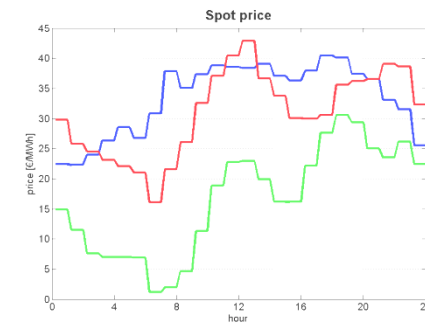
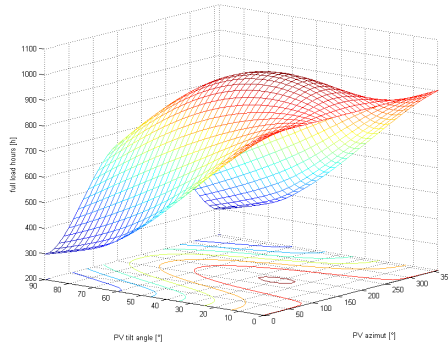


# Go West? Der Einfluss der Ausrichtung von PV Modulen auf den Marktwert und die Erzeugungskosten im Gesamtsystem

Michael Hartner  
André Ortner  
Albert Hiesl  
Sergiu Nicoara

TU Wien  
Energy Economics Group (EEG)

e-mail: [hartner@eeg.tuwien.ac.at](mailto:hartner@eeg.tuwien.ac.at)

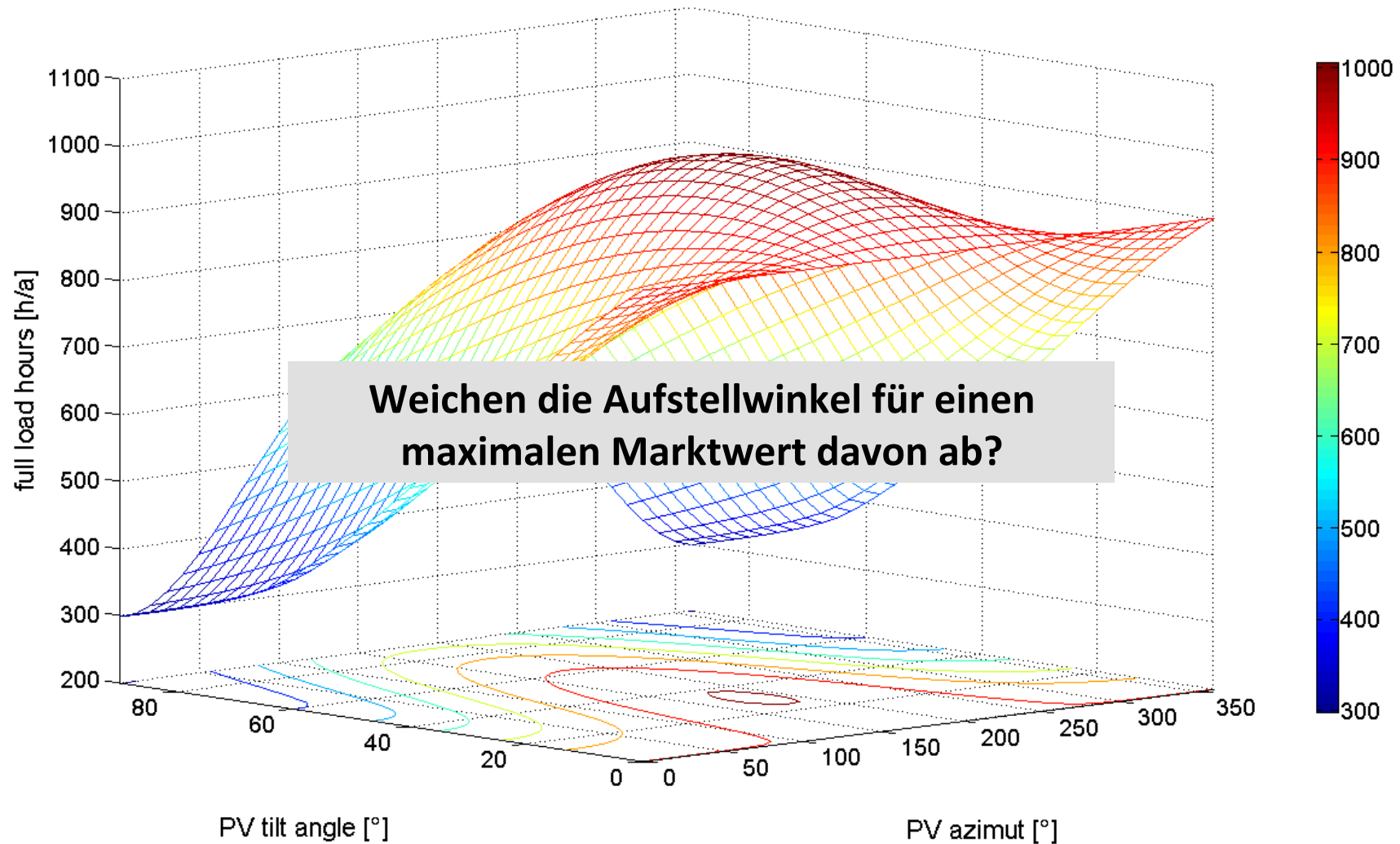


# Fragestellungen und Inhalt

- Entspricht das energetische Optimum der Aufstellwinkel dem Kostenminimum?
- Sollte das Förderdesign angepasst werden?
- Generelle Auswirkungen hoher PV-Einspeisung

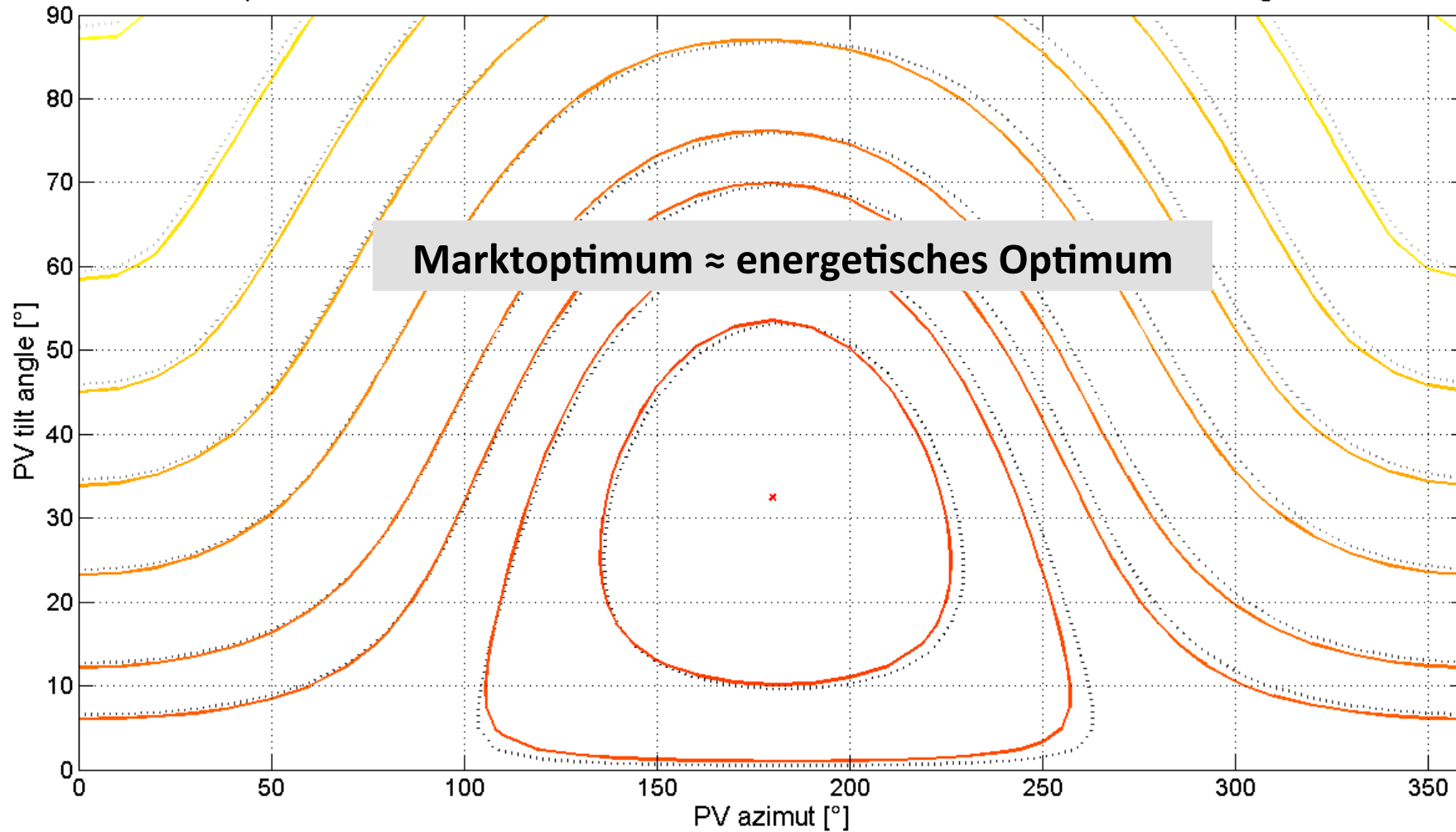
# PV – energetisches Optimum

Full load hours and installation angels of a PV system  
Location: Vienna - 48,2° N, 16,3° E

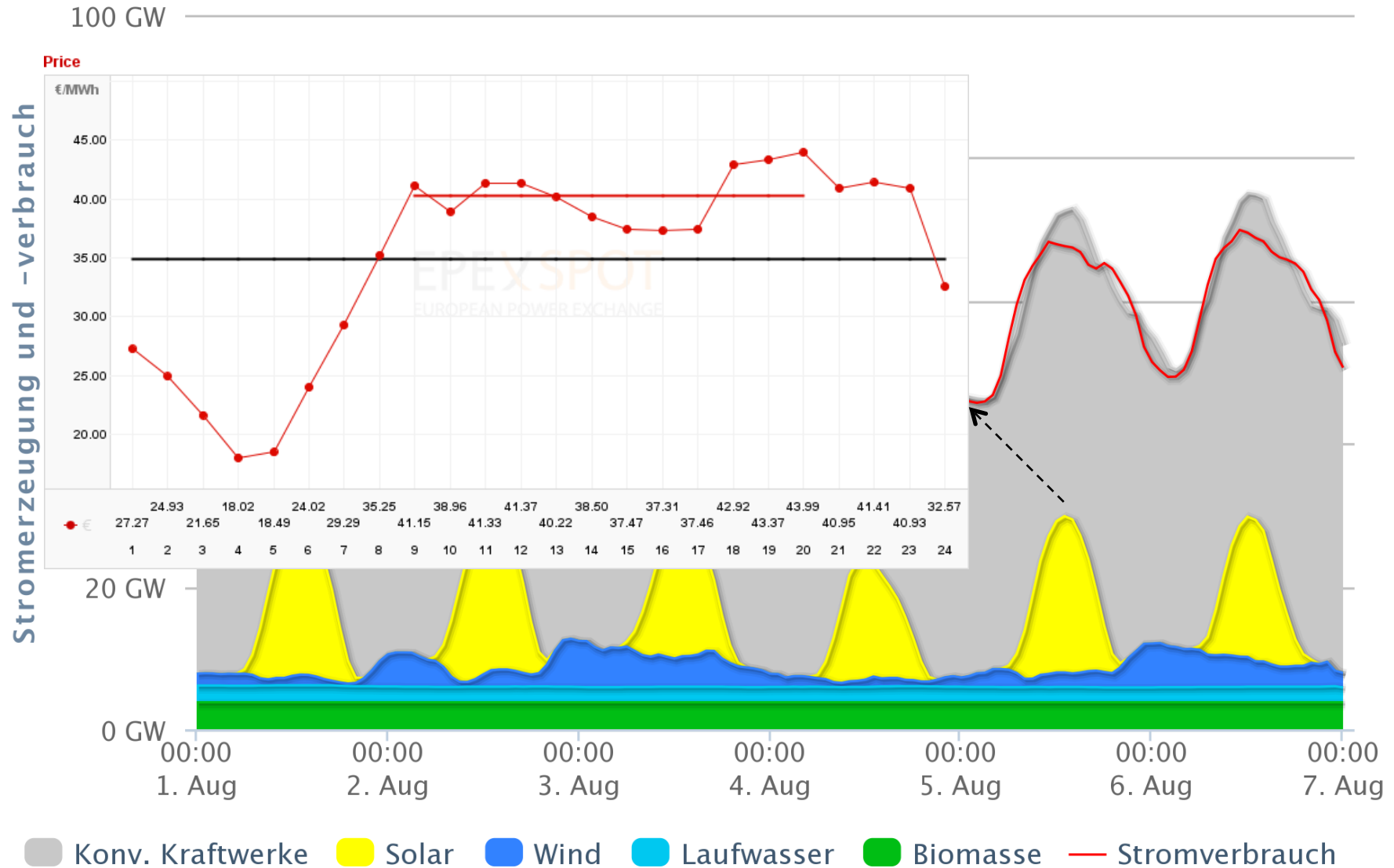


Source: own calculations based on data from:  
<http://www.soda-is.org>

Spot market revenue vs. full load hours for different PV installation angles

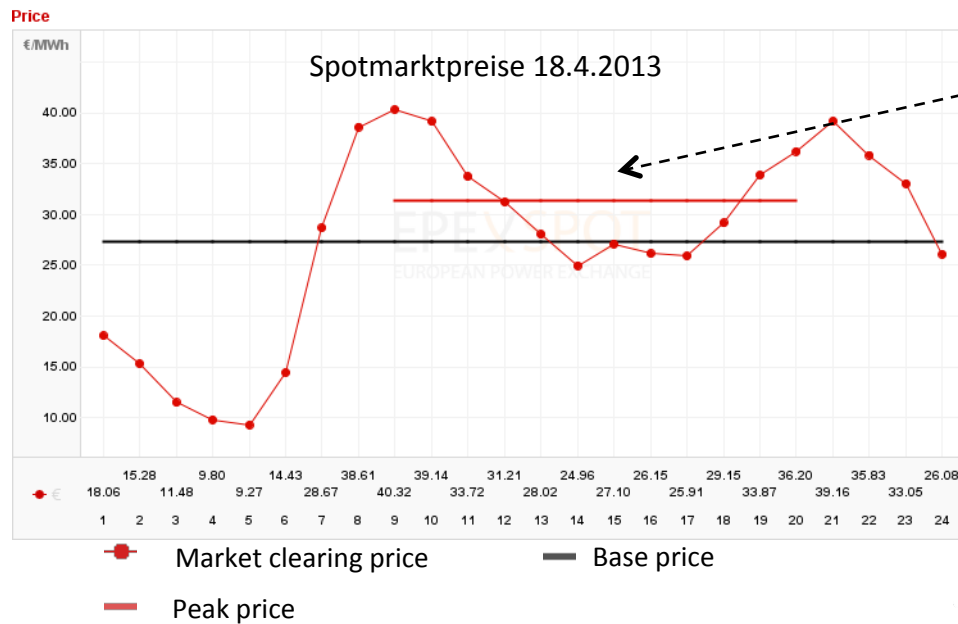


Source: own calculations: for year 2011

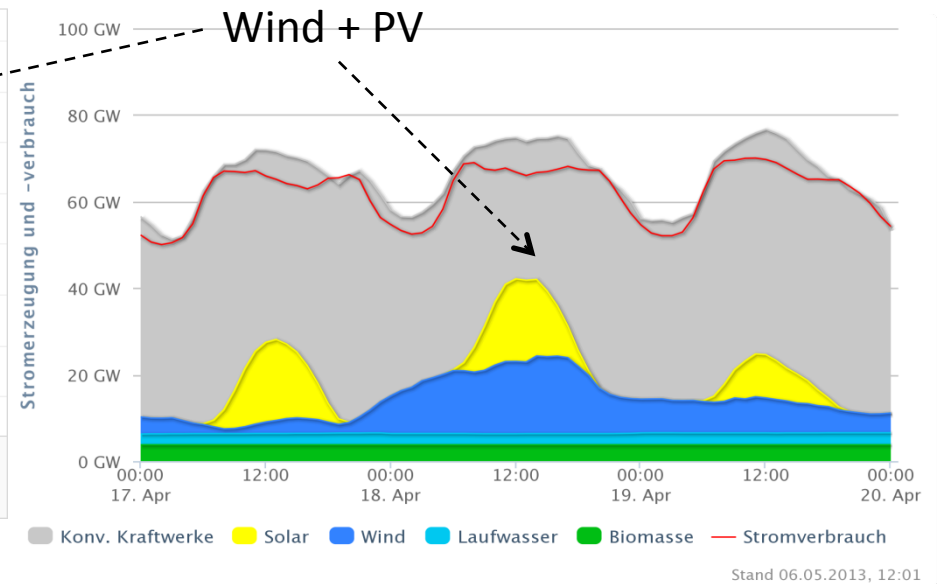


Source: - <http://www.agora-energiawende.de/service/aktuelle-stromdaten>  
 - <http://www.eex.com>

Stand: 07.08.2013, 20:16



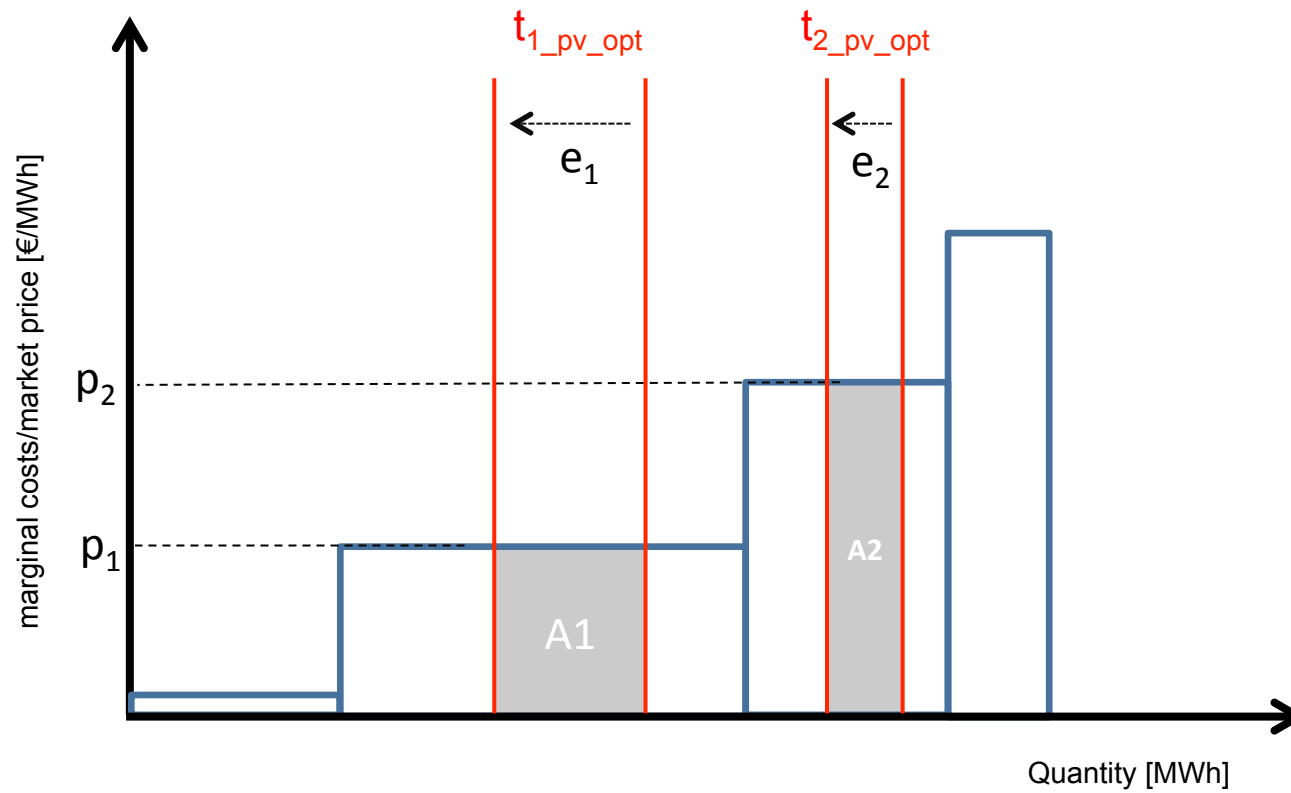
Source: www.eex.com



Source: <http://www.agora-energiewende.de/service/aktuelle-stromdaten>

# PV Marktwert

# PV Marktwert

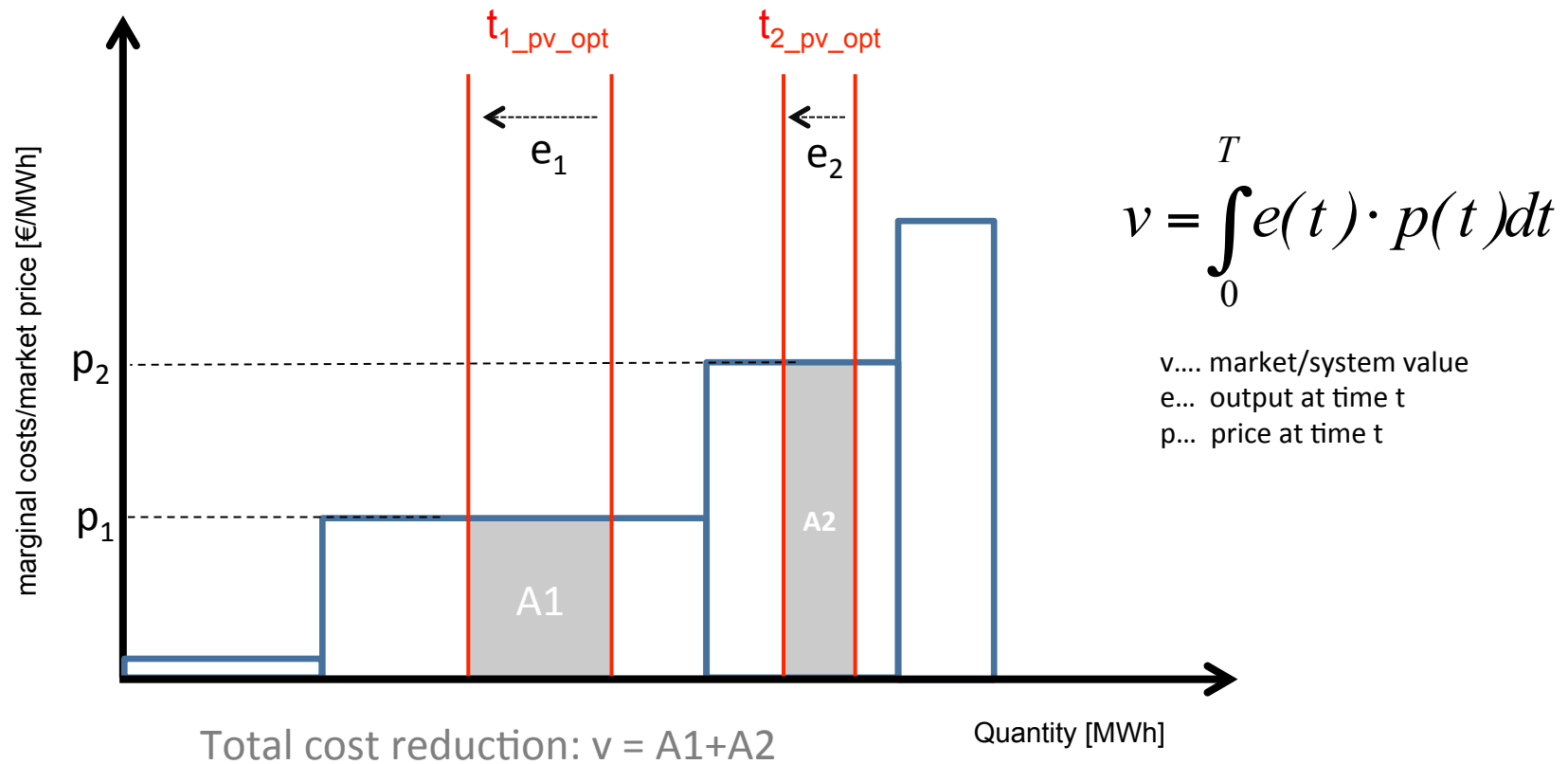




# PV Marktwert

Marktwert (**v**) ergibt sich aus der **Reduktion der kurzfristigen Produktionskosten** (Brennstoff+Emissionen)

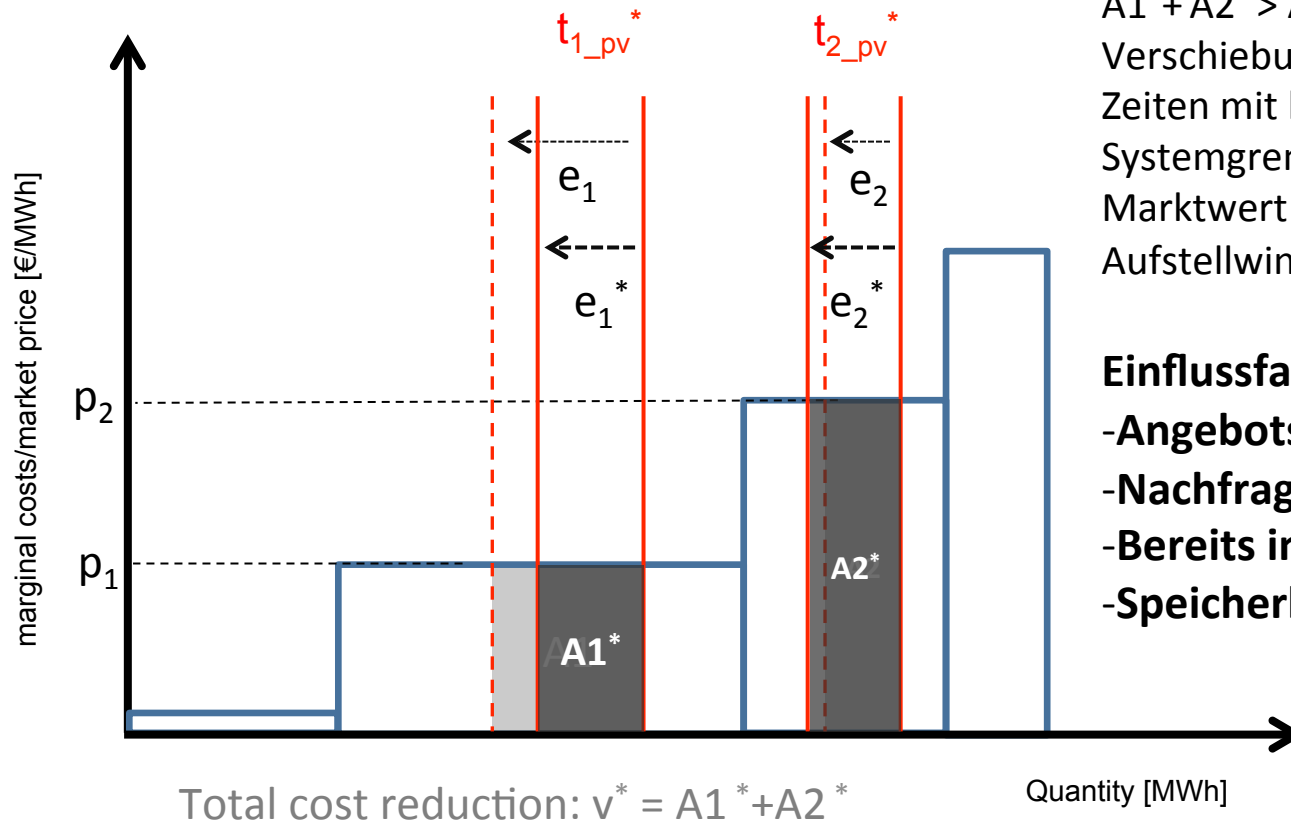
(alle anderen Kosten werden vernachlässigt. Z.B. Netzverluste, Netzengpässe, Ausgleichsenergie etc.)



Wann weicht der maximale Marktwert vom energetischen Optimum ab?

$e_1^* + e_2^* < e_1 + e_2$  geringerer Output als bei energetischem Optimum

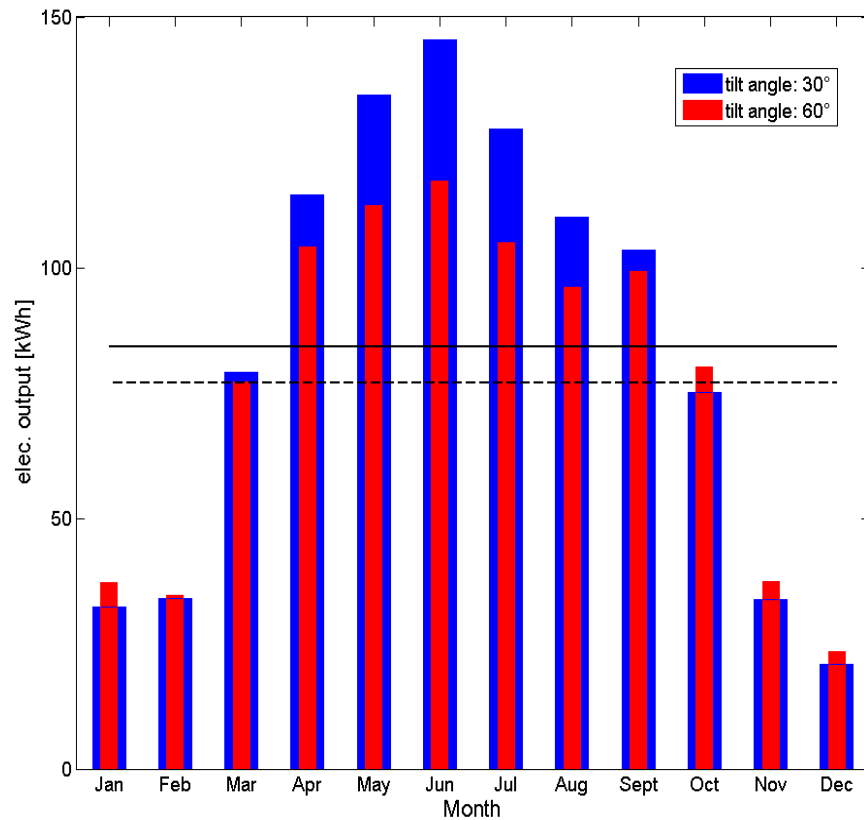
$A1^* + A2^* > A1 + A2$  aber über die Verschiebung der Produktion in Zeiten mit höheren Systemgrenzkosten kann der Marktwert für alternative Aufstellwinkel höher sein



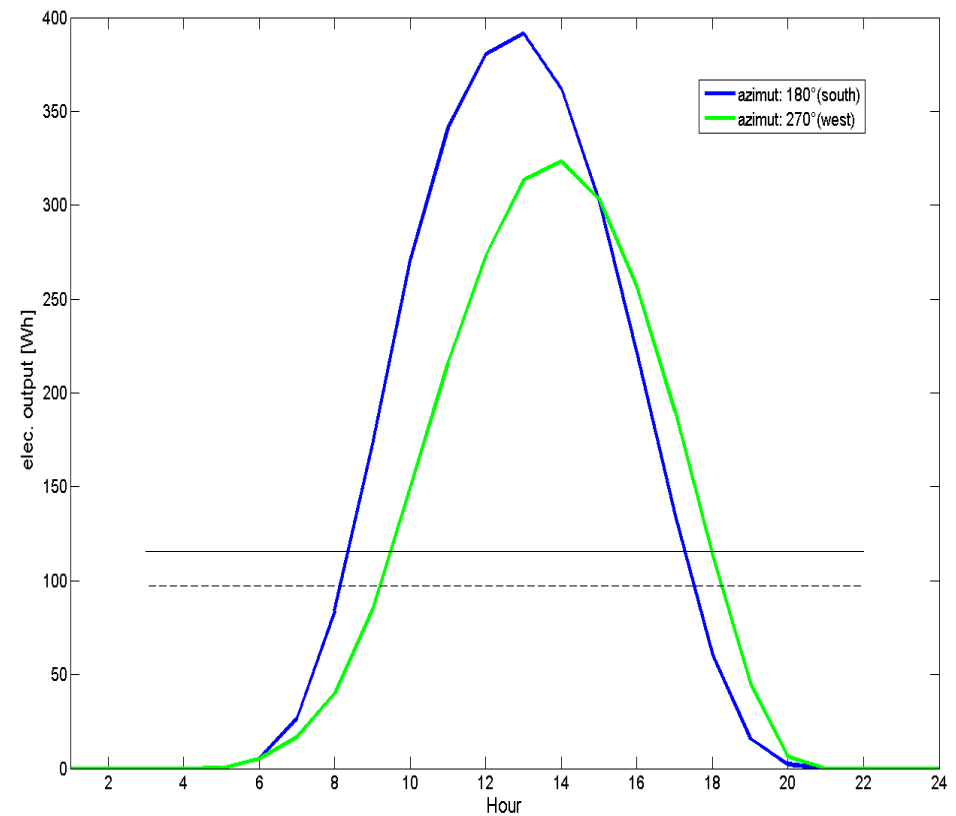
**Einflussfaktoren:**

- Angebotskurve
- Nachfrageprofil
- Bereits installierte PV Leistung
- Speicherleistung

- Saisonal - Neigungswinkel

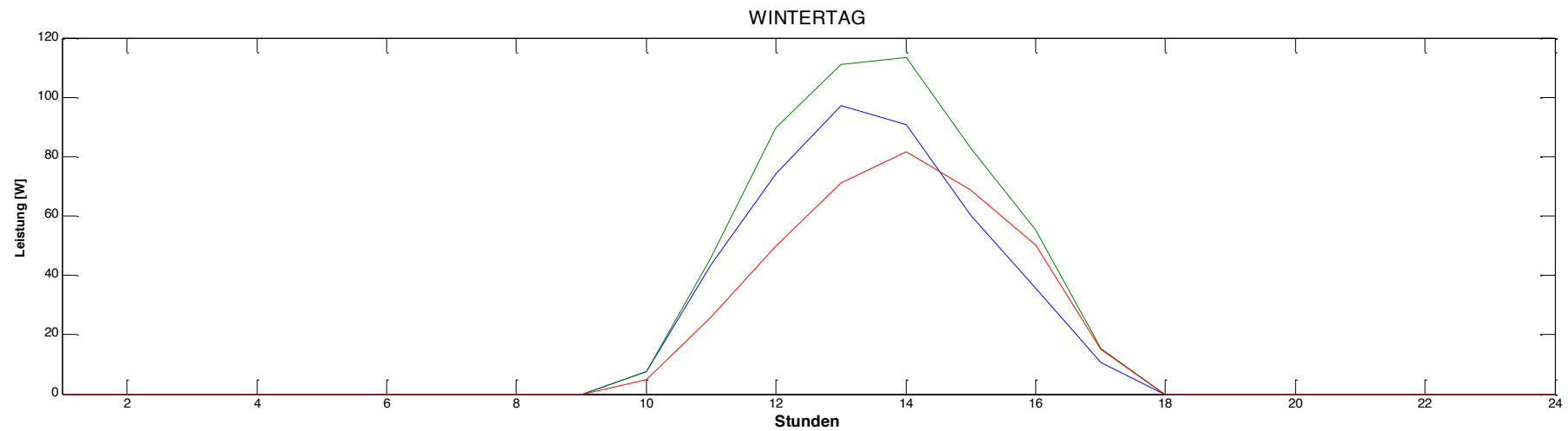
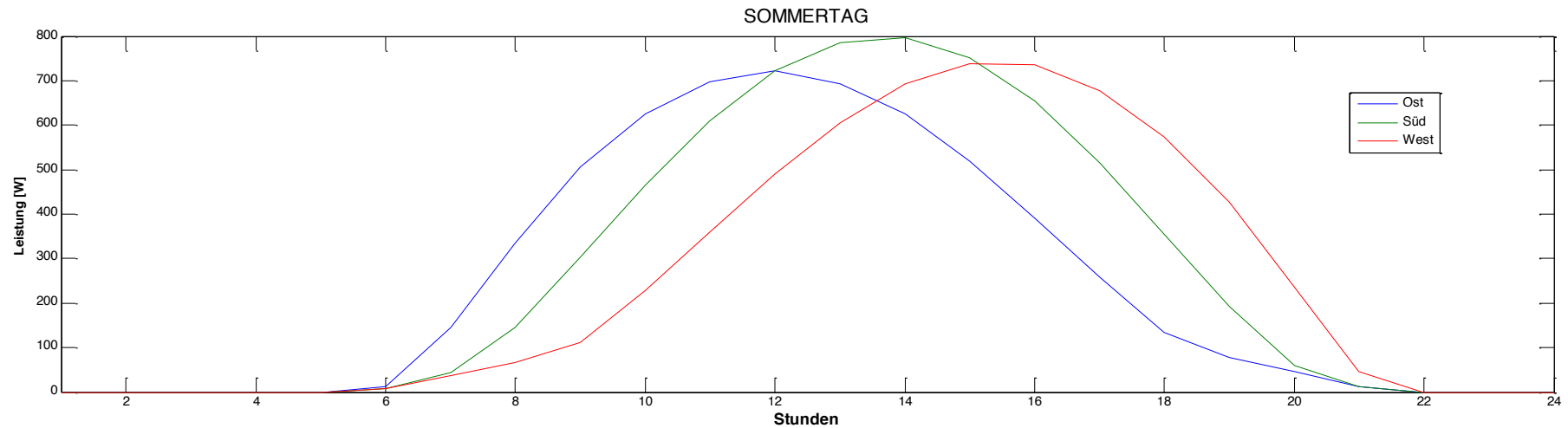


- Stündlich - Azimuth



# Stündliche Verschiebung – saisonabhängig!!

Verschiebung der PV-Erzeugung durch Variation des Azimuths



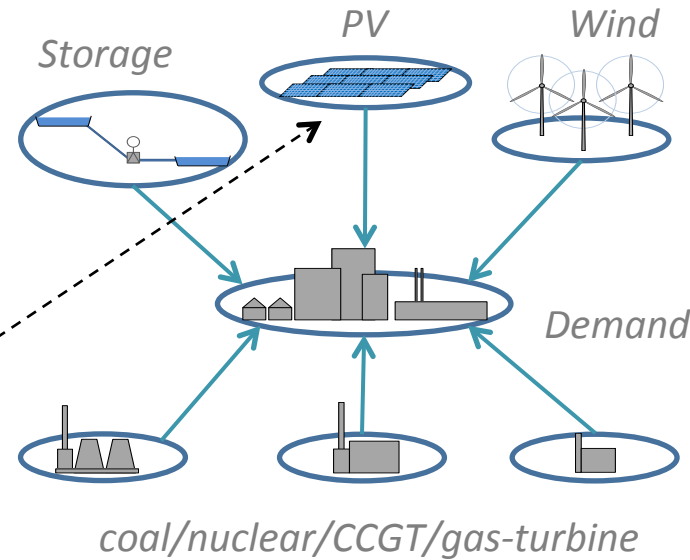
Was sind optimale Aufstellwinkel in Stromsystemen mit hohem Anteil an Photovoltaik? – z.B. bis zu 70 GW installierte Leistung in Österreich und Deutschland

Numerisches Modell um die Relevanz für Österreich und Deutschland abzuschätzen:

PV-Profil für 23 Regionen und unterschiedliche Aufstellwinkel



Stündliches Kraftwerkseinsatzmodell - linear



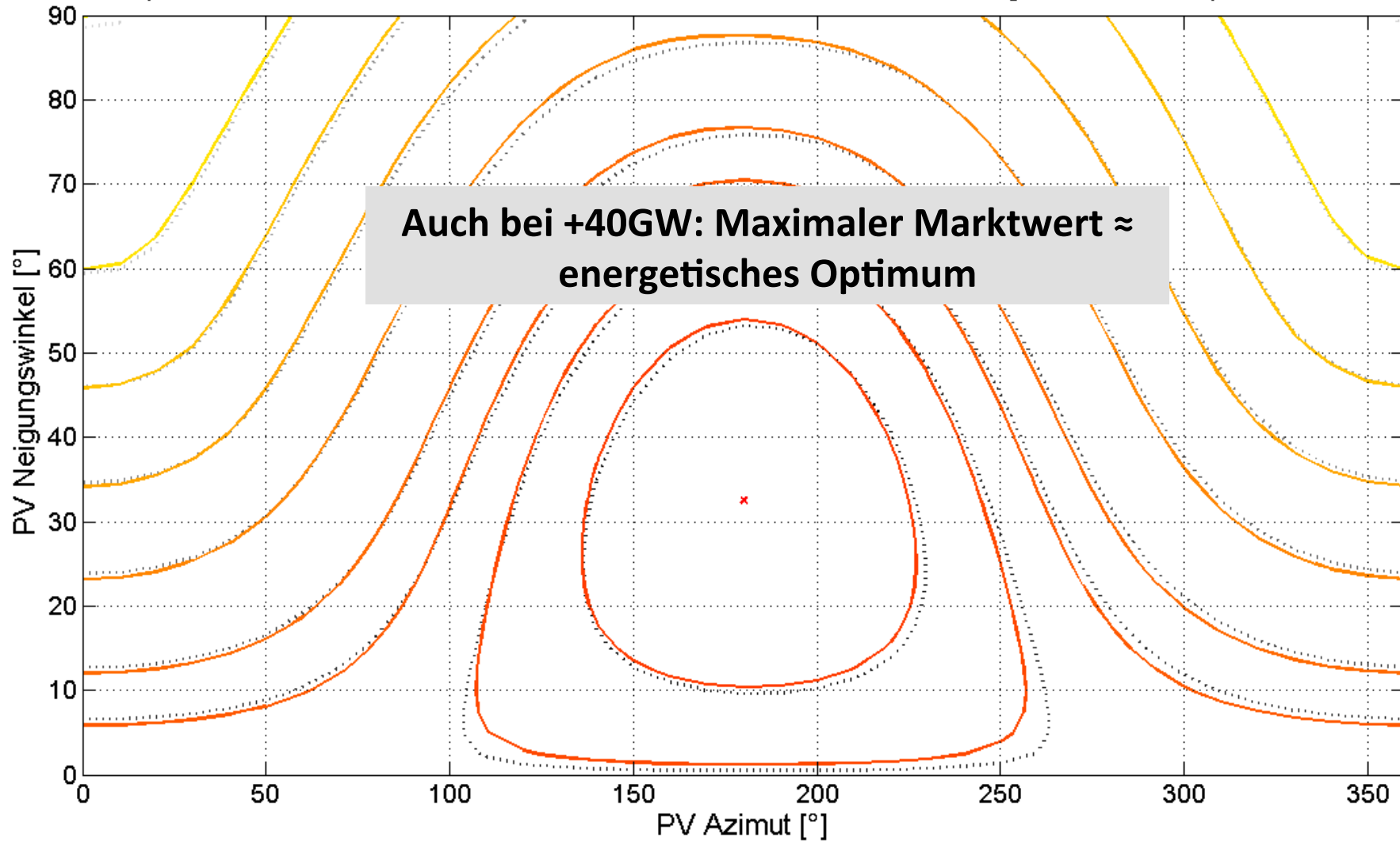
Source: Kloess, TU Wien

$$\begin{aligned}
 \min C: \quad & C = \sum_t \sum_j P_{j,t} \cdot c_j \\
 \text{s.t.} \quad & L_{(t)} \leq \sum_j P_{j(t)} + Res_{(t)} + \sum_i PV\_profil_i \cdot cap\_pv_i \\
 & \sum_i cap\_pv_i \leq cap\_pv\_max
 \end{aligned}$$

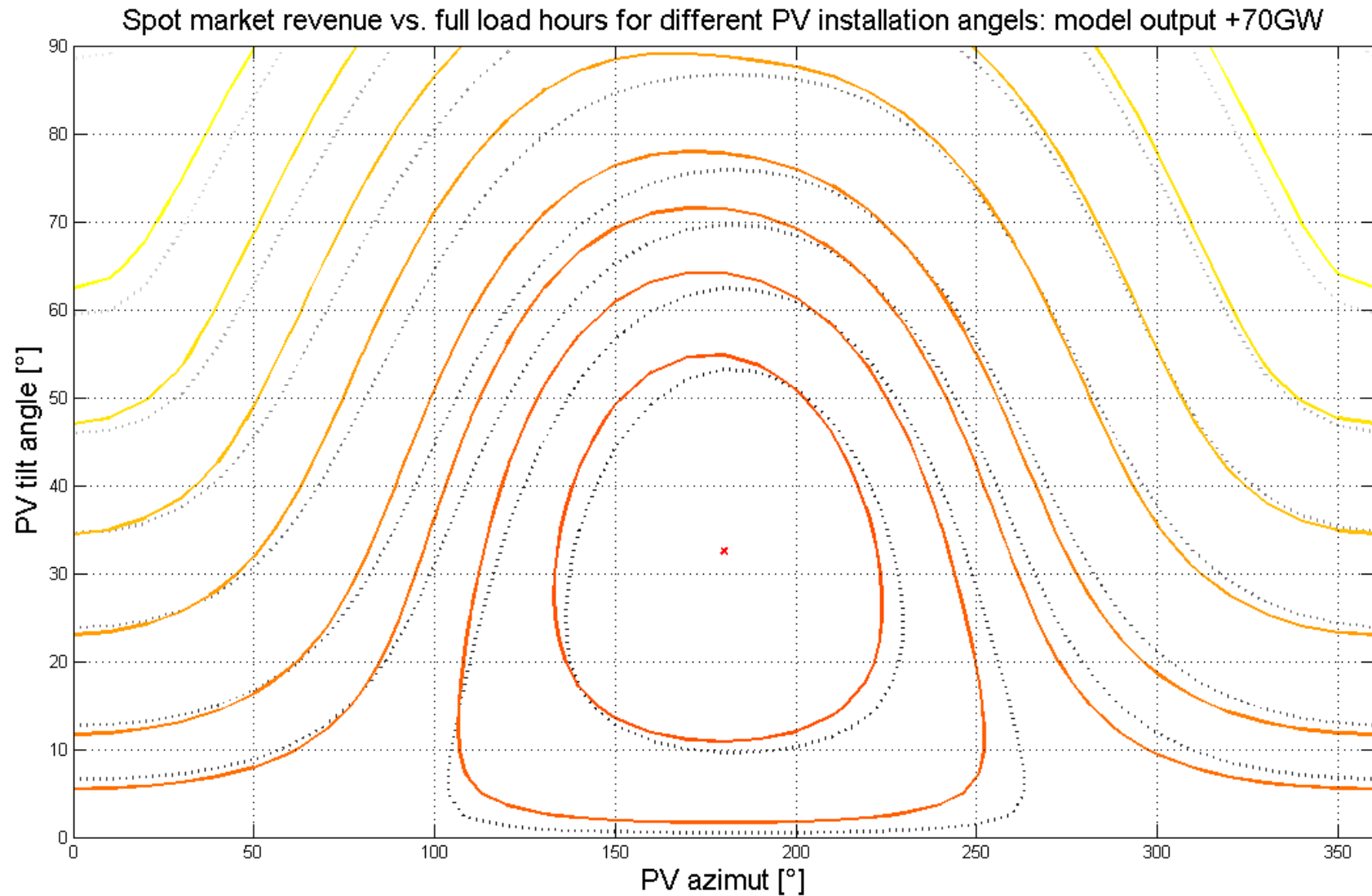
- In allen Regionen bleibt der optimale Azimuth bei  $180^\circ$
- Neigungswinkel sind bei  $30^\circ$  im Süden und  $40^\circ$  in nördlichen Regionen

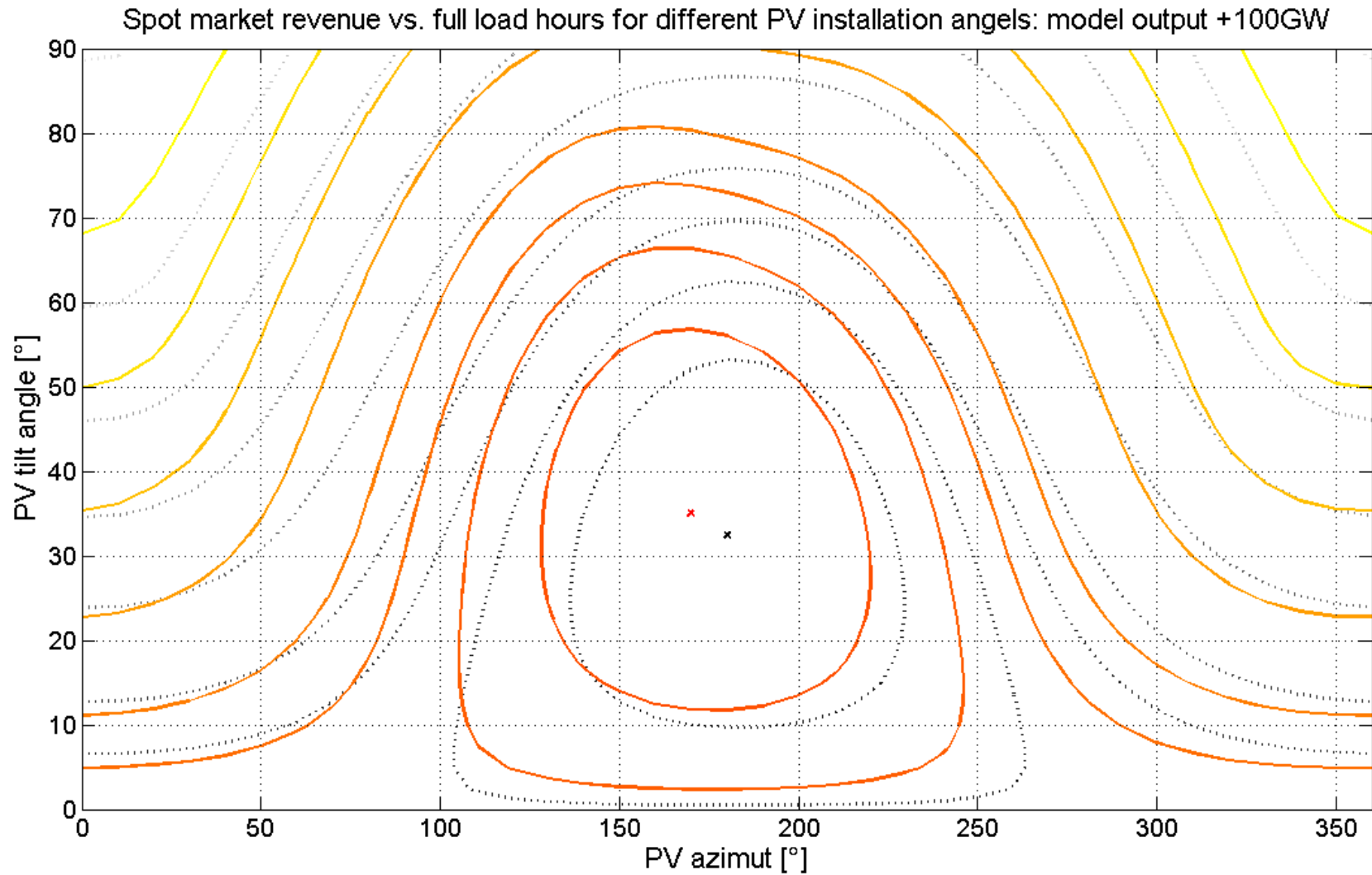
Unter den getroffenen Annahmen **entspricht** das **energetische Optimum auch dem Kostenminimum** für das Gesamtsystem!

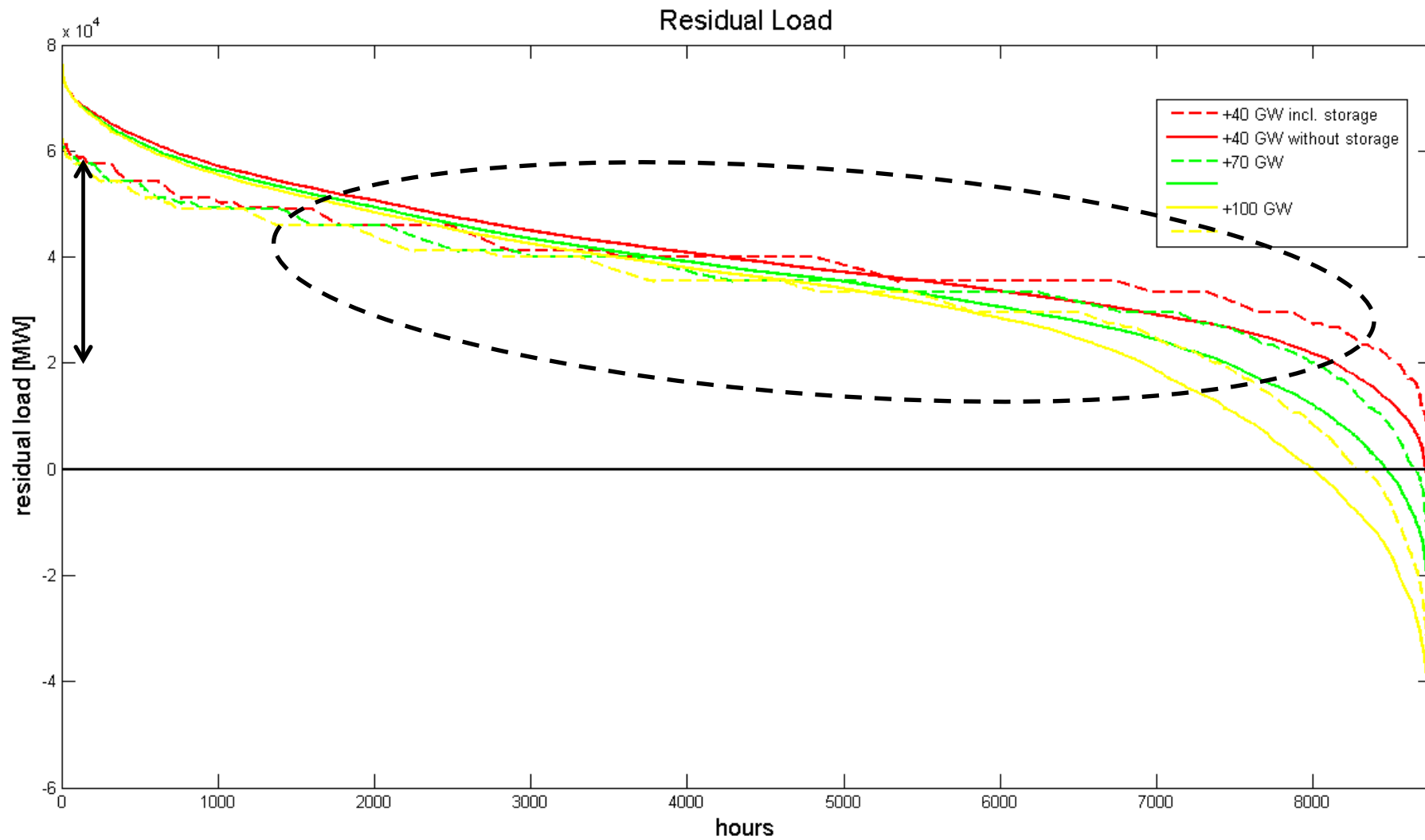
Spot market revenue vs. full load hours for different PV installation angels - model output +40GW

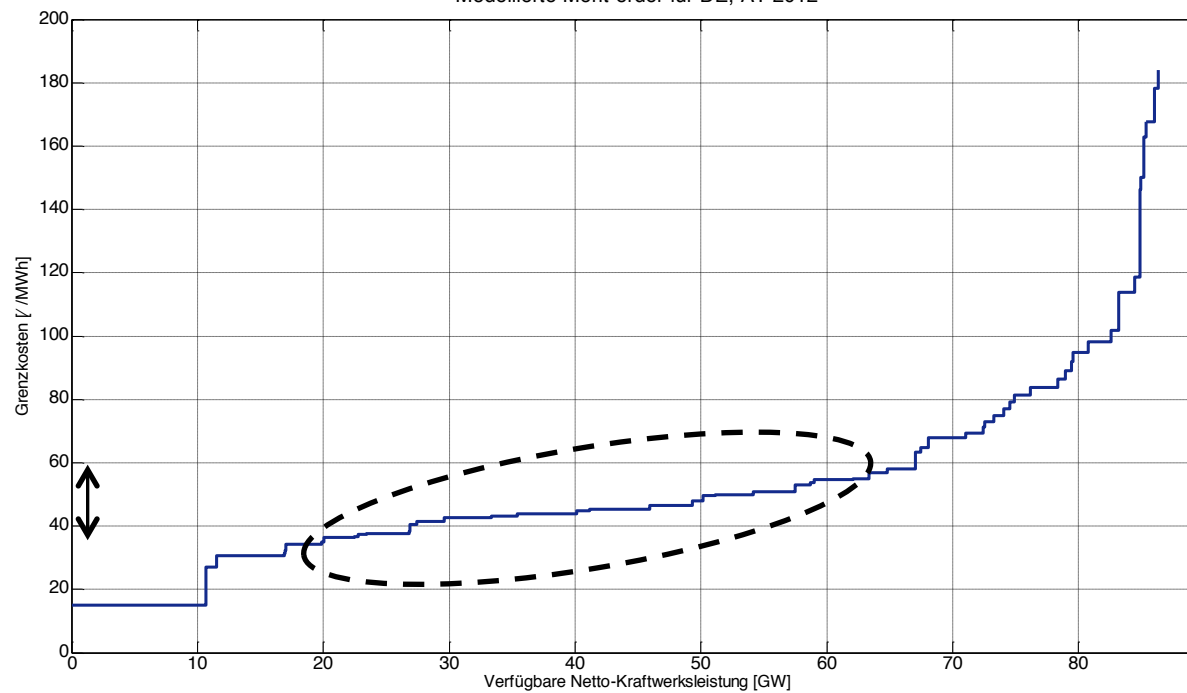
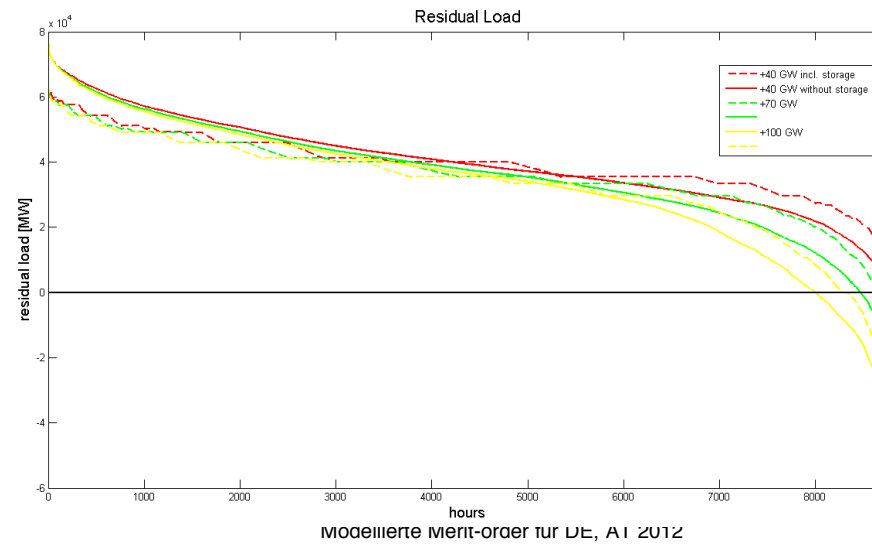




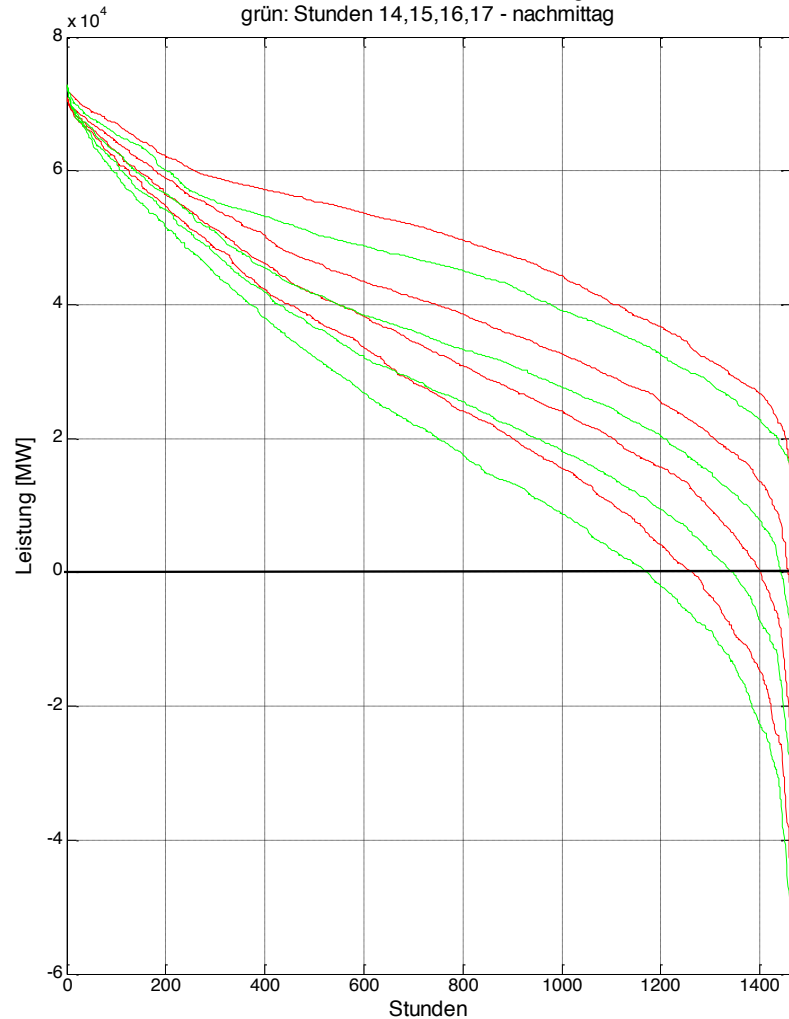




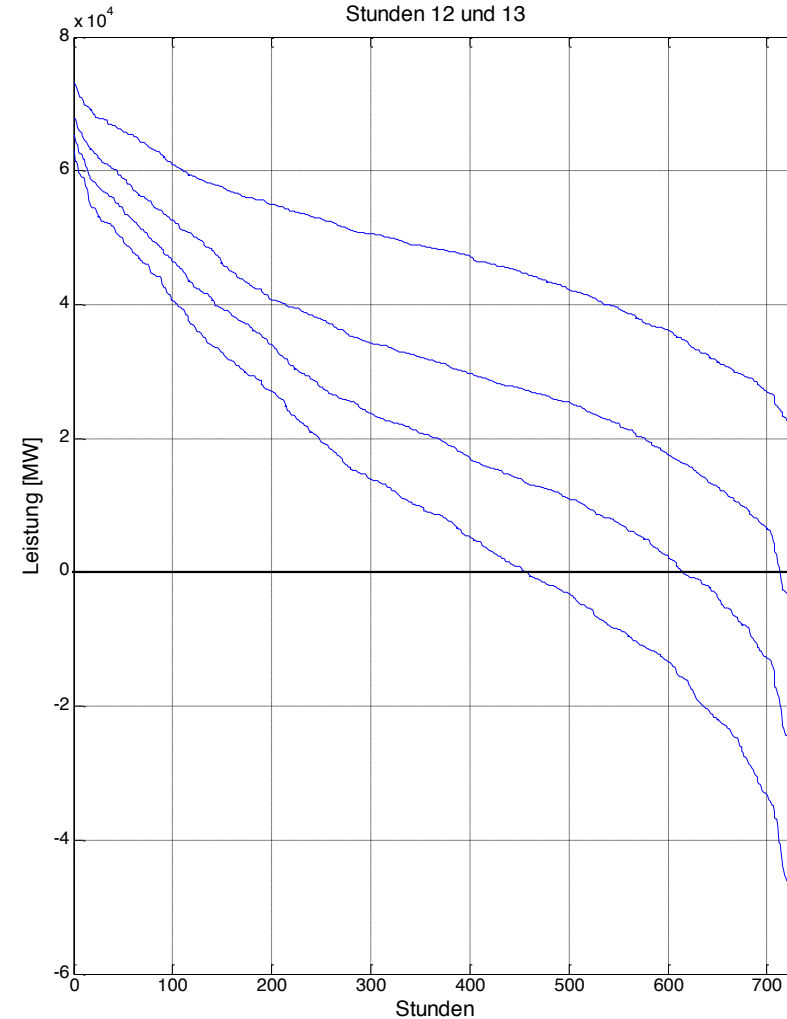




Residuallast bei unterschiedlichem PV-Ausbau  
 rot: Stunden 8,9,10,11 - vormittag  
 grün: Stunden 14,15,16,17 - nachmittag

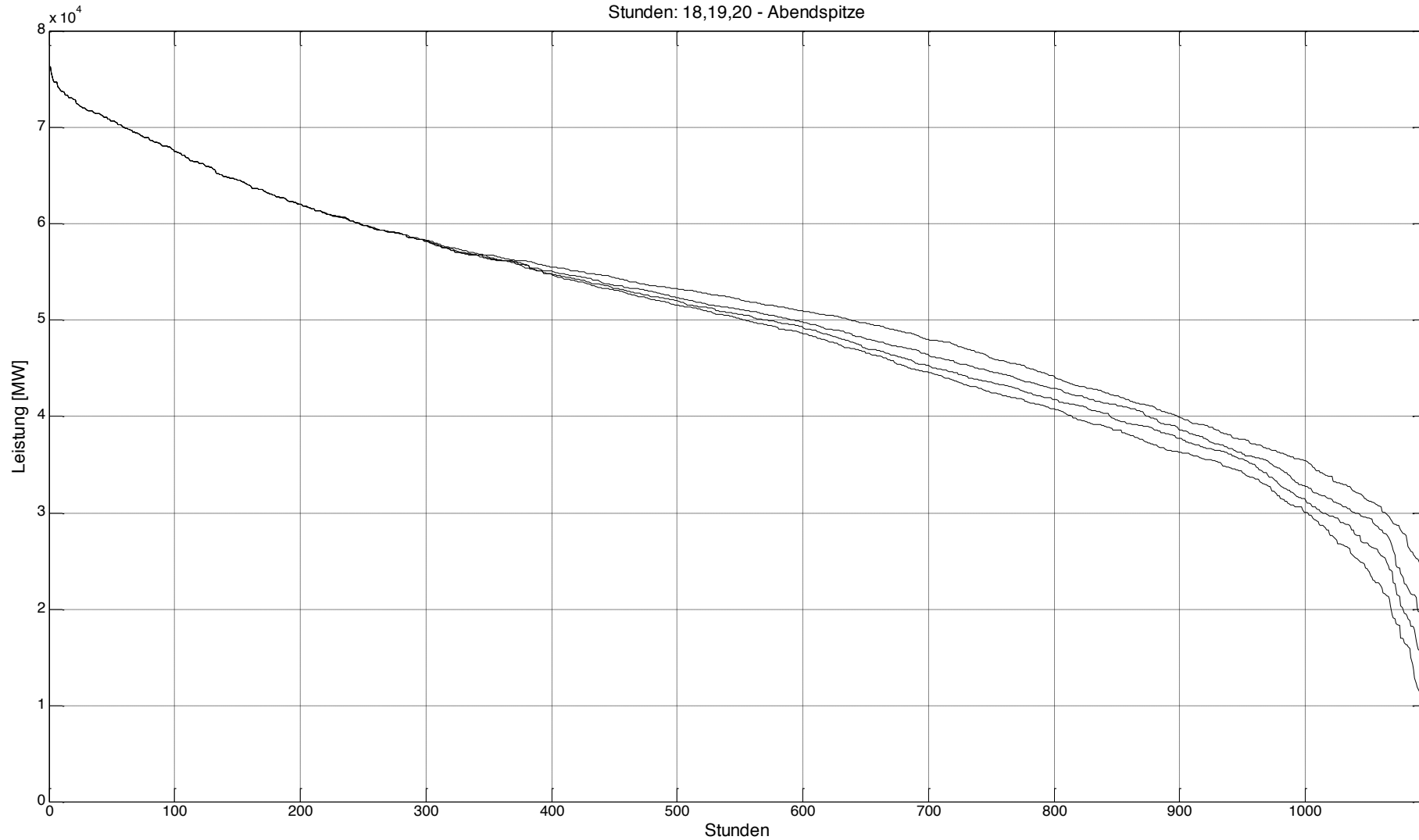


Residuallast bei unterschiedlichem PV-Ausbau  
 Stunden 12 und 13



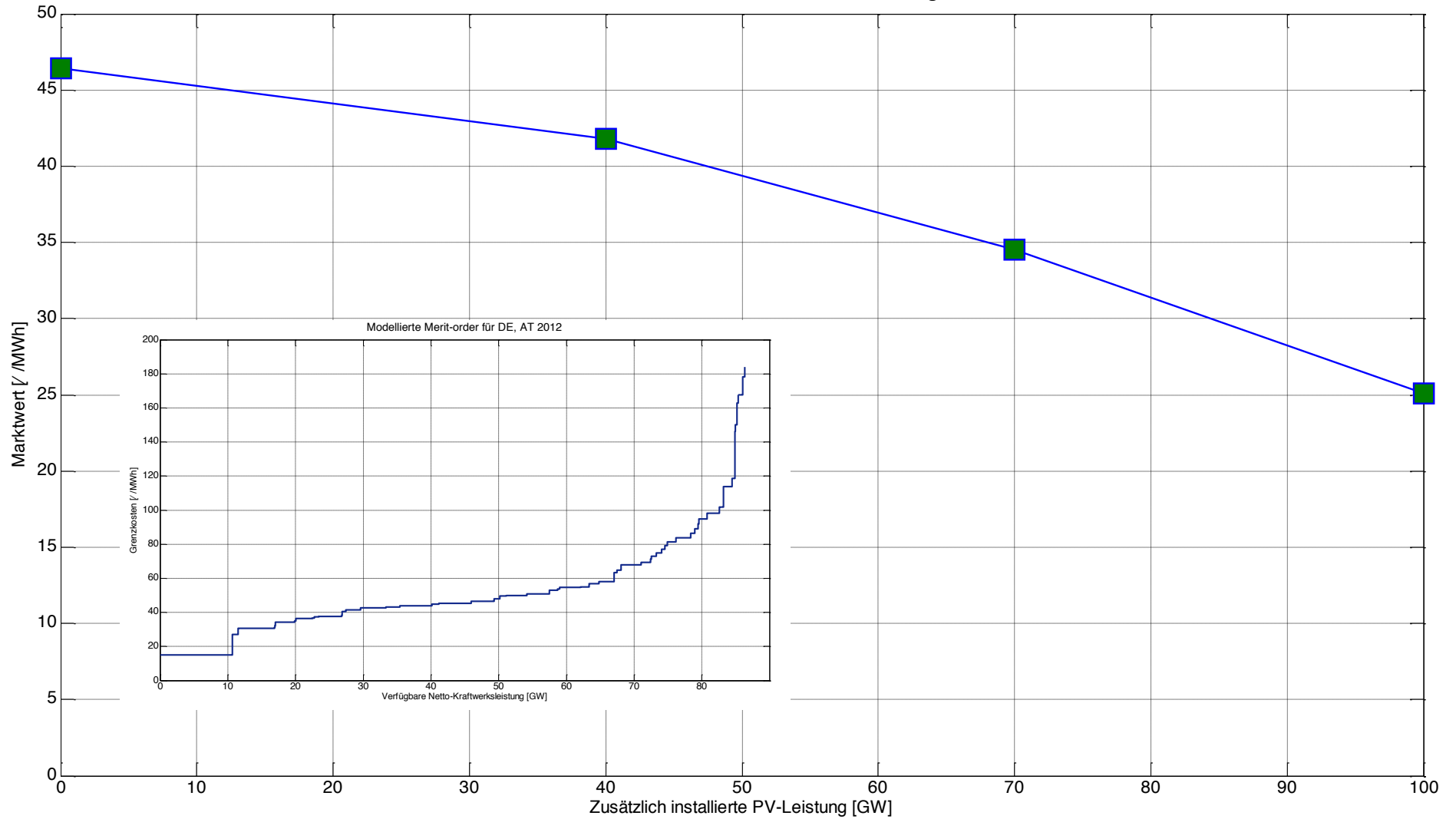
# Residuallast - Abendstunden

Residuallast Abend bei unterschiedlichem PV-Ausbau:  
Stunden: 18,19,20 - Abendspitze



# Entwicklung des Marktwerts

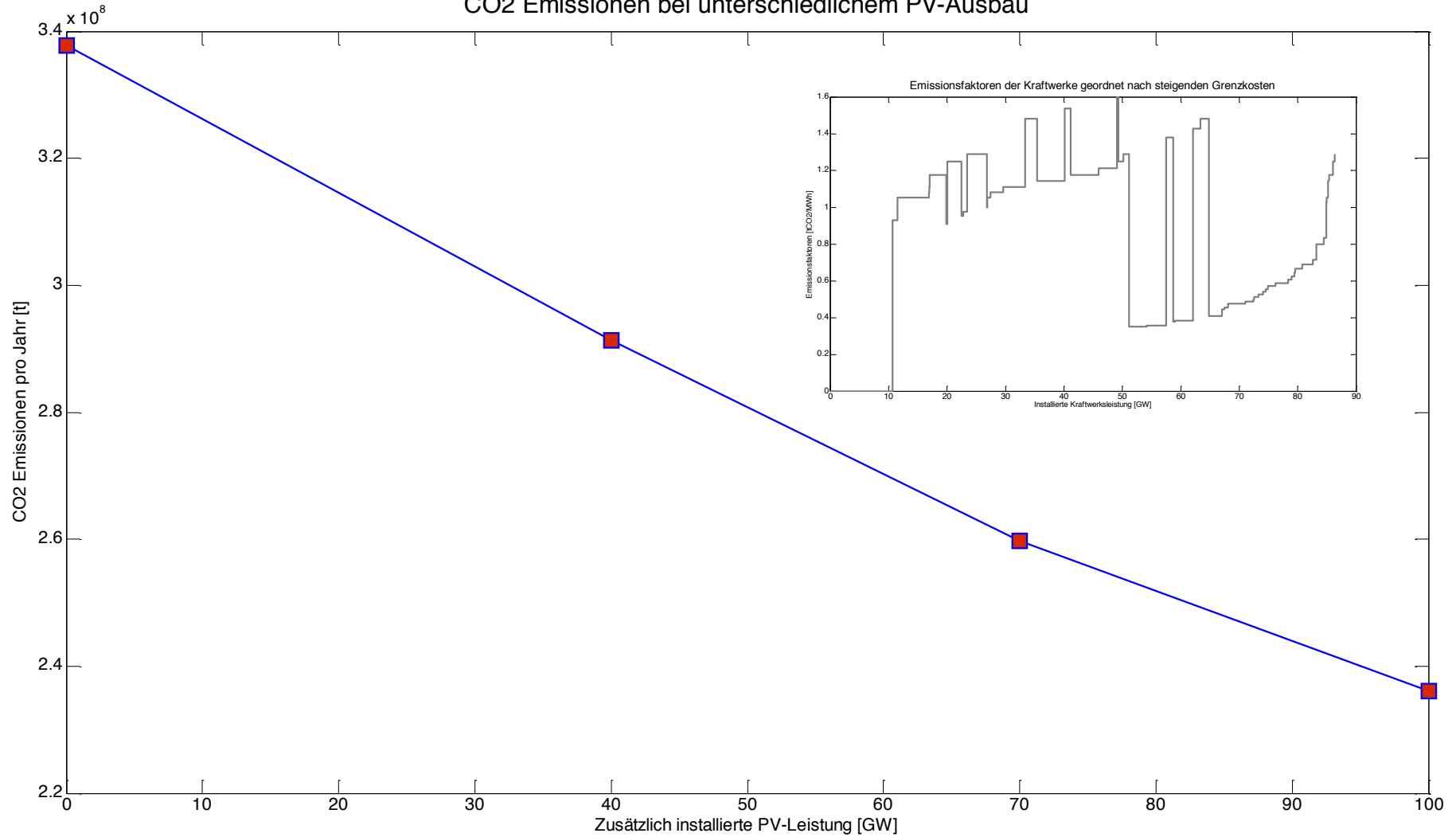
### Modellierter Marktwert einer PV-Anlage





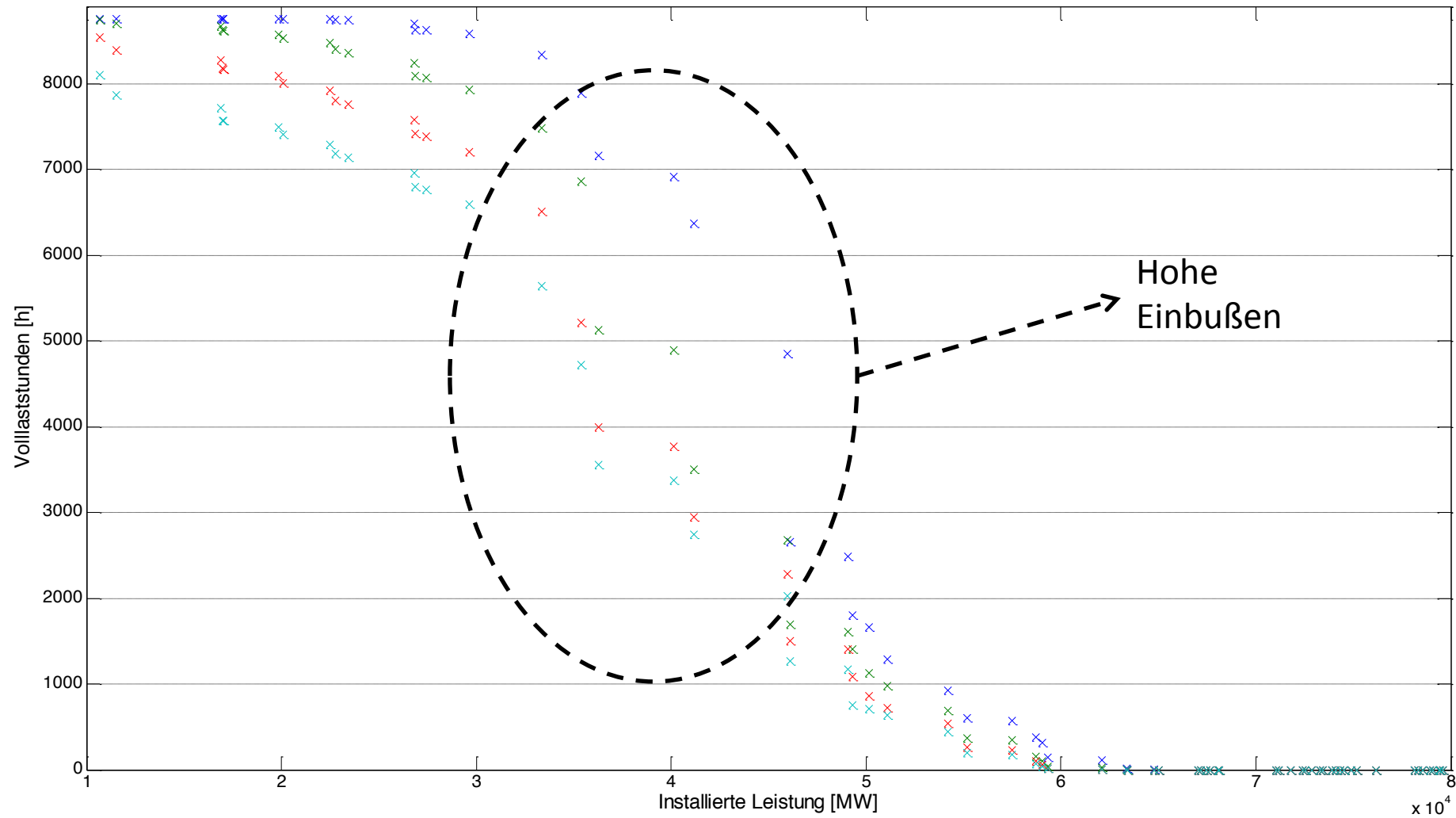
# Entwicklung der Emissionen

### CO2 Emissionen bei unterschiedlichem PV-Ausbau



# Entwicklung der Vollaststunden konventioneller Kraftwerke

Volllaststunden der fossilen Kraftwerke in Abhängigkeit des PV-Ausbaus



## Aufstellwinkel

- Unter den getroffenen Annahmen entspricht das energetische Optimum mittelfristig auch dem Kostenoptimum für das Gesamtsystem
- Erst bei sehr hohen PV-Anteilen (>100 GW) weichen die beiden Optima signifikant davon ab – mittelfristig nicht relevant!
- Elemente der Direktvermarktung würden zwar richtige Anreize geben, würden aber aus Sicht der optimalen Wahl des Aufstellwinkels gegenüber fixen FITs keine großen Effizienzsteigerungen bringen – eher Standortwahl als Aufstellwinkel werden beeinflusst.

## PV-Ausbau allgemein

- Bei den gegebenen Kostenstrukturen sinkt zwar mit steigendem Ausbau der Marktwert der Anlagen, die Emissionsreduktionen entwickeln sich allerdings proportional zum PV-Ausbau
- Konventionelle verlieren weitere Volllaststunden – v.a. im mittleren Lastbereich – Lastspitzen werden selbst bei massivem Ausbau praktisch nicht beeinflusst.

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Michael Hartner

[hartner@eeg.tuwien.ac.at](mailto:hartner@eeg.tuwien.ac.at)

TU Wien

Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

Energy Economics Group – EEG

Tel: +43(0)-1-58801-370379

Web: <http://eeg.tuwien.ac.at/>