

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}

Prognose der Einspeisung aus PV-Anlagen mithilfe von Wettervorhersagen

Graz | 15.02.2024 | 08:20 – 10:00 Uhr | Session D2

Tobias Lechner



Fakultät
Elektrotechnik

Agenda

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}

- Motivation
- Betrieb der konventionellen und hybriden NEA
- Problemstellung Vorhersage PV-Einspeisung
- Methodik
- Ergebnisse
- Fazit
- Ausblick

- LINDA Konzept: Inselnetz mit DEA zur Versorgung von kritischen Infrastrukturen
 - Ausgleich der Wirkleistung über die Frequenz und der Blindleistung über die Spannung im Inselnetz gemäß den in den TAR geforderten Statiken → keine Kommunikation zwischen Inselnetzbildner und Erzeugern und Lasten im Inselnetz nötig
- LINDA 2.0: Übertragung des Konzepts auf Netzersatzanlagen (NEA)
→ Entwicklung einer hybriden NEA

Betrieb konventionelle NEA

Gefördert durch:

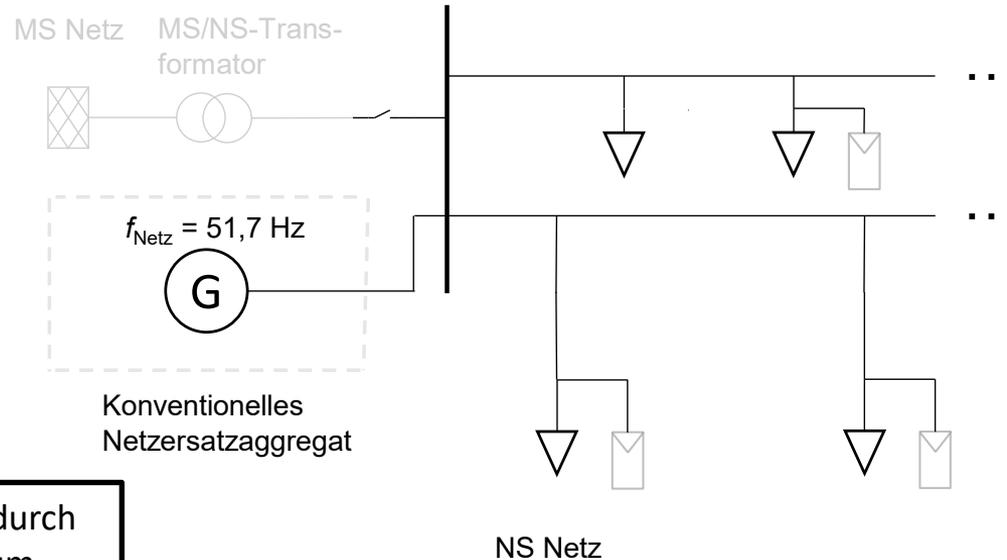


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}



Trennung der DEA durch
erhöhte Frequenz um
Lastflussumkehr zu
verhindern

Betrieb hybride NEA

Gefördert durch:

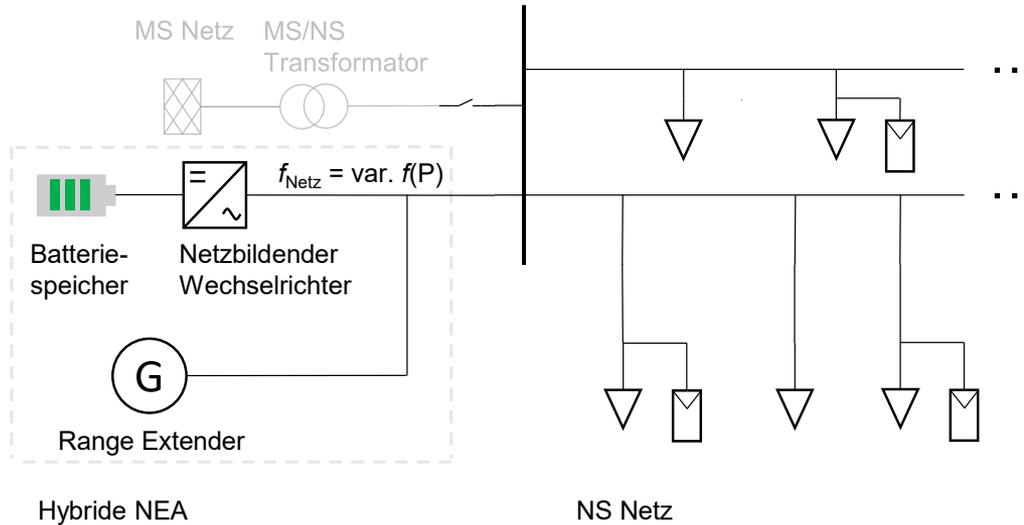


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA 2.0

Wechselrichter
mit Frequenz
Droop
Charakteristik;
Range Extender
keine netz-
bildende
Funktion



Einsatzplanung mithilfe
eines
Energiebilanztools
(Last- und
Einspeiseprognose)

Problemstellung Vorhersage PV-Einspeisung

Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



- Für Prognose der PV-Einspeisung ist Klarheitsindex k_T nötig
- Wettervorhersagen prognostizieren nur den Bedeckungsgrad k_D
- Direkter Vergleich zwischen k_T und k_D ist nicht möglich
- Ermittlung eines Verhältnisses zwischen k_T und k_D
- Überprüfung der Qualität der Wettervorhersage
- Ermittlung des einzuplanenden Fehlers bei der Prognose der PV-Einspeisung mithilfe von Wetterberichten

Bedeckungsrad und Klarheitsindex

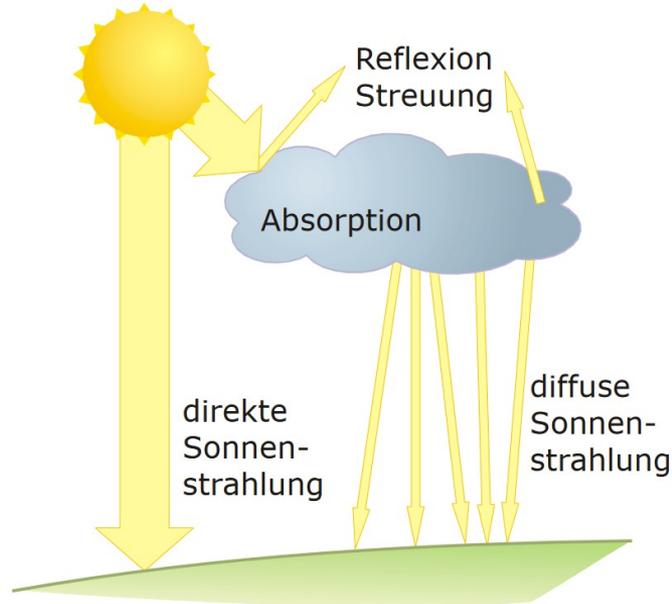
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}



$$\text{Globalstrahlung } G_h = G_{\text{direkt}} + G_{\text{diffus}}$$

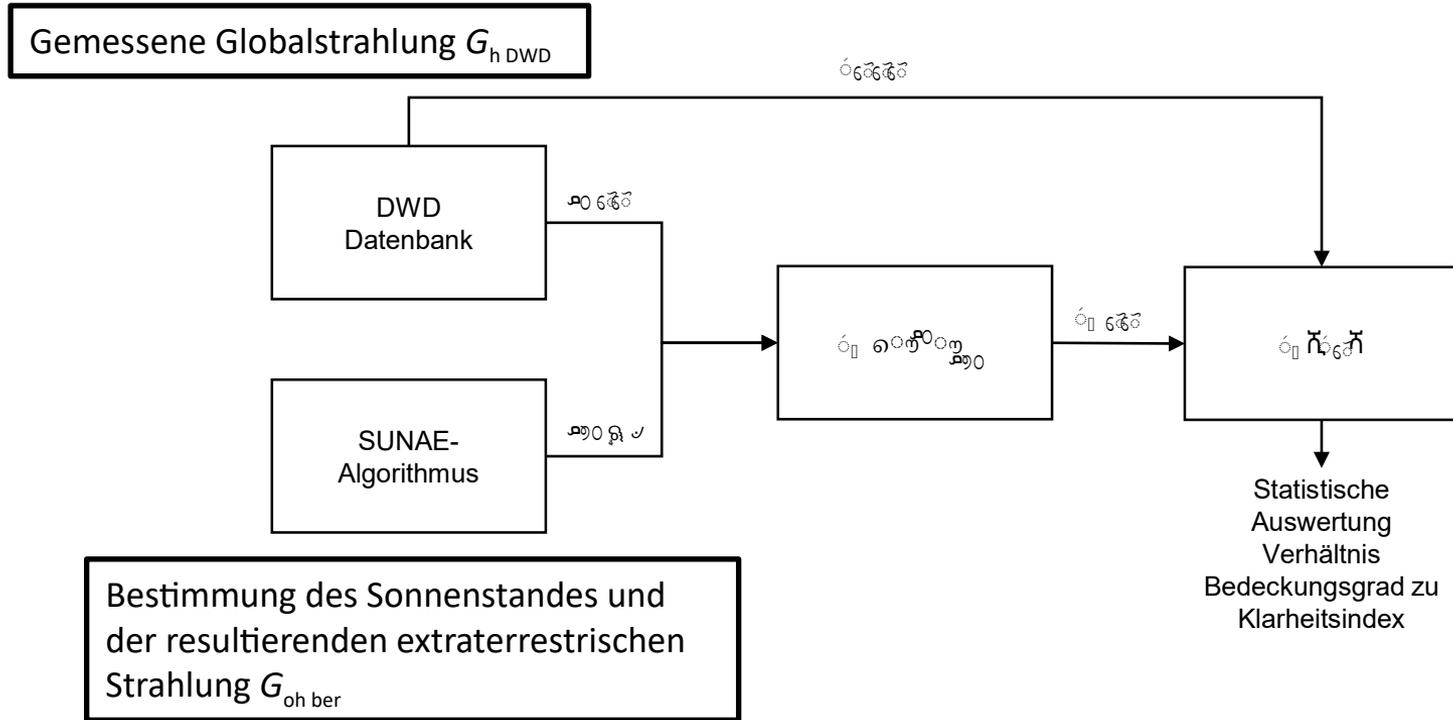
G_{oh} = Extraterrestrische Strahlung
parallel zur Erdoberfläche

$$\text{Klarheitsindex } k_T = G_h / G_{\text{oh}}$$

Bedeckungsgrad k_D gibt keinen
Aufschluss über
Absorption/Reflexion/Streuung in der
Atmosphäre (z.B. unterschiedliche
Wolkendicke, Dunst und Nebel)

Quelle: V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Klimaschutz, 10. Aufl. München: Hanser, 2019

Methodik Ermittlung Korrelation $k_T(k_D)$



Methodik Überprüfung Vorhersage

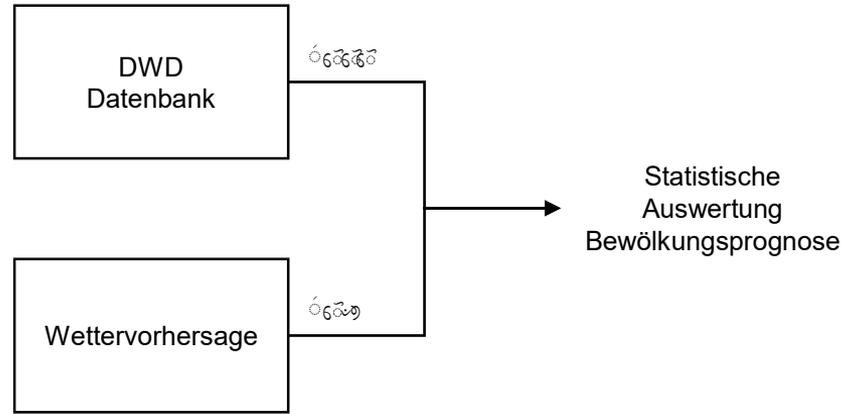
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



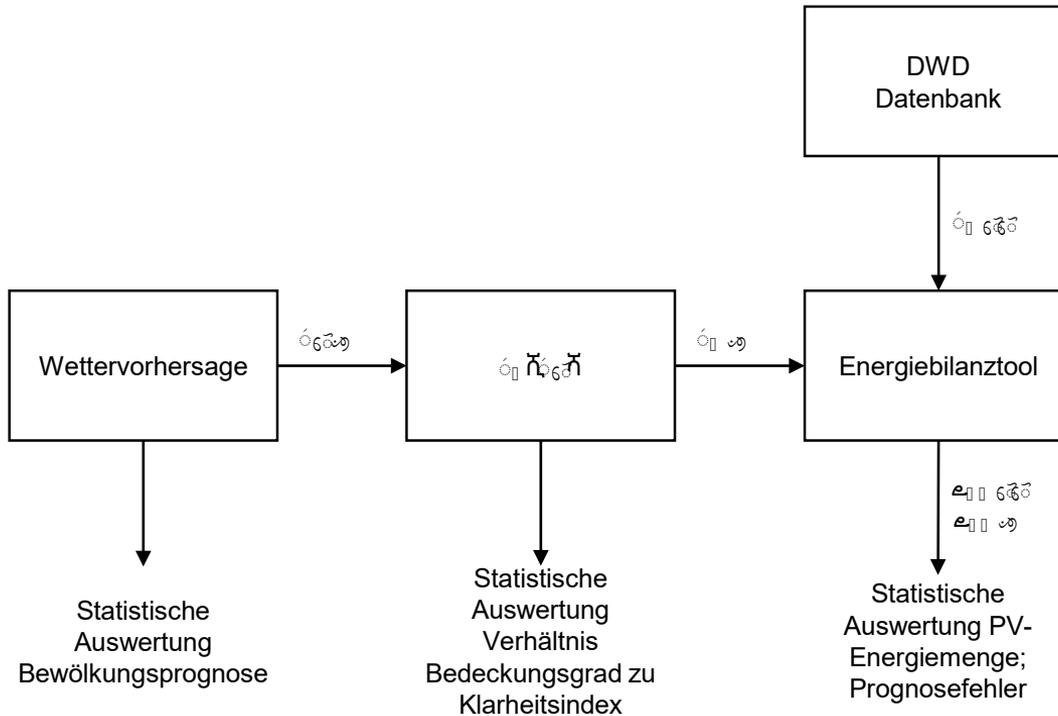
LINDA^{2.0}



Wetterabfrage um 00:15 Uhr

- Tagesvorhersage (+ 24 h)
- 1-Tagesvorhersage (+ 48 h)
- 2-Tagesvorhersage (+ 72 h)

Methodik Ermittlung Prognosefehler

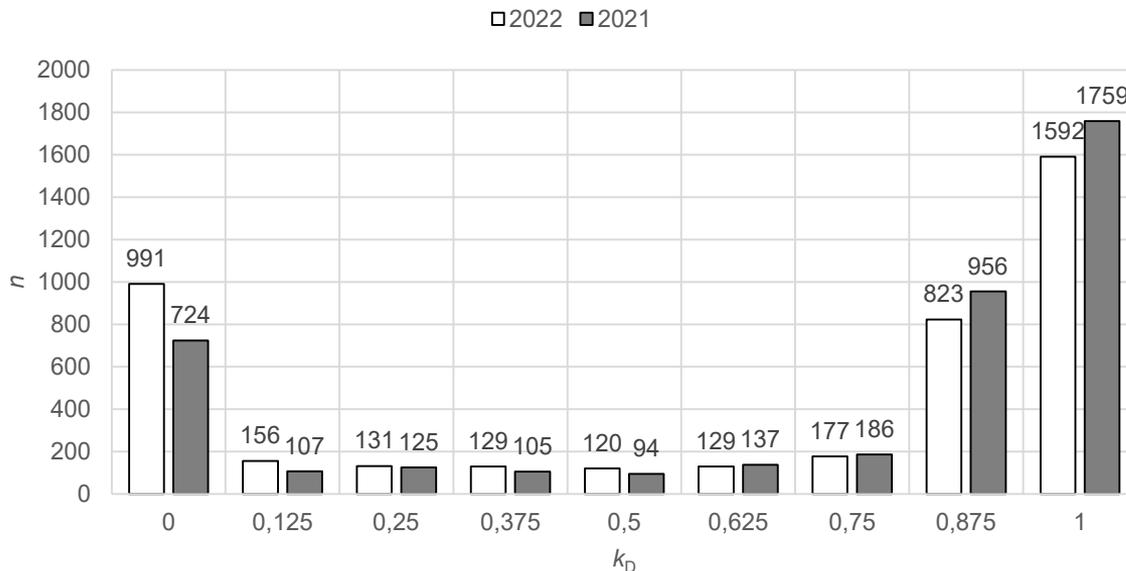


Vier identifizierte und untersuchte Fälle:

1. Unterschätzt
2. Leicht unterschätzt
3. Mittel
4. Überschätzt

Jährliche Aufteilung der Bedeckungsgrade

Gefördert durch:
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Viele Werte fallen auf wolkenlos $k_D = 0$ oder stark bewölkt ($k_D = 0,875$) und bedeckt ($k_D = 1$)

Korrelation $k_T(k_D)$

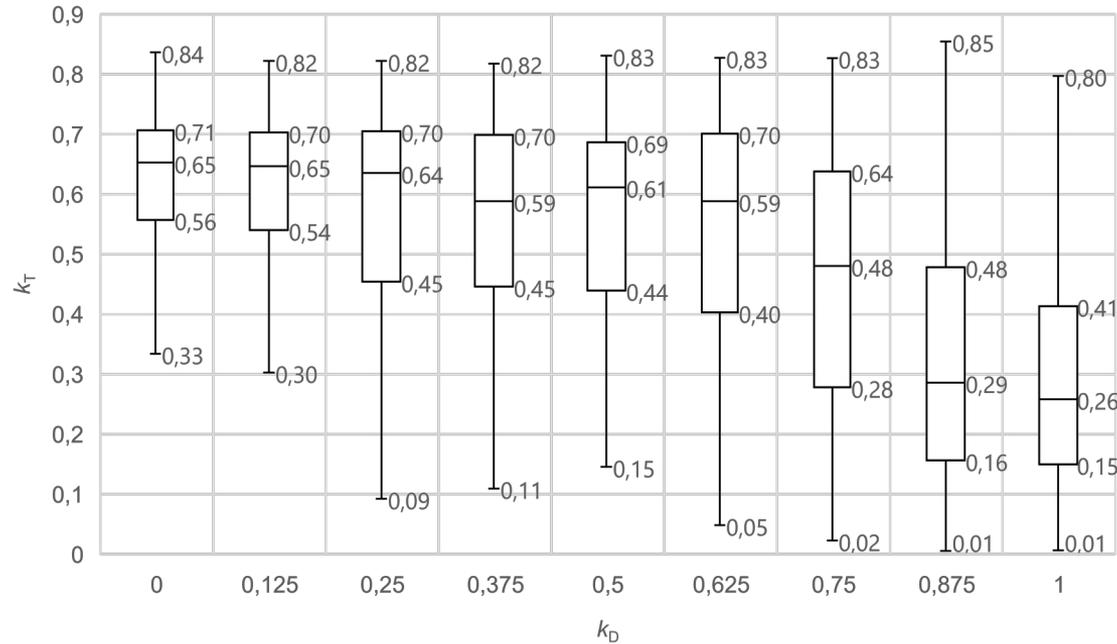
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA 2.0



Korrelation $k_T(k_D)$

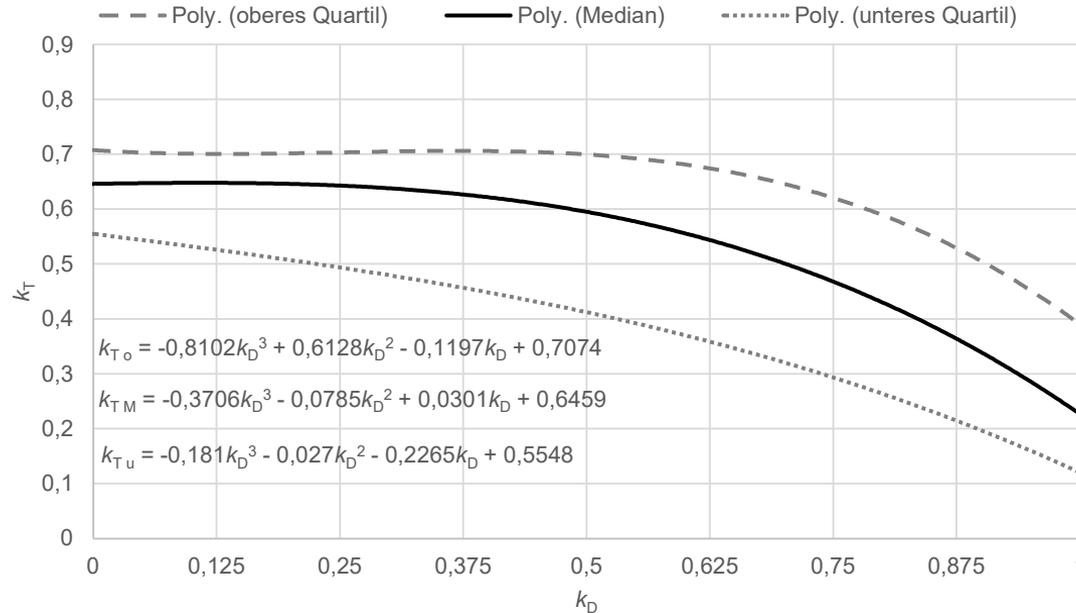
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

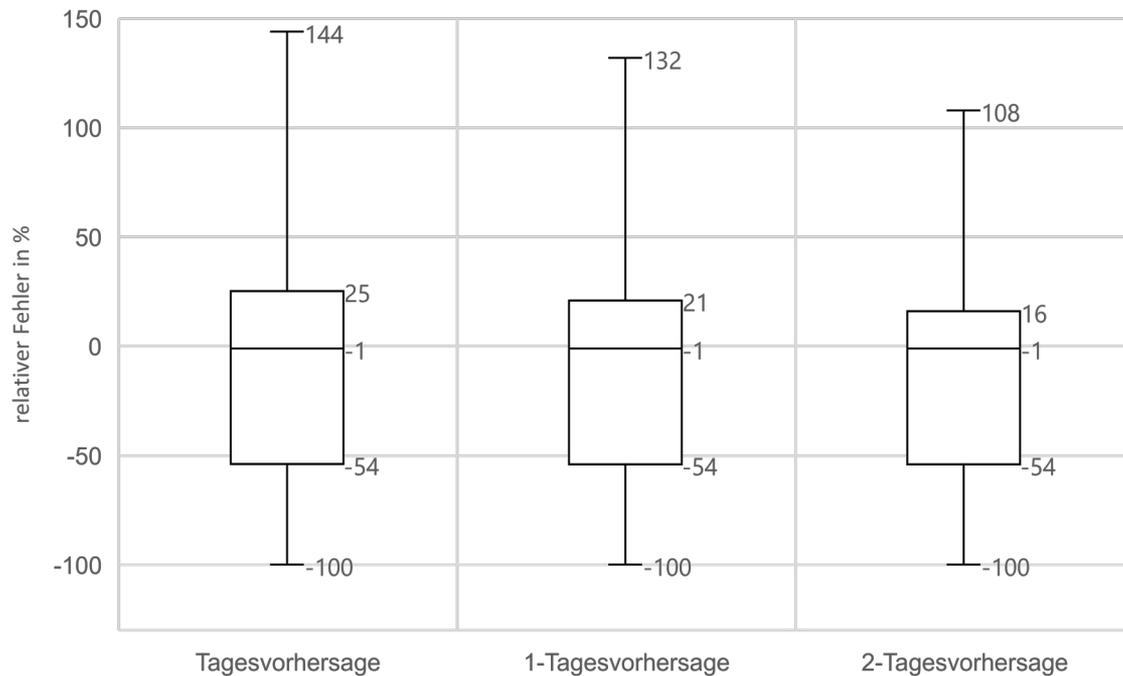


LINDA^{2.0}



Auch bei vollständig bedecktem Himmel ($k_D = 1$) wird der Klarheitsindex k_T nicht Null

Qualität der Vorhersage



Fehler der Energieprognose

Gefördert durch:

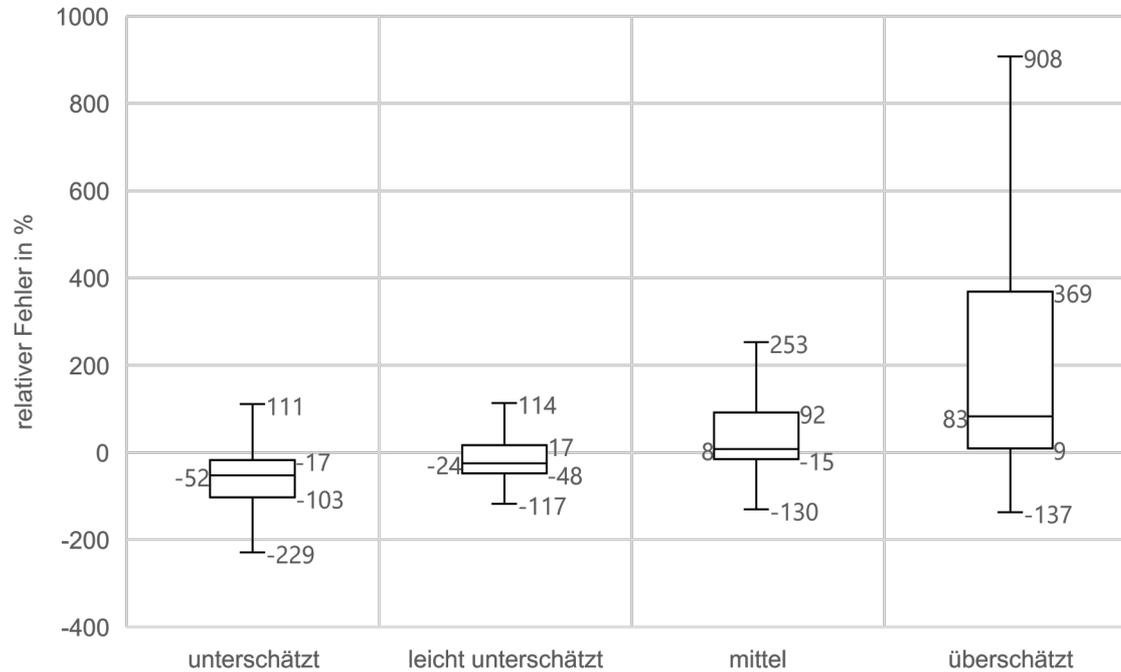


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}



Tagesprognose

- Korrelation konnte aus den Daten ermittelt werden
- Wetterprognosen treffen den Bedeckungsgrad im Median gut
- Geringster Fehler im Median wenn eine mittlere PV-Einspeisung angenommen wird
- Geringste Spannweiten und Interquartilsabstände wenn die PV-Einspeisung leicht unterschätzt wird
- Konservativer Ansatz (Unterschätzung) zu bevorzugen; überschüssige PV-Energiemengen können abgeregelt werden
- Überschätzung der PV-Energiemenge ist kritisch

- Zusammenfassen von mehreren Jahren für monatliche Auswertung einer Korrelation
- Untersuchung der Qualität der Vorhersage anderer Anbieter
- Ersetzen der Vorhersage durch DWD Daten zur Validierung des Tools und der Korrelation
- Validierung durch Feldeinsätze und Messdaten (Korrekturfaktor Ausrichtung PV-Anlagen)
- Übertragbare Methode zur Ermittlung von PV-Einspeisung (allg. Speicherbewirtschaftung, abgeregelte Energiemengen konv. NEA Betrieb, Ausfallarbeit Redispatch 2.0)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



LINDA^{2.0}



Tobias Lechner
Technische Hochschule Augsburg
Fakultät für Elektrotechnik
An der Hochschule 1
D-86161 Augsburg

Tel.: + 49 821 5586 3596
tobias.lechner@hs-augsburg.de
www.tha.de