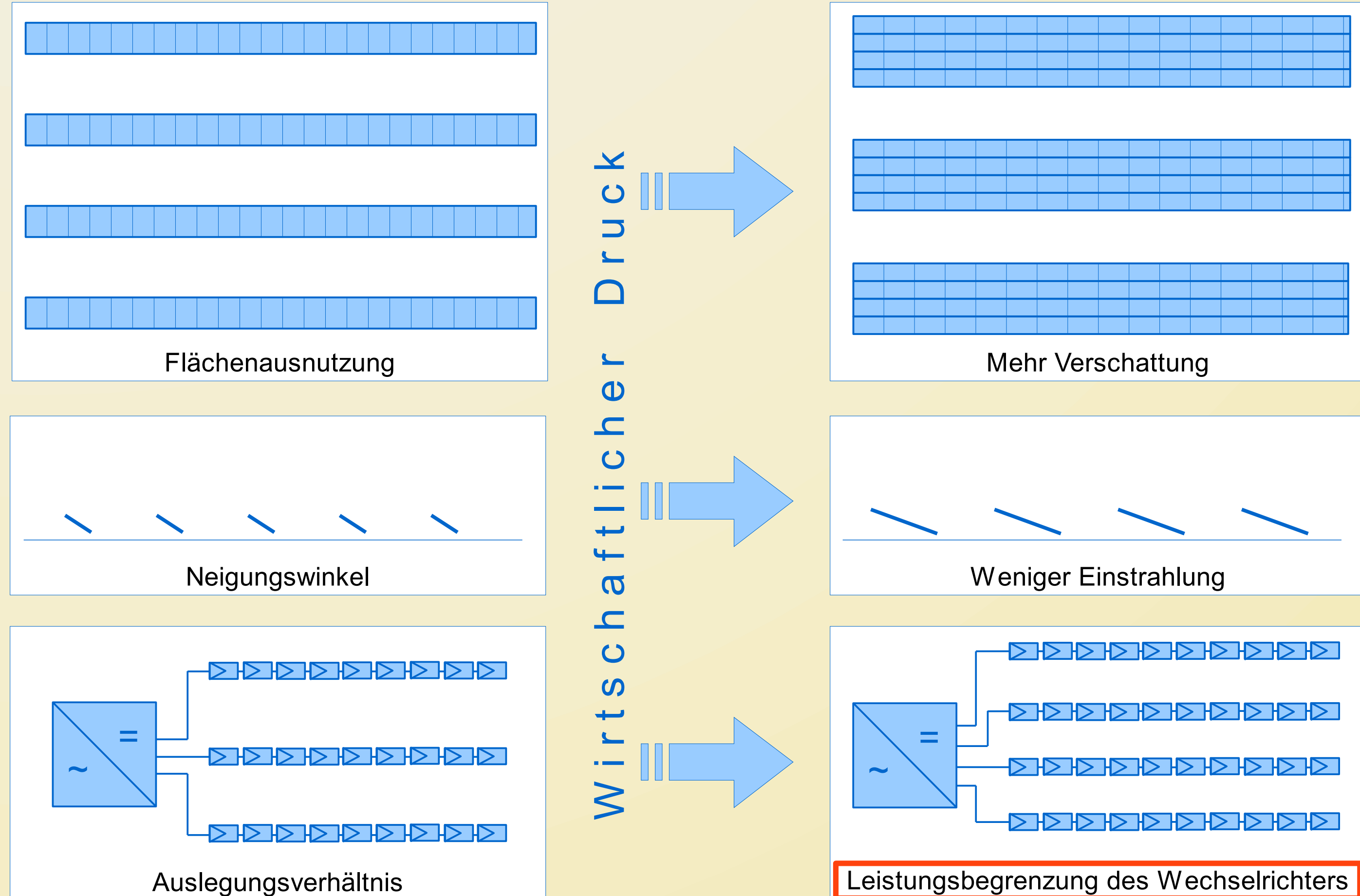


Tatsächliche Leistungsbegrenzungsverluste von Wechselrichtern in aktuellen, wirtschaftlich optimierten PV-Großkraftwerken

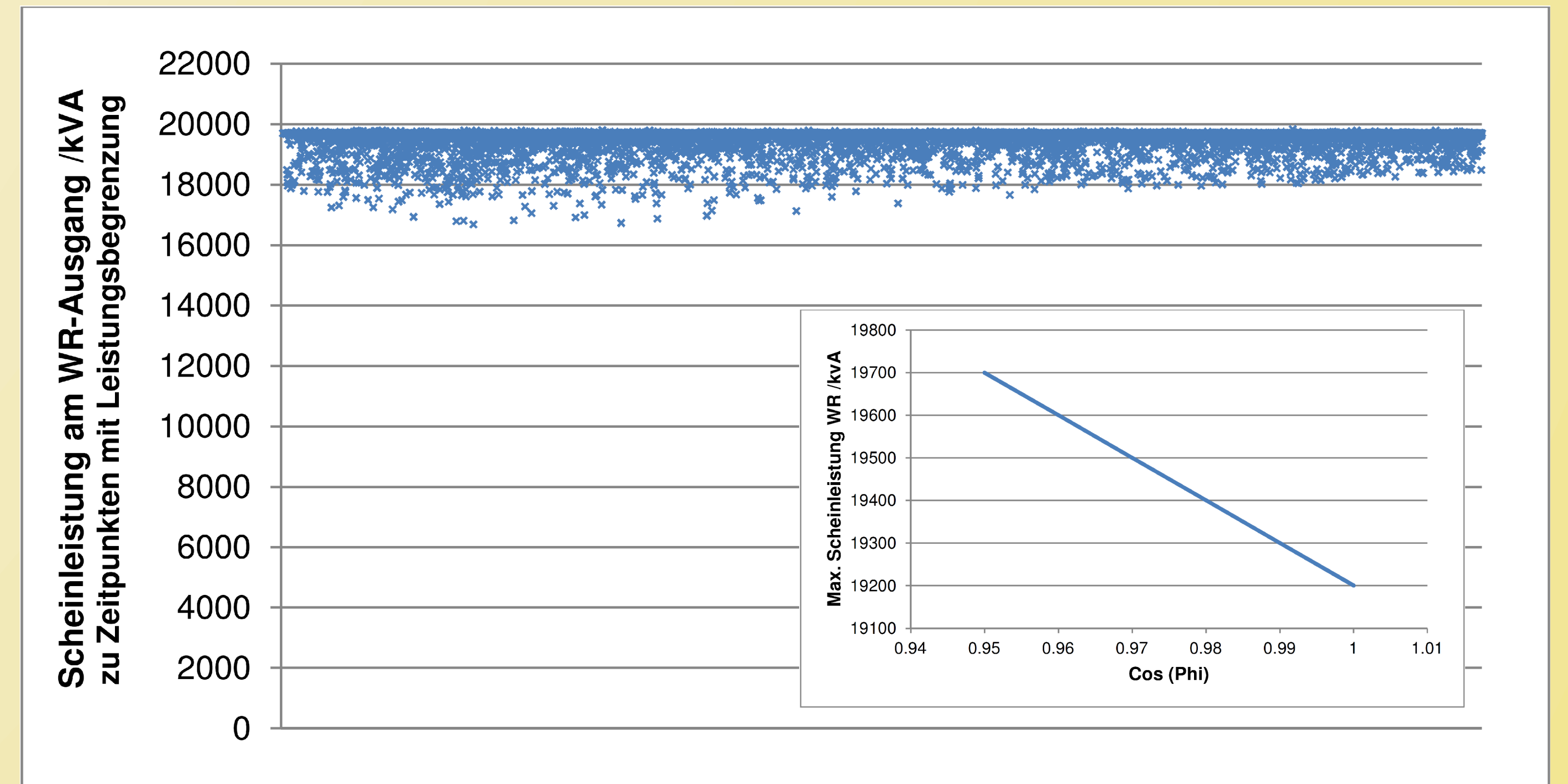
Dipl.-Ing. (FH) André Schumann¹, Fabian Knust¹, Prof. Dr. Timon Kampschulte²

Maßnahmen wirtschaftlicher Optimierung zu Lasten des elektrischen Ertrags



Einfluss des Leistungsfaktors $\cos \varphi$

AC Energie_{max} ist nicht konstant und hängt vom Leistungsfaktor $\cos \varphi$ ab.



Scheinleistung² = Wirkleistung² (umgewandelte PV-Energie) + Blindleistung² (aus dem Netz).
Je nach eingestelltem Leistungsfaktor kann der Wechselrichter noch weniger DC-Leistung
verwerten, als es anhand des AC-DC-Nennleistungsverhältnisses zu erwarten wäre.
→ Tatsächliches AC-DC-Verhältnis variiert mit dem eingestellten Leistungsfaktor!

Lassen sich Leistungsbegrenzungsverluste verlässlich bestimmen?

Standard Simulationsprogramm?

Nein! Die die üblicherweise verwendeten Stundenschritte geben in Stunden wechselnder
Bewölkung nicht die darin vorkommenden Zeitpunkte hoher Einstrahlung wieder, in denen
der Wechselrichter die Leistung des PV-Generators begrenzt.

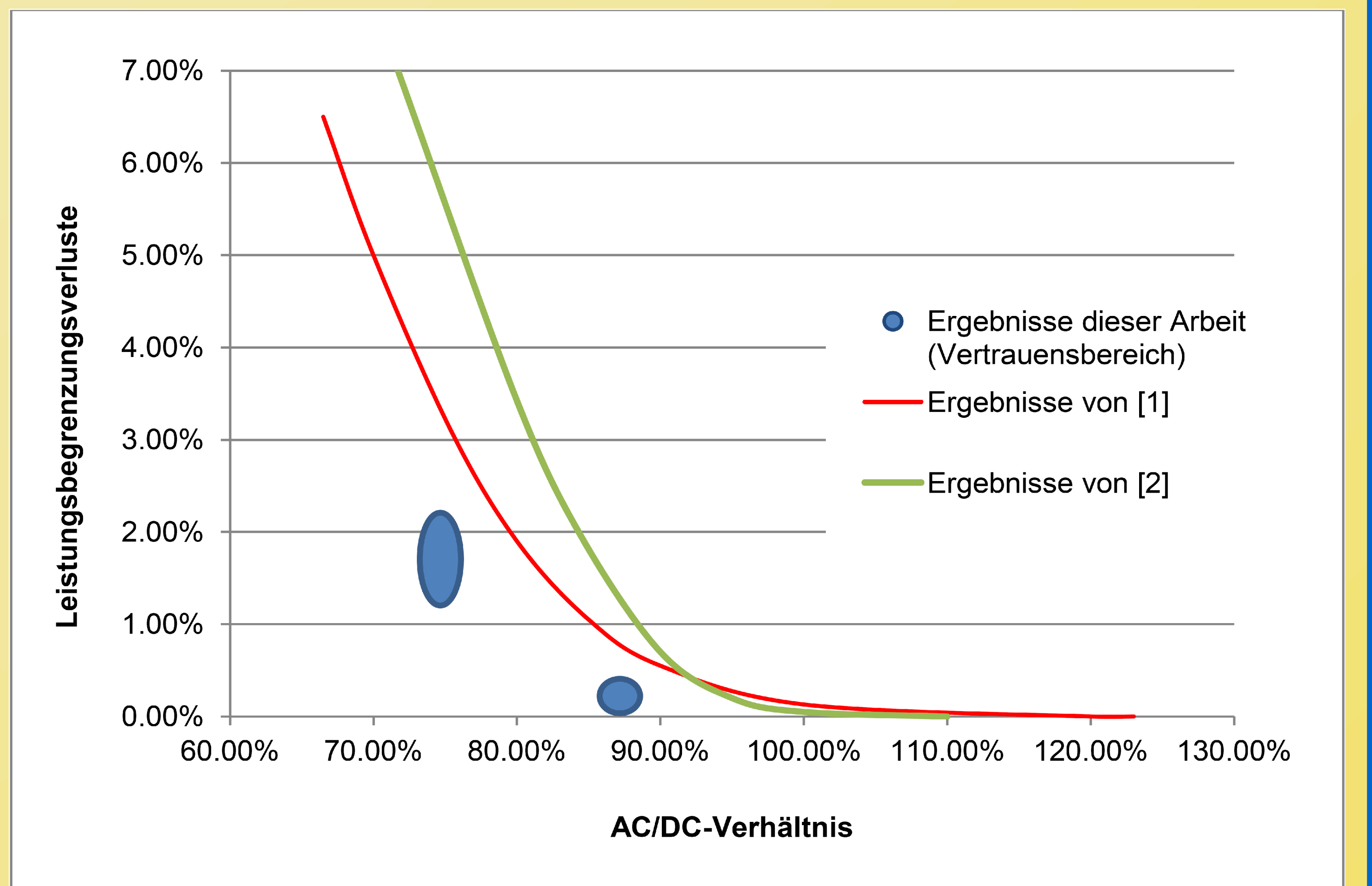
Bisherige Veröffentlichungen?

- [1]: Simulation mit punktförmig gemessener Einstrahlung, Minutenwerte
- [2]: Rückschlüsse anhand gemessener DC-Energie von Wechselrichtern ohne
Leistungsbegrenzung, Sekundenwerte

→ Sind diese Erkenntnisse auf moderne Anlagen Konzepte mit
wirtschaftlicher Optimierung übertragbar?

Ergebnisse

	Leistungsbegrenzungsverluste (Jahr)		Tatsächliches AC-DC-Verhältnis
	Minutenwerte	Stundenwerte	
WR 1	1,6 %	0,8 %	75,1 %
WR 2	1,3 %	0,5 %	74,9 %
WR 3	0,1 %	0,0 %	87,6 %

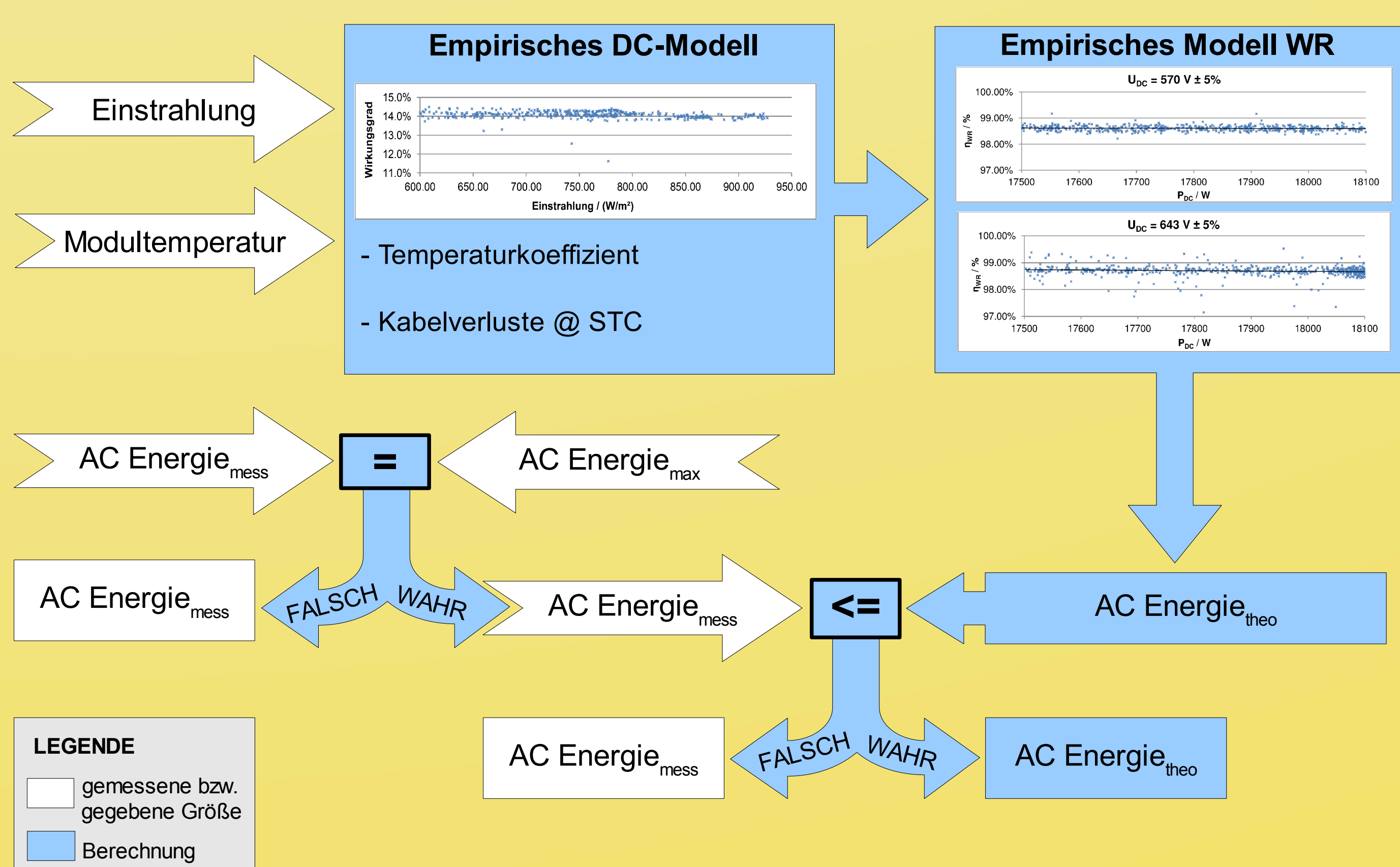


Der spezifische Jahresertrag (pro kWp) von WR 3 ist zudem nur 0,4 % höher als der von WR 1.

Untersuchungsgegenstand

System	
Anlagenstandort	Bei Leipzig
Modultyp	Mono-Si, 190 Wp
Wechselrichter	ca. 19 kVA, dreiphasig, dezentral, 1 MPP-Tracker
Anzahl Module pro Strang	18
Strangverschaltung	Überwiegend horizontal, Wechselrichterzuordnung anhand von Tischposition
Installation	Fest aufgeständert, Quermontage mit 4 Modulen übereinander
Neigung	ca. 20°
Ausrichtung	Süd
Verschattungswinkel	ca. 25°
Reihenabstand	ca. 5,4 m
Wechselrichter (WR)	
WR 1	7 Stränge an oberer Tischposition (AC-DC-Nennleistungsverhältnis 80,2 %)
WR 2	7 Stränge an unterer Tischposition (AC-DC-Nennleistungsverhältnis 80,2 %)
WR 3	6 Stränge an oberer Tischposition (AC-DC-Nennleistungsverhältnis 93,6 %)
Untersuchungszeitraum	01.12.2012-30.11.2013

Methodik: Ermittlung der Leistungsbegrenzungsverluste



Schlussfolgerungen

- ☀ Leistungsbegrenzungsverluste fallen in der untersuchten Anlage deutlich geringer aus, als gemäß bisheriger, theoretischer Untersuchungen zu erwarten wäre.
- ☀ Mit Stundenmittelwerten werden Leistungsbegrenzungsverluste deutlich unterschätzt.
- ☀ Stränge an unterer Tischposition erreicht auch bei nicht sichtbarer Verschattung ganzjährig weniger Diffuslicht → Maximale Leistung und somit auch Leistungsbegrenzungsverluste fallen kleiner aus als an oberer Tischposition.
- ☀ Netzseitige Steuerung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ führt zu real kleineren AC-DC-Verhältnissen als gemäß der Nennleistungen zu erwarten wäre.
- ☀ Untersuchungen an weiteren realen Anlagen sind für allgemeine Aussagen über zu erwartende jährliche Leistungsverluste notwendig.