

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 74 (1983)

**Heft:** 22

**Artikel:** Die Auswertung von Störschreiberaufzeichnungen

**Autor:** Gwerder, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904889>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Auswertung von Störschreiberaufzeichnungen

F. Gwerder

Es wird gezeigt, wie anhand einer Störschreiberaufzeichnung von einer Energieversorgungsleitung mit Kurzschluss die Kurzschlussentfernung und der Sammelschienen-Kurzschlussstrom bestimmt werden.

L'article montre comment il est possible au moyen d'un enregistreur de perturbations d'une ligne d'approvisionnement énergétique avec court-circuit, de déterminer la distance du court-circuit et le courant du court-circuit à la barre collectrice.

## 1. Einleitung

Störschreiber sind Registrierinstrumente, die während einem schnell ablaufenden Störungsvorgang Spannungen, Phasenströme und Ereignissignale in zeitlich vergrössertem Massstab aufzeichnen.

Die Analyse der Störschreiberaufzeichnung liefert wichtige Daten über – die Funktionen und Schaltzeiten der Schutzrelais und Leistungsschalter, – die Grösse und den zeitlichen Verlauf der Kurzschlussströme und der Kurzschlussspannungen.

Bei Leitungsstörungen kann anhand der Kurzschlussströme und -spannungen der Fehlerort berechnet werden. Bei einseitig gespeisten Leitungen lässt sich zudem die Sammelschienen-

Kurzschlussleistung bestimmen. Im vorliegenden Aufsatz wird gezeigt, wie auf Grund einer Störschreiberaufzeichnung der Kurzschlussort und die Sammelschienen-Kurzschlussströme allgemein bestimmt werden. Anschliessend wird eine Störschreiberaufzeichnung vom UW Mettlen mit den aufgestellten allgemeinen Beziehungen ausgewertet.

## 2. Bestimmung der Kurzschlussentfernung

Das Ersatzschaltbild einer Drehstromsammelschiene nach Figur 1 ermöglicht, Störschreiberaufzeichnungen auszuwerten.

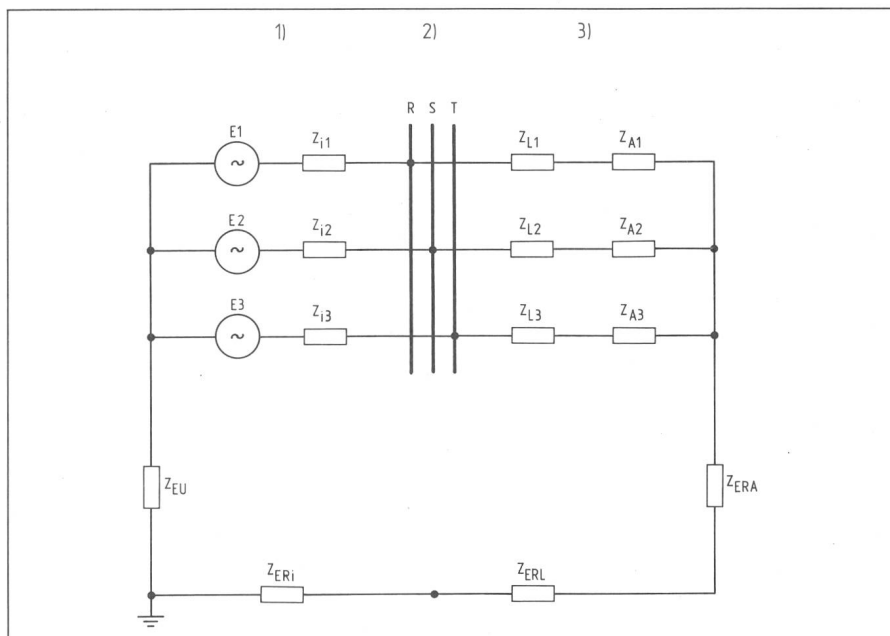


Fig. 1 Ersatzschaltbild einer Dreileiter-Sammelschiene im Originalsystem [1] mit einer einseitig gespeisten Leitung

1. Speisung;  $E_1, E_2, E_3$  Quellenspannungen  
 $Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}$  Impedanz der Sammelschienen Speisung  
 $Z_{EU}$  Impedanz zwischen dem Sternpunkt und der Erde  
 $Z_{ERi}$  Impedanz der Rückführung zur Sternpunktterdung
2. Sammelschiene mit dem Aussenleiter (Phasenleiter) R, S, T
3. Leitung;  $Z_{L1}, Z_{L2}, Z_{L3}$  Phasenimpedanzen der Leitung  
 $Z_{ERL}$  Impedanz der Rückführung des Erdschlussstromes  
 $Z_{A1}, Z_{A2}, Z_{A3}, Z_{ERA}$  Impedanzen des Leitungsabschlusses

### Adresse des Autors

Franz Gwerder, El.-Ing. HTL, Centralschweizerische Kraftwerke, 6002 Luzern.

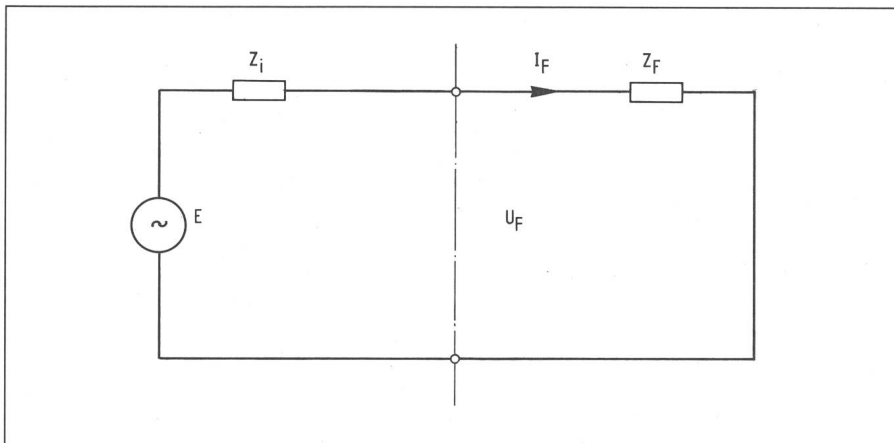


Fig. 2 Vereinfachtes einpoliges Ersatzschaltbild einer Störungsanalyse im Energieversorgungsnetz

1. aktiver Zweipol [2], E Quellenspannung, Zi Impedanz der Sammelschienen speisung
2. Sammelschiene, UF Sammelschienen spannung
3. passiver Zweipol [2], ZF Impedanz der Kurzschlussbahn zwischen dem Fehlerort und der Sammelschiene, inklusive der Impedanz am Fehlerort, IF Fehlerstrom

Sofern während einer Störung die Ausgleichströme in den gesunden Ausleitern vernachlässigbar klein sind, darf der Störungsanalyse ein einpoliges Ersatzschaltbild nach Figur 2 zugrunde gelegt werden.

Im Störungsfall sind die Sammelschienen spannung  $U_F$  und der Fehlerstrom  $I_F$  aus der Stör schreiberaufzeichnung ersichtlich. Die Impedanz der äusseren Kurzschlussbahn  $Z_F$  lässt sich relativ einfach bestimmen.

$$|Z_F| = \frac{|U_F|}{|I_F|} \quad (1)$$

Ist der Phasenwinkel  $\varphi$  zwischen Strom  $I_F$  sowie Spannung  $U_F$  bekannt und wird die Spannung  $U_F$  als Bezugszeiger in die positive reelle Achse der Gausschen Zahlenebene gelegt, resultiert die Impedanz  $Z_F$  als komplexe Grösse.

$$Z_F = \frac{|U_F|}{|I_F| [\cos - \varphi + j \sin - \varphi]} \quad (2)$$

In der Formel (2) bedeuten:

- $|U_F|$  Betrag der Sammelschienen spannung während der Fehlerstromzeit
- $|I_F|$  Betrag des Fehlerstromes
- $\varphi$  Phasenwinkel zwischen der Sammelschienen spannung  $U_F$  und dem Fehlerstrom  $I_F$
- $Z_F$  Impedanz (Resistenz  $R_F$  plus Reaktanz  $X_F$ ) der Kurzschlussbahn von der Sammelschiene bis und mit Fehlerstelle

Oftmals weist die Fehlerstelle einen Übergangswiderstand auf. Aus der Reaktanz  $X_F$  der äusseren Kurzschlussbahn kann die Kurzschlussentfernung  $l$  unabhängig vom Übergangswirkwiderstand an der Fehlerstelle bestimmt werden.

$$l = \frac{X_F}{X_l} \quad (3)$$

$X_l$  Reaktanzbelag der fehlerbehafteten Leitung

### 3. Berechnung des Sammelschienen-Kurzschlussstromes

Sofern alle physikalischen Grössen in Figur 2 in ihren elektrischen Eigenschaften als konstant angenommen werden können, berechnet sich die Impedanz der Sammelschienen speisung

$$E = I_B \cdot Z_i + U_B = I_F \cdot Z_i + U_F \quad (4)$$

$$Z_i = \frac{U_B - U_F}{I_F - I_B} \quad (5)$$

in Polarform mit dem Bezugszeiger  $U_B$

$$Z_i = \frac{|U_B| - |U_F| [\cos - \alpha + j \sin - \alpha]}{|I_F| [\cos - (\alpha + \varphi) + j \sin - (\alpha + \varphi)] - |I_B| [\cos - \varphi_B + j \sin - \varphi_B]} \quad (6)$$

Sämtliche Parameter der Formel (6) lassen sich aus einer Stör schreiberaufzeichnung herauslesen. Dabei bedeuten

- $|U_B|$  Betrag der Sammelschienen-Betriebs spannung unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- $|I_B|$  Betrag des Betriebsstromes auf dem zu untersuchenden Sammelschienen abgang unmittelbar vor dem Störungsbeginn
- $\alpha$  Phasenwinkel zwischen dem Bezugszeiger  $U_B$  und der Spannung  $U_F$
- $\varphi$  Phasenwinkel zwischen der Sammelschienen spannung  $U_F$  und dem Fehlerstrom  $I_F$
- $\varphi_B$  Phasenwinkel zwischen der Spannung  $U_B$  und dem Strom  $I_B$

Während einem satten Sammelschienenkurzschluss ist die Sammelschienen spannung  $U_F$  vernachlässigbar klein. Aus dieser Überlegung lässt sich der maximale Sammelschienenkurzschlussstrom  $I_K$  aus (5) herleiten.

$$Z_i = \frac{U_B}{I_K - I_B} \quad (7)$$

$$I_K = \frac{U_B}{Z_i} + I_B \quad (8)$$

In den Formeln (4) bis (8) wurde angenommen, dass der Strom, der durch die Impedanz der Sammelschienen speisung  $Z_i$  fliesst, gleich gross ist wie derjenige, der am Sammelschienen abgang der gestörten Leitung gemessen wird. Diese Bedingung ist nur bei einer einseitig gespeisenen Leitung [3] erfüllt. Zudem wurde vorausgesetzt, dass die physikalischen Grössen der Zweipole in Figur 2 in ihren elektrischen Eigenschaften konstant sind. Bei

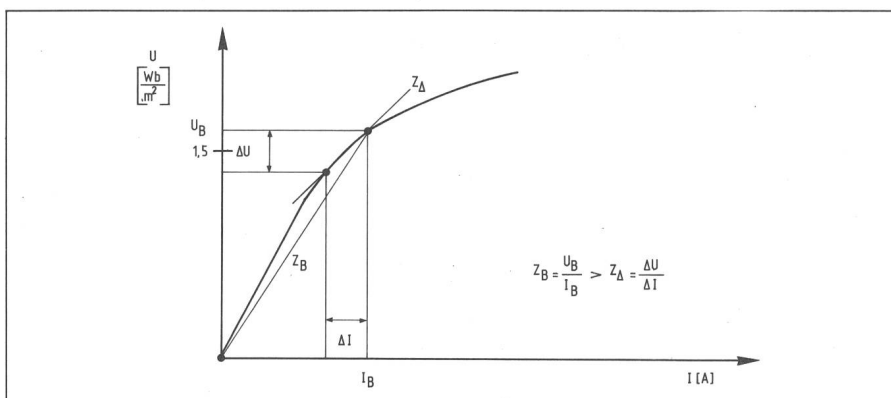


Fig. 3 Impedanz  $Z_B$  aus Betriebsspannung  $U_B$  und Betriebsstrom  $I_B$ , sowie Impedanz  $Z_A$  aus einer Spannungs- und Stromschwankung  $\Delta U$  und  $\Delta I$  einer Induktivität mit Eisensättigungserscheinungen

nichtlinearen Widerständen (Varistoren, Halbleiter), bei Induktivitäten mit Eisensättigungserscheinungen (Generatoren, Transformatoren, Motoren, Wandler) [4], bei Schaltvorgängen [2] (Übergangsverhalten) können die Formeln (4) bis (8) falsche Resultate liefern. Die Figur 3 veranschaulicht, dass die Fehlermöglichkeit durch Nichtlinearitäten besonders gross sein kann, wenn Messungen mit einem relativ kleinen  $\Delta U$  beziehungsweise kleinem  $[|U_B| - |U_F|]$  ausgewertet werden.

#### 4. Auswertung einer Störschreiberaufzeichnung UW Mettlen

Am 1. August 1983 registrierten die Störschreiber im UW Mettlen (Siemens-Oscillostore-Anlage) einen Erdschluss auf der 220-kV-Leitung Mettlen-Ingenbohl-Göschenen (Fig. 4). Diese Leitung stellt im 220-kV-Netzwerk eine einseitig gespeiste Leitung dar.

Folgende Daten sind aus den Störschreiberaufzeichnungen zu entnehmen.

$$\begin{aligned} |U_B| &= 140 \pm 7 \text{ kV} \\ |U_F| &= 106 \pm 5 \text{ kV} \quad \alpha = 4^\circ \pm 4^\circ \\ |U_B| - |U_F| &= 34 \pm 2 \text{ kV} \\ |I_B| &< 0,1 \text{ kA} \\ |I_F| &= 7,5 \pm 0,4 \text{ kA} \quad \varphi = 72^\circ \pm 9^\circ \end{aligned}$$

Die Impedanz  $Z_F$  nach (2) wird

$$Z_F = 4,38 \begin{matrix} +2,73 \\ -2,38 \end{matrix} + j 13,47 \begin{matrix} +1,99 \\ -2,06 \end{matrix} \Omega$$

$$|Z_F| = 14,16 \pm 1,42 \Omega$$

Die elektrischen Leitungskennndaten der 220-kV-Leitung Mettlen-Ingenbohl lauten

Leitungslänge

$$l = 27,08 \pm 0,54 \text{ km}$$

Leiterimpedanz

$$Z_l = 0,80 \begin{matrix} +0,53 \\ -0,22 \end{matrix} + j 8,88 \begin{matrix} +4,79 \\ -2,00 \end{matrix} \Omega$$

Nullimpedanz

$$Z_0 = 8,13 \begin{matrix} +1,99 \\ -1,33 \end{matrix} + j 31,53 \pm 8,66 \Omega$$

Der Reaktanzbelag im Originalsystem bei Erdschluss wird

$$X_l = \frac{2X_l + X_0}{3l} = 0,61 \begin{matrix} +0,24 \\ -0,17 \end{matrix} \Omega/\text{km}$$

Die Entfernung  $l$  zwischen dem UW Mettlen und dem Fehlerort ist nach (3)

$$l = 22,08 \begin{matrix} +13,06 \\ -8,66 \end{matrix} \text{ km.}$$

Der Fehlerort war in Wirklichkeit  $28 \pm 1 \text{ km}$  vom UW Mettlen entfernt auf der 220-kV-Leitung Ingenbohl-Göschenen.

Die Impedanz  $Z_i$  der Sammelschienspeisung bei Erdschluss ist nach (6)

$$Z_i = 2,07 \begin{matrix} +0,90 \\ -1,43 \end{matrix} + j 4,20 \begin{matrix} +0,75 \\ -0,73 \end{matrix} \Omega$$

$$|Z_i| = 4,68 \begin{matrix} +0,93 \\ -0,57 \end{matrix} \Omega$$

Der einsträngige Kurzschlussstrom bei satten Sammelschienschluss im UW Mettlen ergibt sich aus Formel (8)

$$I_{K1} = 30 \begin{matrix} +5,8 \\ -6,2 \end{matrix} \text{ kA}$$

Nach den Ergebnissen von Kurzschlussberechnungen im Höchstspannungsnetz der UCPTÉ-Länder [5] sind die einpoligen Sammelschienschlussströme um 90% der dreipoligen Kurzschlussströme. Die 220-kV-Sammelschiene des UW Mettlen ist fern von jeder grösseren Kraftwerkeinspeisung. Am nächsten liegt das Kernkraftwerk Göschen mit zwei parallelen 220-kV-Leitungen von 43 km Länge. Der Sammelschienschlussstrom im UW Mettlen wird daher vorwiegend durch die Impedanz der 220-kV-Leitungen bestimmt. Dieses Verhältnis der Impedanzbeläge bei dreipoligem Sammelschienschluss zu jenem bei Erdschluss liegt bei 0,65. Somit hat der dreipolige Sammelschienschlussstrom im UW Mettlen nach dieser Auswertung am 1. August 1983

$$39 \pm \begin{matrix} 16 \\ 13 \end{matrix} \text{ kA betragen.}$$

#### Literatur

- [1] Von Koeltz und Pundt: Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze Band I. Mathematische Grundlagen und Netzparameter, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 2. Aufl., 1973.
- [2] Möller, Fricke, Frohne, Vaske: Grundlagen der Elektrotechnik, Teubner-Verlag, Stuttgart, 16. Aufl., 1976.
- [3] Flosdorff und Hilgarth: Elektrische Energieverteilung, Teubner-Verlag, Stuttgart, 4. Aufl., 1982.
- [4] Möller und Vaske: Elektrische Maschinen und Umformer, Teil 1. Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsverhalten, Teubner-Verlag, Stuttgart, 12. Aufl., 1976.
- [5] Berechnungen der Kurzschlussströme an den Grenzknoten der UCPTÉ-Länder für den vorausgeschätzten Stand am 21. Januar 1981, UCPTÉ-Quartalsbericht 1-1981.

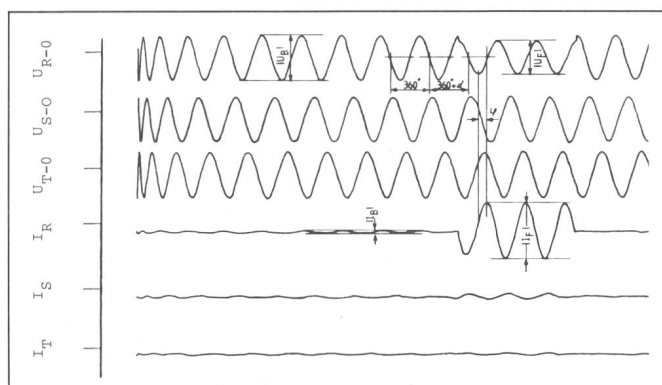


Fig. 4  
Störschreiber-  
aufzeichnung im  
UW Mettlen;  
220-kV-Leitung  
Ingenbohl vom  
1. August 1983