

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

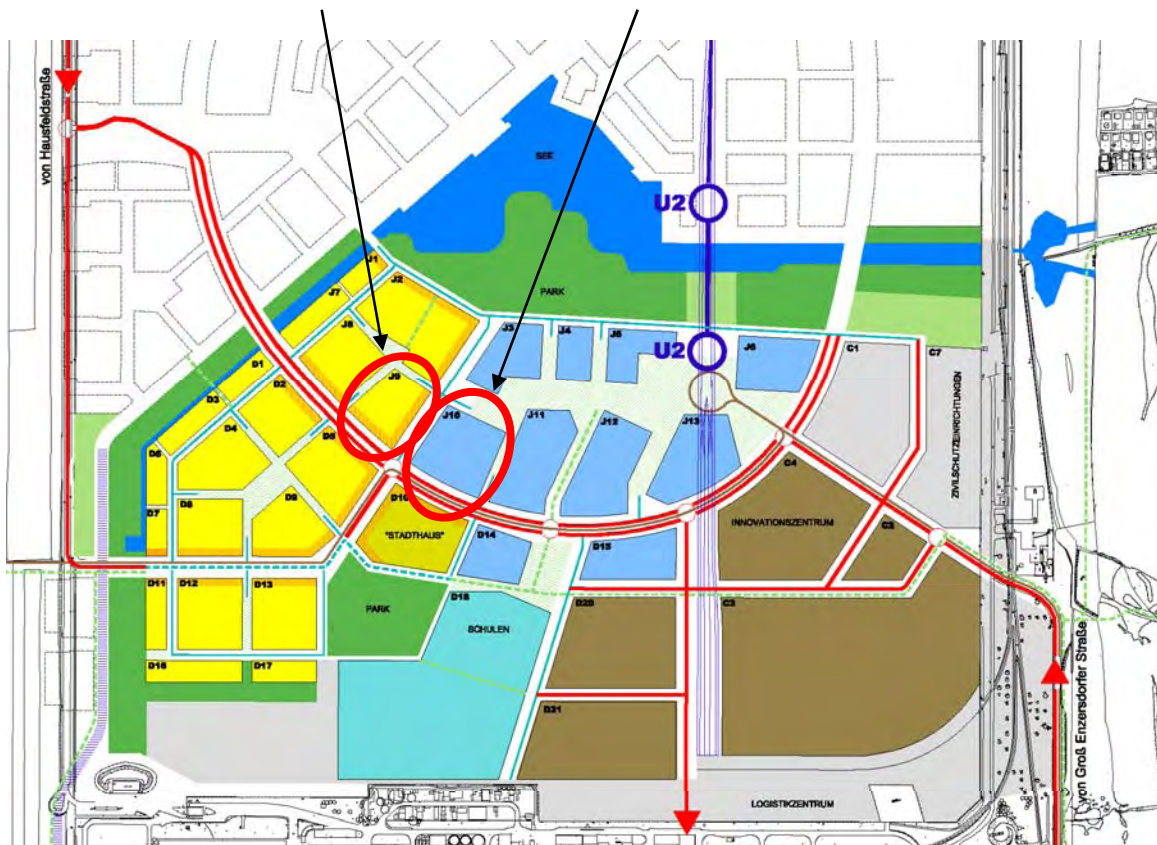
Mag. Susanne Lins, tatwort

- 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

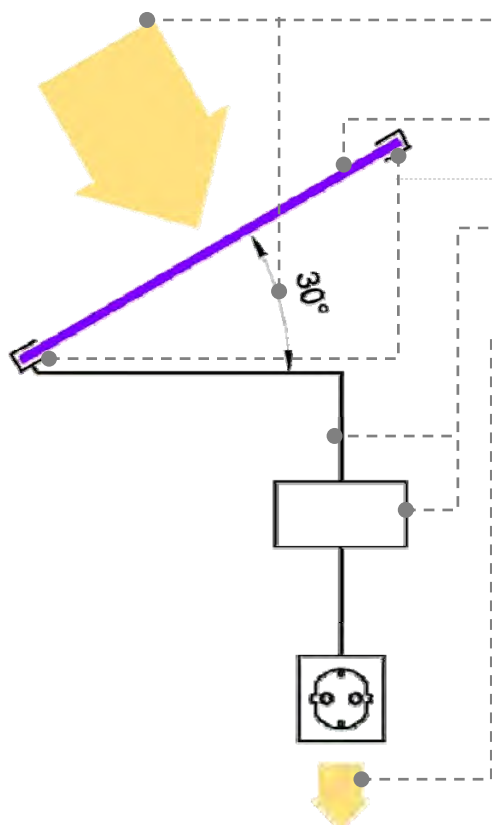
Baufeld J9
Wohnbau
Bauklasse IV

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%

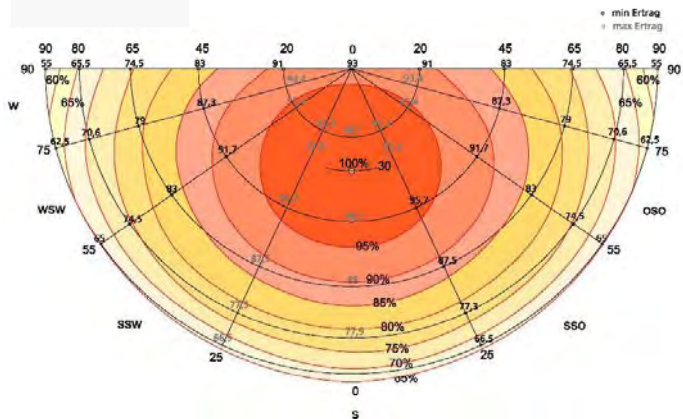
Jahrestromertrag / m² PV-Fläche gerundet 135 kWh/m²a

- 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%

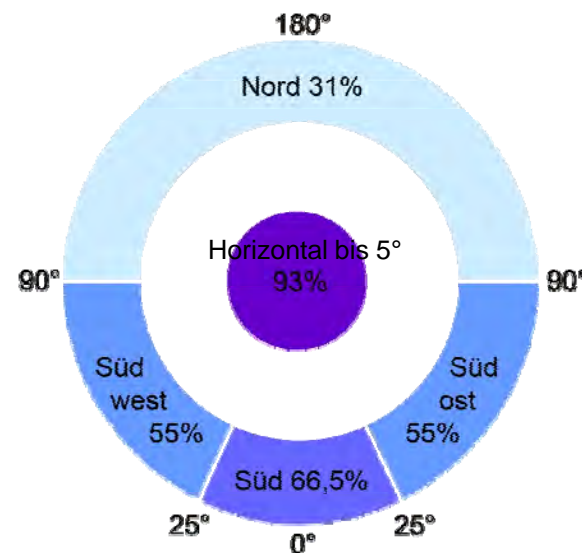
Jahrestromertrag / m² PV-Fläche gerundet 174 kWh/m²a

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%

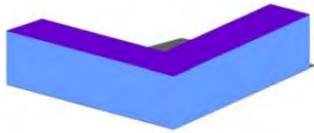
Eigene Annahme: Jeweils der schlechteste Wert im Sektor wurde gewählt

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

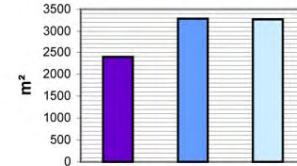
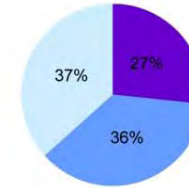
Wie schaut das in gemäßigten Klimazonen aus?

Studie Dach Fassade, virtuelle PV Ertragsfläche

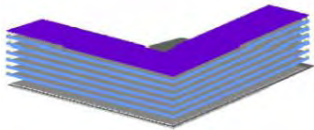
Gebäudehülle ohne Abzüge



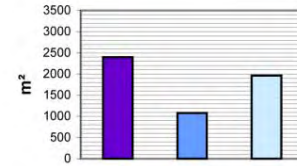
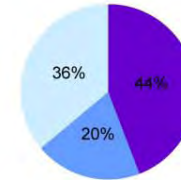
	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2397	0	3287	3272



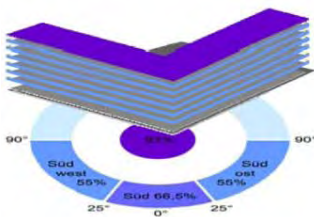
Mögliche PV-Flächen



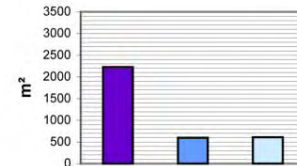
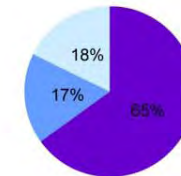
	Dach 3°	Süd	Südost / Südwest	Nord
m ²	2397	0	1079	1963



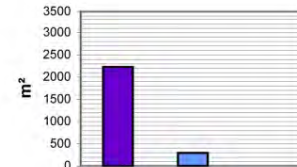
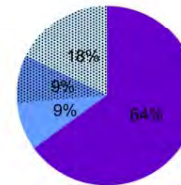
Bewertete PV-Flächen



	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

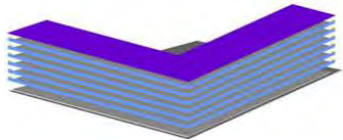
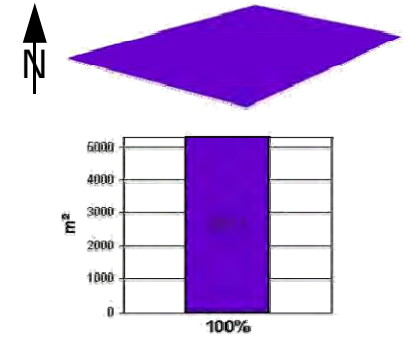


Vergleich Bebauungstypen

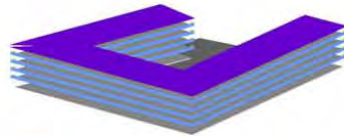
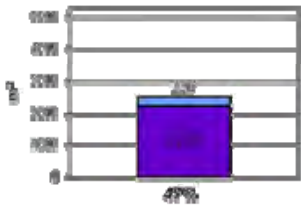
virtuelle PV-Ertrags-Fläche (v PV_E-Fläche)
 Verhältnis von PV_E-Fläche der horizontalen Grundstücksfläche zu PV_E-Flächen am Gebäude.

Bezugswert

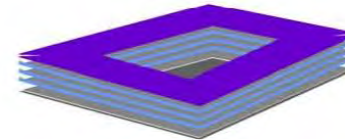
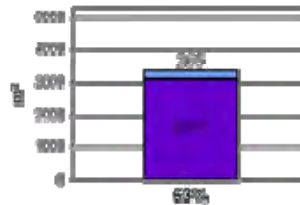
Grundfläche 5722 m²
 Horizontal bis 3°
 Wirkungsgrad 93%
 PV_E-Fläche 5321 m²
v PV_E-Fläche $\hat{=}$ 100%



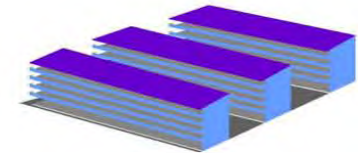
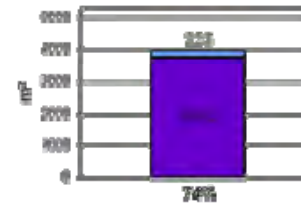
Strategie 2.1



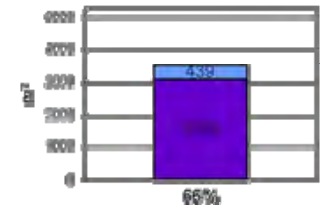
Strategie 2.2



Strategie 2.3

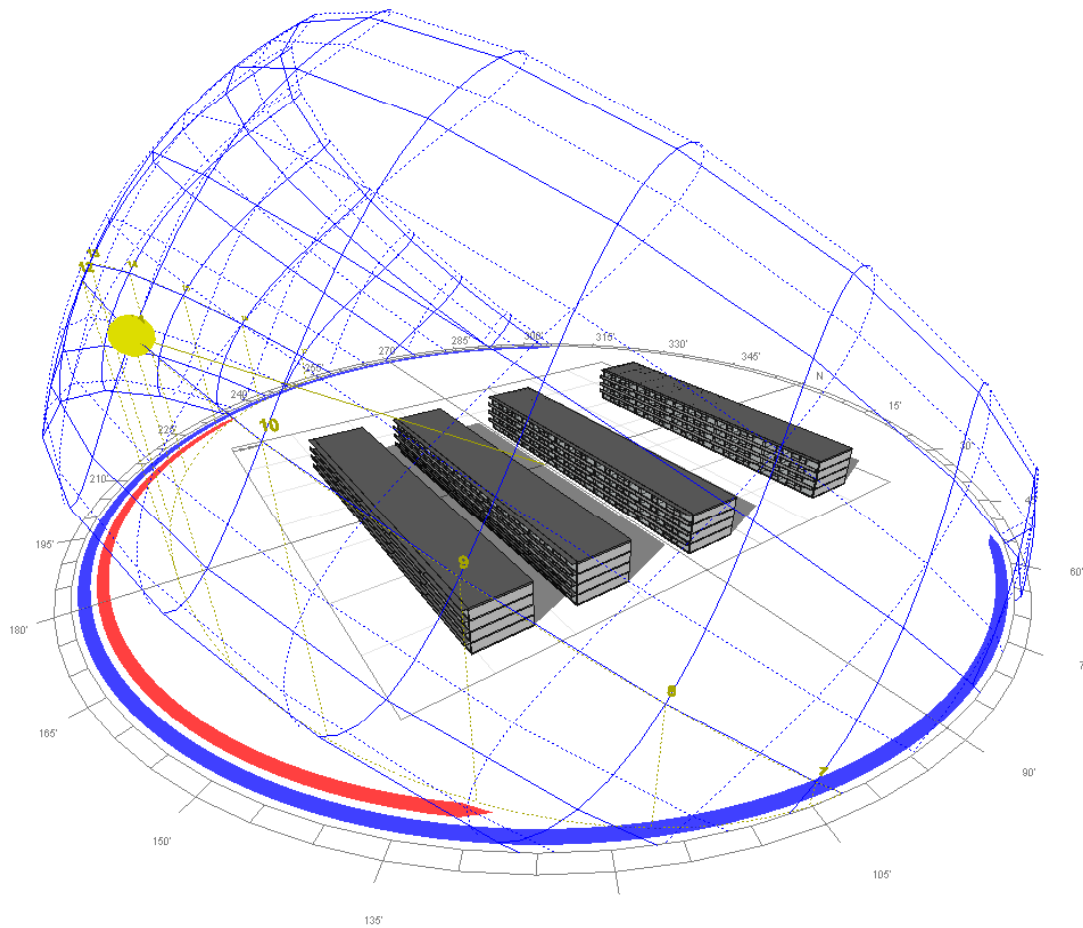


Strategie 2.4



Dynamische Ertragssimulation Berücksichtigung Verschattung, Modelltyp Wohnbau

- Gebäudeabstände 1:1, 1:2 und 1:3



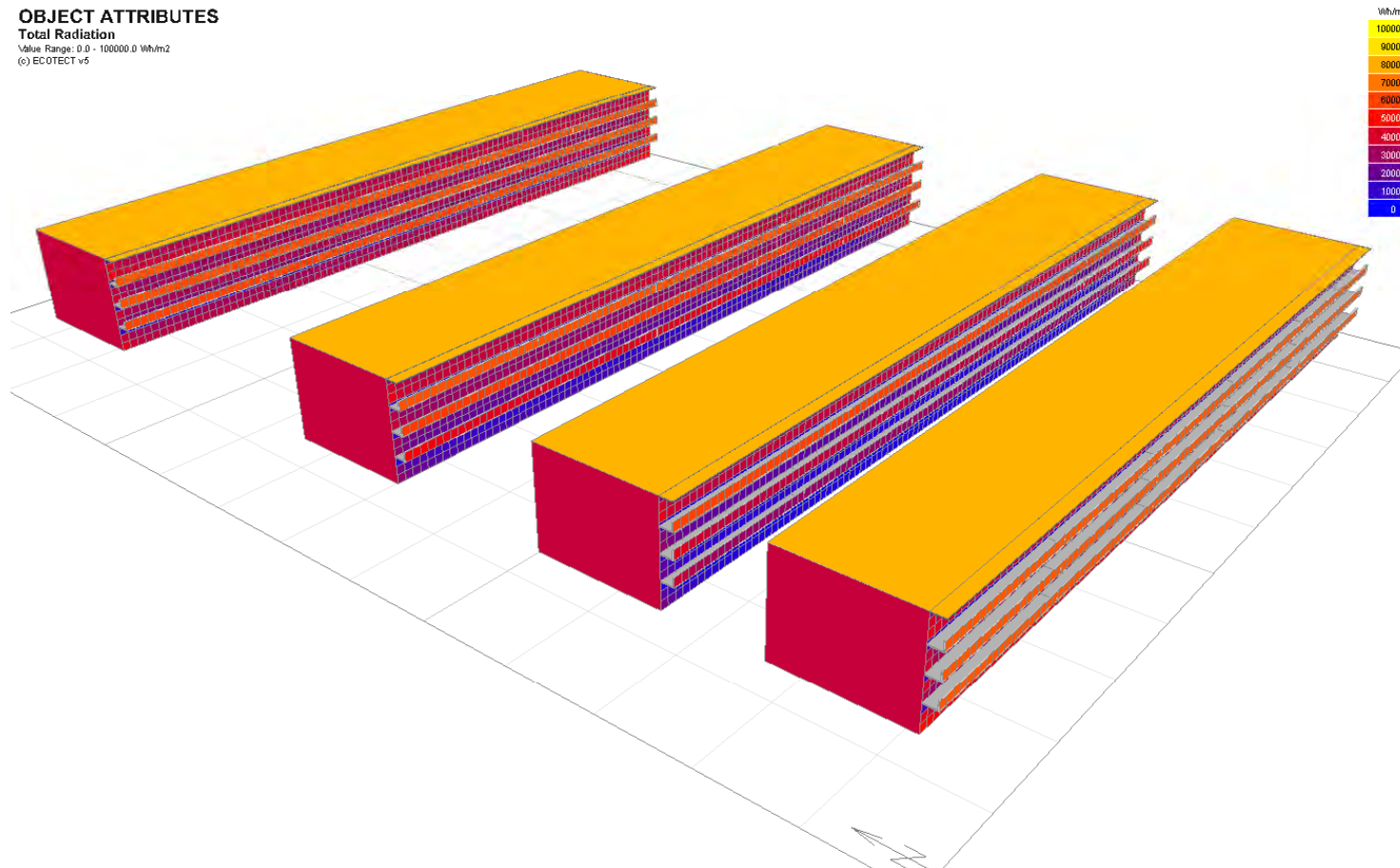
Dynamische Ertragssimulation Berücksichtigung Verschattung, Modelltyp Wohnbau

- 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 Flugfeld Aspern



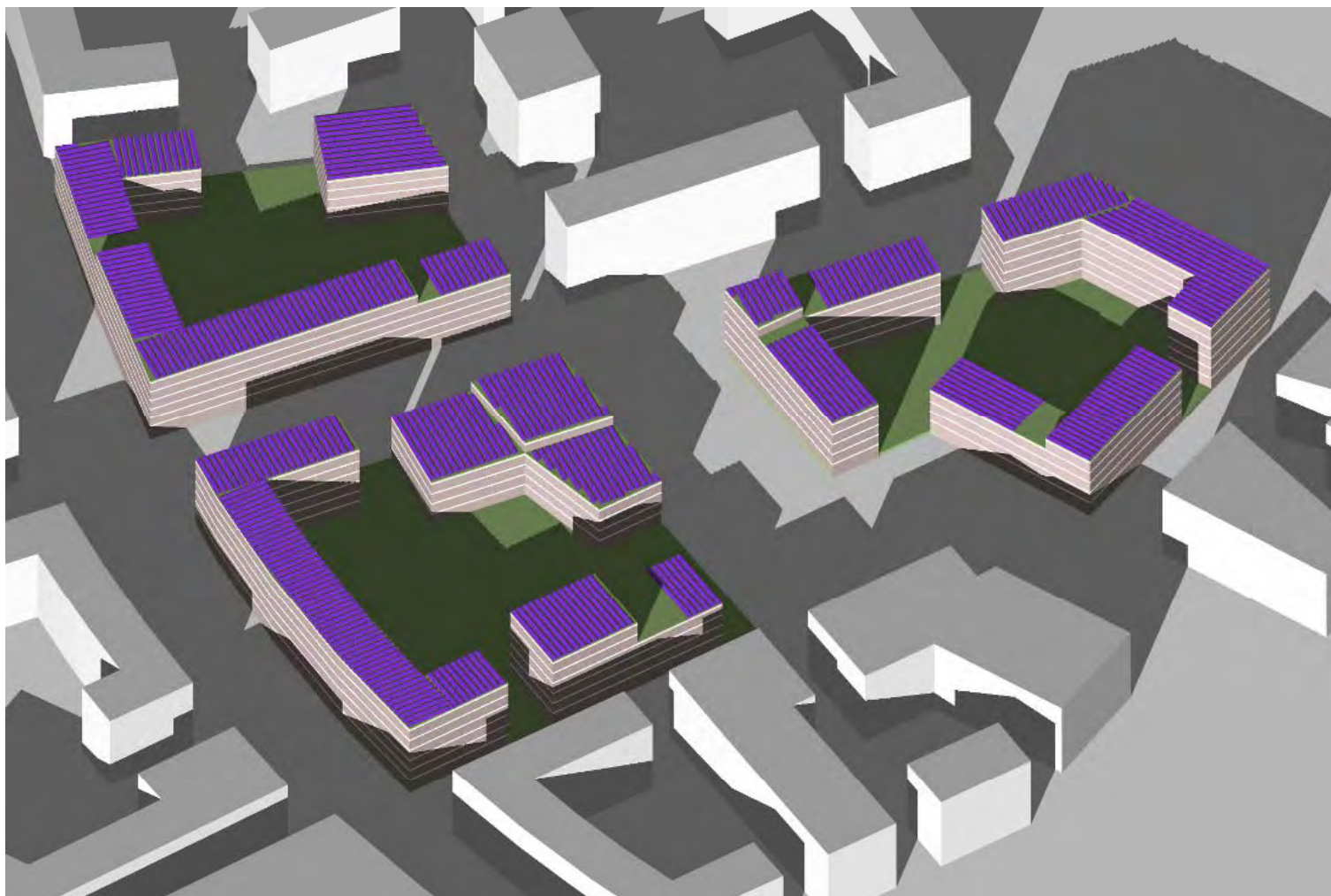
Asperner Flugfeld Süd- Stand 080801
Bebauungskarten und Höhen

Ausschnitt Entwurf Tovatt



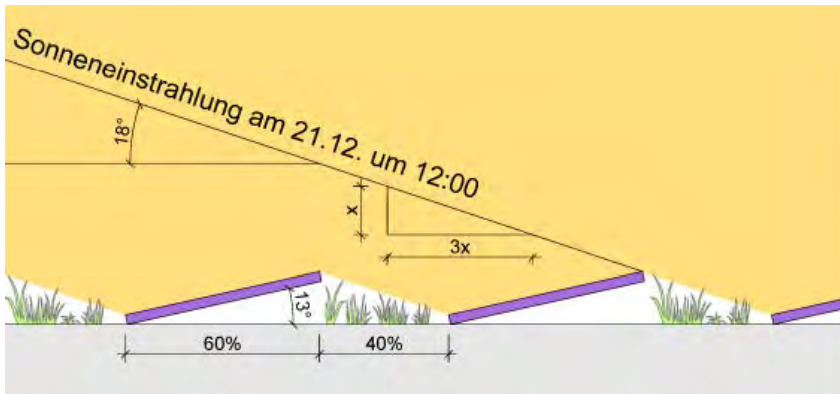
PV Belegung: Ausgangsvariante

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

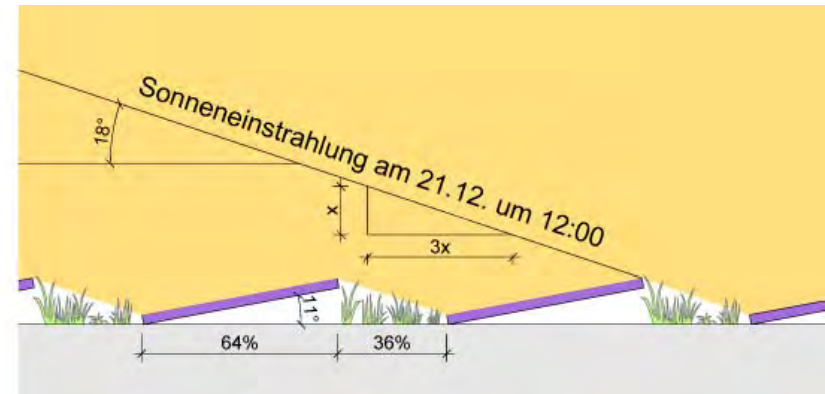


Rahmenbedingungen PV-Belegung Dach

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

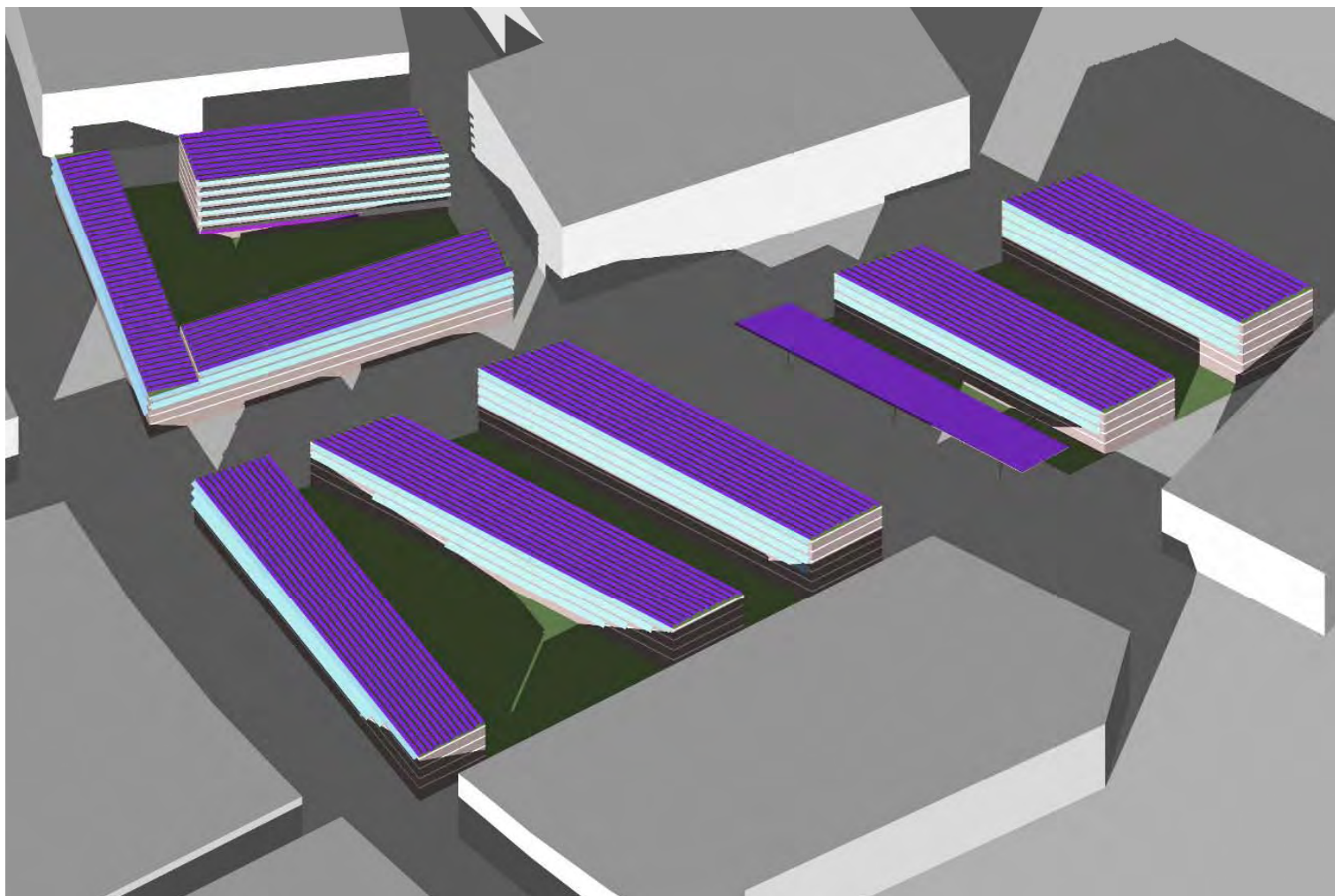


Standard-Belegung Wohnbau

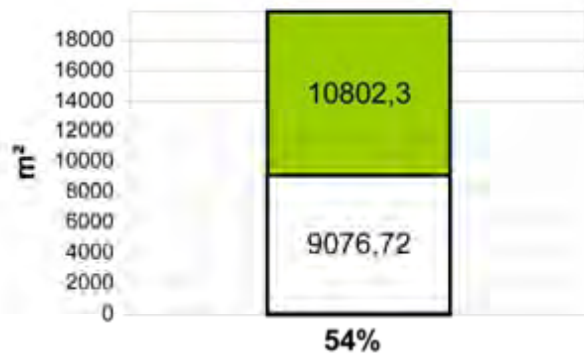


Standard-Belegung Büro

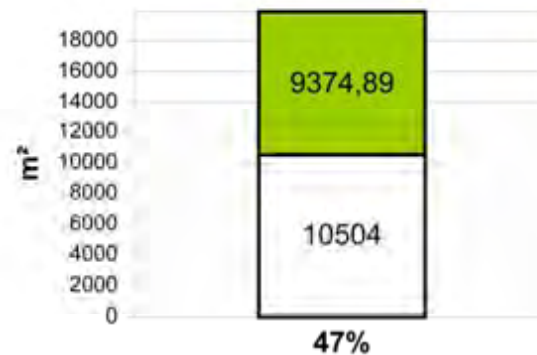
Städtebauliche Optimierung für PV Nutzung:



Städtebauliche Optimierung: Vergleich Grünflächen



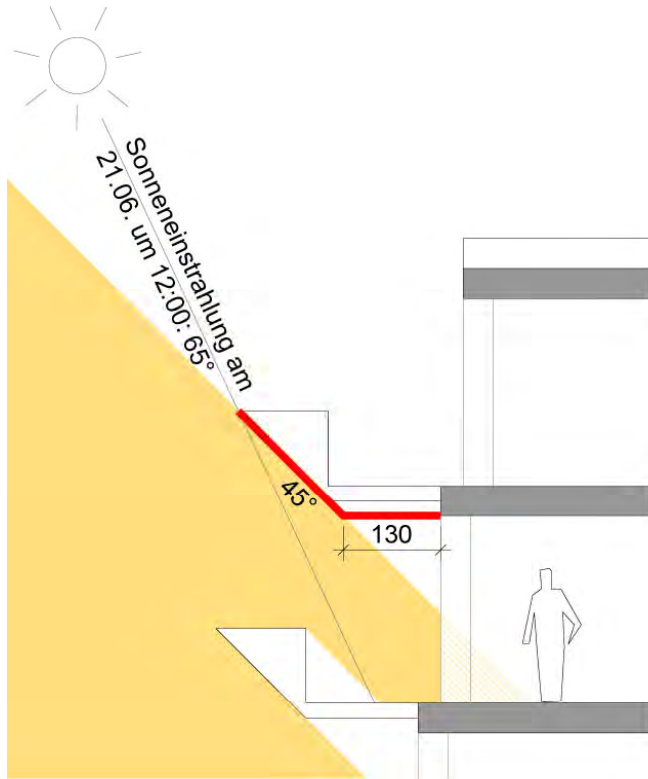
Basis WB-Masterplan



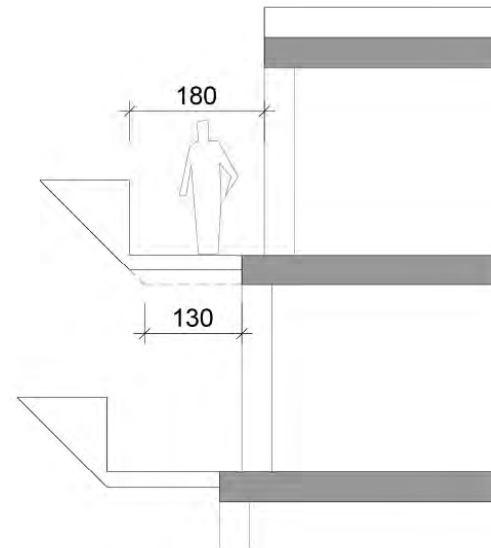
Studie SUNpc

Optimierungsschritt 5b

Rahmenbedingungen für die PV-Belegung: Wohnhausfassade mit Balkon



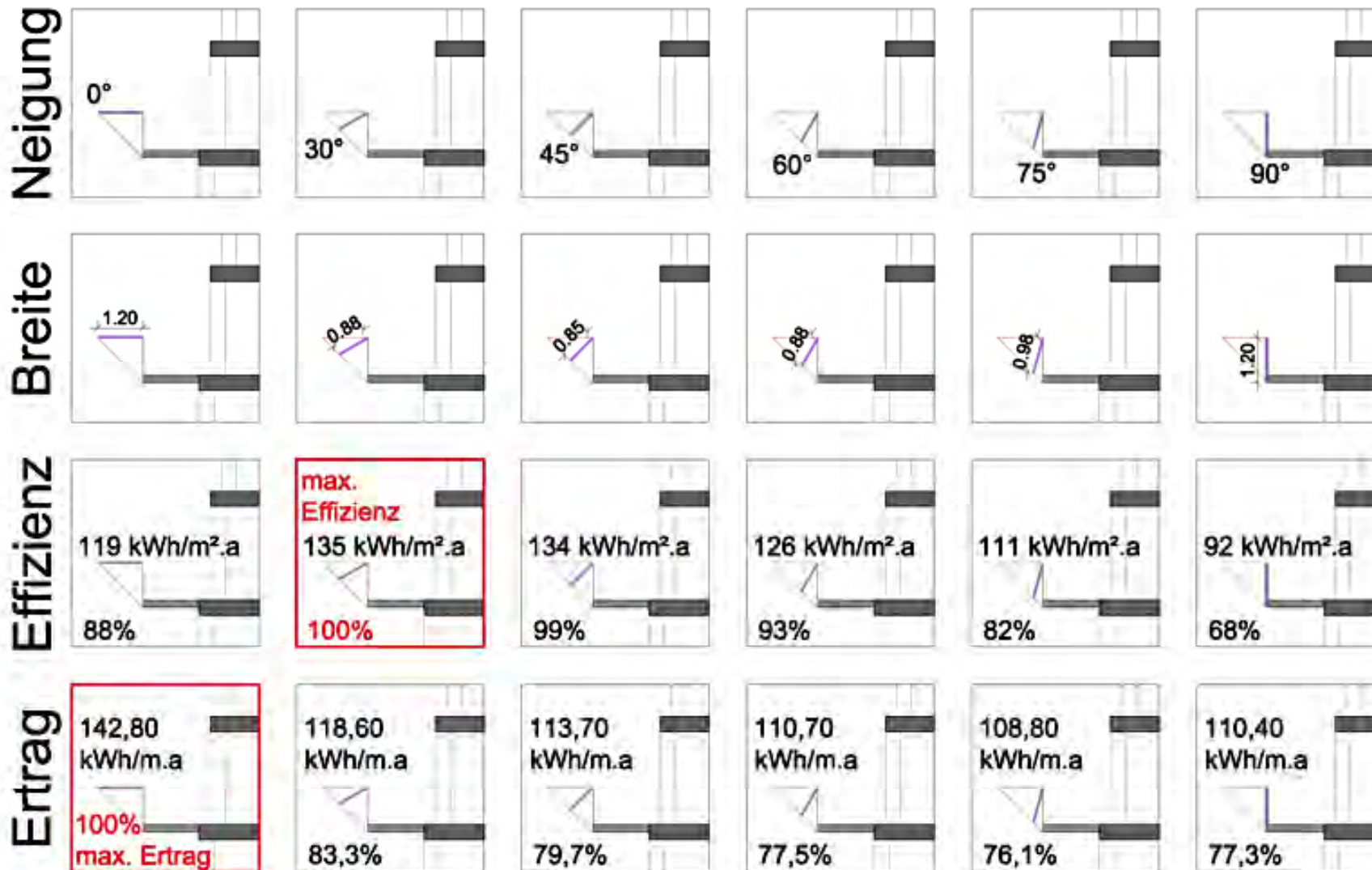
sehr gute Tagesbelichtung:
maximale Auskrägung 1,3m
Lichteinfall 45°



Vergößerung der Balkonbreite

Optimierungsschritt 5b

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

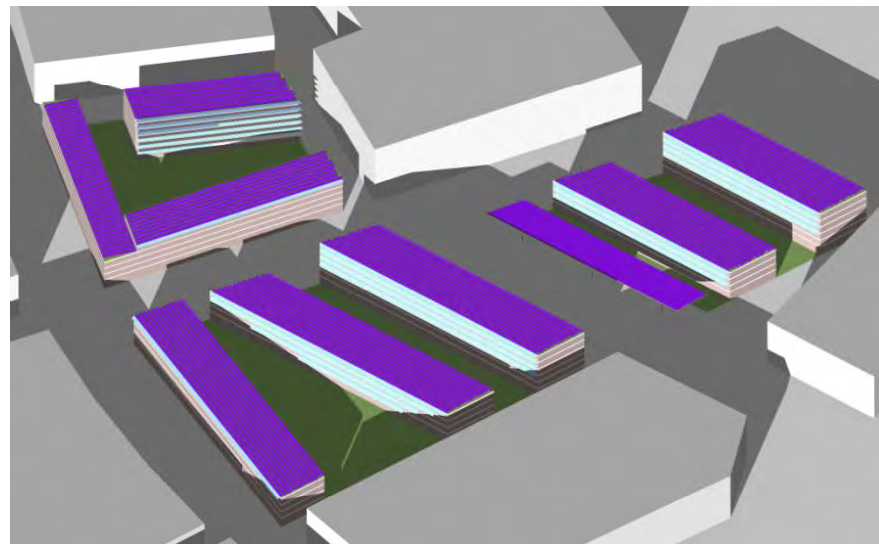
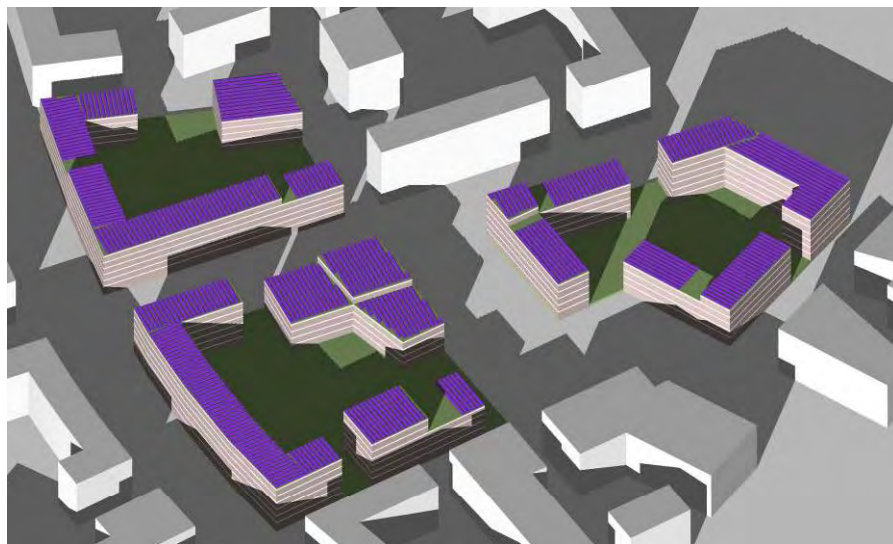


Wohnbau, Balkon, Brüstungsbereich

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}

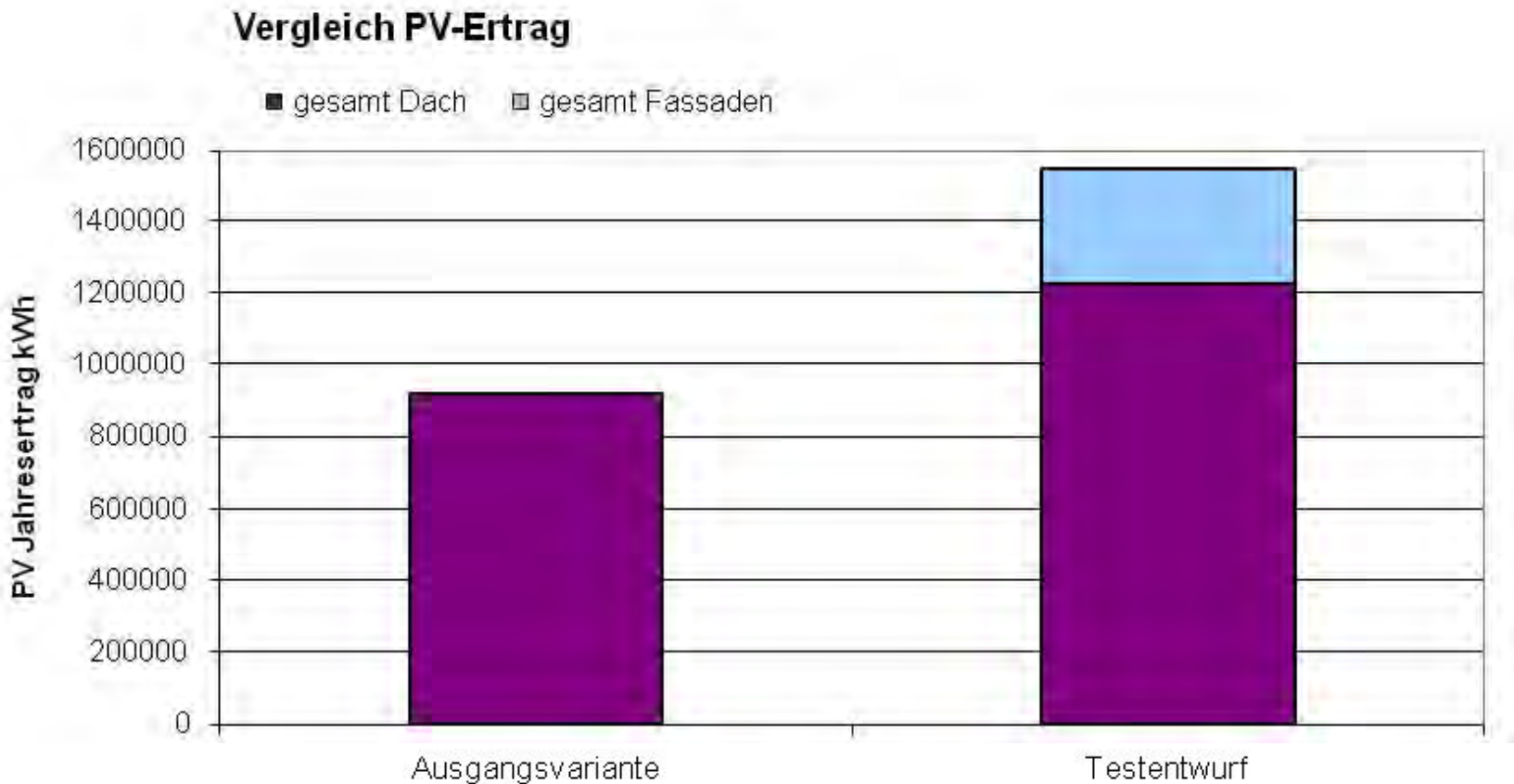
Anm. zu den PV Flächen an Fassaden: Annahme übliche vertikale Anbringung, d.h. Wirkungsgrad ist 68% und wirtschaftlich kaum darstellbar.

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%

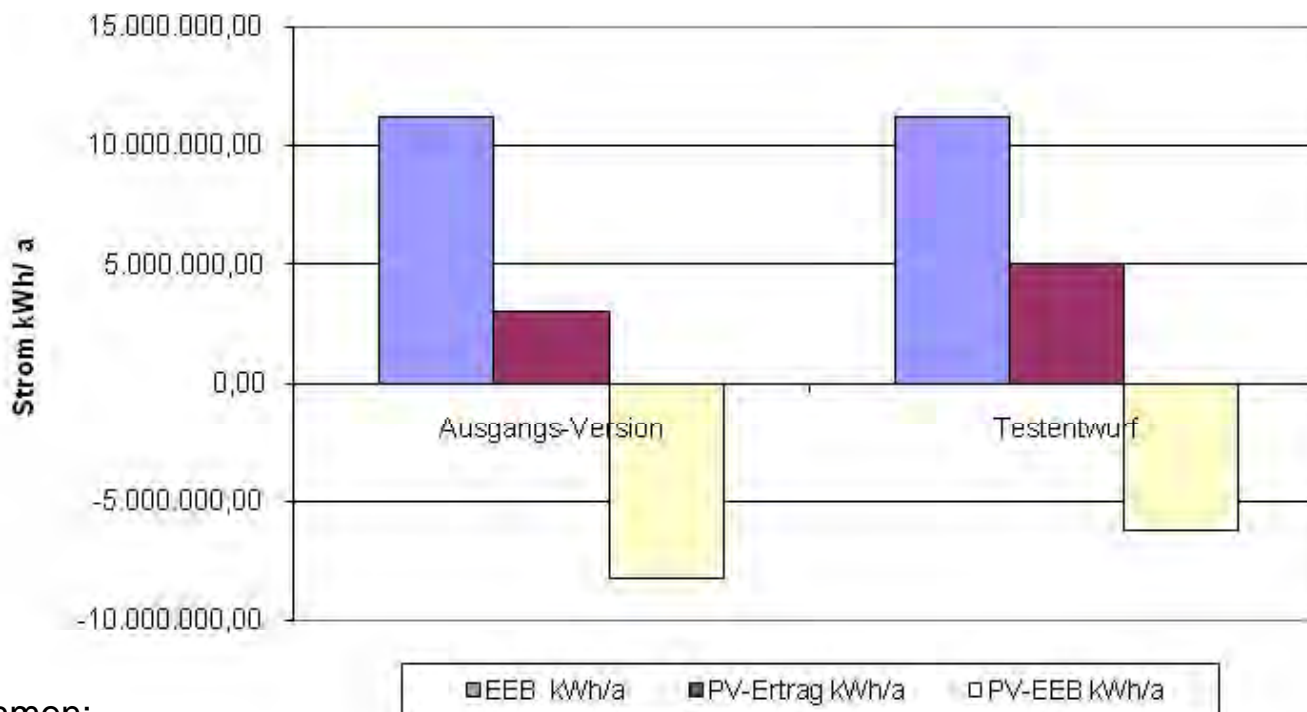
Städtebauliche Optimierung: PV-Ertrag im Vergleich



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

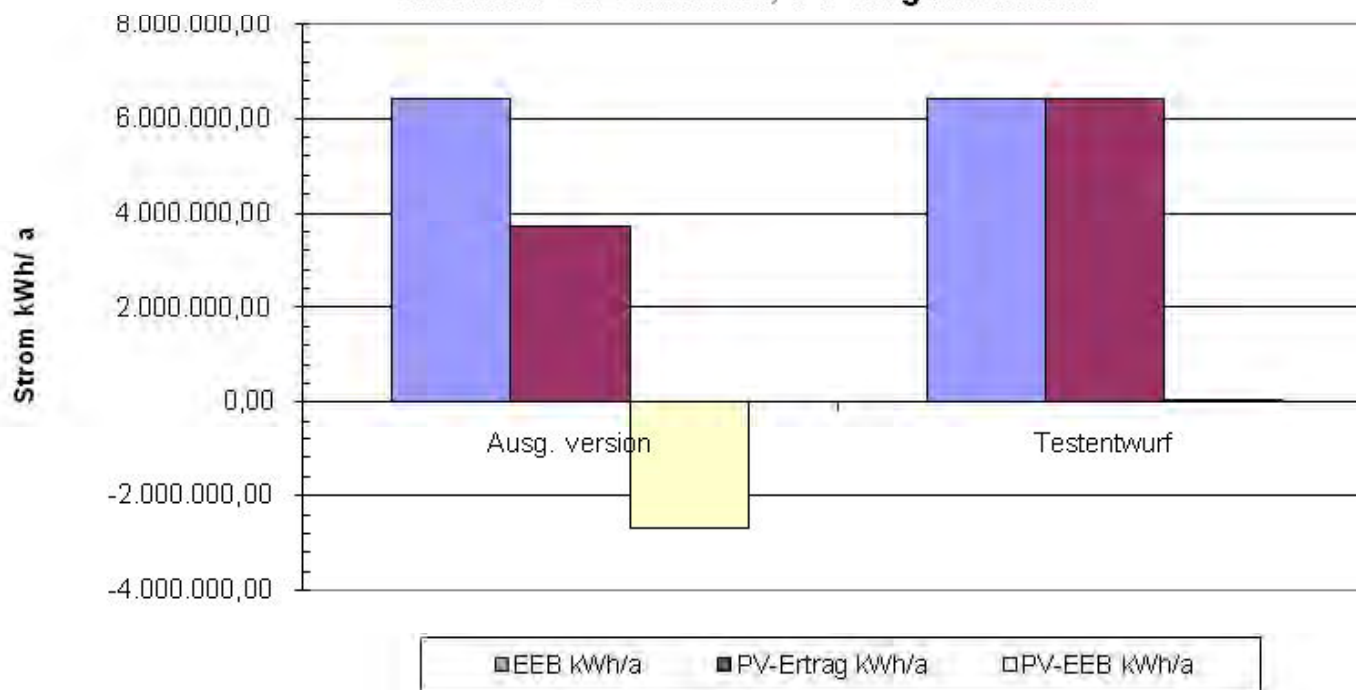
Stromertrag **medium**: je m² PV-Fläche (optimale Ausrichtung) 135 kWh/m²a

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

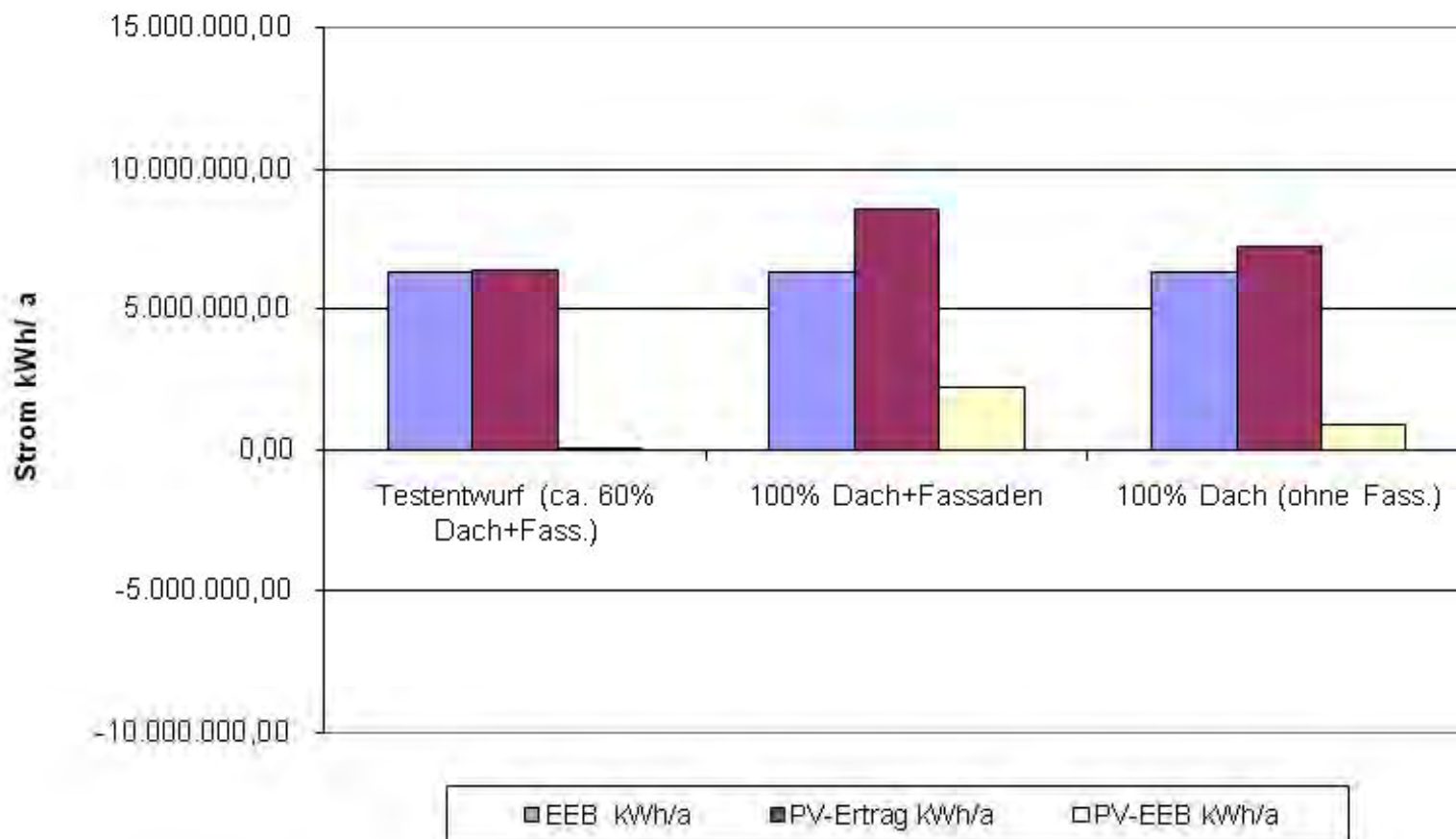
Ertrag Szenario **maximum**: Jahresstromertrag/m² PV-Fläche (optimale Ausrichtung) 174 kWh/m²a

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

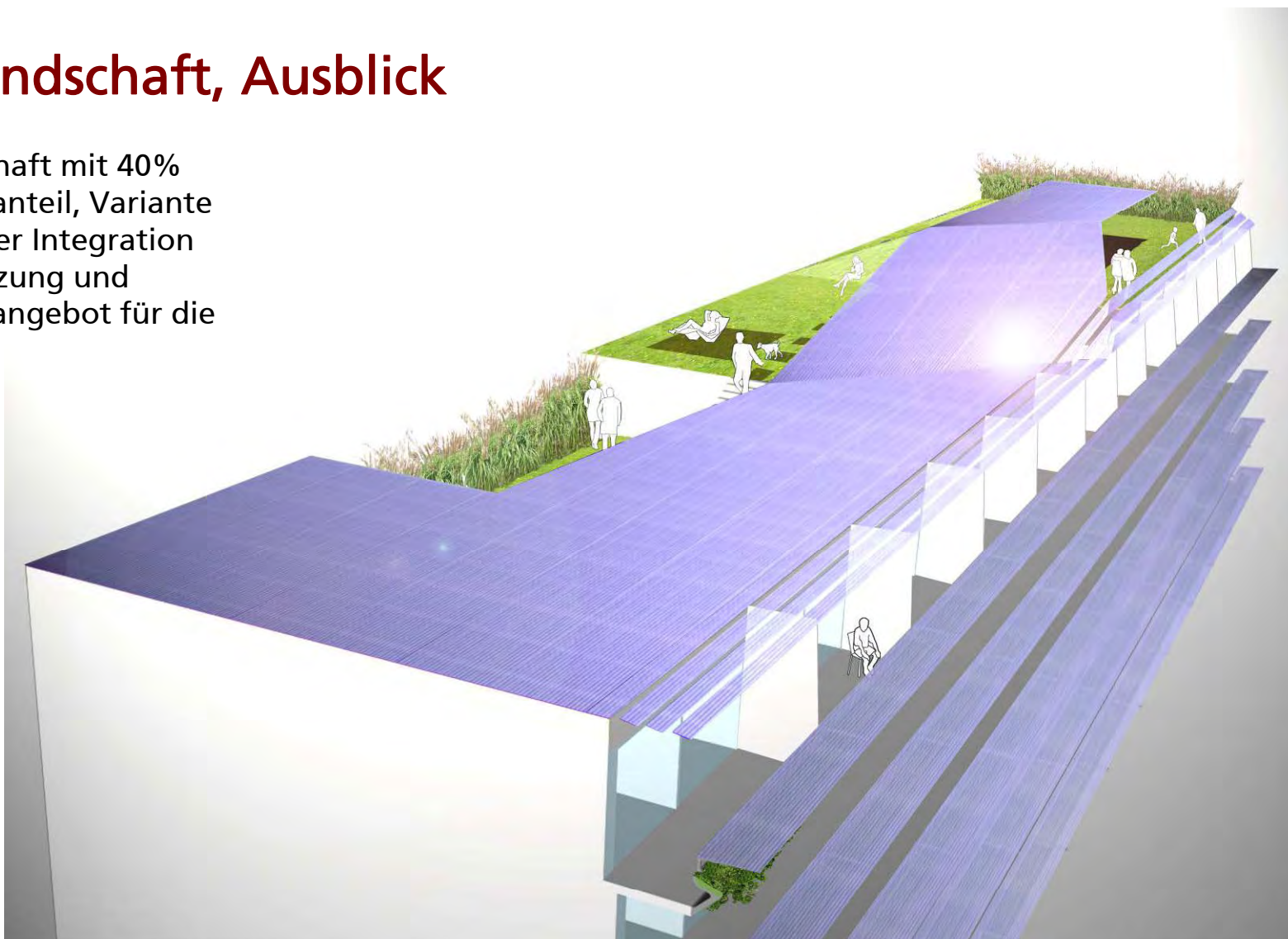
18 % Wirkungsgrad, Zielszenario Verbrauch, 100 % Dachbelegung

SUNpc Hochrechnung auf Stadtgebiet "J"



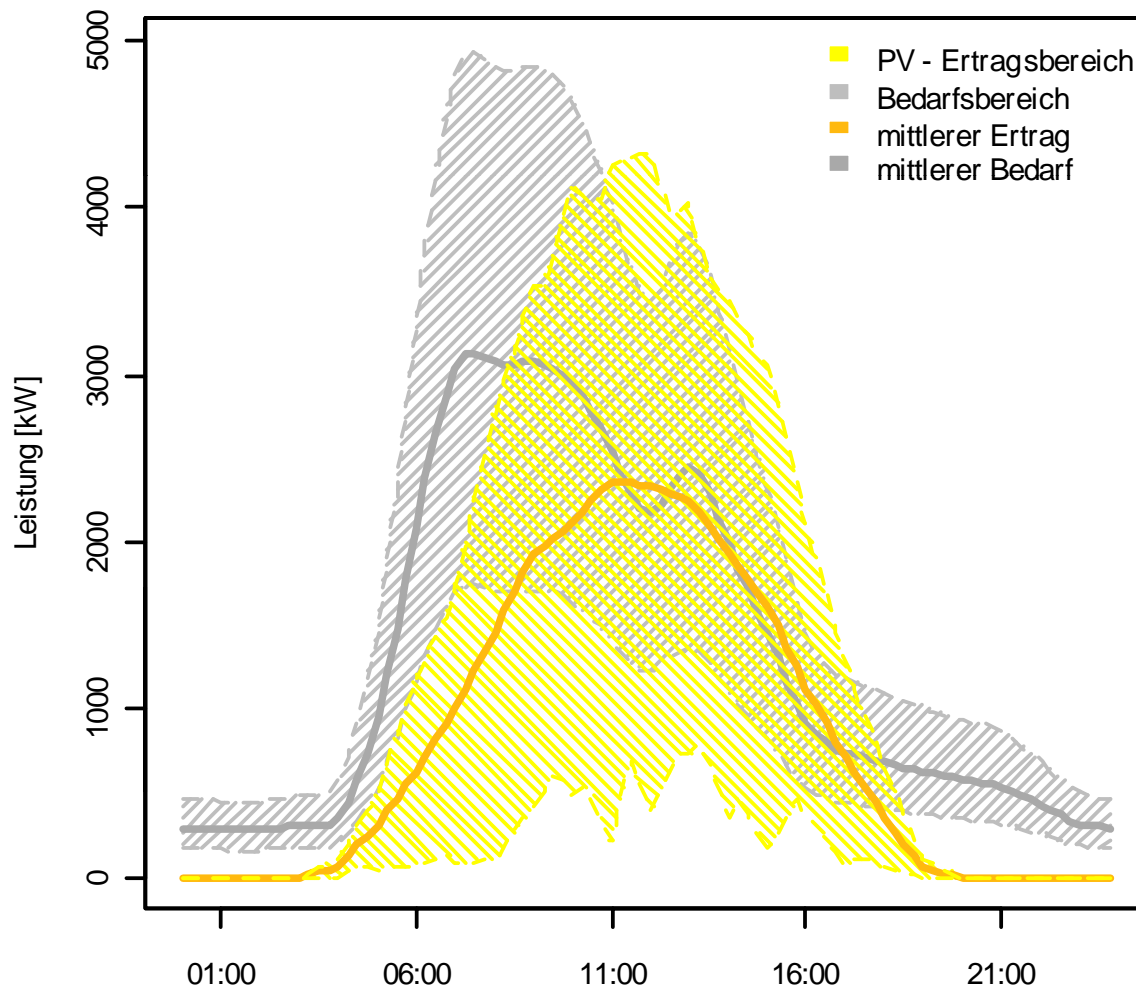
Dachlandschaft, Ausblick

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



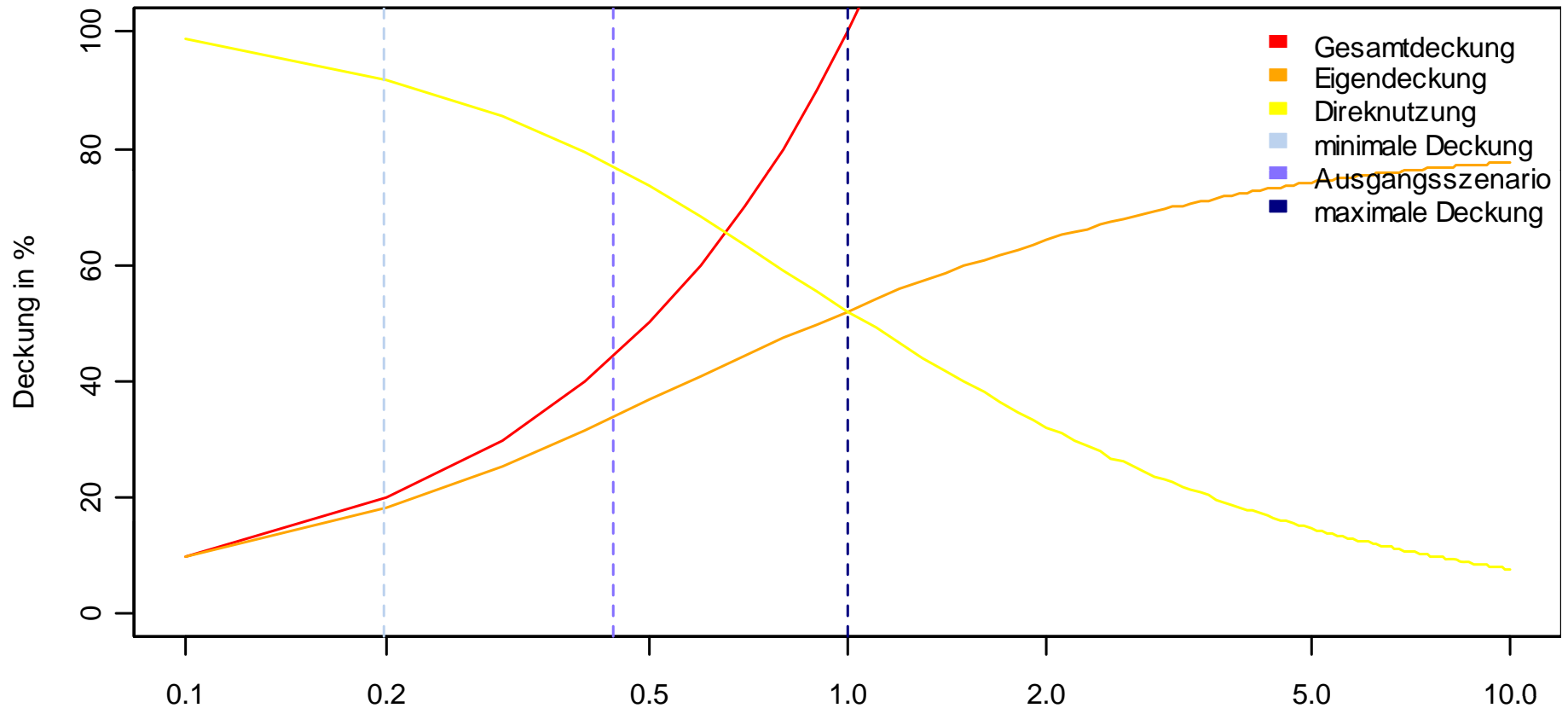
Signifikante Schwankungsbreiten bei Produktion und Verbrauch

Tagesverlauf - Juli - Mittwoch

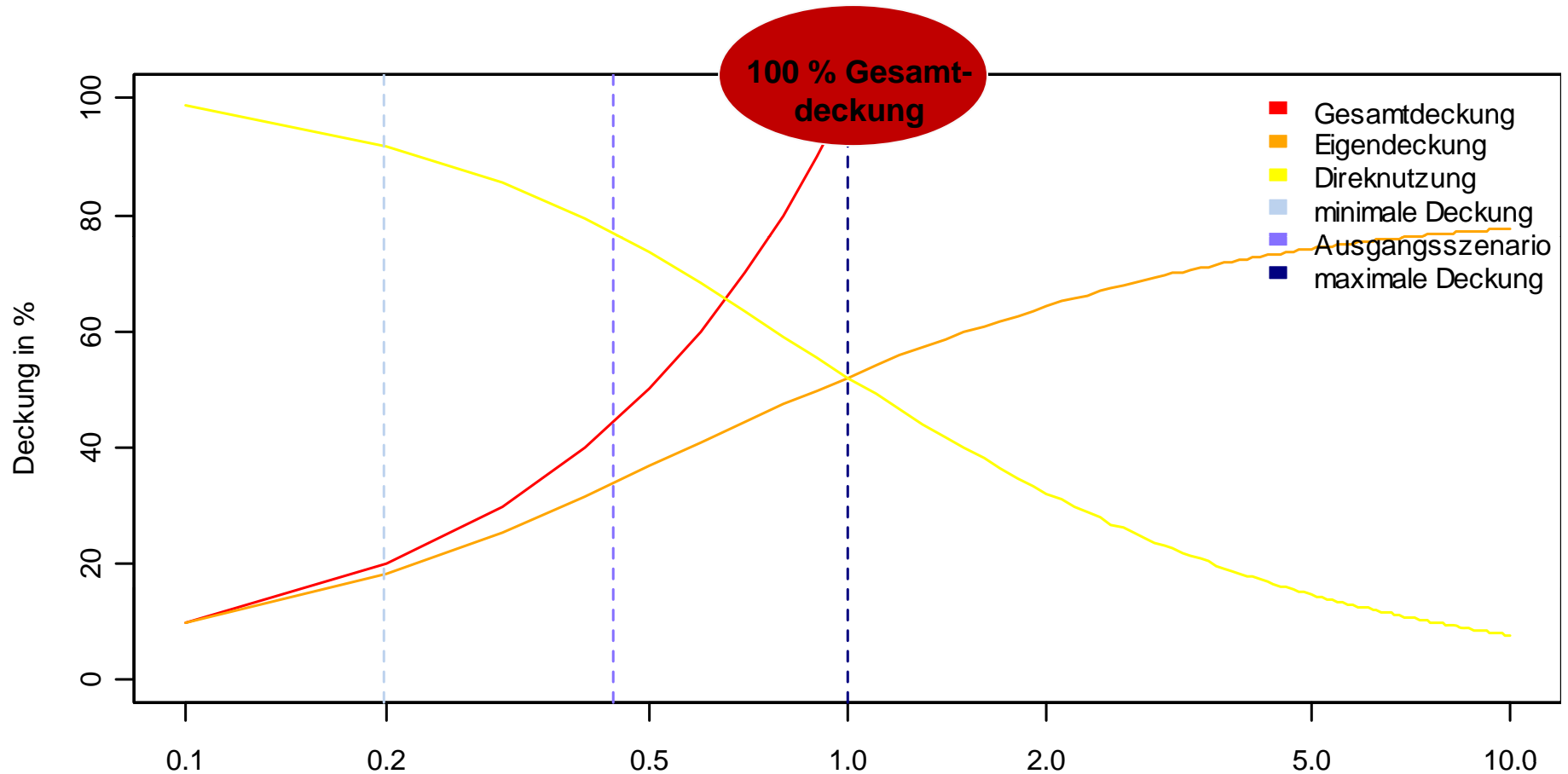


Simulationen Last- und Erzeugungskurven
Stadtteil:
J-Sektor 8-10, Aspern

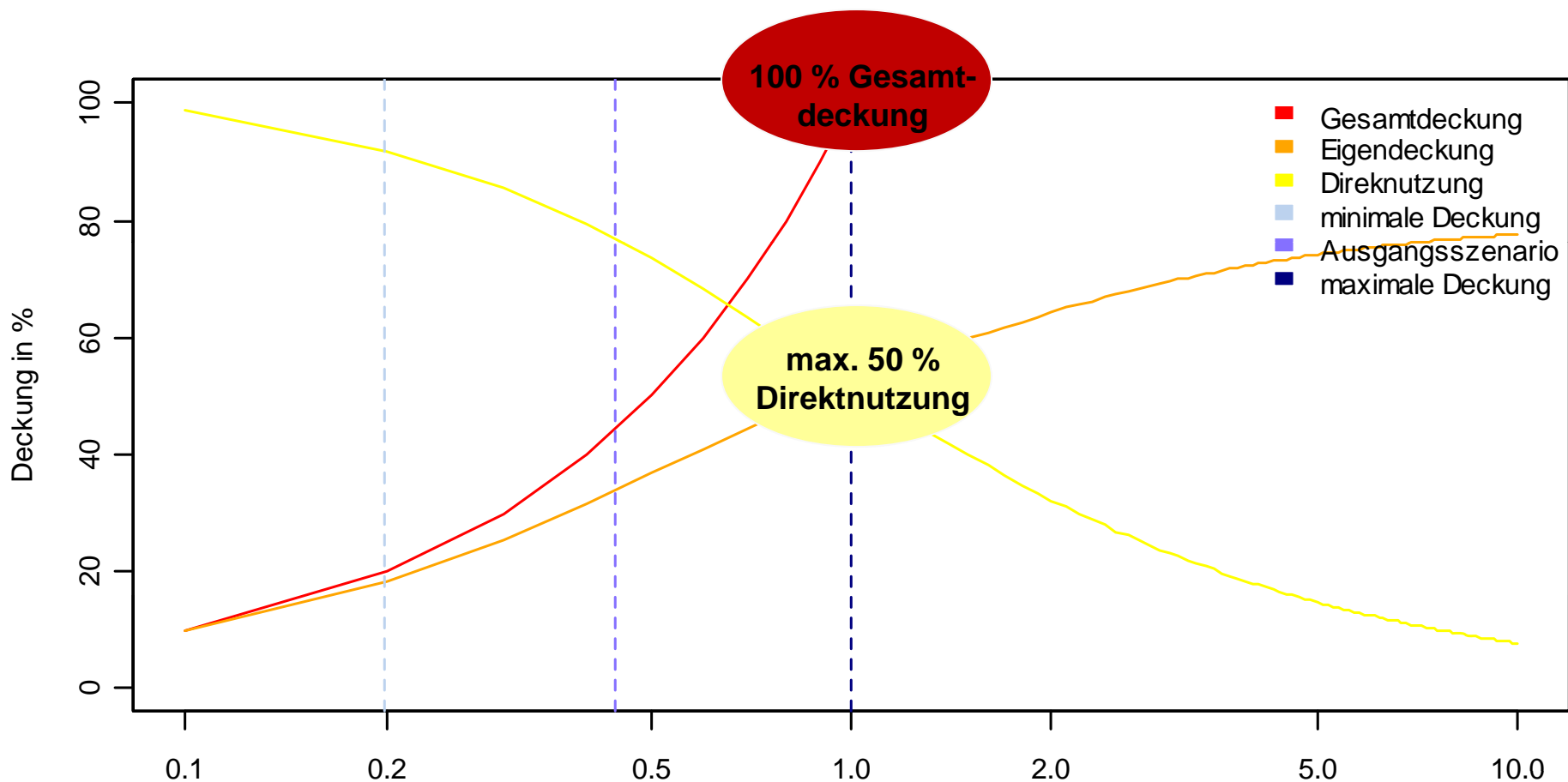
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



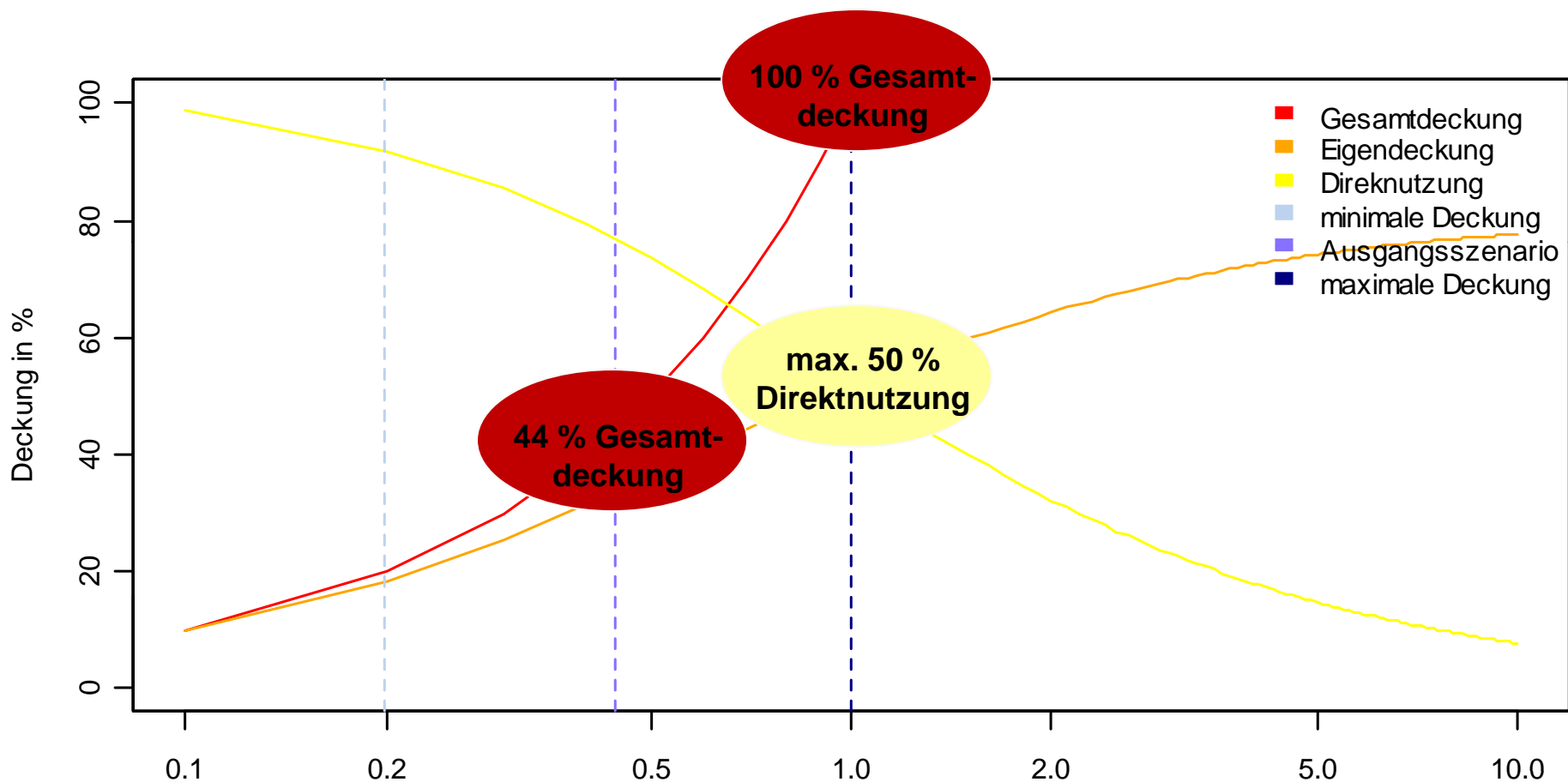
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



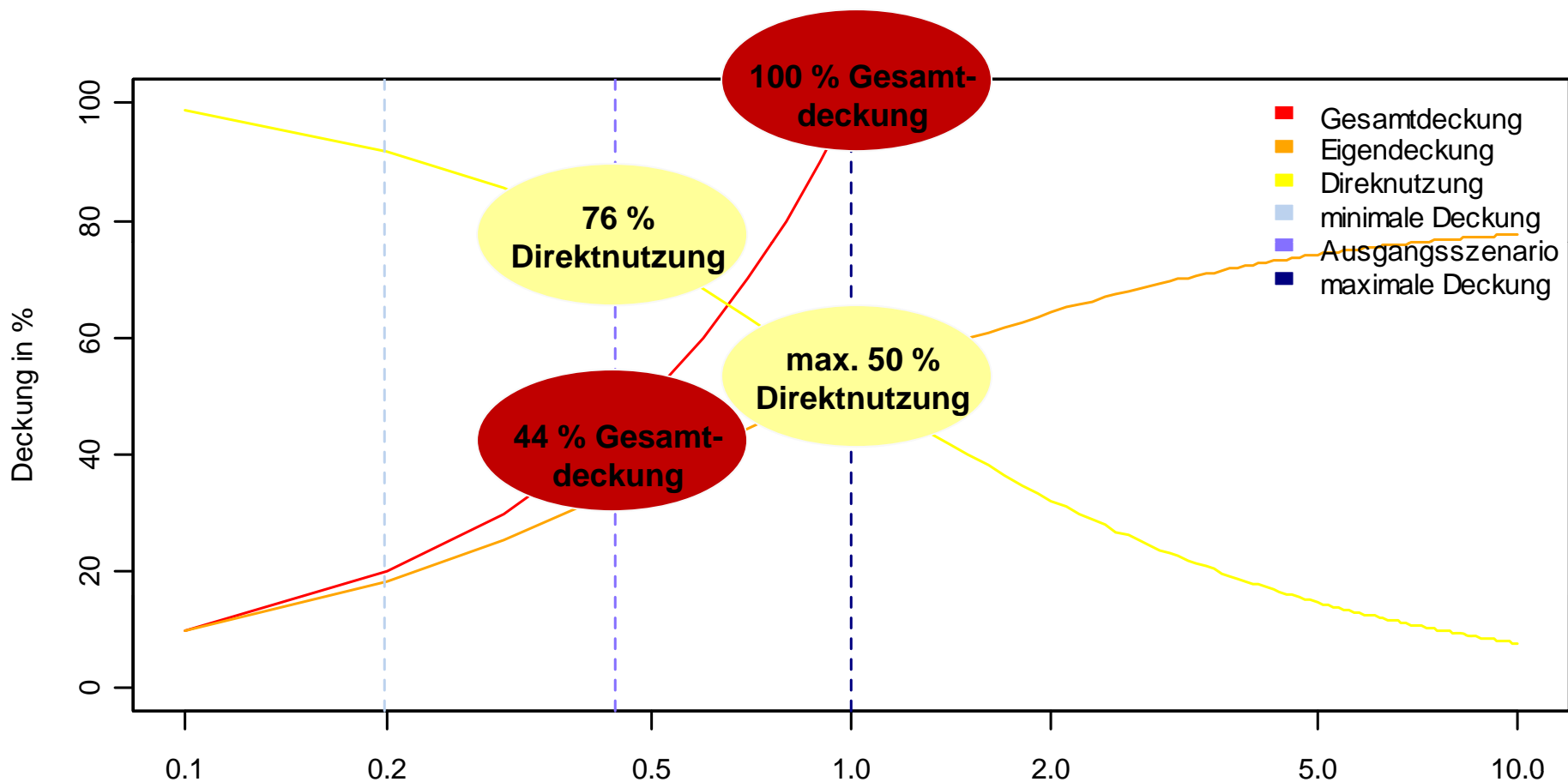
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



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

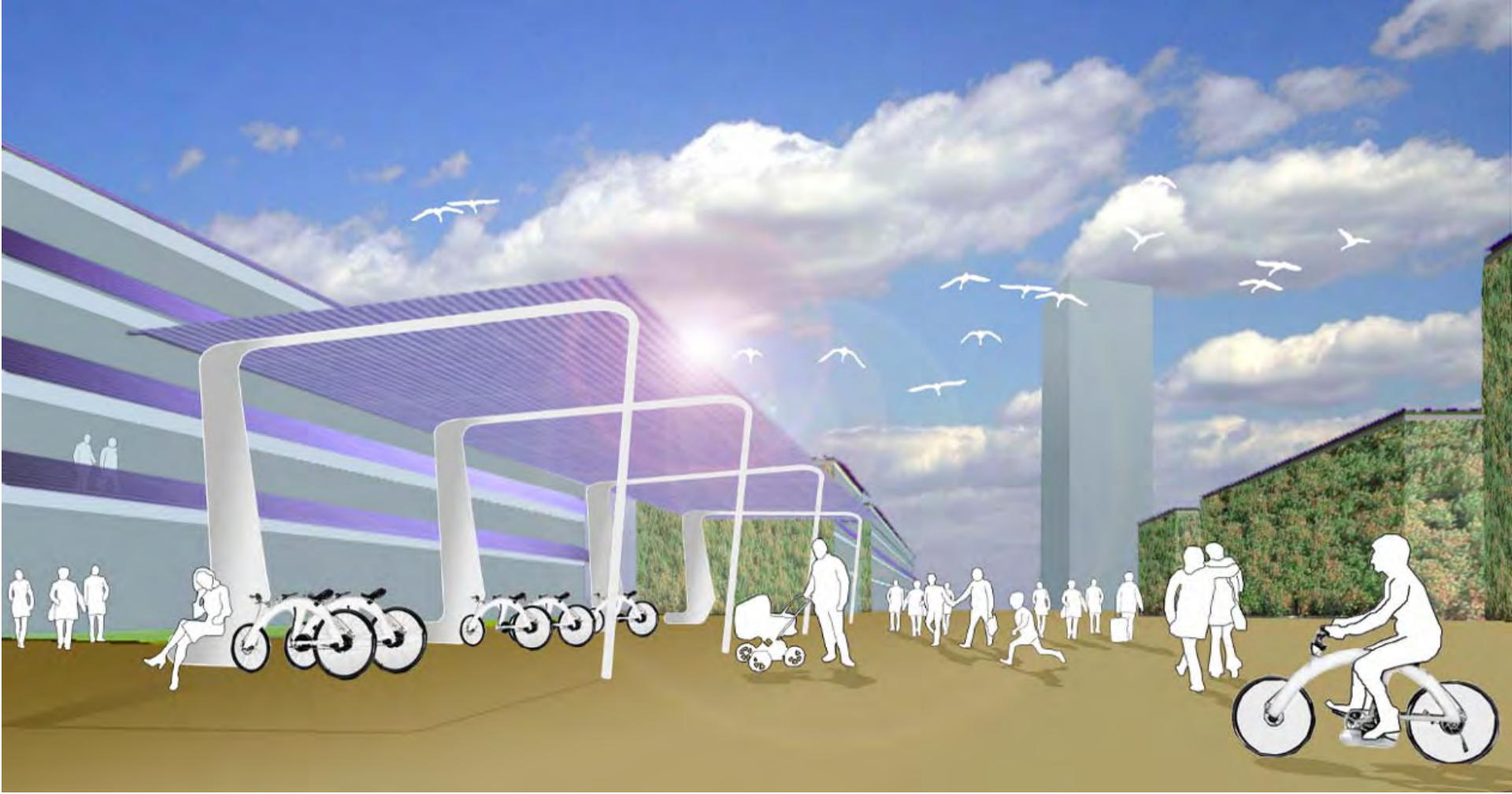
Basis-Variante GIPV Flachdach			
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung			
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit
Rendite p.a.	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