

# ***Kabelüberwachung***

## **Technische Grundlagen und Beispiele**



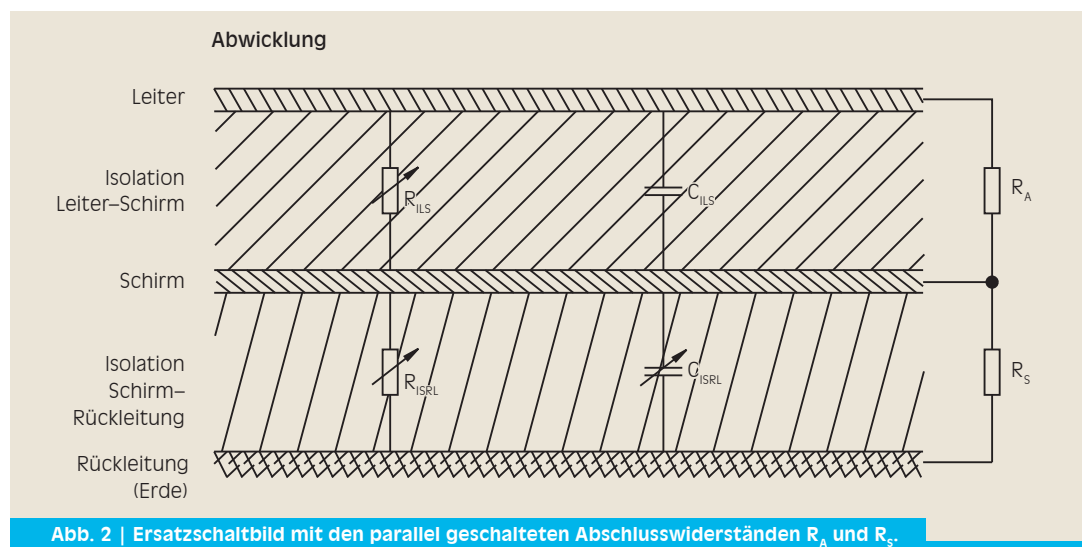
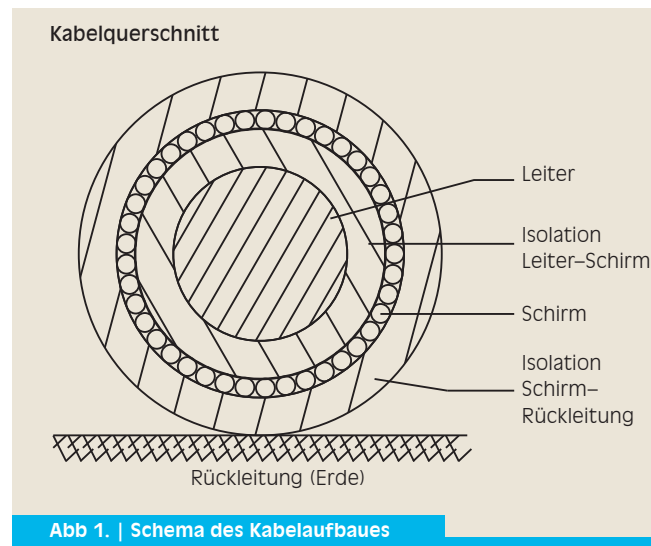
## Grundprinzipien der Kabelüberwachung

Der Kabelisoliationsüberwachung der Geräte von ESN-Bahngeräte GmbH liegt die Idee zu Grunde, die Spannung zwischen Schirm- und Rückleitung/Erde (Schirmspannung  $U_{\text{schirm}}$ ) im Verhältnis zur Spannung Leiter-Schirm ( $U_A$ ) zu beobachten und auszuwerten.

Aus diesem Grunde ist eine Überwachung auch nur bei einem Kabel mit Schirm möglich.

Um die Schirmspannung  $U_{\text{schirm}}$ , die bei einer Fahrleitungsspannung von  $U_{\text{FL}} = 750\text{V DC}$  bei etwa  $40\text{V DC}$  liegt, im Kabelüberwachungsgerät zu messen, werden der Leiterisolation  $R_{\text{ISRL}}$  ( $R_{\text{Isol-Leiter-Schirm}}$ ) ein Abschlusswiderstand von  $R_A = 1,12\text{ M}\Omega$  und der Schirmisolation  $R_{\text{ISRL}}$  ( $R_{\text{Isol-Schirm-Rückleitung}}$ ) ein Abschlusswiderstand von  $R_S = 68\text{ k}\Omega$  parallel geschaltet.

Durch die so erreichte Reduzierung der Gesamtwiderstände erreicht man die Schirmspannung  $U_{\text{schirm}}$  von ca.  $40\text{V DC}$ , die als Messkriterium für die zu detektierenden Fehlerfälle dient.



# Kabelüberwachung

## Brückenschaltung

Die beiden Parallelschaltungen der Isolationswiderstände ( $R_{ILS}$  und  $R_{ISRL}$ ) mit den Abschlusswiderständen (Brückenwiderständen)  $R_A$  und  $R_S$  werden mit dem Messgerät zu einer Wheatstone'schen Brücke zusammengeschaltet.  $U_{Schwelle}$  ist dabei die Spannung, die zwischen Schirm und Rückleitung bei **fehlerfreiem Kabel** als Schwellenspannung eingestellt wird.

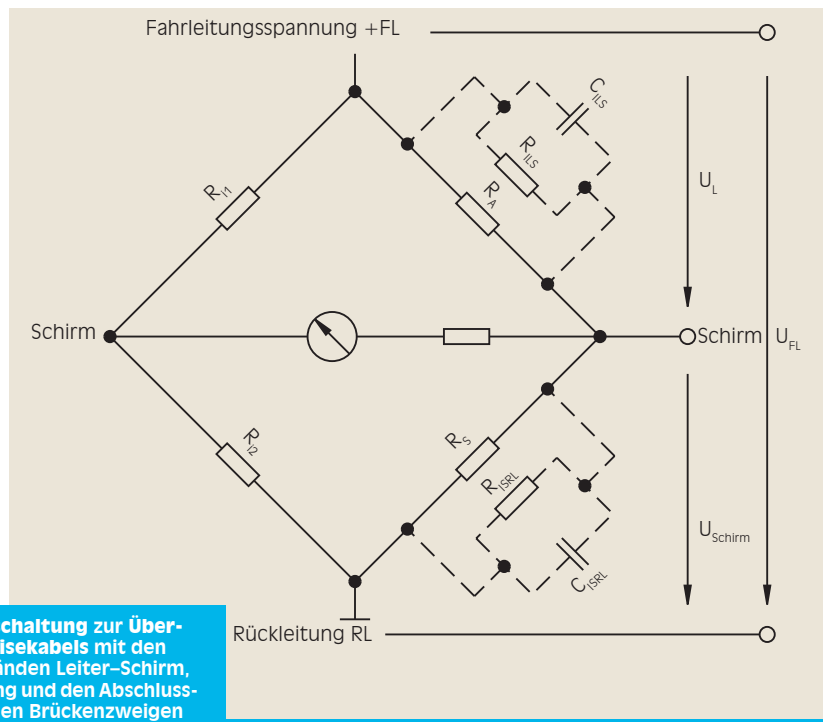


Abb. 3 | Brückenschaltung zur Überwachung des Speisekabels mit den Isolationswiderständen Leiter-Schirm, Schirm-Rückleitung und den Abschlusswiderständen in den Brückenzeigen

Abschlusswiderstand zwischen Leiter und Schirm	$R_A = 1,12 \text{ M}\Omega$
Abschlusswiderstand zwischen Schirm und Rückleitung	$R_{schirm} = 68 \text{ k}\Omega$
Ohmscher Widerstand zwischen Leiter und Schirm	$R_{ILS}$
Kapazitiver Widerstand zwischen Leiter und Schirm	$RC_{ILS}$
Ohmscher Widerstand zwischen Schirm und Rückleitung	$R_{ISRL}$
Kapazitiver Widerstand zwischen Schirm und Rückleitung	$RC_{ISRL}$
Brücken-Innenwiderstände des Kabelüberwachungsgeräts	$R_{11}$ und $R_{12}$

Anstelle des Instruments sitzt im Kabelüberwachungsgerät ein Operationsverstärker mit einstellbarer Ansprechschwelle für die zwei zu überwachenden Isolationsfehler: Innerer Schluss und Erdschluss. Der gemessene Brückenwiderstand entspricht der Parallelschaltung von Isolations- und Abschlusswiderständen ( $R_A = 1,12 \text{ M}\Omega$  zwischen Leiter und Schirm und  $R_S = 68 \text{ k}\Omega$  zwischen Schirm und Rückleitung). Die Abschlusswiderstände sind entweder im Gerät eingebaut oder werden zur Überwachung des

Schirmes an den Kabelenden angeschlossen. An den folgenden Beispielen soll gezeigt werden, dass in diesen Fällen auch die Spannungsabfälle des Speise- bzw. des Rückleiterkabels in die Messung eingehen und so die Leiterqualität überwacht werden kann. Die Veränderungen in der Isolation und damit der Isolationswiderstände des Kabels zwischen Leiter-Schirm einerseits und Schirm-Rückleitung andererseits beeinflussen die Messung des Brückenwiderstands und zeigen folgende Fehlerfälle an:

# Kabelüberwachung

## 1. Innerer Schluss zwischen Schirm und Leiter

Bei einem Inneren Schluss **reduziert** sich der Isolationswiderstand Leiter–Schirm und folglich auch die Leiterspannung  $U_A$  mit der Folge, dass sich die Schirmspannung  $U_{\text{Schirm}}$  erhöht:

$U_{\text{Schirm}} > U_{\text{Schwelle}} \rightarrow$  Innerer Schluss  
 $\rightarrow$  Meldung Innerer Schluss

## 2. Erdschluss

Bei einem Erdschluss verringert sich der Isolationswiderstand Schirm–Rückleitung und entsprechend reduziert sich die Schirmspannung  $U_S$ :

$U_{\text{Schirm}} < U_{\text{Schwelle}} \rightarrow$  Erdschluss  
 $\rightarrow$  Meldung Erdschluss

## 3. Auswertung

In vielen Fällen geschieht die Auswertung so, dass die Wirkungsrichtung »**Innerer Schluss**« zur Abschaltung, die Wirkungsrichtung »**Erdschluss**« nur zu einer **Meldung** und nicht zu einer Abschaltung führt, so dass genügend Zeit verbleibt, den Fehler zu suchen und zu beheben, ohne dass die Anlage automatisch abgeschaltet wurde.

Kabelüberwachungsgerät  
Typ 8531, Nennspannung 750V DC.  
Dieses Gerät benötigt keine  
Hilfsspannung, es kann keine  
Anzeige angeschlossen werden.



## 4. Isolationswiderstände

Die Abb. 4 zeigt die auf 750V DC Fahrleistungsspannung bezogenen Isolationswerte  $R_{ILS}$  (Leiter-Schirm) und  $R_{ISRL}$  (Schirm-Rückleitung) in Abhängigkeit von der Schirmspannung  $U_{Schirm}$ .

Für andere Fahrleistungsspannungen als 750V DC ändert sich natürlich  $U_{Schirm} \rightarrow U_{Schirm \text{ bei UFL}}$  ( $U_{FL}$  = Fahrleistungsspannung). Der nun gemessene Schirmspannungswert  $U_{Schirm \text{ bei UFL}}$  muss mit dem Verhältnis

$750V/U_{FL}$  multipliziert werden, um die normierte Grafik anwenden zu können und die Isolationswiderstände bei dieser Betriebsspannung zu ermitteln.

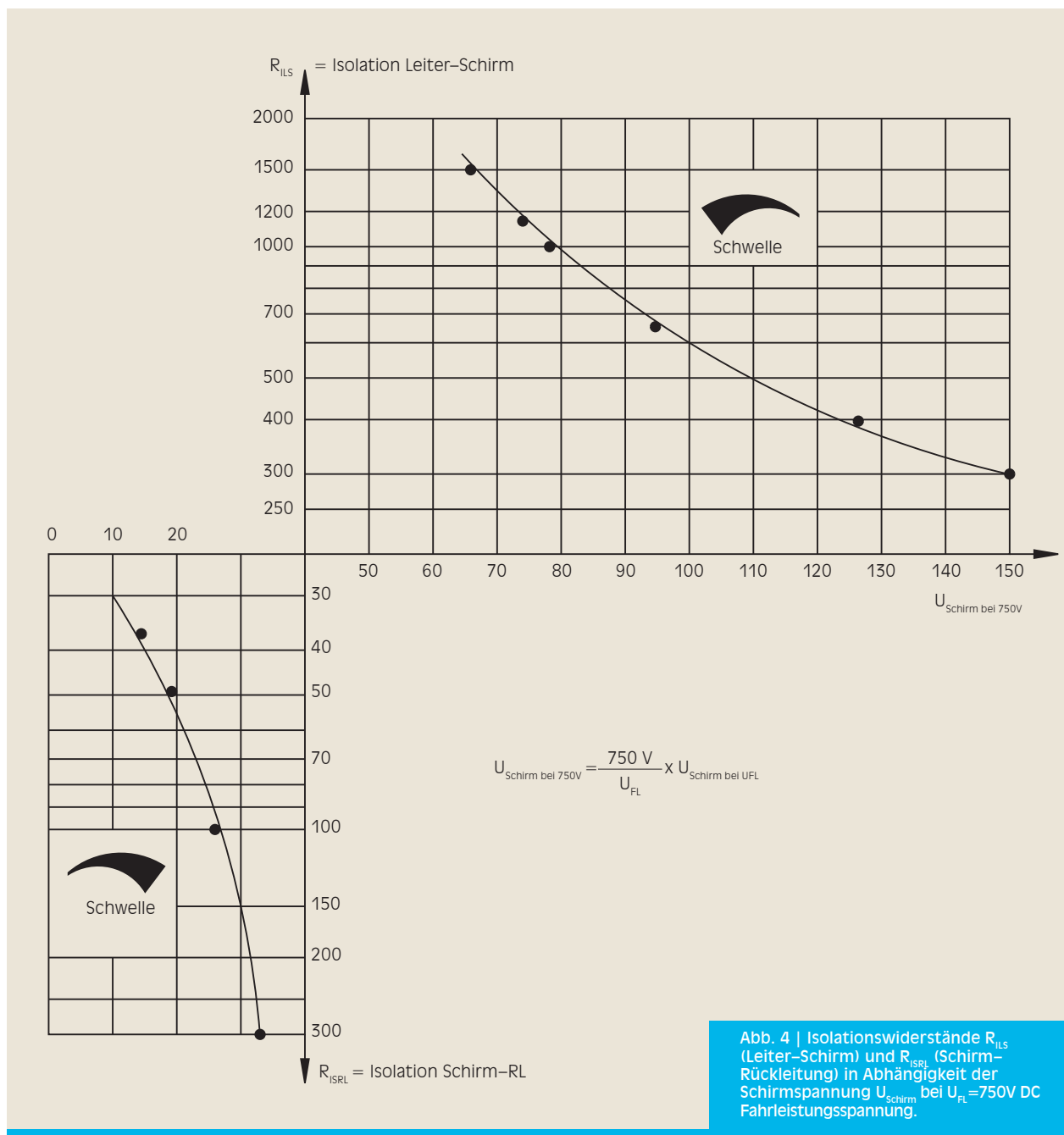


Abb. 4 | Isolationswiderstände  $R_{ILS}$  (Leiter-Schirm) und  $R_{ISRL}$  (Schirm-Rückleitung) in Abhängigkeit der Schirmspannung  $U_{Schirm}$  bei  $U_{FL} = 750V$  DC Fahrleistungsspannung.

# Kabelüberwachung

Die folgenden Beispiele zeigen die verschiedenen Möglichkeiten, das Speise- und Rückleiterkabel zu überwachen. Abhängig davon, wo die Abschlusswiderstände montiert werden, werden Spannungsabfälle auf dem Speise- oder dem Rückleiterkabel in die Messung mit einbezogen und zur Beurteilung genutzt. Das gleiche gilt für die Überwachung des Schirms auf Unterbrechung.

... zu den Beispielen

**Kabelüberwachungsgerät**  
Typ 8532/8533, Nennspannung 750V DC. Dieses Gerät benötigt eine Hilfsspannung von 18–80V DC, es kann eine Anzeige angeschlossen werden.



**Anzeigeeinheit**  
Typ 853291, Anzeige von Ist- und Grenzwert für Widerstand Leiter-Schirm und Schirm-Rückleitung. Die Anzeige kann nur mit Kabelüberwachungsgeräten der Typen 8532/8533 eingesetzt werden.





# Kabelüberwachung

## Beispiel 1: Überwachung des Speisekabels auf Inneren Schluss und Erdschluss (Standardüberwachung)

Die Klemme S des Überwachungsgeräts ist mit dem Schirm des Speisekabels verbunden, die Abschlusswiderstände  $R_A = 1,12 \text{ M}\Omega$  und  $R_S = 68 \text{ k}\Omega$  sind im Kabelüberwachungsgerät integriert.

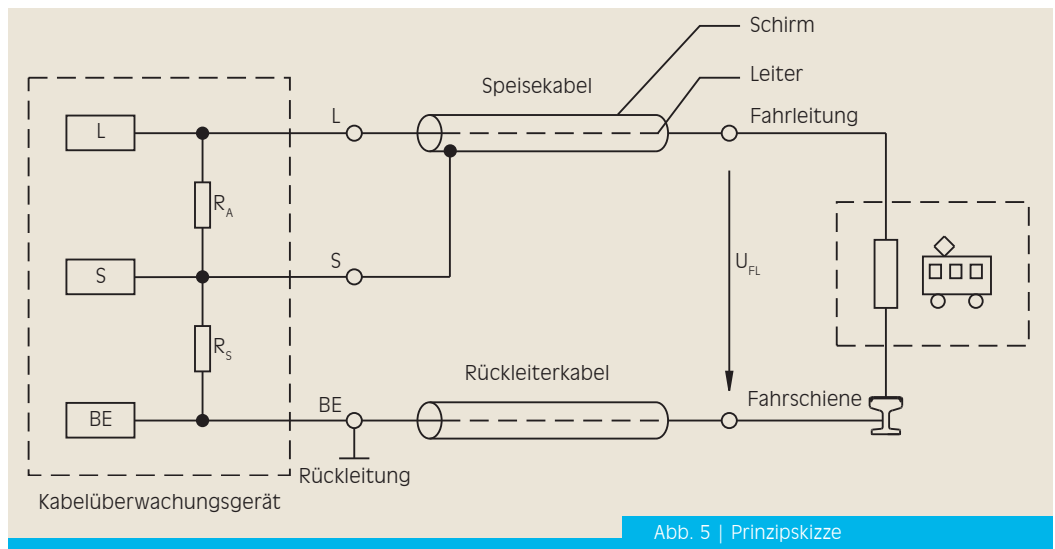


Abb. 5 | Prinzipskizze

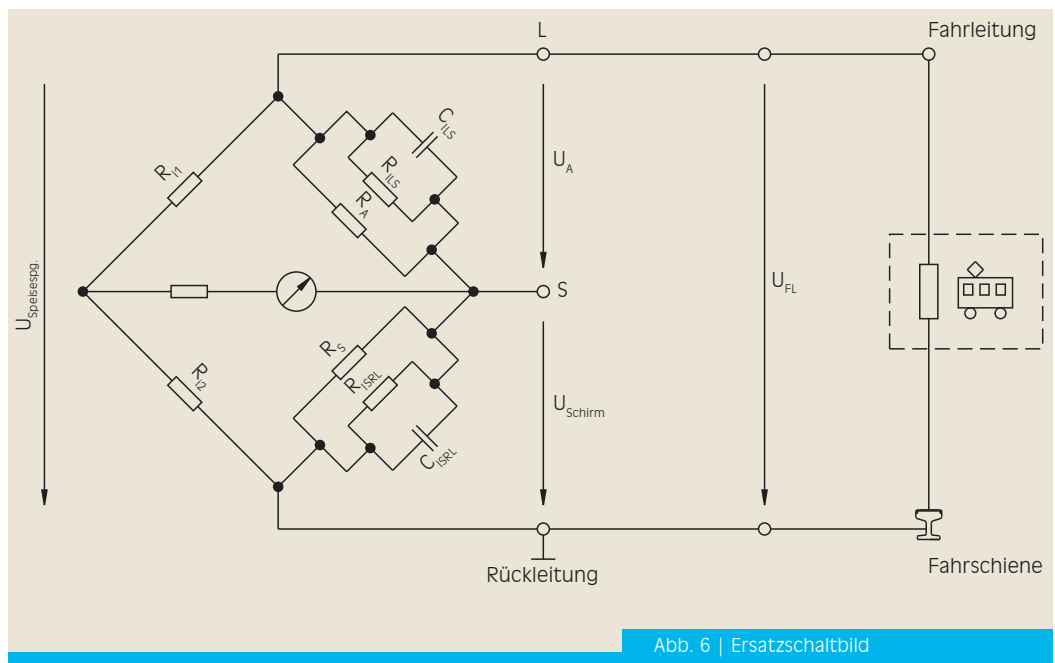


Abb. 6 | Ersatzschaltbild



# Kabelüberwachung

## Funktionsweise

### Innerer Schluss:

Der Isolationswiderstand  $R_{ILS}$  zwischen Leiter und Schirm ist reduziert oder Null

$R_{ILS} = \text{reduziert oder } 0 \rightarrow U_A \text{ reduziert} \rightarrow U_{\text{Schirm}} \text{ erhöht sich}$

$\rightarrow U_{\text{Schirm}} > U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Innerer Schluss} \rightarrow \text{Meldung Innerer Schluss}$

### Erdschluss:

Der Isolationswiderstand  $R_{ISRL}$  zwischen Schirm und Rückleitung ist reduziert oder Null

$R_{ISRL} = \text{reduziert oder } 0 \rightarrow U_{\text{Schirm}} \text{ reduziert}$

$\rightarrow U_{\text{Schirm}} < U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Erdschluss} \rightarrow \text{Meldung Erdschluss}$

Spannungsverluste sowohl auf dem Speise- wie auch auf dem Rückleiterkabel sind ohne Einfluss auf die Messung

### Merkmale: Kabelüberwachungsgerät

- überwacht die Isolation Leiter–Schirm
- überwacht die Isolation Schirm–Rückleitung
- keine Überwachung des Schirms auf Unterbrechung
- keine Überwachung des Schirmanschlusses und der Verbindungsleitung



Abschlusswiderstände für Kabelüberwachungsgeräte der Typen 8531, 8532 und 8533, Nennspannung 750V DC. Verfügbar in den Werten 68k $\Omega$  und 1,12M $\Omega$ , sowie in verschiedenen Gehäusen für Außen- oder Innenmontage.



## Funktionsweise

### Innerer Schluss:

Der Isolationswiderstand  $R_{ILS}$  zwischen Leiter und Schirm ist reduziert oder Null

$R_{ILS} = \text{reduziert oder } 0 \rightarrow U_A \text{ reduziert} \rightarrow U_{\text{Schirm}}$  wird größer  
 $\rightarrow U_{\text{Schirm}} > U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Innerer Schluss} \rightarrow \text{Meldung Innerer Schluss}$

### Erdschluss:

Der Isolationswiderstand  $R_{ISRL}$  zwischen Schirm und Rückleitung ist reduziert oder Null

$R_{ISRL} = \text{reduziert oder } 0 \rightarrow U_{\text{Schirm}}$  reduziert  
 $\rightarrow U_{\text{Schirm}} < U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Erdschluss} \rightarrow \text{Meldung Erdschluss}$

### Schirmunterbrechung:

Bei Schirmunterbrechung oder Unterbrechung der Anschlussleitungen vergrößert sich der Brückenwiderstand zwischen Leiter und Schirm, mit der Folge  $\rightarrow U_A$  wird größer,  $U_{\text{Schirm}}$  kleiner

$\rightarrow U_{\text{Schirm}} < U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Erdschluss} \rightarrow \text{Meldung Erdschluss}$

Spannungsverluste auf dem Rückleiterkabel sind ohne Einfluss auf die Messung, Spannungsverluste auf dem Speisekabel beeinflussen die Überwachung nur gering. Selbst bei starker Überlastung des Speisekabels ( $\Delta U_{\text{Speisekabel}}$  wird größer) wird die Schirmspannung nicht erhöht, sondern verringert  $\rightarrow U_{\text{Schirm}} < U_{\text{Schwelle}} \rightarrow \text{Erdschluss}$

### Merkmale: Kabelüberwachungsgerät

- überwacht die Isolation Leiter–Schirm
- überwacht die Isolation Schirm–Rückleitung
- überwacht Schirm auf Unterbrechung
- überwacht den Schirmanschluss und die Verbindungsleitung
- Ansprechen der Unterbrechungsüberwachung führt nicht zur Abschaltung der Betriebsspannung sondern nur zu einer Erdschlussmeldung



**Prüf- und Einstellgerät**  
für Kabelüberwachungsgeräte 8531,  
8532 und 8533,  
Nennspannung 750V DC.



## Besonderheit der Rückleiterüberwachung

Sowohl der Isolationsdefekt Schirm–Leiter als auch der Isolationsdefekt Schirm–Rückleitung sind messtechnisch (wegen der Parallelschaltung beider Isolierstrecken) ein »Erdschluss« und führen nur zur Erdschlussmeldung und nicht zur Abschaltung.

### Isolationsdefekt:

$R_{ISRL}$  oder  $R_{ILS}$  = reduziert oder 0  $\rightarrow U_{Schirm}$  reduziert  
 $\rightarrow U_{Schirm} < U_{Schwelle} \rightarrow$  Erdschluss  $\rightarrow$  Meldung Erdschluss

Spannungsverluste sowohl auf dem Rückleiterkabel als auch auf dem Speisekabel sind ohne Einfluss auf die Isolationsüberwachung.

### Merkmale: Kabelüberwachungsgerät

- überwacht die Isolation Leiter–Schirm
- überwacht die Isolation Schirm–Rückleitung
- keine Überwachung des Schirms auf Unterbrechung
- keine Überwachung des Schirmanschlusses und der Verbindungsleitung



Kabelüberwachungsgeräte können auch für höhere Nennspannungen geliefert werden (z.B. 1500V DC und 2400V DC). Die Geräte arbeiten mit einem externen Vorteilermodul.

# Kabelüberwachung

## Beispiel 4: Überwachung des Rückleiterkabels auf Isolationsdefekte zwischen Leiter und Schirm sowie Schirm und Rückleitung, Unterbrechung des Kabelschirms, Schirmanschluss und Verbindungsleitung

Die Klemme S des Überwachungsgeräts ist mit dem Schirm des Rückleiterkabels verbunden. Der Abschlusswiderstand  $R_S = 68 \text{ k}\Omega$  ist **nicht mehr** im Überwachungsgerät, sondern am Ende der Rückleitung mit dem Schirm und dem Leiter des Rückleiterkabels (oder besser noch mit der Fahrschiene, wenn man auch noch die Verbindungsleitung auf Unterbrechung überwachen will) verbunden. Trotzdem muss man sich dieses als Parallelwiderstand der beiden nunmehr parallel geschalteten Isolierstrecken Leiter-Schirm und Schirm-Rückleitung in der Messbrücke vorstellen (siehe Abb. 12). Die Isolierstrecken Leiter-Schirm und Schirm-Rückleitung sind elektrisch parallel geschaltet, da der Leiter mit der Rückleitung verbunden ist.

Der Abschlusswiderstand  $R_A = 1,12 \text{ M}\Omega$  verbleibt zwischen Leiter und Schirm im Überwachungsgerät.

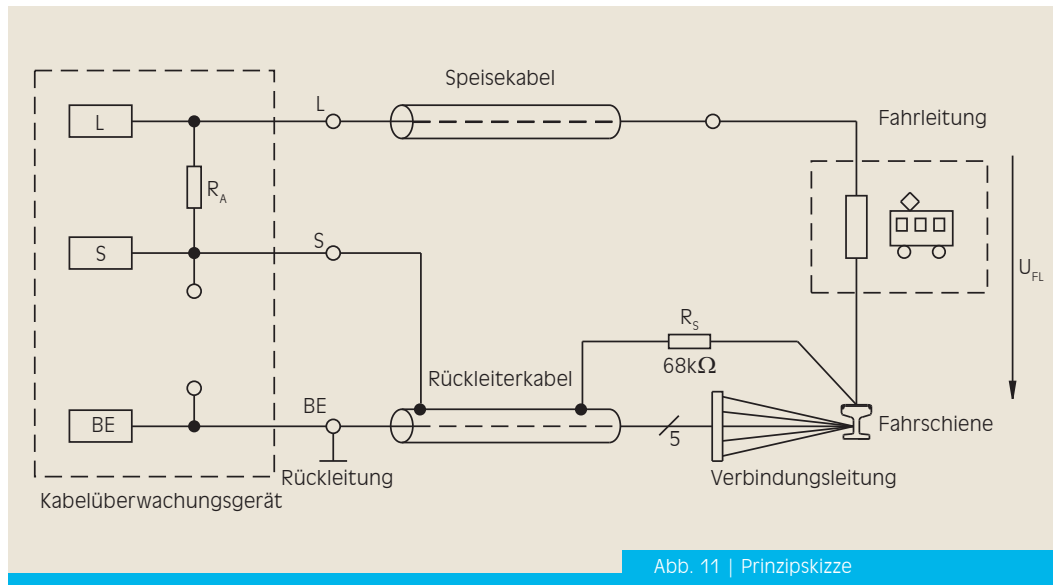


Abb. 11 | Prinzipskizze

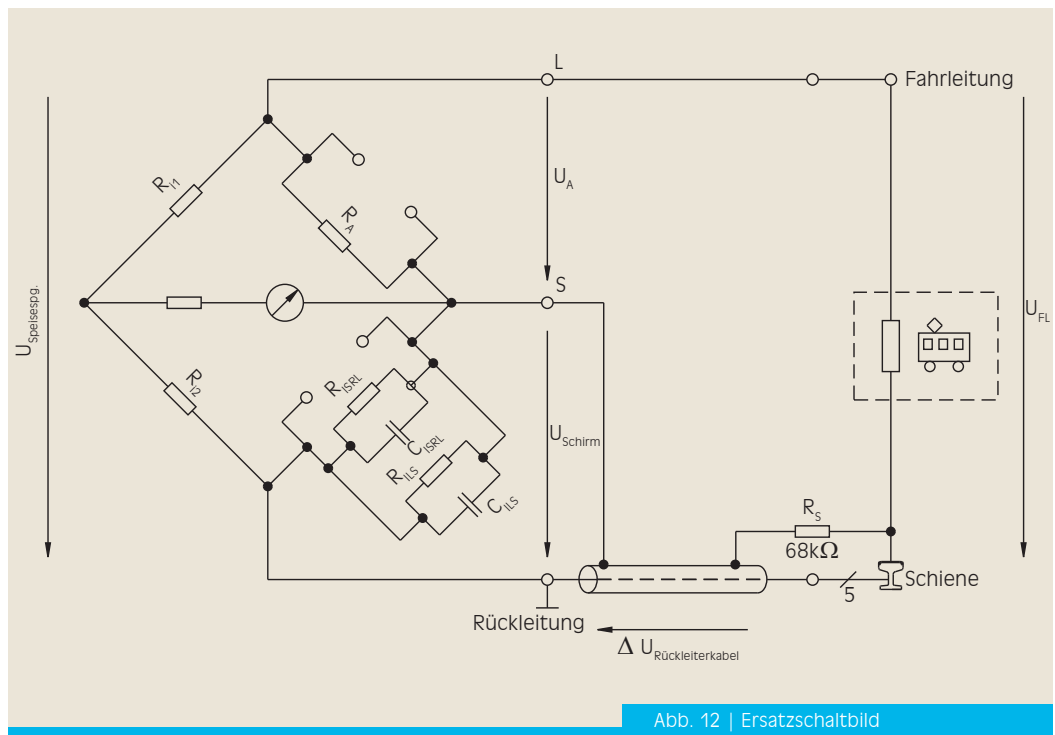


Abb. 12 | Ersatzschaltbild

## Besonderheit der Rückleiterüberwachung

Sowohl der Isolationsdefekt Schirm–Leiter als auch der Isolationsdefekt Schirm–Rückleitung sind messtechnisch (wegen der Parallelschaltung beider Isolierstrecken) ein »Erdschluss« und führen nur zur Erdschlussmeldung und nicht zur Abschaltung.

### Isolationsdefekt:

$R_{ISRL}$  oder  $R_{ILS}$  = reduziert oder 0  $\rightarrow U_{Schirm}$  reduziert  
 $\rightarrow U_{Schirm} < U_{Schwelle}$   $\rightarrow$  Erdschluss  $\rightarrow$  Meldung Erdschluss

Spannungsverluste auf dem Speisekabel sind ohne Einfluss auf die Isolationsüberwachung.

## Spannungsverlust auf dem Rückleiterkabel ( $\Delta U_{Rückleiterkabel}$ )

Die Spannung auf dem Kabelschirm erhöht sich direkt um den Betrag des Spannungsverlustes auf dem Rückleiterkabel. Da der Meldekontakt des Kabelüberwachungsgeräts auf Schirmspannung »größer als« anspricht, lässt sich auf diese Weise eine Überwachung des Rückleiterkabels auf unzulässige Spannungserhöhung in Folge eines Materialsfehlers realisieren.

$\rightarrow U_{Schirm} > U_{Schwelle}$   $\rightarrow$  Innerer Schluss  
 $\rightarrow$  Meldung:  $\Delta U_{Rückleiterkabel}$  **unzulässig** oder Unterbrechung des Schirmes, des Schirmanschlusses oder der Verbindungsleitung (s.u.).

## Unterbrechung des Schirms, des Schirmanschlusses oder der Verbindungsleitung

Bei Schirmunterbrechung oder Unterbrechung der Anschlussleitungen vergrößert sich der Brückenwiderstand zwischen Leiter und Schirm mit der Folge  $\rightarrow U_g$  wird größer.

$\rightarrow U_{Schirm} > U_{Schwelle}$   $\rightarrow$  Innerer Schluss  
 $\rightarrow$  Meldung:  $\Delta U_{Rückleiterkabel}$  **unzulässig** oder **Unterbrechung des Schirmes, des Schirmanschlusses oder der Verbindungsleitung (s.o.).**

### Merkmale: Kabelüberwachungsgerät

- überwacht die Isolation Leiter–Schirm
- überwacht die Isolation Schirm–Rückleitung
- überwacht den Schirm auf Unterbrechung<sup>1)</sup>
- überwacht den Schirmanschluss und die Verbindungsleitung<sup>1)</sup>
- überwacht die Spannungsanhebung über die Rückleiterverbindung (Qualität der Verbindung)

Verwendet man an der Schiene einen getrennten Anschlusspunkt, so lässt sich auf diese Weise die gesamte Rückleiterstrecke von der Fahrschiene über das Kabel bis zur Sammelschiene qualitativ überwachen.

<sup>1)</sup> Für diese Fehler wird im Kabelüberwachungsgerät der Kontakt für die Meldung »Innerer Schluss« benutzt, was aber in diesem Falle ebenfalls nicht zur Abschaltung führen darf.



# Kabelüberwachung

## Kombinationen bei Mehrfachüberwachung

Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Anschlussmöglichkeiten des Kabelschirms an das Kabelüberwachungsgerät.

### 1. Speisekabelüberwachung

Wird auf die Überwachung der Schirmunterbrechung verzichtet, so empfiehlt es sich bei mehreren parallel liegenden Kabeln die Schirme an beiden Enden parallel zu schalten. Dies hat den Vorteil, dass bei Unterbrechung eines

Schirmes das Kabel quasi von »rückwärts« noch auf Isolation überwacht wird.

Sonderfall: Will man bei einer ungeraden Zahl von Speisekabeln keinen Abschlusswiderstand vor Ort setzen, sondern diesen unbedingt

in der Gleichrichteranlage haben, so kann man auch zwei Kabelschirme parallel schalten. Dies bedeutet, dass bei diesen beiden Kabeln erst die Unterbrechung beider Schirme zu einer Unterbrechungsmeldung führt.

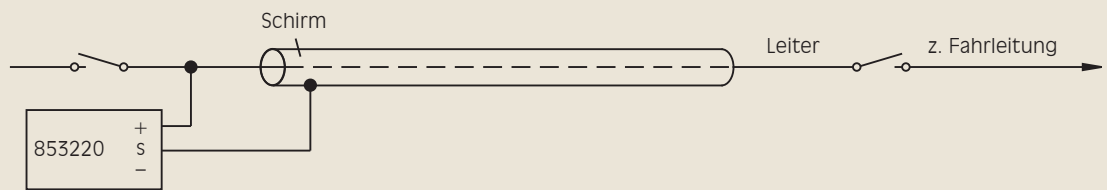


Bild 1

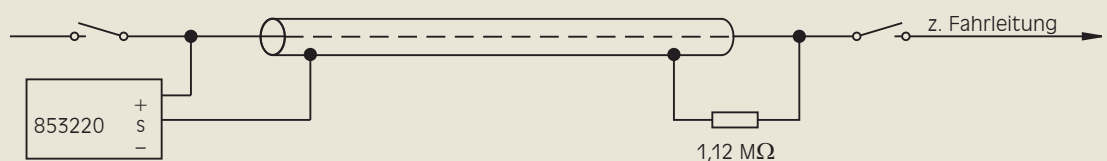


Bild 2

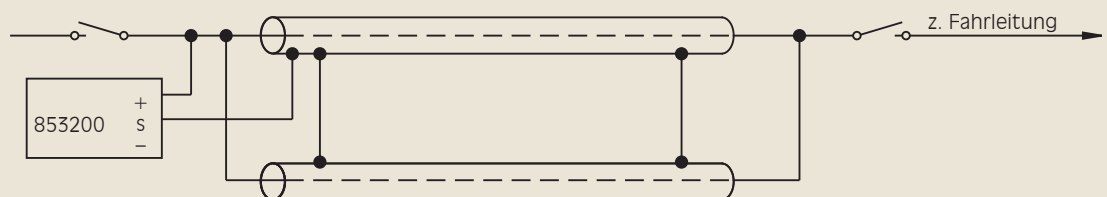


Bild 3

# Kabelüberwachung

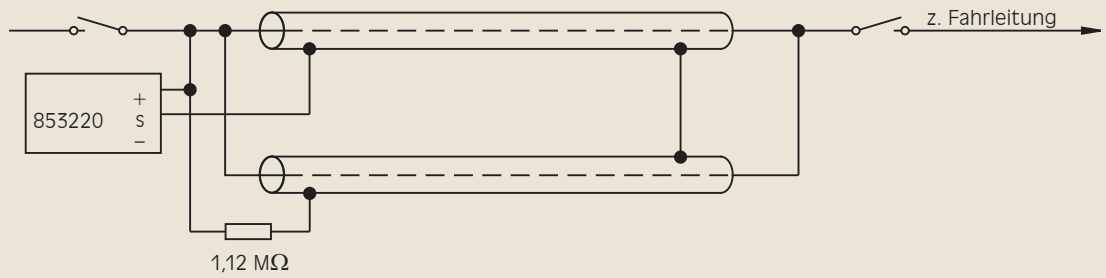


Bild 4

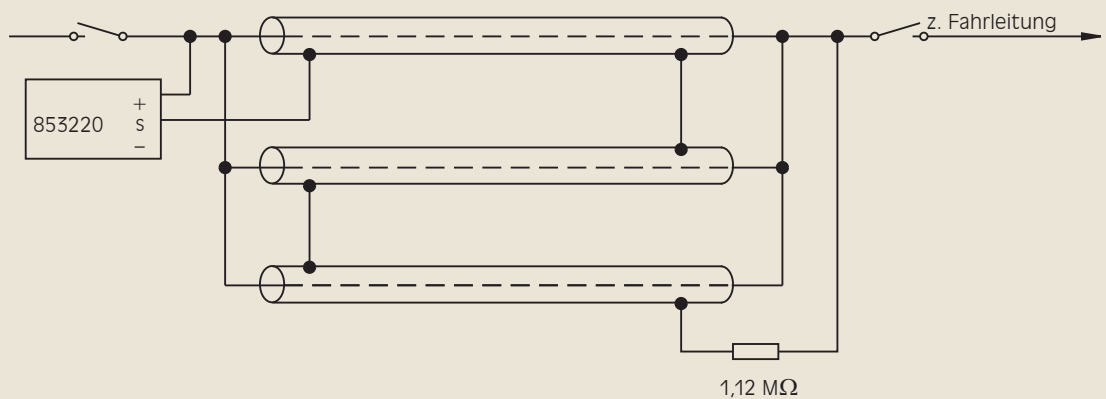


Bild 5

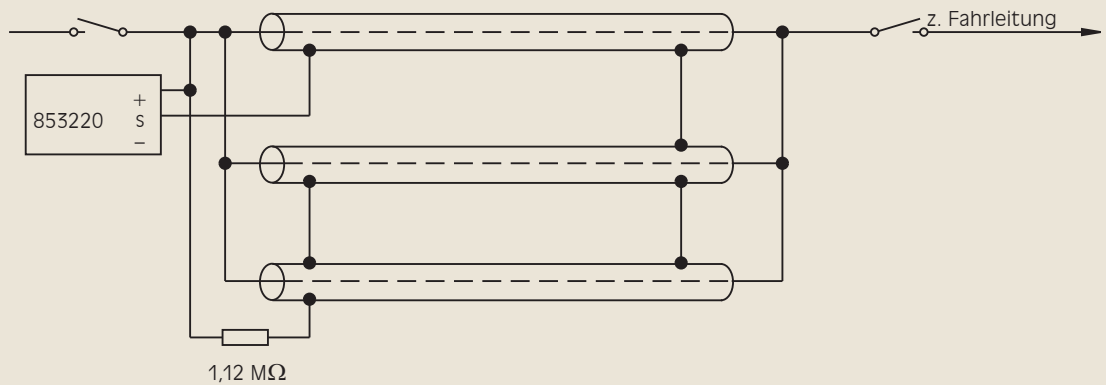


Bild 6

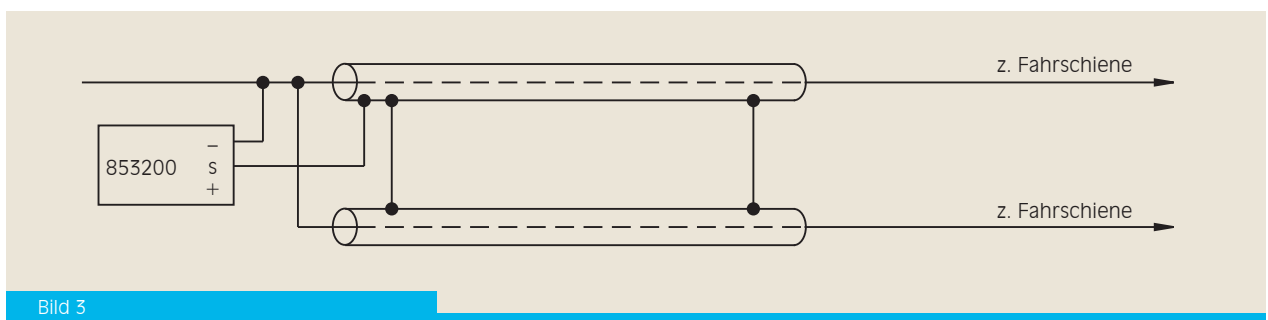
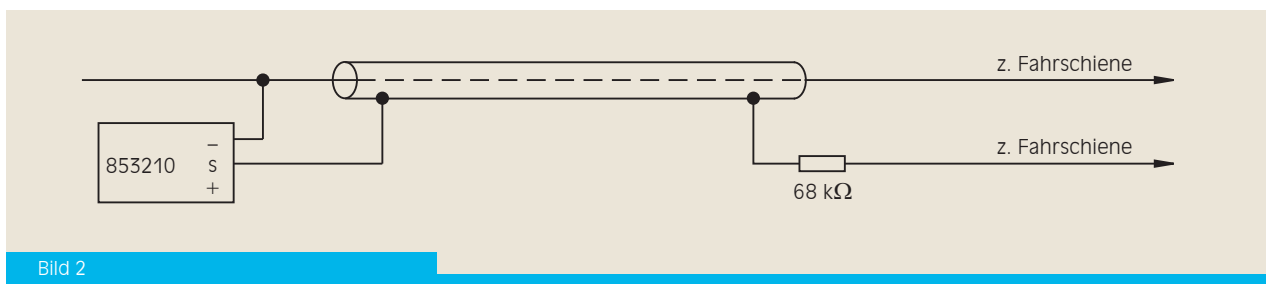
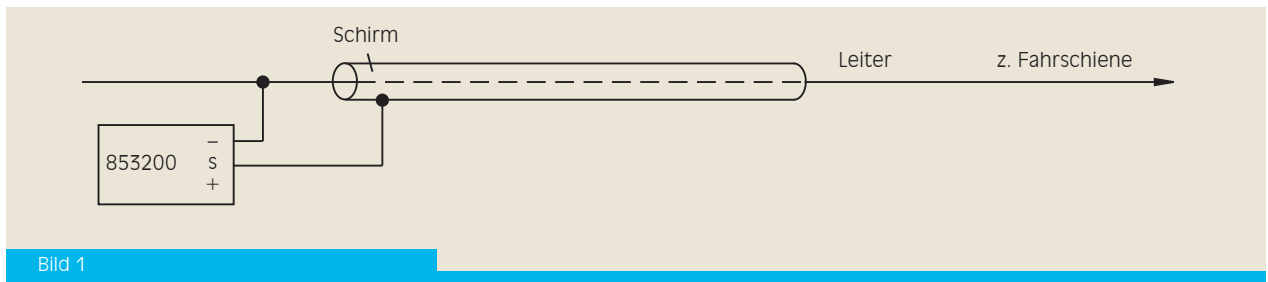
# Kabelüberwachung

## 2. Rückleiterkabelüberwachung

Für Rückleiter gilt grundsätzlich, dass ein Isolationsdefekt sowohl zwischen Schirm und Rückleitung als auch zwischen Schirm und Leiter als »Erdschluss« gemeldet wird. Nur wenn die Möglichkeit der Überwachung auf Schirmunterbrechung und Anschluss des Abschlusswiderstands an die Fahrschiene genutzt wird, kann zusätzlich eine Spannungsanhebung auf der Strecke in Form der Meldung »Innerer Schluss« überwacht werden.

Wird auf die Überwachung des Schirms auf Unterbrechung verzichtet, so empfiehlt es sich auch hier, die Schirme parallel liegender Kabel miteinander zu verbinden, um im Falle einer Unterbrechung des Kabelschirmes die Kabel quasi von »rückwärts« noch zu überwachen.

Einige Möglichkeiten der Schirmverbindungen bei gerader und ungerader Anzahl Kabel, zeigen die Abbildungen.



# Kabelüberwachung

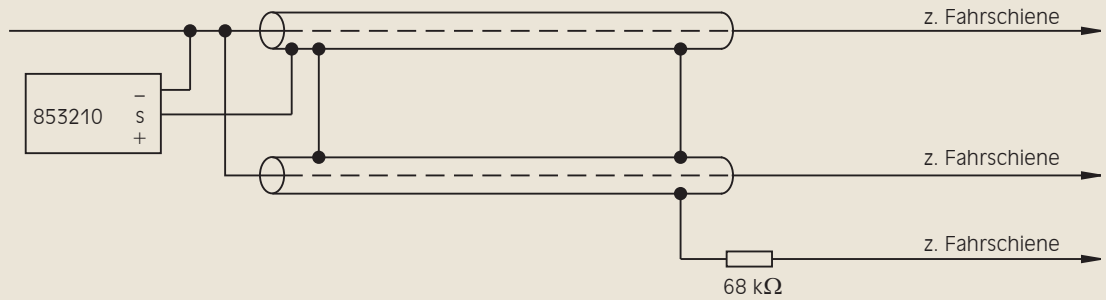


Bild 4

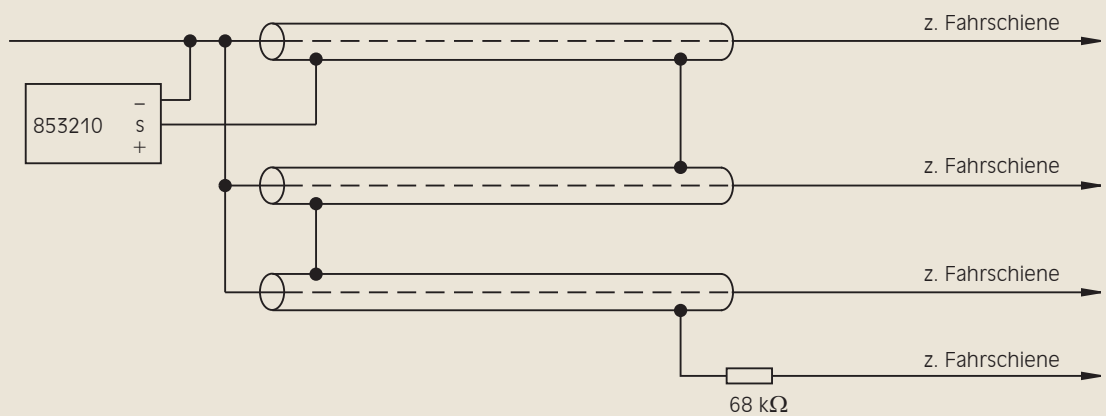


Bild 5

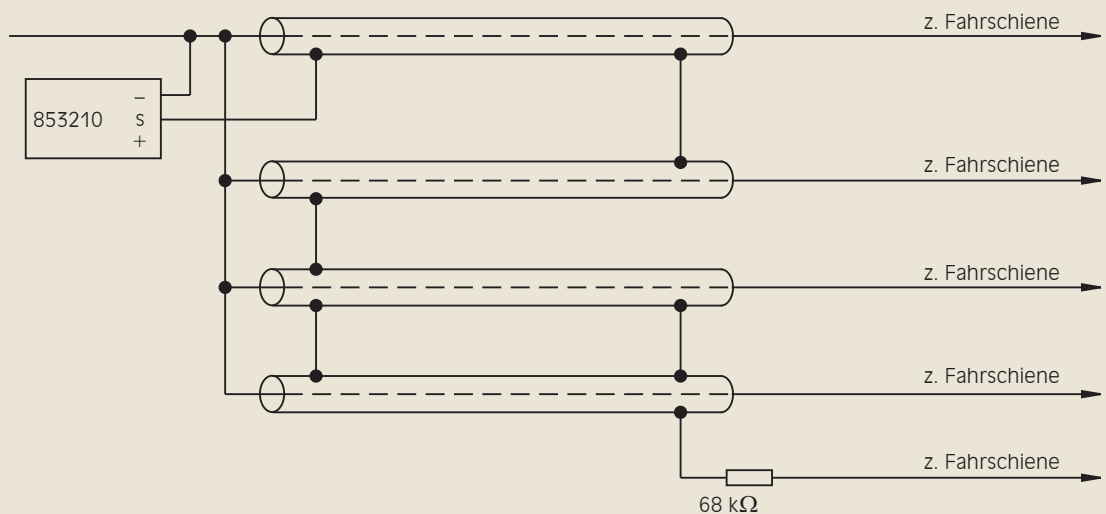
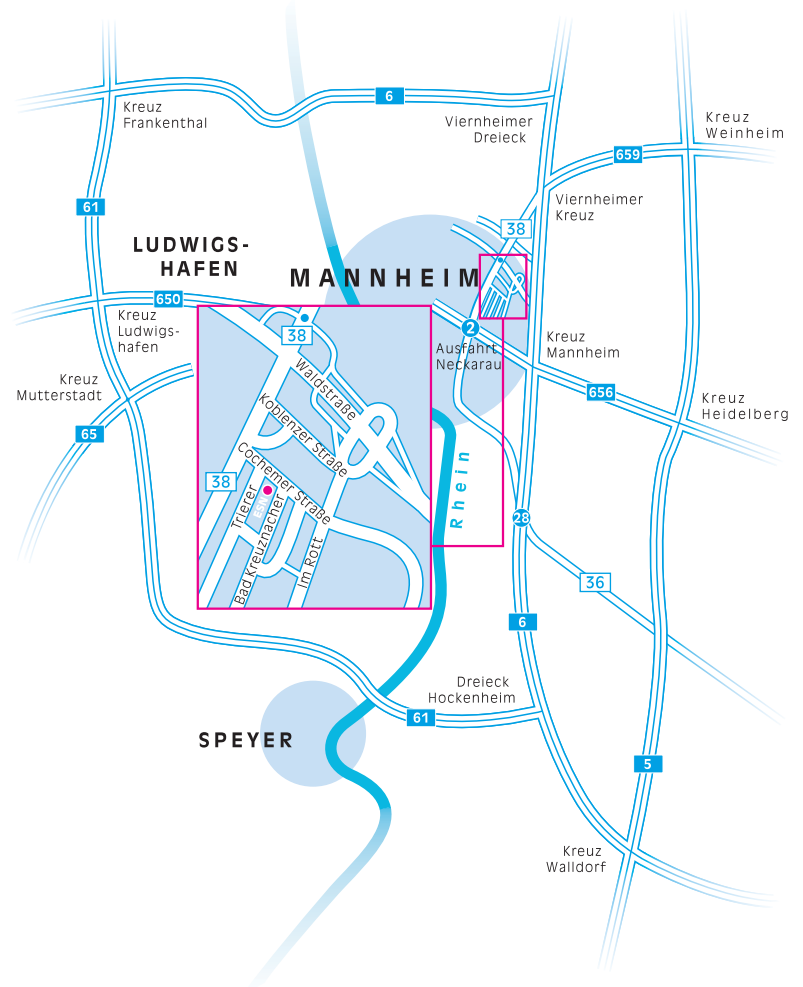
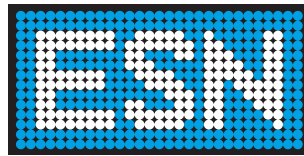


Bild 6



**ESN Bahngeräte GmbH Mannheim**

Cochemer Straße 12–14  
68309 Mannheim  
Telefon +49 (0) 6 21 833 47-00  
Telefax +49 (0) 6 21 833 47-98  
vertrieb@esn-online.de  
www.esn-online.de