

# Beeinflussungsmindernde Rückleitungssysteme für Wechselstrombahnen

Autor(en): **Tischler, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **71 (1980)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-905204>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Beeinflussungsmindernde Rückleitungssysteme für Wechselstrombahnen

Von G. Fischer

## 1. Allgemeines

Die Höhe der Beeinflussung einer Wechselstrombahn auf benachbarte Fernmeldesysteme hängt, bei sonst gleichen Faktoren für Fahrstrom, Frequenz (Grundwelle, Oberwellengehalt), spezifischen Bodenwiderstand und Abstand zur beeinflussten Leitung, ganz wesentlich davon ab, welcher Anteil des zum Einspeisepunkt zurückfließenden Stromes über Erde fließt. Dieser Anteil kann durch besondere Ausführungen der Stromversorgung und der Rückleitung erheblich gemindert werden. Dies kann durch das Angebot zusätzlicher Rückleiter geschehen, aber auch dadurch, dass der Rückstrom durch Erhöhung der magnetischen Kopplung zwischen Fahrleitung und Rückleitern in die Schienen oder andere Rückleiter gezogen wird.

## 2. Stromversorgungs- und Rückleitungssysteme

Die Tabelle I gibt eine Übersicht über bisher bekanntgewordene und auch praktisch erprobte Stromversorgungs- und Rückleitungssysteme für Wechselstrombahnen und damit erreichbare Reduktionsfaktoren für die Beeinflussung bei der Grundwelle und durch Oberwellen im Sprachband.

### 2.1 Normalbahn

Als Rückleiter dienen lediglich die Schienen, wobei jedoch im Falle der Isolierung einer Schiene für Zwecke der Signalisierung auch nur eine Schiene je Gleis zur Verfügung stehen kann. Der Reduktionsfaktor hängt stark von der Trasse und der mehr oder weniger guten Isolierung der Schienen ab, wobei aber die «isolierte» Strecke, welche einen sehr günstigen Reduktionsfaktor hätte, aus praktischen Sicherheitsgründen des Potentialausgleichs zwischen Schiene und Umgebung, nicht hergestellt werden kann und nur gut geerdete Systeme in Frage kommen.

### 2.2 Bahn mit Verstärkungskabel (Fig. 1)

Dieses System, das beim Vortrag noch als theoretische Studie mit sehr günstig zu erwartenden Eigenschaften vorgestellt wurde, wird inzwischen zumindest in Asien praktisch erprobt. Dieses System setzt für einen sicheren Betrieb etwa gleiche Querschnitte für den Hin- und Rückleiter im Kabel voraus ( $Q_i \approx Q_a$ ). Die thermische Belastbarkeit auch im Kurzschlussfall muss beachtet werden. Mit dem System können extrem niedrige Reduktionsfaktoren erzielt werden. Dabei ist es ausserdem zur Hilfsspeisung von Hochleistungsbahnen bei Beibehaltung einer fahrtechnisch günstigen leichten Oberleitung besonders geeignet.

### 2.3 Rückleitersystem (Fig. 2)

Hier sind zusätzliche Rückleiter an den Masten der Fahrleitung angebracht, wobei der Ort der Anbringung und die Wahl der Leiterdimension den Reduktionsfaktor bestimmen. Wegen der magnetischen Kopplung zwischen den Leitern ist es aber keinswegs so, dass eine Erhöhung der Querschnitte auch eine entsprechende Verbesserung der Reduktionsfaktoren bedeuten muss.

### 2.4 Saugtransformatoren (Fig. 3)

Es gibt verschiedene Varianten des Einsatzes von Saugtransformatoren, wobei hier lediglich das System C nach CCITT dargestellt ist.

Die theoretischen Werte der Reduktionsfaktoren können besonders bei dicht befahrenen Bahnen praktisch nicht erreicht werden, da mehrere Faktoren (Unwirksamkeit im jeweils befahrenen Abschnitt: «train in section», Streuinduktivität, Ausgleichsvorgänge, Verstärkung der Oberwellen im Fahrleitungssystem durch Erhöhung der Güte des Resonanzsystems usw.)

Orientierungswerte für Reduktionsfaktoren

Tabelle I

System	Gleise	Schienen 50-60 kg/m $G \sim 2 \Omega^{-1} \text{ km}^{-1}$	Reduktionsfaktor	
			bei Grundwelle $16^2/3-50-60 \text{ Hz}$ $g = 100-1000 \Omega \text{ m}$	bei Oberwellen $\sim 1000 \text{ Hz}$ $g = 100-1000 \Omega \text{ m}$
1 Normalbahn (nur Schiene und Fahrleitung)	1	1	0,8 -0,57	0,58-0,5
	1	2	0,5 -0,42	0,48-0,41
	2	2 aussen	0,45-0,38	0,43-0,37
	2	4	0,4 -0,35	0,35-0,30
2 Verstärkungskabel $Q_i \approx Q_a$ , Mantel beidseitig ↓	2	4	0,25-0,06	0,2 -0,05
3 1 Rückleiter 2 Rückleiter 4 Rückleiter	1	1	0,5 -0,35	0,37-0,29
	1	1	0,4 -0,29	0,30-0,26
	2	2 (+ 2)	0,23-0,15	0,18-0,14
4 Saugtrafos + Leitung 2 × Saugtrafos + Leitung	1	1	<sup>1)</sup> 0,008/0,18 <sup>2)</sup> } ..0,1...0,5..	<sup>1)</sup> 0,002/0,111 <sup>2)</sup> }
	2	2 (+ 2)	0,035-0,021	0,031-0,023
5 Saugtrafos + 1 Rückleiter 2 × Saugtrafos + 2 Rückleiter	1	1	<sup>1)</sup> 0,06/0,12 <sup>2)</sup> } 0,23-0,13	<sup>1)</sup> 0,071 <sup>2)</sup> } 0,22-0,12
	2	2 (+ 2)	0,03-0,014	0,02-0,014
6 Auto-Trafo	2	2 (+ 2)		

<sup>1)</sup> Theoretische Werte für eingeschwungenen Zustand, ohne «train-in-section»-Effekt    <sup>2)</sup> Praktische Werte

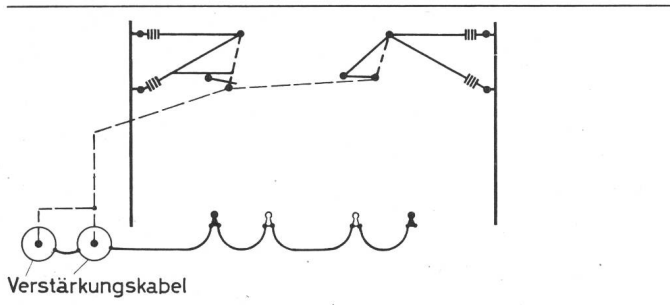


Fig. 1 Reduktionswirkung von Verstärkungskabeln

Reduktionsfaktor

$$\Gamma_{\text{nah}} 0,25 \dots 0,09 \quad (16^2/3 \text{ Hz})$$

$$\Gamma_{\text{fern}}$$

ca. 200/200...3 × 300/300 mm<sup>2</sup> Al. Mantel mind. beidseitig ↓  
 $\rho \sim 100 \dots 1000 \Omega\text{m}$ . 4 Schienen 60 kg/m

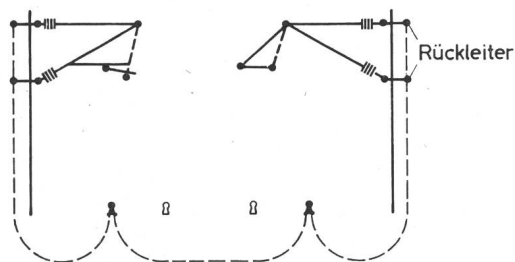


Fig. 2 Bahrfahrleitung mit Rückleitersystem

Reduktionsfaktor

$$\Gamma_{\text{Grundwelle}} 0,23 \dots 0,16$$

$$\Gamma_{1000 \text{ Hz}}$$

$\rho \sim 100 \dots 1000 \Omega\text{m}$  Schienen 50...60 kg/m

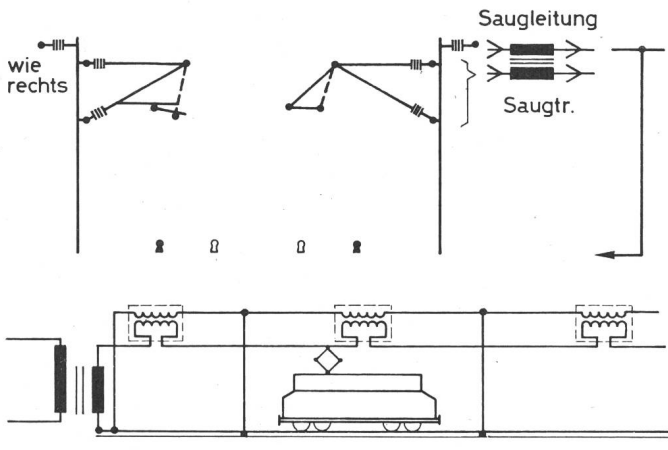


Fig. 3 Fahrleitung mit Saugtransformator System C nach CCITT

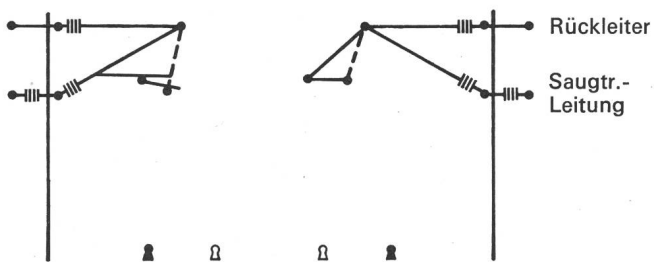


Fig. 4 Saugtransformatorsystem kombiniert mit Rückleiter

verschlechternd wirken. Die unvermeidbare Erhöhung der Leitungsimpedanz kann auf Steigungsstrecken den Bahnbetrieb behindern. Der Aufwand ist erheblich höher als beim System 2.3 ohne eine entsprechende praktische Verbesserung der Reduktionswirkung.

## 2.5 Kombinationssystem 3 und 4 (Fig. 4)

Bei diesem System tritt eine Minderung des «Train in section»-Effektes auf. Im ganzen wird ein dem System 2.3 gegenüber leicht verbessertes Ergebnis erzielt, wobei jedoch der Aufwand und die Behinderung des Bahnbetriebes nicht aufgewogen werden.

## 2.6 Autotransformatoren (Fig. 5)

Für dieses System existieren zahlreiche Varianten, sowohl für 1gleisige (Fig. 5a) als auch 2gleisige (Fig. 5b) Bahnen, mit und ohne Erdung des Mittelpunktes des speisenden Transformators, die sich in betrieblicher Hinsicht erheblich unterscheiden können (Probleme bei Gleiswechseln, erhöhte Isolierung wegen Potentialverlagerung im Kurzschlussfall usw.).

Fig. 5c zeigt als Beispiel die Stromverteilung (die Zahlen geben relative Einheiten des Stromes) für einen bestimmten Standort einer Lokomotive. Bereits aus der Unsymmetrie der Stromverteilung kann erkannt werden, dass die Reduktionswirkung des Systems einem ständigen Wechsel nach Ort und Zeit unterliegt und nicht eindeutig definiert ist. Da aber je nach Fall auch die ungünstigsten Werte für jeden Ort in Betracht gezogen werden müssen, hat das System auch im Hinblick auf seine Reduktionswirkung mit Schwierigkeiten zu kämpfen.

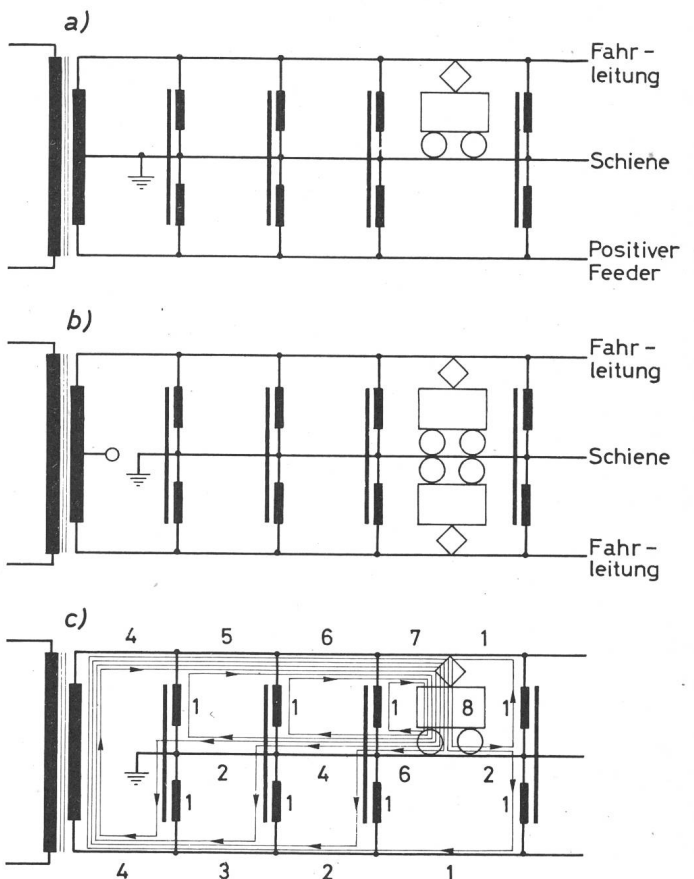


Fig. 5 Autotransformatorsystem

### 3. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Systeme 2.2 und 2.3 bei gleichzeitig günstigen Eigenschaften für den Fahrbetrieb der Bahn Reduktionsfaktoren liefern, die denen der anderen Systeme vergleichbar und auch überlegen sein können. Die Wahl des nach Aufwand und Wirkung günstigsten Systems hängt jedoch von verschiedenen Faktoren (Betriebs-

bedingungen, Bodenwiderstand, Neubau, Nachrüstung usw.) ab und bedarf von Fall zu Fall einer eingehenden Analyse.

#### Adresse des Autors

G. Tischer, Dr. phil. nat., Dipl. Phys., Ingenieurbüro, Sprollstrasse 47, D-7000 Stuttgart 70.

## Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsleitungen: Massnahmen und technische Regeln

Von B. Thiem

### 1. Einführung

Im Jahre 1966 veröffentlichte die Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB) und die Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen (AfK) die Technische Empfehlung Nr. 7 (wortgleich mit AfK-Empfehlung Nr. 3) [1]. Diese Empfehlung befasst sich mit Massnahmen bei Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungsleitungen. Mehrere Jahre entsprach sie voll den technischen Gegebenheiten.

Verdichtung und gegenseitige Verflechtung der Rohrleitungs- und Hochspannungsnetze nahmen in der Folgezeit jedoch rasch zu. Die Betriebs- und Kurzschlußströme in den Hochspannungsnetzen stiegen weiter an. Bei den Rohrleitungen wurden die Umhüllungen aus Bitumen fast ausschliesslich durch solche aus Polyäthylen abgelöst. Der elektrische Umhüllungswiderstand der mit diesem Werkstoff isolierten Rohre liegt um eine Zehnerpotenz höher als bei bitumenummantelten Rohren. Mit bis zu 3fach höheren Spannungen Rohr-Erde bzw. Berührungsspannungen im Fall einer Beeinflussung ist dabei zu rechnen. Ausserdem ist eine natürliche Spannungsbegrenzung bei etwa 1200...1500 V, wie diese bei Rohrleitungen mit Bitumenumhüllung eintritt [2], nicht mehr gegeben.

Diese Veränderungen sowie neuere Untersuchungen, Erkenntnisse und Erfahrungen machten die Überarbeitung der Technischen Empfehlung aus dem Jahre 1966 durch die SfB/AfK-Arbeitsgemeinschaft «Rohrleitungsbeeinflussung» erforderlich. Diese Überarbeitung steht kurz vor dem Abschluss. Über die wesentlichen neuen Erkenntnisse wird berichtet.

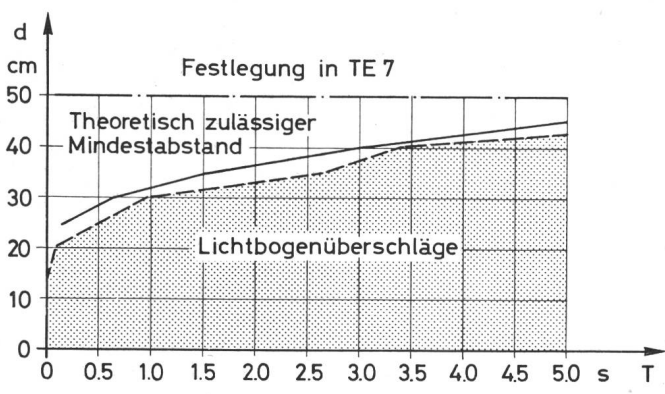


Fig. 1 Mindestabstände zwischen Rohren und Bänderdnen nach Untersuchungen der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik

d = Abstand Rohr-Erder  
T = Kurzschlussabschaltzeit

### 2. Grundsätzliches zur Rohrleitungsbeeinflussung

Den in der Technischen Empfehlung Nr. 7 (TE7) gegebenen Hinweisen und Massnahmen liegen eine Reihe grundsätzlicher Bestimmungen, Ausarbeitungen und Überlegungen zugrunde.

#### 2.1 Ohmsche Kopplung

##### 2.1.1 Berührung unter Spannung stehender Leiterseile

In unmittelbarer Nähe unter Spannung stehender Leiter von Hochspannungsfreileitungen und -anlagen besteht für das mit Baumaschinen und -geräten arbeitende Personal die grösste Gefährdung. Hier mussten immer wieder schwere Unfälle beklagt werden.

Besonders wichtig ist daher, einen genügend grossen Sicherheitsabstand zu Hochspannungsleitungen einzuhalten, um ein direktes Berühren mit den Leiterseilen bzw. einen Lichtbogenüberschlag auszuschliessen. Detaillierte Angaben über zulässige Annäherungen bei Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile sind in DIN 57105/VDE 0105, Teil 1 [3], enthalten.

##### 2.1.2 Lichtbogenbeeinflussung durch Erder und Hochspannungskabel

Erdungsanlagen von Kraftwerken, Schalt- und Umspannanlagen sowie metallene Kabelmäntel nehmen je nach Sternpunktbehandlung des Hochspannungsnetzes bei Erdkurzschlüssen, Erdschlüssen bzw. Doppelerdschlüssen gegen ferne Erde eine Spannung an (Erdungsspannung). Sich nähernde Rohrleitungen mit Umhüllungen aus Bitumen oder Polyäthylen führen das Potential der fernen Erde heran. Zwischen Rohrleitung und Erdungsanlage bzw. Kabelmantel liegt dabei maximal die gesamte Erdungsspannung an. Neben den Berührungsspannungen, die im nächsten Abschnitt behandelt werden, ist an Engpässen von besonderem Interesse, welche Mindestabstände eingehalten werden müssen, damit ein Lichtbogenüberschlag zwischen Erder und Rohrleitung bzw. Kabelmantel und Rohrleitung vermieden wird.

Die höchsten Erdungsspannungen sind an den räumlich begrenzten Masterdungen von Hochspannungsfreileitungen zu erwarten. Von der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (FGH) wurden hierzu umfangreiche Untersuchungen durchgeführt [4]. Fig. 1 zeigt die ermittelten theoretisch zulässigen Abstände zwischen Rohren und Erdern bei verschiedenen Kurzschlussabschaltzeiten.

Engpässe in den Leitungsstrassen ergeben sich besonders oft in den dicht besiedelten Gebieten der städtischen Verdicht-