, die mit kristalliner oder organischer PV belegt und aktiviert werden können. Je nach Fassadenausrichtung drehen sich die Solarziegel mehr oder weniger weit heraus. Bereits bei einachsiger Ausrichtungsoptimierung (Abb. 3) können über den Jahresverlauf hohe Erträge erreicht werden. Durch das große Individualisierungspotential der Fassade ist eine Eckausbildung ohne Ertragseinschränkungen umsetzbar.

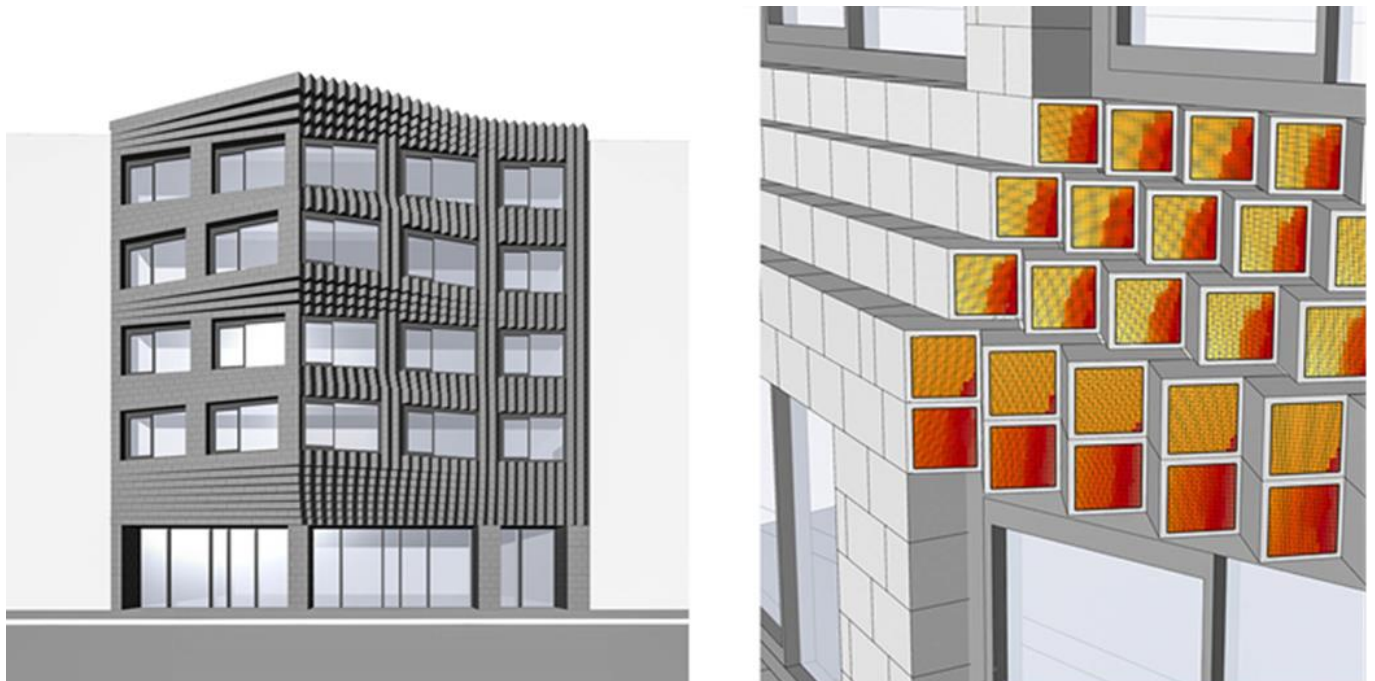


Abb. 3: Solarziegelfassade - Ansicht & Eckdetail mit Falschfarbendarstellung der solaren Einträge | CGI: A. Heller, ai:L - HTWK Leipzig

### Kiemenstruktur-Fassade

Fassadenhoch aufgefächerte Flächen werden als Kiemenstruktur (Abb. 4) über Rotation in der vertikalen Achse solar ausgerichtet. Aufgrund der am oberen und unteren Fassadenrand gebogen auslaufenden Kiemen ist der Einsatz flexibler organischer PV sinnvoll. Das Gestaltungsprinzip ist nur bei einseitig westlich oder östlich orientierten Fassaden sinnvoll einzusetzen, kann jedoch zur Steigerung des Potentials auf die Dachflächen erweitert werden. Als schlanke und frei formbare Fassadenmaterialien kommen z. B. Textilbeton, Bleche oder Kunststoffe in Frage.

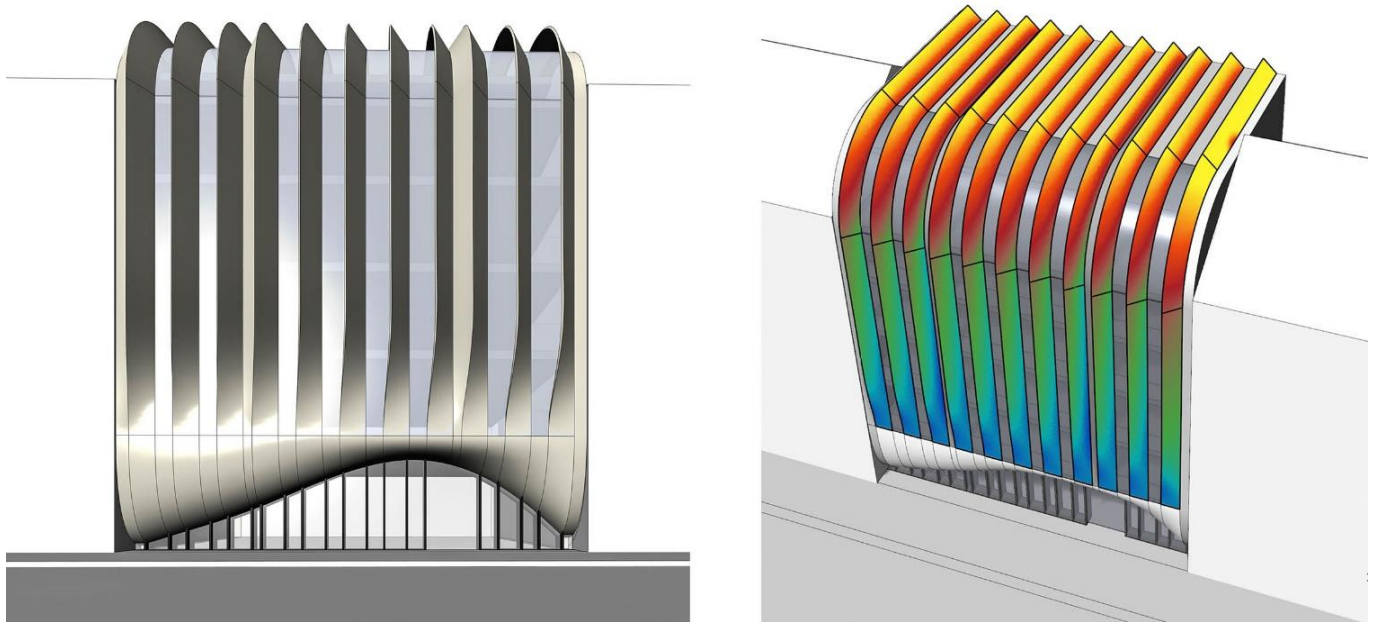


Abb. 4: Kiemenfassade - Ansicht & Perspektive mit Falschfarbendarstellung der solaren Einträge | CGI: A. Heller, ai:L - HTWK Leipzig

### Variantenvergleich

Nachstehende Tab. 1 vergleicht die Simulationsergebnisse der drei Lösungsvarianten. Es zeigt sich, dass die gefaltete Fassade die eingesetzte PV am effizientesten ausnutzt, die Kiemenvariante dafür aufgrund der größten nutzbaren Fläche maximale Gesamterträge ermöglicht.

Tab. 1: Variantenvergleich

Variante	PV-Modulgröße [m <sup>2</sup> ]	PV-Modulanzahl	Größe PV-Fläche [m <sup>2</sup> ]	Gesamtenergieeintrag aller PV-Flächen [kWh/a]	Gesamtenergieeintrag je m <sup>2</sup> PV-Fläche [kWh/m <sup>2</sup> <sub>PV</sub> *a]
Gefaltete Fassade	0,24	166	40	25.372	637
Solarziegel	0,08	1009	82	28.448	349
Kiemenstruktur a)	16,37	11	180	99.041	550
Kiemenstruktur b)*	23,75	11	261	180.517	691

\* Variante inkl. Dachfläche

### Demonstrator

Die Entwurfsvariante „gefaltete Metallfassade“ wurde technisch und konstruktiv bis zum Demonstrator ausgearbeitet. Dieser zeigt den Fassadenausschnitt einer süd-west-ausgerichteten Gebäudeecke im Maßstab 1:2 (Abb. 5). Die Fassadenelemente bestehen aus gefalteten Aluminium-Verbundplatten, in die Glas-PV-Folie-Kleinmodule eingesetzt sind. Die Verschmelzung von architektonischer Ästhetik und Ertragsmaximierung durch parametrisch-generative Entwurfsmethoden sollen daran beispielhaft verdeutlicht werden.

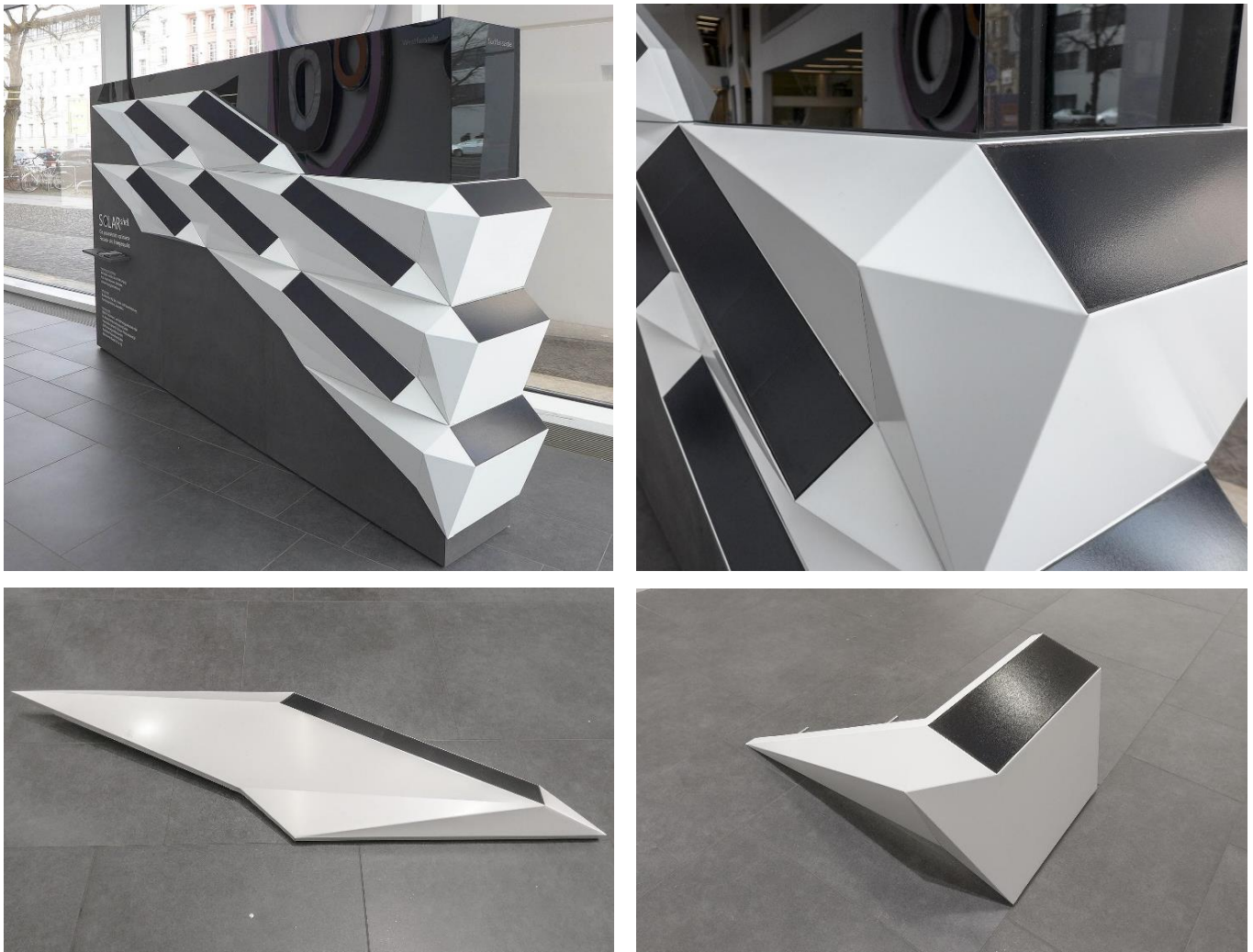


Abb. 5: Umgesetzter SOLARshell-Demonstrator | Gesamtfassade, Eckdetail & West- bzw. Südfassaden-Element | Fotos: S. Huth, ai:L - HTWK Leipzig

## Fazit

Im Projekt wurden die generelle Machbarkeit neuartiger solar optimierter Fassaden in qualitätvoller Gestaltungsvielfalt unter Anwendung parametrisch-generativer Entwurfsmethodiken zur Ertragserhöhung nachgewiesen. Durch optimale Ausrichtung kleinteiliger Photovoltaikmodule kann der Ertrag pro Quadratmeter eingesetzter PV-Fläche zwischen 40 und 55 % gegenüber vertikal installierten Modulen gesteigert werden. So wird es möglich, bereits mit einem geringeren PV-Anteil in der Fassade einen nennenswerten Ertrag zu erzielen. Im Zusammenspiel von Fassadenmaterial und PV-Modul können damit neue architektonisch-gestalterische Lösungen entstehen, wodurch die eingesetzten Fassadenmaterialien erlebbar bleiben. Sollte der maximale solare Ertrag im Fokus stehen, sind, wie bei jedem Entwurf, die Varianten gegeneinander abzuwägen. Die konventionellen PV-Fassadenlösungen haben hinsichtlich der Flächeneffizienz dabei ebenfalls ihre Berechtigung, erlauben jedoch nur eingeschränkten Gestaltungsspielraum.

SOLARshell bietet für Architekten und Fassadenplaner eine mögliche Antwort auf die Frage nach zukünftiger Designvielfalt von PV-Fassaden.

## Eckdaten

---

Kurztitel:	SOLARshell
Langtitel:	Die parametrisch optimierte Fassade als Energiequelle
Projektleitung:	Prof. Frank Hülsmeier, Architekt
Forscher:	Dipl.-Ing. (FH) Adrian Heller Stefan Huth, M.A., Architekt Sarah Knechtges, M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Jana Reise
Projektpartner:	BOBO Produktions- und Vertriebsgesellschaft mbH Dr. Mirtsch Wölbstrukturierung GmbH Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP SGB Steuerungstechnik GmbH SolarWorld Innovations GmbH
Gesamtkosten:	200.249,57 € €
Anteil Bundeszuschuss:	138.789,57 €
Projektlaufzeit:	01.12.2015 bis 30.11.2017

## Förderhinweis

---

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt und Raumforschung unter dem Förderkennzeichen SF-SWD-10.08.18.7-15.56 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.