

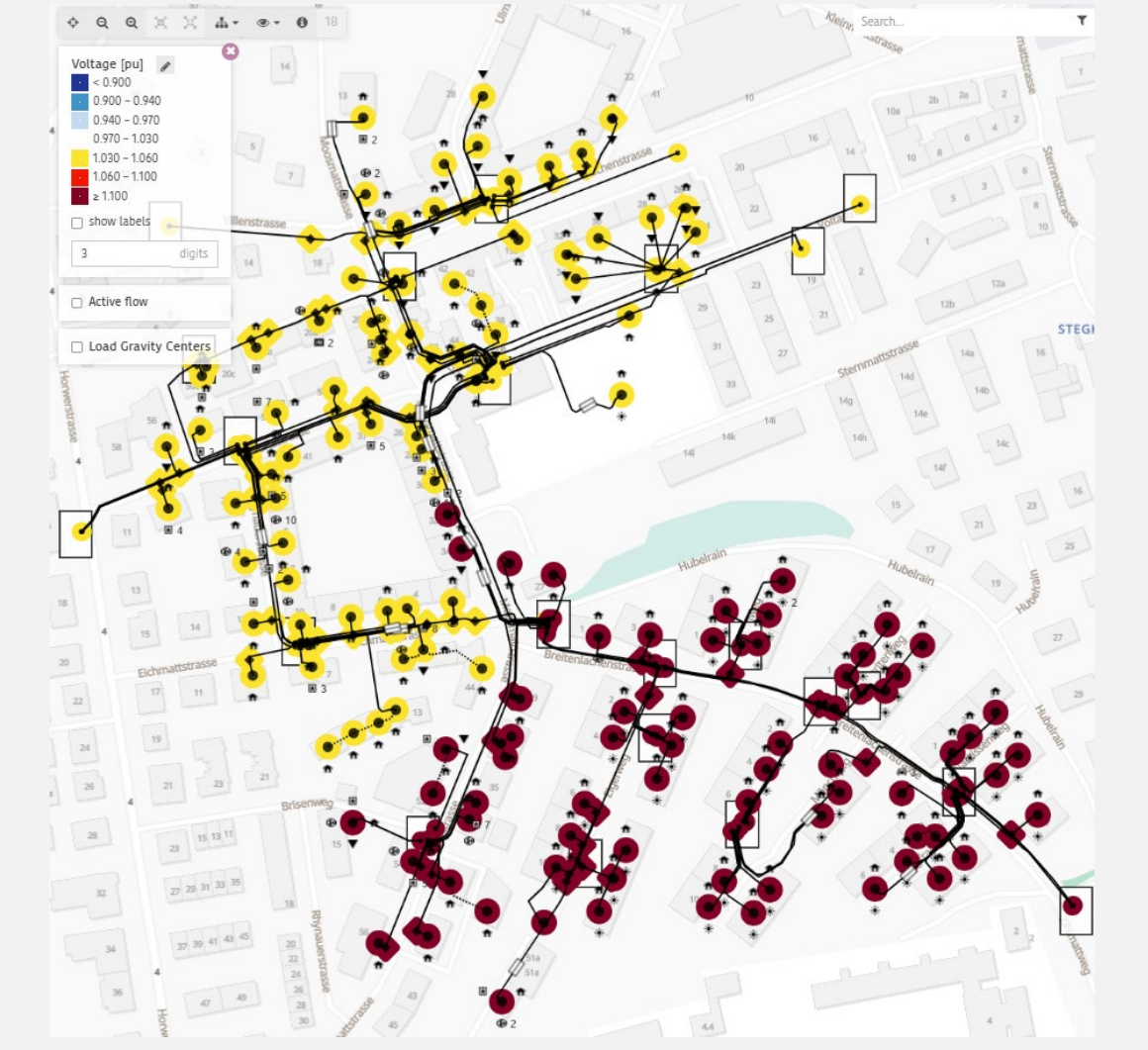
Zeitreihenbasierte Spannungsanalyse städtischer Verteilnetze mit hoher PV-Durchdringung

Olena Levon, Stefan Niederberger, Severin Nowak, Hochschule Luzern T&A (IET)

Jörg Weingartner, ewl energie wasser luzern

Ausgangslage

- Einspeisung übersteigt an sonnigen Tagen die Netzkapazität, zunehmend Spannungsproblematik
- Mantelerlass (Art. 9b Abs. 2 StromVG): Flexibilität vor Netzausbau, Abregelung bis 3 % Ertrag
- Potenzial des netzdienlichen Betriebs von PV-Anlagen (Abregelung, Blindleistungskompensation)
- Fortgeschrittene Digitalisierung des Netzgebiets der ewl
 - Smart Meter Rollout, punktuell Trafomessungen
- Rechenbares Netzmodell in Adaptricity für Netzplanung und Betrieb des gesamten Netzgebiets
- **Ziel:** Bewertungsansatz mittels Smart-Meter-Daten für Netzintegration von PV

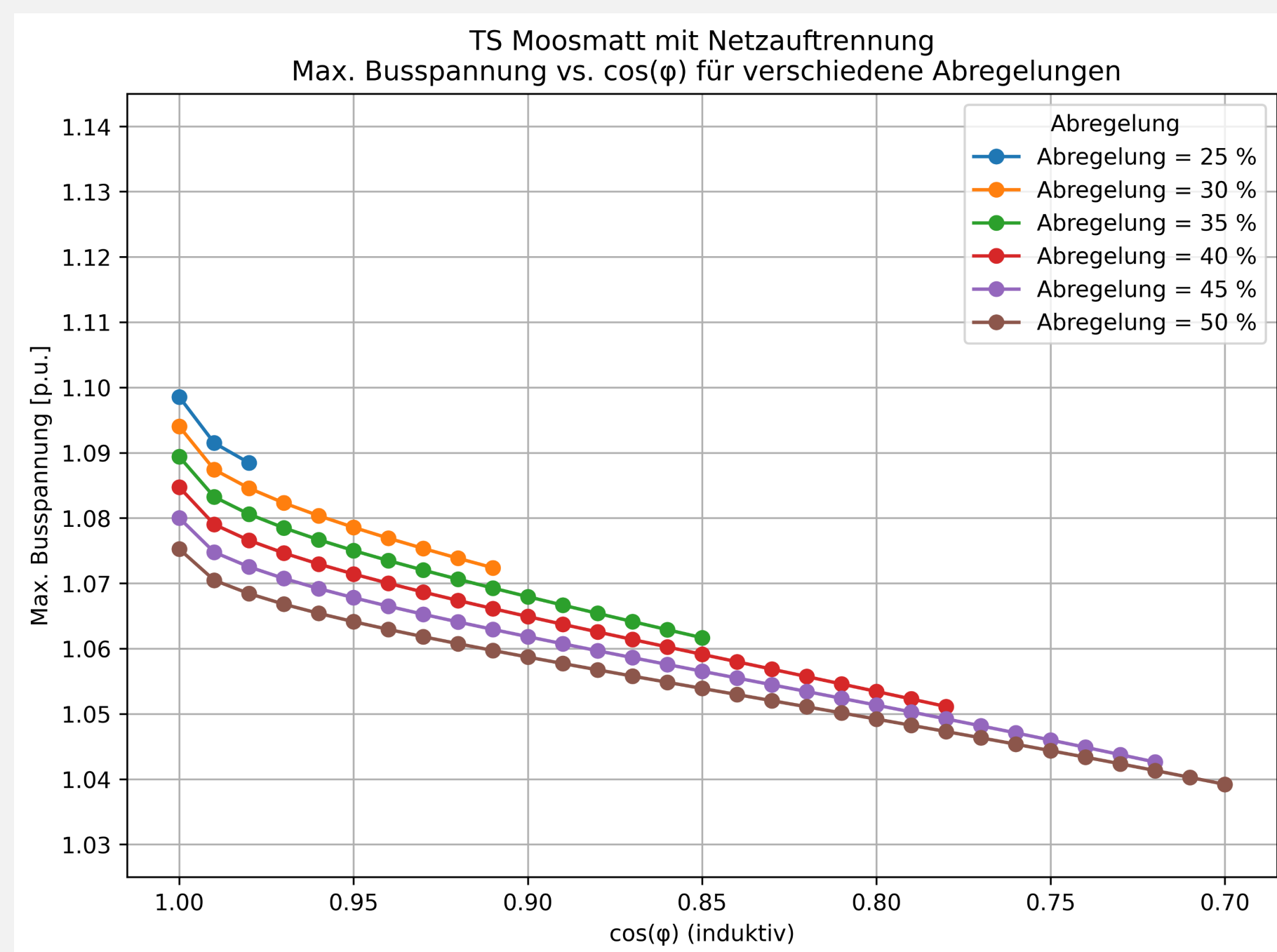


Methodik

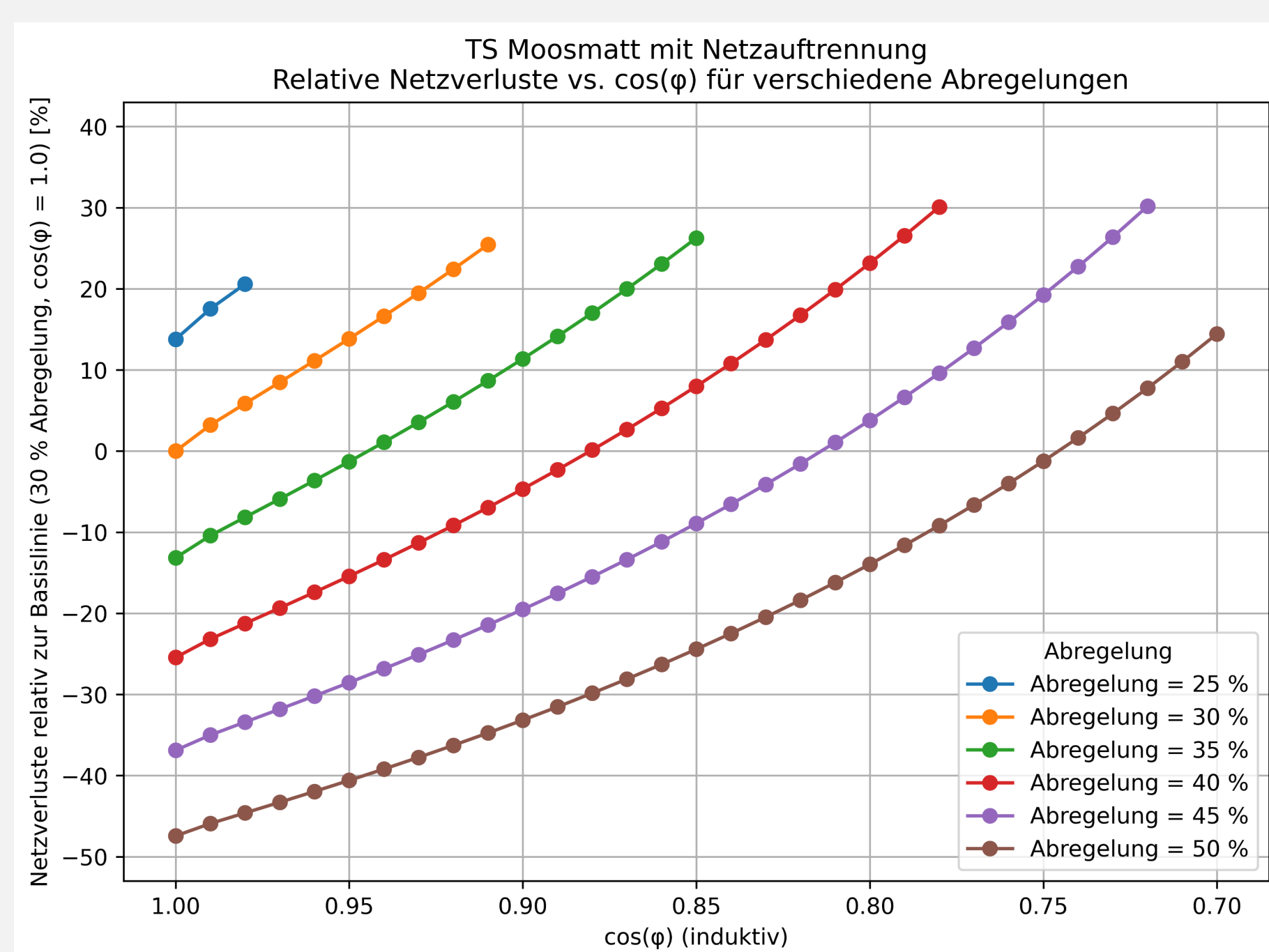
- Simulationsstudie städtischer Trafokreis NE6/NE7 mit ~900 kW PV
- Smart-Meter-Daten Feb 2025 - Feb 2026, PV-Profil Referenzanlagen
- Automatisierung der Simulationsumgebung via Adaptricity-API
- Statische Worst-Case Lastflussanalyse mit/ohne Netzauftrennung
- Realistische Zeitreihenanalyse mit realen Last- und PV-Profilen
- Diverse Abregelungs- und Blindleistungskonfigurationen

	Last	Erzeugung	Szenarien
Statisch	Ohne	Max. Nennleistung	1) Volle Einspeiseleistung 2) Div. Abregelung 3) Div. Abregelung + cosphi 4) Div. Abregelung + Q(U)
Zeitreihen	Lastgang von Smart Meter	PV-Profil	1) Volle Einspeiseleistung 2) Abregelung 30% 3) Abregelung 30% + cosphi 4) Abregelung 30% + Q(U) (VSE) 5) Abregelung 30% + Q(U) (aktiv)

Statische Analyse

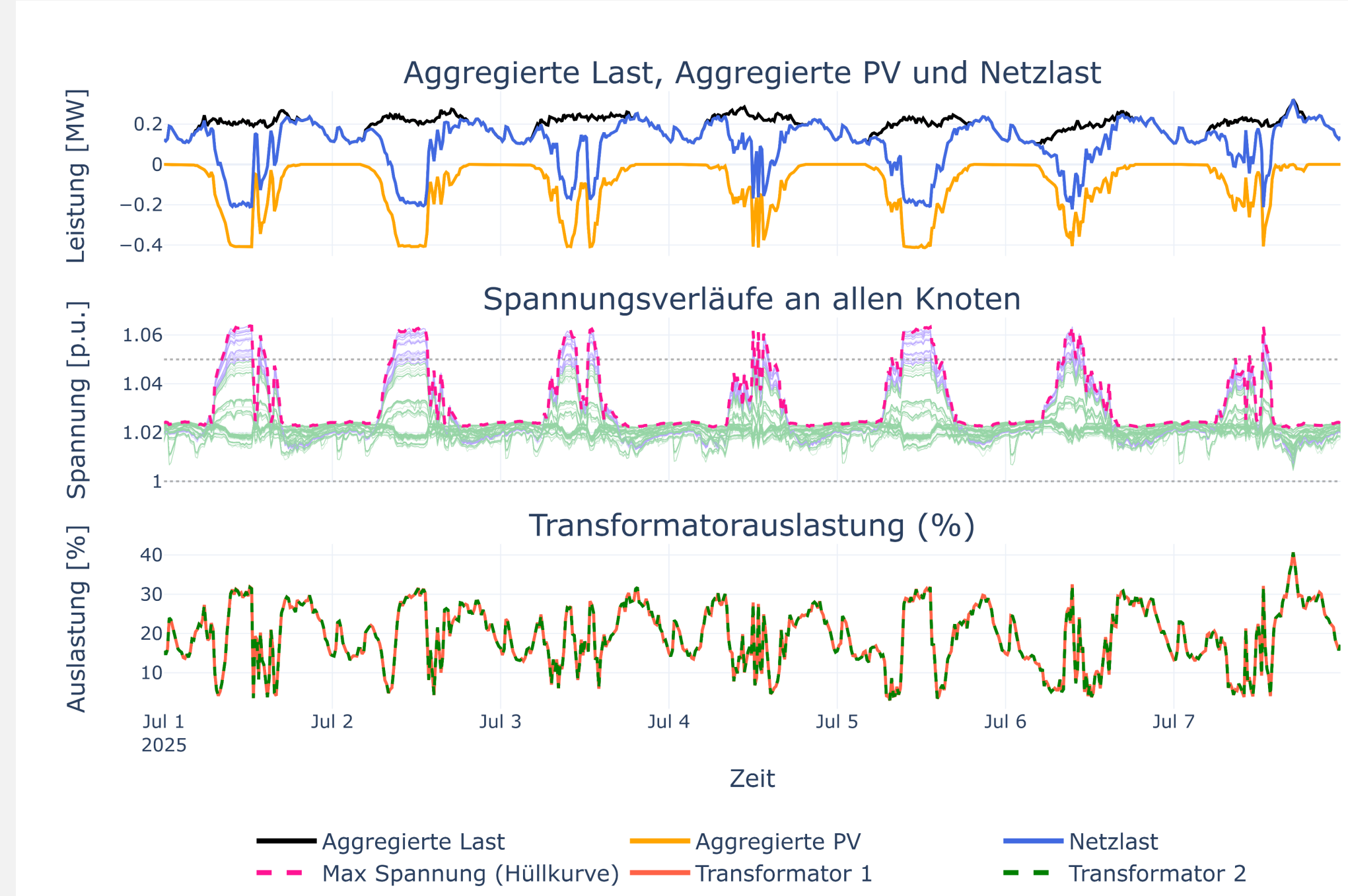


Auswertung max. Knotenspannung an HAK für verschiedene PV-Abregelung und $\cos(\varphi)$

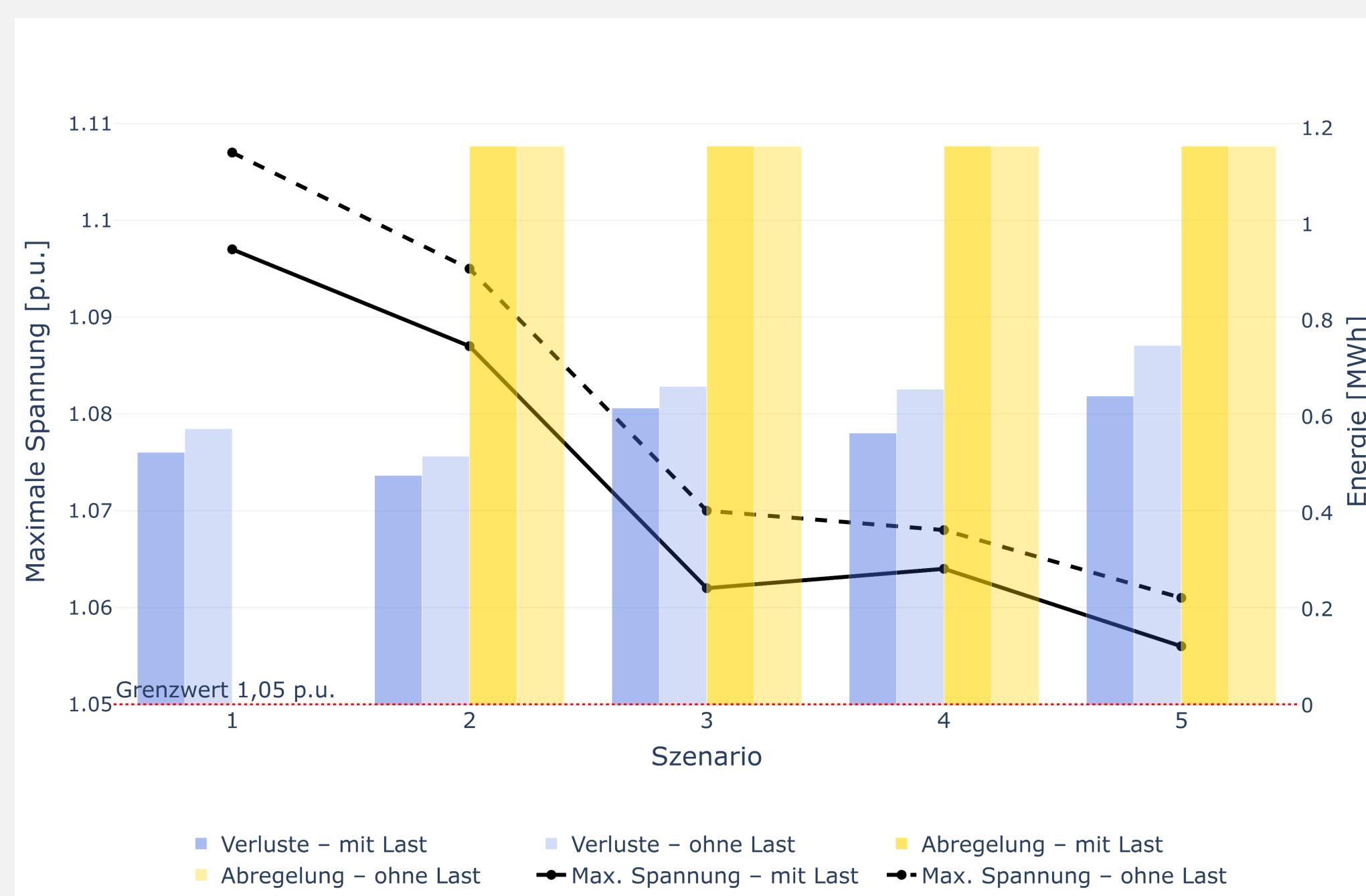


Auswertung rel. Netzverluste im Trafokreis für verschiedene PV-Abregelungen und $\cos(\varphi)$

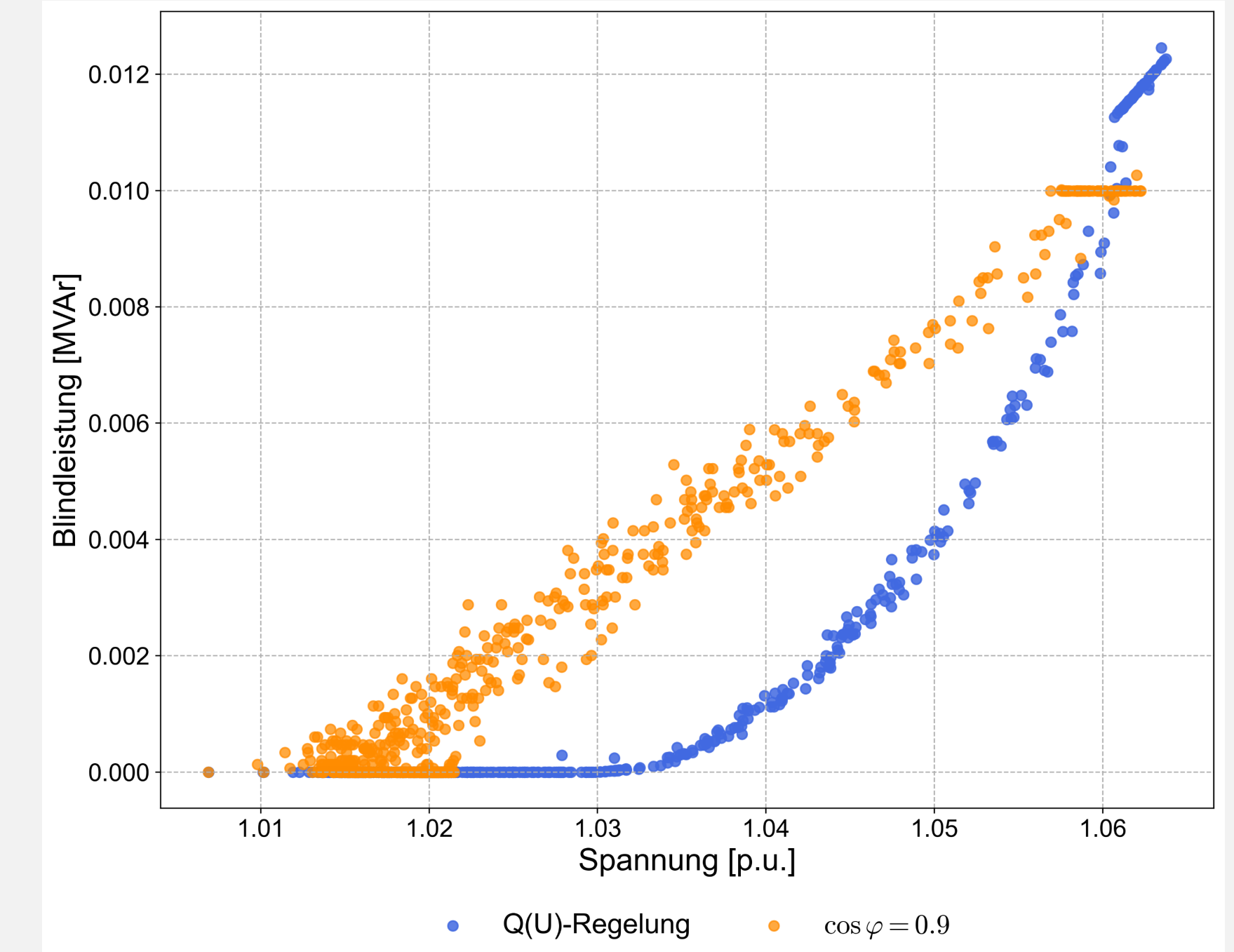
Zeitreihenanalyse



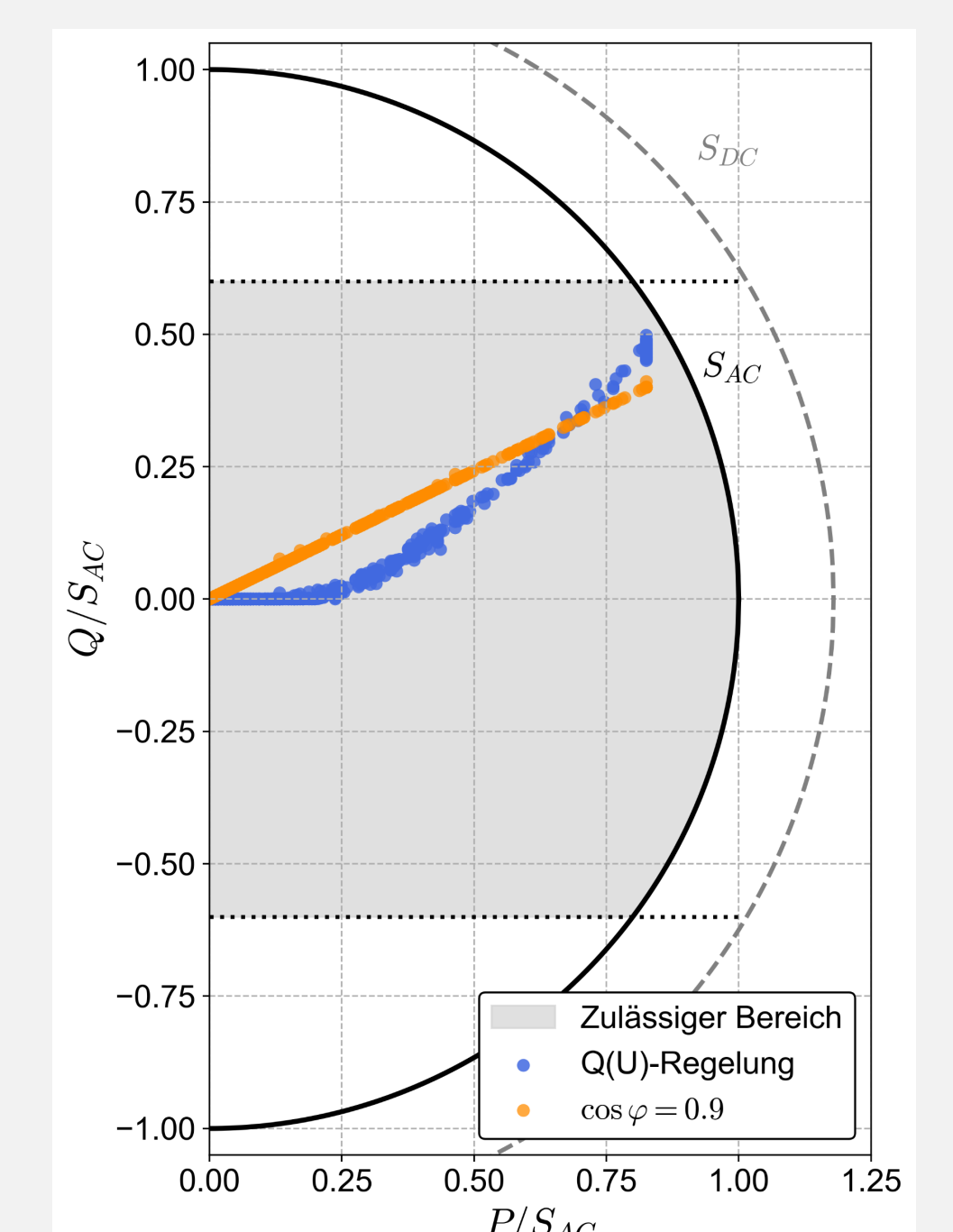
Zeitreihenanalyse einer Sommerwoche mit 30%-Abregelung und Q(U)-Kennlinie nach VSE-Vorgabe



Übersicht der Simulationszenarien mit max. Knotenspannung, Netzverlusten und abgeregelte Einspeisung jeweils mit und ohne Lastprofil



Wechselrichter Arbeitspunkte in Bezug auf Knotenspannung



Wechselrichter Arbeitspunkte Blindleistung vs. Wirkleistung

Schlussfolgerungen

- Durch realistische Zeitreihenanalyse kann tatsächlicher Netzzustand analysiert werden
- Zeitreihensimulation zeigt reduzierten Spannungsanstieg und Netzverluste gegenüber statischer Lastflussanalyse (ca. 0.1 pu)
- Mit 30%-Abregelung und der Einstellung des $\cos(\varphi)$ von 0.90 (ind.) bzw. Q(U) an den PV-Wechselrichtern kann die Spannungsanhebung im spezifischen Netzgebiet auf unter 10% begrenzt werden
- Q(U) weist etwas geringere Spannungsreduktion und Netzverluste aus gegenüber konstantem $\cos(\varphi)$