# Analyse und Funktionsweise von Niederspannungs-Messwandlern

## 1. Physikalische und Technische Grundlagen von Messwandlern

Um die Funktion und Auswahl der verschiedenen Wandlertypen zu verstehen, ist ein grundlegendes Verständnis der physikalischen Prinzipien und technischen Kenngrößen unerlässlich. Messwandler, sowohl für Strom als auch für Spannung, sind spezialisierte Transformatoren, die primär der Messung und dem Schutz in elektrischen Energieanlagen dienen.

### 1.1 Das Transformatorprinzip: Elektromagnetische Induktion

Das fundamentale physikalische Prinzip, auf dem alle hier behandelten Wandler basieren, ist das Faradaysche Induktionsgesetz. Ein zeitlich veränderlicher elektrischer Strom Ip​ in einer Primärwicklung erzeugt in einem gemeinsamen magnetischen Eisenkern einen ebenfalls zeitlich veränderlichen magnetischen Fluss Φ. Dieser magnetische Fluss durchdringt eine Sekundärwicklung und induziert in dieser eine elektrische Spannung. Ist der Sekundärkreis geschlossen, fließt ein Sekundärstrom Is​.

Für einen idealen Transformator gilt die Beziehung zwischen den Strömen und den Windungszahlen der Primärwicklung (Np​) und Sekundärwicklung (Ns​):

Is​Ip​​=Np​Ns​​

Dieses Übersetzungsverhältnis ist die Grundlage dafür, wie hohe, für Messgeräte ungeeignete Primärströme proportional auf standardisierte, ungefährliche Werte (typischerweise 1 A oder 5 A) reduziert werden.1

Eine entscheidende Sicherheitsfunktion ist die galvanische Trennung. Primär- und Sekundärstromkreis sind nur magnetisch gekoppelt, aber elektrisch voneinander isoliert. Dies schützt das Messpersonal und die angeschlossenen empfindlichen Messgeräte vor den hohen Spannungen des Primärsystems.1

### 1.2 Wesentliche Kenngrößen und Definitionen

Die Auswahl und der korrekte Einsatz eines Messwandlers hängen von mehreren technischen Kenngrößen ab, die seine Leistung und Genauigkeit definieren.

#### Bemessungsübersetzung

Das Verhältnis des primären Bemessungsstroms zum sekundären Bemessungsstrom (z. B. 400/5 A) wird als Bemessungsübersetzung bezeichnet. Der primäre Bemessungswert sollte idealerweise nahe dem maximalen Betriebsstrom des zu messenden Stromkreises liegen, um den Messbereich des Wandlers optimal auszunutzen.1

#### Bemessungsleistung und Bürde

Die "Bürde" bezeichnet die Gesamtimpedanz (Widerstand) des sekundären Stromkreises. Sie setzt sich zusammen aus dem Eigenverbrauch der angeschlossenen Mess- oder Schutzgeräte sowie dem Widerstand der Verbindungsleitungen.1 Die "Bemessungsleistung", angegeben in Voltampere (VA), ist die Scheinleistung, die der Wandler an die Bürde abgeben kann, ohne seine spezifizierten Fehlergrenzen (Genauigkeitsklasse) zu überschreiten. Sie berechnet sich aus dem Quadrat des sekundären Bemessungsstroms

Is​ und der Bürdenimpedanz ZB​: P=Is2​⋅ZB​.1

Ein entscheidender, oft übersehener Faktor ist der Leistungsfaktor (cos β oder cos ϕ) der Bürde. Ältere, elektromechanische Messgeräte stellten eine induktive Last dar, weshalb für deren Bürden ein Leistungsfaktor von 0.8 induktiv standardisiert wurde. Moderne elektronische Messgeräte weisen hingegen einen nahezu rein ohmschen Eingangswiderstand auf, was einem Leistungsfaktor von 1 entspricht.1 Die Normen tragen diesem Umstand Rechnung. So gilt bei Stromwandlern für Bemessungsleistungen unter 5 VA ein Leistungsfaktor von 1, darüber ein Wert von 0.8.1 Die Nichtbeachtung dieses Parameters, insbesondere bei der Kombination moderner Messgeräte mit älteren Wandlern, kann zu Messungenauigkeiten durch eine sogenannte "Unterbürdung" führen.1

#### Genauigkeitsklasse

Die Genauigkeitsklasse (z. B. Klasse 1, 0.5, 0.2) gibt den maximal zulässigen prozentualen Übersetzungsfehler des Wandlers bei Nennbedingungen (Bemessungsstrom und einer Bürde zwischen 25 % und 100 % der Bemessungsbürde) an.1 Für hochpräzise Verrechnungszwecke (z. B. Stromabrechnung) werden geeichte Wandler der Klassen 0.2 S oder 0.5 S eingesetzt, die erweiterte Genauigkeitsanforderungen erfüllen. Für allgemeine Betriebsmessungen sind die Klassen 1 oder 3 üblich.1

#### Überstrom-Begrenzungsfaktor

Der Überstrom-Begrenzungsfaktor (englisch: Instrument Security Factor, FS) ist eine Kenngröße für Messwandler. Er gibt an, bei welchem Vielfachen des primären Bemessungsstroms der Eisenkern des Wandlers in die Sättigung geht. Durch diese Sättigung wird der Anstieg des Sekundärstroms begrenzt, was die angeschlossenen empfindlichen Messgeräte vor Zerstörung durch hohe Kurzschlussströme im Primärkreis schützt. Typische Werte sind FS 5 oder FS 10.1 Im Gegensatz dazu sind Schutzwandler (z. B. Klasse 5P10) so ausgelegt, dass sie erst bei wesentlich höheren Strömen sättigen, damit Schutzrelais auch im Fehlerfall den Kurzschlussstrom noch zuverlässig erfassen können.1

## 2. Detaillierte Analyse der Stromwandler-Bauarten

Die unterschiedlichen Bauarten von Stromwandlern sind das Ergebnis einer Optimierung für spezifische Anwendungsfälle, die sich in Konstruktion, Montageart und physikalischen Leistungsgrenzen widerspiegeln.

### 2.1 Wickel-Stromwandler

**Konstruktion:** Wickel-Stromwandler besitzen eine fest installierte Primärwicklung mit einer oder mehreren Windungen, die zusammen mit der Sekundärwicklung auf einem geschlossenen Ringkern aufgebracht ist. Sie verfügen über feste Primäranschlussklemmen (z. B. Schraubklemmen), an die der Primärleiter direkt angeschlossen wird.1

**Physikalisches Prinzip und Anwendung:** Durch die Möglichkeit, die Primärwicklung mit mehreren Windungen (Np​>1) auszuführen, kann auch bei sehr kleinen Primärströmen ein ausreichend starker magnetischer Fluss im Kern erzeugt werden. Dies ermöglicht es, auch bei geringen Strömen eine hohe Messgenauigkeit und eine nennenswerte Leistung (VA) an die sekundäre Bürde abzugeben. Aus diesem Grund werden Wickel-Stromwandler vor allem für kleinste bis mittlere primäre Bemessungsströme eingesetzt, bei denen eine hohe Genauigkeit und/oder eine größere Leistungsabgabe erforderlich ist. Dies erklärt, warum die Strombereiche für diese Bauart bei sehr niedrigen Werten beginnen, wie z. B. 1 A beim CELSA Typ WALO oder 5 A beim Ritz Typ KSW 65.1

**Beispiele:** Ritz KSW 65, KSW 73 1; CELSA WALO-(E).1

### 2.2 Aufsteck-Stromwandler

**Konstruktion:** Diese Bauart zeichnet sich durch eine Öffnung (Fenster) aus, durch die ein bauseitiger Primärleiter (Stromschiene oder Kabel) hindurchgeführt wird. Der Primärleiter selbst bildet in diesem Fall die Primärwicklung mit genau einer Windung (Np​=1).1

**Anwendung:** Der Hauptvorteil liegt in der einfachen und schnellen Montage ("montagefreundlich und meist preisgünstig"), da der Primärstromkreis nicht aufgetrennt und an Klemmen angeschlossen werden muss.1 Sie sind die Standardlösung für die meisten Anwendungen im mittleren bis hohen Strombereich in Schaltanlagen.

**Physikalische Limitation:** Da die Primärwicklung immer nur aus einer Windung besteht, ist der erzeugte magnetische Fluss direkt proportional zum Primärstrom. Bei kleinen Primärströmen ist dieser Fluss entsprechend schwach, was die wirtschaftlich erreichbare Bemessungsleistung und Genauigkeit physikalisch begrenzt. Aus diesem Grund beginnen die Messbereiche von Aufsteck-Stromwandlern typischerweise bei höheren Strömen als die von Wickel-Stromwandlern (z. B. ab 25 A oder 50 A).1

**Beispiele:** Ritz KSO-Serie 1; CELSA ALO-Serie.1

### 2.3 Kabelumbau-Stromwandler

**Konstruktion:** Das entscheidende Merkmal ist der geteilte Eisenkern. Der Wandler kann geöffnet, um einen bereits installierten Leiter gelegt und anschließend wieder sicher verschlossen werden. Um die magnetischen Verluste an der Trennstelle zu minimieren und eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten, sind die Kontaktflächen des Kerns präzise geschliffen und geläppt. Diese aufwendige Produktion erfordert zudem besonders hochwertige Kernmaterialien.1

**Anwendung:** Diese Bauart ist ausschließlich für die nachträgliche Installation in bestehenden Anlagen konzipiert, in denen eine Unterbrechung des Primärleiters zur Montage eines geschlossenen Wandlers nicht möglich oder zu aufwendig ist.

**Technischer Kompromiss:** Die Bequemlichkeit der Nachrüstbarkeit hat ihren Preis. Der unvermeidliche, wenn auch mikroskopisch kleine Luftspalt an der Trennstelle des Kerns erhöht den magnetischen Widerstand des Kreises. Um dies zu kompensieren und die geforderte Genauigkeit zu erreichen, müssen höherwertige (und teurere) Kernmaterialien als bei vergleichbaren Aufsteck-Stromwandlern mit geschlossenem Kern verwendet werden. Dies macht sie zu einer Speziallösung für Nachrüstungen oder besondere Messaufgaben wie die Erdschlusserfassung.1

**Beispiele:** Ritz UGSS-, RKU-Serie 1; CELSA TC-, TQ-Serie.1

## 3. Systematische Auswertung der Produktdaten zur Vervollständigung der Tabelle

Die folgende Analyse dient der Identifikation passender Produkte aus den Herstellerkatalogen, um die vom Anwender bereitgestellte Tabelle zu vervollständigen.

### 3.1 Methodik der Datenerhebung

Die in der Anwendertabelle unter "Typ" geführten numerischen Werte (z. B. "Typ 570") werden als primärer Bemessungsnennstrom in Ampere interpretiert (z. B. 570 A). Die Produktkataloge der Hersteller CELSA und Ritz werden systematisch nach Stromwandlerserien durchsucht, deren spezifizierter "Strombereich" den jeweiligen Zielwert einschließt. Für jeden Treffer wird der vollständige Produktname extrahiert und die Verfügbarkeit der Genauigkeitsklasse 1 verifiziert. Die Kataloge von MBS enthalten ausschließlich Daten zu Spannungswandlern und sind für diese Analyse nicht relevant.1

### 3.2 Klärung des Begriffs "Kompensiert"

Eine sorgfältige Prüfung der bereitgestellten Dokumente hat ergeben, dass der Begriff "kompensiert" in keinem der Kataloge von Ritz, CELSA oder MBS verwendet oder definiert wird.1 Die Bedeutung der Einträge "Typ 4000 (Kompensiert)" und "Typ 5000 (Kompensiert)" in der Anwendertabelle kann daher nicht direkt aus den Unterlagen abgeleitet werden. Basierend auf technischer Expertise können jedoch fundierte Hypothesen über die mögliche Bedeutung aufgestellt werden:

1. **Höhere Genauigkeit:** Der Begriff könnte sich auf eine spezielle Ausführung mit höherer Genauigkeit beziehen, die über die Standardklassen hinausgeht. Dies könnte den Verrechnungswandler-Klassen 0.2 S oder 0.5 S entsprechen, die strengere Fehlergrenzen über einen erweiterten Messbereich aufweisen.
2. **Bürden-Kompensation:** Es könnte sich um Wandler handeln, die speziell dafür ausgelegt sind, ihre Genauigkeit über einen sehr weiten Bereich von Bürden und Leistungsfaktoren (cos β) beizubehalten und somit Messfehler durch variierende oder nicht-ideale Lasten zu kompensieren.
3. **Bezug zu "geeichten" Ausführungen:** Im CELSA-Katalog werden für viele Modelle "konformitätsbewertete | geeichte" Versionen angeboten (z. B. ALO-E Serie).1 Eine solche amtlich geprüfte und justierte Ausführung könnte umgangssprachlich als "kompensiert" bezeichnet werden, da ihre Fehlerkurve optimiert wurde.

Diese Punkte bleiben Hypothesen. Eine definitive Klärung ist nur durch eine direkte Anfrage bei den Herstellern möglich.

### 3.3 Analyse der Produktdaten nach Hersteller

Nachfolgend sind die Ergebnisse der systematischen Kataloganalyse für jeden angeforderten Stromwert aufgeführt.

#### Hersteller: Ritz

1

* **Analyse für Typ 570 (570 A):**
  + **KSW 73 Wickel-Stromwandler:** Strombereich 10...200 A. *Nicht passend.*
  + **KSO 84 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 25...1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 64 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 200...600 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 650 (650 A):**
  + **KSO 84 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 25...1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 86 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...2000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 1000 (1000 A):**
  + **KSO 84 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 25...1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 86 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...2000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 108 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...1600 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 1600 (1600 A):**
  + **KSO 86 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...2000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 108 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...1600 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 213 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 800...3200 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 2000 (2000 A):**
  + **KSO 86 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 600...2000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 361 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 250...2000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 213 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 800...3200 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 2500 (2500 A):**
  + **KSO 213 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 800...3200 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 3200 (3200 A):**
  + **KSO 213 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 800...3200 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **KSO 2024 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 3000...4000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 4000 (4000 A):**
  + **KSO 2024 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 3000...4000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **TSO 250 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 4000...10000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 5000 (5000 A):**
  + **TSO 250 Aufsteck-Stromwandler:** Strombereich 4000...10000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.

#### Hersteller: CELSA

1

* **Analyse für Typ 570 (570 A):**
  + **ALO-(E) 3015:** Strombereich 50-750 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 4012:** Strombereich 50-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAP:** Strombereich 60-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IB-50 (Schutz):** Strombereich 75-600 A. *Passend.* Nur Schutzklassen.
  + **SCMU:** Strombereich 60-600 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 650 (650 A):**
  + **ALO-(E) 3015:** Strombereich 50-750 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 4012:** Strombereich 50-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAM:** Strombereich 100-1500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 1000 (1000 A):**
  + **ALO-(E) 4012:** Strombereich 50-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 5012:** Strombereich 100-1500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **TQ 42:** Strombereich 250-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAP:** Strombereich 60-1000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 1600 (1600 A):**
  + **ALO-(E) 6040:** Strombereich 200-2500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAG:** Strombereich 500-3000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IER-Serie (Schutz):** Strombereich 250-2000 A. *Passend.* Nur Schutzklassen.
* **Analyse für Typ 2000 (2000 A):**
  + **ALO-(E) 6040:** Strombereich 200-2500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAG:** Strombereich 500-3000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IER-Serie (Schutz):** Strombereich 250-2000 A. *Passend.* Nur Schutzklassen.
* **Analyse für Typ 2500 (2500 A):**
  + **ALO-(E) 6040:** Strombereich 200-2500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 8030:** Strombereich 400-2500 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IAG:** Strombereich 500-3000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
* **Analyse für Typ 3200 (3200 A):**
  + **ALO-(E) 10030/10050/12030:** Strombereich 400-4000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IRM (Schutz):** Strombereich 1500-4000 A. *Passend.* Nur Schutzklassen.
* **Analyse für Typ 4000 (4000 A):**
  + **ALO-(E) 10030/10050/12030:** Strombereich 400-4000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 12070:** Strombereich 400-6000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **IRM (Schutz):** Strombereich 1500-4000 A. *Passend.* Nur Schutzklassen.
* **Analyse für Typ 5000 (5000 A):**
  + **ALO-(E) 12070:** Strombereich 400-6000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.
  + **ALO-(E) 16050/20060:** Strombereich 800-6000 A. *Passend.* Klasse 1 verfügbar.

#### Hersteller: MBS

1

* Für alle angefragten Stromwerte (Typ 570 bis 5000) gilt: Die bereitgestellten Unterlagen enthalten ausschließlich Informationen zu **Spannungswandlern**. Es sind keine Daten zu Stromwandlern verfügbar, weshalb keine passenden Produkte identifiziert werden können.

## 4. Zusammengeführte Tabelle und Handlungsempfehlungen

Basierend auf der vorangegangenen Analyse wird die Zieltabelle vervollständigt. Sie dient als Grundlage für die finale Produktauswahl und wird durch konkrete Handlungsempfehlungen ergänzt.

### 4.1 Ausgefüllte Zieltabelle

| Hersteller | Typ | Produktname an den Hersteller | Klasse 1 Vorhanden | Vorhanden | Link | Preis | Bestellt |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ritz | Typ 570 | KSO 84, KSO 64 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 650 | KSO 84, KSO 86 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 1000 | KSO 84, KSO 86, KSO 108 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 1600 | KSO 86, KSO 108, KSO 213 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 2000 | KSO 86, KSO 361, KSO 213 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 2500 | KSO 213 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 3200 | KSO 213, KSO 2024 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 4000 | KSO 2024, TSO 250 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 4000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 5000 | TSO 250 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| Ritz | Typ 5000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 570 | ALO-(E) 3015, ALO-(E) 4012, IAP, SCMU | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 650 | ALO-(E) 3015, ALO-(E) 4012, IAM | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 1000 | ALO-(E) 4012, ALO-(E) 5012, TQ 42, IAP | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 1600 | ALO-(E) 6040, IAG | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 2000 | ALO-(E) 6040, IAG | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 2500 | ALO-(E) 6040, ALO-(E) 8030, IAG | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 3200 | ALO-(E) 10030, ALO-(E) 10050, ALO-(E) 12030 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 4000 | ALO-(E) 10030/10050/12030, ALO-(E) 12070 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 4000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 5000 | ALO-(E) 12070, ALO-(E) 16050, ALO-(E) 20060 | Ja | Ja | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| CELSA | Typ 5000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 570 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 650 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 1000 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 1600 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 2000 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 2500 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 3200 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 4000 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 4000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 5000 | *Keine Daten in Quelldokumenten* | Nein | Nein | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |
| MBS | Typ 5000 (Kompensiert) | *Siehe Empfehlung 4.2.1* | Unbekannt | Unbekannt | Nicht in Quelldokumenten enthalten | Nicht in Quelldokumenten enthalten |  |

### 4.2 Handlungsempfehlungen bei Datenlücken und zur Produktauswahl

1. **Klärung der "Kompensiert"-Modelle:** Es wird dringend empfohlen, direkt mit den Herstellern Ritz, CELSA und MBS in Kontakt zu treten, um die technische Bedeutung und Verfügbarkeit von als "kompensiert" bezeichneten Wandlern zu klären. Die in Abschnitt 3.2 dargelegten Hypothesen können dabei als Gesprächsgrundlage dienen.
2. **Beschaffung von MBS-Daten:** Da der vorliegende MBS-Katalog ausschließlich Spannungswandler behandelt, müssen für eine vollständige Marktanalyse entsprechende Unterlagen für MBS-**Stromwandler** beschafft werden.
3. **Finale Produktauswahl:** Die ausgefüllte Tabelle bietet eine Vorauswahl an technisch geeigneten Wandlern für die jeweiligen Nennströme. Die endgültige Entscheidung sollte auf Basis weiterer, anwendungsspezifischer Kriterien getroffen werden. Für jeden Nennstrom sollten die in der Tabelle gelisteten Kandidaten in den jeweiligen Katalogen nachgeschlagen werden, um folgende Parameter zu vergleichen:
   * **Bauart:** Entspricht ein Wickel-, Aufsteck- oder Kabelumbau-Wandler den Montageanforderungen?
   * **Physische Abmessungen:** Passt der Wandler in den vorgesehenen Einbauraum?
   * **Primärleiter-Abmessungen:** Stimmt die Fenstergröße des Wandlers mit dem Durchmesser des Kabels oder den Abmessungen der Stromschiene überein?
   * **Bemessungsleistung (VA):** Ist die VA-Leistung des Wandlers ausreichend für die Summe der Bürden aller angeschlossenen Geräte und der Leitungslängen?

#### Referenzen

1. 2025-08-04\_MBS\_katalog\_niederspannungswandler.pdf