

Plus-Energie-Stadtteil Sun^{power} City

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



Referent:
Mag. Franz Tragner, tatwort

**1. Ist Energie-plus
mit Schwerpunkt GIPV
in mehrgeschossigen
urbanen Gebäuden überhaupt
theoretisch möglich?**

Solare Potential-Simulation: unter idealen Grundannahmen

- Globale Sonneneinstrahlung: 1.300 kWh/m²
- Modulwirkungsgrad 18 %, Systemverluste -25,1%
- Alle Flächen voll besonnt
(noch keine Verschattungssimulation)
- Gebäude sind südlich ausgerichtet (Azimut 0°)
- Zur Deckung des Wärmebedarfes wurden
Sole-Wärmepumpen mit einer JAZ von 4 β verwendet.

Energiebedarfsszenarien (Flugfeld Aspern)

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

PV-Erträge aus den Gebäudetypen

- Wohngebäude: **60.000 kWh** pro Jahr
 - **4 Geschoße**, 19x15x15 Meter, 1.140 m² Brutto-Geschoßfläche
 - Flachdach, West und Ost wird zu 60 % mit PV belegt, Südfassade nur zu 40 %
 - **345 m² an PV-Flächen**
- Bürogebäude: **206.000 kWh** pro Jahr
 - **6 Geschoße**: 60x18x18 Meter, 6.480 m² Brutto-Geschoßfläche
 - Flachdach wird zu 64 % mit PV belegt, Süd-, West- und Ost-Fassaden zu 45 %
 - **1.175 m² an PV-Flächen**

Energie-Bilanz nach Gebäudtypen

Best-Case ... Worst-Case

Gebäudetyp	Best Case		Worst Case	
	Gesamt- deckung %	Strom-DB (inkl. Wärme) kWh/m ² BGF	Gesamt- deckung %	Strom-DB (inkl. Wärme) kWh/m ² BGF
Wohngebäude	134 %	20	82 %	-35
Büro	90 %	-7	56 %	-74
Supermarkt	218 %	85	112 %	18
Produktion	-	-	75 %	-201
Lagerhalle	-	-	482 %	153

Energie-Bilanz für einen typischen Stadtteil

Best-Case ... Worst-Case

Stadtteil	Best Case	Worst Case
Misch-Verhältnis	Gesamtdeckungsgrad (ink. Wärmebedarf)	
85 % BGF Wohnen 10 % BGF Büro 5 % BGF Handel	133 %	80 %

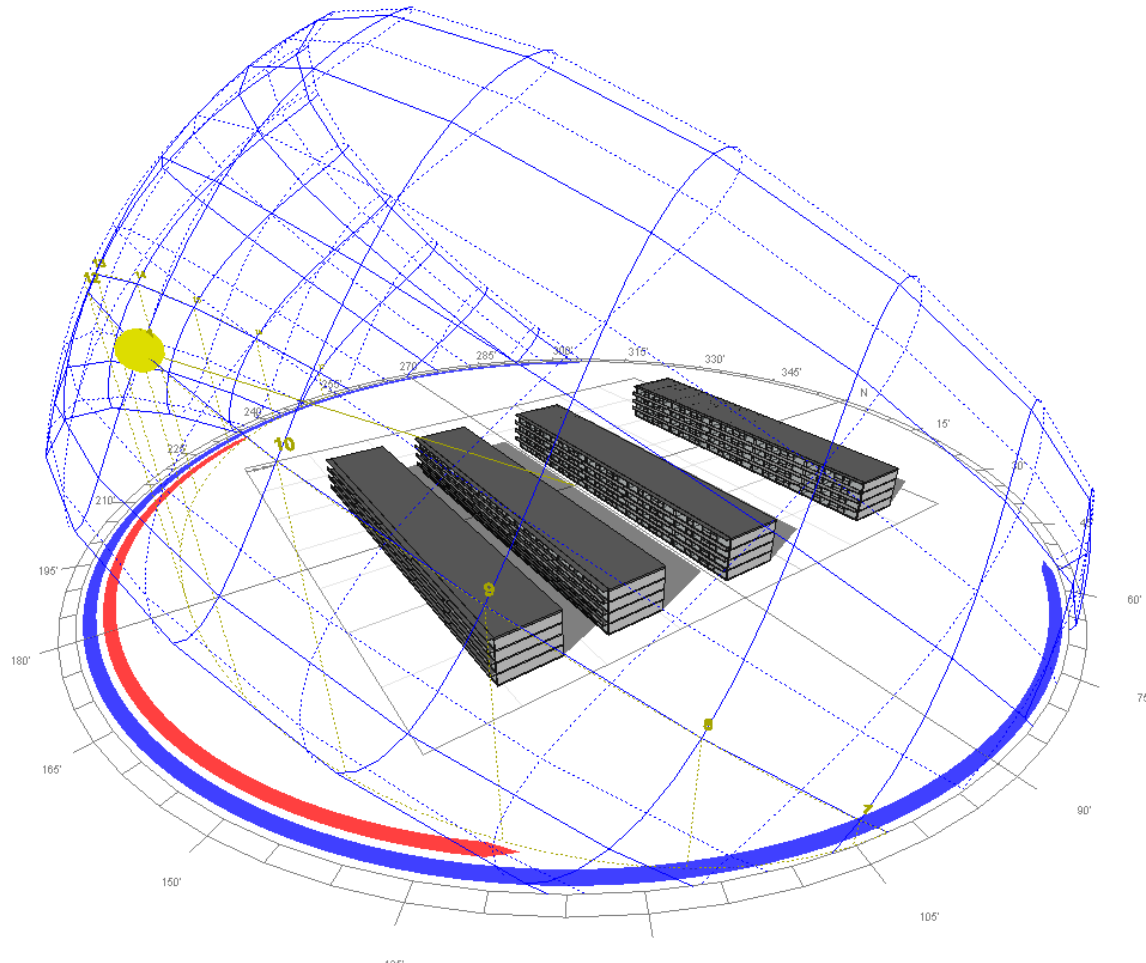
Energieerzeugungspotentiale Ergebnisse

- **Energie plus ist theoretisch auch nur mittels intensiver PV-Nutzung möglich!**
- **Entscheidend für Plus-Energie sind**
 - **Energieeffizienz im Gebäude**
 - **Optimierung der Dachflächen: Flachdächer!**
 - **Vermeidung von Verschattung**
 - **Verwendung von PV-Modulen mit hohen Wirkungsgraden (18 %)**
 - **Ost/Westfassaden bringen mehr Ertrag**
 - **Südfassaden bringen wirtschaftlicheren Ertrag**

**2. Ist Energie plus
mit Schwerpunkt GIPV
in mehrgeschossigen
urbanen Gebäuden auch
unter realen Bedingungen möglich?**

Dynamische Ertragssimulation Gebäudeabstände Modelltyp Wohnbau

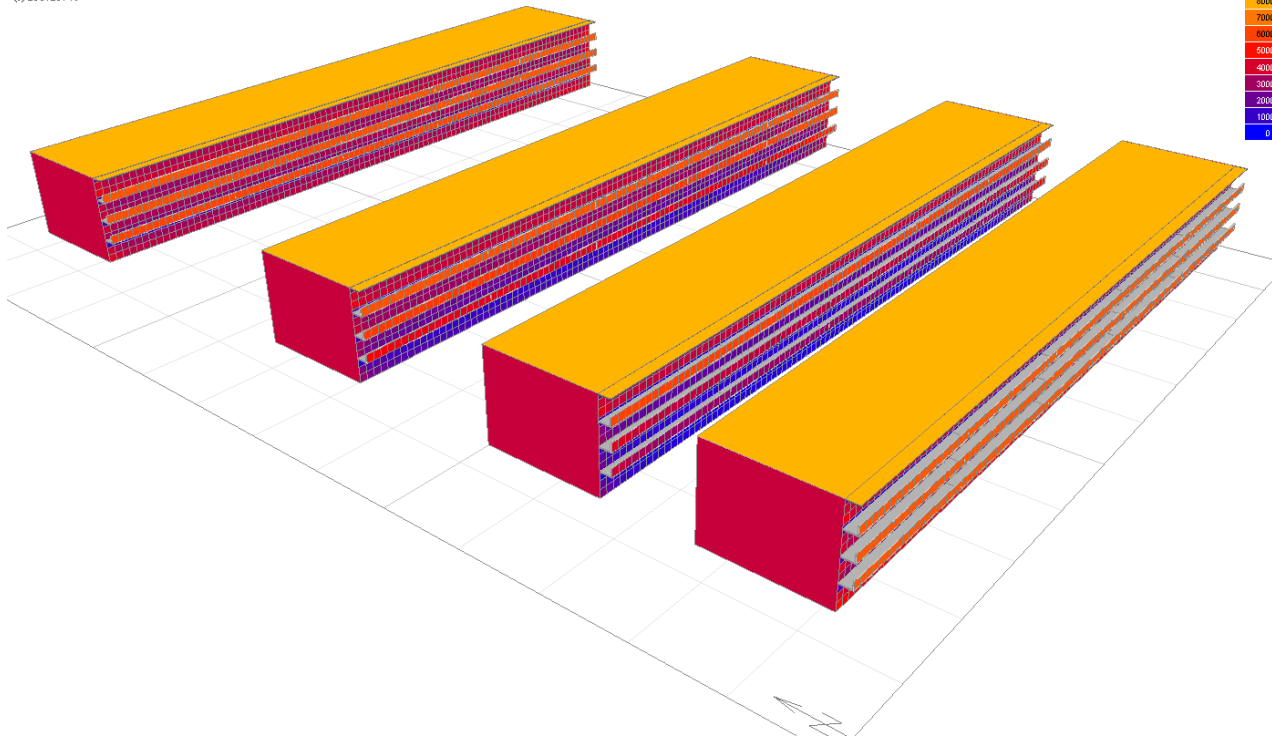
- Gebäudeabstände 1:1, 1:2 und 1:3



Dynamische Ertragssimulation Gebäudeabstände 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

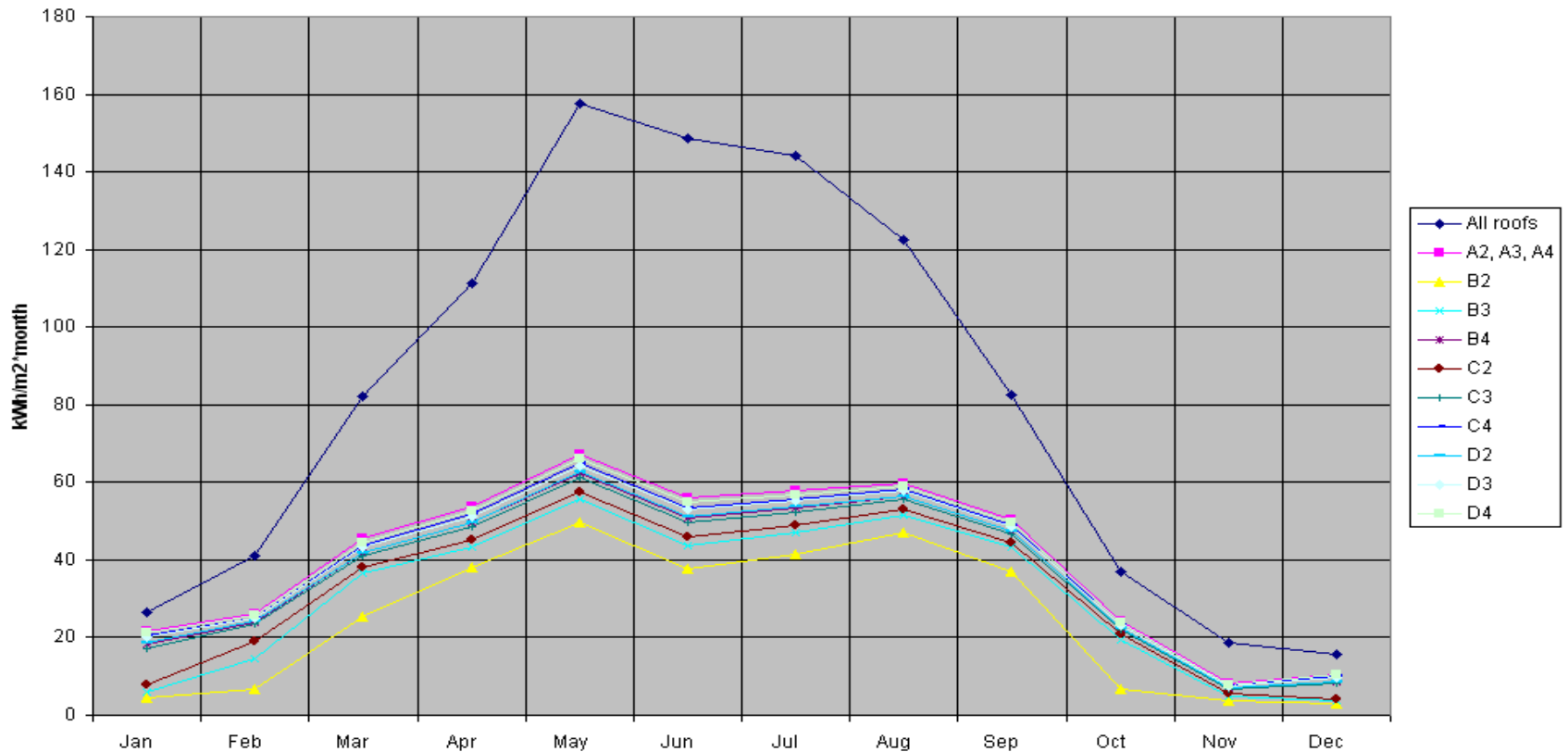


Dynamische Ertragssimulation

Gebäudeabstände Modelltyp Wohnbau

- Gebäudeabstände 1:1, 1:2 und 1:3

Direct + diffuse incident radiation per unit area (kWh/m²)



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

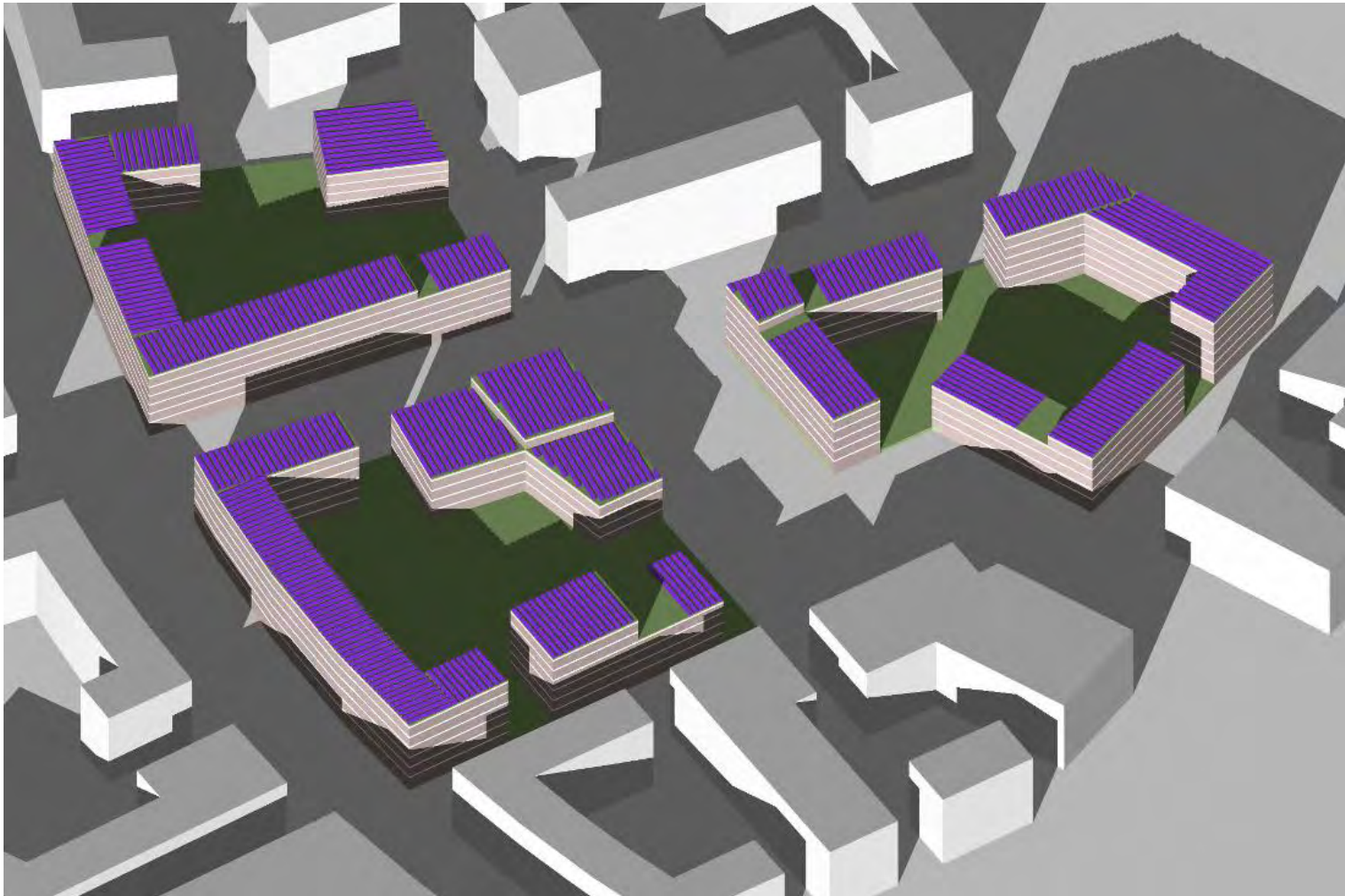


Asperner Flugfeld Süd- Stand 080801
Bebauungskanten und Höhen

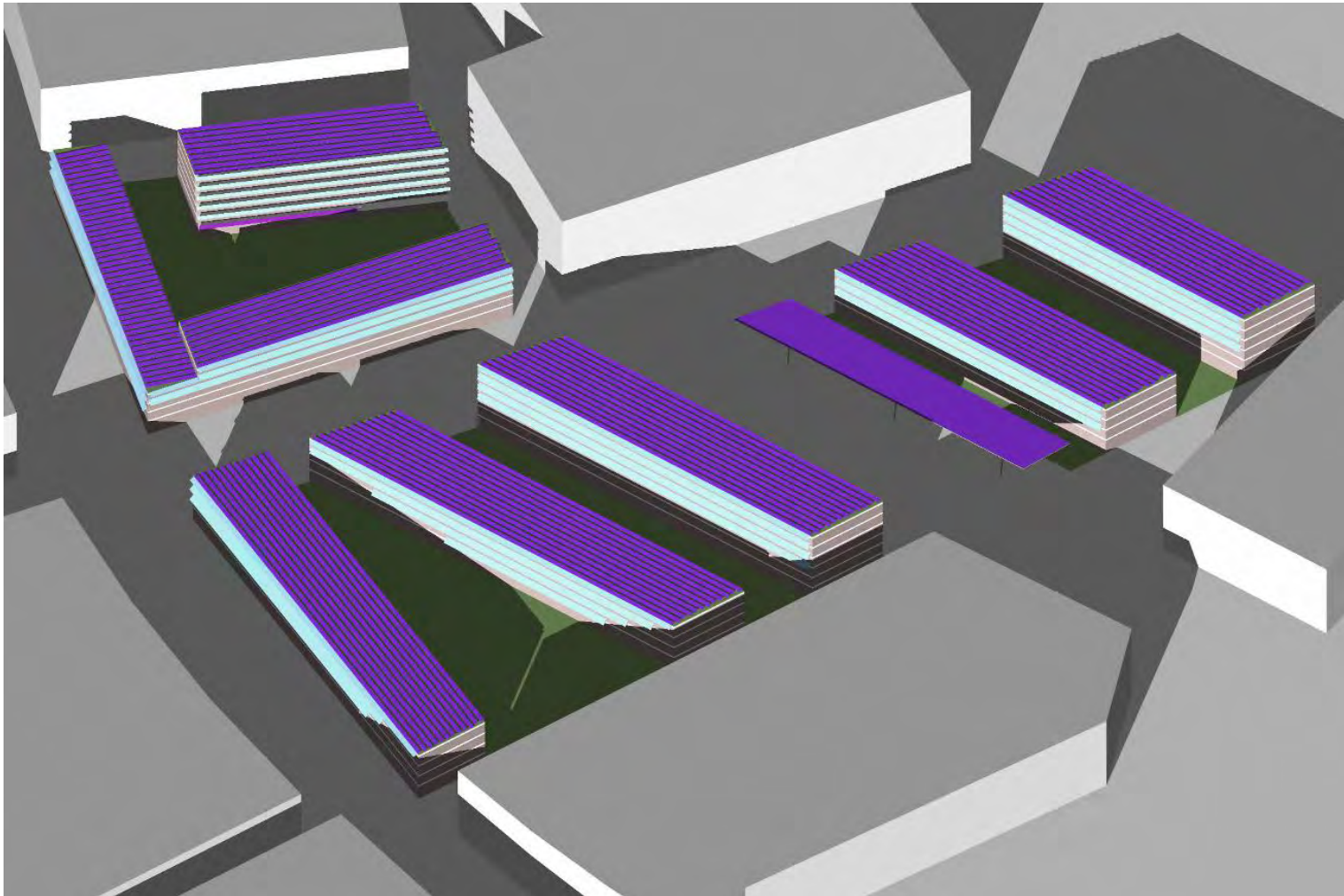
Ausschnitt Entwurf Tovatt



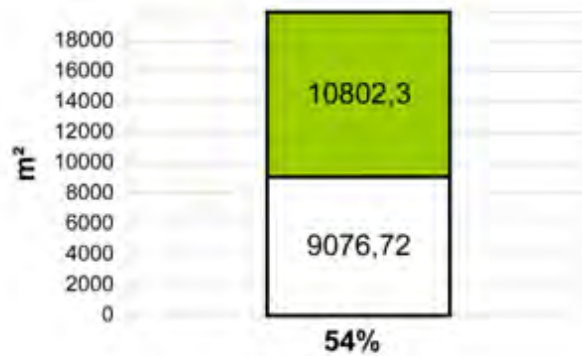
Städtebauliche Optimierung: Ausgangsvariante



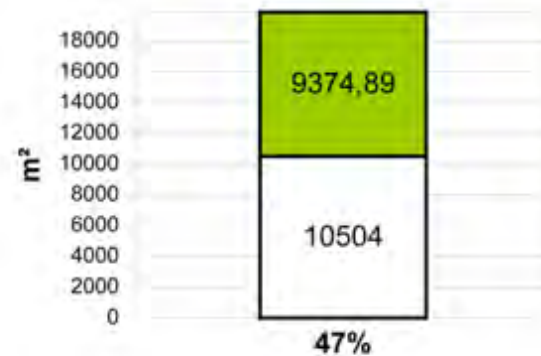
Städtebauliche Optimierung: Entwurf pos Architekten



Städtebauliche Optimierung: Vergleich Grünflächen

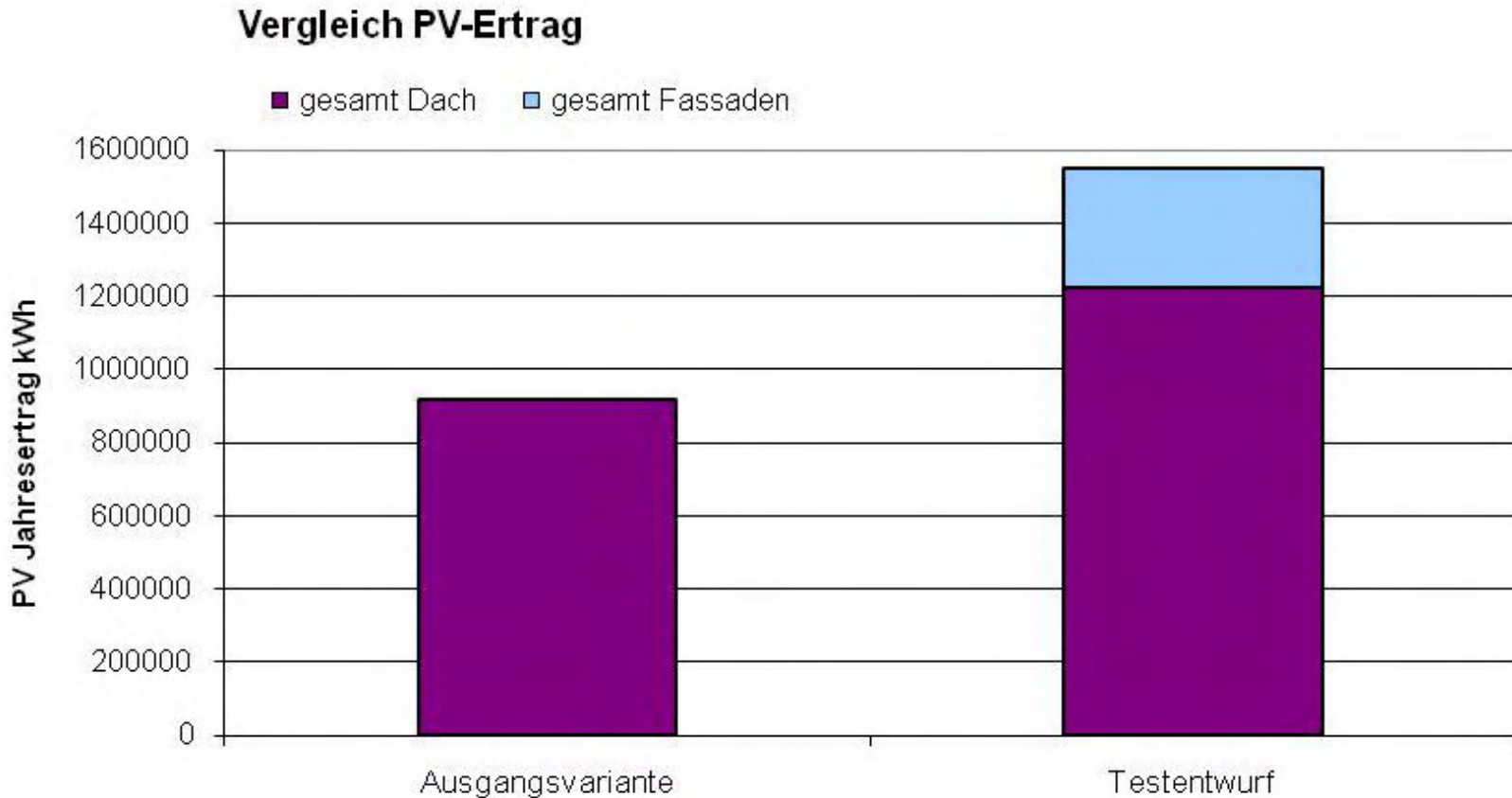


Basis WB-Masterplan



Studie SUNpc

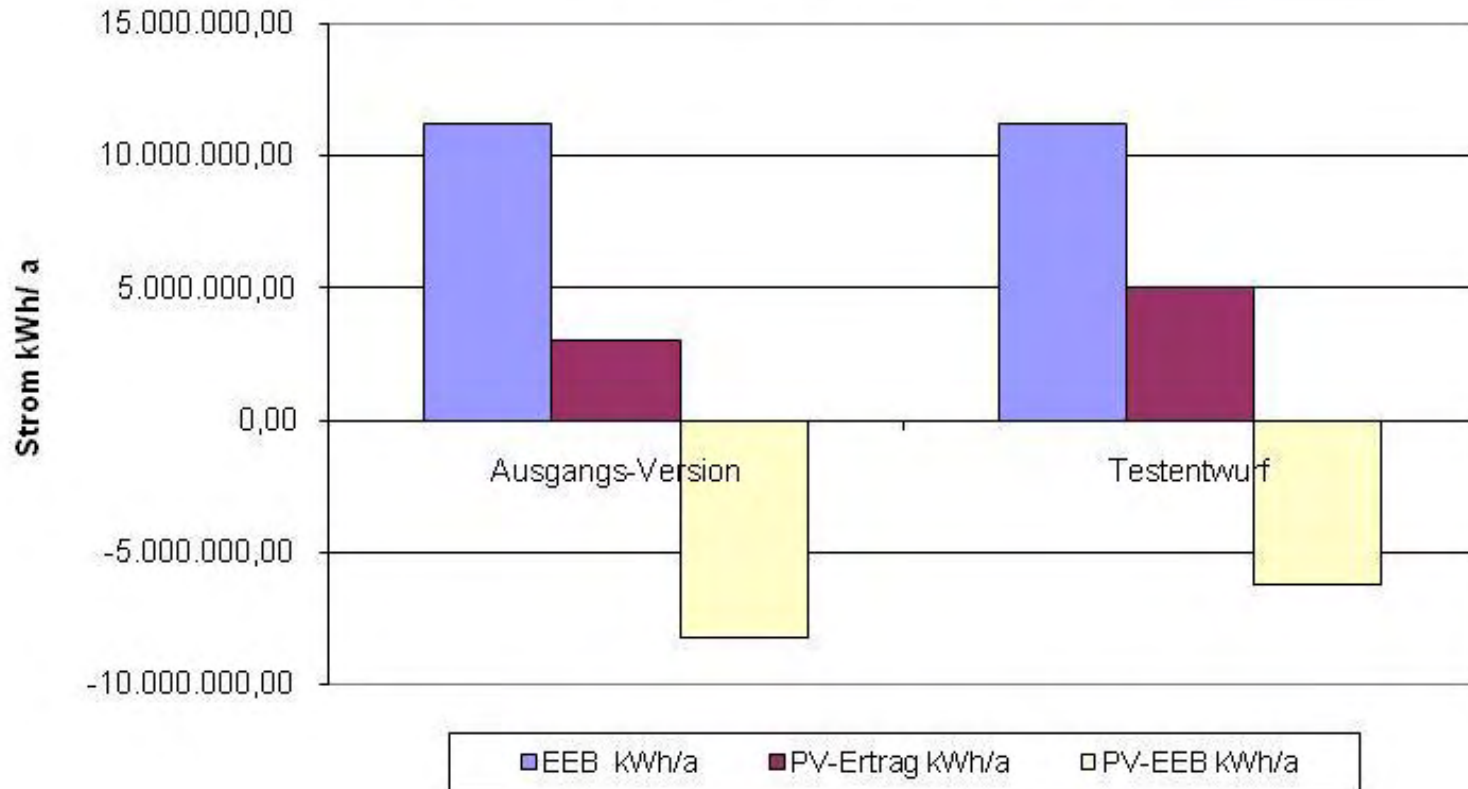
Städtebauliche Optimierung: PV-Ertrag im Vergleich



Strom-Bilanz Stadtteil: Medium-Szenario

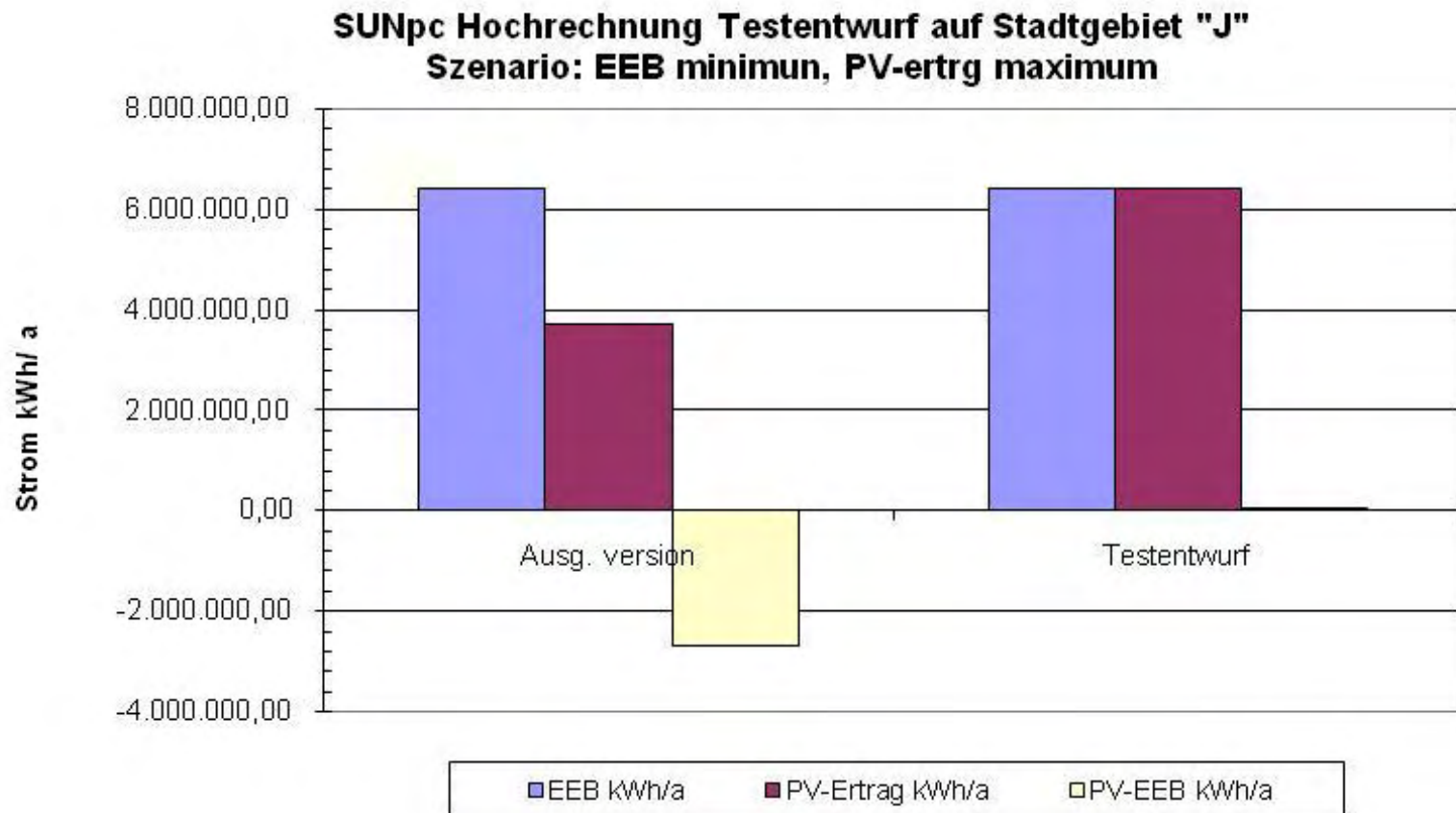
14 % Wirkungsgrad, Mindestanforderung Verbrauch

SUNpc Hochrechnung auf Stadtgebiet "J"



Strom-Bilanz Stadtteil: Best-Case-Szenario

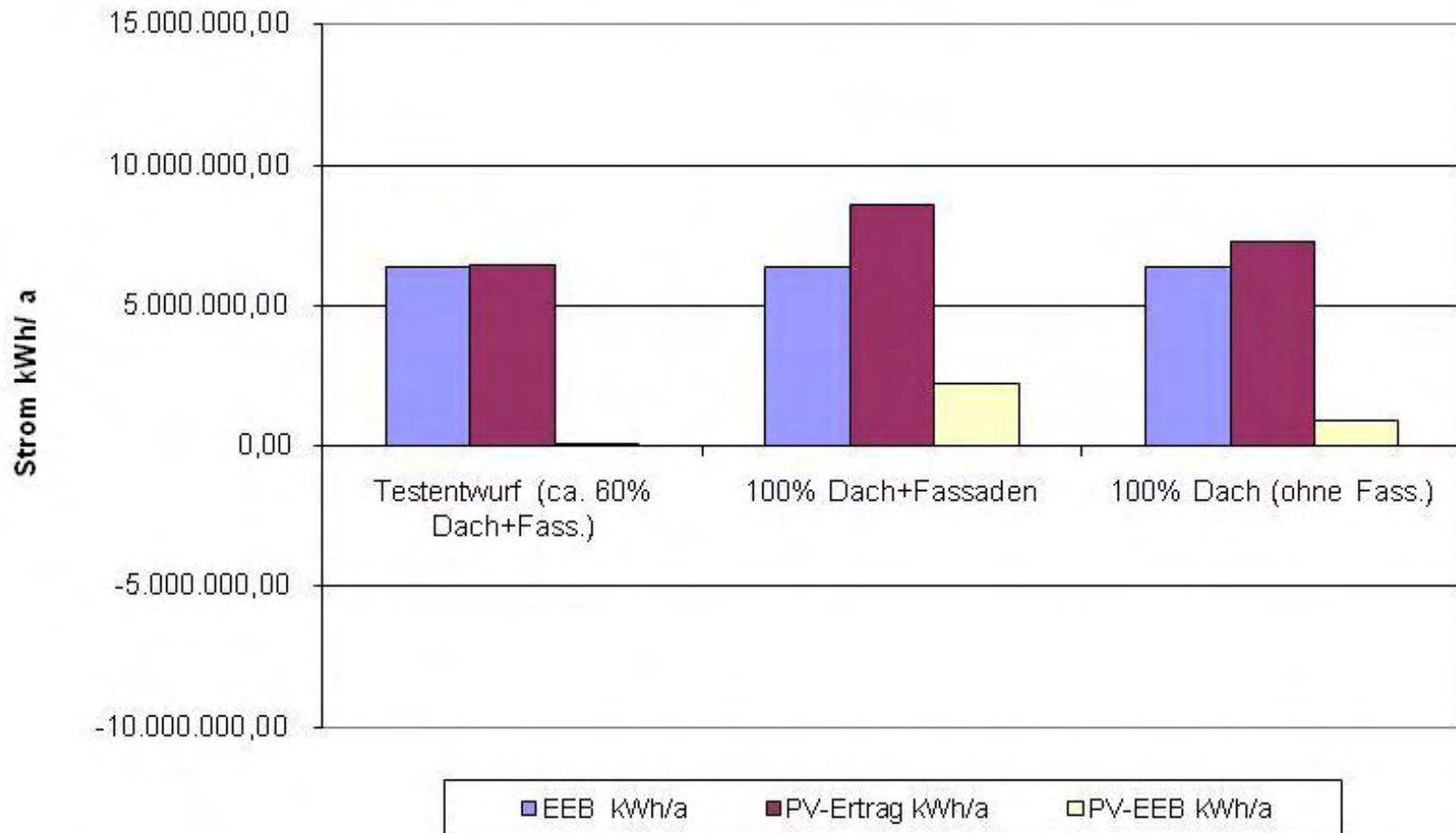
18 % Wirkungsgrad, Zielszenario Verbrauch



Strom-Bilanz Stadtteil: Best-Case-Szenario

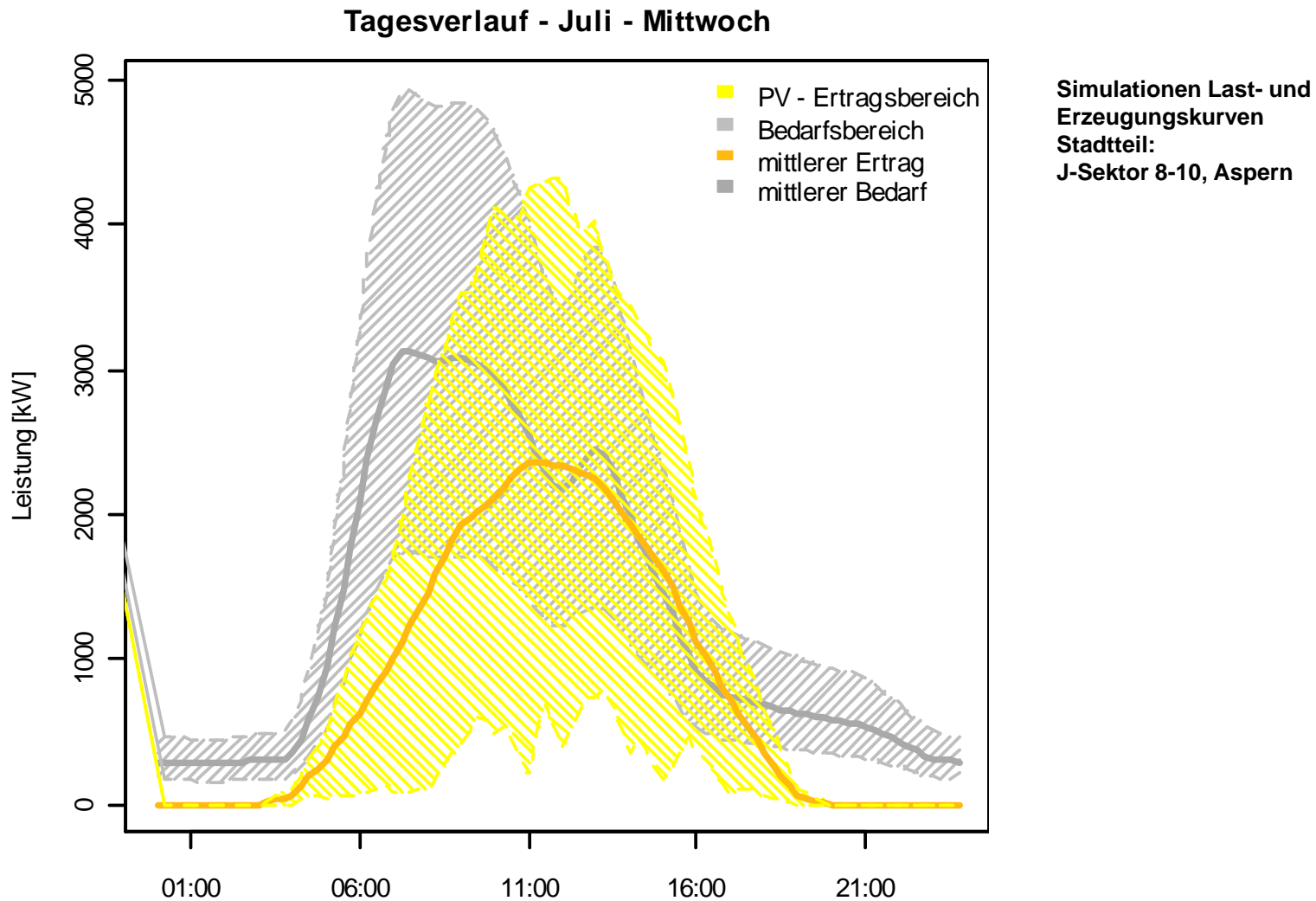
18 % Wirkungsgrad, Zielszenario Verbrauch,
100 % Dachbelegung

SUNpc Hochrechnung auf Stadtgebiet "J"



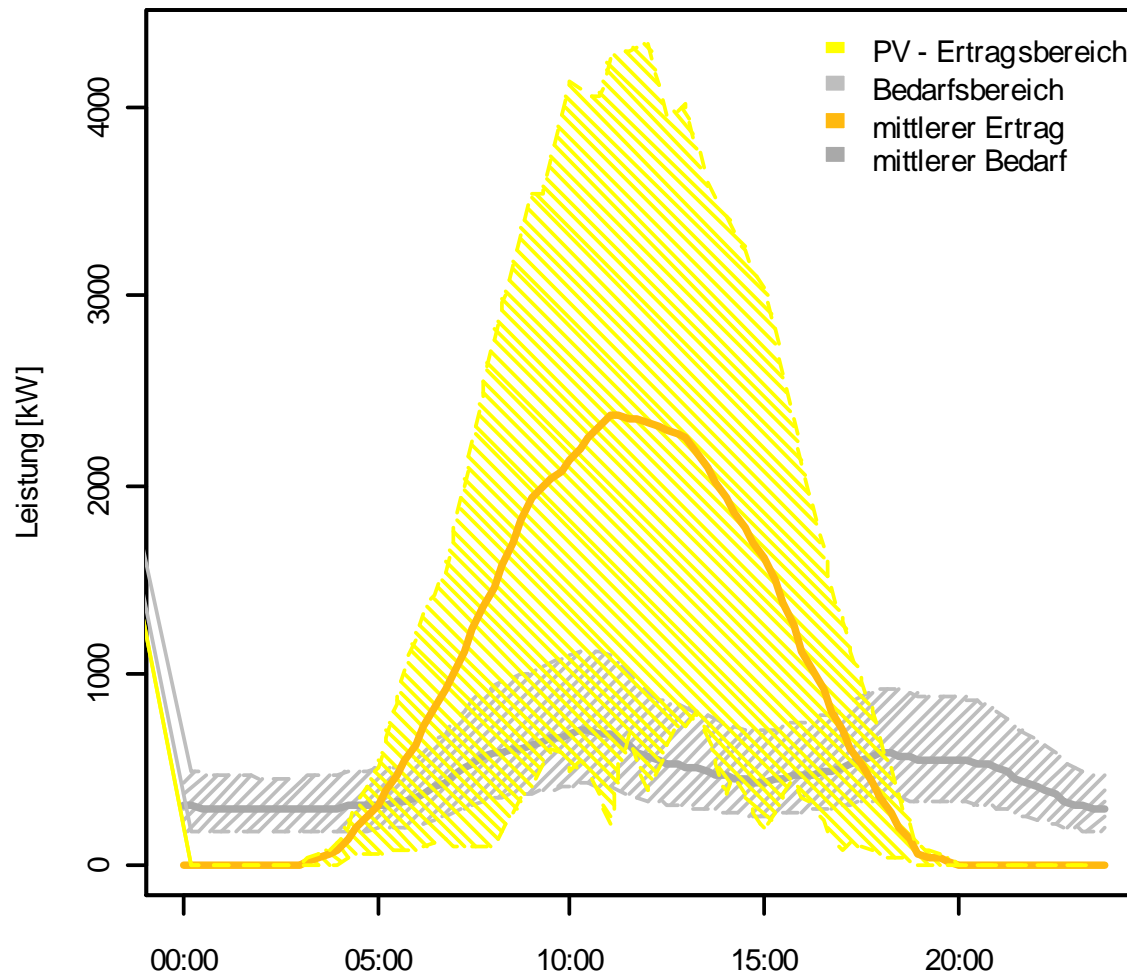
3. Welche Herausforderungen gibt es für die Netz- und Systemintegration?

Signifikante Schwankungsbreiten bei Produktion und Verbrauch (1)



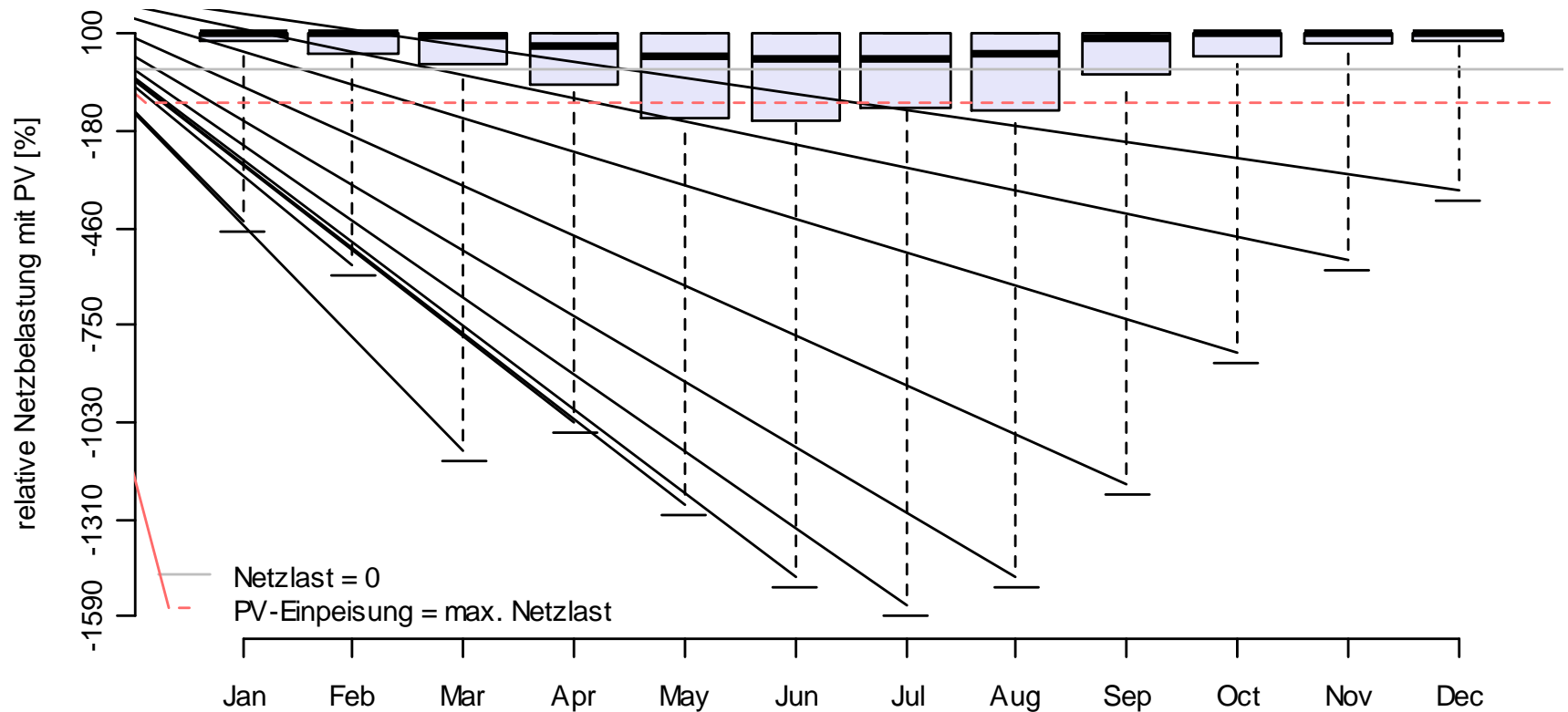
Signifikante Schwankungsbreiten bei Produktion und Verbrauch (2)

Tagesverlauf - Juli - Sonntag

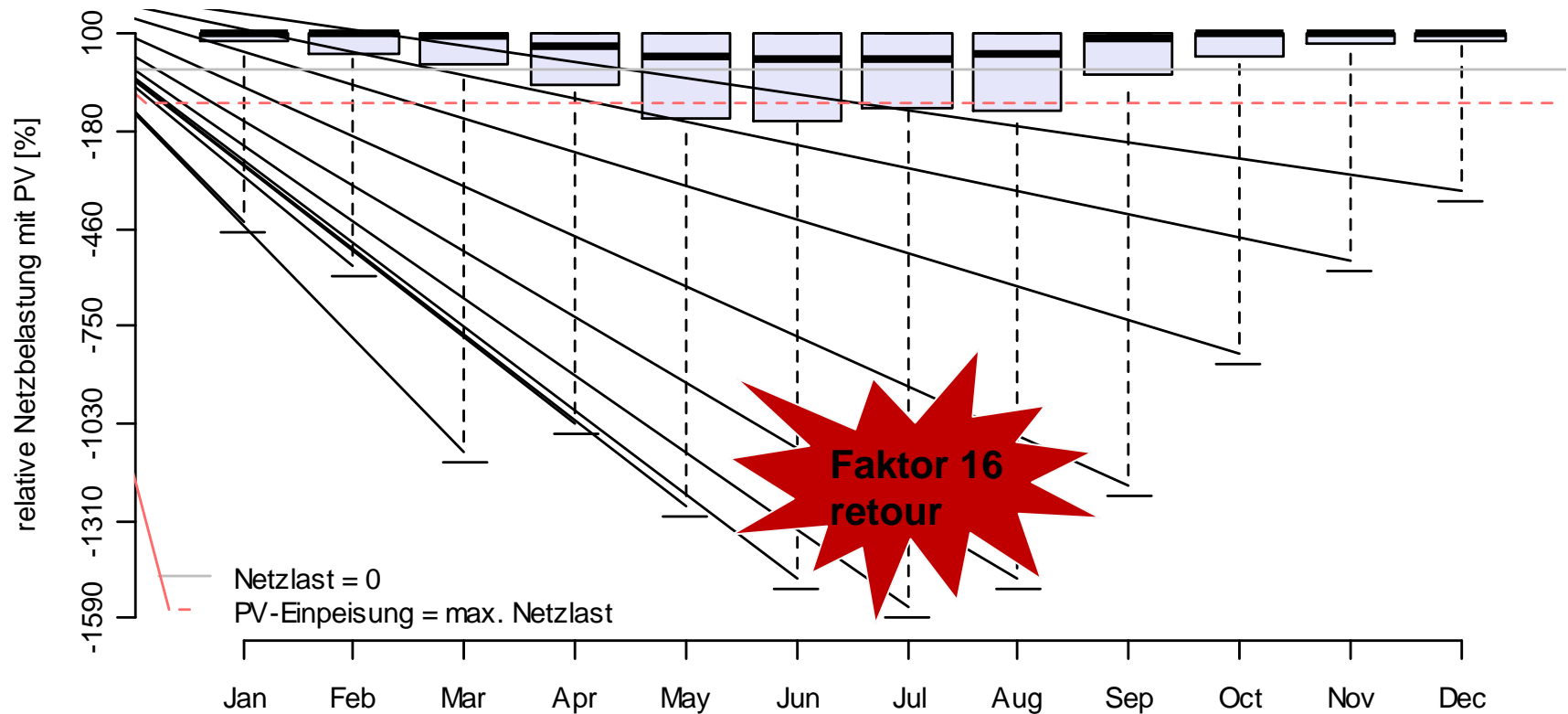


Simulationen Last- und
Erzeugungskurven
Stadtteil:
J-Sektor 8-10, Aspern

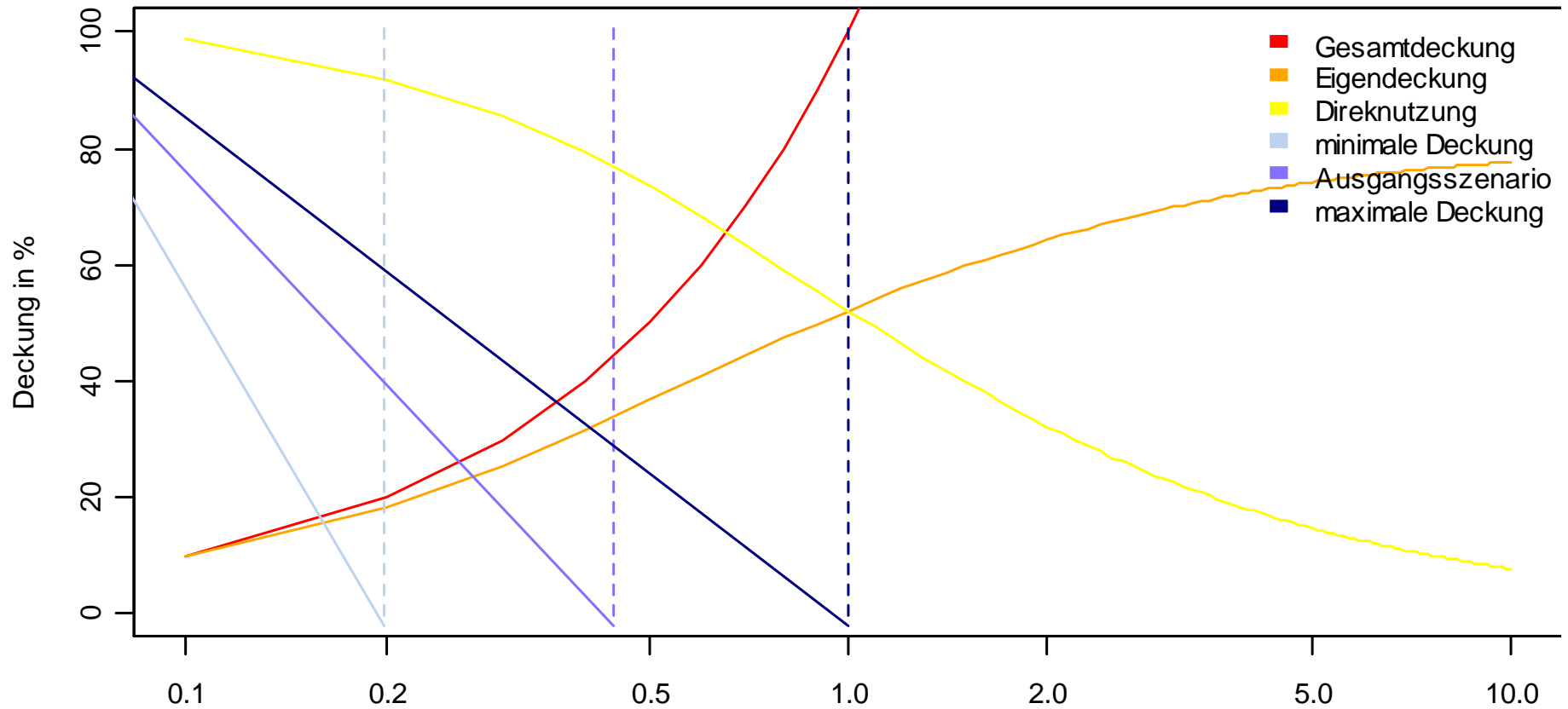
Relative Netzbelastung bei maximaler PV-Produktion



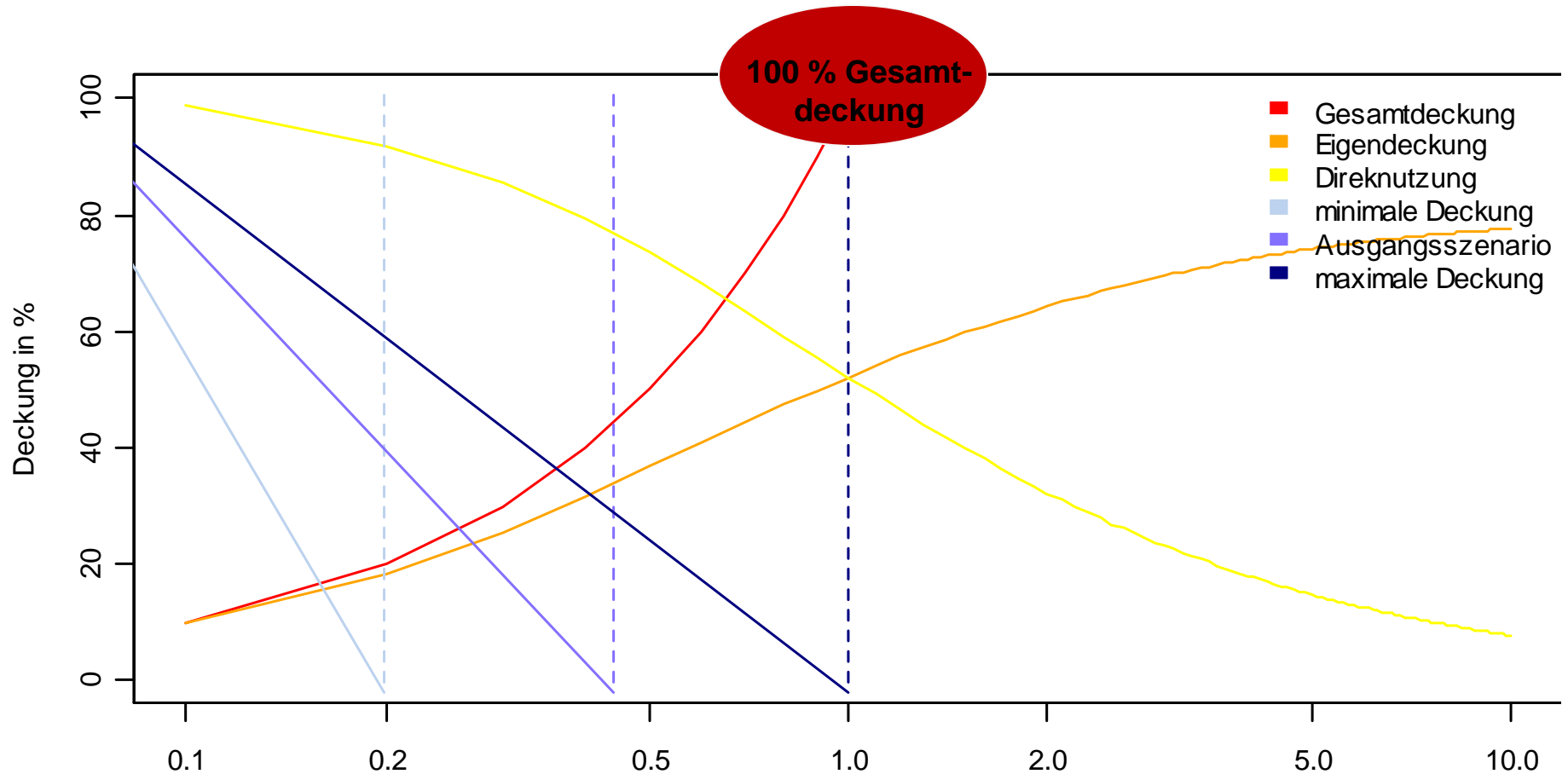
Relative Netzbelastung bei maximaler PV-Produktion



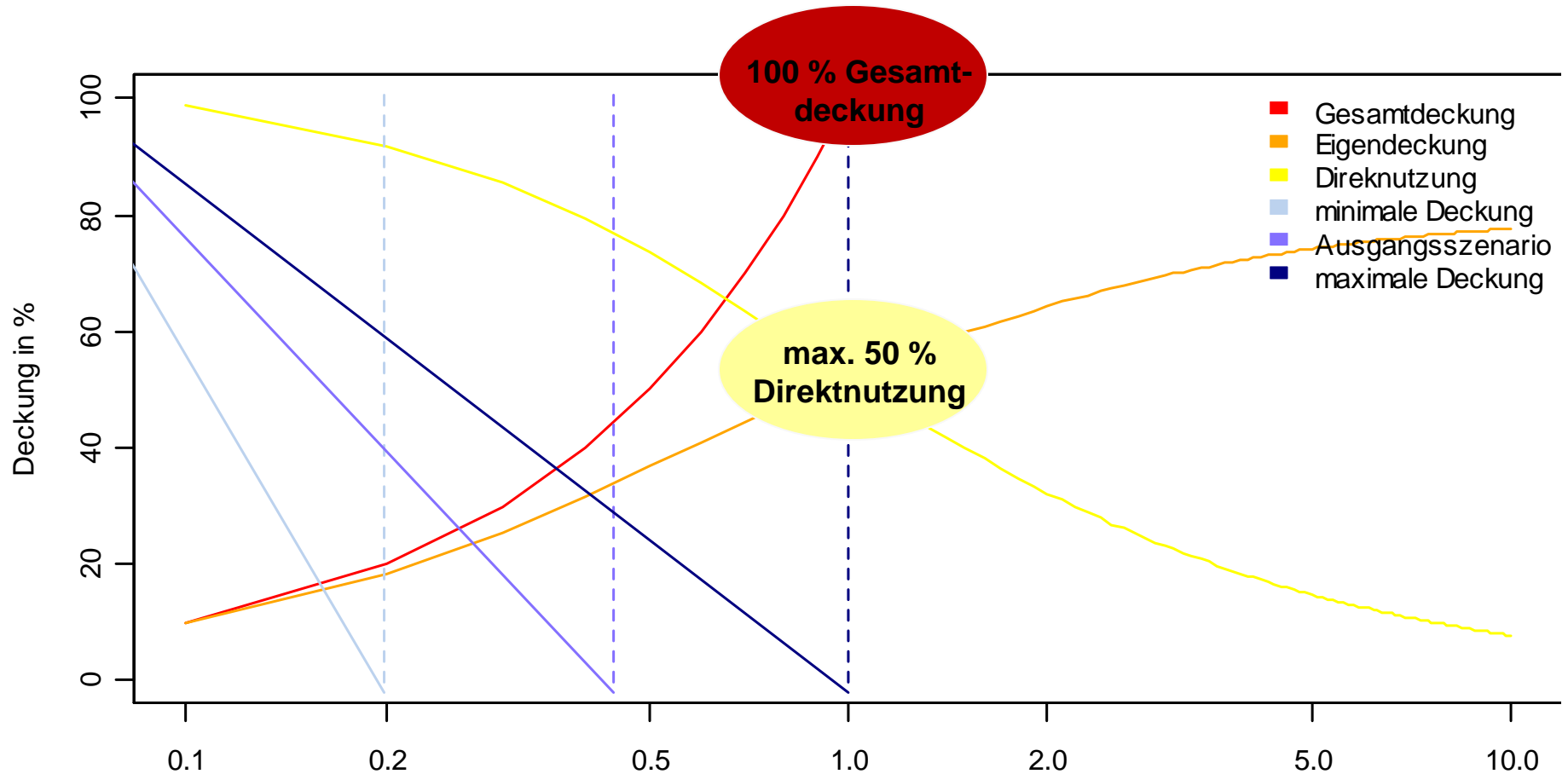
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



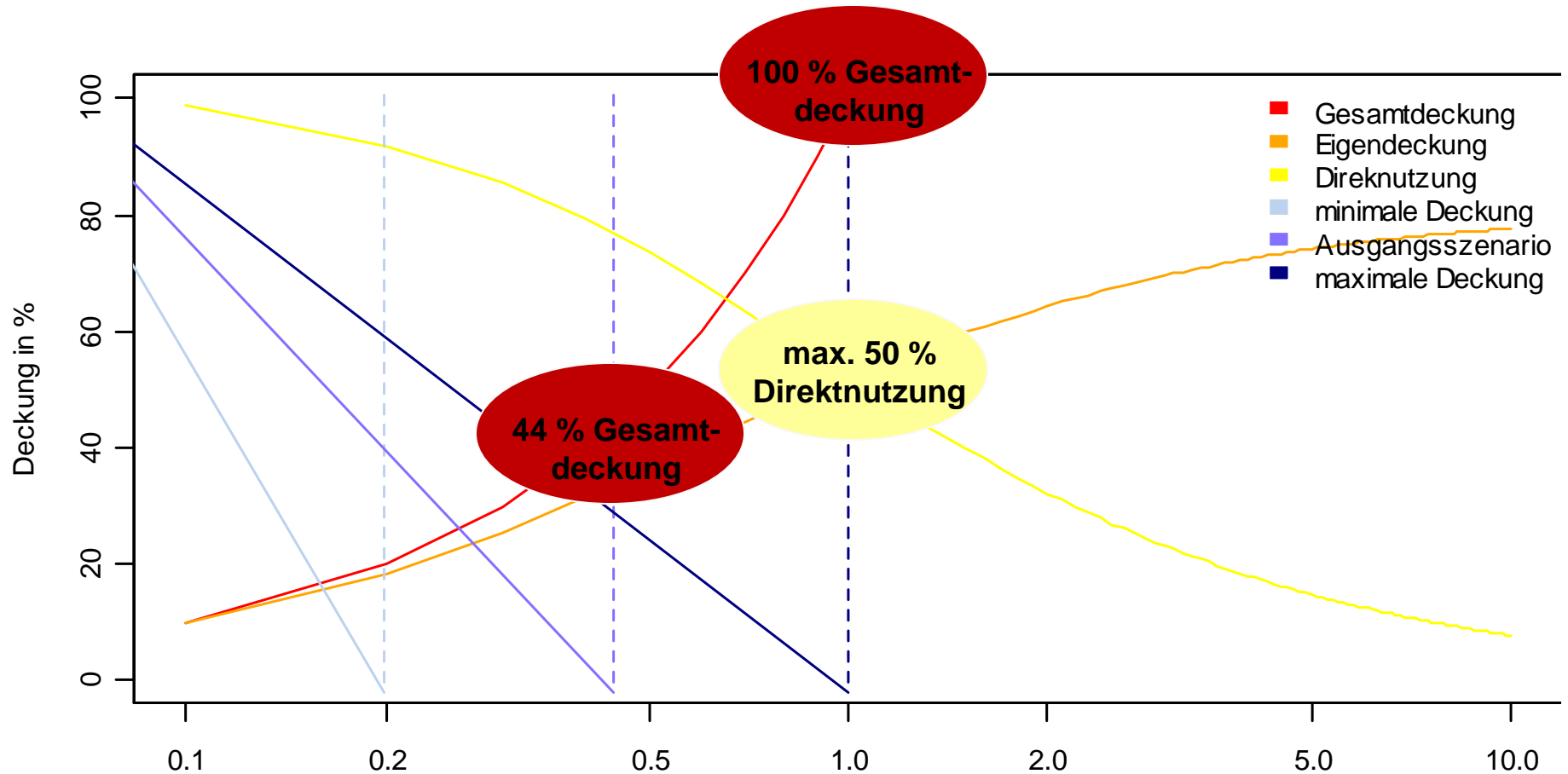
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



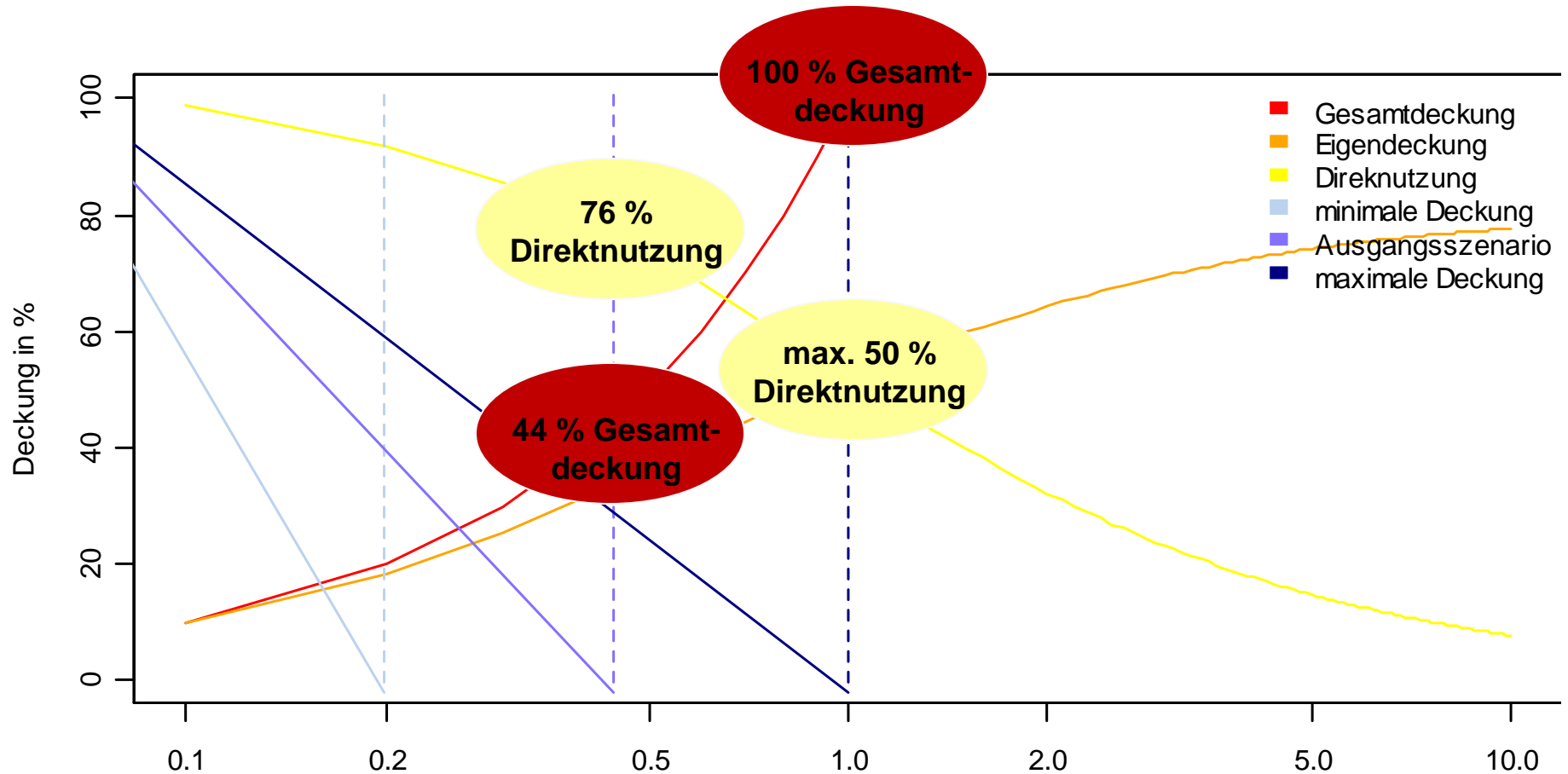
Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



Gesamtdeckung, Eigendeckung, Direktnutzung



Systemintegration braucht...

- **Smart Grids – intelligente und belastbare Netze**
- **Verbesserte Abstimmung von Verbrauch und Produktion:**
 - **Demand Side Management**
 - **Speichertechnologie vor Ort oder im Netz**
 - **Sinnvolle Kombinationen:**
 - **z.B. mit Elektromobilität**
 - **mit anderen erneuerbaren Energieträgern wie Wind oder Geothermie**

4. Wie kann eine sinnvolle und wirtschaftliche Umsetzung erfolgen?

Wirtschaftlichkeits-Analysen über 25 Jahre

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

Wirtschaftlichkeits-Analyse

Aufdach-Montage

Energiepreissteigerung	Aufdachmontage		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
3,00%			
Kosten PV (€)	450	450	450
Kosten Grundsubstanz (€)	0	0	0
Investitionsförderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%
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 (Warm-)Fassade:

- **Pfosten-Riegel-Konstruktion, mit PV, Sondermodule ERTEX: 650 €/m²**
- **Gleichwertige Pfosten-Riegel-Fassade Alu-Glas, ohne PV: 550 €/m²**
- **Mehrkosten für PV: 100 €/m² bzw. 18 Prozent**
 - (bei Hightech-Fassaden wie z. B. E2-Fassade von schüco entsprechend höhere Mehrkosten)

▪ Variante Dach:

- **Indachmodul mit Dachfunktion: 450 €/m²**
- **Konventionelles Dach (z. B. Kiesschüttung): 100 €/m²**
- **Mehrkosten für PV: 350 €/m²**
- (im Vergleich zu einem Ziegel- oder Blechdach entsprechend höhere Mehrkosten)

(Quellen: ATB Becker, ERTEX, schüco, Metallbau Fill, BKI, Spenglerei Hohl)

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit GIPV-Substitutionseffekt

	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€)	450	450	450	650	650	650
Substanzersatz (€)	100	100	100	550	550	550
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%	0,00%	40,00%	0,00%
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	128.574	-282.709	-756.799	438.911	15.988	-119.342
Amortisation in Jahren	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	22	>Laufzeit

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit 6 % Energiepreisanstieg pro Jahr

	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€)	450	450	450	650	650	650
Substanzersatz (€)	100	100	100	550	550	550
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%	0,00%	40,00%	0,00%
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	166.730	-48.029	-522.119	468.588	182.312	62.217
Amortisation in Jahren	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	14	21

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit GIPV und 80 % Direktnutzung

	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung
Kosten GIPV (€)	450	450	450	650	650	650
Substanzersatz (€)	100	100	100	550	550	550
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%	0,00%	40,00%	0,00%
Einspeisetarif od. Direktnutzung	33	16	16	33	16	16
Markteinspeisetarif ab Start Markteinspeisung	11,75	8	8	11,75	8	8
Einspeisegrad	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Direktnutzung	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Ertrag bei max. Kreditrückzahlung nach 25 Jahren	303.504	186.936	-276.261	574.730	329.271	227.314
Amortisation in Jahren	14	18	>Laufzeit	4	7	12

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit InvestorInnenmodell

Energiepreis- steigerung	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung	mit Tarif- Förderung	mit Invest- Förderung	ohne Förderung
3,00%						
Kosten GIPV (€)	450	450	450	650	650	650
Substanzersatz (€)	100	100	100	550	550	550
Invest-förderung (%)	0,00%	40,00%	0,00%	0,00%	40,00%	0,00%
Ertrag in 25 Jahren exkl. Wiederveranlagung	620.790	247.199	247.199	418.192	127.621	127.621
Ertrag erreicht Invest-Summe in Jahren	9	22	>Laufzeit	3	14	21
Rendite p.a. inkl. Anlagenwert	7,09%	4,71%	2,82%	16,72%	8,50%	5,10%
Rendite p.a. exkl. Anlagenwert	3,09%	0,71%	-1,17%	12,72%	4,51%	1,10%

Wirtschaftlichkeit: Überblick Effekte

Basis-Variante mit GIPV						
	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799	438.911	15.988	-119.342
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	22	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine	17,54%	1,07%	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung						
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119	468.588	182.312	62.217
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	14	21
Rendite p.a.	1,90%	-0,91%	keine	18,73%	12,15%	2,49%
Variante Investmodell						
Ertrag 25 Jahre	620.790	247.199	247.199	418.192	127.621	127.621
Amortisation	9	22	>Laufzeit	3	14	21
Rendite p.a.	7,09%	4,71%	2,82%	16,72%	8,50%	5,10%
Variante Direktnutzungsgrad 80 %						
Ertrag 25 Jahre	303.504	186.936	-276.261	574.730	329.271	227.314
Amortisation	14	18	>Laufzeit	4	7	12
Rendite p.a.	3,47%	3,56%	-3,16%	22,97%	21,94%	15,99%

Wirtschaftlichkeit: Überblick Effekte

Basis-Variante mit GIPV						
	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799	438.911	15.988	-119.342
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	22	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine	17,54%	1,07%	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung						
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119	468.588	182.312	62.217
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	14	21
Rendite p.a.	1,90%	-0,91%	keine	18,73%	12,15%	2,49%
Variante Investmodell						
Ertrag 25 Jahre	620.790	247.199	247.199	418.192	127.621	127.621
Amortisation	9	22	>Laufzeit	3	14	21
Rendite p.a.	7,09%	4,71%	2,82%	16,72%	8,50%	5,10%
Variante Direktnutzungsgrad 80 %						
Ertrag 25 Jahre	303.504	186.936	-276.261	574.730	329.271	227.314
Amortisation	14	18	>Laufzeit	4	7	12
Rendite p.a.	3,47%	3,56%	-3,16%	22,97%	21,94%	15,99%

Wirtschaftlichkeit: Überblick Effekte

Basis-Variante mit GIPV						
	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799	438.911	15.988	-119.342
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	22	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine	17,54%	1,07%	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung						
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119	468.588	182.312	62.217
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	14	21
Rendite p.a.	1,90%	-0,91%	keine	18,73%	12,15%	2,49%
Variante Investmodell						
Ertrag 25 Jahre	620.790	247.199	247.199	418.192	127.621	127.621
Amortisation	9	22	>Laufzeit	3	14	21
Rendite p.a.	7,09%	4,71%	2,82%	16,72%	8,50%	5,10%
Variante Direktnutzungsgrad 80 %						
Ertrag 25 Jahre	303.504	186.936	-276.261	574.730	329.271	227.314
Amortisation	14	18	>Laufzeit	4	7	12
Rendite p.a.	3,47%	3,56%	-3,16%	22,97%	21,94%	15,99%

Wirtschaftlichkeit: Überblick Effekte

Basis-Variante mit GIPV						
	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	Tarifförderung	40 % Invest	ohne	Tarifförderung	40 % Invest	ohne
Ertrag 25 Jahre	128.574	-282.709	-756.799	438.911	15.988	-119.342
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	22	>Laufzeit
Rendite p.a.	1,47%	keine	keine	17,54%	1,07%	keine
Variante 6 % Energiepreissteigerung						
Ertrag 25 Jahre	166.730	-48.029	-522.119	468.588	182.312	62.217
Amortisation	15	>Laufzeit	>Laufzeit	4	14	21
Rendite p.a.	1,90%	-0,91%	keine	18,73%	12,15%	2,49%
Variante Investmodell						
Ertrag 25 Jahre	620.790	247.199	247.199	418.192	127.621	127.621
Amortisation	9	22	>Laufzeit	3	14	21
Rendite p.a.	7,09%	4,71%	2,82%	16,72%	8,50%	5,10%
Variante Direktnutzungsgrad 80 %						
Ertrag 25 Jahre	303.504	186.936	-276.261	574.730	329.271	227.314
Amortisation	14	18	>Laufzeit	4	7	12
Rendite p.a.	3,47%	3,56%	-3,16%	22,97%	21,94%	15,99%

Wirtschaftlichkeits-Analyse mit InvestorInnenmodell + 80 % Direktnutzung

	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Ertrag in 25 Jahren inkl. Wieder- veranlagung						
Ertrag erreicht Investsumme in J						
Rendite p.a. inkl. Anlagenwert						
Rendite p.a. exkl. Anlagenwert						



Wirtschaftlichkeits-Analyse mit InvestorInnenmodell + 80 % Direktnutzung

	GIPV Flachdach			GIPV Süd-Fassade		
	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung	mit Tarif-Förderung	mit Invest-Förderung	ohne Förderung
Ertrag in 25 Jahren inkl. Wieder- veranlagung	774.317	523.147	523.147	537.602	342.248	342.248
Ertrag erreicht Investsumme in J	9	12	18	3	5	9
Rendite p.a. inkl. Anlagenwert	8,84%	9,96%	5,97%	21,49%	22,80%	13,68%
Rendite p.a. exkl. Anlagenwert	4,85%	5,96%	1,98%	17,49%	18,80%	9,68%

So wird ein GIPV-Stadtteil wirtschaftlich ...

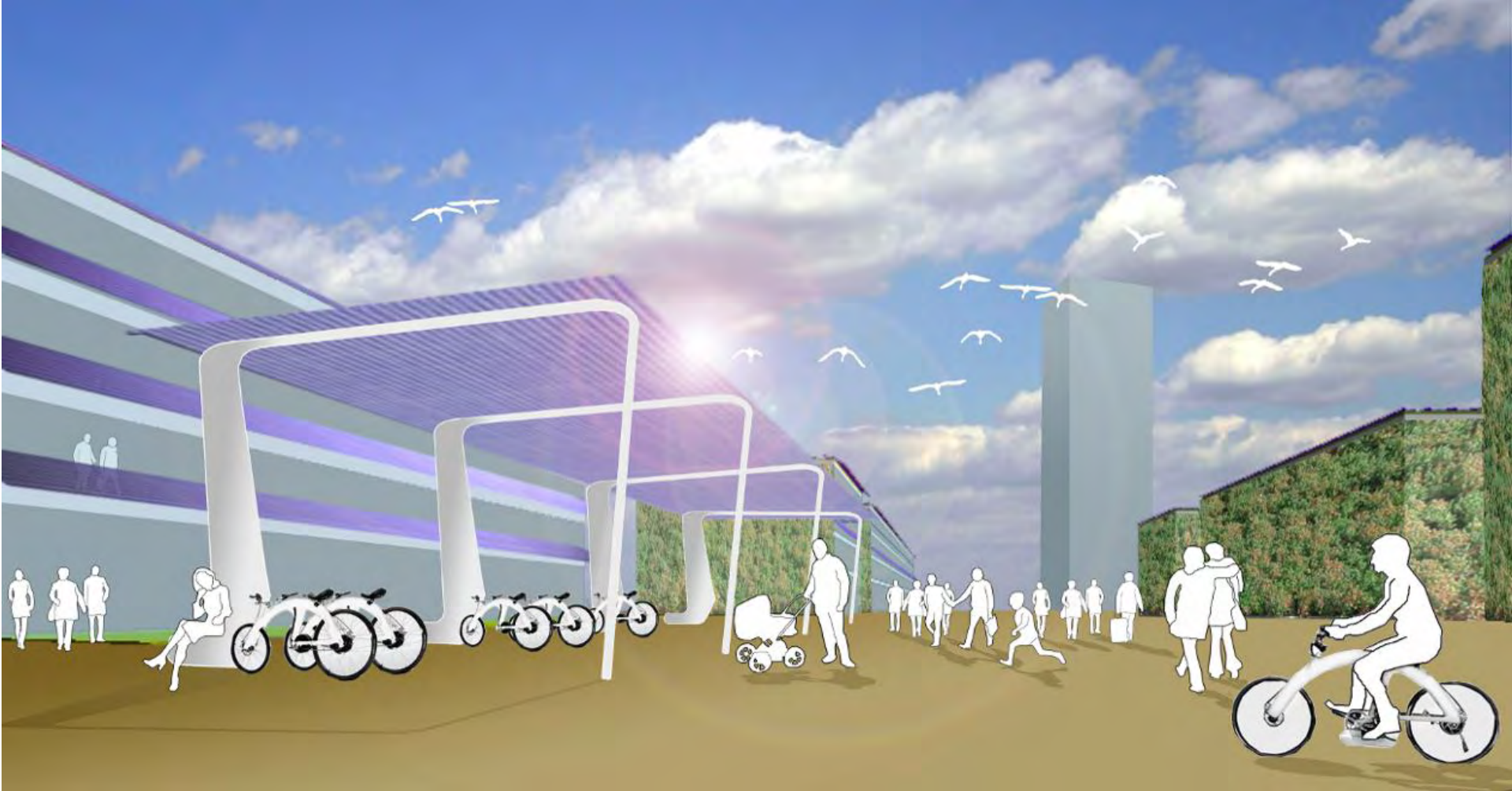
- **GIPV und damit Substitutionseffekte in der Gebäudehülle/Dach**
- **Hohe Direktnutzung über Direktleitungen hinter den Zählpunkten!**
 - PV-Strom kann zu einem höheren Preis abgerechnet werden
 - Fundierte rechtliche und wirtschaftliche Prüfung im KLIEN-Projekt Marktmodelle
- **Vermeidung von Kreditkosten 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**

Begleitendes F&E-Programm

- **Urbane E+Gebäude: GIPV im System Gebäude/Stadtteil**
 - **PV-Bauteilintegration**
 - niedrigste **Energieverbrauchsstandards** (im Sinne der EU-Gebäuderichtlinie)
 - **Netzintegration**: Smart Grids in Ballungsräumen
 - **Speichertechnologien** (Kombination mit z. B. **Elektromobilität**)
 - **Haustechnik**, Gebäudemanagement, Smart Metering
 - Kombination mit anderen Energieproduktionssystemen wie
 - Geothermie, Wind etc.; Produktions- und Verbrauchsmanagement
 - Einbindung in eine **nachhaltige Architektur/Stadtplanung**
 - Unternehmen aus **Architektur, Bau- u. Immobilienwirtschaft, Gebäude- u. Netztechnik, PV- und Baustoffindustrie, EVU, Forschungseinrichtungen** etc.

Empfehlung für die Umsetzung

- **Schrittweise Umsetzung in 3 Projektphasen:**
 - Jeweils 3-5 Jahre pro Projektphase
- **Stromproduktion in den Gebäuden** wird von Phase zu Phase gesteigert
 - 50 %, 100 %, über 100 % in der jährlichen Gesamtdeckung
 - Einsatz von neuen Speichertechnologien
- Die ersten **Demonstrationsbauten** werden auf ausgewählten Quartieren räumlich gebündelt (= Kern einer Sun^{power} City).
 - In Folge können gestreut Projekte im gesamten Areal realisiert werden.
- Die **F&E-Aktivitäten** werden stufenweise erweitert:
 - von der Betrachtung der Gebäude- und Bauteilebene weg bis hin zur Gestaltung eines nachhaltigen urbanen Energiesystems und einer nachhaltigen urbanen Stadtplanung insgesamt.



DANKE