



Rolf Janssen GmbH
Elektrotechnische Werke



University of Applied Sciences

HOCHSCHULE
EMDEN·LEER

Kolloquium

Fremdfeldbeeinflussung auf Messstromwandler in der Niederspannung

Oliver-Luca Schmidt

Rolf Janssen GmbH Elektrotechnische Werke

Betreuung:
Dr.-Ing. Sandro Günter
Dipl.-Ing. Rainer Ludewig



Agenda

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen der Arbeit
- ▶ Messergebnisse 3000 A
- ▶ Messergebnisse 4000 A
- ▶ Definition der Vergleichsmetriken
- ▶ Gesamtvergleich und Effizienz

Motivation

Herausforderung: kompakte Bauweise

- ▶ Minimale Abstände zwischen Schienen und Wandlern
- ▶ **Folge:** Messabweichungen durch Fremdfelder
- ▶ **L2 kritisch:** max. Fremdfeld \Rightarrow Sättigung \Rightarrow Untererfassung
- ▶ **Ziel:** robuste, kosteneffiziente Lösung



Problemstellung – Messabweichung

Parameter: Übersetzungsfehler ε bei 100 % I_{pn}
erlaubt $\pm 1\%$

Grenzwert: Klasse 1

Vergleich bei 4000 A Primärstrom – Symmetrische Last



Referenz (Sollwert) Kl. 0,2S

L1 $-0,005\%$

L2 $0,047\%$

L3 $-0,012\%$

Prüfling (Beeinflusst) Kl. 1,0

L1 $\approx -0,704\%$

L2 $\approx -3,238\%$

L3 $\approx -1,230\%$



Problemstellung – Wirtschaftliche Relevanz

Analyse der Abweichung

- ▶ Messdifferenz / Untererfassung Phase L2 $\Delta I \approx 130 \text{ A}$
- ▶ Relative Abweichung $\approx -3,25 \%$
- ▶ Kritisch für Netzschutz und Verrechnung

Potenzieller Abrechnungsfehler (Beispielrechnung)

$$\Delta E = U_{L-N} \cdot \Delta I_{L2} \cdot \cos \varphi \cdot t$$

$$\Delta I_{L2} = 130 \text{ A bei } 230 \text{ V (L-N)}$$

× Leistungsfaktor ($\cos \varphi = 0,9$)

× Dauerlast (8760 h/a)

× Strompreis (0,20 €/kWh)

≈ 47 000 € / Jahr



Zielsetzung der Arbeit

Leitfrage der Untersuchung

Welche Kombination aus Wandler, Geometrie und FFP hält Klasse 1 unter Fremdfeldbedingungen ein – bei minimalen Mehrkosten?

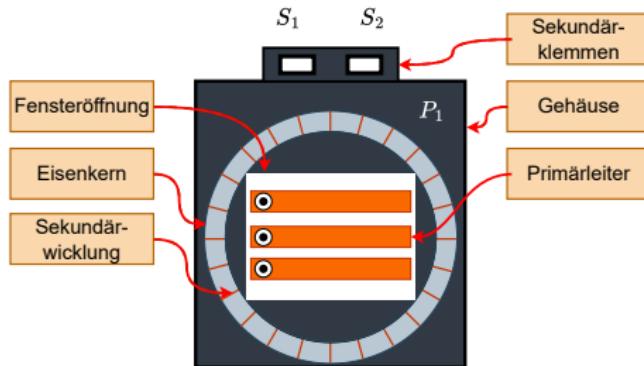
Untersuchungsschwerpunkte

- ▶ Systematische Analyse der Fehler im Drehstromsystem (L1, L2, L3)
- ▶ Vergleich von Standardwandlern und kompensierten Spezialwandlern
- ▶ Prüfung konstruktiver Maßnahmen (Leitergeometrie / FFP)
- ▶ Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Neukonstruktion

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

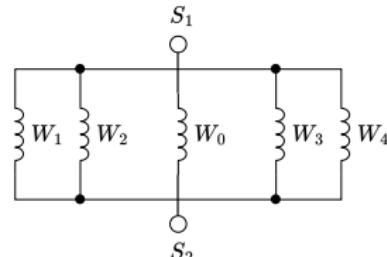
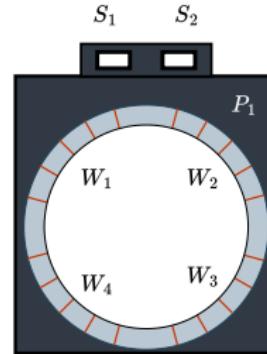
Lösungsansatz: Kompensierte Wandler

Prinzip

- ▶ Zusatzwicklungen erzeugen Gegenfeld
- ▶ Aktive Fehlerkompensation

Pro / Contra

- ▶ Weniger Sättigung
- ▶ **Contra:** teuer, mehr Bauraum



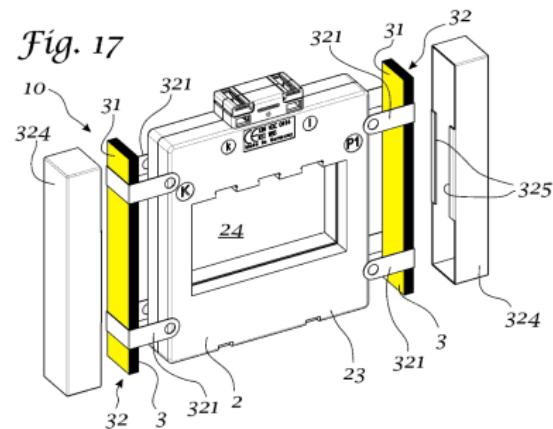
Lösungsansatz: Fremdfeld-Protektion (FFP)

Konstruktive Optimierung

- ▶ Gezielte Schirmung des Messkerns
- ▶ Umleitung der magnetischen Störfeldlinien

Zielsetzung

- ▶ Einhaltung Genauigkeitsklasse 1
- ▶ Schutz vor partieller Sättigung



Quelle: Patent DE102021106843A1

(Redur)



Physikalisches Problem: Fremdfeldeinfluss

Ursache: Räumliche Nähe

- ▶ Starke Magnetfelder der Nachbarleiter koppeln ein

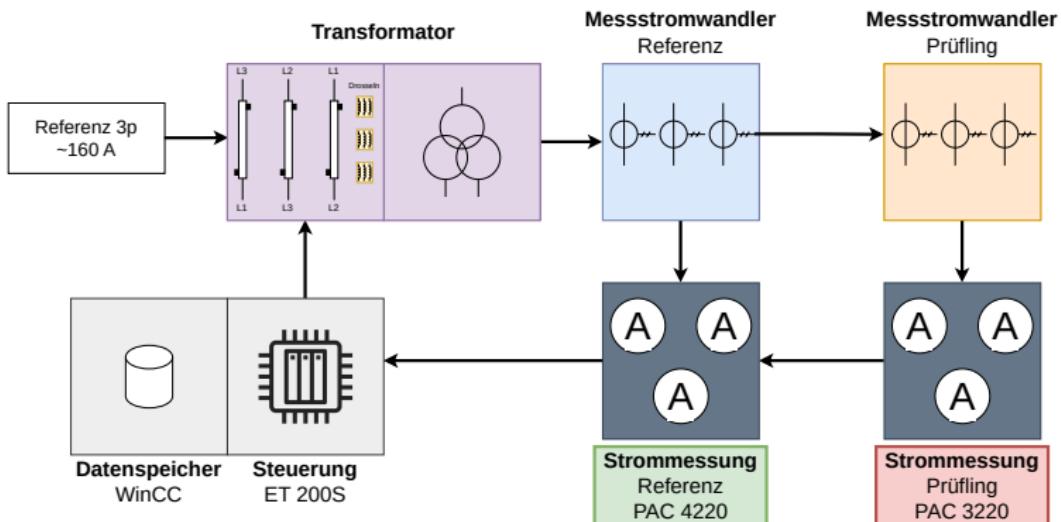
Wirkung: Partielle Sättigung

- ▶ Nutzfluss + Störfluss = Sättigung im Eisen
- ▶ Permeabilität μ_r sinkt

Resultat Der Sekundärstrom sinkt, die Messung zeigt zu wenig an.

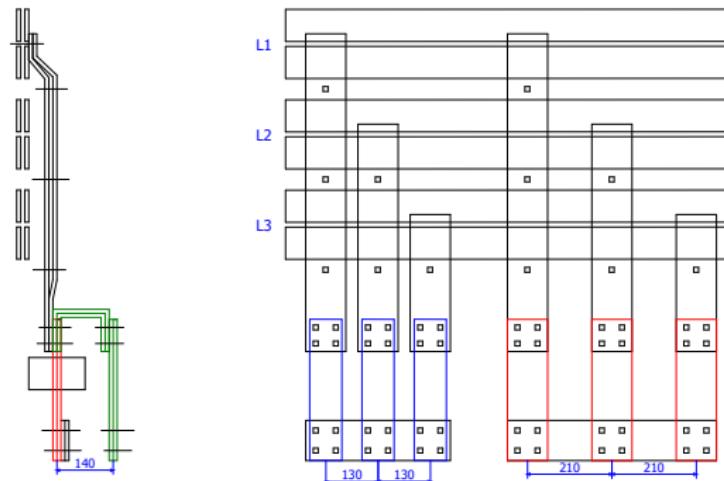
Versuchsaufbau: Hochstrom-Prüfstand

Schematischer Aufbau der automatisierten Messstrecke



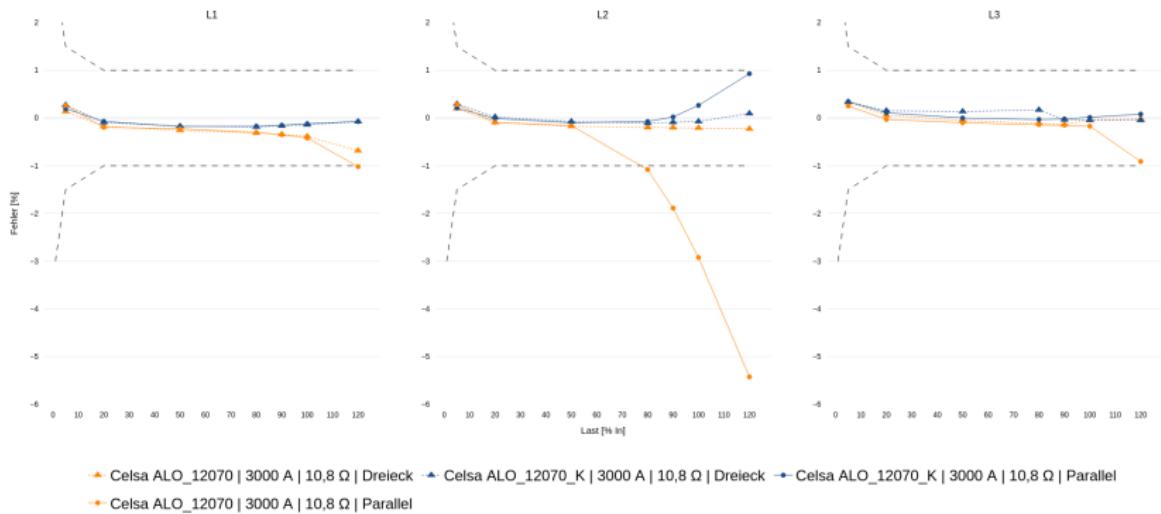
Konstruktive Maßnahme: Dreiecksanordnung

Realisierung der geometrischen Optimierung (Δ -Anordnung)

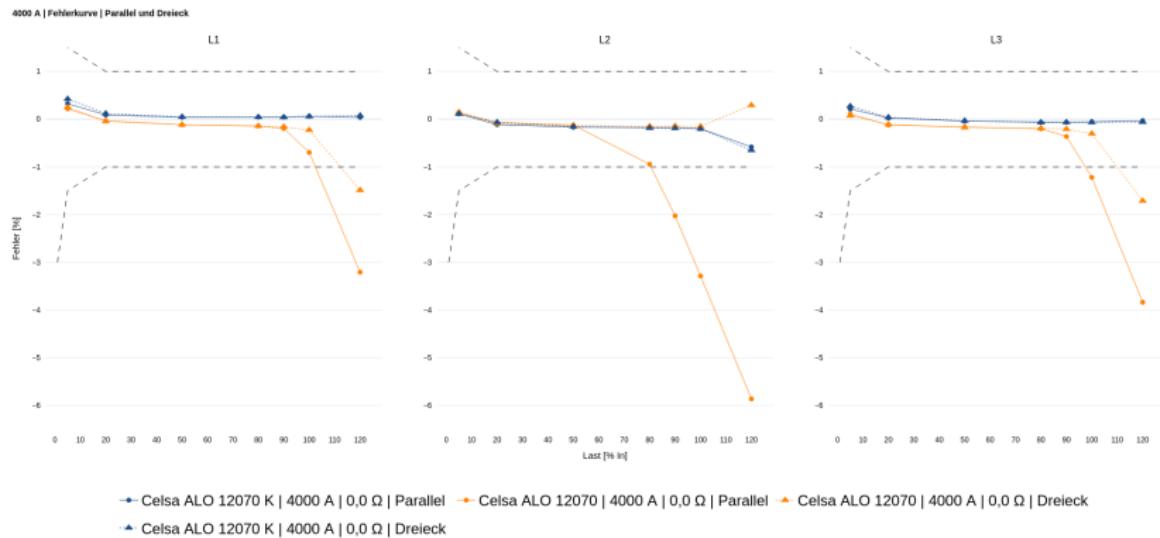


Fehlerkurven bei 3000 A

3000 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck



Fehlerkurven bei 4000 A (Kritischer Bereich)





Berechnungsgrundlagen der Analyse

Um die Diagramme korrekt zu interpretieren, hier die Methodik:

1. Mittlerer Gesamtfehler (Basiswert)

$$E_{\text{total}} = \frac{1}{3} \sum_{\text{Phasen}} \left(\frac{1}{n} \sum_{\text{Last}} |F_{\text{Messwert}}| \right)$$

Durchschnitt der **Beträge** über alle Lastpunkte (5%–120%) und Phasen.

2. Geom. Verbesserung (%)

$$\eta_{\text{geo}} = \left(1 - \frac{E_{\text{Dreieck}}}{E_{\text{Parallel}}} \right) \cdot 100$$

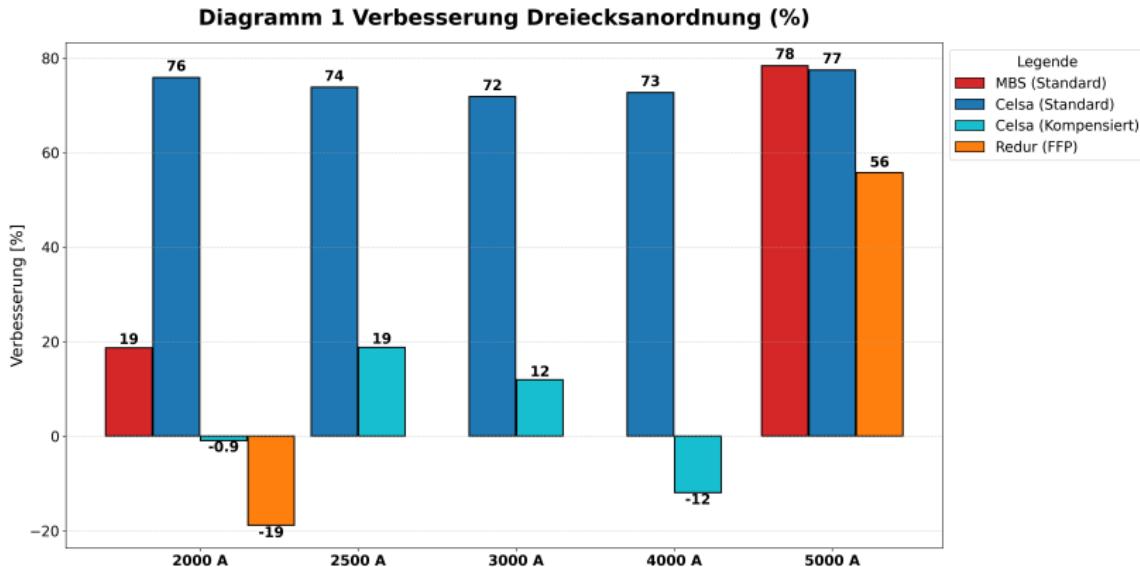
Anteil des eliminierten Fehlers durch
Geometrie-Wechsel.

3. Wirtschaftlichkeit (%/€)

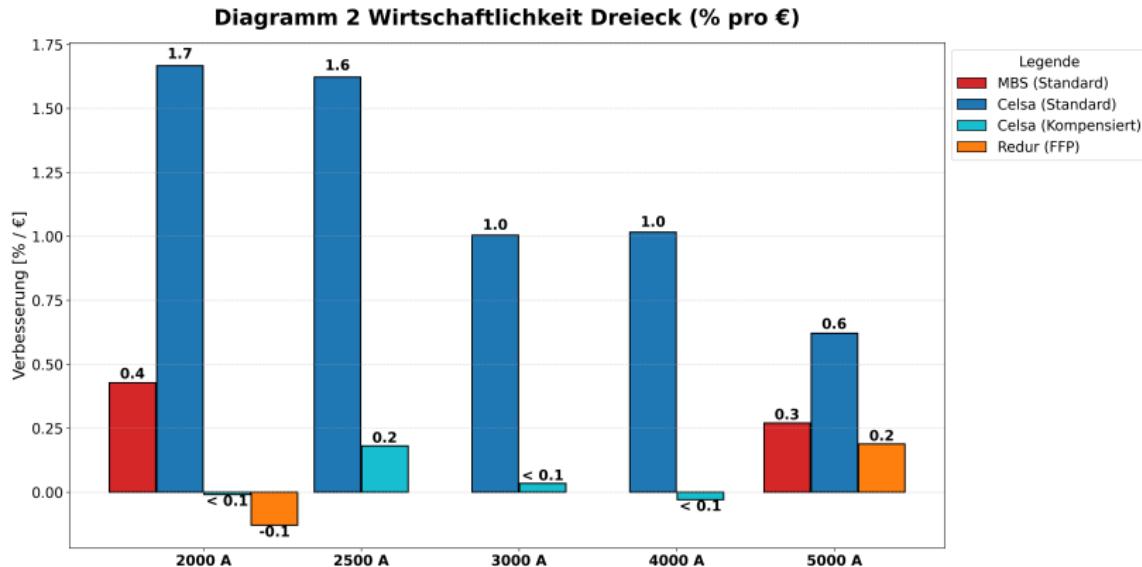
$$\eta_{\text{eco}} = \frac{\eta_{\text{geo}}}{\text{Preis } (\text{€})}$$

Technischer Gewinn normiert auf
Investitionskosten.

Verbesserung durch Dreiecksanordnung (in %)

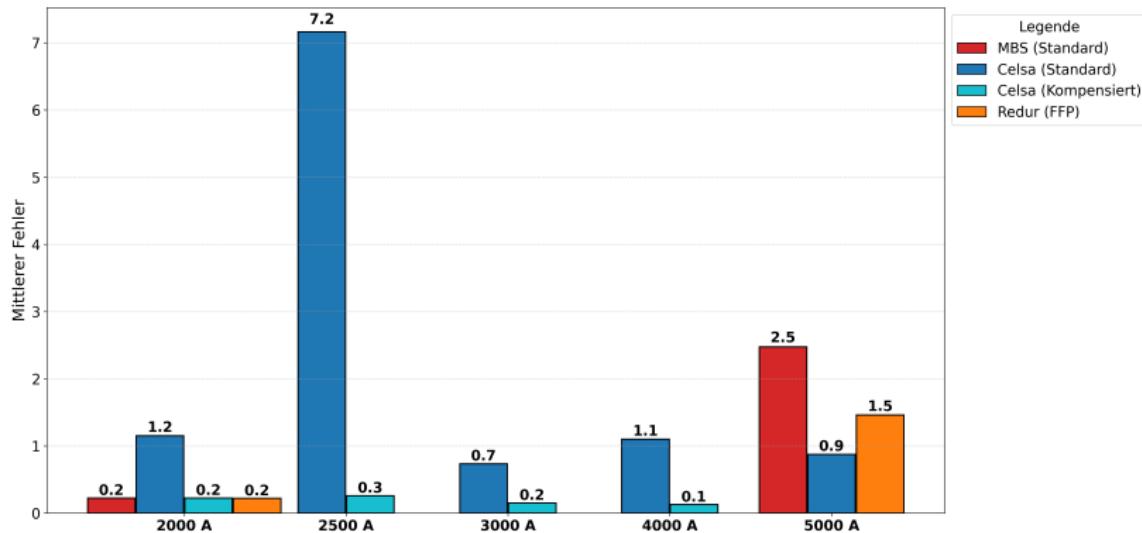


Wirtschaftlichkeit der Geometrie (% pro €)



Technologie-Vergleich: Absoluter Fehler (Parallel)

Diagramm 4 Mittlerer Gesamtfehler (Parallel)



Zusammenfassung der Ergebnisse

Technisch

- ▶ **Parallel:** ab $>2500\text{ A}$ Sättigung, bis -6% .
- ▶ **Δ -Geometrie:** reduziert Fehler um $>90\%$.
- ▶ **FFP:** nahezu immun, aber teurer.

Empfehlung



Wirtschaftlich

- ▶ **Bestes P/L:** Standardwandler + Δ .
- ▶ **FFP lohnt sich:** wenn Umbau nicht möglich (Nachrüstung/Platz).

Dreieck



Ausblick und Handlungsempfehlung

Neuanlagen

- ▶ Δ -Anordnung als Standard ab $I > 2500 \text{ A}$
- ▶ CAD-Vorlagen anpassen (L2-Versatz)

Bestandsanlagen

- ▶ Bei Abrechnungsrelevanz: FFP-Wandler
- ▶ Kompensationswandler nur bei extremen Störfeldern

Klasse 1 ist durch geometrische Optimierung nahezu kostenneutral erreichbar.

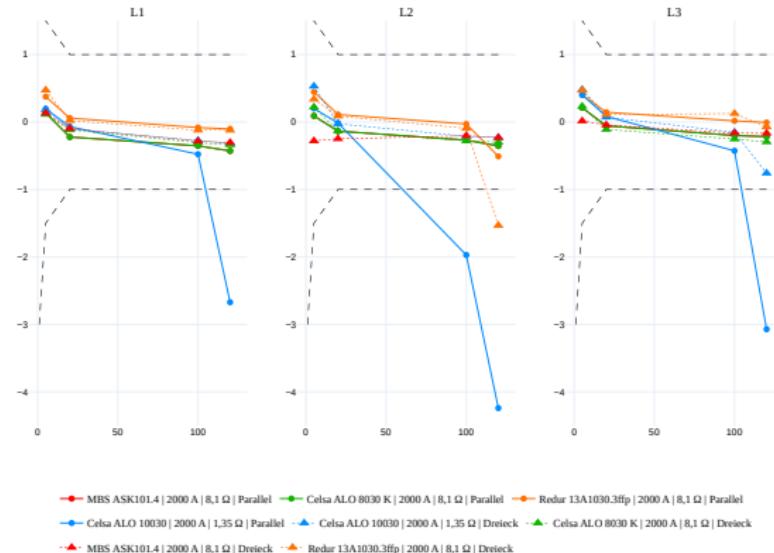


**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Ich stehe nun gerne für Ihre Fragen zur Verfügung.

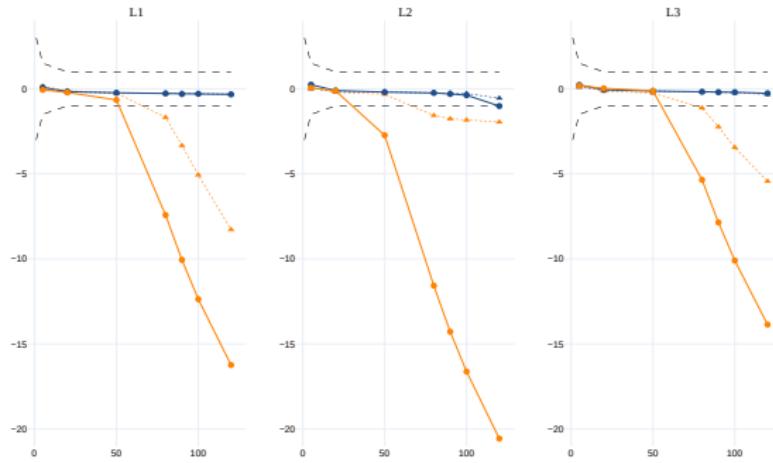
Anhang: Zusammenfassung 2000 A

2000 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck



Anhang: Zusammenfassung 2500 A

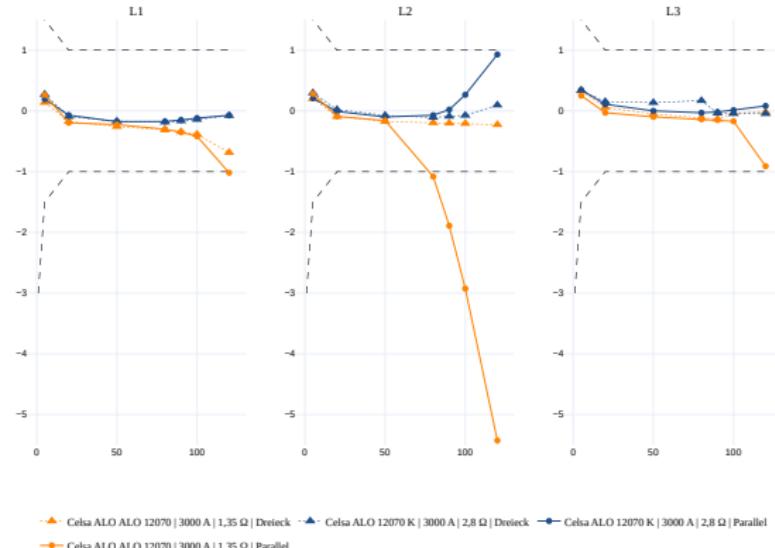
2500 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck



—▲— Celsa ALO 10050 K | 2500 A | 2.8 Ω | Dreieck —△— Celsa ALO 10030 | 2500 A | 1.35 Ω | Dreieck —●— Celsa ALO 10050 K | 2500 A | 2.8 Ω | Parallel
—○— Celsa ALO 10030 | 2500 A | 1.35 Ω | Parallel

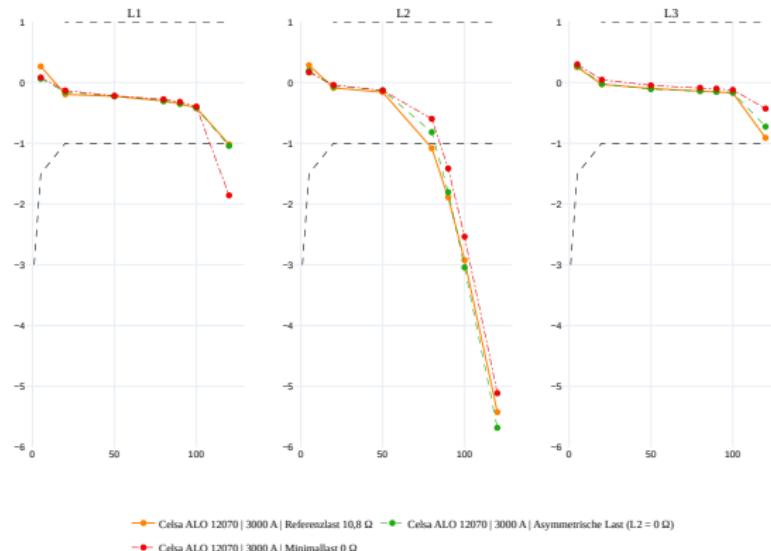
Anhang: Zusammenfassung 3000 A

3000 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck



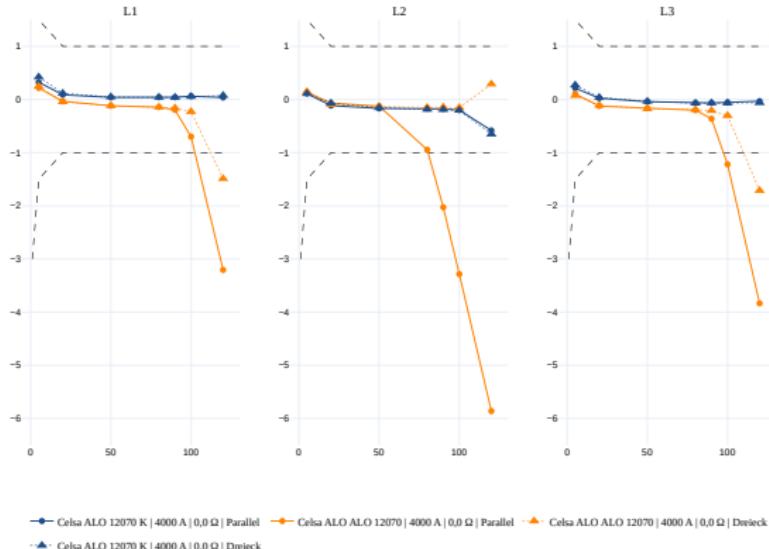
Anhang: Zusammenfassung 3000 A Bürde

3000 A | Fehlerkurve | Parallelanordnung mit unterschiedlichen Bürdenwiderständen



Anhang: Zusammenfassung 4000 A

4000 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck



—●— Celsa ALO 12070 K | 4000 A | 0,0 Ω | Parallel —◆— Celsa ALO AL0 12070 | 4000 A | 0,0 Ω | Parallel ▲— Celsa ALO AL0 12070 | 4000 A | 0,0 Ω | Dreieck
—▲— Celsa ALO 12070 K | 4000 A | 0,0 Ω | Dreieck

Anhang: Zusammenfassung 5000 A

5000 A | Fehlerkurve | Parallel und Dreieck

