

Plus-Energie-Stadtteil Sun^{power} City

ein Projekt im Auftrag des Klima- und Energiefonds,
FFG-Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“



Referentinnen:

Arch. Ursula Schneider, pos architekten

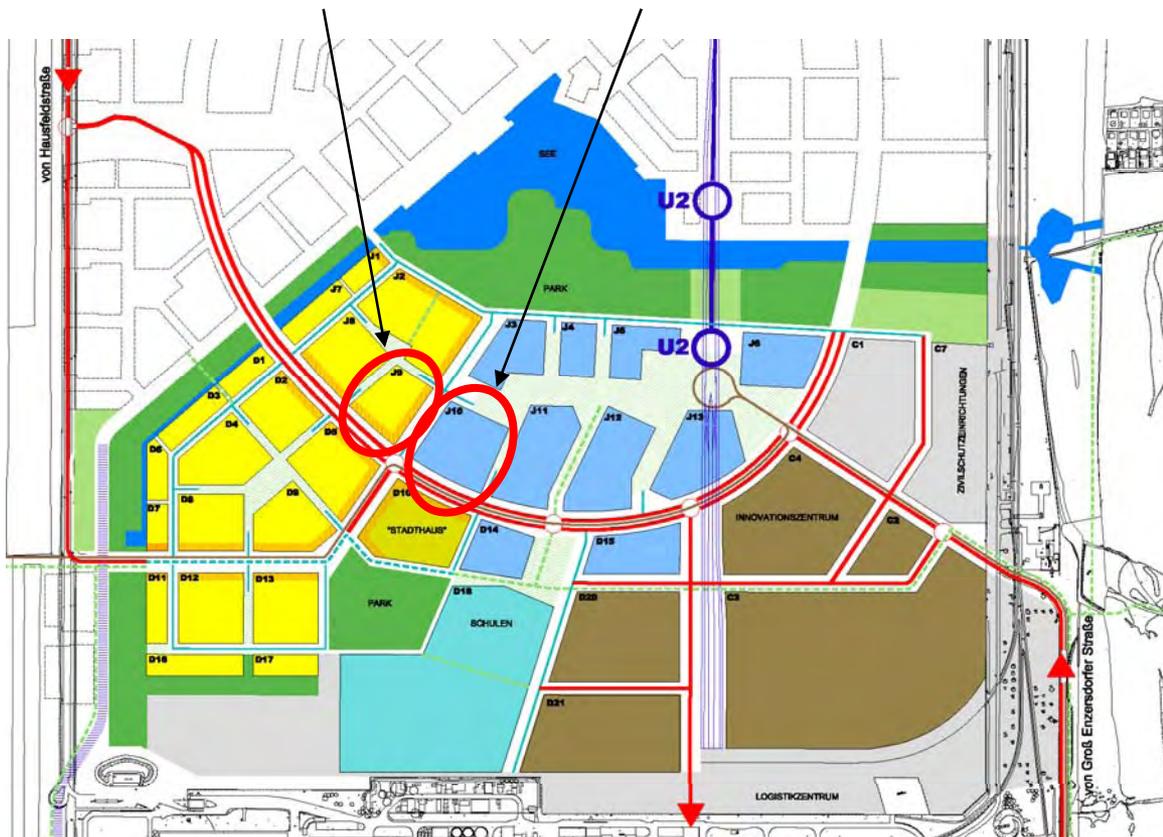
Mag. Susanne Lins, tatwort

1. Ist Energie-plus mit Schwerpunkt GIPV in mehrgeschossigen urbanen Gebäuden möglich?
Wie wird der Solarertrag optimiert?
2. Wie kann eine sinnvolle und wirtschaftliche Umsetzung erfolgen?

Testgebiet aspern Seestadt

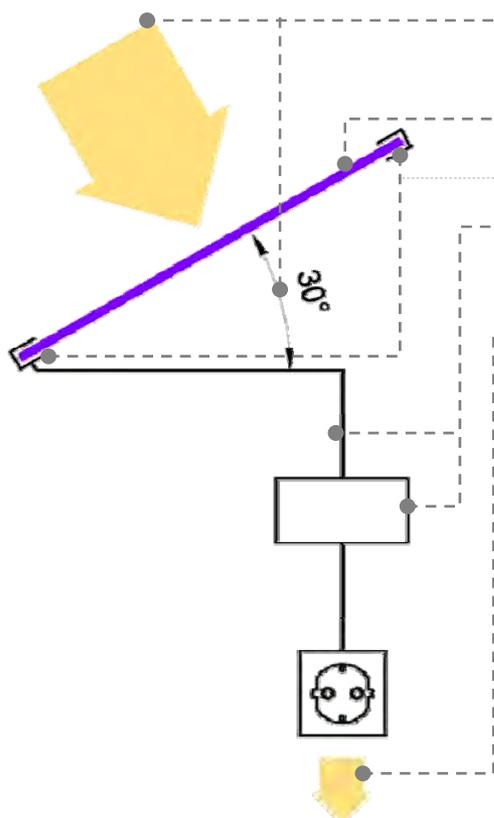
Baufeld J9
Wohnbau
Bauklasse IV

Baufeld J10
Bürobau
Bauklasse IV



Berechnungsansatz für die PV-Erträge (Standort Wien)

optimale Orientierung, keine Verschattung, kein Verlust durch fehlende Hinterlüftung



- Eintrag auf eine optimal (Süd 30°) ausgerichtete PV-Fläche: 1300 kWh/m²a
- PV-Wirkungsgrad **medium** ca. 14%
- Verluste durch bauliche Bedingungen ca. 5%
- PV-System Verluste ca. 20%

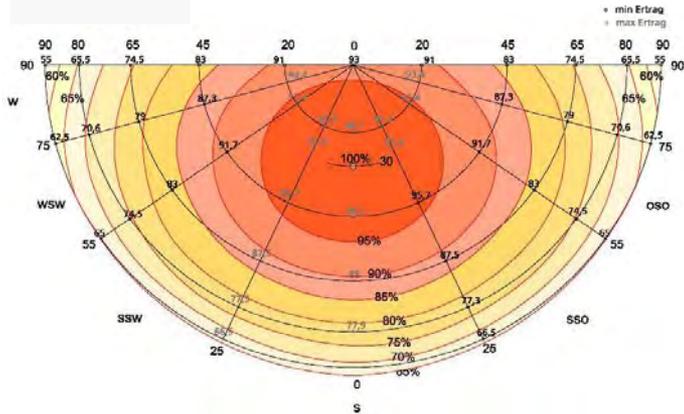
Jahrestromertrag / m² PV-Fläche gerundet 135 kWh/m²a

- Eintrag auf eine optimal (Süd 30°) ausgerichtete PV-Fläche: 1300 kWh/m²a
- PV-Wirkungsgrad **maximum** ca. 18%
- Verluste durch bauliche Bedingungen ca. 5%
- PV-System Verluste ca. 20%

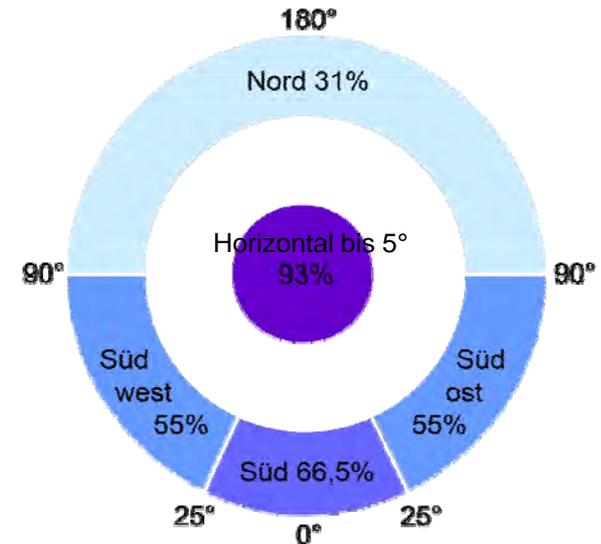
Jahrestromertrag / m² PV-Fläche gerundet 174 kWh/m²a

Abschläge vom max. PV-Ertrag durch Orientierung

Wirkungsgrad und Orientierung der PV-Flächen



Vertikal



Quelle: eigene Interpolation basierend auf: www.PV-Ertrag.com

Mittlere Flächeneffizienz für die gewählten Sektoren (lt. Vorschlag POS)

Ausrichtung (°)	Ausrichtung (°)				
	Ost 90-119	so 120-150	Süd 150-210	sw 210-240	West 240-270
0	88%	88%	88%	88%	88%
0-5	88%	89%	90%	89%	88%
6-15	89%	92%	93%	92%	89%
16-29	88%	94%	97%	94%	88%
30	87%	95%	99%	95%	88%
31-45	86%	94%	98%	94%	86%
46-60	80%	90%	95%	89%	79%
61-80	70%	79%	84%	80%	70%
81-89	59%	68%	72%	68%	59%
90	55%	63%	67%	63%	55%

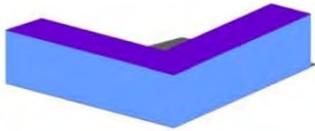
Eigene Annahme: Jeweils der schlechteste Wert im Sektor wurde gewählt

Legende
<50 %
50-80 %
80-90%
>90%

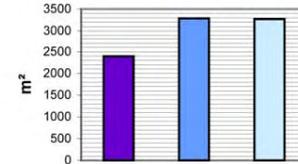
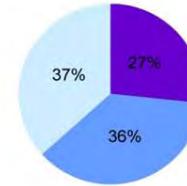
Wie schaut das in gemäßigten Klimazonen aus?

Studie Dach Fassade, virtuelle PV Ertragsfläche

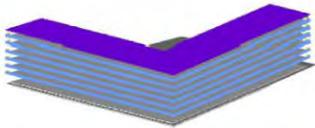
Gebäudehülle ohne Abzüge



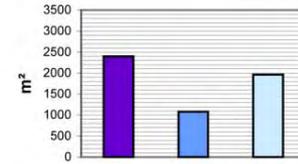
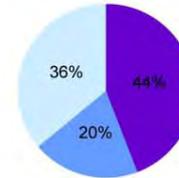
	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2397	0	3287	3272



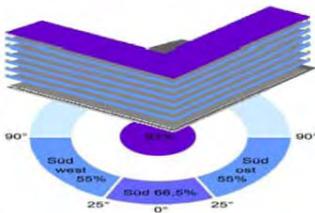
Mögliche PV-Flächen



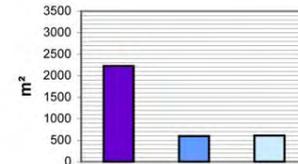
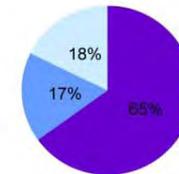
	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2397	0	1079	1963



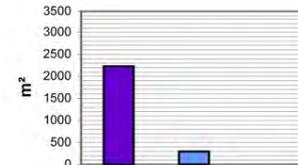
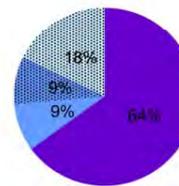
Bewertete PV-Flächen



	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2397	0	1079	1963
Ertrag in %	93%	66,5%	55,0%	31%
SAF	2229	0	593	609



	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2229	0	593	609
Beschattungsfaktor	0%	50%	50%	100%
SAF unbeschattet	2229	0	297	0



beschattet

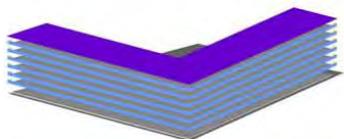
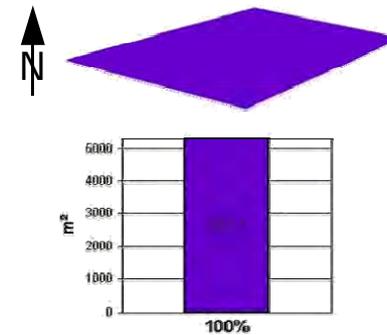
Vergleich Bebauungstypen

virtuelle PV-Ertrags-Fläche (v PV_E-Fläche)
 Verhältnis von PV_E-Fläche der horizontalen Grundstücksfläche zu PV_E-Flächen am Gebäude.

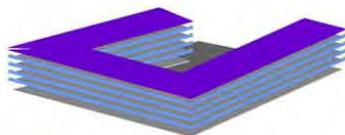
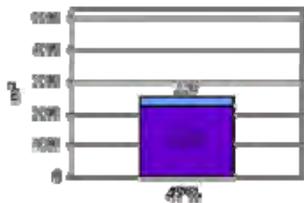
Bezugswert

Grundfläche 5722 m²
 Horizontal bis 3°
 Wirkungsgrad 93%
 PV_E-Fläche 5321 m²

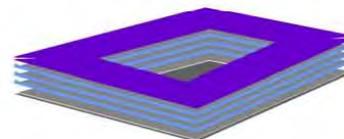
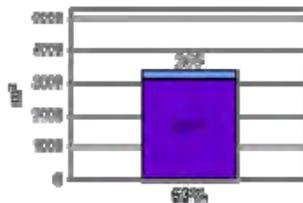
v PV_E-Fläche $\hat{=}$ 100%



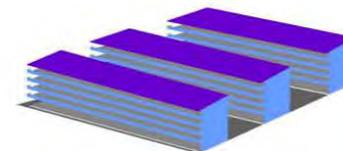
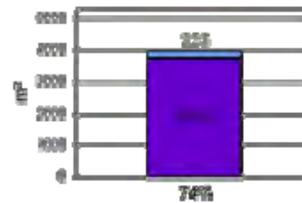
Strategie 2.1



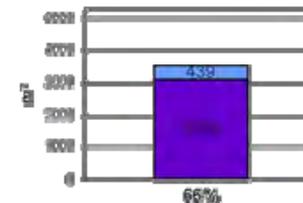
Strategie 2.2



Strategie 2.3



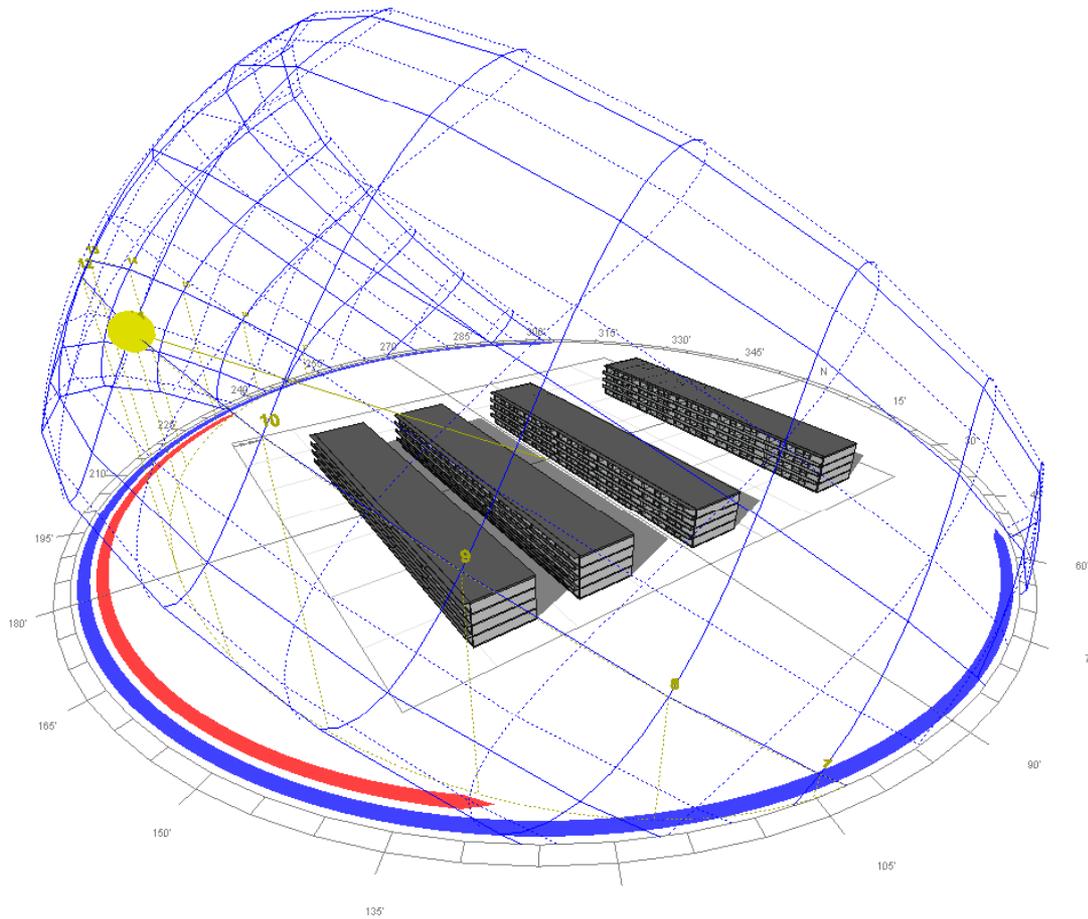
Strategie 2.4



Dynamische Ertragssimulation

Berücksichtigung Verschattung, Modelltyp Wohnbau

- Gebäudeabstände 1:1, 1:2 und 1:3



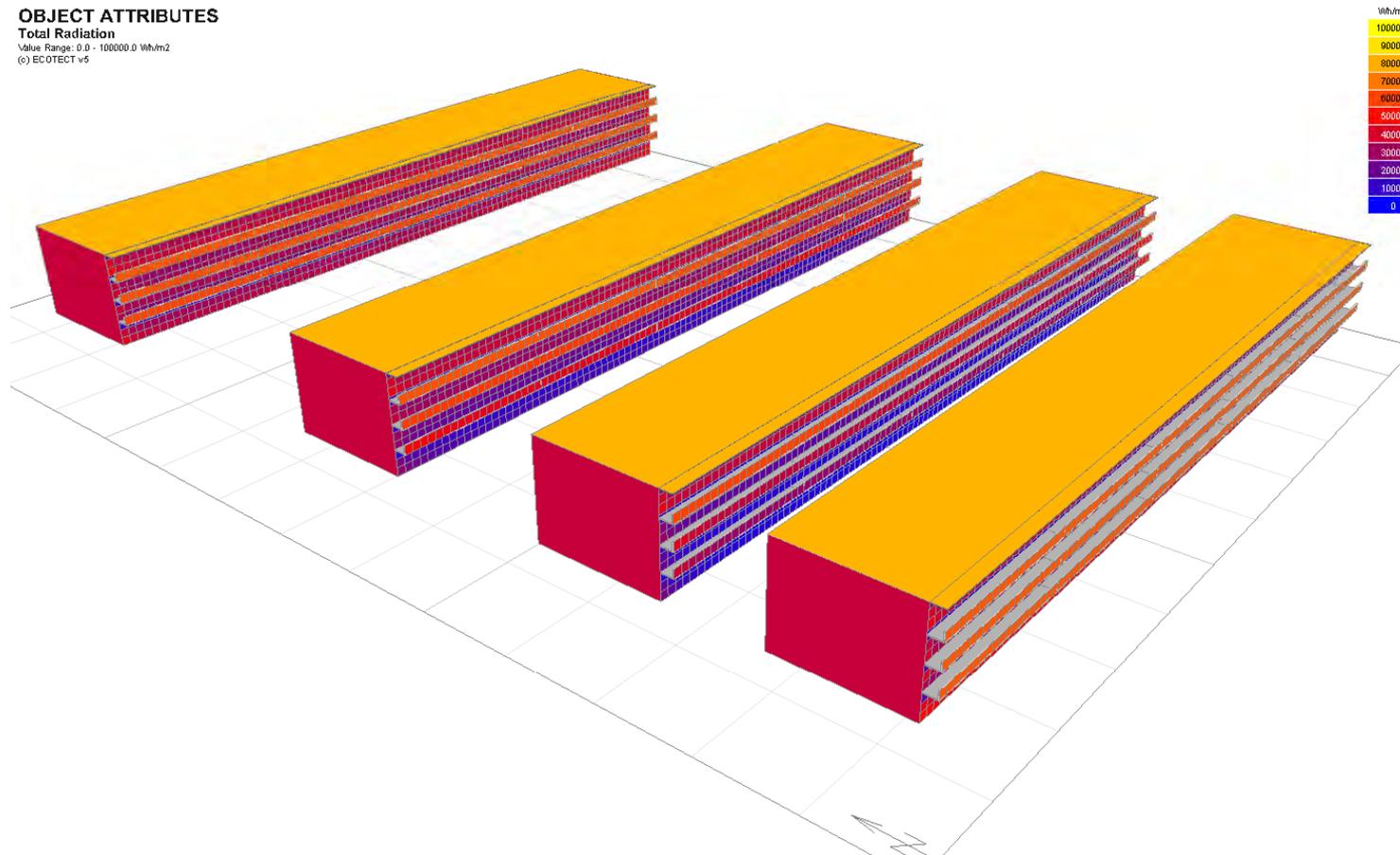
Dynamische Ertragssimulation Berücksichtigung Verschattung, Modelltyp Wohnbau

- Gebäudeabstände 1:1, 1:2 und 1:3

OBJECT ATTRIBUTES

Total Radiation

Value Range: 0.0 - 100000.0 Wh/m2
(c) ECOTECH v5



Energiebedarfsszenarien (aspern Seestadt)

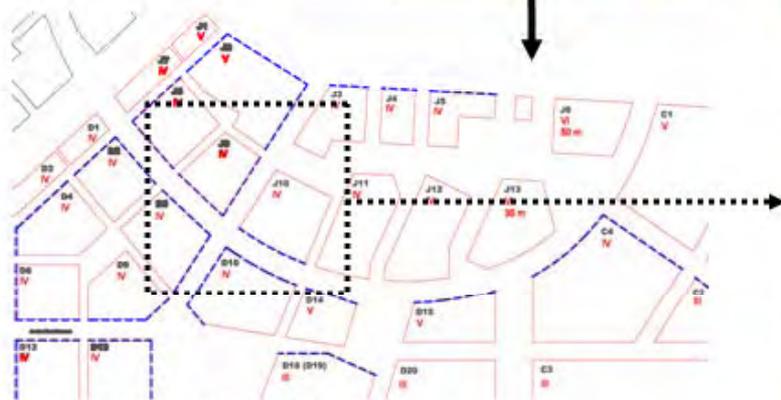
EEB gesamt	Büro	Handel	Lagerhalle	Produktion	Wohnbau
	kWh/m ² Jahr				
Zielszenario (Best Case) davon Strom	64 31	64 31	-	-	55 25
Mindestanforderung davon Strom	117 58	117 58			86 40
Konventionell (Worst Case) davon Strom	151 90	151 90	40 40	655 234	155 65

Testgebiet: J-Sektoren der Seestadt Aspern



Baufeld	Baufeldfläche (V04)	GFZ lt. MP (V04)	BGF lt. MP (V04)	Wohnen	F&E
J3	5.732	2,50	14.330		100%
J9	5.713	2,60	14.854	95%	
J10	8.434	2,50	21.085		100%

Entwurf Tovatt
Städtebauliche Gesamtstruktur
Masterplan Flughafen Aspern



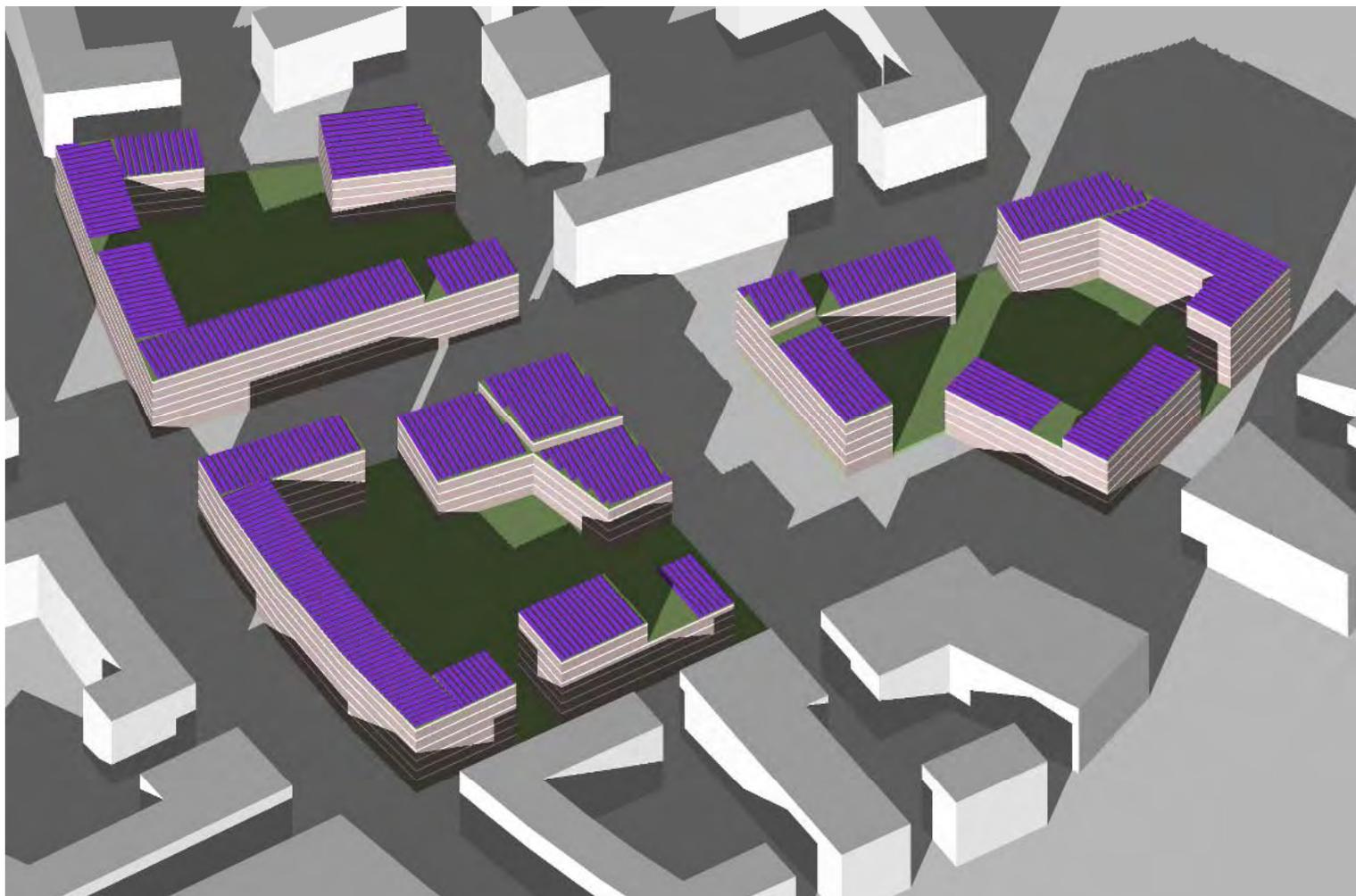
Asperner Flughafen Süd- Stand 080801
Bebauungskarten und Höhen

Ausschnitt Entwurf Tovatt



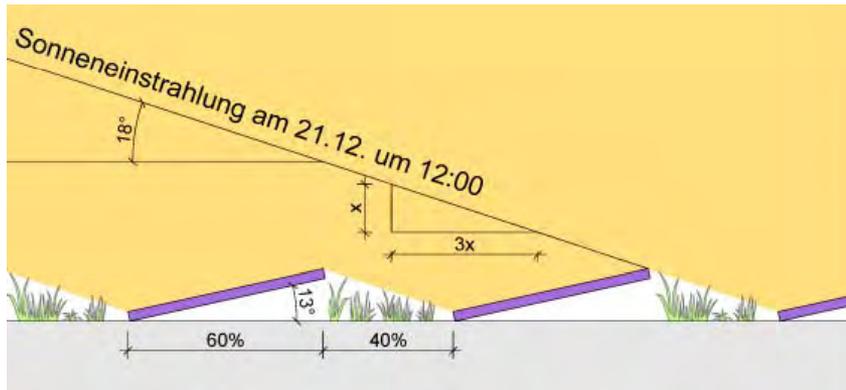
PV Belegung: Ausgangsvariante

nur Flächen mit einer Effizienz über 75% belegt, daher keine vertikalen SO bzw. SW PV Flächen

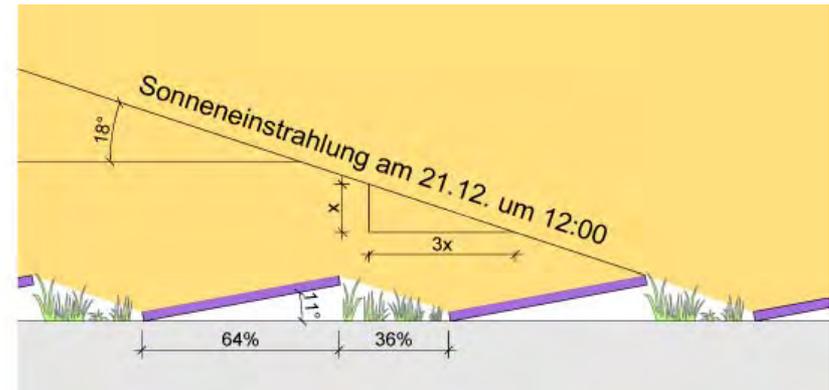


Rahmenbedingungen PV-Belegung Dach

- Gefordert sind: **min. 40% Gründach** für Wohnbau
- vertikale Ausrichtung zur Vermeidung der Verschattung am 21. Dezember, 12:00 Uhr.

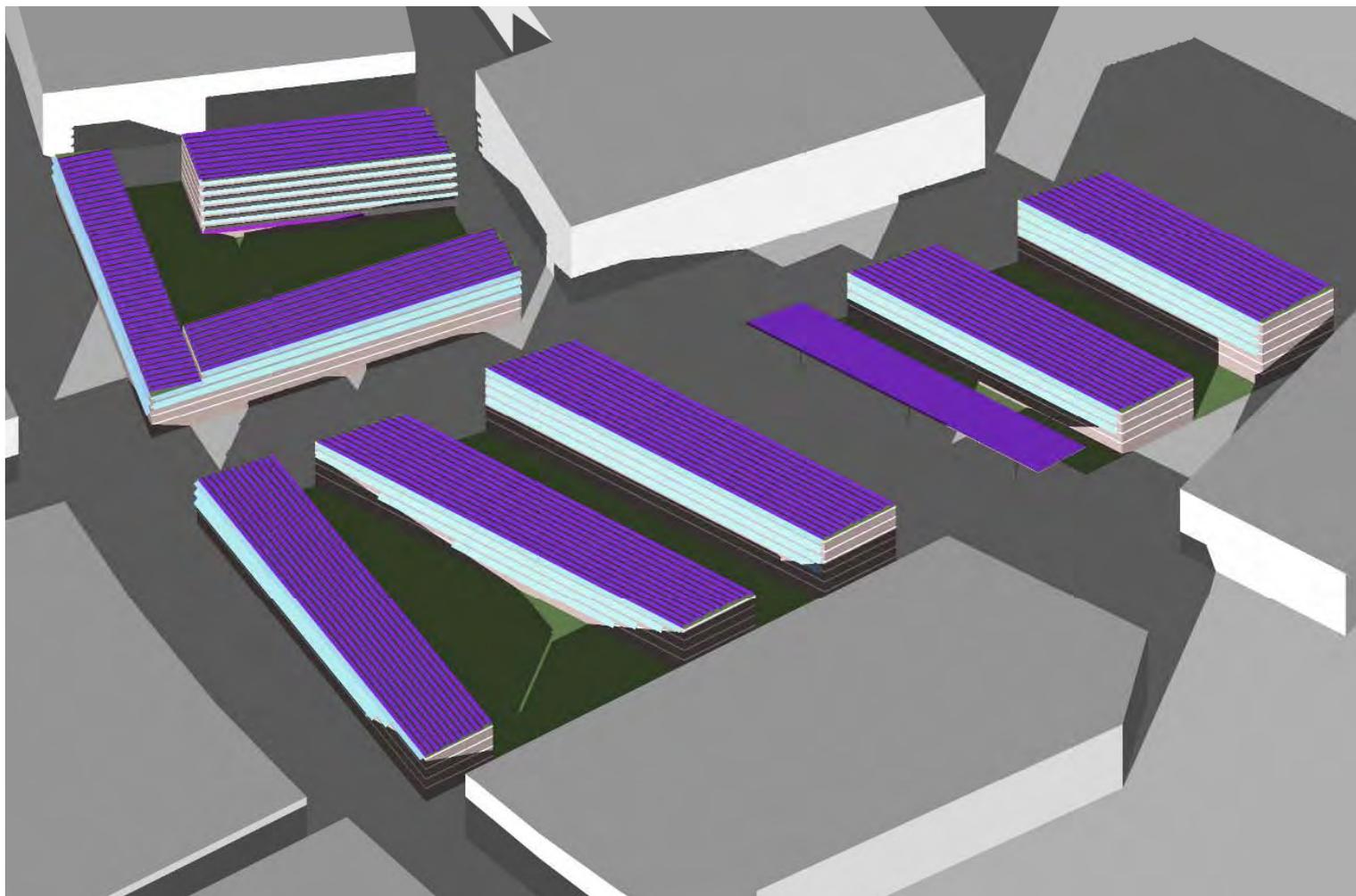


Standard-Belegung Wohnbau

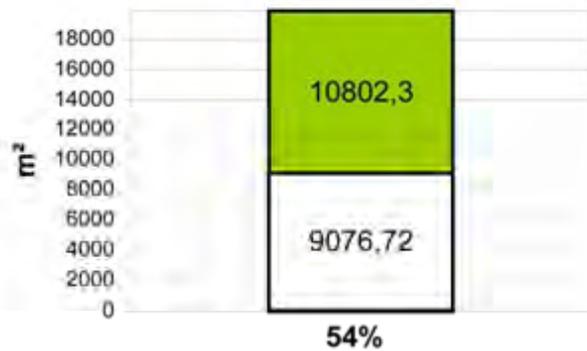


Standard-Belegung Büro

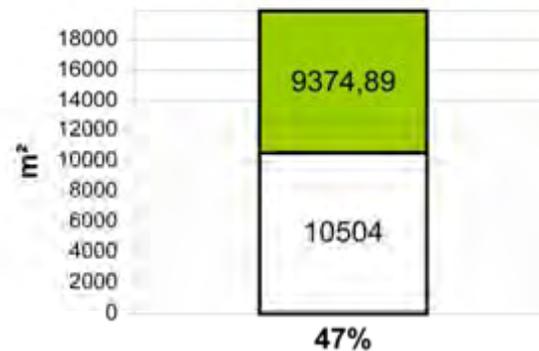
Städtebauliche Optimierung für PV Nutzung:



Städtebauliche Optimierung: Vergleich Grünflächen



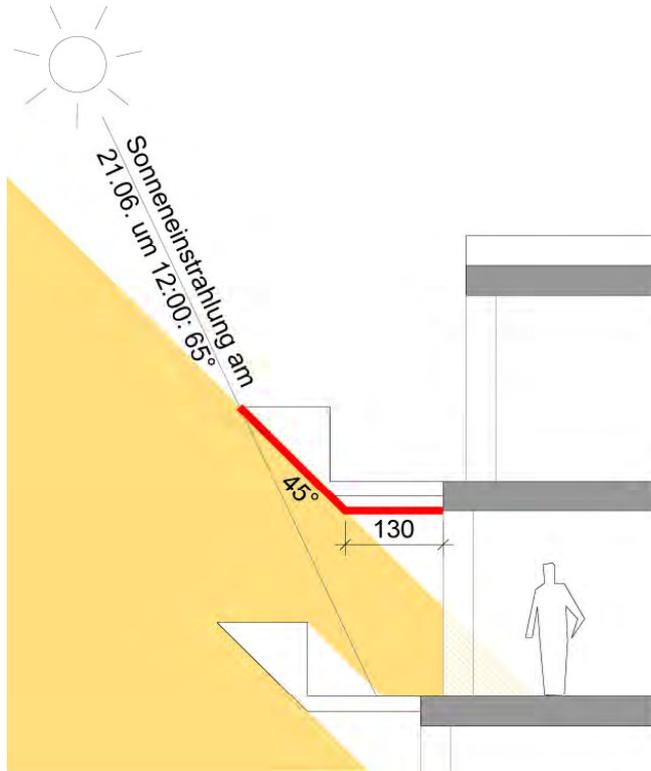
Basis WB-Masterplan



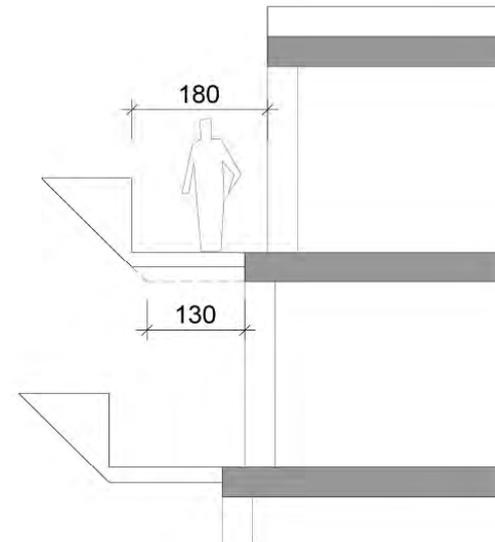
Studie SUNpc

Optimierungsschritt 5b

Rahmenbedingungen für die PV-Belegung: Wohnhausfassade mit Balkon



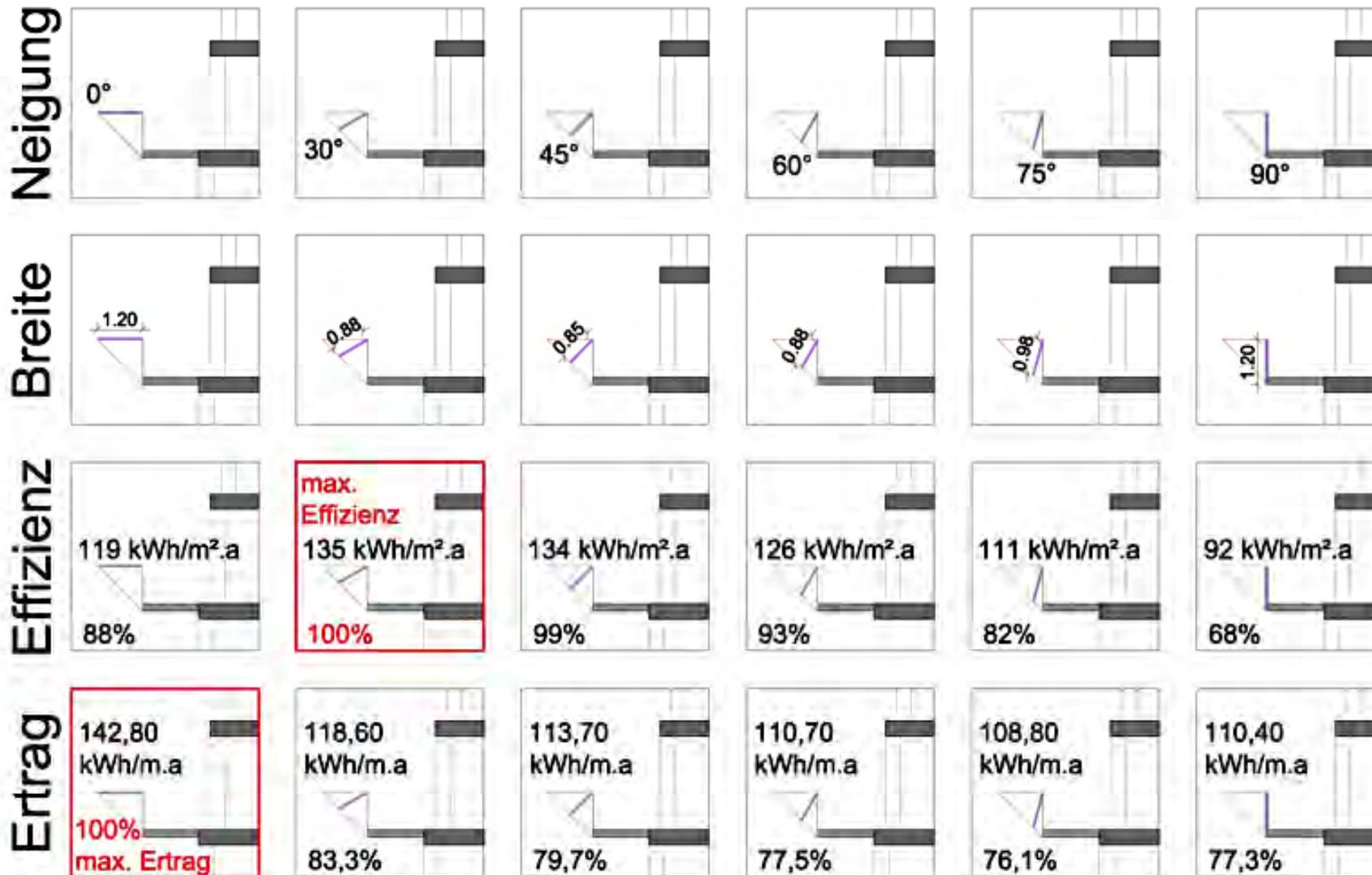
sehr gute Tagesbelichtung:
maximale Auskragung 1,3m
Lichteinfall 45°



Vergößerung der Balkonbreite

Optimierungsschritt 5b

Varianten der PV-Belegung: Wohnhausfassade mit Balkon, Ertrag medium (135 kWh/m²a)

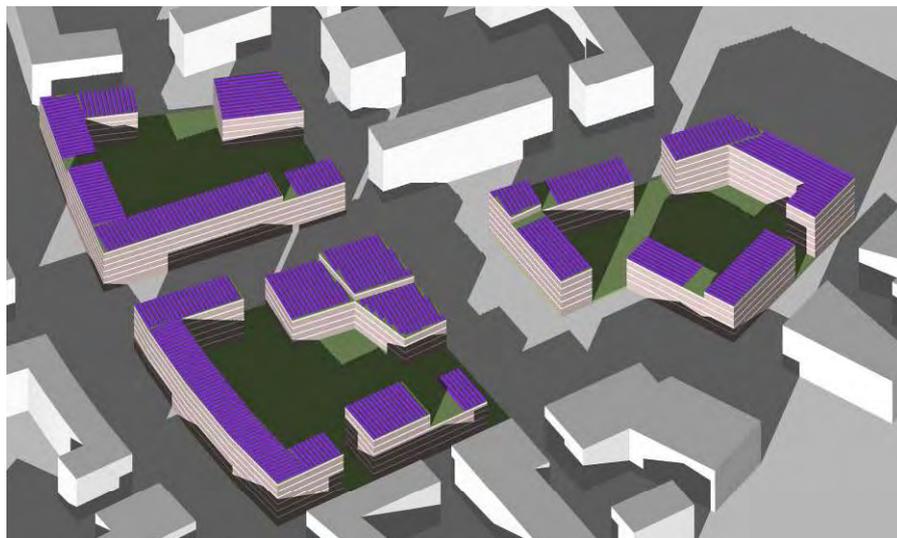


Wohnbau, Balkon, Brüstungsbereich

optimierte PV-Nutzung als
integrales Element für funktional
und gestalterisch neue
Fassadenlösungen



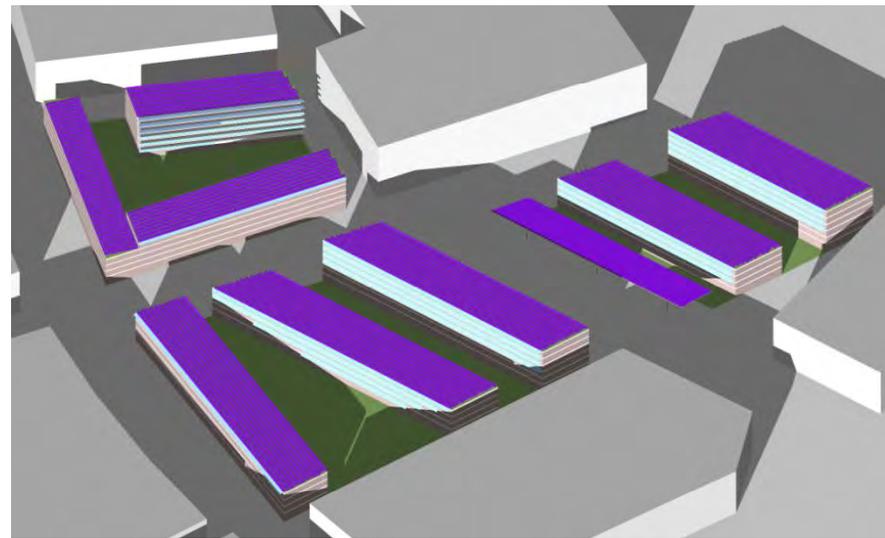
Vergleich



Ausgangsvariante

PV-Ertrag gesamt:	712.037 kWh/a
davon Dach:	712.037 kWh/a
davon Fassade:	- kWh/a
PV-Flächen:	5.704 m ²
PV-Wirkungsgrad:	124,83 kWh/m ² _{PV-a}
PV-Ertrag/BGF:	14,85 kWh/m ² _{BGF-a}

Anm. zu den PV Flächen an Fassaden: Annahme übliche vertikale Anbringung, d.h. Wirkungsgrad ist 68% und wirtschaftlich kaum darstellbar.

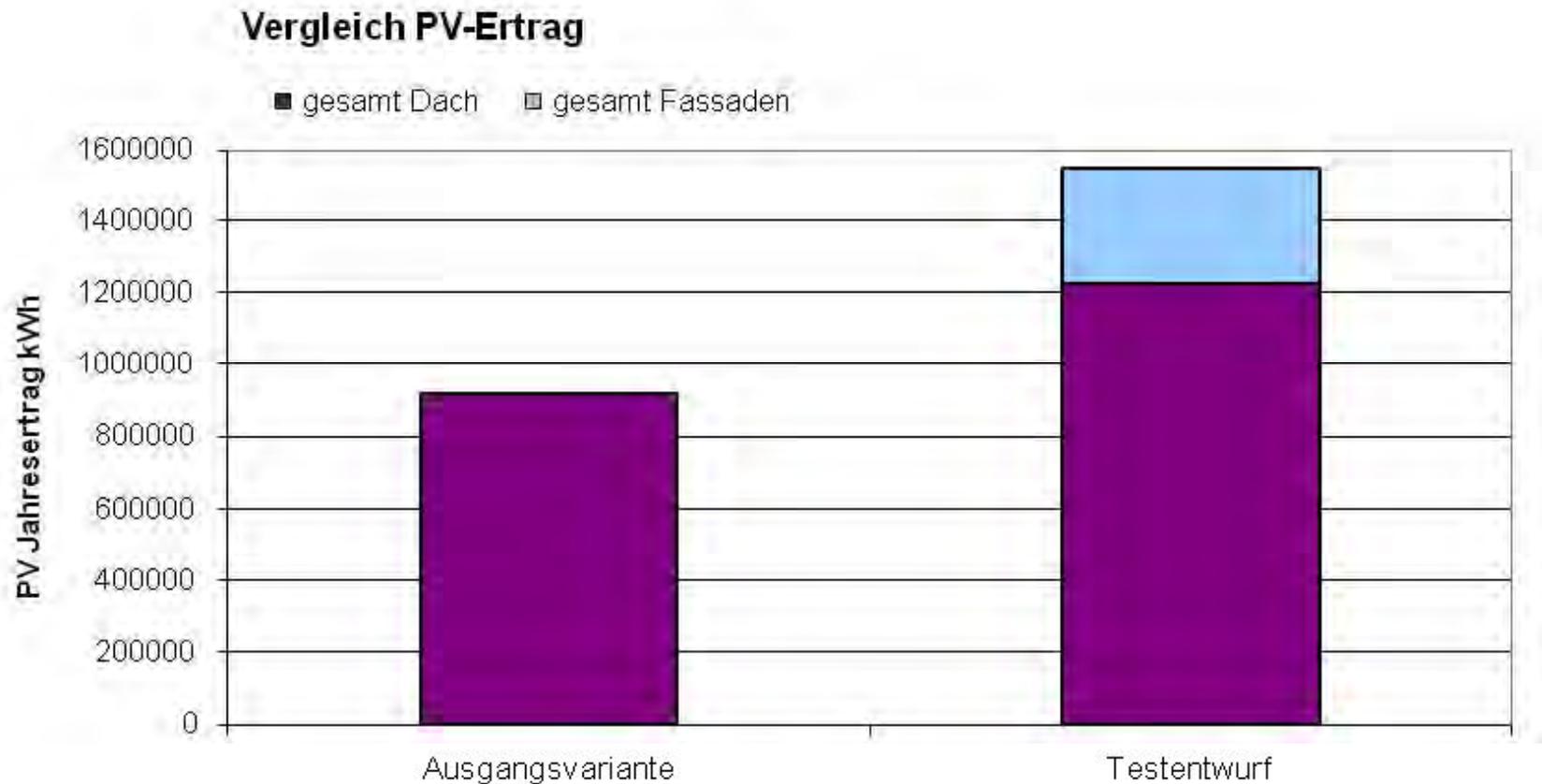


PV-optimierte Variante

PV-Ertrag gesamt:	1.202.939 kWh/a
davon Dach:	949.490 kWh/a
davon Fassade:	253.449 kWh/a
PV-Flächen:	9.920 m ²
PV-Wirkungsgrad:	121,26 kWh/m ² _{PV-a}
PV-Ertrag/BGF:	23,89 kWh/m ² _{BGF-a}

Anm. zu den PV Flächen an Fassaden: optimierte Lösung mit Solarbrüstungen, Wirkungsgrad ist 88%

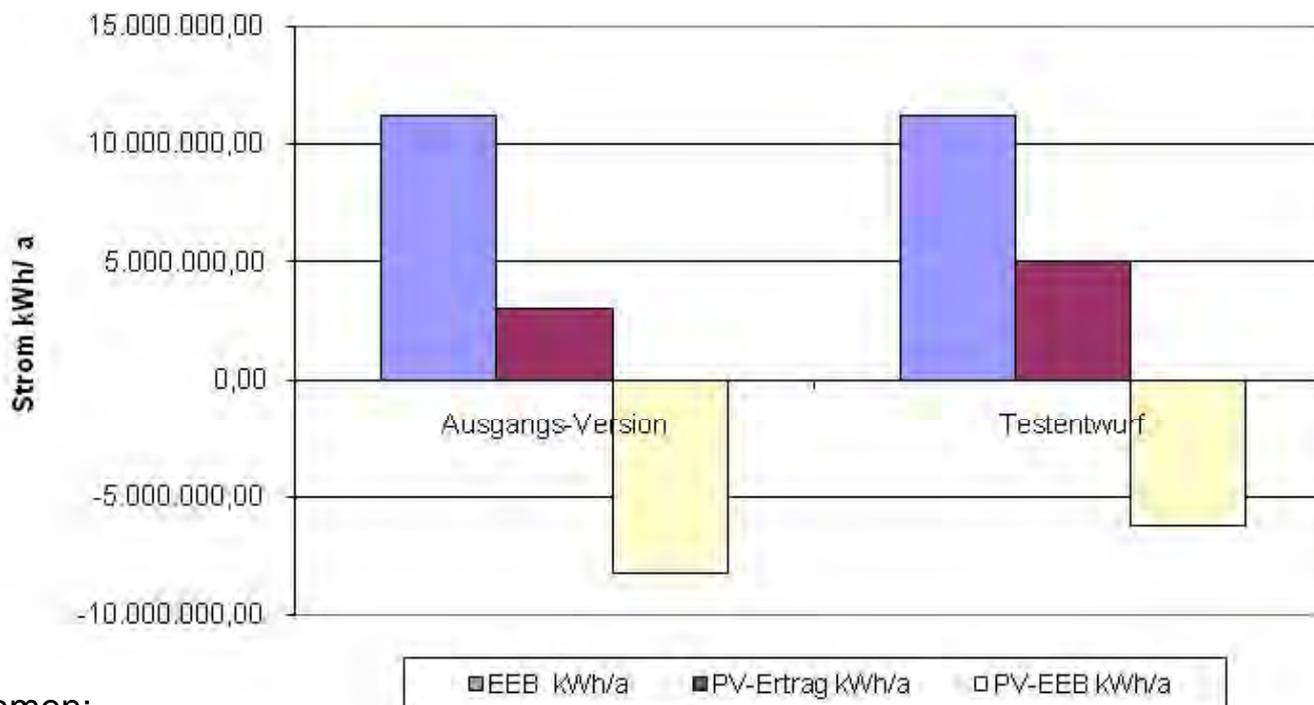
Städtebauliche Optimierung: PV-Ertrag im Vergleich



Strom-Bilanz Stadtteil: Medium-Szenario

14 % Wirkungsgrad, Mindestanforderung Verbrauch

SUNpc Hochrechnung auf Stadtgebiet "J"



Basisannahmen:

Gesamtstrombedarf **medium**: lt. Austrian Institute of Technology (AIT), Mindestanfo.d. Projektes NACHASPERN, Bezugsfläche BGF

Wohnnutzung 40 kWh/m²a

Büronutzung (mit Fernkälte) 58 kWh/m²a

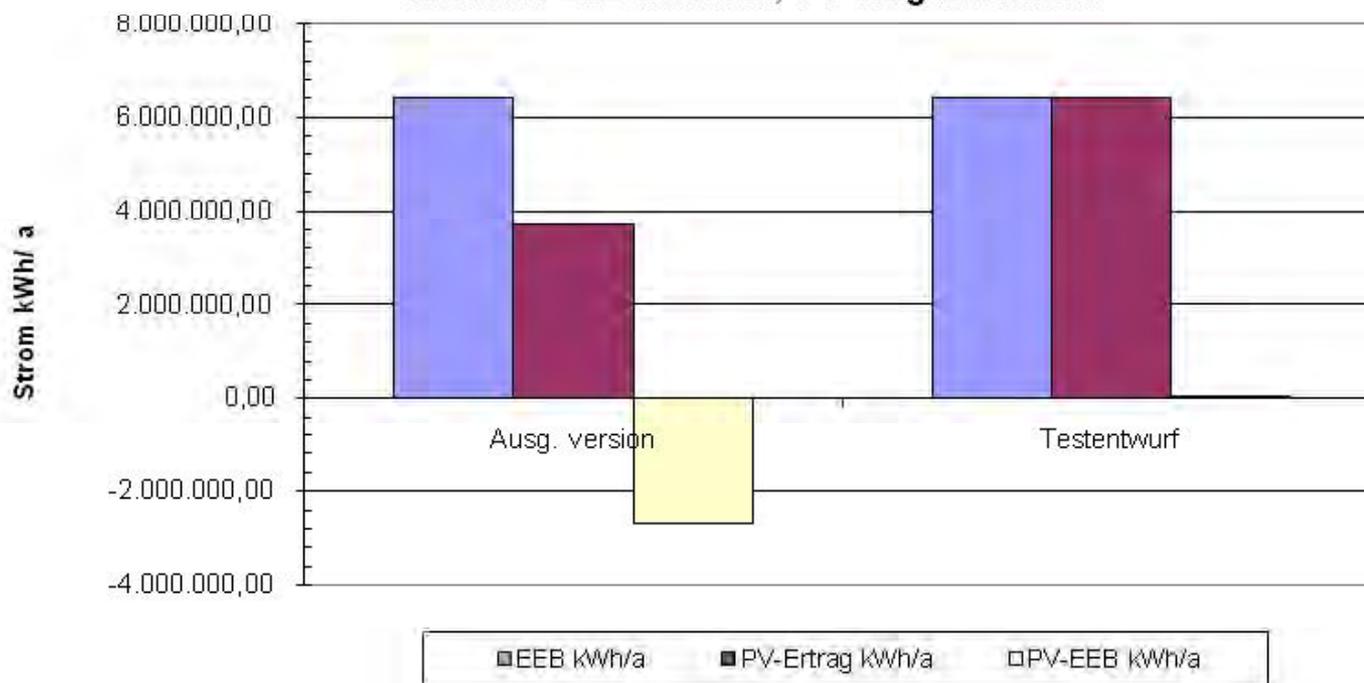
Stromertrag **medium**: je m² PV-Fläche (optimale Ausrichtung) 135 kWh/m²a

Die Ergebnisse verschlechtern sich gegenüber den Werten der Referenzbaufelder, da die Bebauungsdichte im Gesamtgebiet höher ist (daraus resultiert höherer Endenergiebedarf für die Gebäude).

Strom-Bilanz Stadtteil: Best-Case-Szenario

18 % Wirkungsgrad, Zielszenario Verbrauch

SUNpc Hochrechnung Testentwurf auf Stadtgebiet "J"
Szenario: EEB minimum, PV-ertrag maximum



Basisannahmen:

Strombedarf Szenario **minimum** (lt. AIT, Bezugsfläche BGF):

Wohnnutzung 25 kWh/m²a

Büronutzung (mit Fernkälte) 31 kWh/m²a

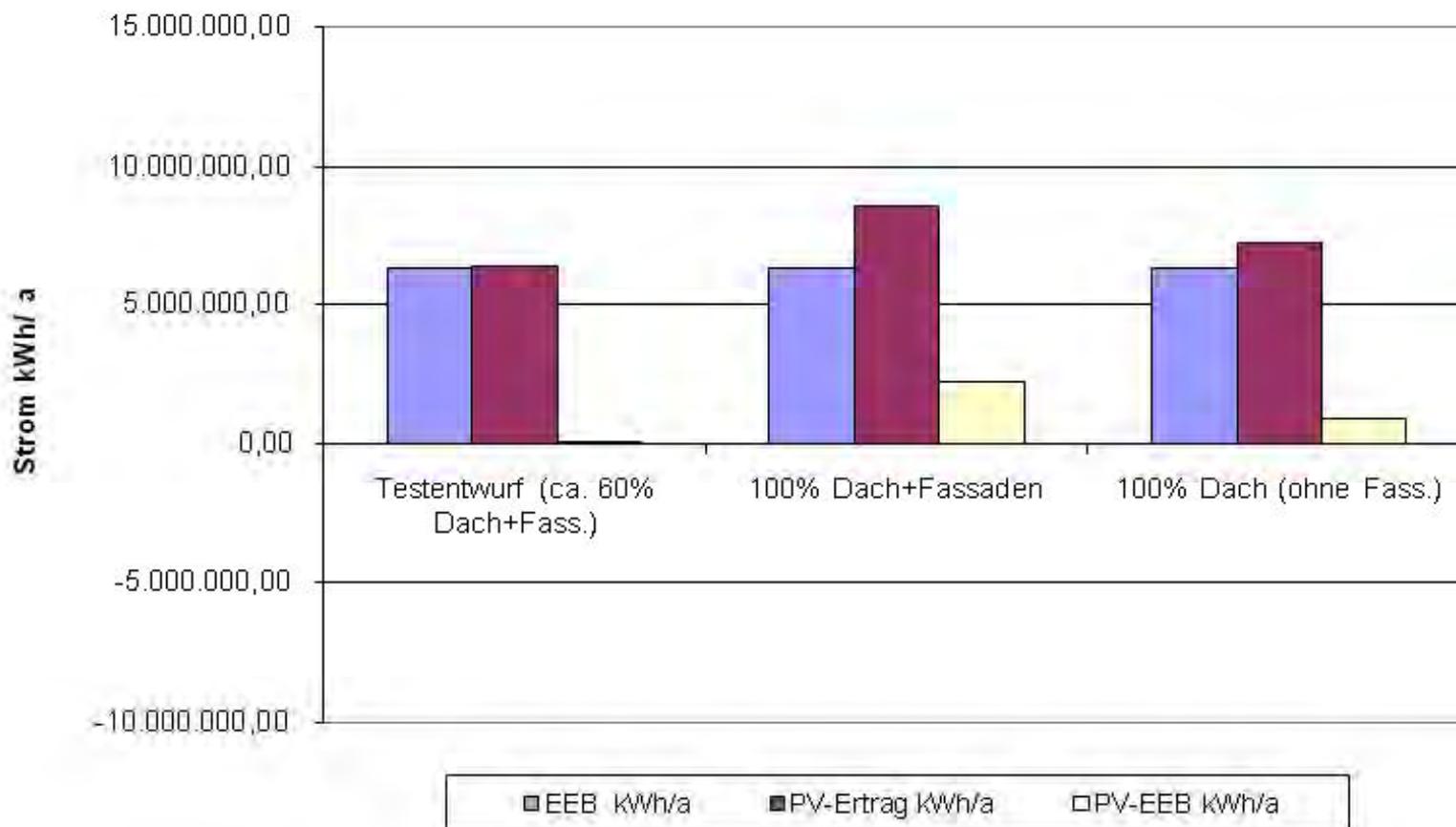
Ertrag Szenario **maximum**: Jahresstromertrag/m² PV-Fläche (optimale Ausrichtung) 174 kWh/m²a

Die Ergebnisse verschlechtern sich gegenüber den Werten der Referenzbaufelder, da die Bebauungsdichte im Gesamtgebiet höher ist (daraus resultiert höherer Endenergiebedarf für die Gebäude).

Strom-Bilanz Stadtteil: Best-Case-Szenario

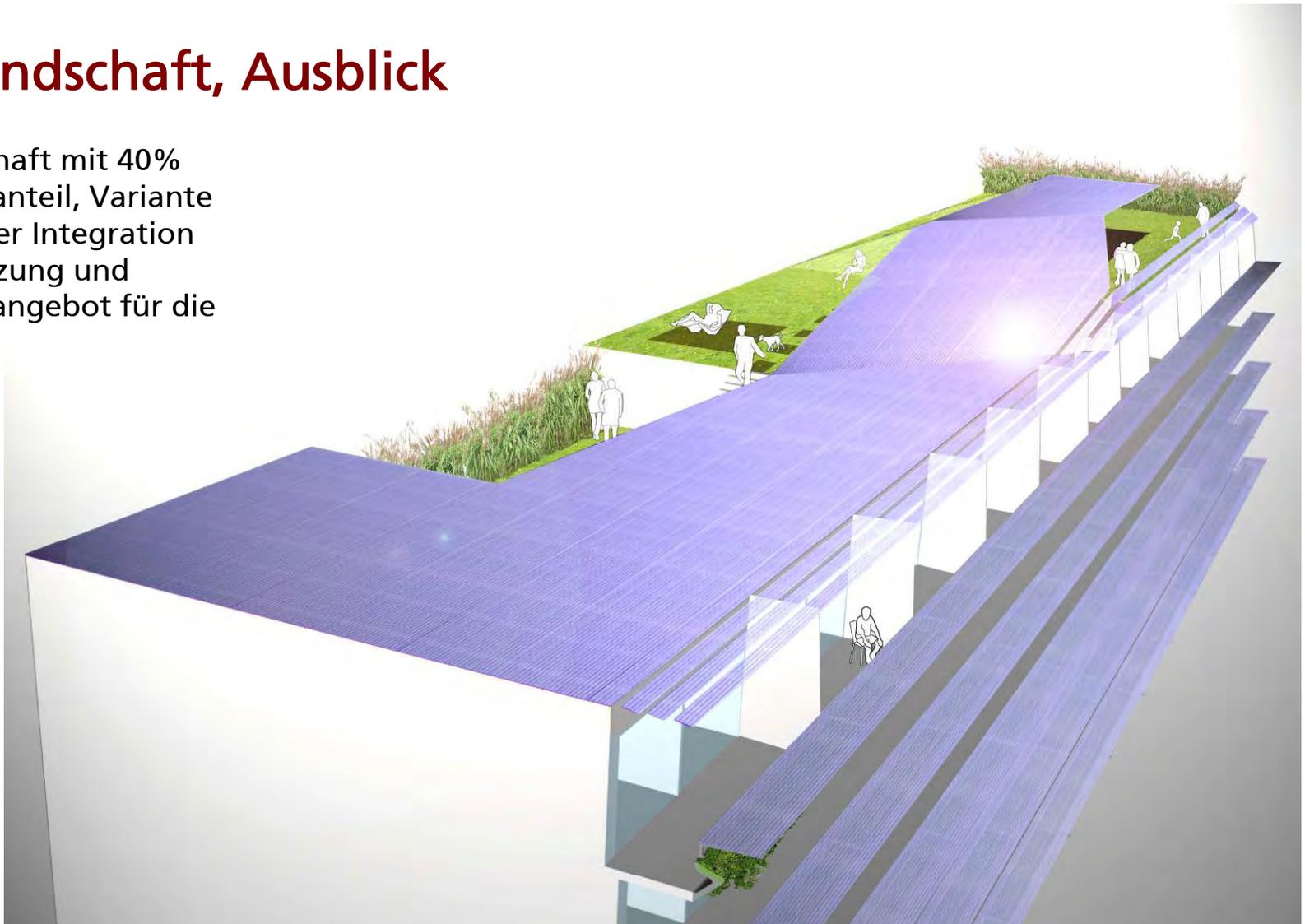
18 % Wirkungsgrad, Zielszenario Verbrauch, 100 % Dachbelegung

SUNpc Hochrechnung auf Stadtgebiet "J"



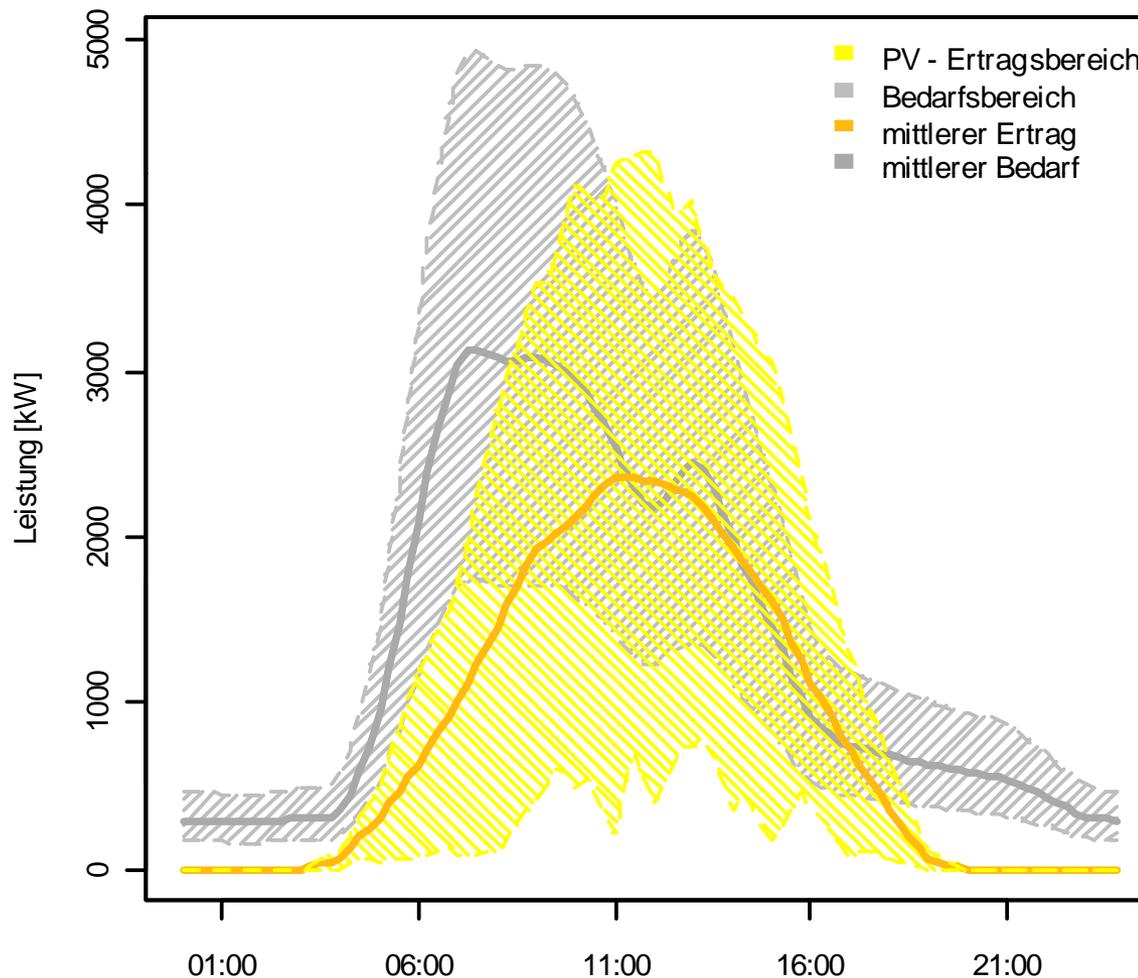
Dachlandschaft, Ausblick

Dachlandschaft mit 40% Freiflächenanteil, Variante mit vertiefter Integration von PV-Nutzung und Freiflächenangebot für die Bewohner.



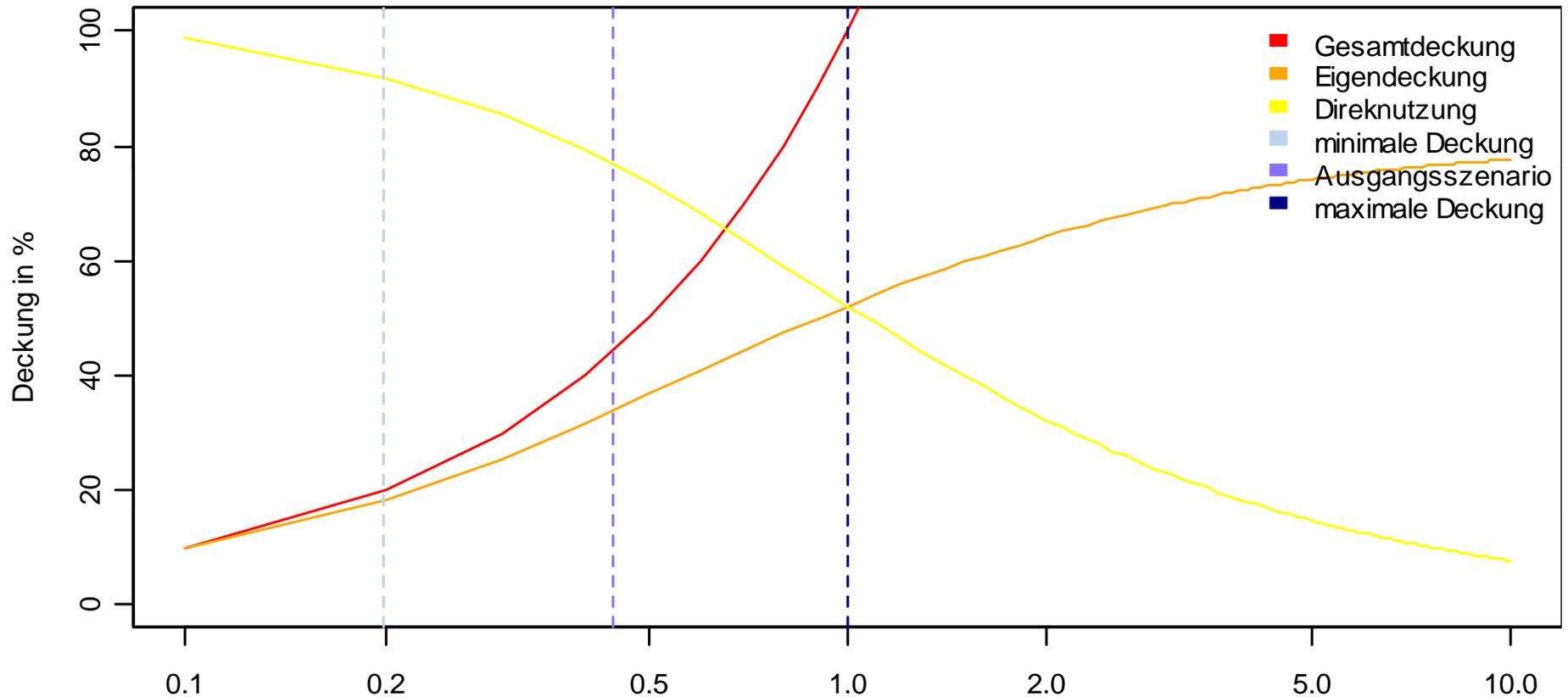
Signifikante Schwankungsbreiten bei Produktion und Verbrauch

Tagesverlauf - Juli - Mittwoch

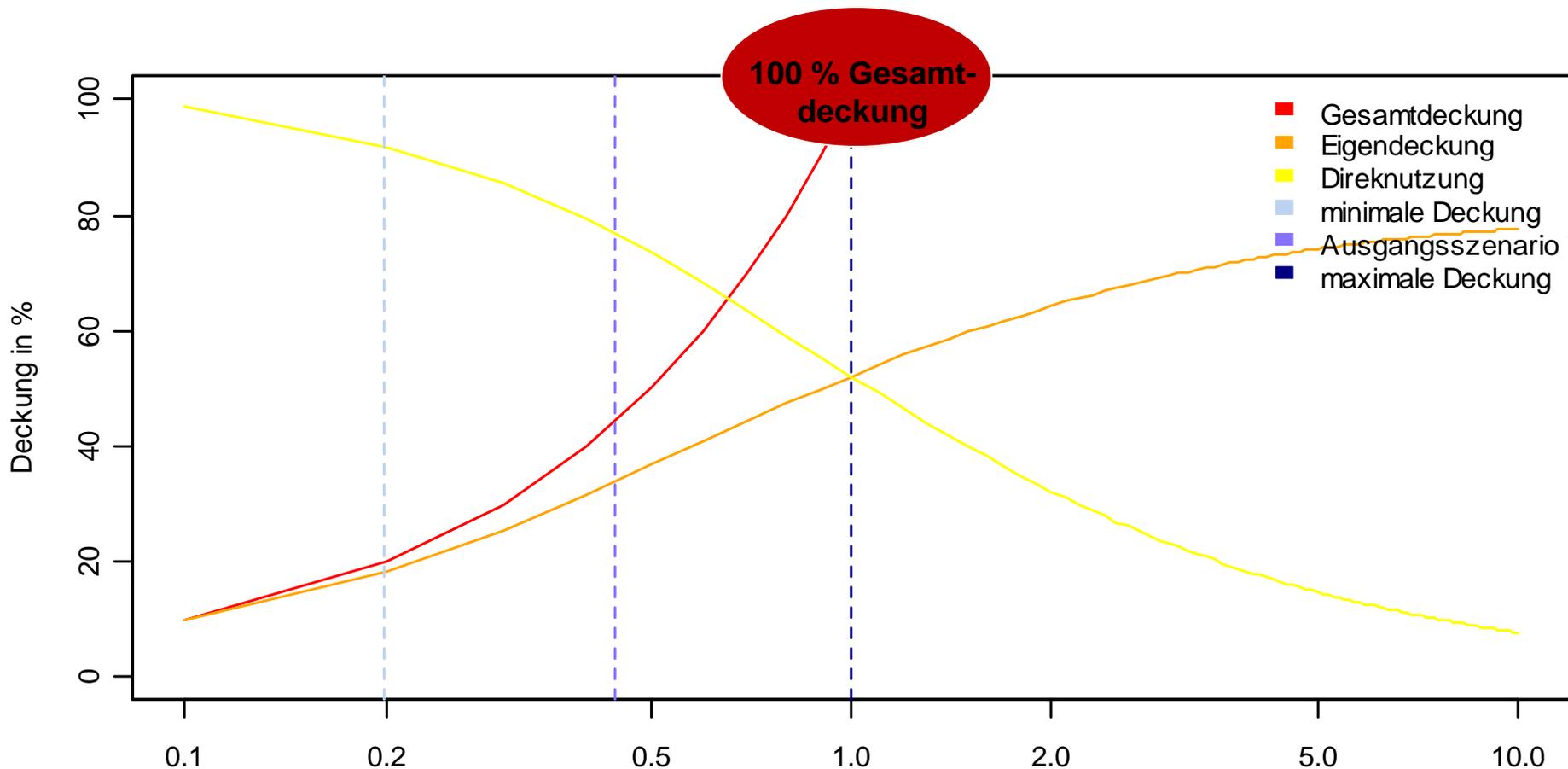


Simulationen Last- und Erzeugungskurven
Stadtteil:
J-Sektor 8-10, Aspern

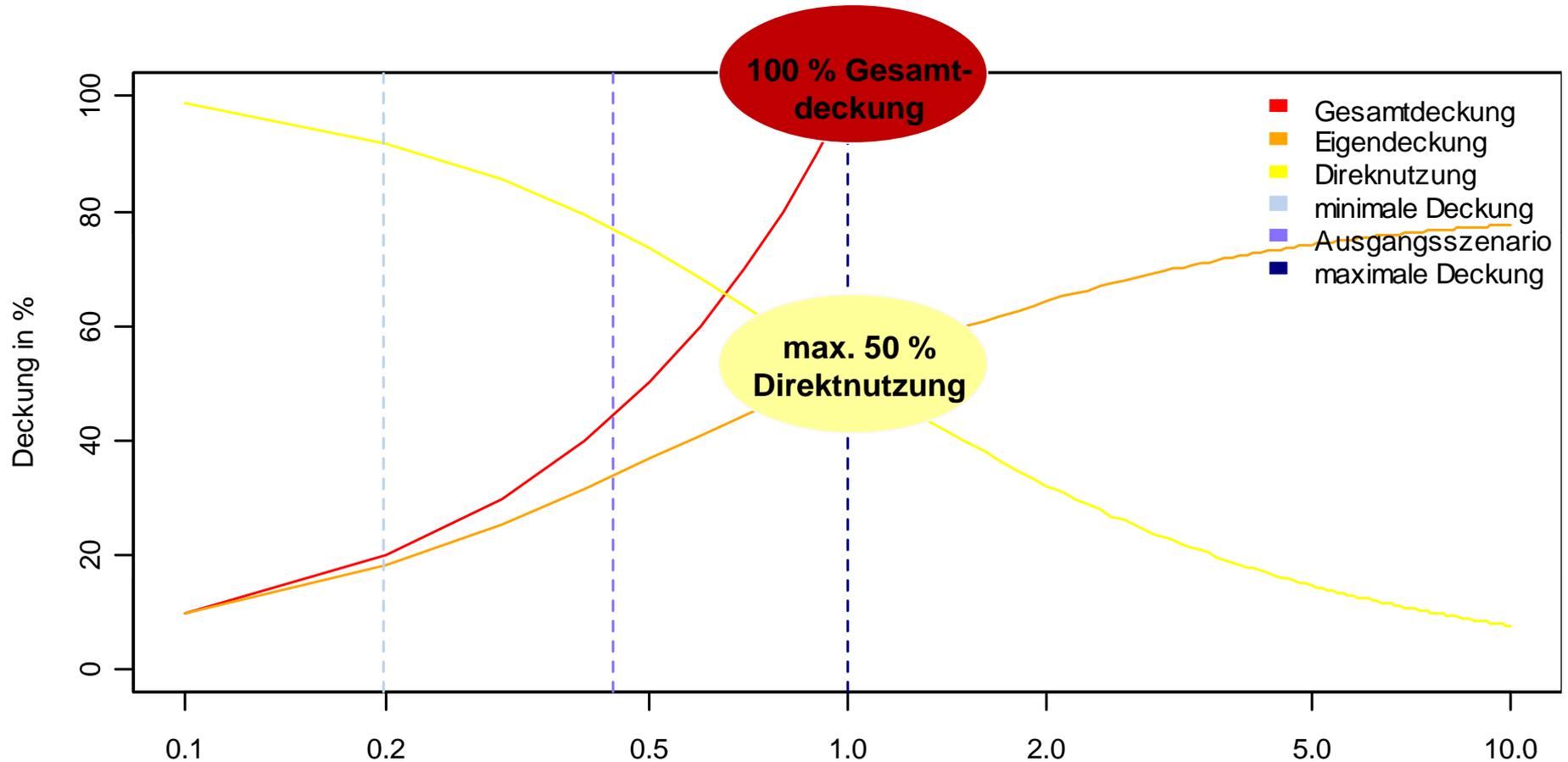
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



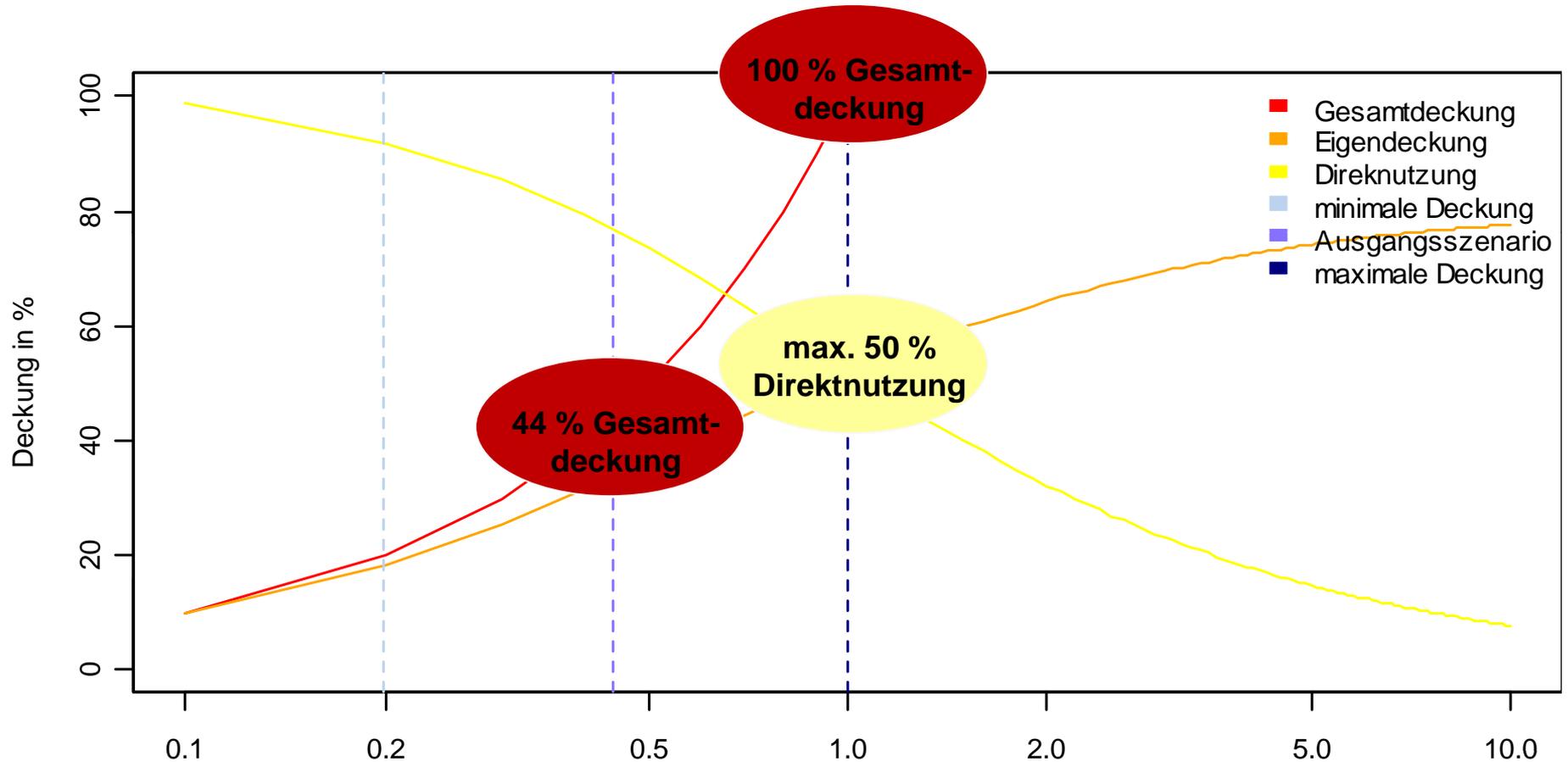
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



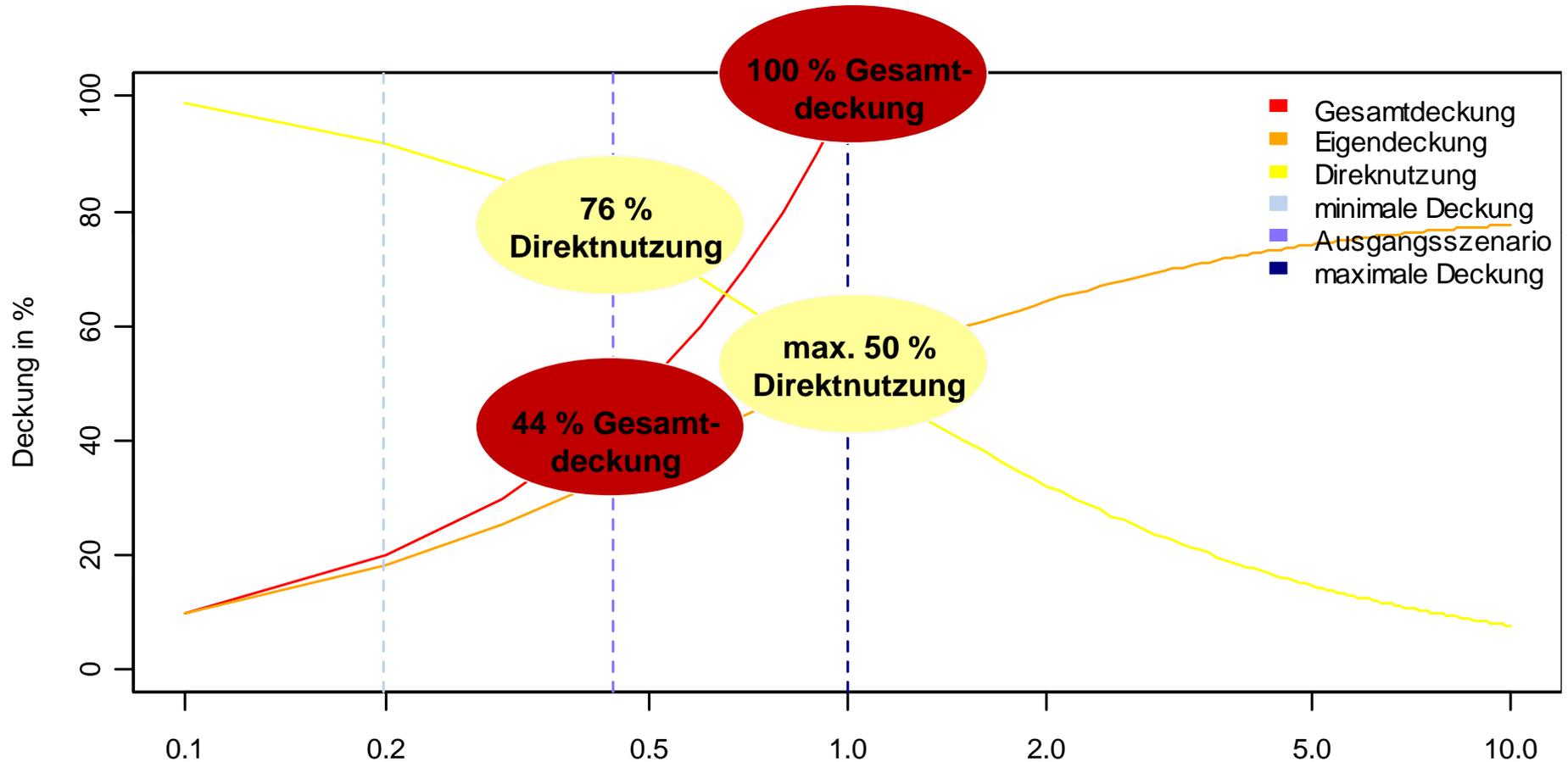
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



2. Wie kann eine sinnvolle und wirtschaftliche Umsetzung erfolgen?

Wirtschaftlichkeits-Analysen über 25 Jahre

▪ Modellannahmen:

- **14 % Wirkungsgrad**
- **Systemverlust 25,1 %**
- **Ertragsminderung -0,5 % p.a.**
- **Kreditzins: 5 %; Habenzins 3 %**
- **Inflation: 2 %**
- **Energiepreissteigerung 3 %**
- **Netzeinspeisung mit 8 ct/kWh
oder Ökostromtarife**

Wirtschaftlichkeits-Analyse Aufdach-Montage

	Aufdachmontage		
	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung
Kosten PV (€pro m ²)	450	450	450
Kosten Grundsubstanz (€)	0	0	0
Einspeisetarif Jahr 1-13 (ct/KWh)	33		
Markteinspeisetarif ab Start Markteinspeisung	11,75	8	8
Einspeisegrad	100 %	100 %	100 %
Direktnutzung	0 %	0 %	0 %
bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	-32.064	-419.149	-1.028.693
Amortisationszeit (Jahre)	>Laufzeit	>Laufzeit	>Laufzeit

Wirtschaftlichkeits-Analysen GIPV-Substitutions-Effekt

▪ Variante Dach:

- **Indachmodul** mit Dachfunktion: **450 €/m²** (ab 22° Neigung, südorientiert)
- **Konventionelles Dach** **100 €/m²**
- Mehrkosten für PV: 350 €/m²
- im Vergleich zu einem Ziegel- oder Blechdach entsprechend höhere Mehrkosten

(Quellen: ATB Becker, BKI, Spenglerei Hohl)

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit GIPV-Substitutionseffekt

	GIPV Flachdach		
	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€ pro m ²)	450	450	450
Substanzersatz (€ pro m ²)	100	100	100
Investitionsförderung (%)	0,00 %	40,00 %	0,00 %
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	128.574	-282.709	-756.799
Amortisation in Jahren	15	>Laufzeit	>Laufzeit

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit 6 % Energiepreisanstieg pro Jahr

	GIPV Flachdach		
	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV € pro m ²)	450	450	450
Substanzersatz (€ pro m ²)	100	100	100
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	166.730	-48.029	-522.119
Amortisation in Jahren	15	>Laufzeit	>Laufzeit

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit GIPV und 80 % Direktnutzung

	GIPV Flachdach		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€ pro m ²)	450	450	450
Substanzersatz (€ pro m ²)	100	100	100
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%
Einspeisetarif od. Direktnutzung	33	16	16
Markteinspeisetarif ab Start Markteinspeisung	11,75	8	8
Einspeisegrad	20%	20%	20%
Direktnutzung	80%	80%	80%
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	303.504	186.936	-276.261
Amortisation in Jahren	14	18	>Laufzeit

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit InvestorInnenmodell

	GIPV Flachdach		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€ pro m ²)	450	450	450
Substanzersatz (€ pro m ²)	100	100	100
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%
Ertrag in 25 Jahren exkl. Wiederveranlagung	620.790	247.199	247.199
Ertrag erreicht Invest-Summe in Jahren	9	22	>Laufzeit
Rendite p.a. inkl. Anlagenwert	7,09%	4,71%	2,82%
Rendite p.a. exkl. Anlagenwert	3,09%	0,71%	-1,17%

Wirtschaftlichkeit: Überblick Effekte

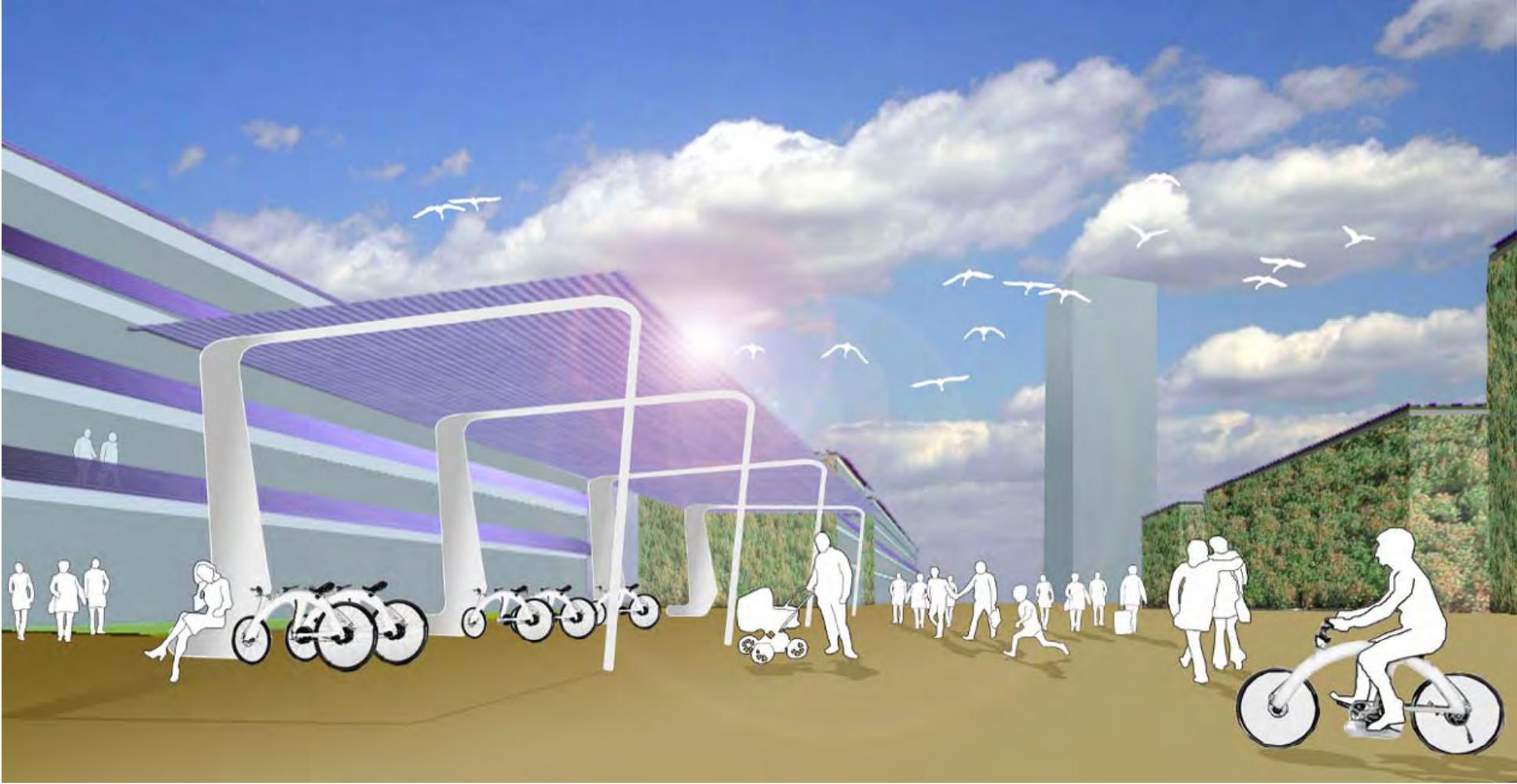
Basis-Variante GIPV Flachdach			
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung			
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,90%	-0,91%	keine
Variante Investmodell			
Ertrag 25 Jahre	620.790	247.199	247.199
Amortisation	9	22	>Laufzeit
Rendite p.a.	7,09%	4,71%	2,82%
Variante Direktnutzungsgrad 80 %			
Ertrag 25 Jahre	303.504	186.936	-276.261
Amortisation	14	18	>Laufzeit
Rendite p.a.	3,47%	3,56%	-3,16%

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit Investorenmodell + 80 % Direktnutzung

	GIPV Flachdach		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Ertrag in 25 Jahren inkl. Wieder- veranlagung	774.317	523.147	523.147
Ertrag erreicht Investsumme in Jahren	9	12	18
Rendite p.a. inkl. Anlagenwert	8,84%	9,96%	5,97%
Rendite p.a. exkl. Anlagenwert	4,85%	5,96%	1,98%

So wird ein GIPV-Stadtteil wirtschaftlich ...

- **GIPV und damit Substitutionseffekte in der Gebäudehülle/Dach**
- **Hohe Direktnutzung über Direktleitungen hinter den Zählpunkten!**
 - PV-Strom kann zu einem höheren Preis abgerechnet werden
 - Fundierte rechtliche und wirtschaftliche Prüfung im KLIEN-Projekt Marktmodelle
- **Vermeidung von Kreditkosten über Investorenmodelle**
- **Eine deutliche Energiepreissteigerung**
- **Geeignete Fördermodelle als Überbrückung:**
 - Tarifförderung ist effektiver als Invest-Förderung
 - Idee der Zinsförderung bei GIPV (vgl. Wohnbauförderung)
- **Begleitende Forschung und Entwicklung zur Stärkung des Wirtschaftsstandortes**



Danke