

Auslegung und Dimensionierung von Wechselrichtern

Auslegung und Dimensionierung von Wechselrichtern für netzgekoppelte PV-Anlagen

Dr. Bruno Burger

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

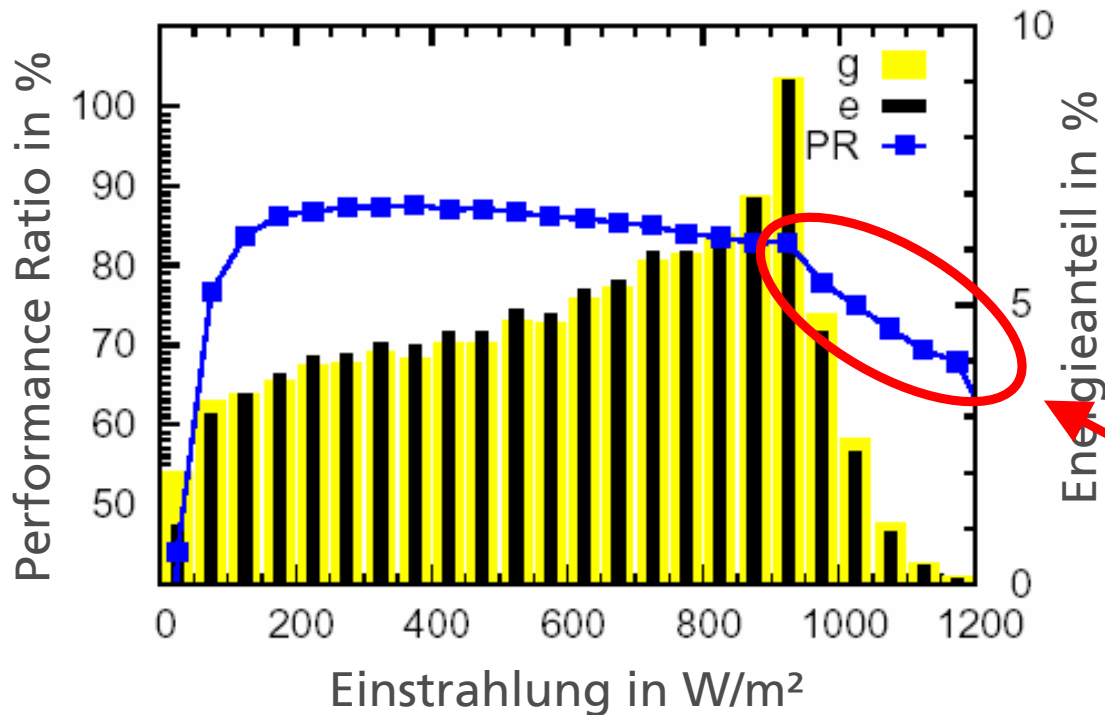
Bad Staffelstein, 11. März 2005

Dr. Bruno Burger

Gliederung

- Ergebnisse aus dem Anlagenmonitoring
- Zeitbasiertes Rechenmodell mit Momentanwerten
- Verluste durch Leistungsbegrenzung
- Energetischer Jahreswirkungsgrad
- Zusammenfassung

Anlagenmonitoring



Anlagendaten:

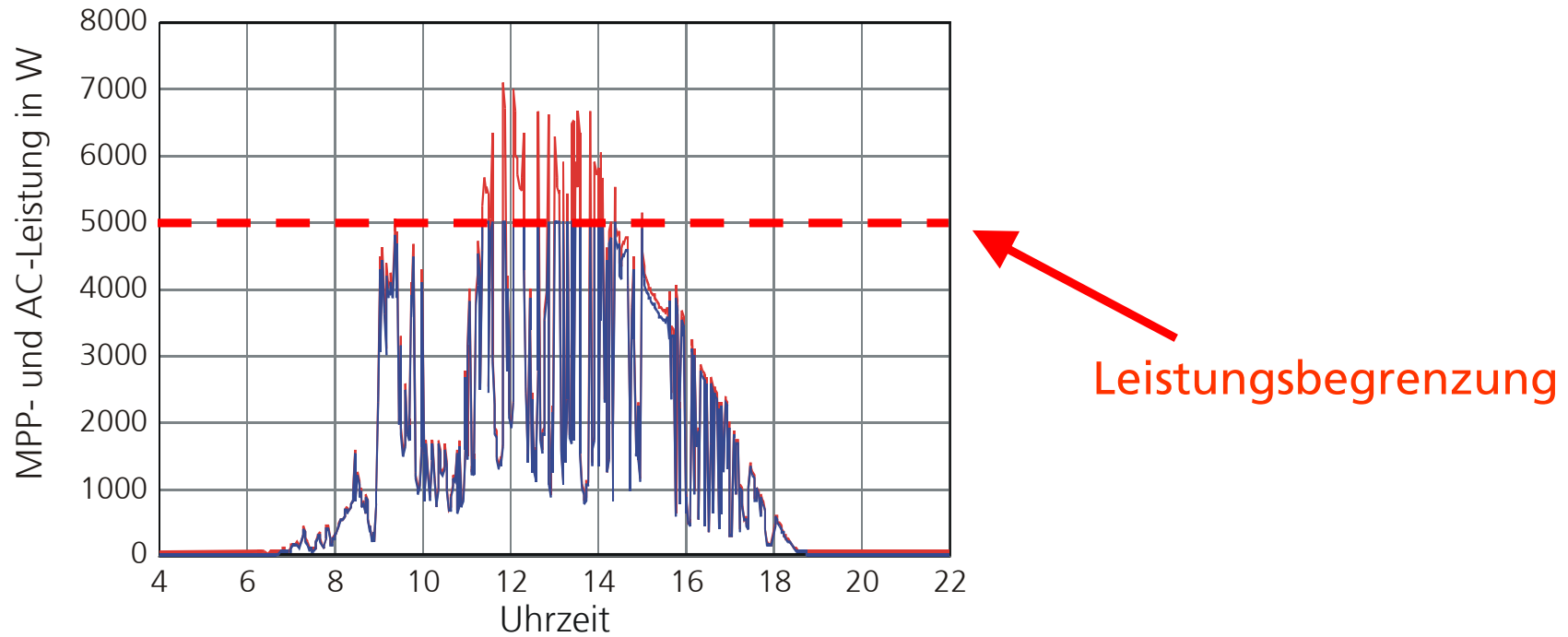
Solargenerator: 6,2 kW_p
Wechselrichter: 5,0 kW_{AC}

Verhältnis:

$$P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC,max}} = 1,24$$

Leistungsbegrenzung

Leistungsbegrenzung bei wechselnder Bewölkung

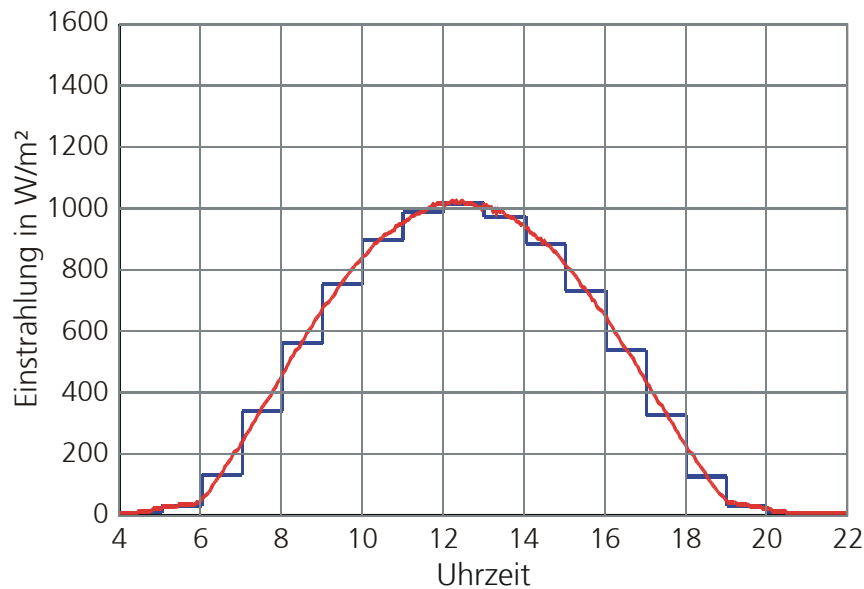


Leistung im MPP Leistung AC

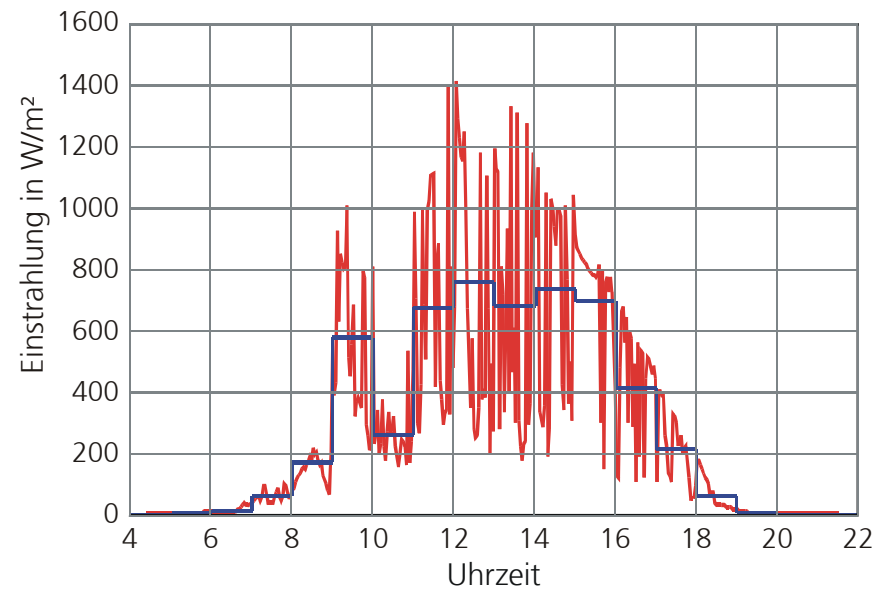


Vergleich: Momentanwerte - Stundenmittelwerte

Sonniger Tag



Tag mit wechselnder Bewölkung



Momentanwerte Stundenmittelwerte

Dr. Bruno Burger



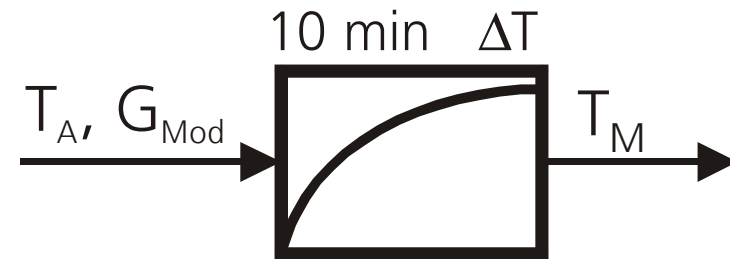
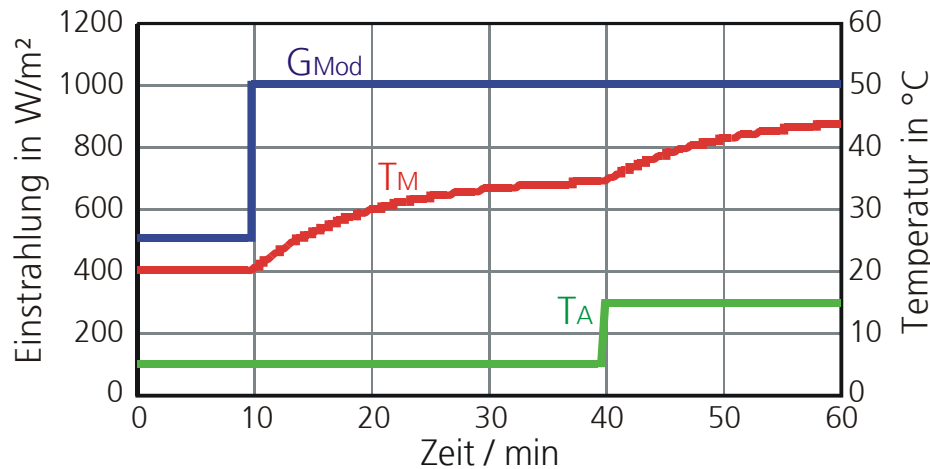
Zeitbasierte Simulation mit Momentanwerten

- Gemessene Strahlungsdaten für Freiburg für das Jahr 2000 (3 Mio. Momentanwerte im Abstand von 10 Sekunden)
- Berechnung der Reflektionsverluste und der Modultemperatur
- Verwendung gemessener Modul- und Wechselrichterparameter

Nicht berücksichtigt wurden:

- Statistische Abweichungen von den Nennleistungen (Module, WR)
- Temperaturbedingte Leistungsbegrenzung des Wechselrichters (Thermische Zeitkonstante, Umgebungstemperatur)
- Wirkungsgrad des MPP-Trackings

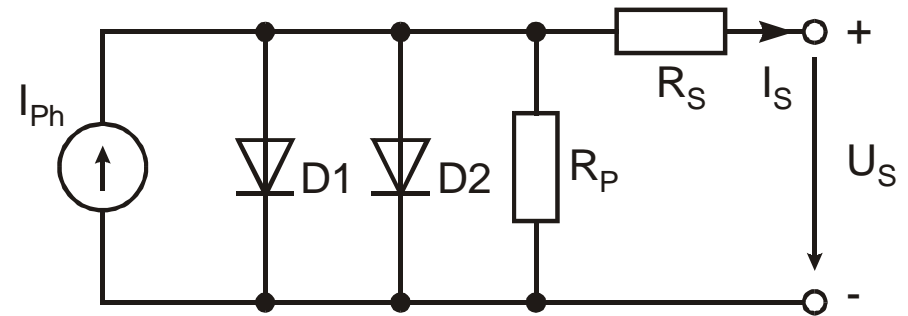
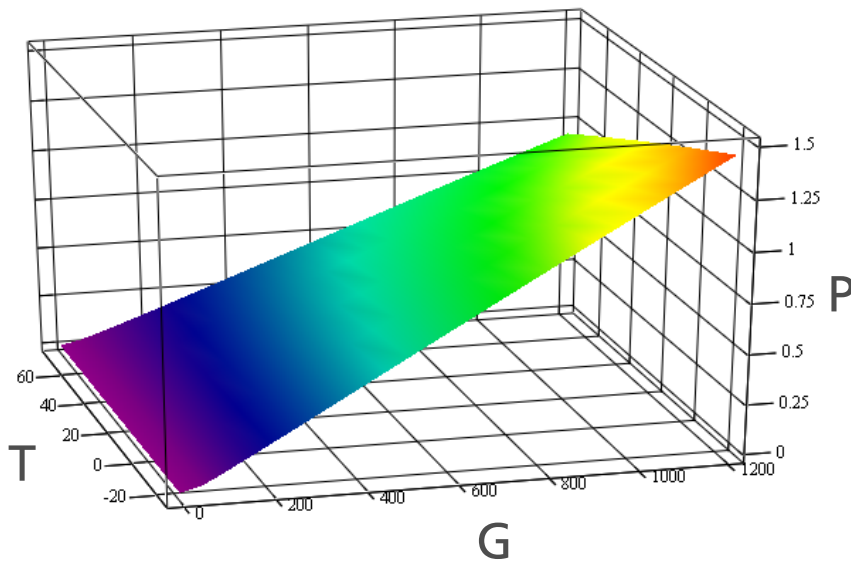
Thermisches Modell des Solargenerators



Temperaturerhöhungen ΔT bei 1000 W/m²:

- freie Aufstellung auf Flachdach oder Wiese 22 K
- Schrägdachmontage, gute Hinterlüftung 29 K
- Dachintegration ohne Hinterlüftung 43 K

Elektrisches Modell des Solargenerators



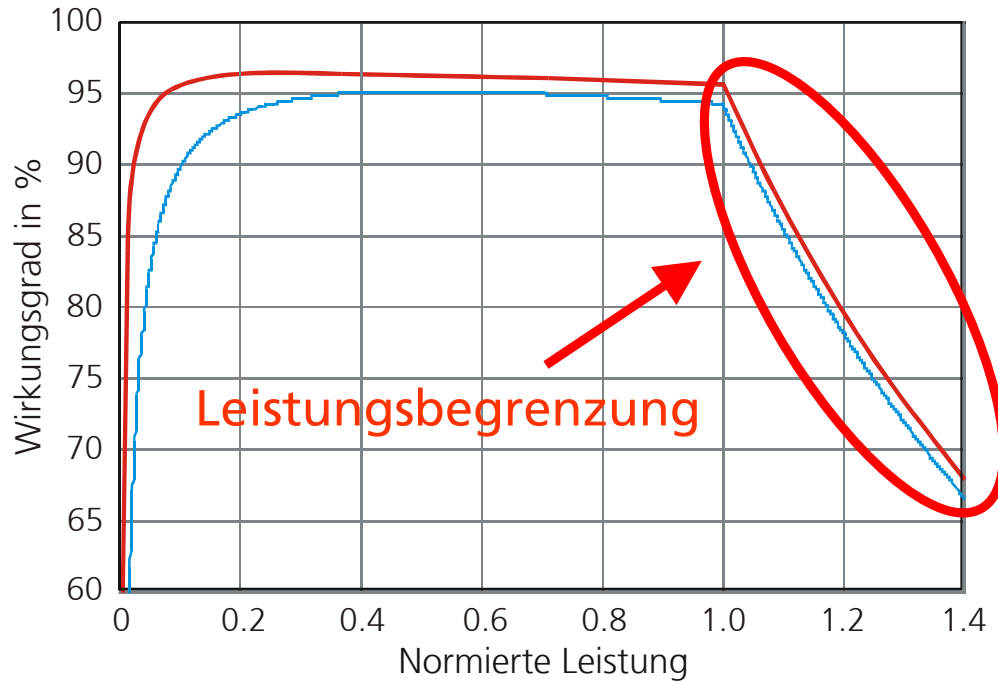
Zwei-Dioden-Modell

$$I = I_{Ph}(G, T) - I_{S1}(T) \cdot \left(e^{\frac{U+I \cdot R_S}{\beta_1 \cdot U_T(T)}} - 1 \right) - I_{S2}(T) \cdot \left(e^{\frac{U+I \cdot R_S}{\beta_2 \cdot U_T(T)}} - 1 \right) - \frac{U + I \cdot R_S}{R_P}$$

Dr. Bruno Burger



Wechselrichterwirkungsgrad



Verlustleistung:

$$P_V = P_0 + U_V \cdot I_{AC} + R_V \cdot I_{AC}^2$$

Wirkungsgrad:

$$\eta = P_{AC} / (P_{AC} + P_V)$$

Fitparameter:

$$P_0 = 25 \text{ W}$$

$$P_0 = 16 \text{ W}$$

$$U_V = 3,4 \text{ V}$$

$$U_V = 4,2 \text{ V}$$

$$R_V = 0,76 \text{ } \Omega$$

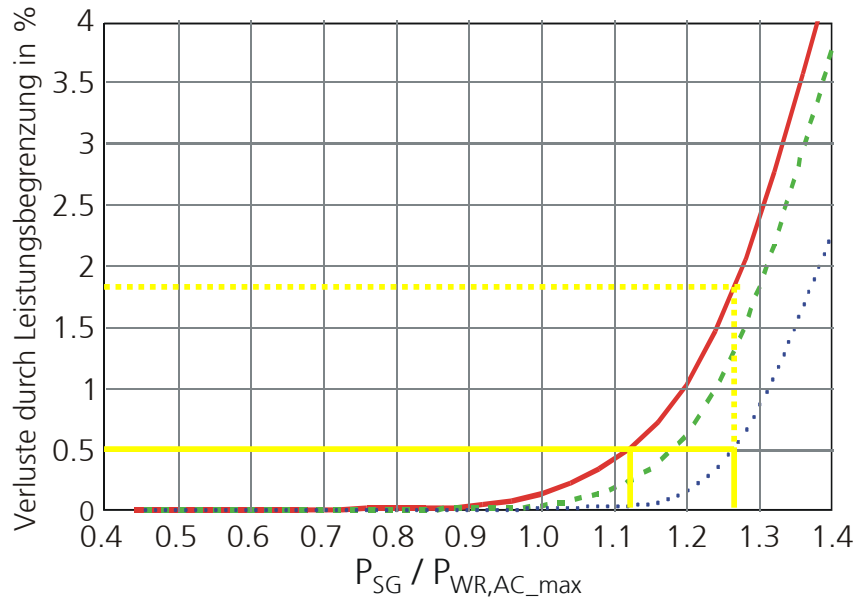
$$R_V = 0,26 \text{ } \Omega$$

WR mit 50 Hz-Transformator **Transformatorloser WR**

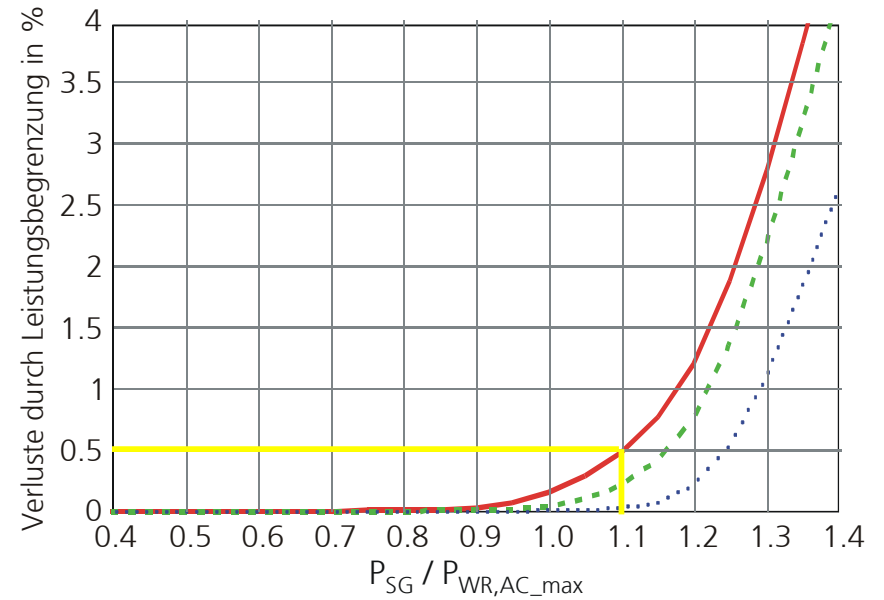


Verluste durch Leistungsbegrenzung des WR

WR mit 50 Hz-Transformator



Transformatorloser WR



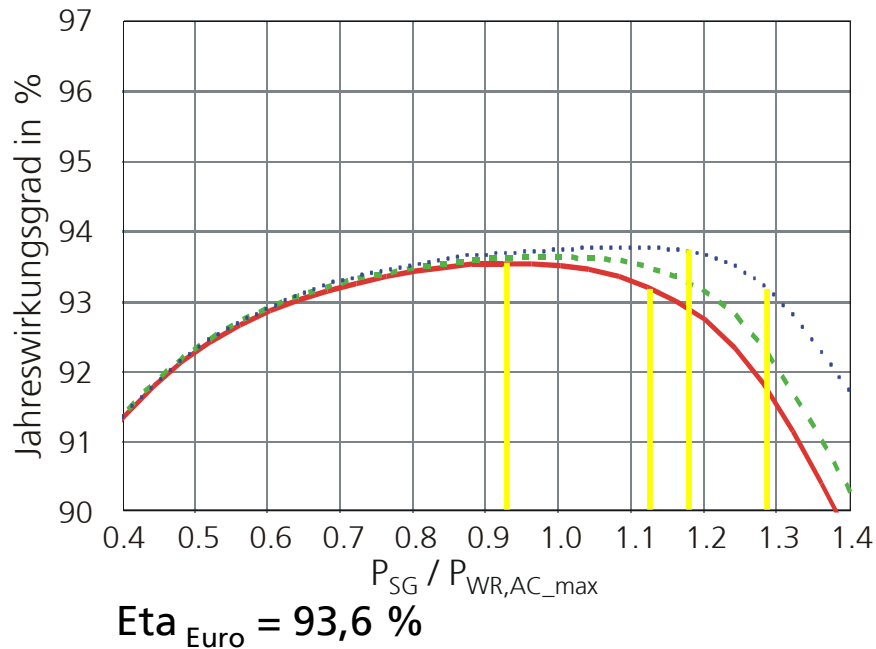
Momentanwerte Minutenmittelwerte Stundenmittelwerte

Dr. Bruno Burger

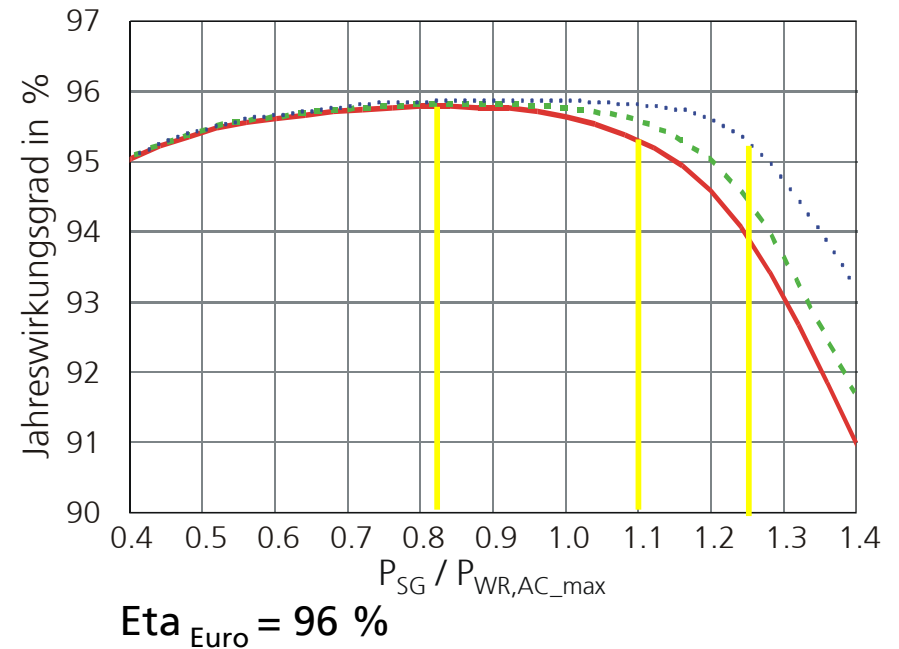


Jahreswirkungsgrad

WR mit 50 Hz-Transformator



Transformatorloser WR



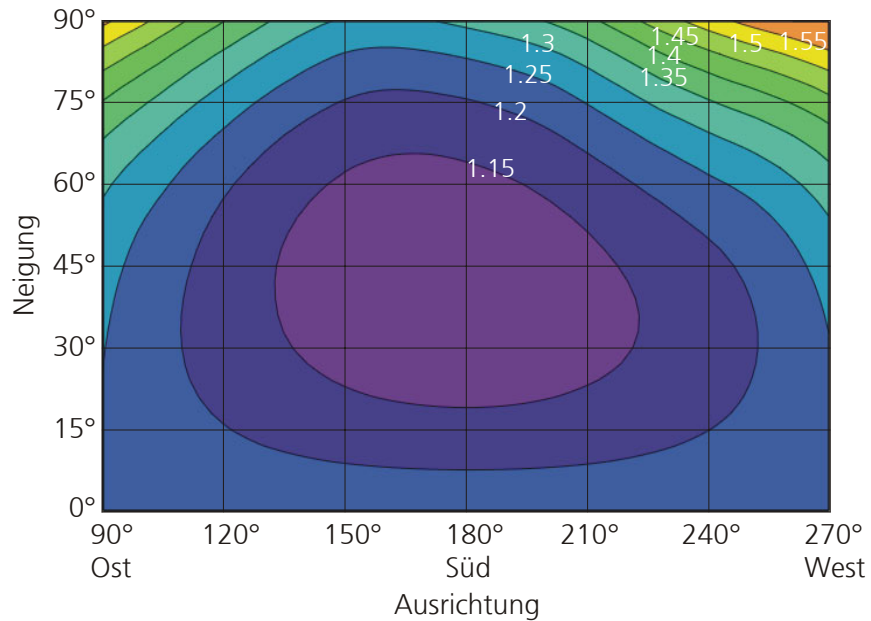
Momentanwerte **Minutenmittelwerte** **Stundenmittelwerte**

Dr. Bruno Burger

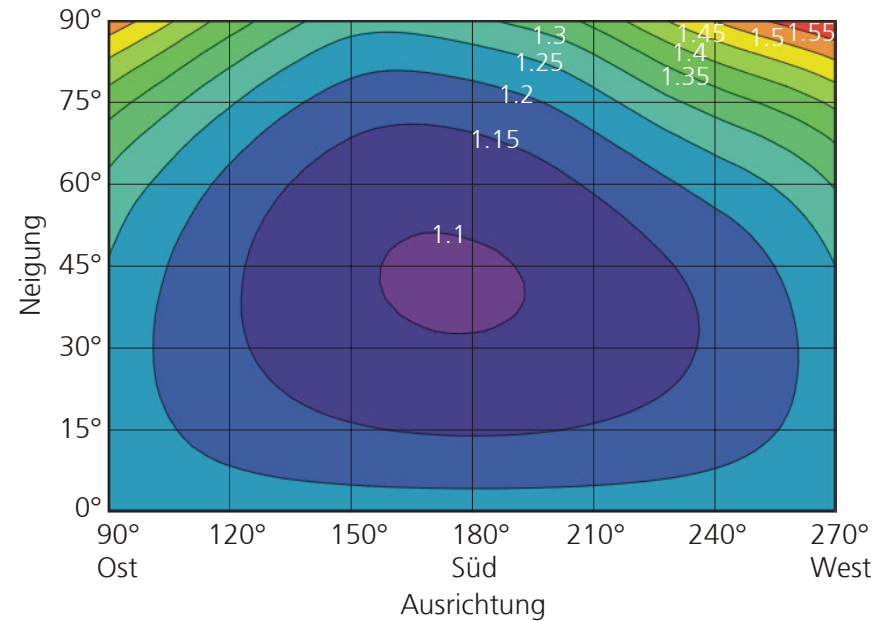


Empfehlung für das Verhältnis $P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC_max}}$

WR mit 50 Hz-Transformator



Transformatorloser WR



Jahr 2000; Schrägdachmontage ($\Delta T = 29 \text{ K}$)

Dr. Bruno Burger



Zusammenfassung

Ergebnisse:

- Stundenmittelwerte glätten Strahlungsschwankungen
- Sie sind nicht zur Wechselrichterauslegung geeignet
- Zeitbasierte Simulation mit Momentanwerten sehr aufwändig

Dimensionierungsvorschlag:

- $P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC_max}} = 0,9 \dots 1,1$ für maximale Performance Ratio
- $P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC_max}} = 1,1 \dots 1,2$ für 0,5 % ... 1 % zusätzliche Verluste
- $P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC_max}} = 1,2 \dots 1,3$ für 1 % ... 3 % zusätzliche Verluste
- $P_{\text{Solar}} / P_{\text{WR,AC_max}} > 1,3$ nicht zu empfehlen

