

#### 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

SOLAR<sup>shell</sup> 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 variabel kombiniert werden und durch parametrisch-generative Ausrichtung zur Sonne ein Leistungsmaximum erbringen.

Die Simulationsalgorithmen geben ein direktes Feedback zum architektonischen Entwurf (Abb. 1) und erzeugen eine hohe Anzahl von Varianten bei relativ geringem Zeitaufwand. Im Projekt wurde das Tool genutzt, um Entwürfe hinsichtlich des solaren Eintrages zu bewerten und zu optimieren.

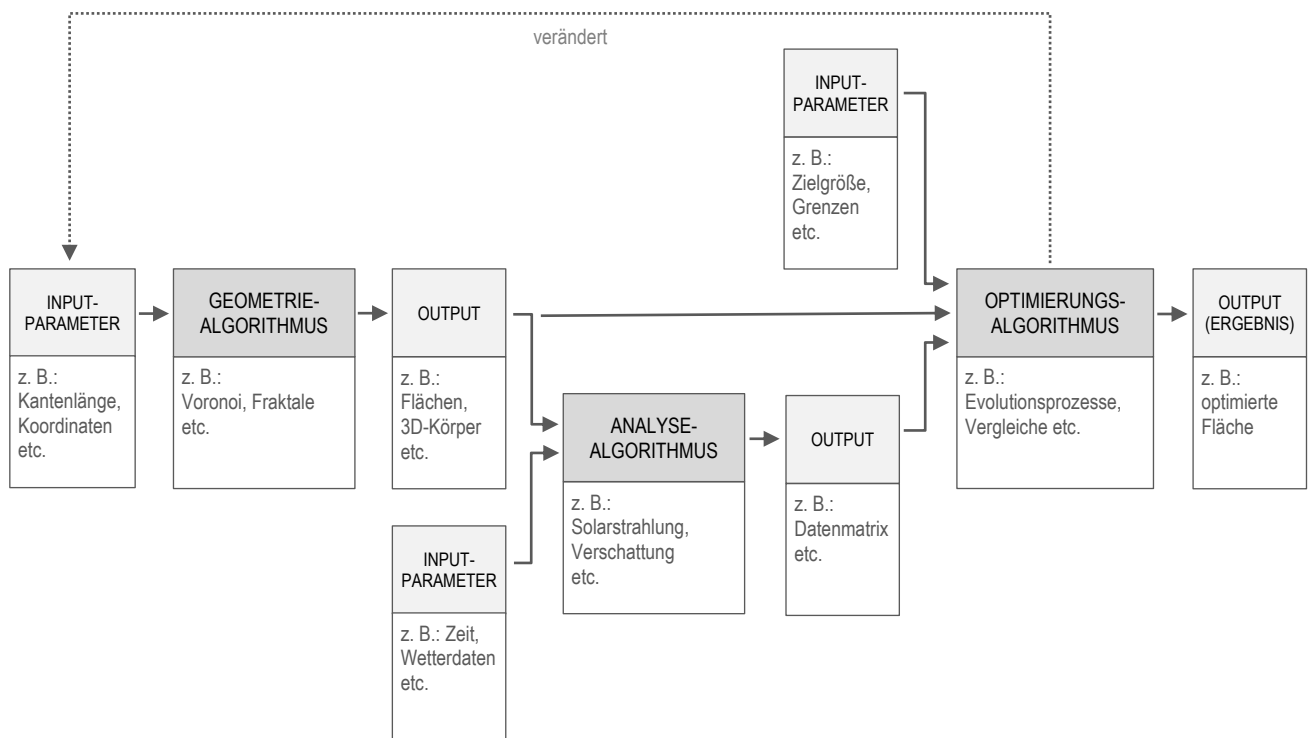


Abb. 1: Zusammenspiel von Parametern & Algorithmen im parametrisch-generativen Design von SOLAR<sup>shell</sup>

Im Projekt 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.

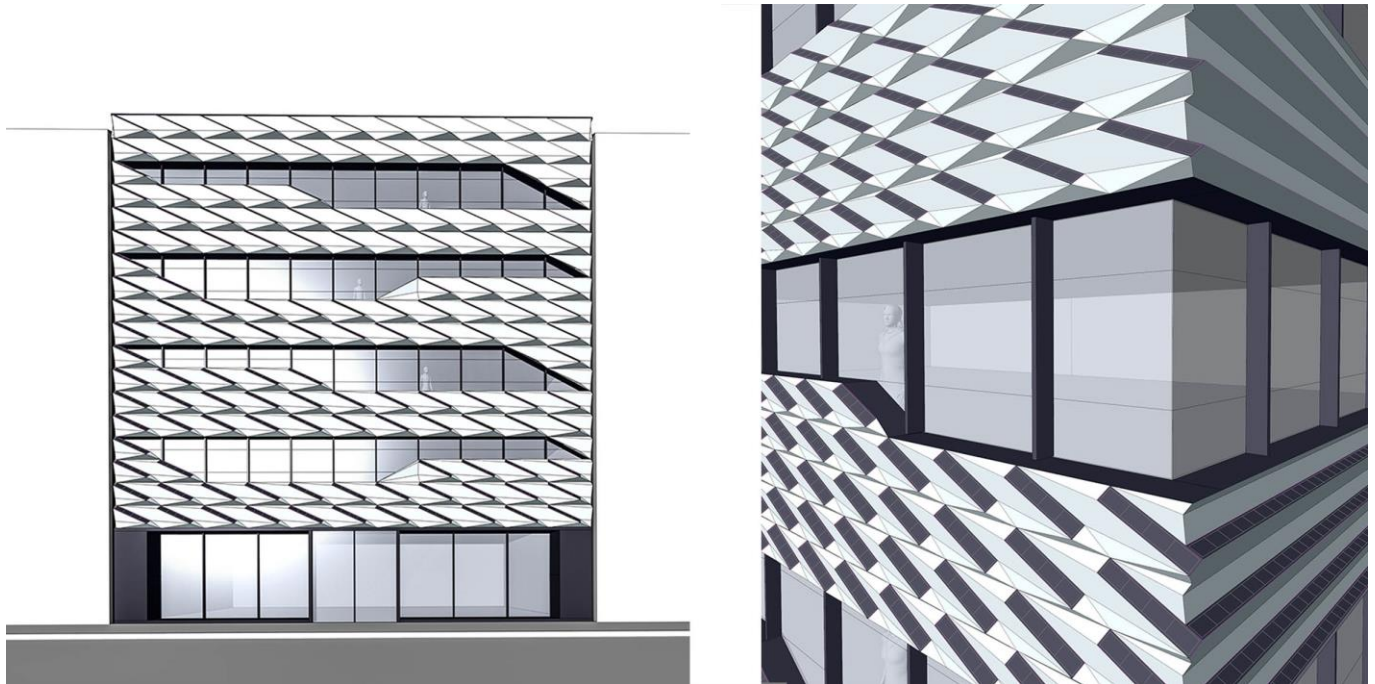


Abb. 2: Gefaltete Metallfassade | Ansicht & Eckdetail

### Solarziegelfassade

Ein „Solarziegel“ bietet aufgrund seiner Kleinteiligkeit große Flexibilität zur Steuerung der solaren Erträge. Durch Herausschieben 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.

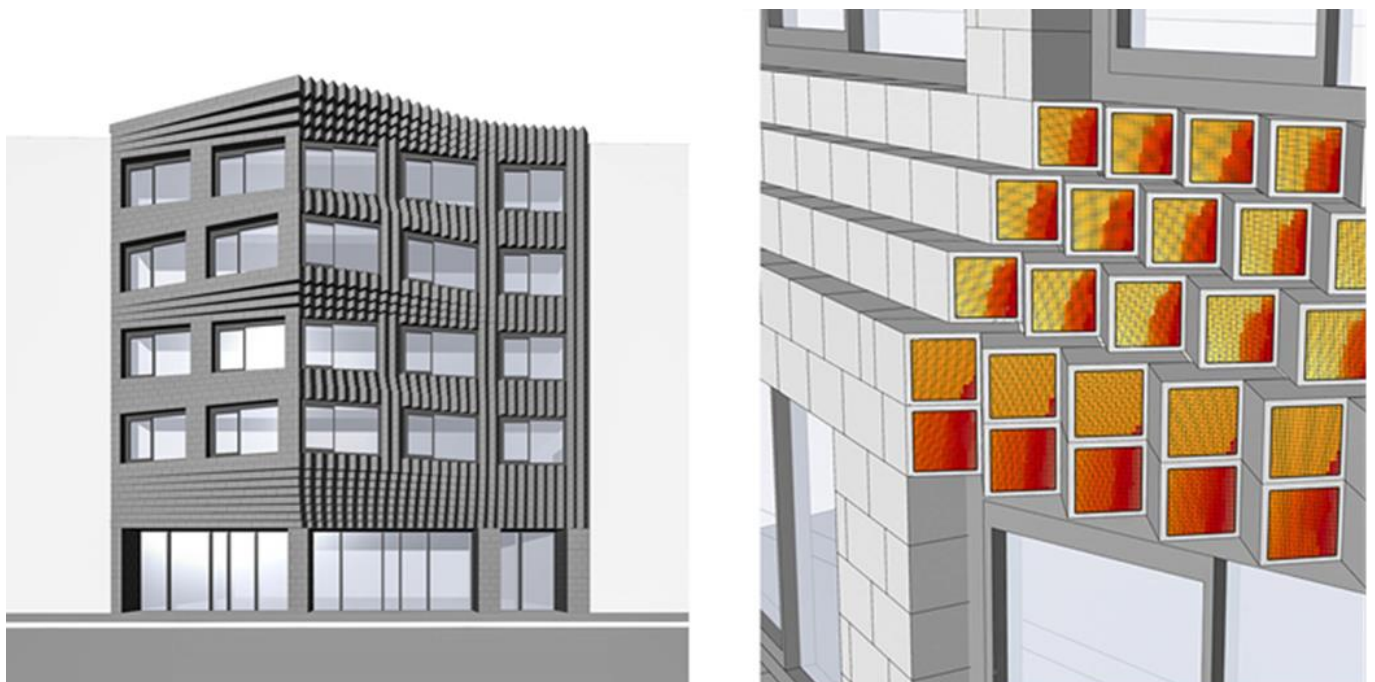


Abb. 3: Solarziegelfassade | Ansicht & Eckdetail mit Falschfarbendarstellung der solaren Erträge

### 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.

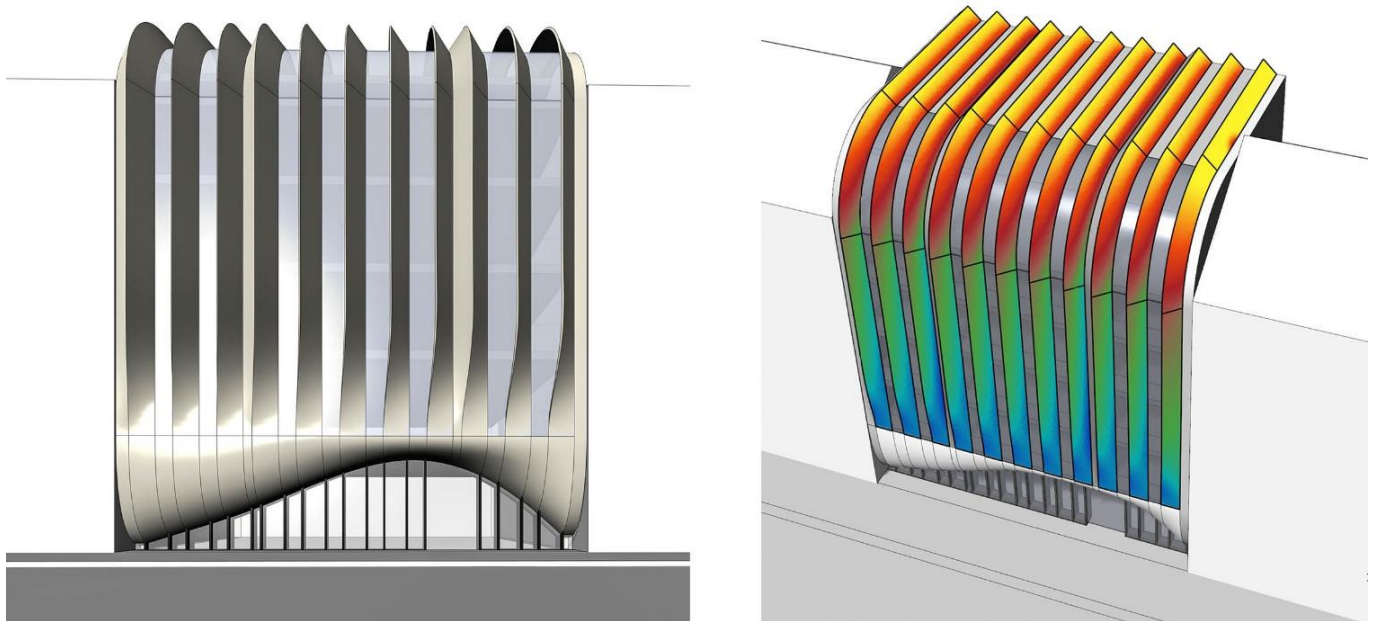


Abb. 4: Kiemenfassade | Ansicht & Perspektive mit Falschfarbendarstellung der solaren Einträge

### 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.

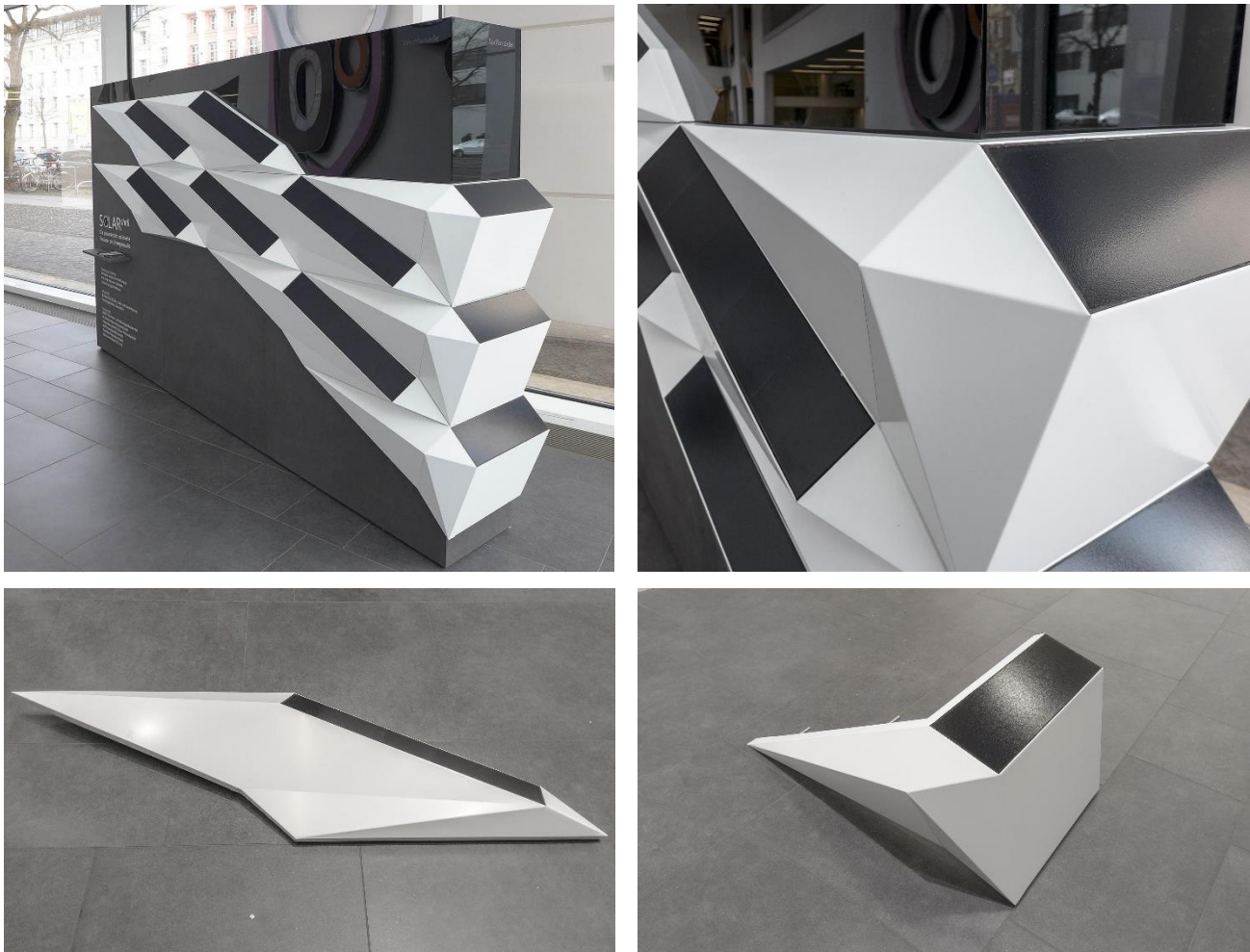


Abb. 5: Umgesetzter SOLARshell-Demonstrator | Gesamtfassade, Eckdetail & West- bzw. Südfassaden-Element

## Fazit

---

Die Projektziele (Evaluieren von parametrisch-generativen Prinzipien, PV-Technologien, Fassadenmaterialien & -systemen | Entwicklung & konstruktive Ausarbeitung von Lösungsvarianten für solar optimierte Architekturfassaden | Bau eines Demonstrators) wurden vollständig erreicht. Die generelle Machbarkeit neuartiger solar optimierter Fassaden in qualitätvoller Gestaltungsvielfalt unter Anwendung parametrisch-generativer Entwurfsmethodiken zur Ertragserhöhung wurde nachgewiesen. Durch optimale Ausrichtung kleinteiliger PV konnte der Ertrag pro m<sup>2</sup> PV-Fläche zwischen 40 und 55 % gegenüber vertikal installierten Modulen gesteigert werden.

## Eckdaten

---

Kurztitel: SOLAR<sup>shell</sup>

Forscher: Dipl.-Ing. (FH) Adrian Heller | Stefan Huth, M.A., Architekt | Sarah Knechtges, M. Sc. | Dipl.-Ing. (FH) Jana Reise  
 Projektleitung: Prof. Frank Hülsmeier, Architekt

Gesamtkosten: 200.249,57 € €

Anteil Bundeszuschuss: 138.789,57 €

Projektlaufzeit: 24 Monate



## BILDER/ ABBILDUNGEN:

---

### Bild 1

Dateiname: abb\_1\_solar.shell\_parametrisches entwerfen.tif

Bildunterschrift: Zusammenspiel von Parametern & Algorithmen im parametrisch-generativen Design von SOLAR<sup>shell</sup>

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 2

Dateiname: abb\_2\_solar.shell\_gefaltete fassade.tif

Bildunterschrift: Gefaltete Metallfassade | Ansicht & Eckdetail

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 3

Dateiname: abb\_3\_solar.shell\_solarziegelfassade.tif

Bildunterschrift: Solarziegelfassade | Ansicht & Eckdetail mit Falschfarbendarstellung der solaren Einträge

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 4

Dateiname: abb\_4\_solar.shell\_kiemenfassade.tif

Bildunterschrift: Kiemenfassade | Ansicht & Perspektive mit Falschfarbendarstellung der solaren Einträge

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 5a

Dateiname: abb\_5a\_solar.shell\_demonstrator.tif

Bildunterschrift: SOLAR<sup>shell</sup>-Demonstrator | Gesamtansicht

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 5b

Dateiname: abb\_5b\_solar.shell\_demonstrator\_ecke.tif

Bildunterschrift: SOLAR<sup>shell</sup>-Demonstrator | Eckdetail

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 5c

Dateiname: abb\_5c\_solar.shell\_demonstrator\_westelement.tif

Bildunterschrift: SOLAR<sup>shell</sup>-Demonstrator | Westfassaden-Element

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L

### Bild 5d

Dateiname: abb\_5d\_solar.shell\_demonstrator\_südelement.tif

Bildunterschrift: SOLAR<sup>shell</sup>-Demonstrator | Südfassaden-Element

Bildrechte: Architektur-Institut Leipzig ai:L