



**Graz, 10. - 12. Februar 2010**

**11. Symposium Energieinnovation – Alte Ziele, Neue Wege**

# **Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland**

**Martin Lödl(\*)<sup>1</sup>, Georg Kerber<sup>1</sup>, Prof. Dr. Rolf Witzmann<sup>1</sup>,  
Dr. Clemens Hoffmann<sup>2</sup>, Dr. Michael Metzger<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Technische Universität München, Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze  
martin.loedl@mytum.de - Telefon: +49.89.289.22017

<sup>2</sup>Siemens AG, Corporate Research and Technologies  
michael.metzger@siemens.com - Telefon: +49.89.636.49720



## Übersicht

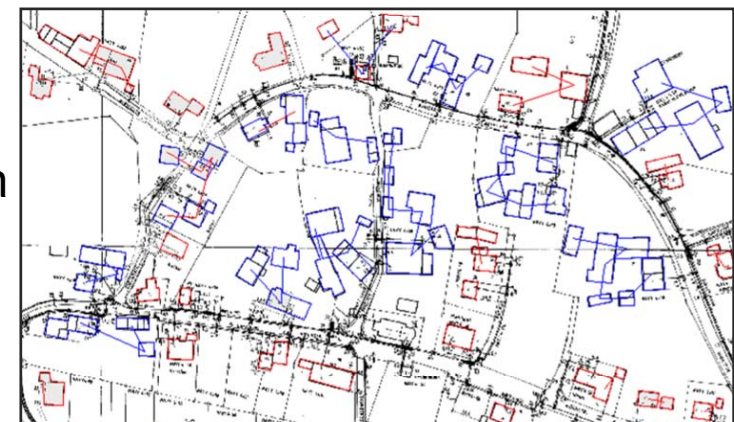
- **Photovoltaik-Dachflächenpotential in Netzbezirken**
  - typische Gebäudegrößen
  - typische Photovoltaik-Anlagenleistungen
  - Anteil der Landwirtschaften
- **Photovoltaik-Dachflächenpotential in Bayern**
- **Photovoltaik-Dachflächenpotential in Deutschland**
- **Zusammenfassung**



# Photovoltaik-Dachflächenpotential in Netzbezirken

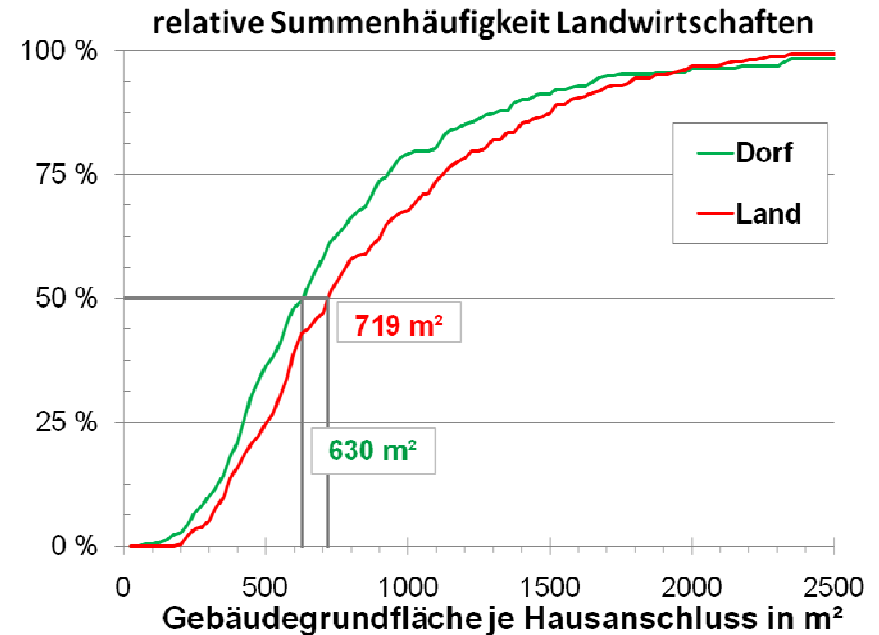
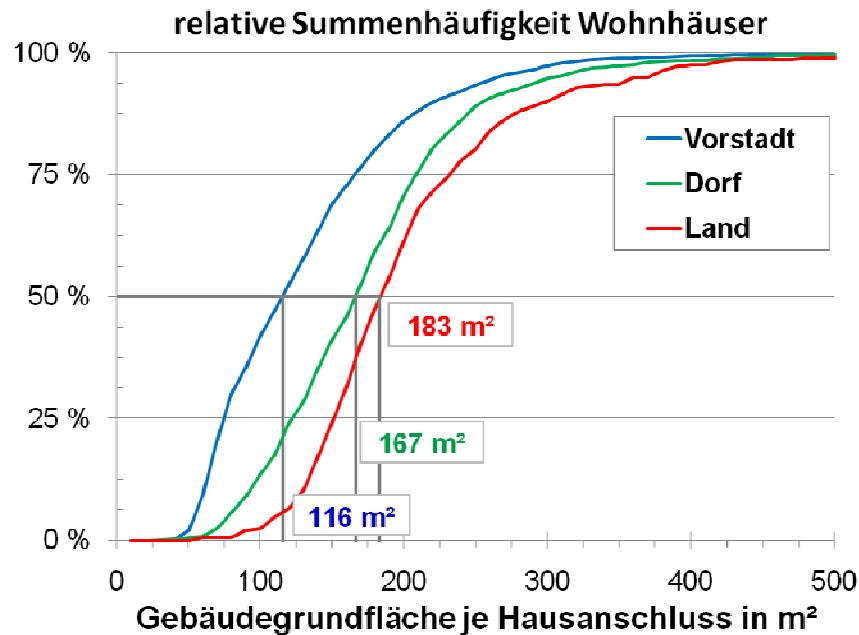
## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Datengrundlage**
  - 67 digitalisierte Flurkarten
  - Siedlungskategorien  
Vorstadt, Dorf und ländliches Gebiet
- **Ermittlung der Gebäudegrößen**
  - Vermessung von ca. 4.500 realen Gebäudegrundrissen
  - Nachzeichnung der Gebäudeumrisse einschl. Anbauten und Nebengebäude
  - Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Landwirtschaften/Industrie



## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Auswertung der Gebäudegrundflächen**



## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Wohngebäude (Steildächer)**

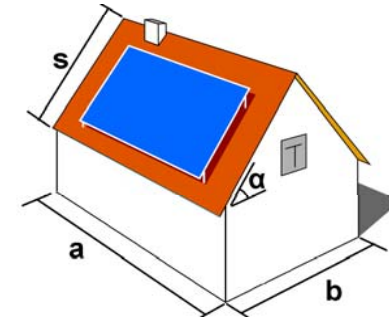
- Rechteck-Gebäude
- Neigungswinkel:  $\alpha = 35^\circ$
- Nur südlicher ausgerichtete Dachseiten
- Reduktionsfaktor für nicht-nutzbare Dachflächen:  $\rho = 0,80$
- Berechnung Dachfläche:

$$A_{PV,Nutz} = \frac{1}{2} A_{GGF} \cdot \rho \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \approx 0,5 \cdot A_{GGF}$$

- **Landwirtschaftliche Gebäude (Flachdächer)**

- Aufständigung der Module
- Berechnung der Dachfläche:

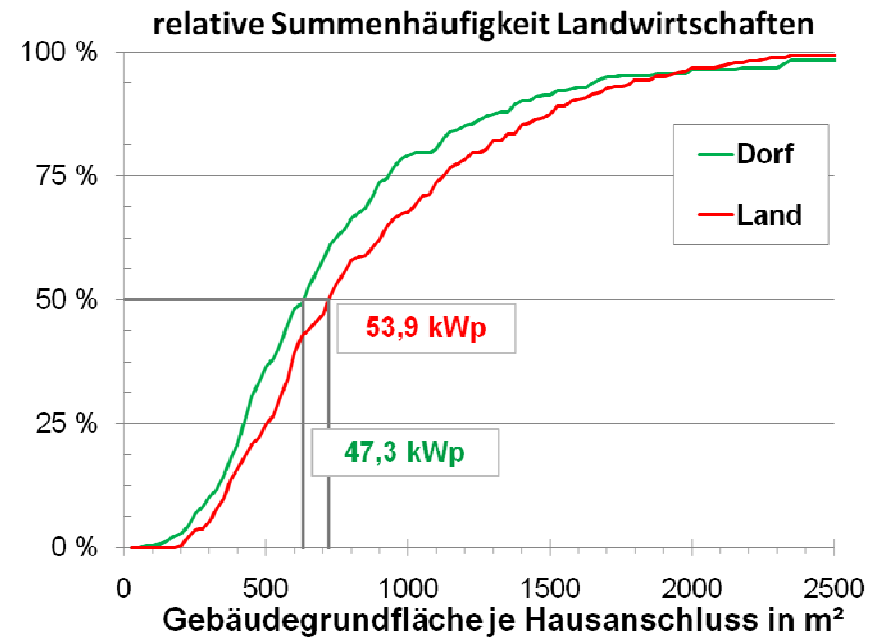
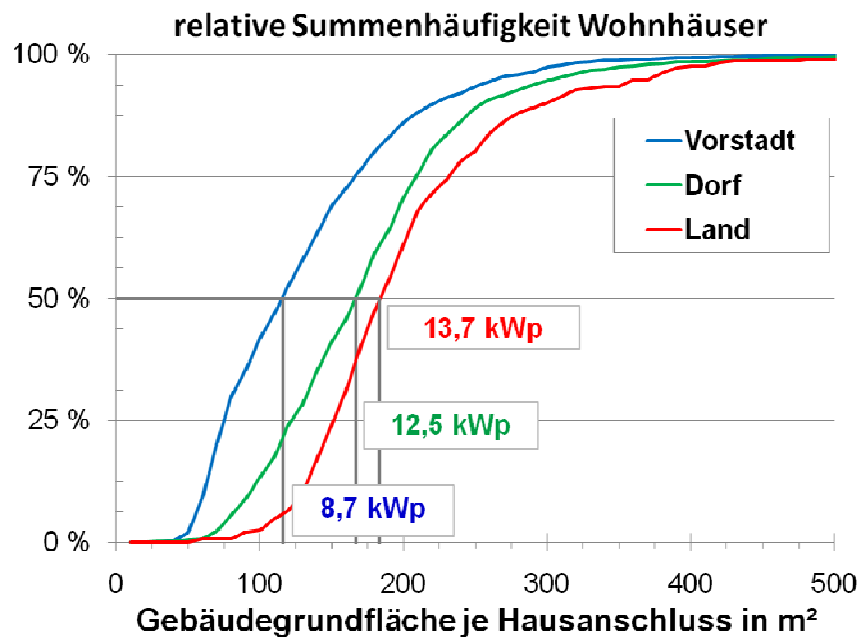
$$A_{PV,Nutz} \approx 0,5 \cdot A_{GGF}$$



nach Scheffler, Jörg: *Bestimmung der maximal zulässigen Netzanschlussleistung photovoltaischer Energiewandlungsanlagen in Wohnsiedlungsgebieten*  
TU Chemnitz, 2002

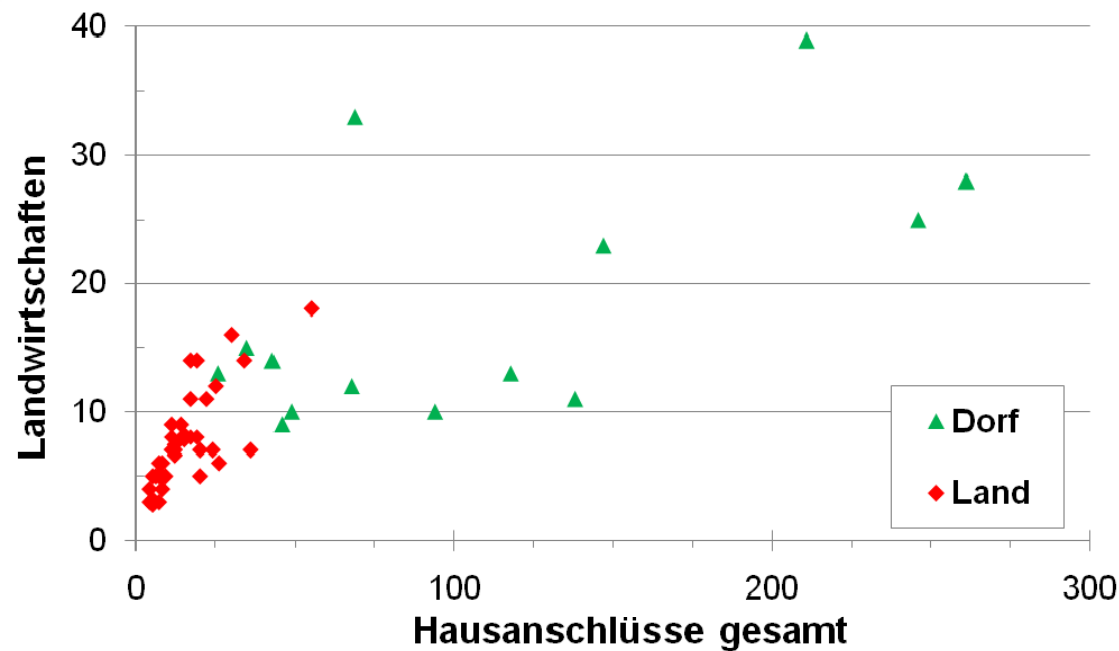
## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Photovoltaik-Anlagenleistung**
  - Spezifische Leistung der Photovoltaik-Module  $\eta = 150 \text{ W}_{\text{el}}/\text{m}^2$
- **Mittleres PV-Potential in den Siedlungs-Kategorien**



## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Abschlag für solarthermische Nutzung**
  - ca. 34 % der Dachflächen für Kollektoren reserviert
- **Anteil der Landwirtschaften**





## Photovoltaik-Potential in Netzbezirken

- **Photovoltaik-Potential in Niederspannungs-Verteilnetzen**

- Anzahl der Hausanschlüsse, Anteil Landwirtschaften/Industrie
- Mittleres Photovoltaik-Potential in typischen Netzen:<sup>1</sup>

Siedlungs-Kategorie	Land	Dorf	Vorstadt
Mittleres PV-Potential pro Netzgebiet in kWp	200 – 330	800	830

- Mittleres Photovoltaik-Potential pro Gebäude:

Siedlungs-Kategorie	Land	Dorf	Vorstadt
Mittleres PV-Potential pro Hausanschluss in kWp	25,8	13,9	5,7

<sup>1</sup>Kerber, Georg; Witzmann, Rolf:  
*Statistische Analyse von NS-Verteilungsnetzen und Modellierung von Referenznetzen;*  
 ew, Jg. 107 (2008), Heft 6, S. 22 -26



# Photovoltaik-Dachflächenpotential in Bayern

## Photovoltaik-Potential in Bayern

- **Einteilung der bayrischen Städte und Gemeinden anhand statistischer Daten**

Einwohnerzahl	Einwohnerdichte [EW/km <sup>2</sup> ]	Siedlungsfläche	Anteil der Wohnungen pro Wohngebäude	Wohnfläche pro Person [m <sup>2</sup> /Person]
Ländliche Region bis 2.000	Ländliche Region bis 100	Ländliche Region bis 40 ha	Ländliche Region bis 1,4	Ländliche Region mehr als 48
Dorf bis 5.000	Dorf bis 300	Dorf bis 80 ha	Dorf bis 1,6	Dorf mehr als 45
Kleinstadt bis 20.000	Stadt ab 300	Kleinstadt bis 150 ha	Kleinstadt bis 1,8	Kleinstadt mehr als 42
Mittel-/Großstadt ab 20.000		Mittel-/Großstadt ab 150 ha	Mittel-/Großstadt ab 1,8	Mittel-/Großstadt weniger als 42

→ Eingruppierung nach bester Übereinstimmung

## Photovoltaik-Potential in Bayern

- **Skalierung der Dachflächen**
  - Skalierung über Verhältnis der Grund- und Freiflächen
  - enthält Verhältnis Gebäudezahl / Anzahl der Hausanschlüsse
  - enthält Anteil der Landwirtschaften und Industrie
  - anteilige Berücksichtigung PV-Potential in Mittel- und Großstädten

➔ **Photovoltaik-Dachflächenpotential in Bayern: ca. 25,3 GWp**

Siedlungs-Kategorie	PV-Potential in GWp
Land	2,8
Dorf	12,0
Kleinstadt	8,3
Mittel- und Großstadt	2,2



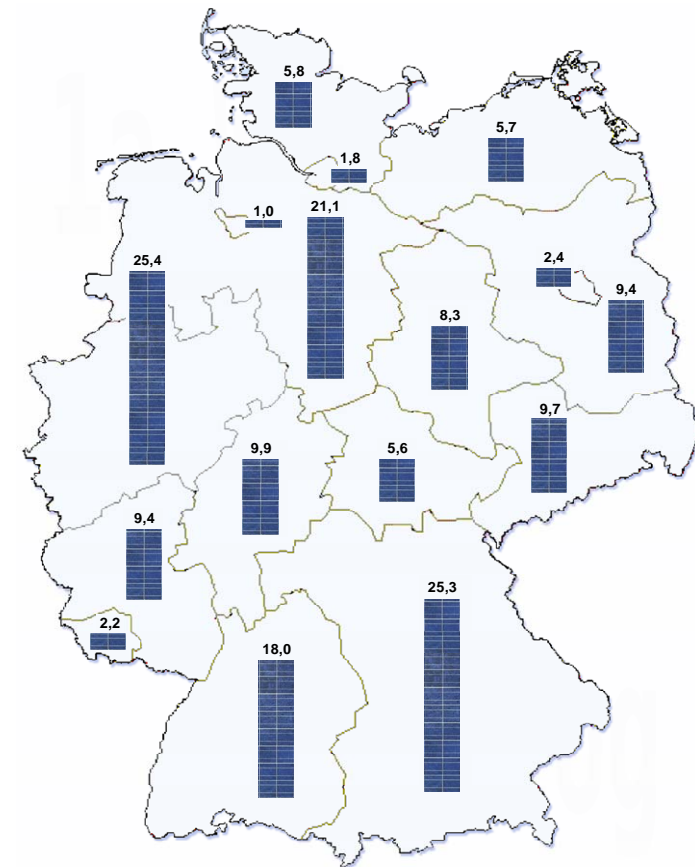
# Photovoltaik-Dachflächenpotential in Deutschland

## Photovoltaik-Potential in Deutschland

- **Skalierung über Verhältnis der Bauflächen:**

- Wohngebäude inkl. zugehöriger Freifläche
- Gewerbebetriebe inkl. Lagerplätze
- land- und forstwirtschaftliche Betriebe
- Gaststätten, Einkaufszentren, u.ä.
- Erholungsflächen

➔ **Photovoltaik-Dachflächenpotential  
in Deutschland: ca. 161 GWp**





## Photovoltaik-Potential in Deutschland

- **Unsicherheiten**

- Annahme der Randbedingungen
- Fehler bei der Vermessung der Gebäudegrundrisse
- Kategorisierung der Städte und Gemeinden
- Unterschiedliche Siedlungsstrukturen in den Bundesländern
- Kein Potential in Kerngebieten von Mittel- und Großstädten
- Wirtschaftlichkeit von Ausrichtungen und Standorte nicht im Detail berücksichtigt
- Unsicherheiten zu < 20 % angenommen



# Zusammenfassung





## Zusammenfassung

- Gebäudegrößen verschiedener Regionen und Siedlungskategorien analysiert
  - wirtschaftlich nutzbare Dachflächen für typische Gebäude und Netzgebiete ermittelt
  - maximal installierbare Photovoltaik-Anlagenleistungen abgeschätzt
  - nutzbares PV-Potential auf Bundesländer und Deutschland skaliert
- ➔ Typische PV-Anlagengrößen für Aussagen zur Aufnahmefähigkeit von Niederspannungs-Verteilnetzen oder Untersuchungen zur mittelfristigen Entwicklung von Stromversorgungsnetzen bekannt.



---

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

## **Martin Lödl**

Technische Universität München  
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze  
Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland

Tel.: +49.89.289.22017

Fax: +49.89.289.25089

Email: [martin.loedl@mytum.de](mailto:martin.loedl@mytum.de)

Web: <http://www.een.ei.tum.de>

---