

# Die BIPV-Fassade am Gebäude des ZSW in Stuttgart

---

Dennis Huschenhöfer, Dieter Geyer

Rosenheim Online, 12. Februar 2022

29. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft bayerischer Solarinitiativen -ABSI

3. Rosenheimer Klimafrühling



# Übersicht

---

- Fakten zum ZSW Gebäude und der PV Fassade
- Messergebnisse der PV-Fassaden des ZSW
- Simulation mit Messdaten für ein typisches Bürogebäude
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Warum PV an der Fassade?

- Kein weiterer Flächenverbrauch
- Direktverbrauch des PV-Stroms, geringere Belastung des Stromnetzes
- Status PV in Deutschland 2020:
  - inst. Leistung: 53 GWp,
    - davon: 25% Freifläche
    - 75% Dach
    - 0,1% Fassade
  - Energie<sub>el</sub>: 51,4 TWh (10,5%)
- Erhebliches Potential, sinnvoll nutzbare Fassadenanteile **allein an Wohngebäuden** in D:
  - Leistung: 200 – 400 GWp,
  - Energie: 120 – 240 TWh/a
- Gesetzliche Vorgaben Niedrigenergiegebäude



Quelle: Nice Solar energy

# Konkurrenz auf dem Dach

- PV-Dach wegen Überschreitung Flächenlast oft nicht realisierbar
- PV-Module auf dem Dach stehen im Wettbewerb mit:
  - Schornsteinen, Dachfenstern, Oberlichtern,
  - Gebäudetechnischen Anlagen (Wärmetauscher, Lüftungsrohre, thermischen Kollektoren...)
  - extensiver Dachbegrünung, Dachgarten



# PV-Fassaden des ZSW

- PV-Module: CIGS Glas/Glas, blendfrei, gerahmt, Zustimmung im Einzelfall
- Hersteller: Nice Solar Energy
- Systemplanung: ZSW
- Modulfläche: 246 m<sup>2</sup>
- Gesamtleistung: 28 kWp
- Orientierung: SO, SW, NW
- Verschattung: SO: Nachbargebäude  
SW, NW: minimal



Blick von Süden

# Vorgehängte hinterlüftete PV-Fassade - Querschnitt



CIGS  
Modul

Riegel-  
profil

NSE  
Trag-  
profil

Vertikal-  
Träger

Dach-  
membran

Dämmung

Wand

# PV-Dachanlage des ZSW

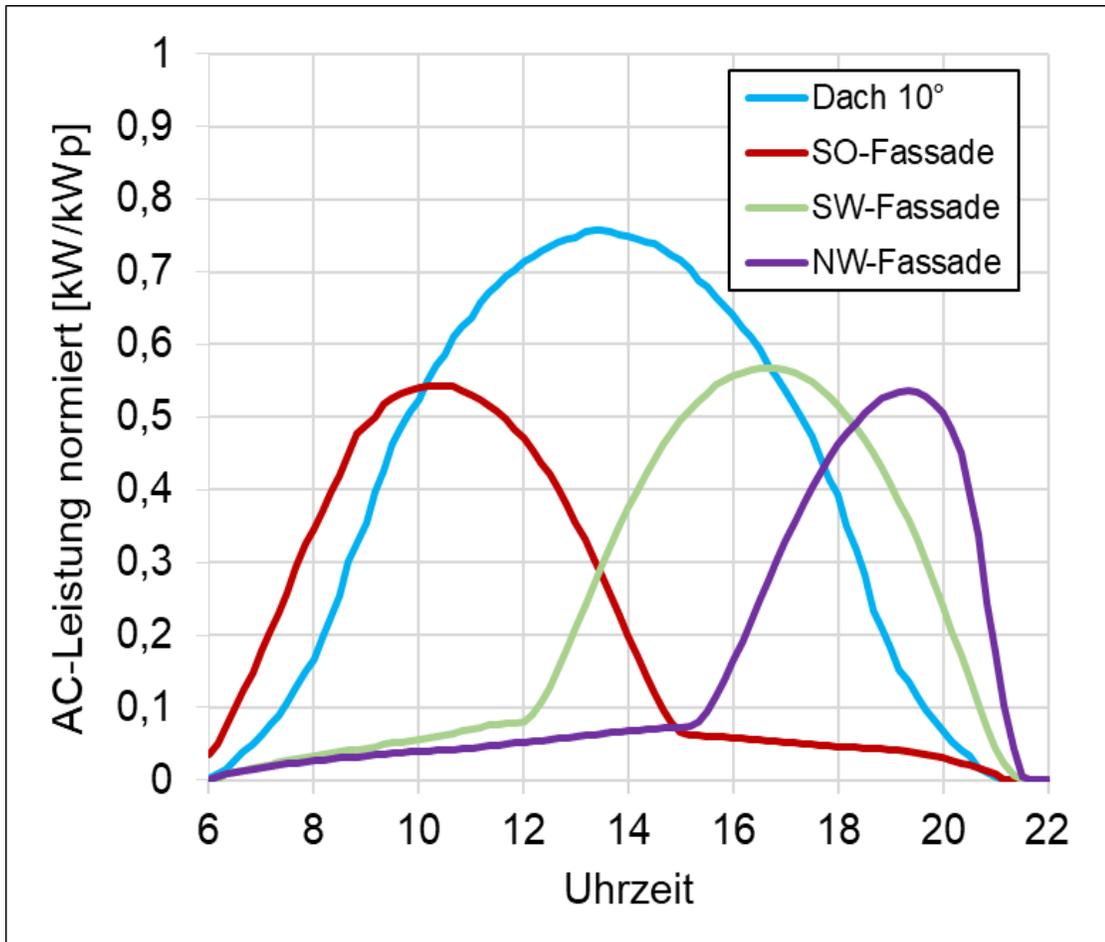


Blick von Süden

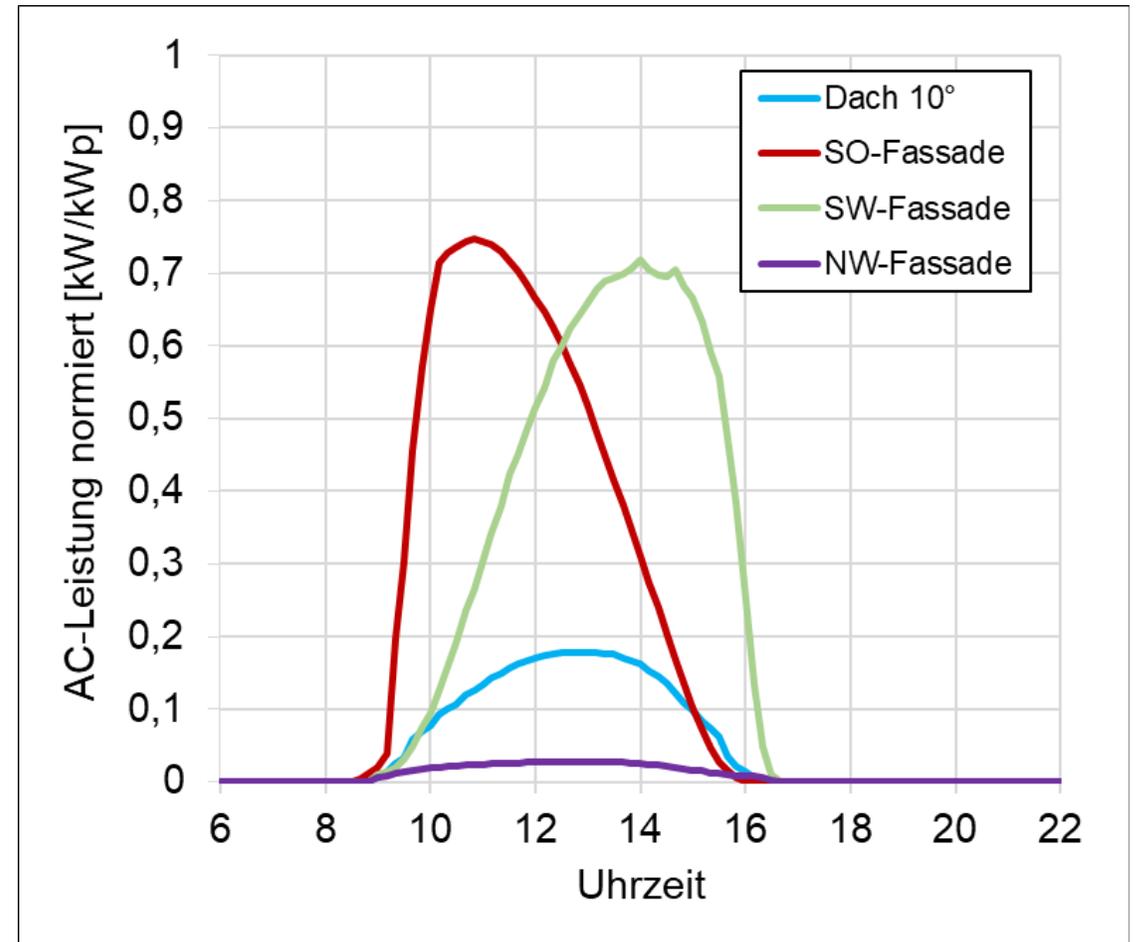
- PV-Module: CIGS, Glas/Glas,
- Hersteller: Nice Solar Energy
- Systemplanung: ZSW
- Gesamtleistung: 19 kWp
- Orientierung: SO/NW und SW/NO,  
10° geneigt
- Verschattung: Oberlicht
- Untergrund: Kies, Trennung von PV  
und Begrünung

# Tagesverlauf der spezifischen Leistung von PV-Fassaden und -Dach

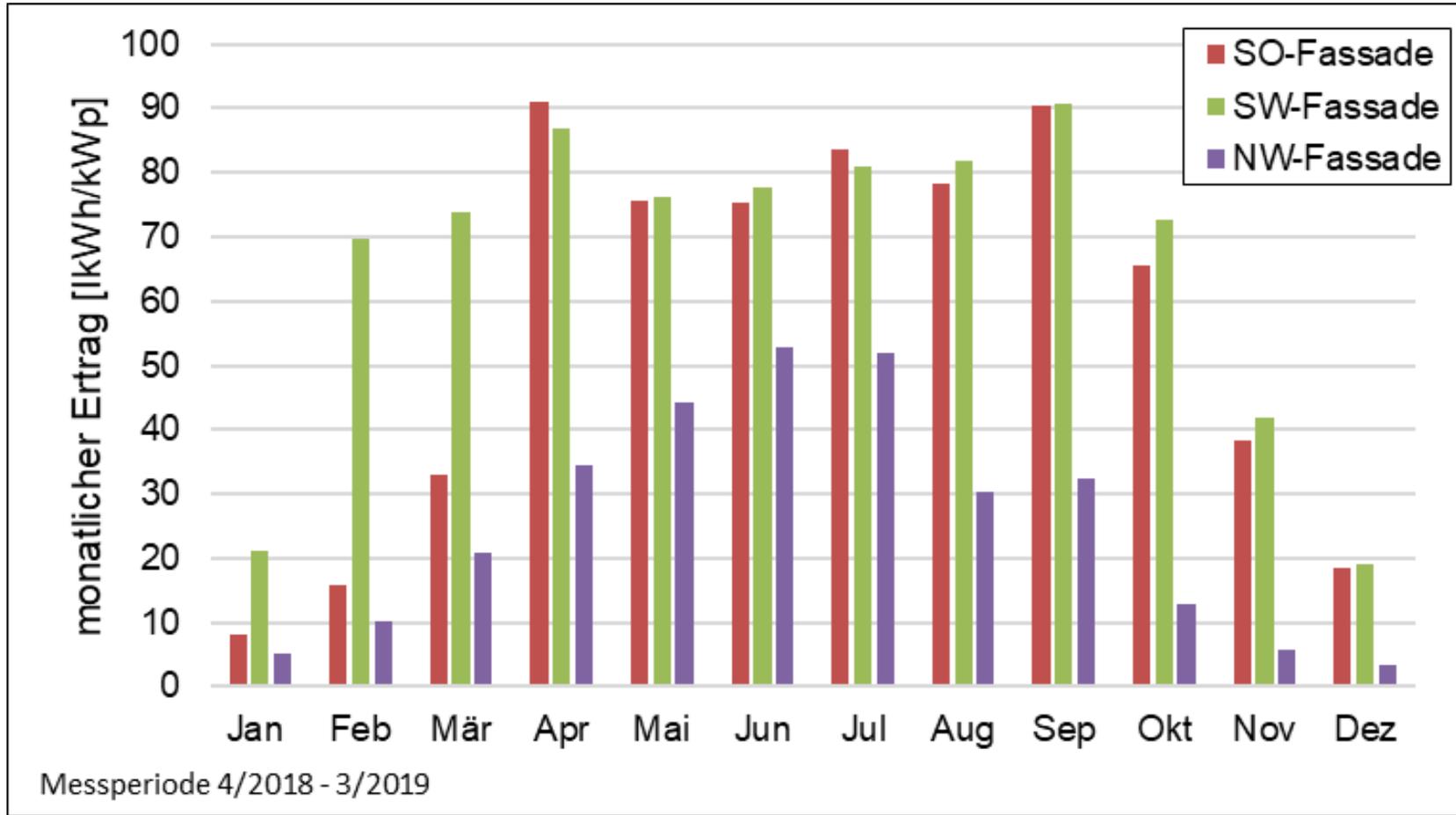
Sommer (28. Juni)



Winter (6. Januar)



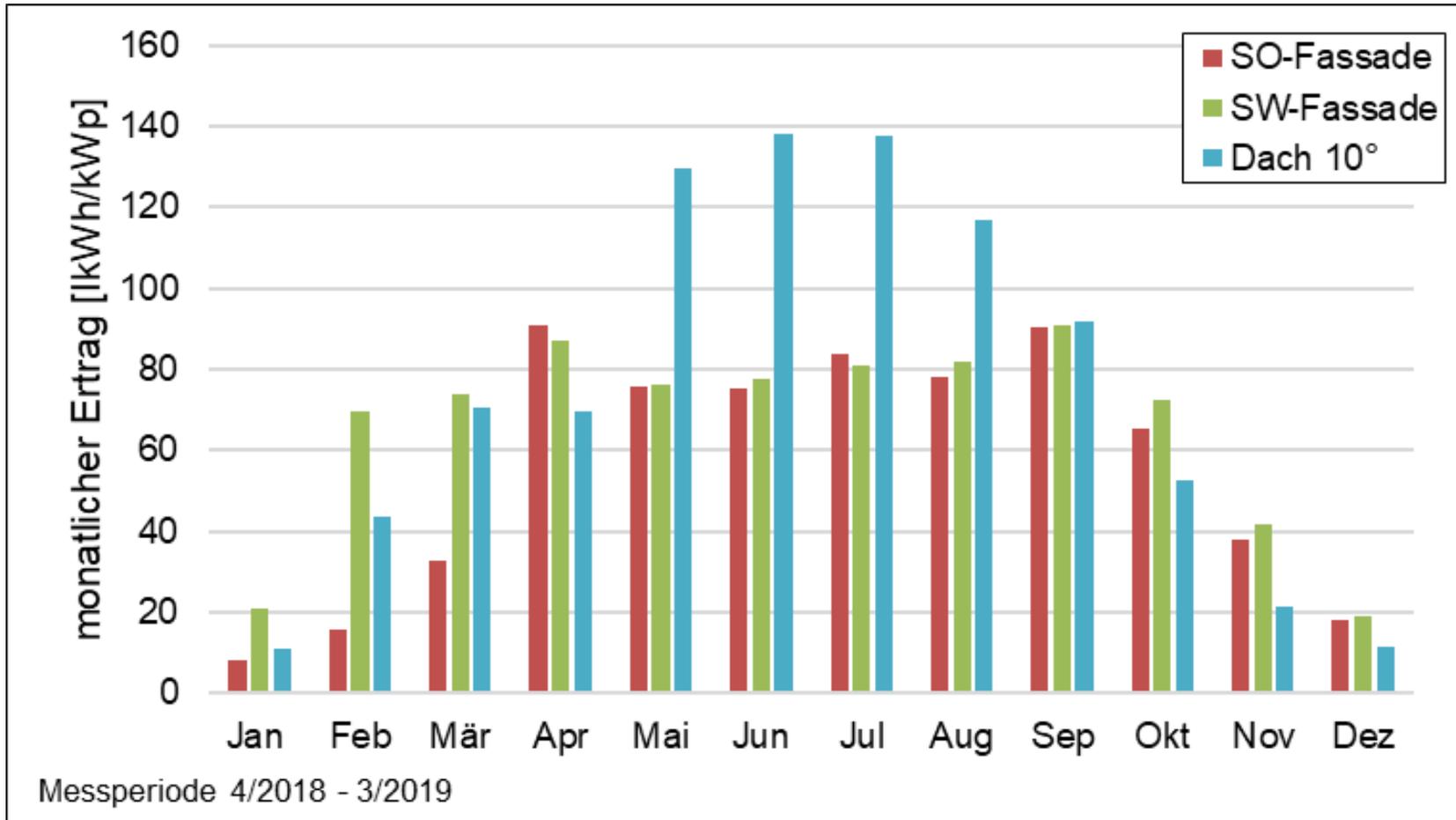
# Monatlicher Energieertrag der PV-Fassaden des ZSW



Orientierung	Ertrag [kWh/kWp/a]
SO	674
SW	793
NW	305

- Ertrag NW-Fassade: nur 38 - 45% der SO/SW-Fassaden

# Energieertrag PV-Fassaden und PV-Dach des ZSW



Orientierung	Ertrag [kWh/kWp/a]
SO	674
SW	793
Dach 10°	894

- höherer Ertrag der Fassaden im Winterhalbjahr
- bessere saisonale Stetigkeit der Fassaden

# Verschattung

- ZSW als Landmarke geplant
- nachträglich gebautes Nachbargebäude ist ein Stockwerk höher



# Verschattung



Horizont im SO



Detail: Fassade

Verschattung durch

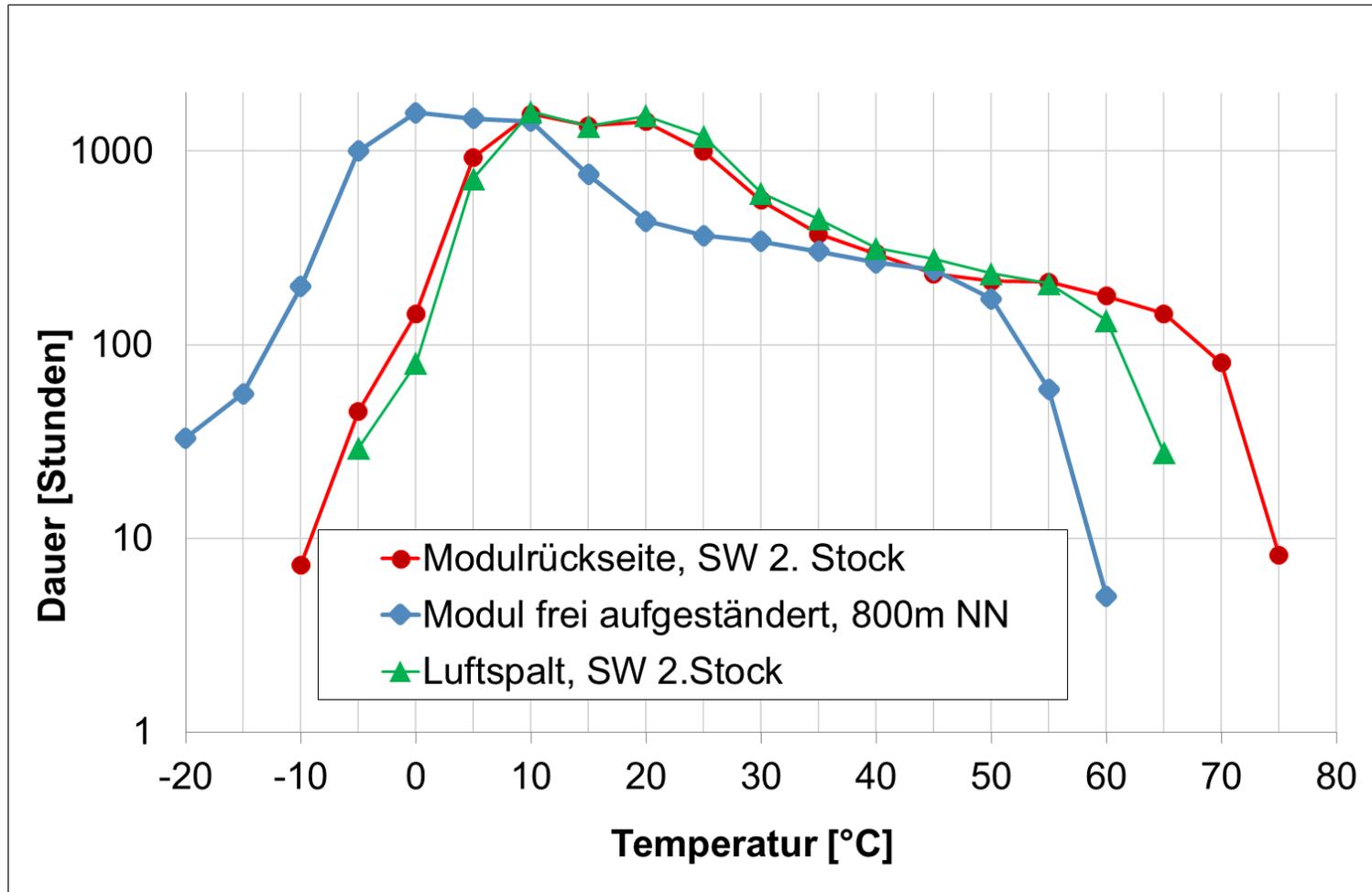
- Vegetation
  - natürliche und gebaute Umgebung
- } → Abstimmung mit Stadtplanungsamt

- eigene Gebäudekörper
- eigene Fassade

→ Idealerweise liegen die Module in der äußeren Ebene des Fassadenaufbaus

# Modultemperaturen in der PV-Fassade des ZSW

## Häufigkeitsverteilung der gemessenen Modul- und Luftspalttemperatur



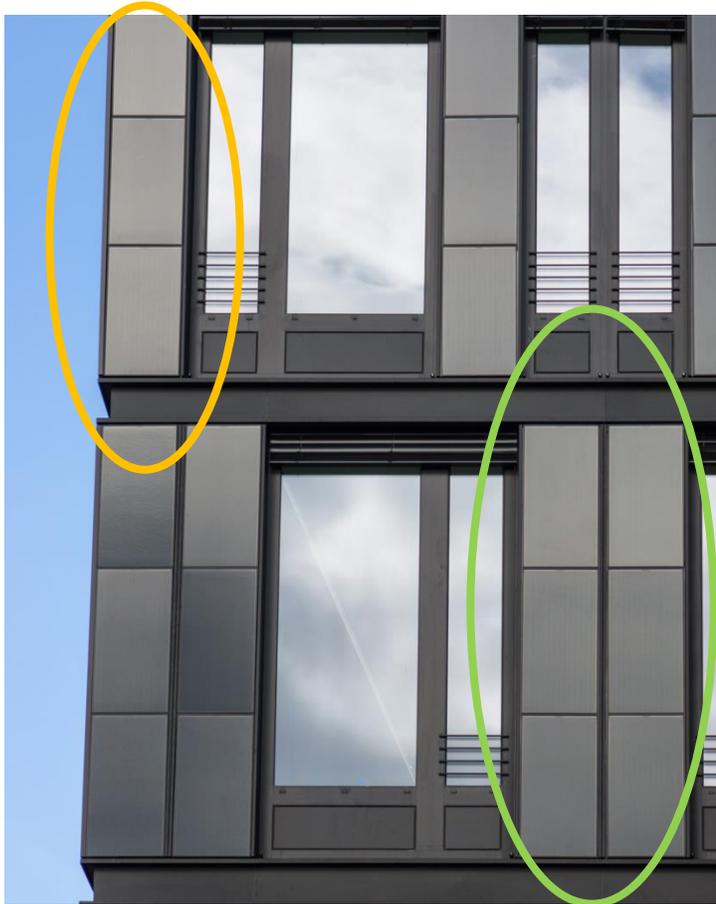
Messdauer: ein Jahr

Maximaltemperatur des Fassadenmoduls: 75°C

Dauer: < 10h/a

→ Betriebstemperaturen von PV-Modulen in VHF bleiben innerhalb der Spezifikation

# Kostenvergleich von Aluminium- und PV-Fassade

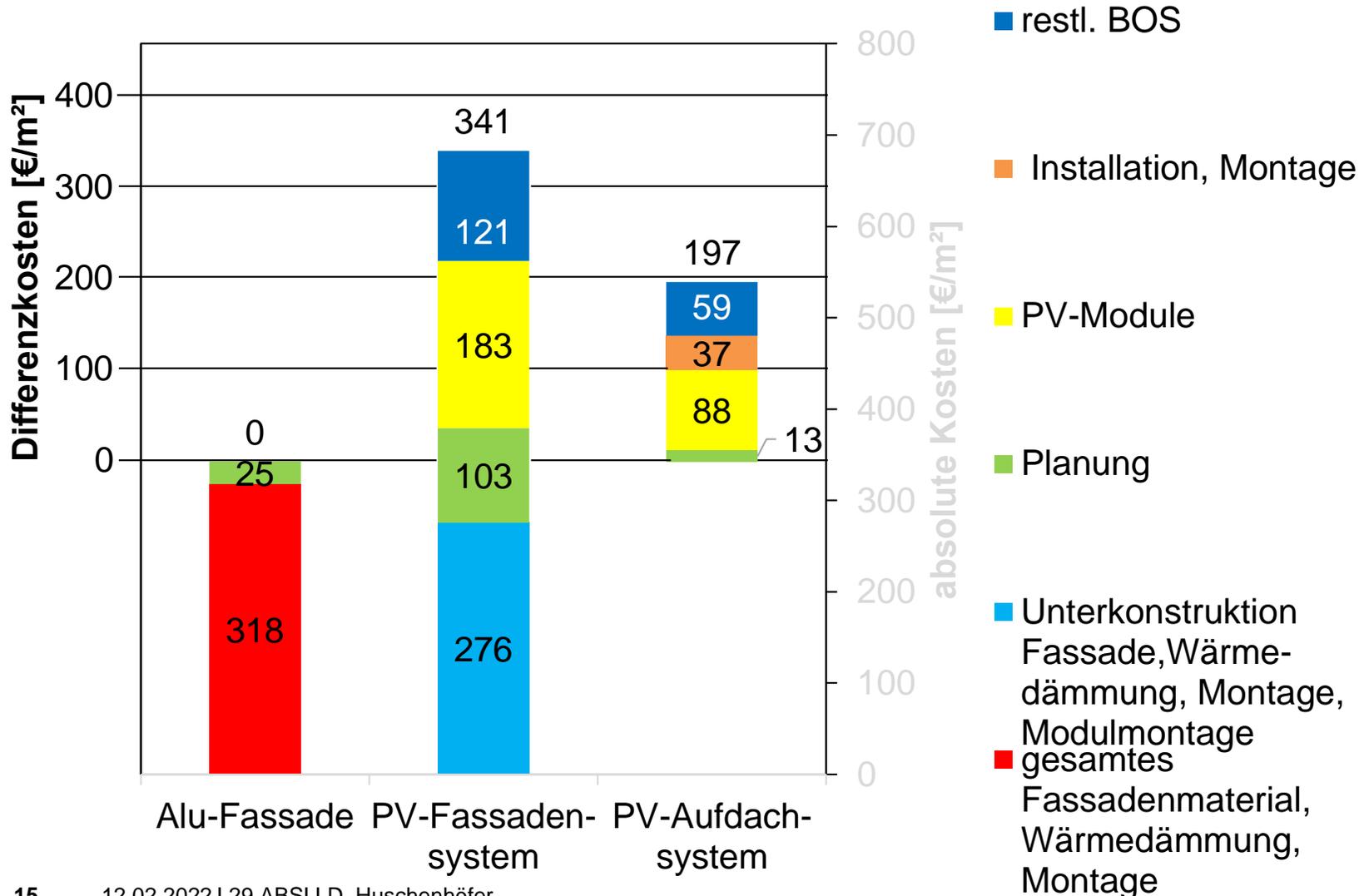


PV-Fassadenelemente



Aluminium-Fassadenelemente

# Differenzkosten des PV-Systems zur Aluminium-Fassade



- Annahmen (2017):  
Aufdachanlage: 1300 €/kWp  
Modulwirkungsgrad: 15%

- Beschränkung auf Standardformat reduziert Modulkosten um 40%
- hoher Planungsaufwand, verringerbar durch frühzeitige Betrachtung von PV

# PV-Stromerzeugungskosten (Baden-Württemberg)

PV-System	Invest €/kWp	Diff. kosten zur Alu- Fassade €/m <sup>2</sup>	Jährlicher Ertrag kWh/kW	Stromkosten €Cent/kWh
PV-Freifläche, x MW	700		1.000	4,5
PV-Aufdach, x kW	1.300		1.000	8,4
PV-Fassade ZSW, realisiert, 2017	2.270	340	620 - 750*	24 - 20
PV-Fassade ZSW, nur Standardformat, 2017)	1.670	250	620 - 750*	17 - 14
PV-Fassade Potential)**	1.000 – 1.300	150	620 - 750*	11 - 9

Annahmen:

- Abzinsrate 2%,  
Betriebskosten 1%/a,  
Laufzeit 25 Jahre
- Fassade: PV-Leistung  
150 W/m<sup>2</sup> - entspricht  
15% PV-Wirkungsgrad

)\* je nach Verschattung:  
mäßig (SO) bis  
unverschattet (SW)

)\*\* Fassade Potential:  
weitere Kostenreduktion,  
40 Jahre Laufzeit

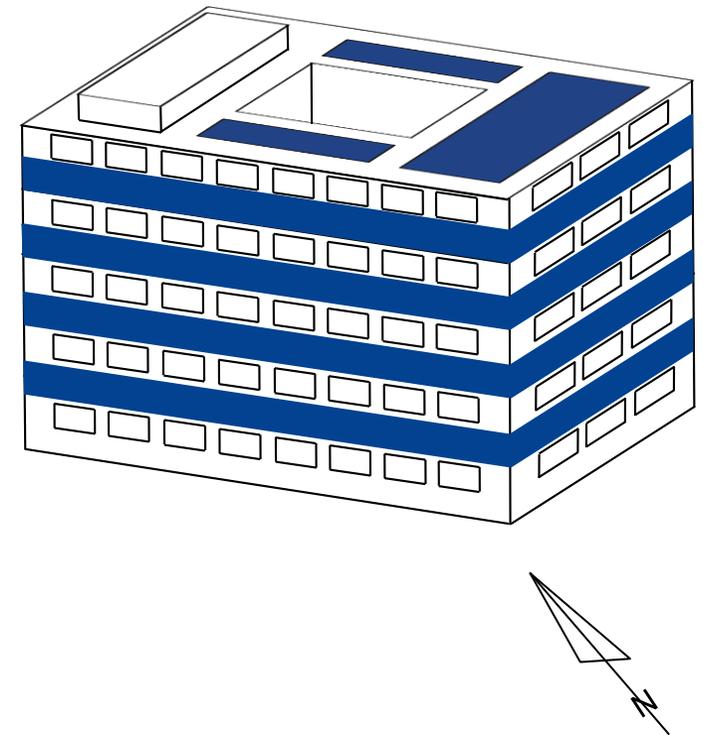
# Simulation mit Messdaten für ein typisches Bürogebäude

---

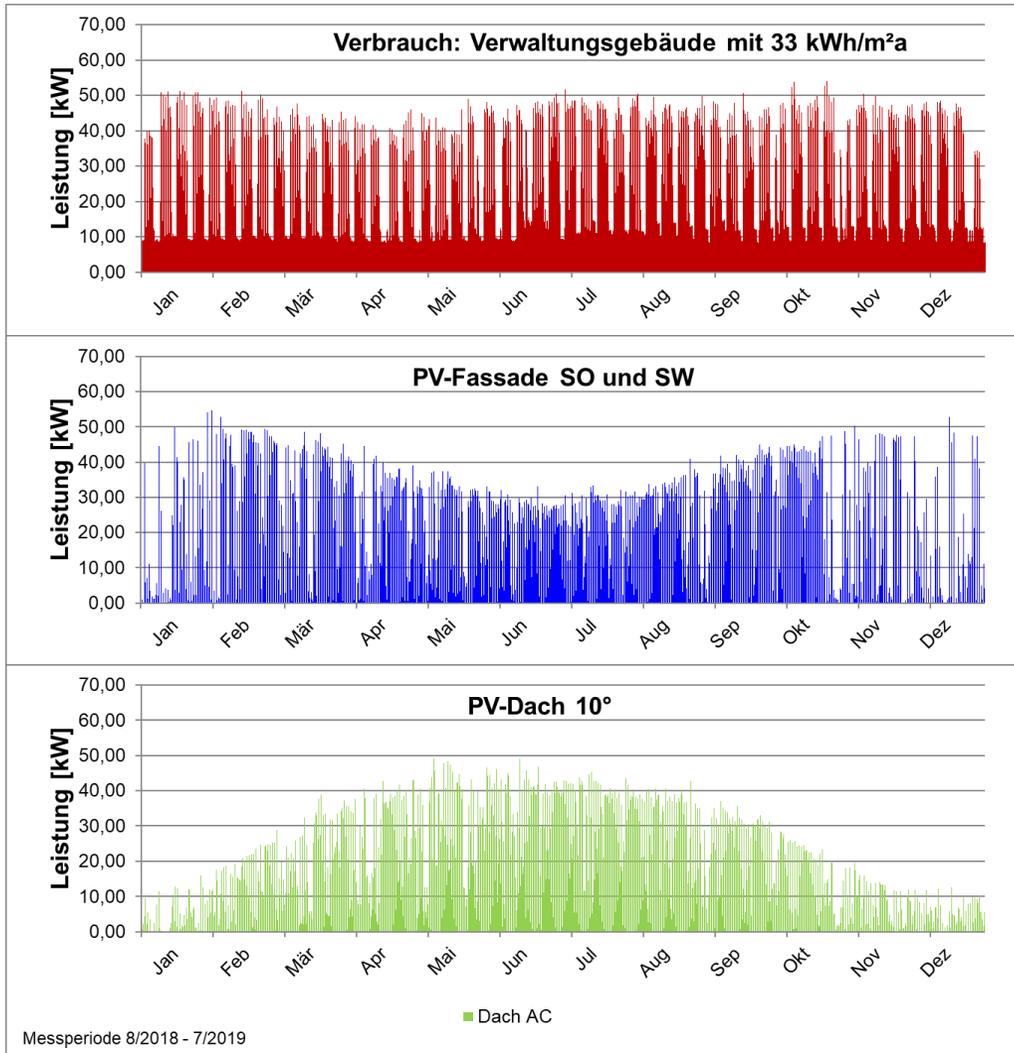
- gemessene Jahres-PV-Ertragsprofile von Fassade und Dach des ZSW in Stuttgart
- gemessene Verbrauchsdaten eines durchschnittlichen Verwaltungsbaus des Landes Baden-Württemberg
- Übertragung auf ein virtuelles Gebäude mit gleicher Orientierung wie ZSW-Gebäude
- Betrachtung des Eigenverbrauchs und der Eigenversorgung für dieses virtuelle Gebäude
- Variation der Anzahl der Stockwerke
- kein el. Energiespeicher

# simuliertes Bürogebäude

- Grundfläche: 48 x 36 m<sup>2</sup> mit Atrium (21 x 21 m<sup>2</sup>)
- 5 Stockwerke, Nettofläche 5180m<sup>2</sup>
- PV Fassade SO/SW ohne Erdgeschoss, 78 kWp, 23% Flächenbelegung
- PV Dach SO/NW + SW/NO 53 kWp, 30% Flächenbelegung
- elektr. Energieverbrauch: 171.000 kWh/a (hochgerechnete Messdaten für Bürogebäude des Landes Baden-Württemberg)
- PV Energieproduktion: 114.000 kWh/a (hochgerechnete Ertragsdaten ZSW)



# Energieproduktion und -Verbrauch auf Gebäudeebene



- Verbrauch: Relativ gleichförmig übers Jahr

- Fassaden: höhere Leistungen im Winter

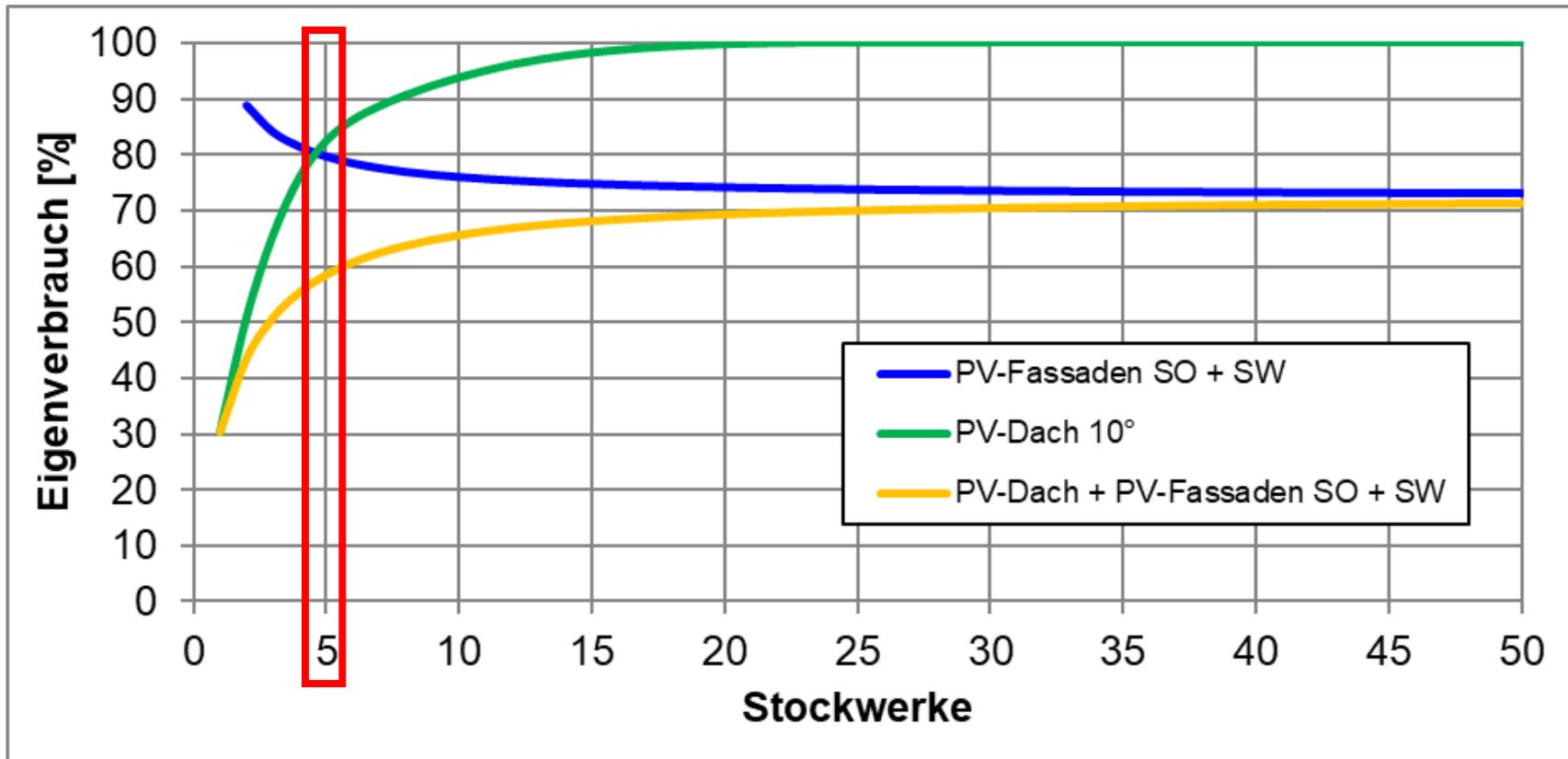
- Dach: höhere Leistungen im Sommer

→ 58% Eigenverbrauch

→ 38% Autarkiegrad

→ **Ideale Kombination: PV-Fassade + PV-Dach**

# PV-Eigenverbrauchsanteil



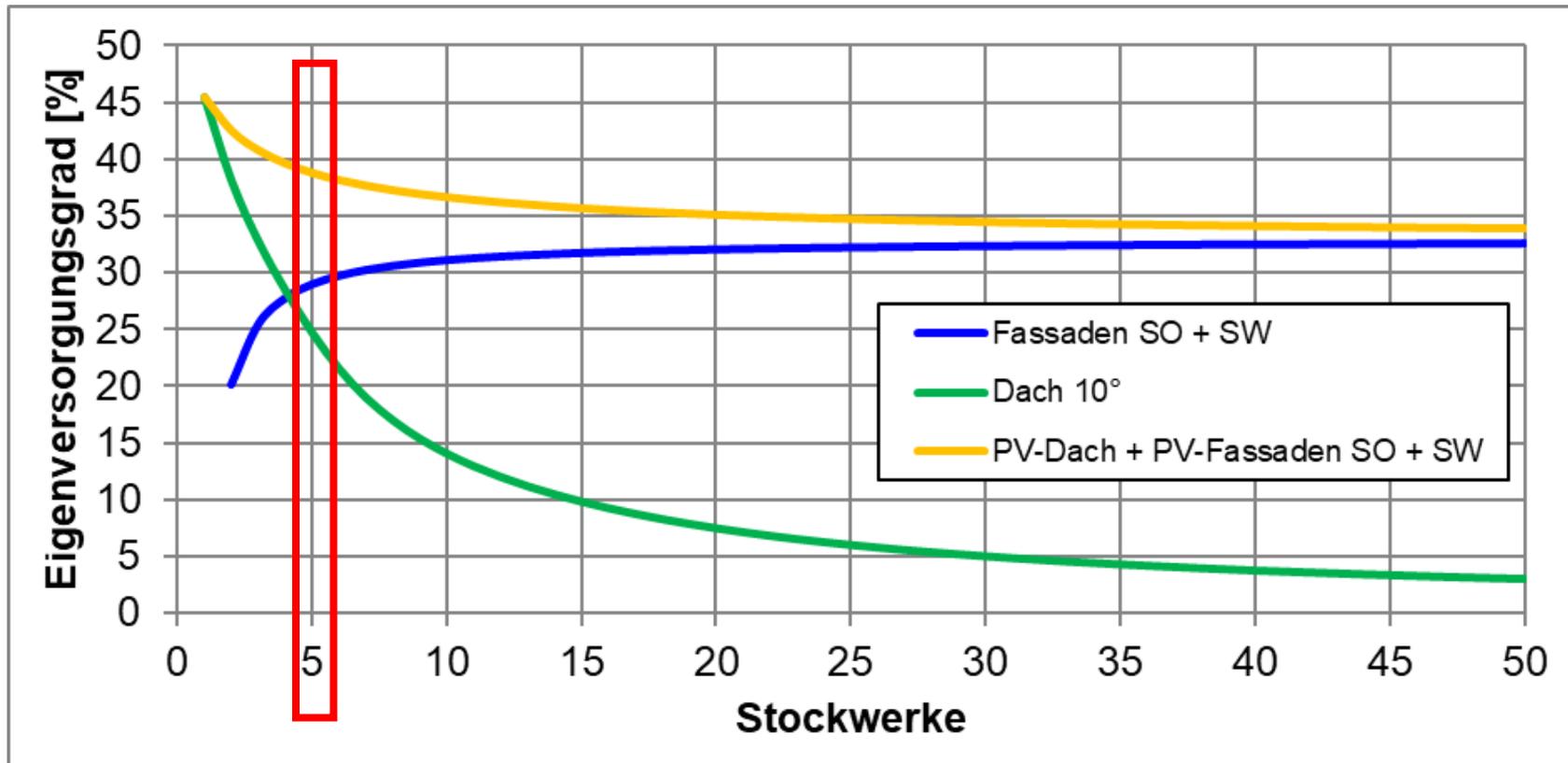
## Definition

Eigenverbrauchsanteil:

Anteil der im Gebäude verbrauchten PV-Energie an der gesamten erzeugten PV-Energie.

- Eigenverbrauchsanteil von PV-Dach stärker von Stockwerksanzahl abhängig
- Eigenverbrauchsanteil von PV-Fassade stets über 72%

# PV-Eigenversorgungsgrad



Definition  
Eigenversorgungsgrad  
(Autarkiegrad):

Anteil der im Gebäude  
verbrauchten PV-Energie am  
gesamten el. Energie-  
verbrauch des Gebäudes

- über 30% Eigenversorgung durch PV-Fassade ab 7 Stockwerken
- stets über 34% Eigenversorgung durch PV-Fassaden + PV-Dach

# Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

---

- BIPV ist für Nullenergiegebäude unerlässlich
- Bessere Stetigkeit des Fassadenertrags im Tages- und Jahresverlauf als geneigte südorientierte PV-Systeme
- Eigenverbrauchsanteil bei PV-Fassaden im gezeigten Beispiel eines fünfstöckigen Bürogebäudes 80%
- Elektr. Eigenversorgungsgrad von rund 40% durch PV-Fassade und –Dach ohne Speicher im gezeigten Beispiel
- PV-Fassade mit PV-Dach stellen die ideale Kombination dar

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Dennis Huschenhöfer

E-Mail: [dennis.huschenhoefer@zsw-bw.de](mailto:dennis.huschenhoefer@zsw-bw.de)

