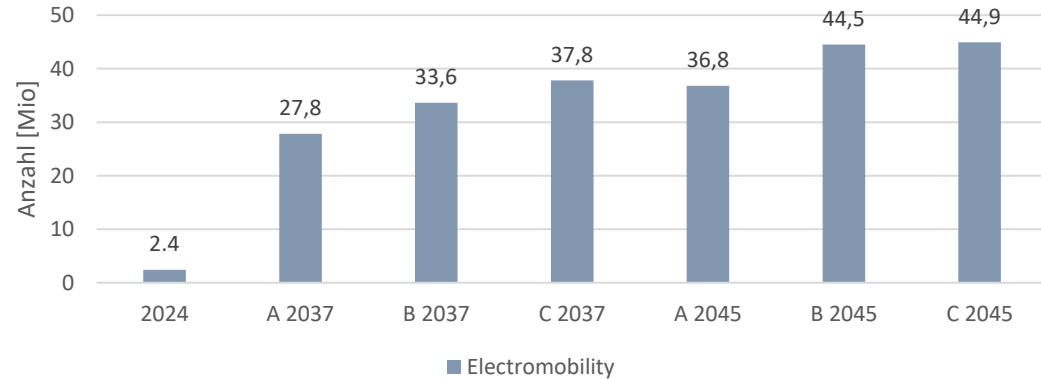


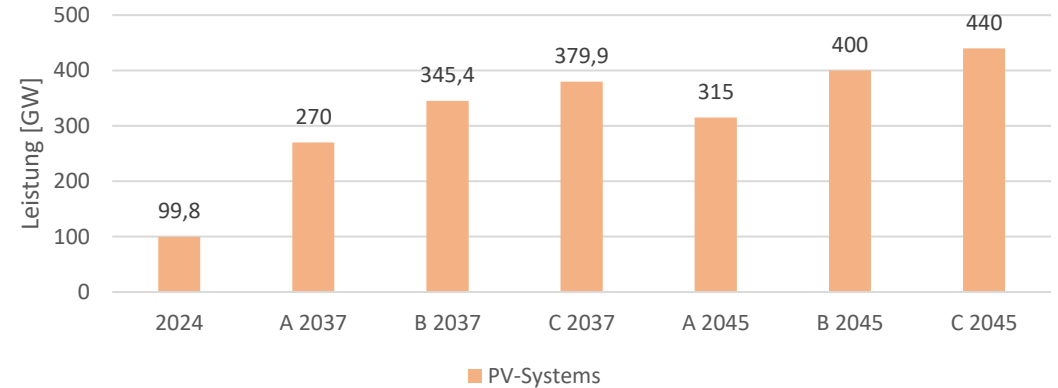
Analyse zukünftiger, zellularer Niederspannungsnetze auf einem Power Hardware in the Loop (PHIL) Teststand

- **L. Quakernack**, A. Stork, T. Engelmann, K. Handel, J. Haubrock, D. Herbst, R. Schürhuber, I. Bessa, A. Montano, N. Reyes

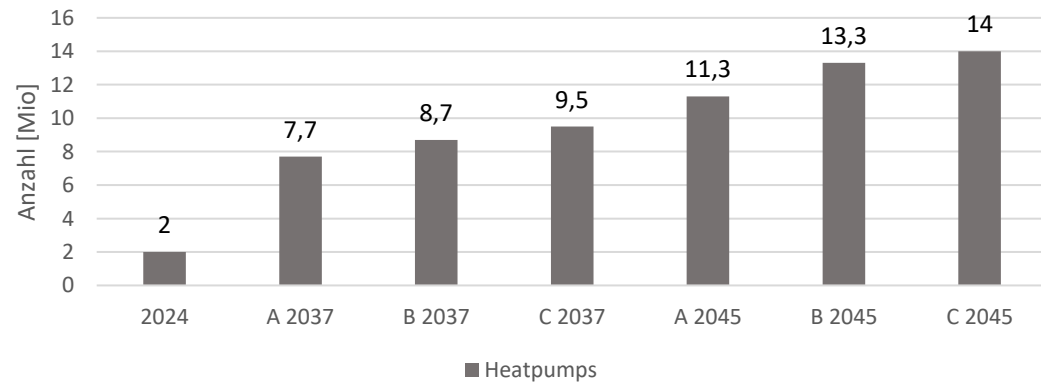
Elektrofahrzeuge



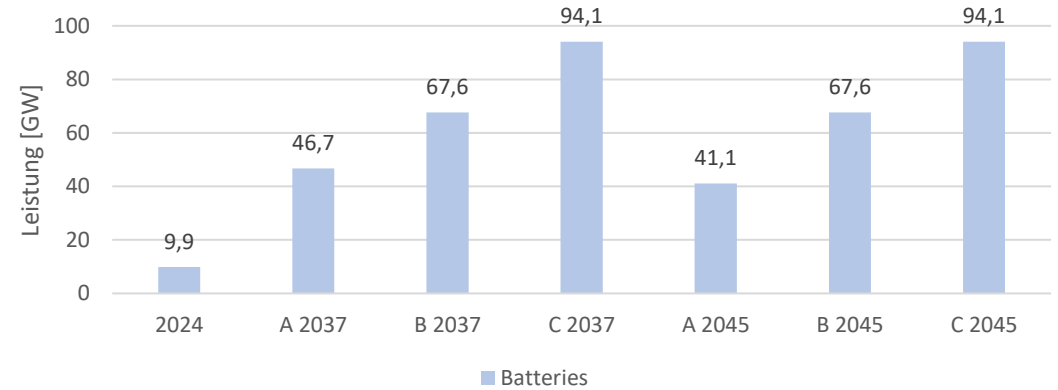
Installierte Leistung PV-Anlagen



Wärmepumpe



Installierte Leistung Kleinbatteriespeicher



[1] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, „Netzentwicklungsplan 2037/2045 - 2025: Szenarioentwurf“ Accessed: 12.2024. 2024. URL: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2025>.

HERAUSFORDERUNG

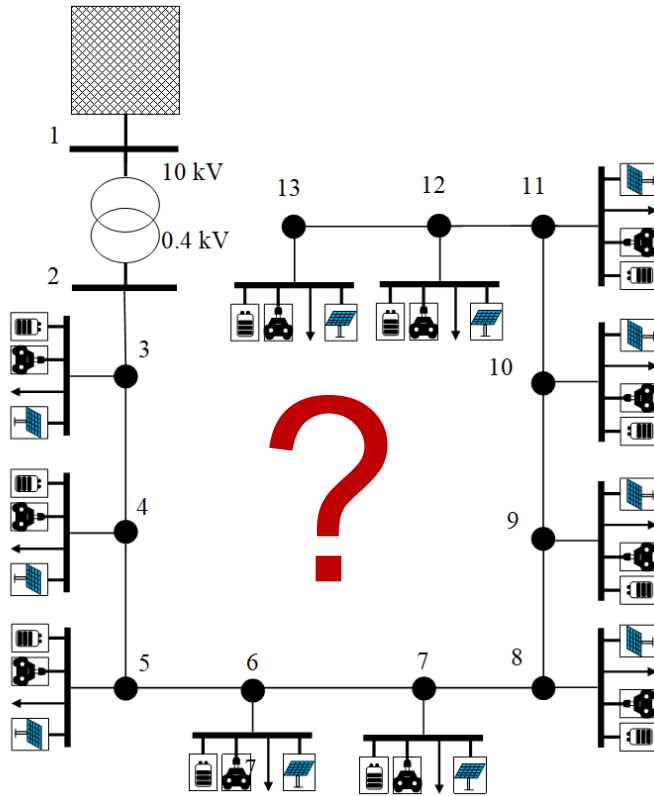


Abbildung 1: Verteilnetz mit vollständigem Ausbau

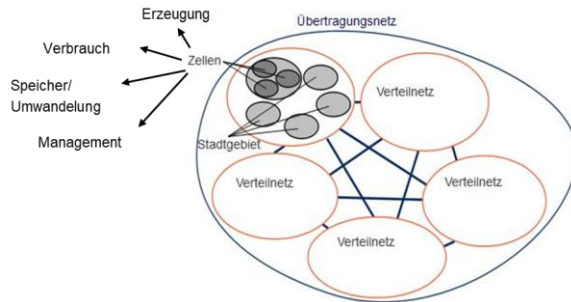
1. Höhere Energie- und Leistungsbedarf bedarf durch sektorgekoppelte Systeme (Elektrofahrzeuge, Wärmepumpe, ...)
2. Lokale, volatile Energieerzeugung durch PV-Anlagen häufig in Kombination mit Batteriespeicher
3. Niedrige Beobachtbarkeit durch historisch wenig Messpunkte und Datenschutz

Zellulare Netz [2] mit einem lokalen, netzdienlichem und optimierendem Managementsystem
 → Zelloptimierer

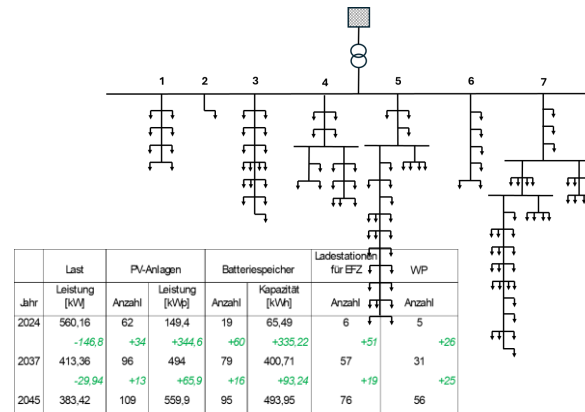
[2] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., „Zellulares Energiesystem,“ Frankfurt am Main, Mai 2019.

AUFBAU

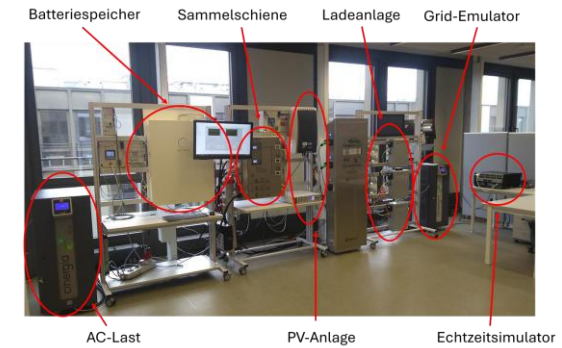
1. Zellulare Netze



2. Netzmodell und Szenariorahmen



3. Teststand und Ergebnisse



ZELLULARER ANSATZ

- Aufteilung des Netzes in verschiedene Zellen und Ebenen
- Ausgleich von Energieerzeugung- und verbrauch innerhalb einer Zelle und Nachbarzellen
- Hierarchisches Managementsystem
- Fokus auf die Transformator und Strangebene

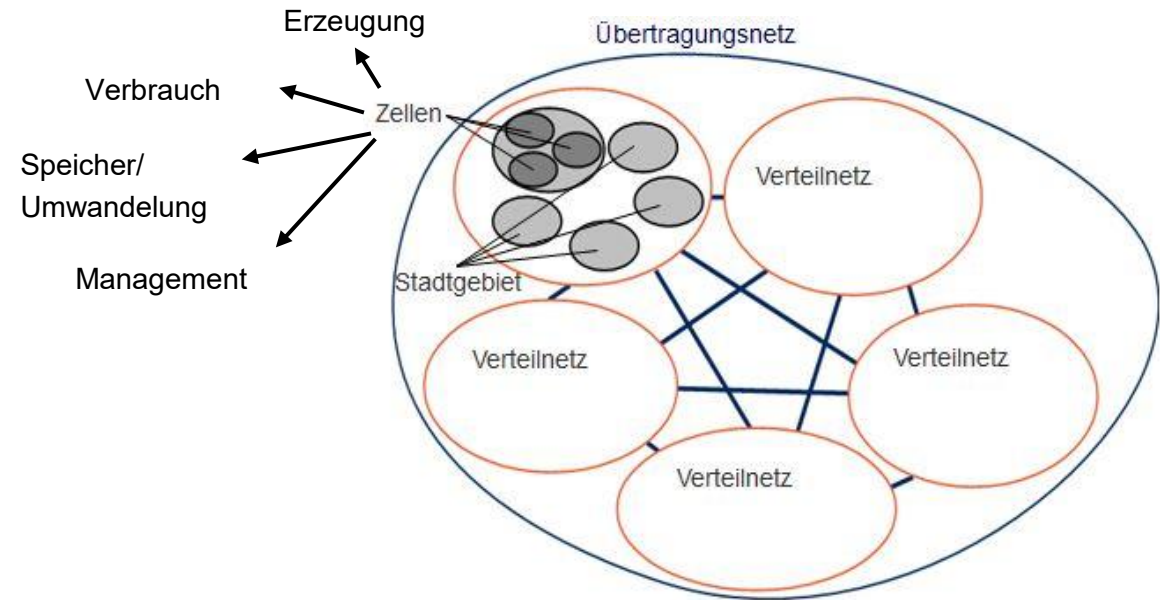


Abbildung 2: Zellulares Energiesystem [2]

[2] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., „Zellulares Energiesystem,“ Frankfurt am Main, Mai 2019.

NETZMODELL

- NEP Strom [1]
- SimBench Datensätze [3]
- 400 kVA Transformator
- NAYY 240 mm^2
- 7 Niederspannungsstränge
- 102 Haushalte
- 9 Unternehmen

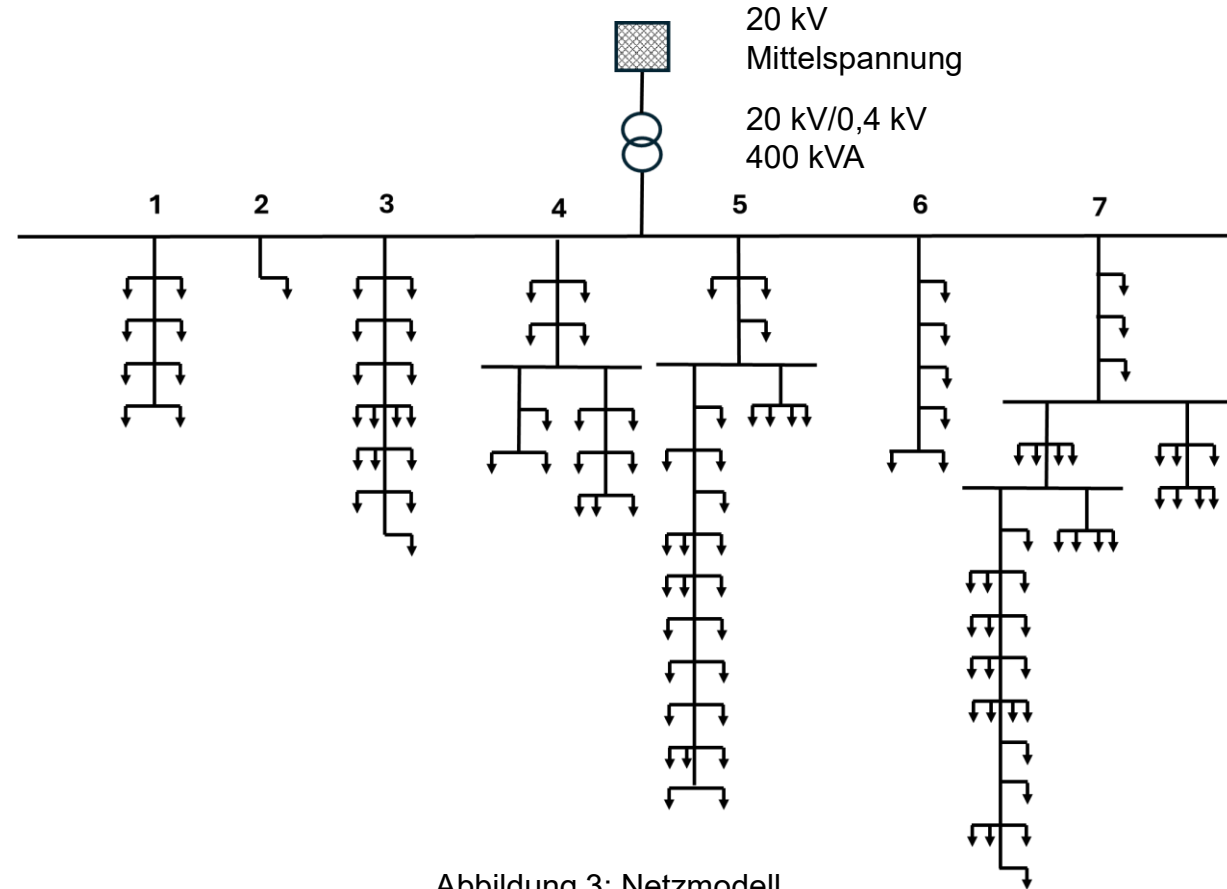


Abbildung 3: Netzmodell

[1] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, „Netzentwicklungsplan 2037/2045 - 2025: Szenarioentwurf“ Accessed: 12.2024. 2024. URL: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2025>.

[3] S. Meinecke, D. Sarajlić, S. R. Drauz, A. Klettke, L.-P. Lauven, C. Rehtanz, A. Moser und M. Braun, „SimBench—A Benchmark Dataset of Electric Power Systems to Compare Innovative Solutions Based on Power Flow Analysis,“ in Energies, 2020.

SZENARIO B DES NEP BASIEREND AUF [1,4]

Tabelle I: Szenario 2024, 2037B und 2045B

	Last	PV-Anlagen		Batteriespeicher		Ladestationen für EFZ	WP
Jahr	Leistung [kW]	Anzahl	Leistung [kWp]	Anzahl	Kapazität [kWh]	Anzahl	Anzahl
2024	560,16	62	149,4	19	65,49	6	5
	-146,8	+34	+344,6	+60	+335,22	+51	+26
2037	413,36	96	494	79	400,71	57	31
	-29,94	+13	+65,9	+16	+93,24	+19	+25
2045	383,42	109	559,9	95	493,95	76	56

[1] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, „Netzentwicklungsplan 2037/2045 - 2025: Szenarioentwurf“ Accessed: 12.2024. 2024. URL: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2025>.

[4] L. Quakernack, T. Engelmann, and J. Haubrock, "Modeling distribution grids of the future: Importance of the scenario frameworks for the grid development plan in low voltage grids," ETG Congress 2025, Kassel, Germany, 2025.

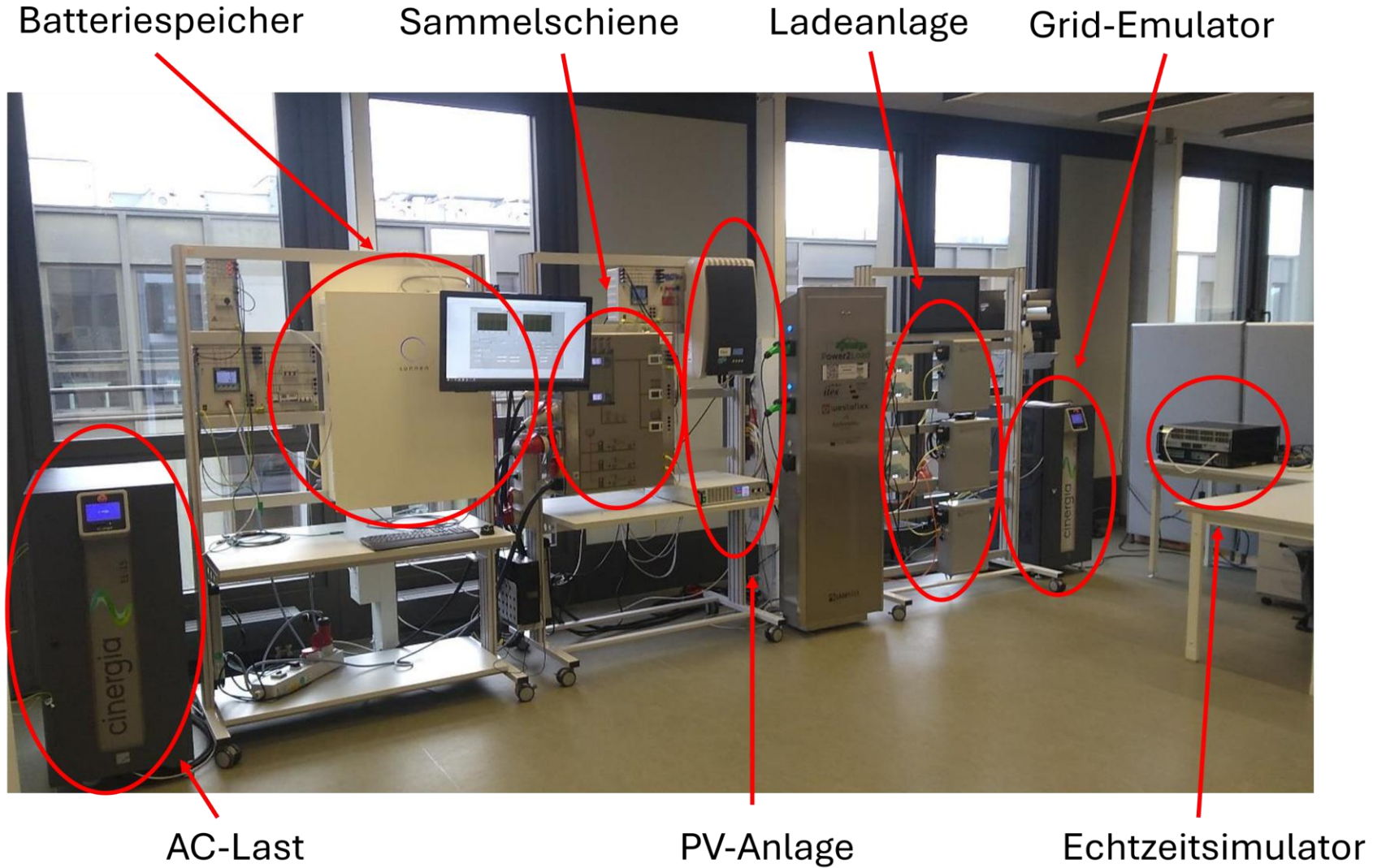


Abbildung 4: PHIL Teststand

PHIL - TESTSTAND

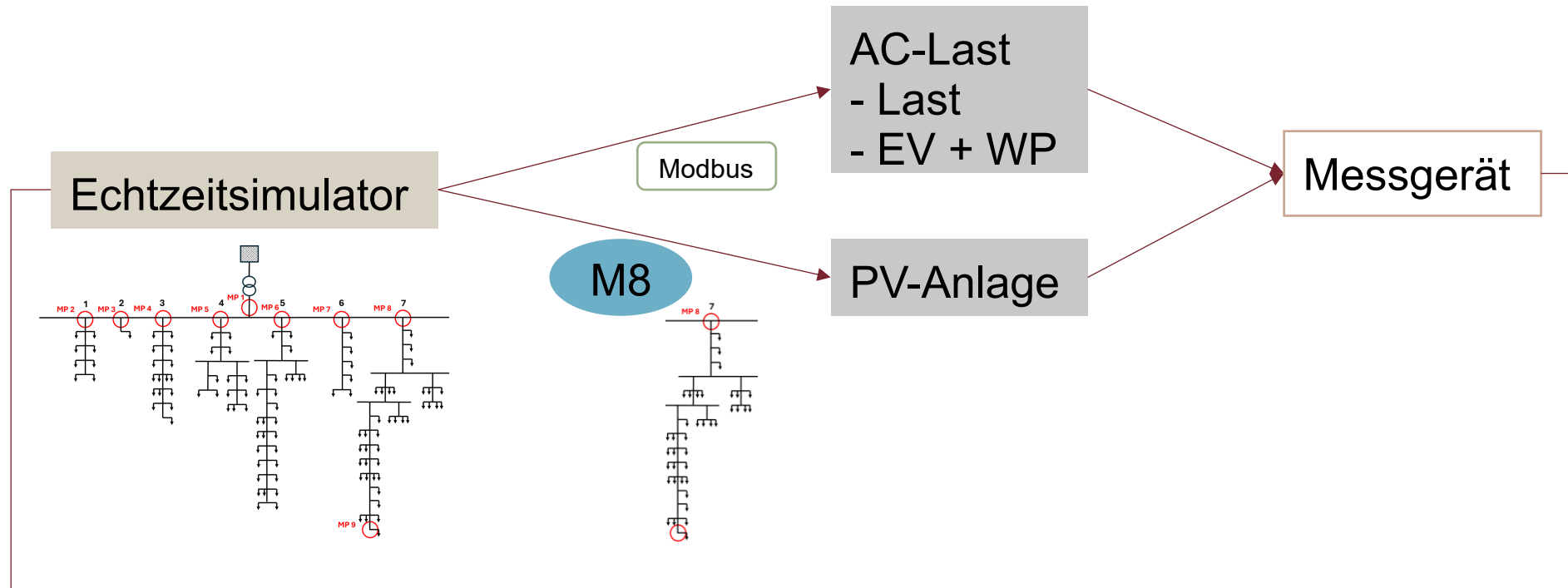


Abbildung 5: PHIL Teststand Funktionsprinzip

MESSPUNKTE

- Transformator (MP 1):
 - Überlastungen am Transformator
 - Stränge (MP 2-8):
 - Überlastungen der Kabel
 - Haushalt (MP 9):
 - Spannungsbandverletzungen
-
- Analyse einer Winter- und Sommerwoche

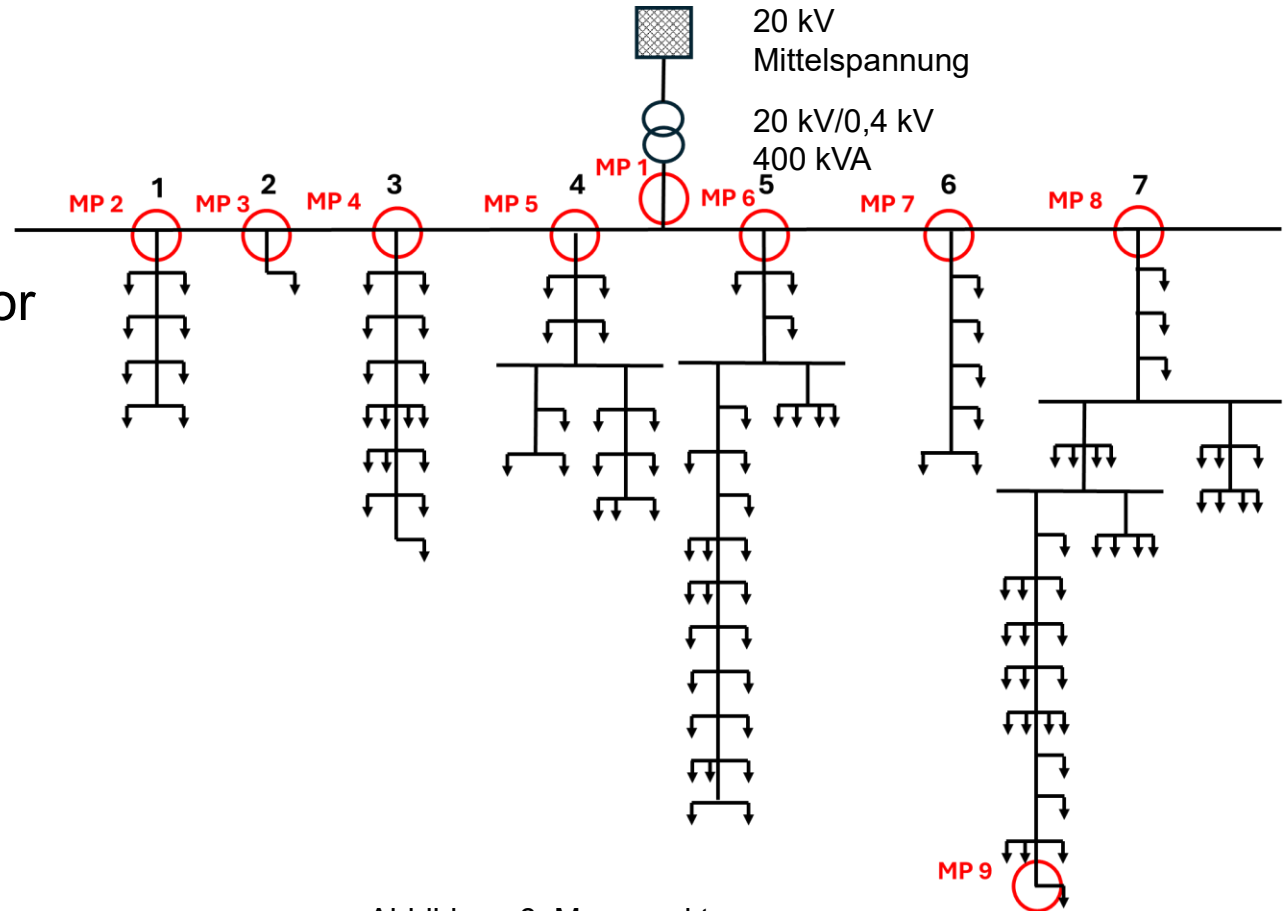


Abbildung 6: Messpunkte

Leistung am Transformator, Winter

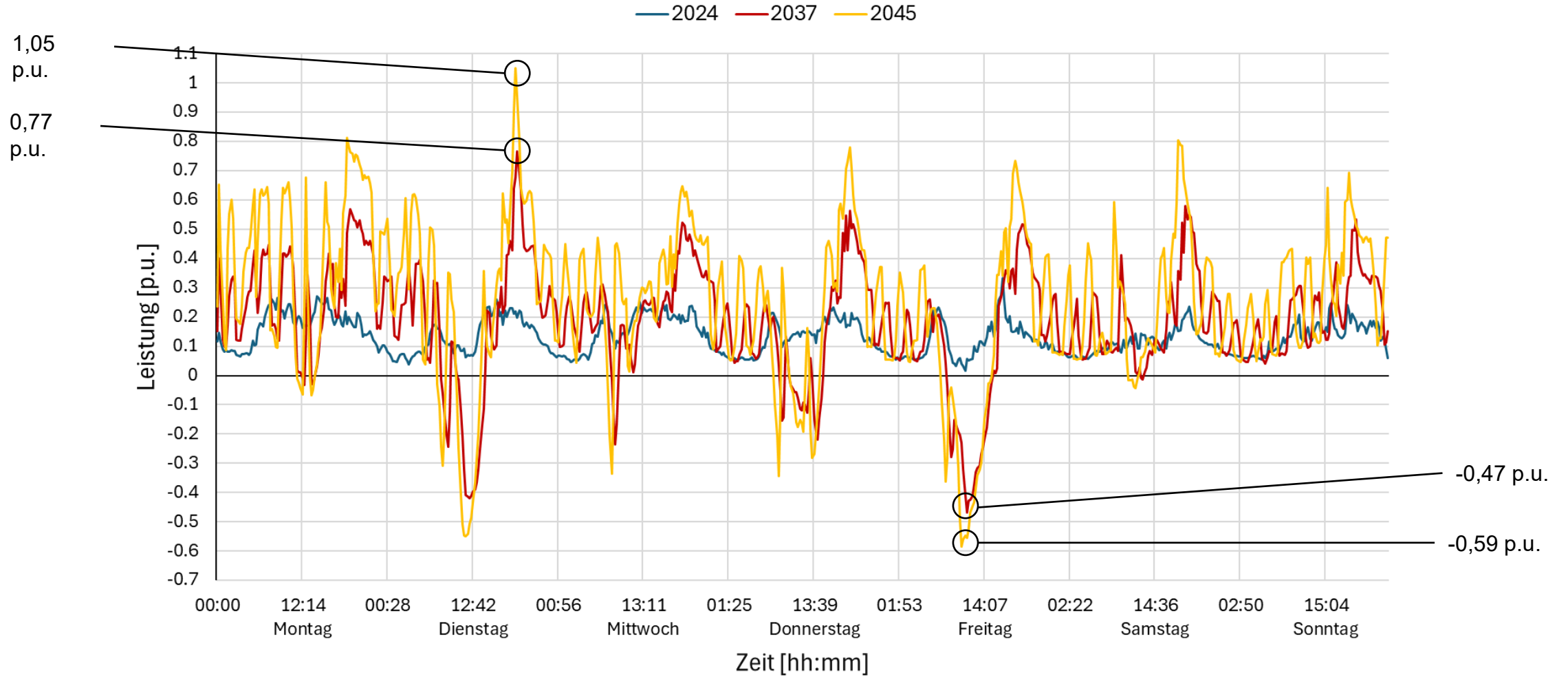


Abbildung 7: Leistung am Transformator - Winter

Leistung am Transformator, Sommer

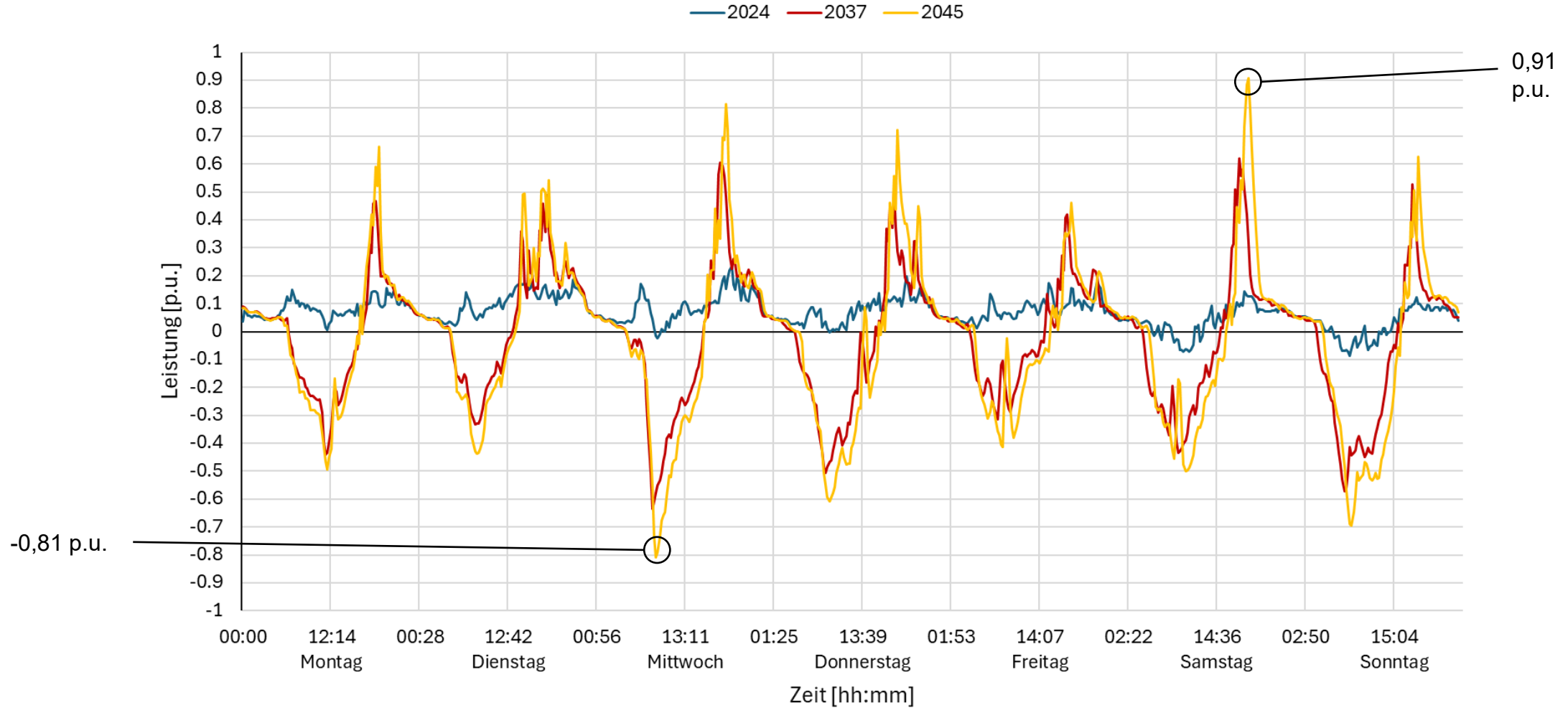


Abbildung 8: Leistung am Transformator - Sommer

Leistung der Stränge, Winter 2024

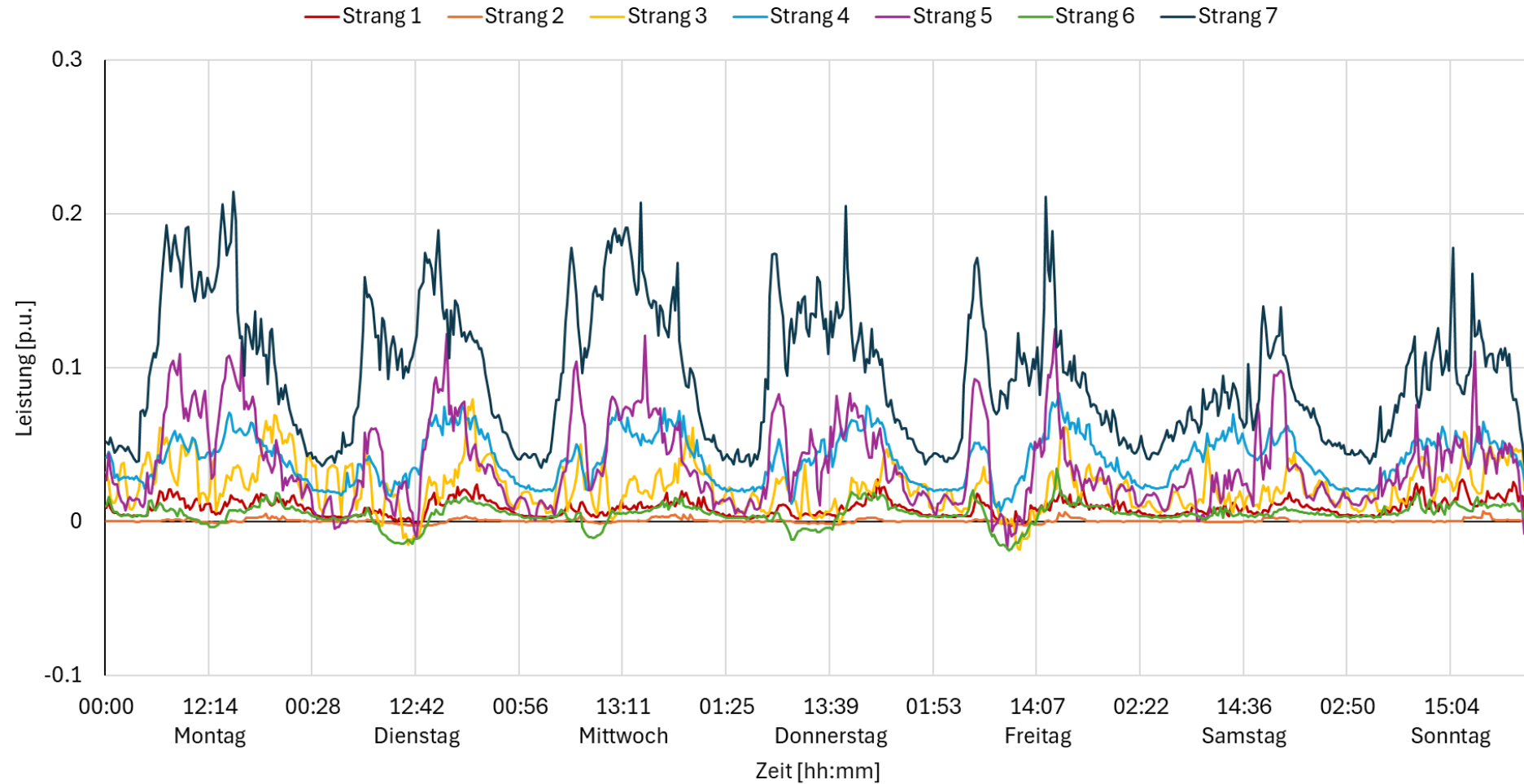


Abbildung 9: Leistung der Stränge

Spannung MP 9, Sommer

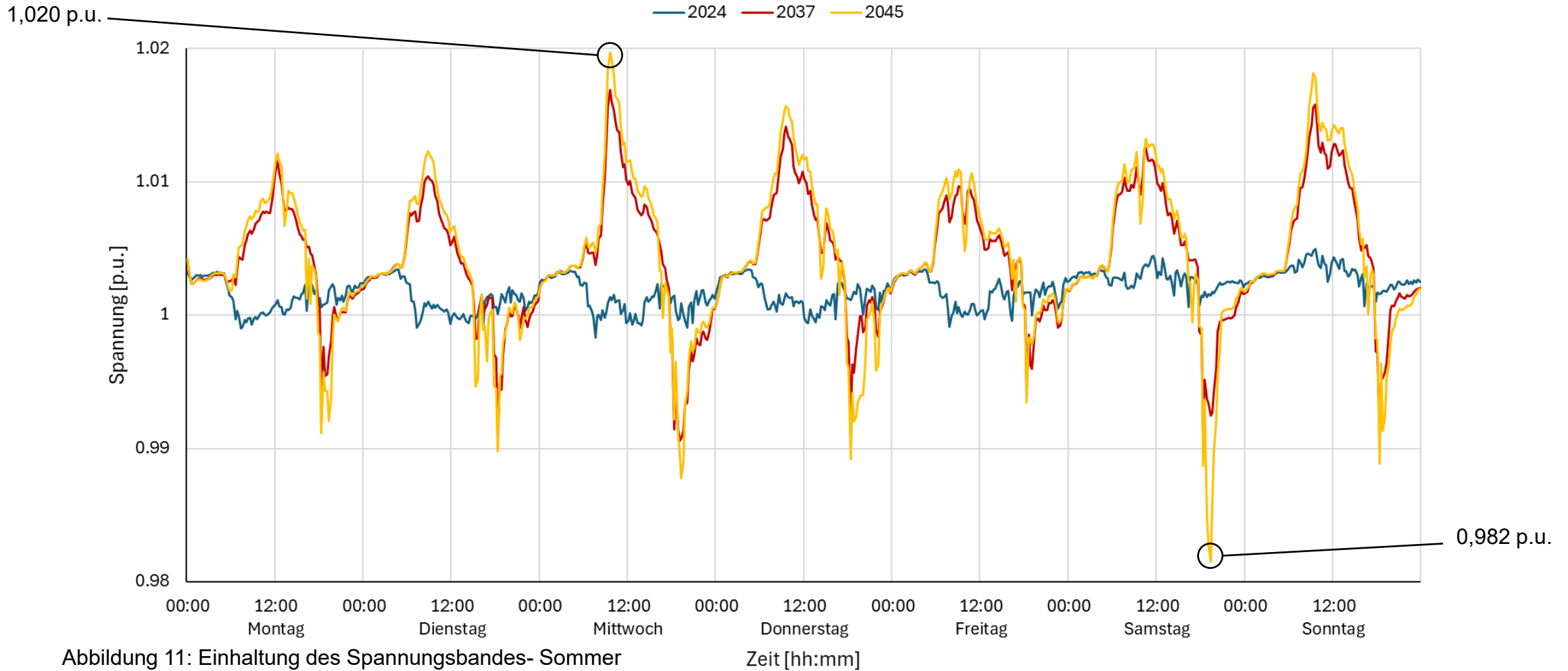


Abbildung 11: Einhaltung des Spannungsbandes- Sommer

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Überlastung des Transformators im Winter 2045
- Verlegte Kabel ausreichend dimensioniert
- Keine Spannungsbandverletzungen

Ausblick:

- Betrachtung der Szenarien A und C
- Implementierung eines Managementsystems

IRI4SGC: Interoperable Research Infrastructure
for managing **Sustainable Grid Cells**



Vielen Dank!

Kontakt:

Lars Quakernack

T +49.521.106-70341

E Lars.quakernack@hsbi.de



HS'BI

