



University of Applied Sciences

HOCHSCHULE
EMDEN·LEER



Rolf Janssen GmbH
Elektrotechnische Werke

Fremdfeldbeeinflussung auf Messstromwandler in der Niederspannung

Oliver-Luca Schmidt

Betreuung:

Dr.-Ing. Sandro Günter

Dipl.-Ing. Rainer Ludewig

25. November 2025

Wichtig / Note 1

- Begrüßung der Prüfer
- Vorstellung
- Thema: Stromwandler & Fremdfelder

Zeitplanung

00:00

bis

00:25

Begrüßung: Herzlich willkommen zur Präsentation meines Kolloquiums.

Thema: Das zentrale Thema meiner Bachelorarbeit war die Analyse der Messabweichung von Messstromwandlern, verursacht durch magnetische Fremdfelder.

Kernfrage: Ich habe untersucht, wie stark benachbarte Leiter die Messung in kompakten Schaltanlagen verfälschen und wie wir damit umgehen können.

Überleitung: Ich freue mich, Ihnen das Thema und meine Ergebnisse nun näherzubringen.

Agenda



- ▶ Einleitung
- ▶ Problemstellung und Lösungsansätze
- ▶ Versuchsaufbau und Durchführung
- ▶ Exemplarische Messergebnisse
- ▶ Fazit und Ausblick

Wichtig / Note 1

- Übersicht des Vortrags
- Roter Faden

Zeitplanung

00:25

bis

00:45

Struktur: Ich habe meine Präsentation in folgende Bereiche gegliedert, um Sie durch das Thema zu führen.

Einleitung: Ich beginne mit der Motivation und der Problemstellung. Daraus leite ich die konkrete Zielsetzung meiner Arbeit ab.

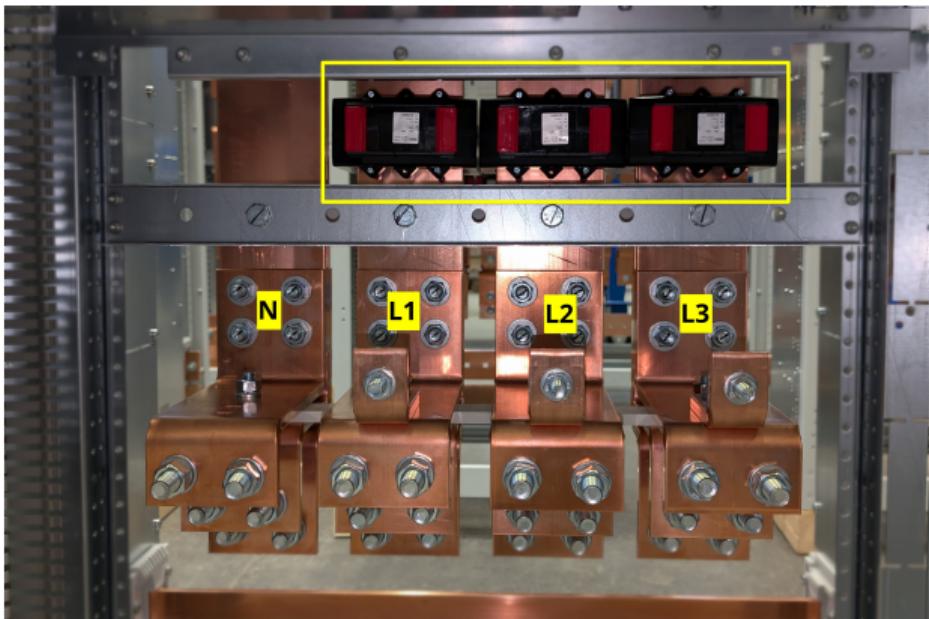
Hauptteil: Anschließend gehe ich kurz auf die theoretischen Grundlagen und den Versuchsaufbau ein. Im Kernteil präsentiere ich Ihnen dann die Messergebnisse und deren Analyse.

Abschluss: Zum Schluss fasse ich die Erkenntnisse zusammen und gebe einen Ausblick auf mögliche Handlungsfelder für die Zukunft.

Motivation und Problemstellung



- ▶ Trend zu hoher Leistungsdichte auf minimalem Bauraum
- ▶ Hohe Primärströme bei geringen Schienenabständen
- ▶ Starke magnetische Fremdfeldkopplung



Kompakte Feldverteilung

Wichtig / Note 1

- Mehr Leistung auf weniger Raum
- Physikalisches Problem: Fremdfelder
- L2 misst falsch

Zeitplanung

00:45

bis

01:35

Trend Schaltanlagen müssen heute immer leistungsfähiger werden, während der verfügbare Bauraum gleich bleibt oder sogar schrumpft. Wir bringen also mehr Strom auf weniger Fläche unter.

Physik Diese Kombination aus hohen Primärströmen und minimalen Abständen führt zwangsläufig zu starken magnetischen Fremdfeldern.

Problem Besonders die mittlere Phase L2 ist diesen Feldern von beiden Seiten ausgesetzt. Das führt zu einer verzerrten Messung und im schlimmsten Fall zur Sättigung des Wandlers.

Ziel Meine Aufgabe war es daher, eine Lösung zu finden, die technisch robust gegen diese Störungen ist, aber wirtschaftlich im Rahmen bleibt.

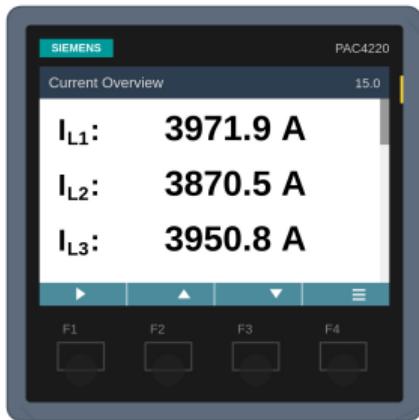
Messabweichung & wirtschaftliche Relevanz



Referenz (KI. 0,2S)

Ergebnis (Fokus):

L2: 0,047 %



Prüfling (KI. 1,0)

Ergebnis (Fokus):

L2: -3,24 %

Wirtschaftlicher Verlust
≈ 50 000 € / Jahr
(Beispielrechnung, Dauerlast)

Wichtig / Note 1

- Mehr Leistung auf weniger Raum
- Physikalisches Problem: Fremdfelder
- L2 misst falsch

Zeitplanung

00:45

bis

01:35

Witz (Augenzwinkern): Man könnte das Fremdfeld fast als „Feature“ verkaufen: „Sie sparen sich ca. 50 000 € pro Jahr – wird verbraucht, aber nicht erfasst.“

Spaß beiseite: Genau deshalb ist das für Verrechnung und Schutz kritisch.

Zielsetzung der Arbeit



- ▶ Systematische Analyse der Fehler im Drehstromsystem
- ▶ Vergleich von Standard-, Kompensierten- und Spezialwandlern
- ▶ Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Neukonstruktion

Wichtig / Note 1

- Leitfrage
- Vergleich & Empfehlung

Zeitplanung

03:20

bis

03:45

Vorgehen: Dazu analysiere ich die Fehler im System, vergleiche verschiedene Wandlertechnologien und prüfe geometrische Anpassungen.

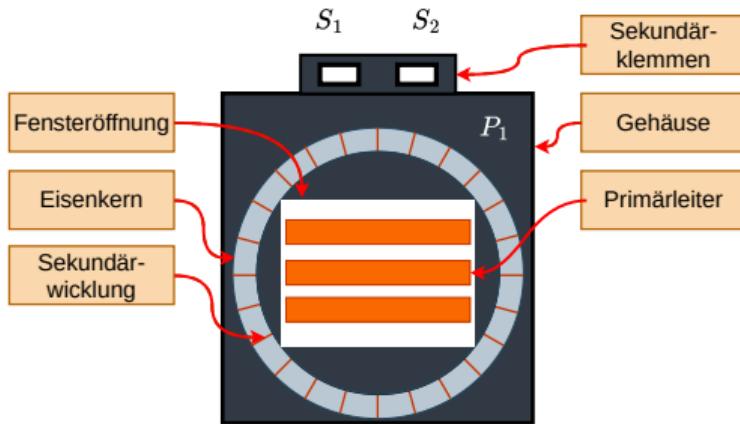
Output: Am Ende steht eine klare Handlungsempfehlung für die Konstruktion neuer Anlagen.

Funktionsprinzip und Aufbau



Aufgaben des Messstromwandlers

- ▶ Transformation hoher Primärströme ($1\text{ A} / 5\text{ A}$)
- ▶ Galvanische Trennung
- ▶ Bündelung des magnetischen Flusses



Prinzipieller Aufbau eines Aufsteckstromwandlers

Wichtig / Note 1

- Transformator-Prinzip
- Schutzfunktion

Zeitplanung

03:45

bis

04:25

Kurz Messstromwandler = Stromtransformator: 1000 A \rightarrow normierter Sekundärstrom (1 A/5 A) mit galvanischer Trennung.

Prinzip Aufsteckwandler: Kupferschiene entspricht $N_p = 1$, Sekundärwicklung N_s .

Sättigungsnähe erhöht den Magnetisierungsstrom $I_m \Rightarrow I_s$ wird kleiner \Rightarrow Untererfassung.

Relevanz Fremdfeld addiert Störfluss im Kern (Worst Case: L2) und treibt I_m hoch.

Bürde/Last beeinflusst, wie früh Sättigung einsetzt.

Physikalisches Problem: Fremdfeldeinfluss

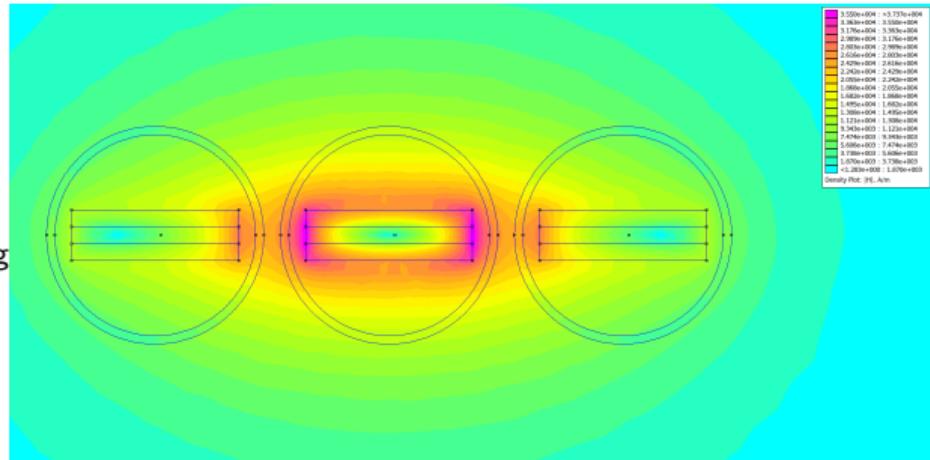
Ursache: Räumliche Nähe

- ▶ Starke Magnetfelder der Nachbarleiter koppeln ein

Wirkung: Partielle Sättigung

- ▶ Nutzfluss + Störfluss \Rightarrow lokale Sättigung
- ▶ μ_r sinkt \Rightarrow Magnetisierungsanteil steigt

Resultat: Sekundärstrom sinkt \Rightarrow
Messung zeigt zu wenig an.



Simulation: Feldstärkeverteilung $|H|$ bei 2500 A — mittlere Phase (L2) wird von beiden Nachbarphasen überlagert.

Wichtig / Note 1

- Fremdfeld koppelt ein
- lokale Sättigung
- Sekundärstrom sinkt

Zeitplanung

04:25

bis

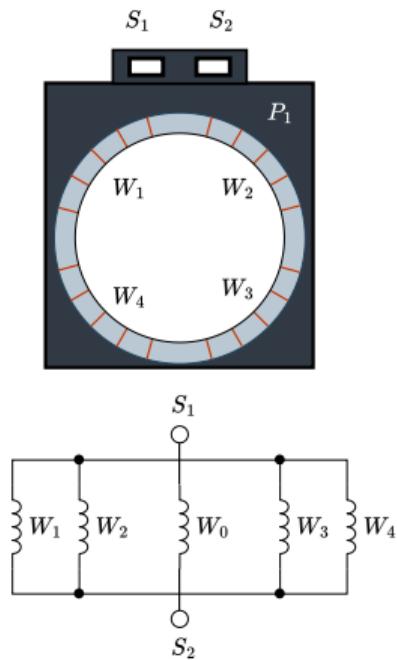
05:05

Fremdfeld aus Nachbarleitern koppelt in den Eisenkern ein (Worst Case: mittlere Phase L2). Nutzfluss + Störfluss \Rightarrow lokale/partielle Sättigung, μ_r sinkt. Folge: Magnetisierungsanteil steigt, Sekundärstrom sinkt \Rightarrow Messung zeigt zu wenig an.

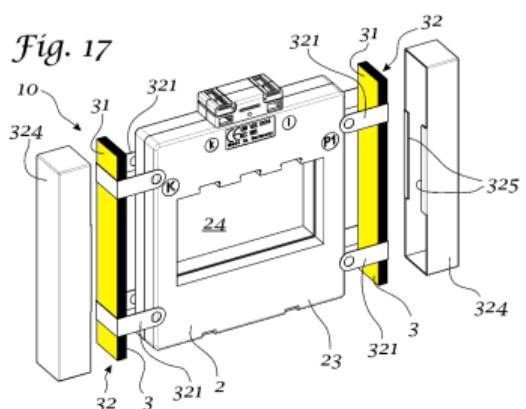
Technologievergleich



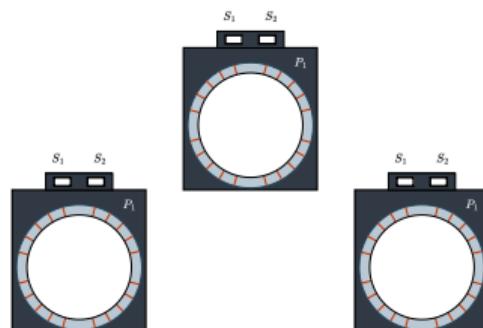
Kompensiert



FFP



Dreieck (Standardwandler)



Quelle: Patent DE102021106843A1 (Redur)

Wichtig / Note 1

- Drei Lösungswege: Wandlertechnik / Schirmung / Geometrie

Zeitplanung

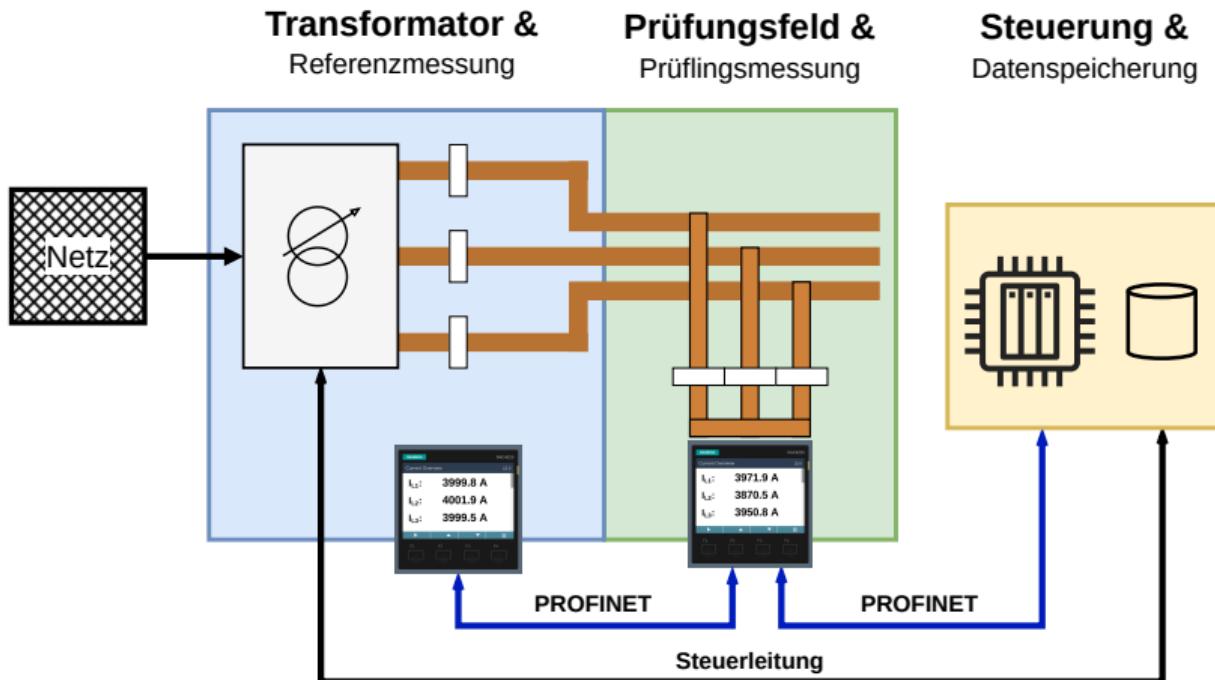
05:05

bis

07:05

Drei Hebel gegen Fremdfeld: (1) **Kompensation** (Gegenfeld) → beste Stabilität, aber teuer/Verfügbarkeit. (2) **FFP** (Störfluss umlenken) → guter Kompromiss, braucht Bauraum. (3) **Dreieck** (Geometrie) → reduziert L2-Einkopplung, nutzt Standardwandler. Überleitung: Bewertung nach Normrobustheit vs. Kosten.

Versuchsaufbau: Hochstrom-Prüfstand



Wichtig / Note 1

- Referenz -> Trafo -> 4kA
- Synchrone Messung
- WinCC Erfassung

Zeitplanung

07:05

bis

07:55

Ziel: reproduzierbare, synchrone Vergleichsmessung (gleicher Strom, gleiche Bedingungen).

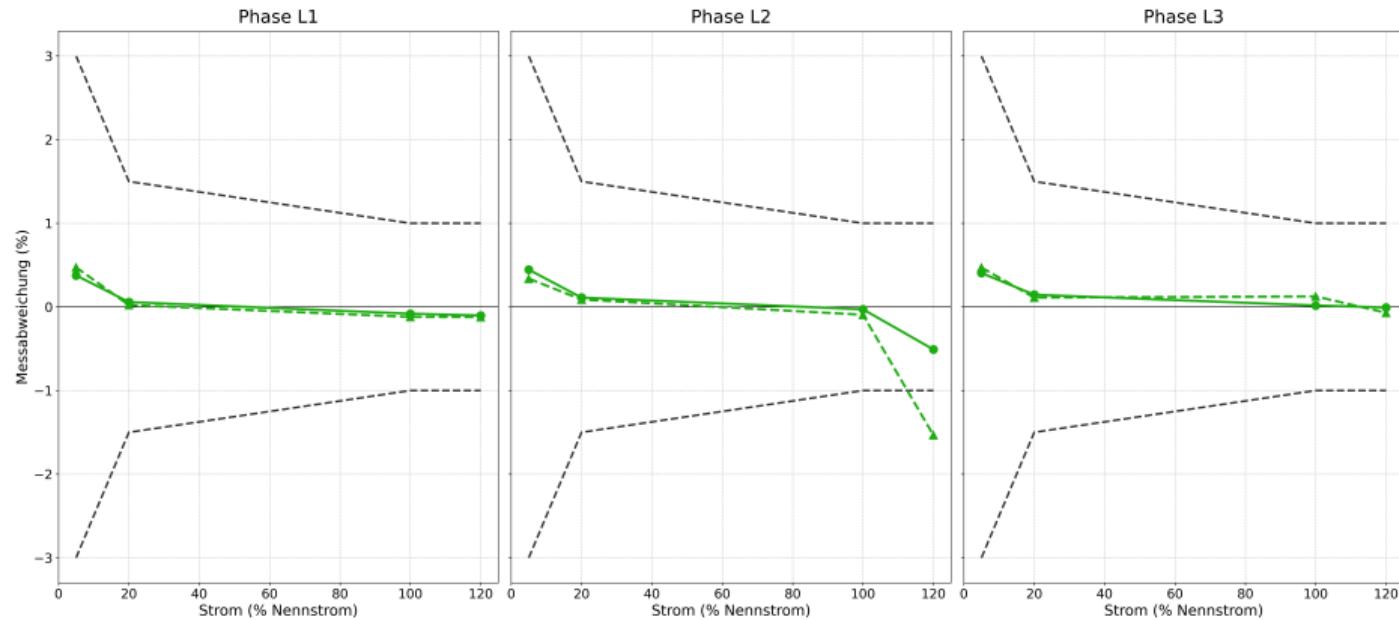
Messkette: Referenz (PAC 4220) vs. Prüfling (PAC 3220 + Wandler) \Rightarrow direkt ε gegen

Klasse 1. SPS/WinCC steuern Stufen + Haltezeiten \Rightarrow Kurveneinbruch ist physikalisch
(Sättigung), kein Messartefakt.

Redur 13A1030.ffp (FFP)



Fremdfeld-Protektoren Redur bei 2000 A (Klasse 1.)



■ Redur 13A1030.3ffp | FFP ■ Redur 13A1030.3ffp | FFP (Dreieck)

Wichtig / Note 1

- Referenzmessung im weitgehend linearen Bereich (2000 A)
- Parallel: durch seitliche FFP in allen Phasen normkonform (Klasse 1)
- Dreieck: Ausreißer bei L2 / 120 % I_n (ca. $\varepsilon = -1,50\%$) → außerhalb Klasse 1
- Interpretation: ungeschirmte Rückseite → Feld-Einkopplung

benachbarter Leiter, partielle Kernsättigung

2000 A = Referenz (linear): Abweichungen nahe 0 %. **Parallel:** seitliche FFP ⇒ norm-konform. **Dreieck:** L2 bei 120 % I_n ca. $-1,50\%$ (außerhalb) ⇒ ungeschirmte Rückseite, Einkopplung/partielle Sättigung. Überleitung: bei 4000 A wird der Sättigungseffekt dominant.

Zeitplanung

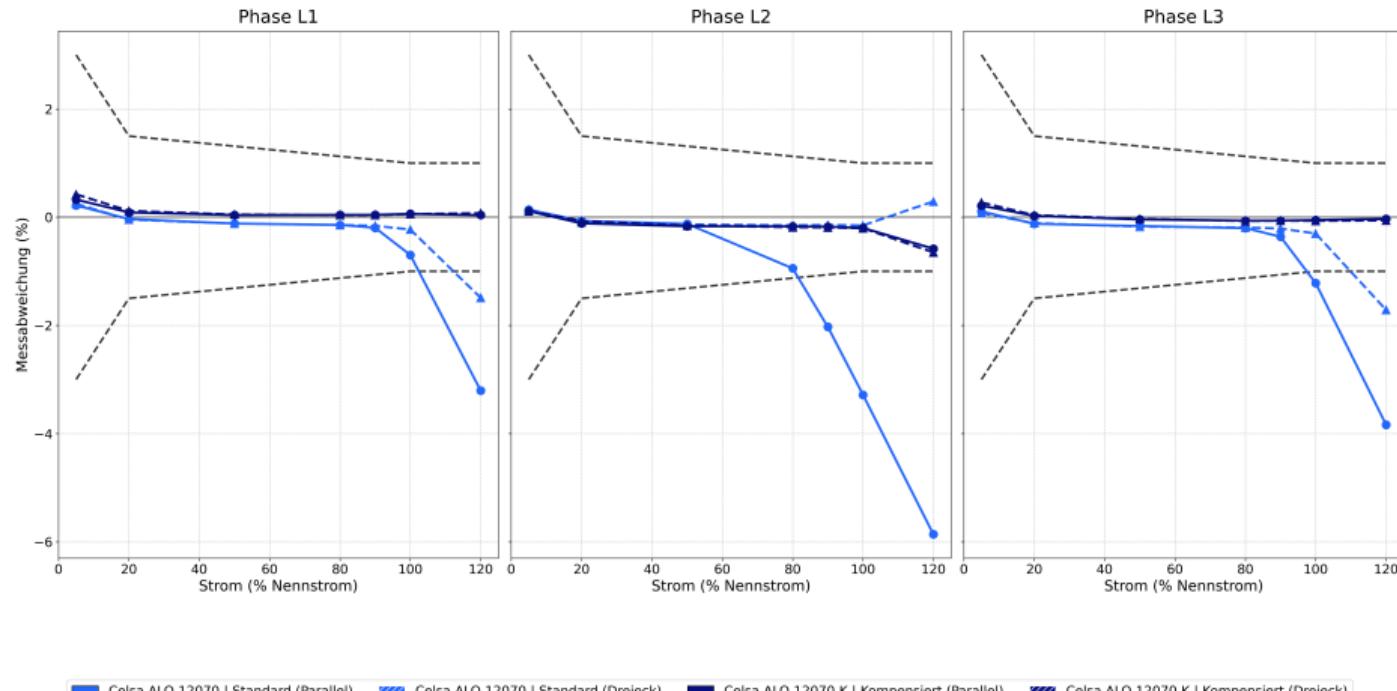
08:40

bis

10:05

Standard (Dreieck) vs. Kompensiert

Genaugkeitsmessung bei 4000 A (Klasse 1.0)



Wichtig / Note 1

- Fokus: **Standard in Dreieck** vs. **kompensierter Wandler**
- Standard (Dreieck): bis ca. 80–100 % relativ stabil, am oberen Lastpunkt deutliche Abweichungen (teils außerhalb Klasse 1)
- Kompensiert: in allen Phasen deutlich näher an 0 % → Sättigungs-/Fremdfeldeinfluss stark reduziert

• Kernaussage: **Kompensation** ist bei 4000 A wirksamer als ~~die Geometrie hat einen geringeren Einfluss~~ **Standard (Dreieck)**, dunkelblau = **kompensiert**.
Standard (Dreieck): bis ca. 80–100 % stabil, am oberen Lastpunkt Ausreißer \Rightarrow Klasse 1 nicht durchgängig. Kompensiert: nahe 0 % \Rightarrow Fremdfeld-/Sättigungseinfluss stark reduziert. Take-away: bei 4000 A ist **Kompensation** der dominante Hebel; Geometrie sekundär.

Zeitplanung

10:05

bis

11:20

Bewertung der Lösungsansätze

1. Kompensierte Wandler

- ▶ Technisch führend (höchste Genauigkeit)
- ▶ Investitionskosten Faktor 2 bis 6 höher

Empfehlung

2. Fremdfeld-Protektion (FFP)

- ▶ Hohe Genauigkeit bei Ausrichtung
- ▶ Ideal zur Nachrüstung im Bestand



Dreieck

3. Dreiecksanordnung (Standard)

- ▶ Normerfüllung durch Geometrie
- ▶ Preis-Leistungs-Sieger

Neu: Dreieck

Bestand: FFP

Präzise: Kompensiert

Fazit: Alle Technologien reduzieren L2-Verzerrung.

Wichtig / Note 1

- Kompensiert: Präzise aber teuer
- FFP: Lösung für Bestand
- Dreieck: Wirtschaftlichste Lösung

Zeitplanung

16:50

bis

17:30

Alle Ansätze reduzieren die L2-Verzerrung, aber mit unterschiedlichem Einsatzfokus:

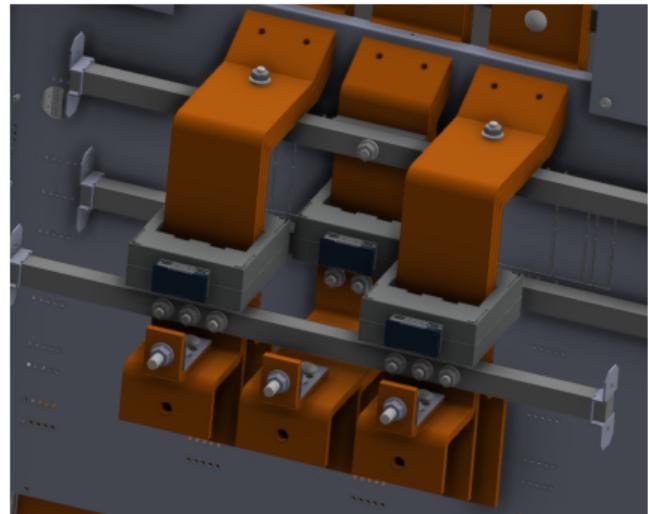
Kompensiert = beste Genauigkeit, teuer (Faktor 2–6). **FFP** = gut für Nachrüstung/Bestand (Ausrichtung/Bauraum beachten). **Dreieck** = Systemlösung für Neuentwicklung: Normrobust im Nennbereich bei geringen Mehrkosten.

Customer Win (Rolf Janssen): Standardwandler + Dreiecksanordnung



≈ 1000 € **Einsparung**
pro dreiphasigem Feld

Normkonforme Messungen
im Nennbereich (80–100 % Last) trotz Fremdfeld



Realisierung der Dreiecksanordnung (Leiterführung)

Wichtig / Note 1

- $\approx 1000 \text{ €}$ weniger pro Feld
- Normkonform im Nennbereich (80–100 %) trotz Fremdfeld

Zeitplanung

17:30

bis

18:00

Hintergrundzahl: Standard 210 € vs. kompensiert 1205,73 € $\Rightarrow \approx 1000 \text{ €}$ pro dreiphasigem Feld. Mehrwert: im Nennbereich (80–100 %) normkonform trotz Fremdfeld (v. a. L2 stabil). Voraussetzung: Leiterführung im Bauraum umsetzbar.

**Herzlichen Dank für Ihre Zeit sowie Ihr Interesse an
meiner Präsentation.**

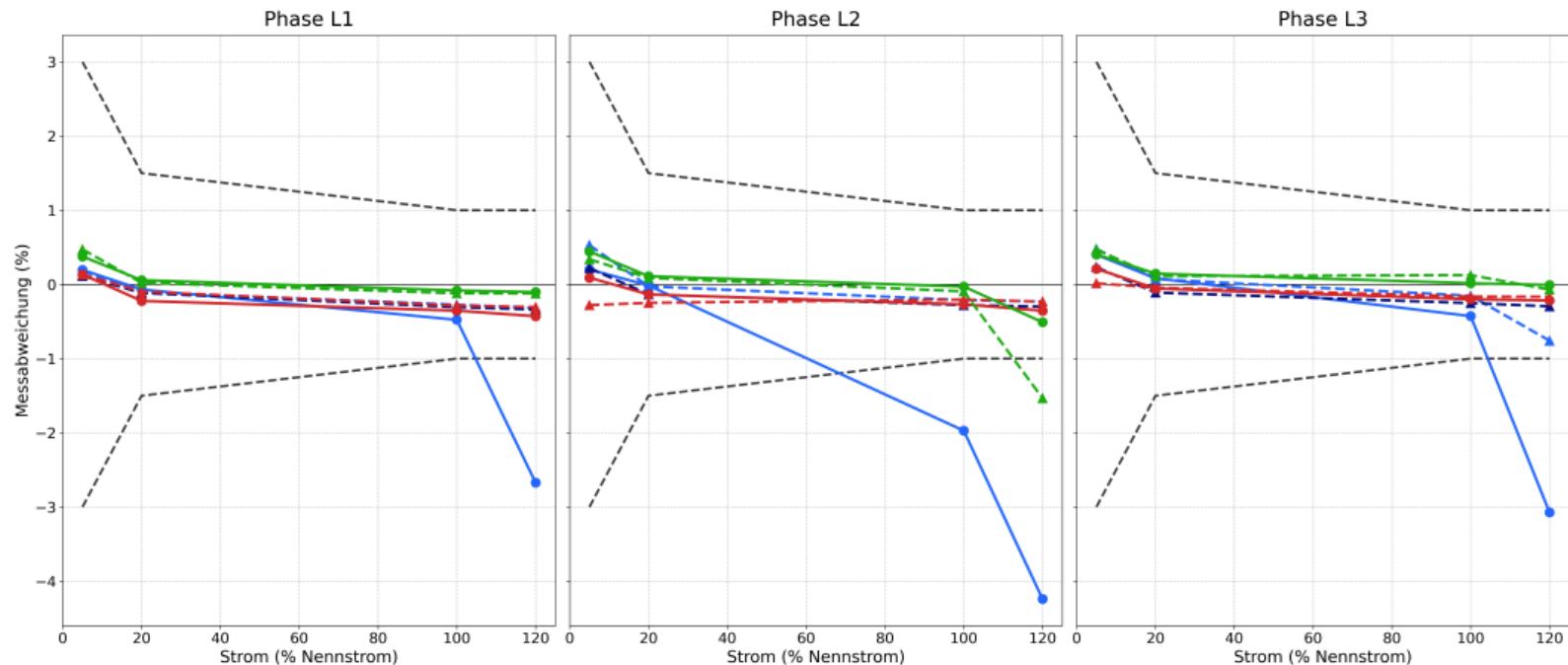
Ich stehe nun gerne für Ihre Fragen zur Verfügung.

Anhang

Anhang: Zusammenfassung 2000 A



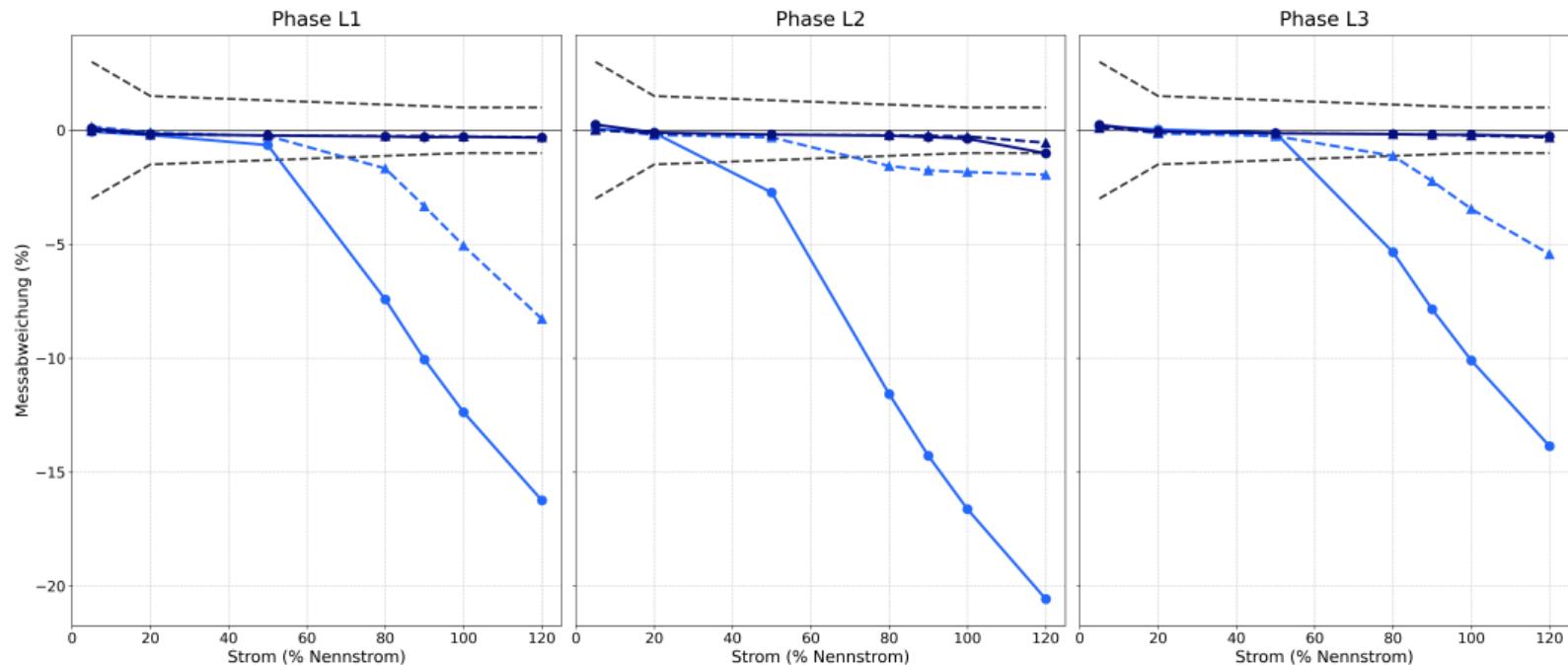
Genaugkeitsmessung bei 2000 A (Klasse 1.0)



Anhang: Zusammenfassung 2500 A



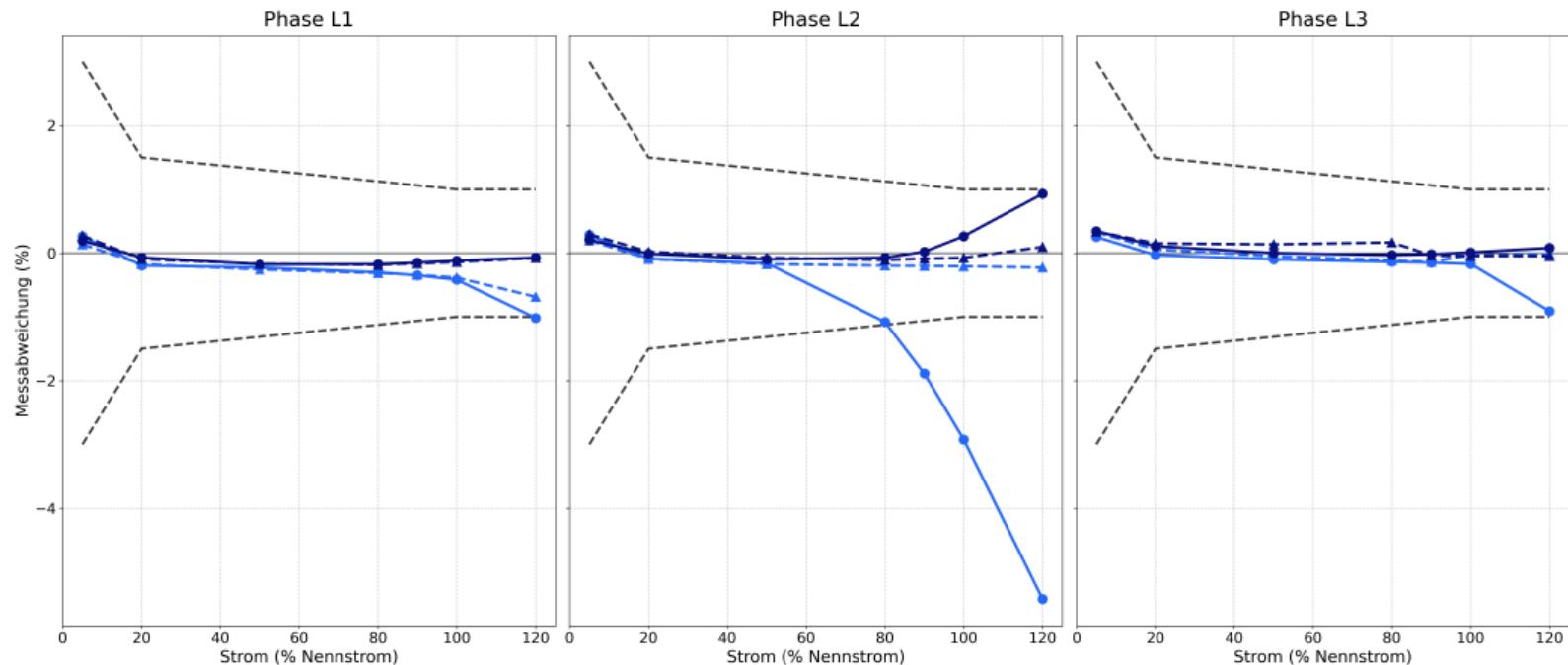
Genaugkeitsmessung bei 2500 A (Klasse 1.0)



Anhang: Zusammenfassung 3000 A



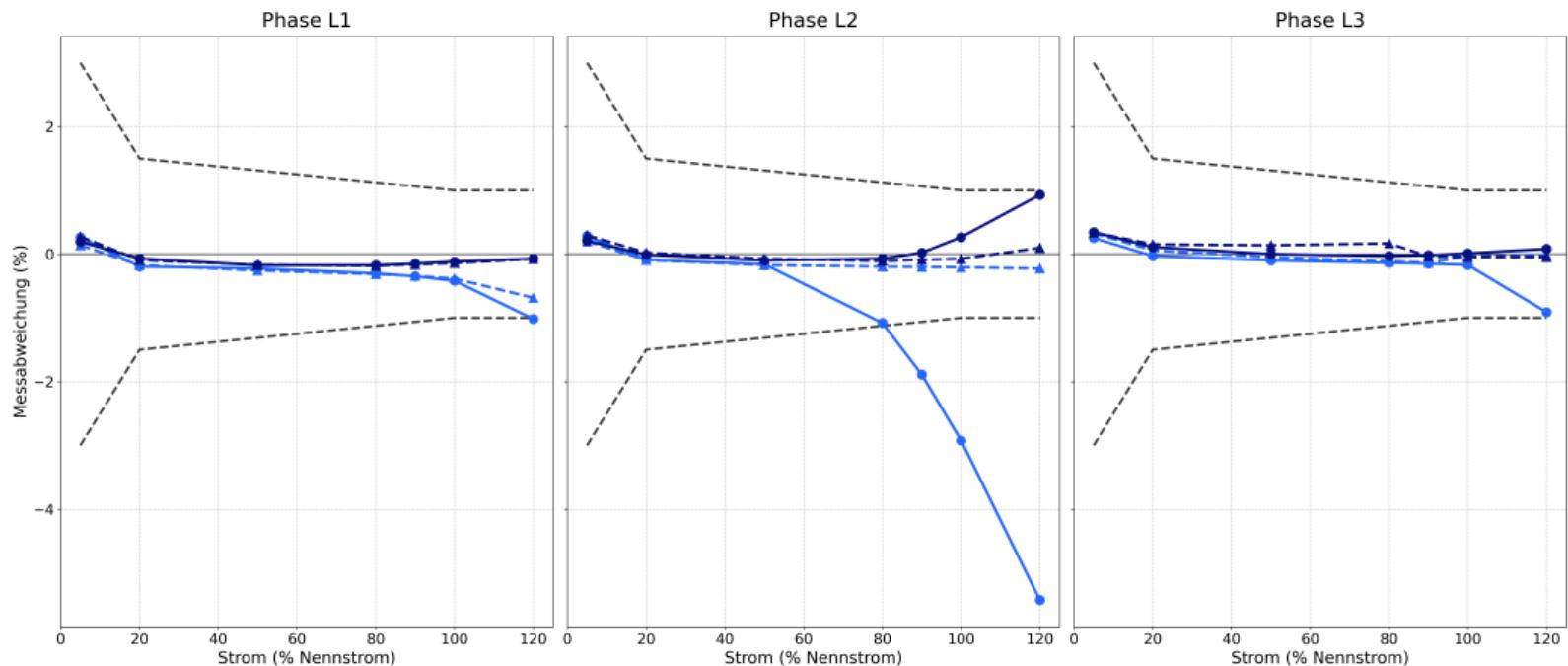
Genaugkeitsmessung bei 3000 A (Klasse 1.0)



Anhang: Zusammenfassung 3000 A Bürde



Genaugkeitsmessung bei 3000 A (Klasse 1.0)



Anhang: Zusammenfassung 4000 A



Genaugkeitsmessung bei 4000 A (Klasse 1.0)

