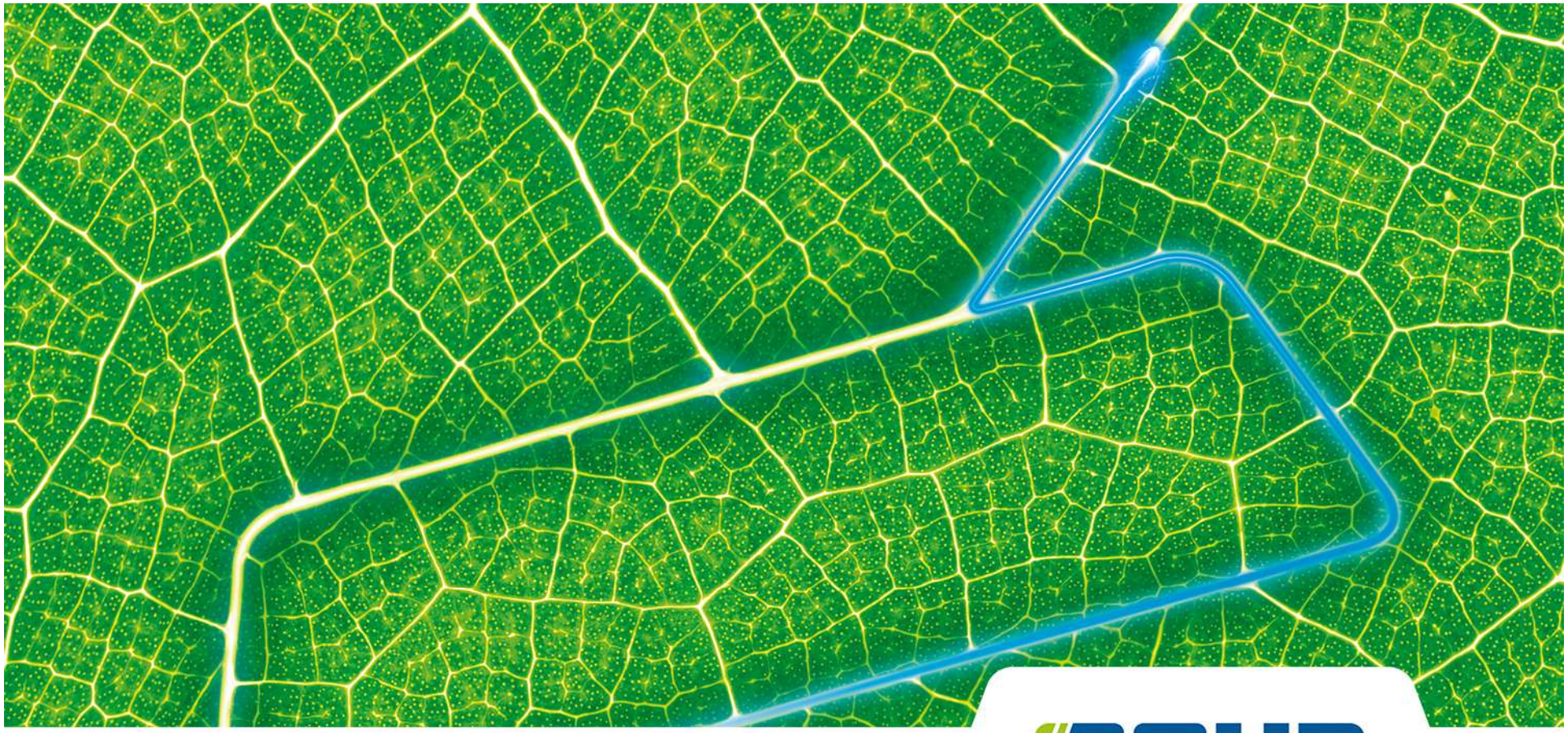


BAUR

ensuring the flow

Grundseminar Kabelfehlerortung

Thüringer Energie

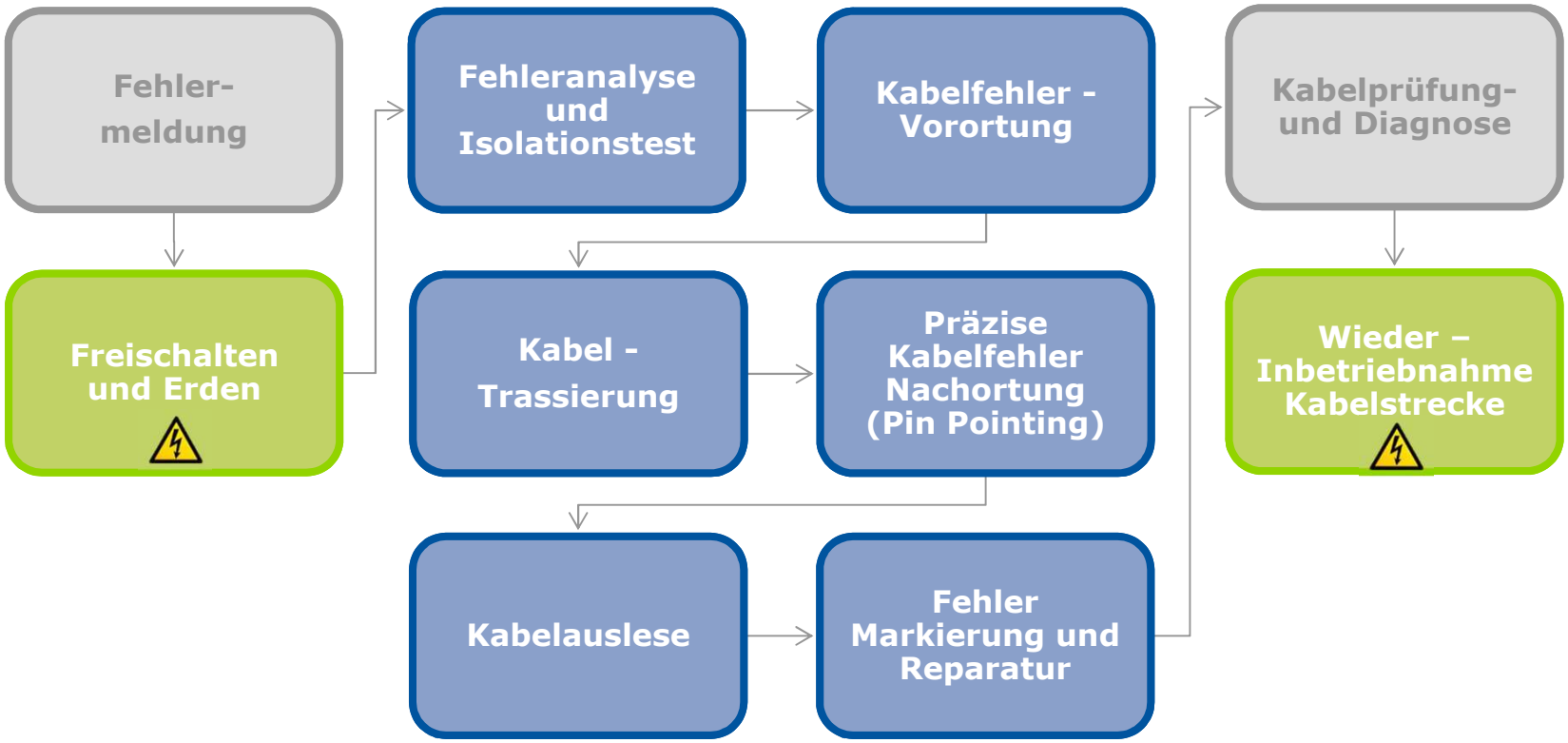
26.03. – 28.03.2019

- Die Kabelfehlerortung kann irreführend sein, wenn Grundregeln nicht beachtet werden

- Für die Kabelfehlerortung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die es zu beherrschen gilt.

Dieser “Grundkurs Kabelfehlerortung” soll sowohl die verschiedenen Methoden, als auch deren Anwendung näher bringen!

Kabelfehlerortung Ablauf



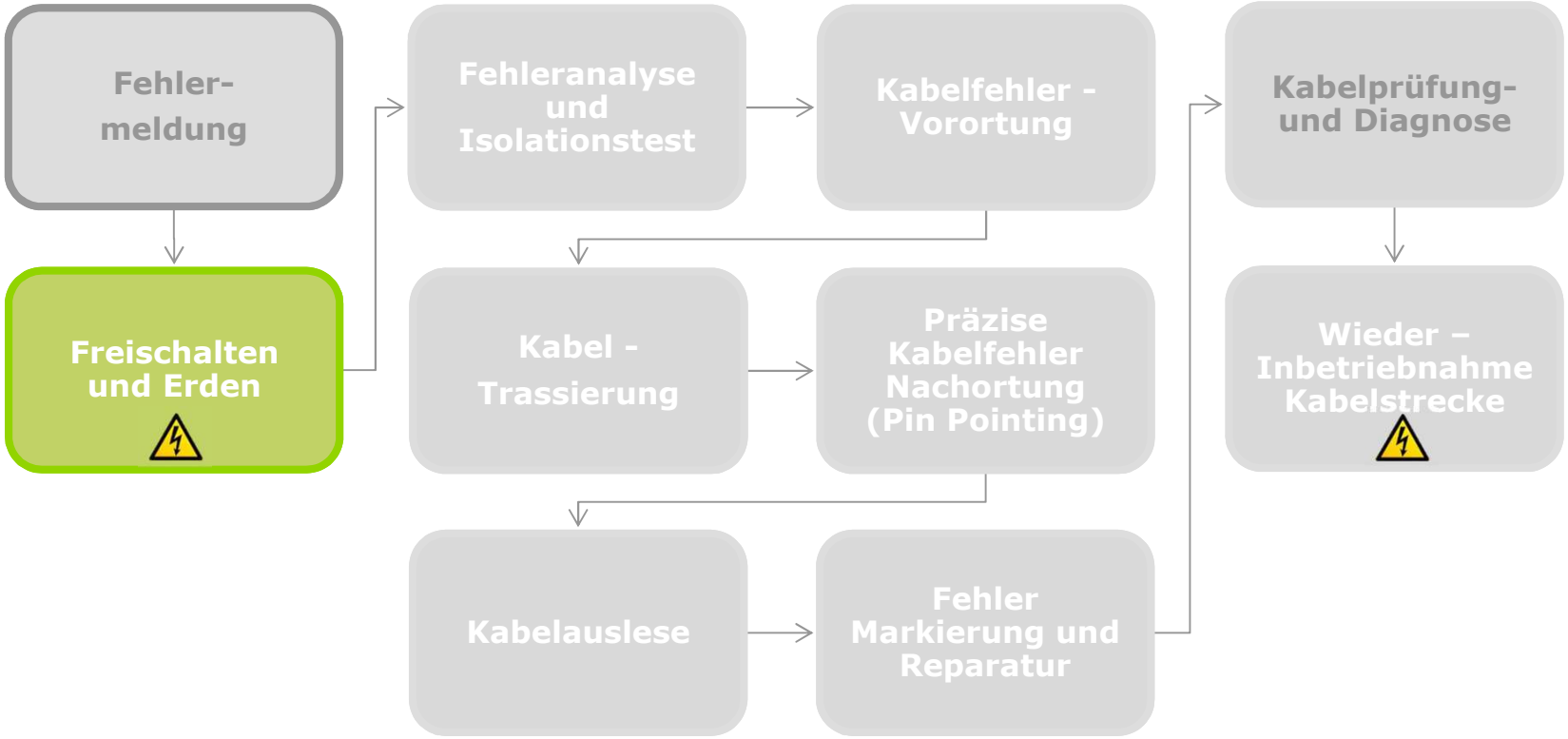
= Unterprozess

= Sicherheits-Prozedur (entsprechend lokaler Standards und Sicherheitsvorschriften)

= Prozess Kabelfehlerortung

1· Schritt

Fehlermeldung, Freischalten und Erden



Fehlermeldung

- **Anzeichen**

  - Keine Spannung vorhanden
  - Sicherung hat ausgelöst
  - Wischer (Flackern der Lichter)
  -
  -
  -

Sicherheit zuerst

Freischalten und Erden

SICHERHEITS VORSCHRIFTEN*

Freischalten des Prüfobjektes

Gegen Wiedereinschalten sichern

Spannungsfreiheit feststellen

Erden und kurzschließen

Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

*bezugnehmend auf lokale Normen und Sicherheitsvorschriften

Fehler-
meldung
Fehleranalyse
und
Isolationstest
Kabelfehler -
Vorortung
Kabelprüfung-
und Diagnose
Freischalten
und Erden
Kabel -
Trassierung
Präzise
Kabelfehler
Nachortung
(Pin Pointing)
Wieder –
Inbetriebnahme
Kabelstrecke
Untersuchen der Fehlerart
Kenntnisse über die Kabelstrecke
sind als wichtige Zusatzinformation
extrem wichtig

Kabelfehlerortung ist die Kombination von ALLEN verfügbaren Informationsquellen

Fehler

Was ist passiert?
Wo?

Historie

Alter / Datum
Vorherige Fehler
Fehler in der Nähe

Nur der Vergleich aller Informationen ermöglicht ein komplettes Bild!

Details

P-P / P-N
Mantel
Isolierung
Grabungsarbeiten?
Rohrleitung?

Daten

Cable Typ
Muffen
Endverschlüsse
Material
Hersteller

Folgen sie den Regeln und ihrem gesunden Menschenverstand!

A. Sicherheit geht vor!

B. Ungenutzte Leiter müssen geerdet sein!

C. Nur glauben was man selber sieht!

D. Sicherstellen, dass das Kabelende sichtbar ist.

E. Das Kabel ist immer kürzer

F. Weniger ist mehr!

G. Auch ein vollautomatisches System produziert keine Wunder, der „Rechner Mensch" ist immer besser.

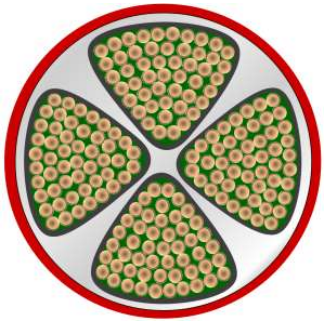
Kabeltypen

Geschirmt mehradrig

Niederspannung

3 oder 4 Leiter + Schirm

Meist Fehler zwischen den Phasen

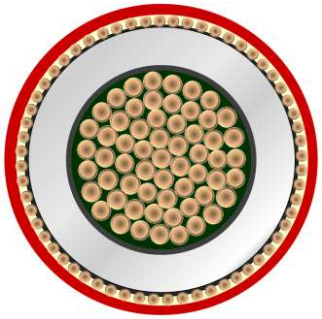


Ungeschirmt mehradrig

Niederspannung

3 bis 5 Leiter

Fehler zwischen Phase – Erde und Phase-Phase

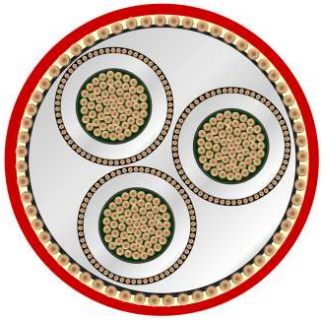


Geschirmt Coaxial

MV/HV

1 Leiter + Schirm

Fehler zwischen Leiter und Schirm



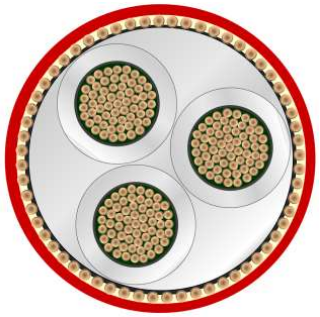
Geschirmt Coaxial

MV/HV

3 Leiter mit eigenem Schirm

Fehler zwischen Leiter und Schirm

Phase-Phase Fehler eher un-wahrscheinlich



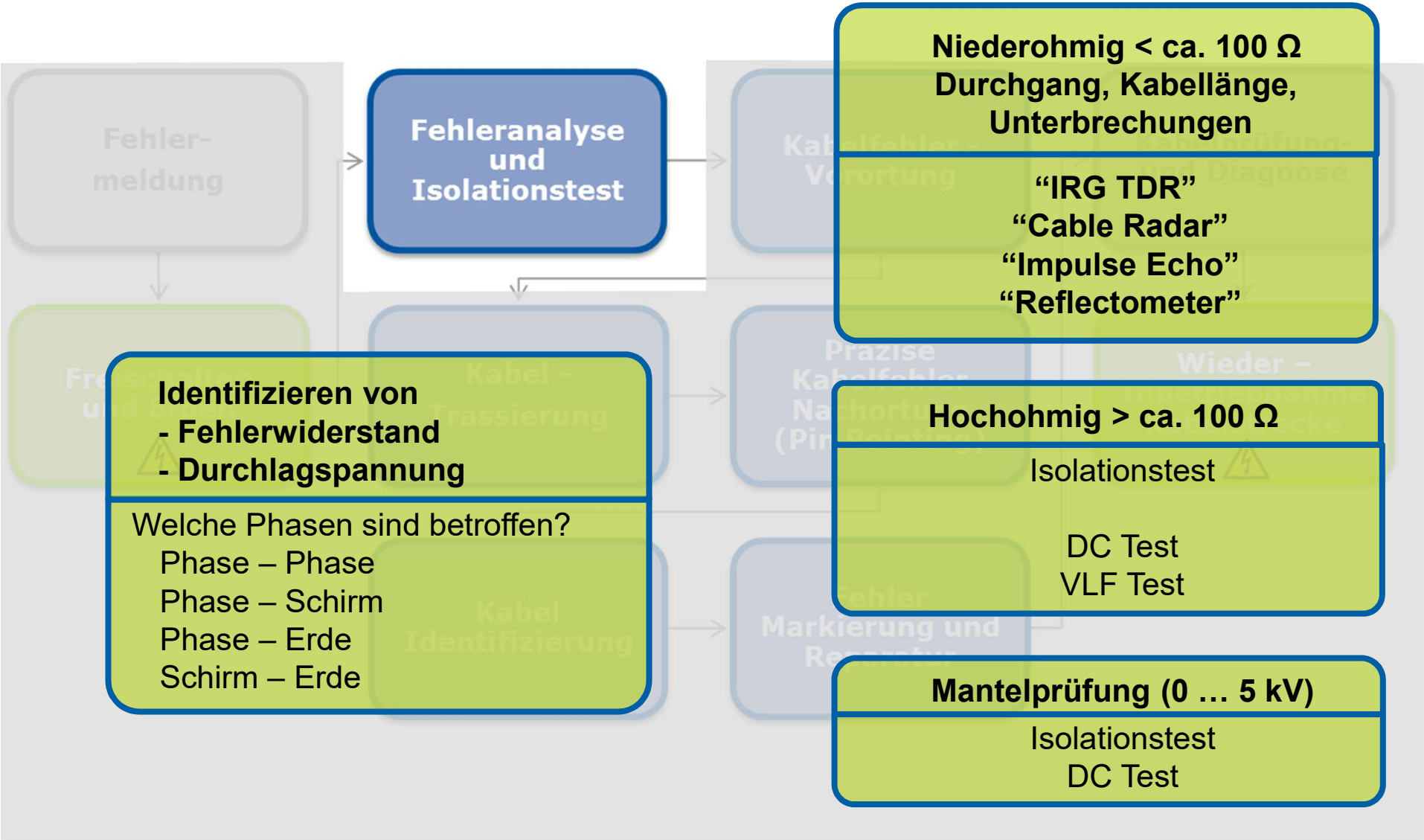
Gürtelkabel m. gemeins. Schirm

MV

3 Leiter

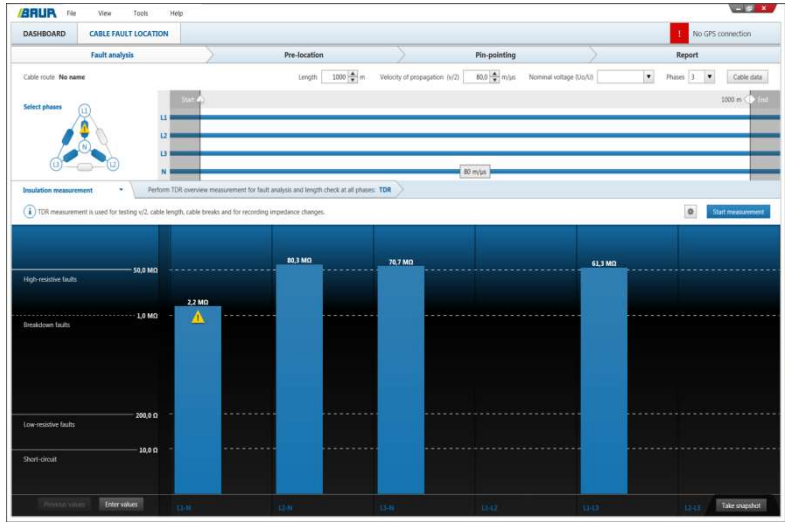
Fehler zwischen Leiter – Leiter und Leiter Schirm

Fehlerortung oft schwierig da mehrfache Wege möglich sind

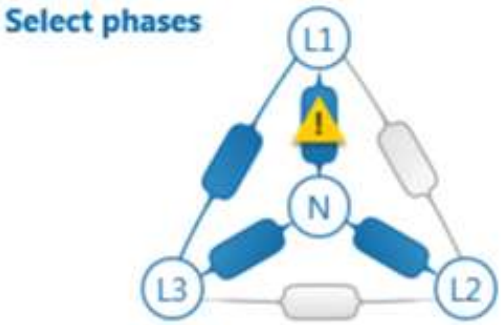

Fehler-
meldung
Fehleranalyse
und
Isolationstest
Kabel -
Trassierung
Kabel
Identifizierung
Präzise
Kabelfehler
Fehler
Markierung und
Wieder –
Niederohmig < ca. 100 Ω
Durchgang, Kabellänge,
Unterbrechungen
“IRG TDR”
“Cable Radar”
“Impulse Echo”
“Reflectometer”
Identifizieren von
- Fehlerwiderstand
- Durchlagspannung
Welche Phasen sind betroffen?
Phase – Phase
Phase – Schirm
Phase – Erde
Schirm – Erde
Hochohmig > ca. 100 Ω
Isolationstest
DC Test
VLF Test
Mantelprüfung (0 … 5 kV)
Isolationstest
DC Test

2. Schritt: Fehler Analyse und Isolationstest

Art des Kabelfehlers



- ❑ Phase 1 – Neutral
- ❑ Phase 2 – Neutral
- ❑ Phase 3 – Neutral
- ❑ Phase 1 – Phase 2
- ❑ Phase 2 – Phase 3
- ❑ Phase 3 – Phase 1



Messung der Isolationswiderstands zwischen
Leiter / Leiter und Leiter / Schirm

2. Schritt: Fehler Analyse und Isolationstest

Art des Kabelfehlers

- **niederohmiger Fehler (R < 100Ω)**

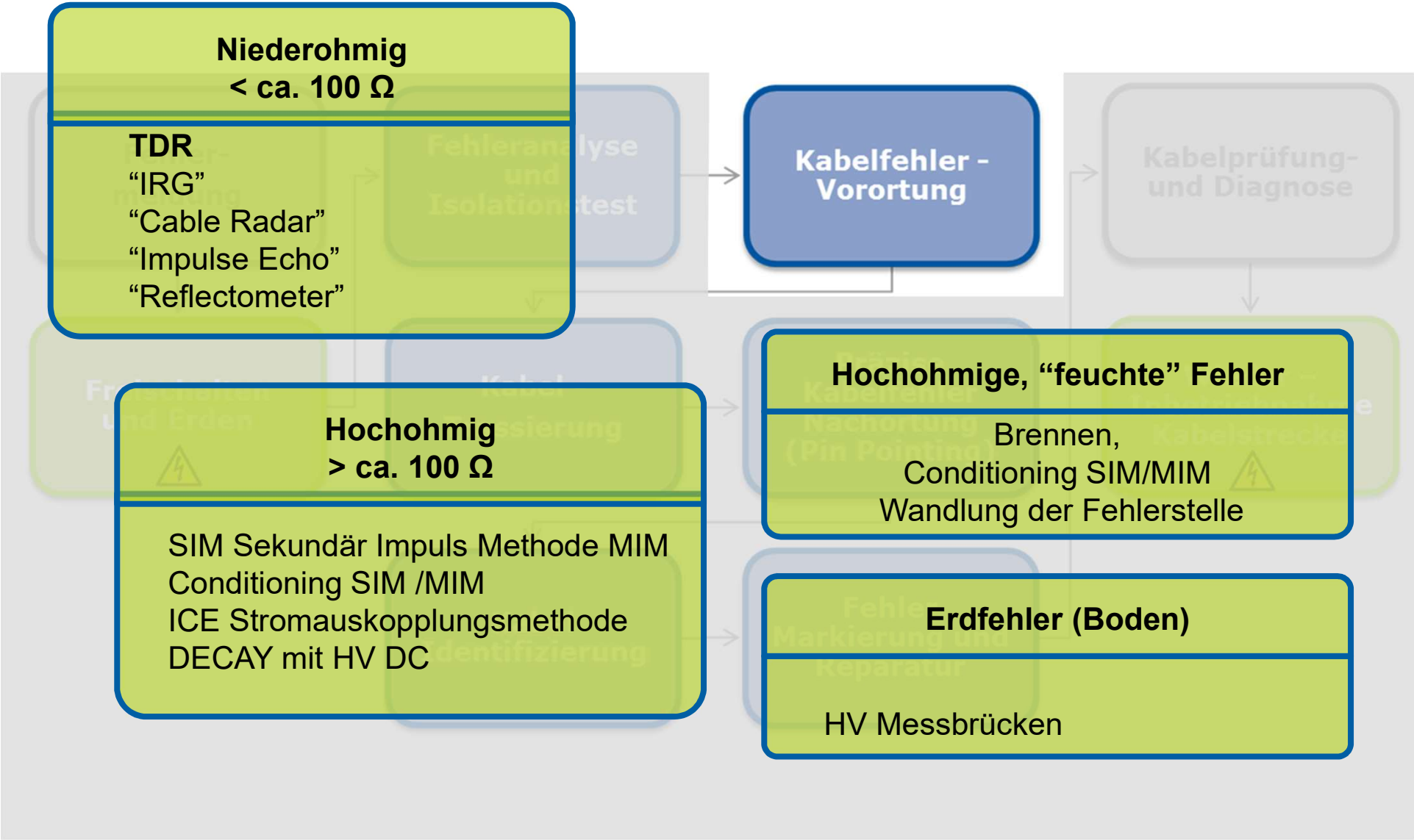
  Kurzschluss (R < 10Ω)
- **hochohmiger Fehler (R > 100Ω)**
- **spannungsabhängige Fehler (Durchschlagsfehler)**
- **Kabelunterbrechung**

Fehler zwischen Leiter-Leiter oder Leiter - Schirm

- **Erdfühlige Fehler**

  Mantelfehler, Erdfehler

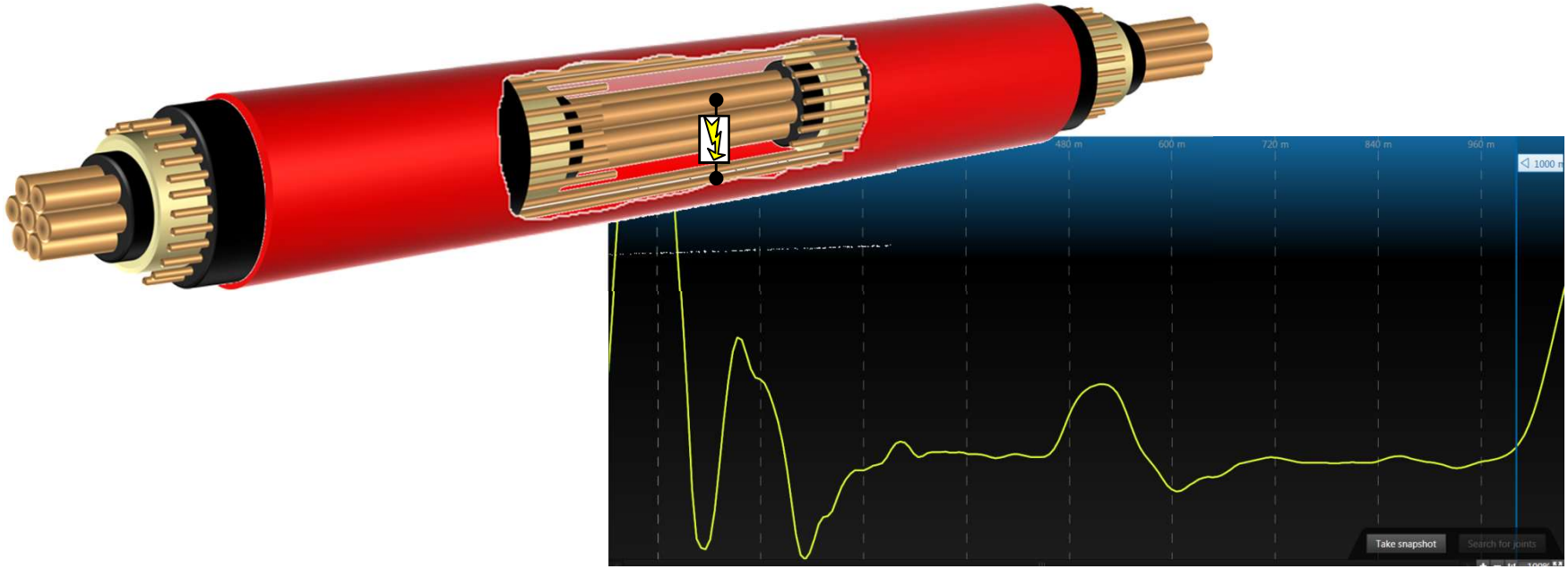
Defekte am äußeren Mantel (PVC, PE) Schirm oder Leiter mit Kontakt zu Erde


Niederohmig
< ca. 100 Ω
TDR
“IRG”
“Cable Radar”
“Impulse Echo”
“Reflectometer”
Kabelfehler - Vorortung
Hochohmig
> ca. 100 Ω
SIM Sekundär Impuls Methode MIM
Conditioning SIM /MIM
ICE Stromauskopplungsmethode
DECAY mit HV DC
Hochohmige, “feuchte” Fehler
Brennen,
Conditioning SIM/MIM
Wandlung der Fehlerstelle
Erdfehler (Boden)
HV Messbrücken

Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, “feuchte” Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, “feuchte” Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

Funktionsprinzip TDR Methode



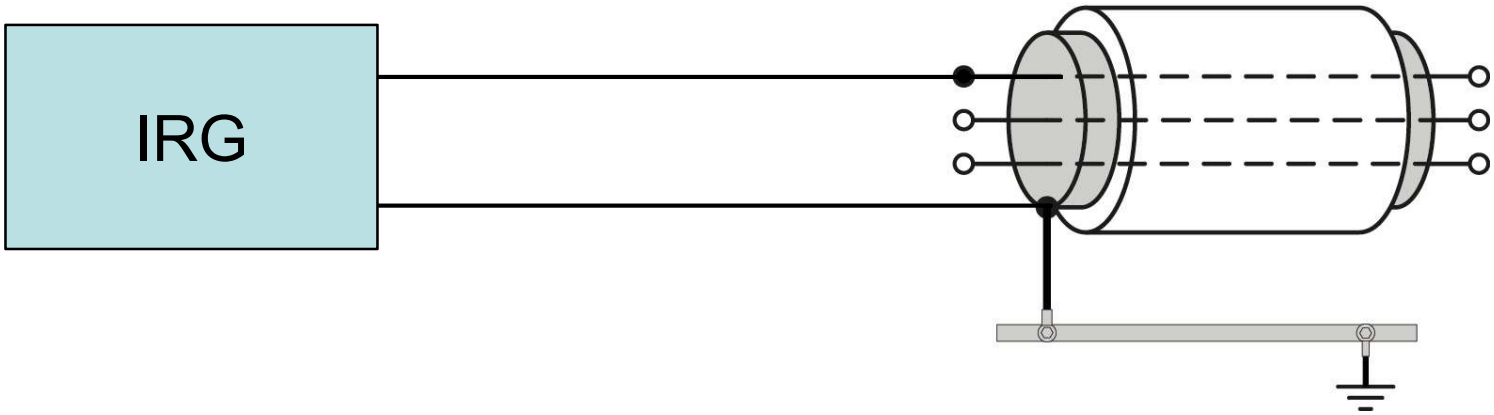
Der gesendete TDR Impuls läuft entlang der Kabelstrecke.

Jede Impedanzänderung reflektiert Teile des Impulses zurück zum Ausgangspunkt, wo die Impulse aufgezeichnet werden.

Die zeitlichen Abstände dieser Reflexionen werden in eine Distanz umgerechnet.

Die Form der Reflexion gibt eine Information über die Art der Impedanz Änderung und damit des Fehlers

Pulse Reflection Methode (TDR)



Hoch Ω, offenes Ende

Nieder Ω, Kurzschlussfehler

Impedanzänderung, z.B. Muffe

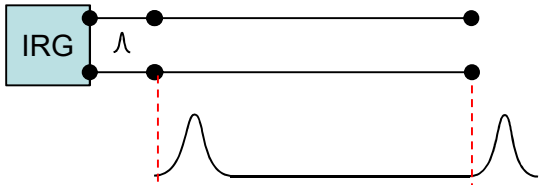
l = t x v/2

Reflexionsfaktor $r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$

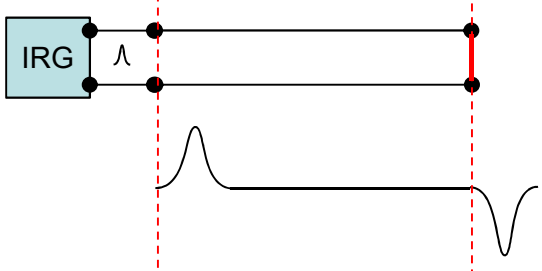
LV pulse max. 160V

Pulse Reflection Method TDR Basics

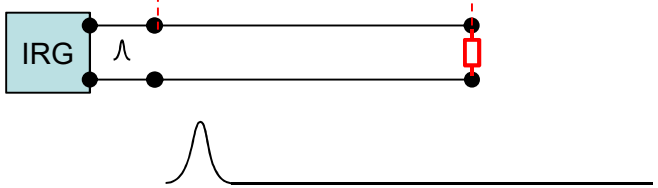
Offenes Ende



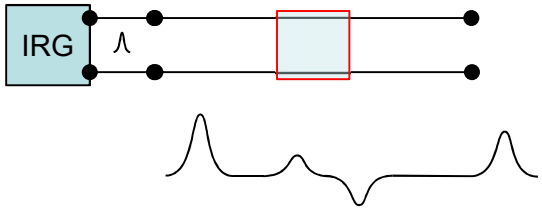
Kurzschluss am Ende



Angepasste Impedanzen (Telekom)

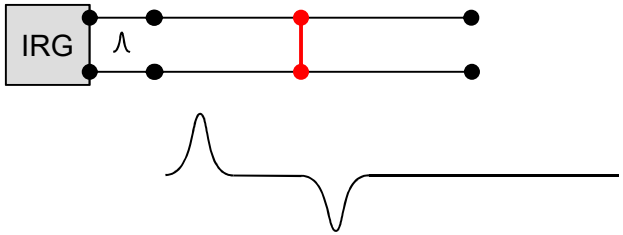


Muffe

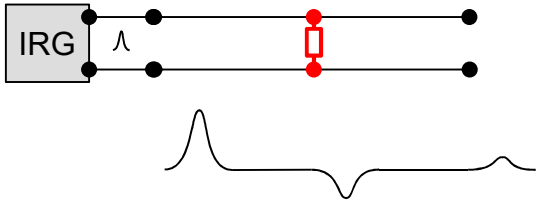


Pulse Reflection Method TDR Basics

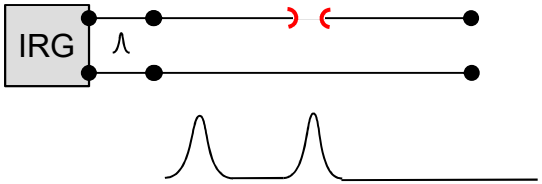
Kurzschluss Leiter - Leiter



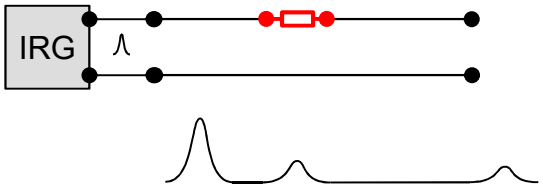
Parallel-Widerstand Leiter - Leiter



Unterbrechung

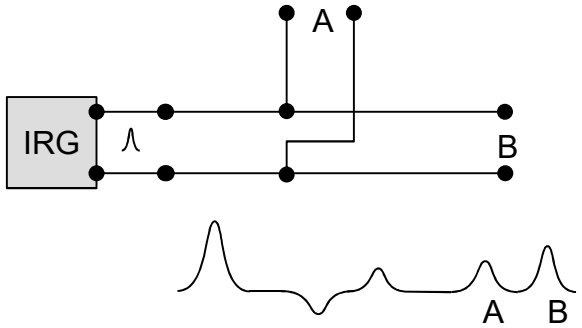


Serien Widerstand

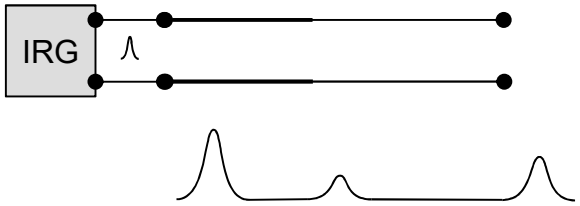


Pulse Reflection Methode TDR Basics

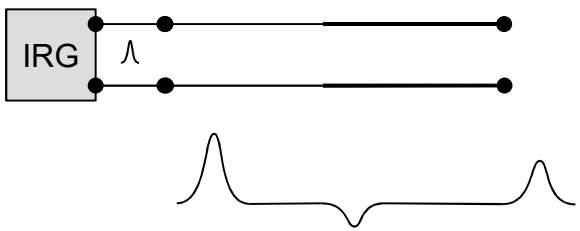
T Muffe



Impedanzänderung Positiv



Impedanzänderung Negativ



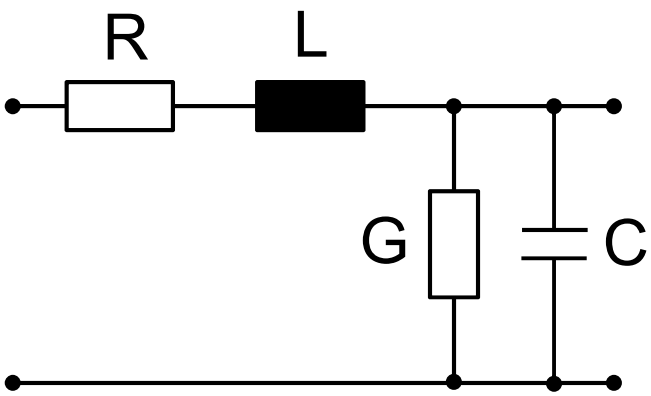
Impuls Reflexions Methode (TDR), Vergleich

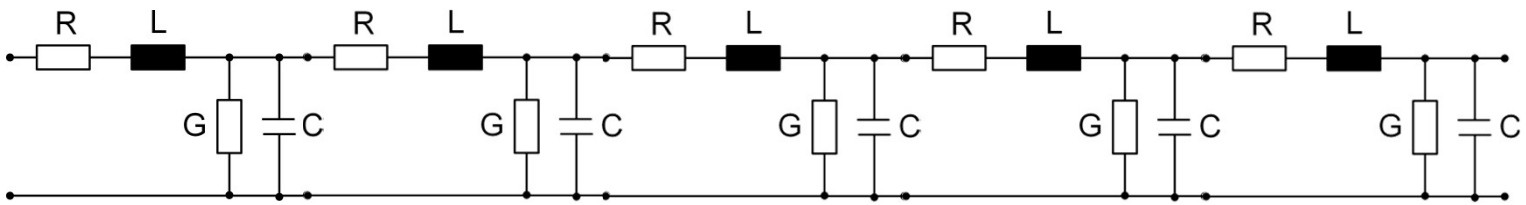
Negative Reflexion an der Fehlerstelle (Kurzschluss) am **fehlerhaften Leiter**

Positive Reflexion am Kabelende am **Referenz Leiter**

Das elektrische Ersatzschaltbild

Das Kabel wird aus einer großen Anzahl kleiner Leitungsstücke der Länge Δx zusammengesetzt
R – Serienwiderstand
L – Serieninduktivität
G - Parallelwiderstand
C - Parallelkapazitäten





C´ = Kapazitätsbelag	**in nF/ pro km**
G´ = Leitwertbelag	**in Ohm/ pro km**
L´ = Induktivitätsbelag	in mH/ pro km
R´ = Widerstandsbelag	in Ohm/ pro km

Impedanz
(Frequenzabhängiger Widerstand)

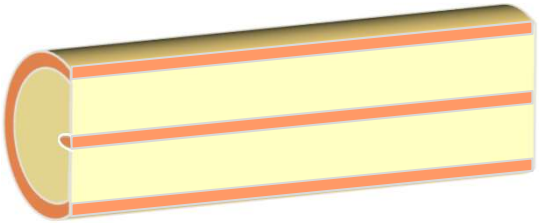
Widerstand wird durch R und G bestimmt
Impedanz wird durch L und C bestimmt

Formel zur Berechnung der Impedanz: $\sqrt{\frac{R+j\omega\times L}{G+j\omega\times C}}$

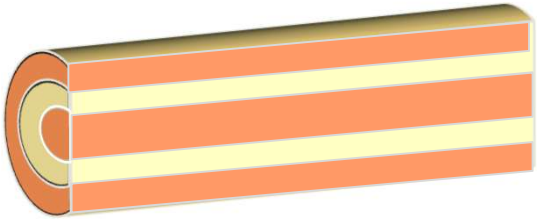
Näherungswert für hohe Frequenzen: $Z=\sqrt{\frac{L}{C}}$

Generelle Regeln:

Dünner Leiter – dicke Isolierung
L = hoch C = klein Z = hoch



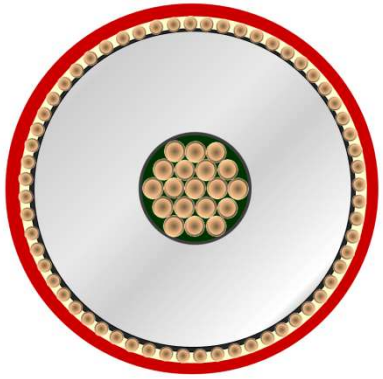
Dicker Leiter – dünne Isolierung
L = klein C = hoch Z = klein



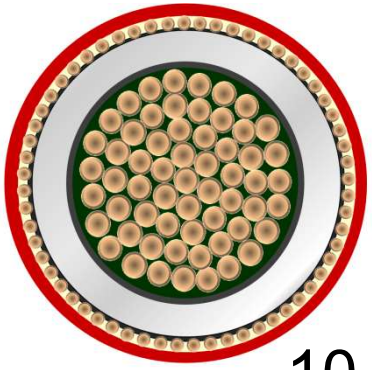
Kabelimpedanz

<u>Hohe Impedanz</u>
Dicke Isolation in Relation zum Leitungsquerschnitt

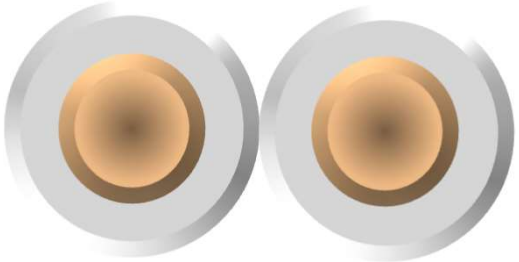
<u>Niedrige Impedanz</u>
Dünne Isolation in Relation zum Leitungsquerschnitt



50 – 75 Ω



10 – 50 Ω



100 – 120 Ω

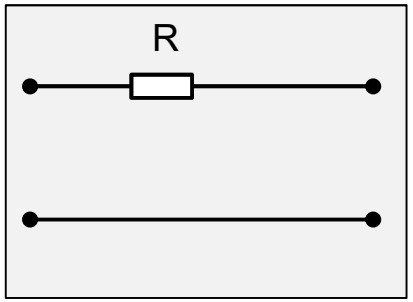
Typische Kabelimpedanz Werte

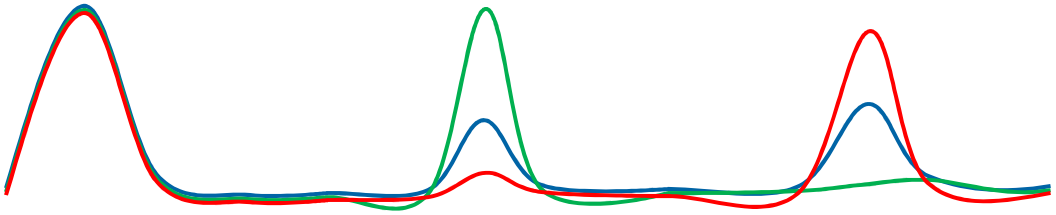
Freileitungen	> 300 Ω
Telekom Kabel	ca. 135 Ω
Koaxial Kabel	50 Ω, 75 Ω
Energiekabel	ca. 20 Ω
Straßenbahn Leitung	ca. 5 -10 Ω

Der Impuls

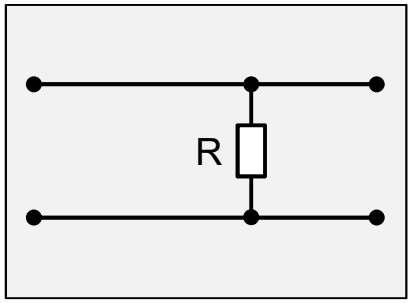
Die Distanzmessung wird am “Fußpunkt” des Impulses durchgeführt
Der Fußpunkt “sieht” Impedanz Änderungen als erstes

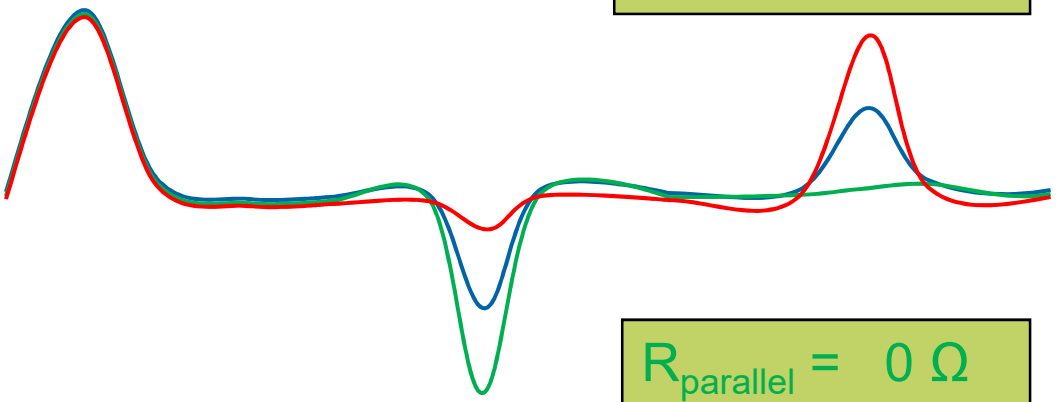
Einfluss von Fehlerwiderständen auf das Reflexionsbild





$R_{reihe} = \infty$
$R_{reihe} = 100\ \Omega$
$R_{reihe} = 5\ \Omega$

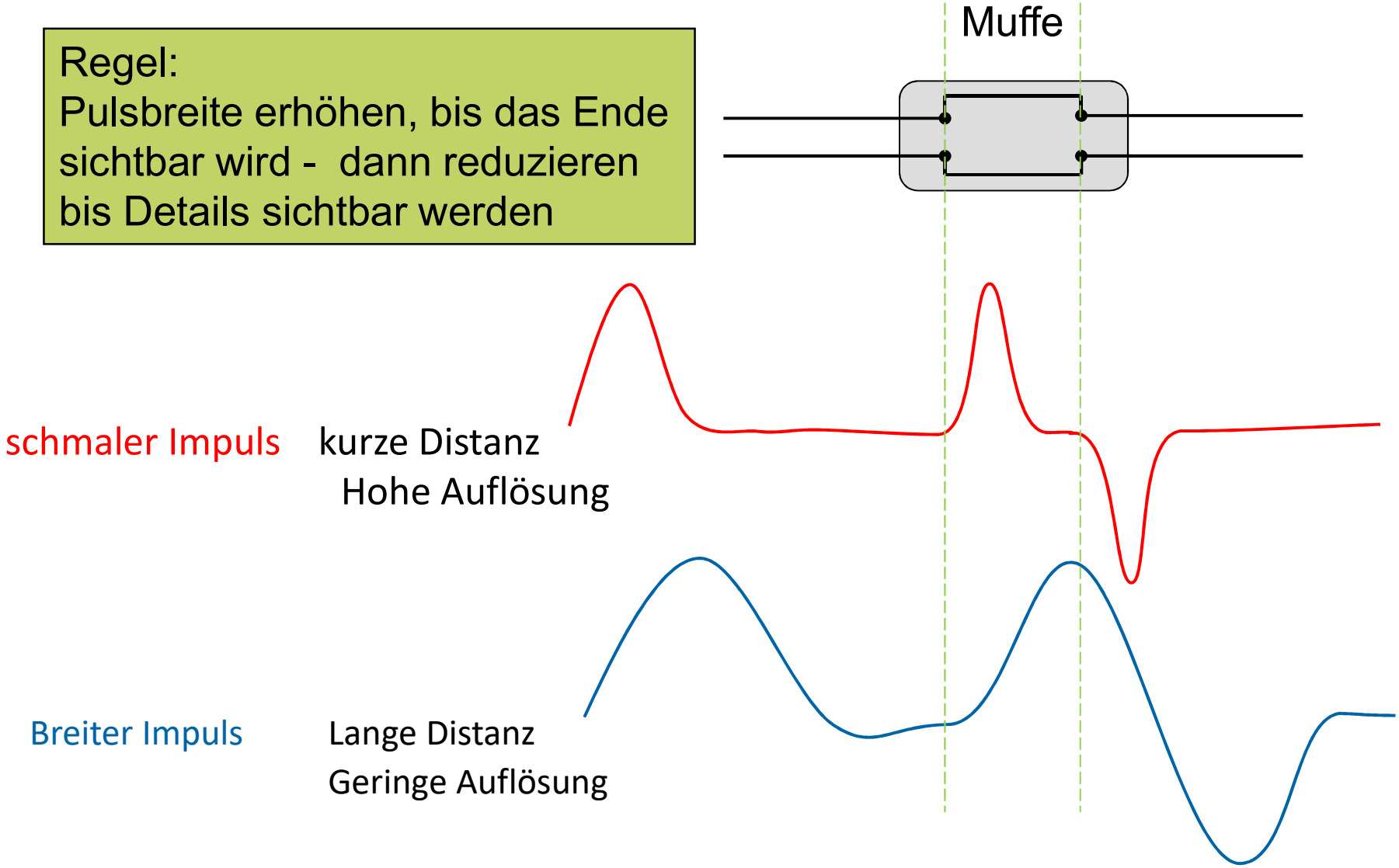




$R_{parallel} = 0\ \Omega$
$R_{parallel} = 100\ \Omega$
$R_{parallel} = 250\ \Omega$

Pulsbreite

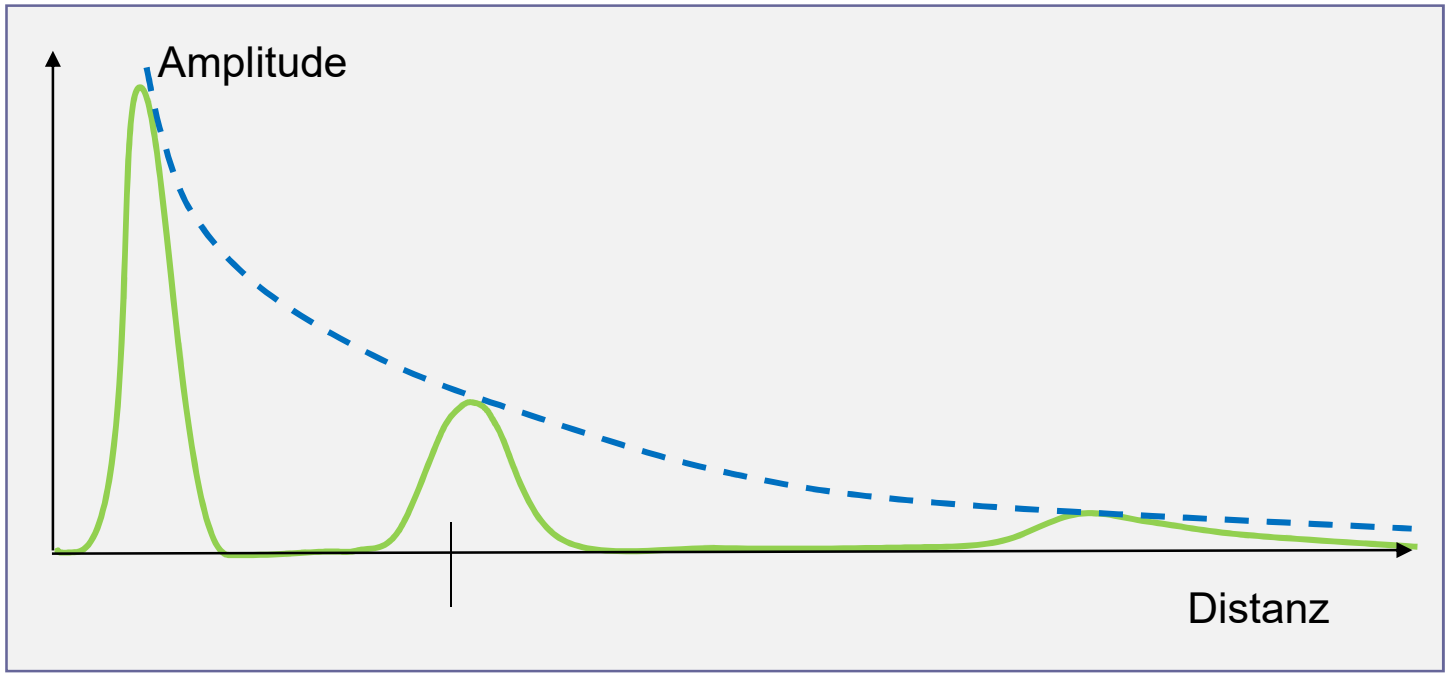
Regel:
Pulsbreite erhöhen, bis das Ende sichtbar wird - dann reduzieren bis Details sichtbar werden



Pulsbreite

Pulsbreite	Distanz - Zeiten	Distanz ($^{V}/_{2}$ = 80 m/µs)
100 ns	Bis 6.25 µs	bis to 500 m
200 ns	6.25 µs … 31.25 µs	500 m … 2,5 km
500 ns	31.25 µs … 93,75 µs	2,5 km … 7,5 km
1 µs	93,75 µs … 375 µs	7,5 km … 30 km
2 µs	375 µs … 750 µs	30 km … 60 km
5 µs	750 µs … 2 ms	60 km … 200 km

Kabeldämpfung – Kabeldispersion



Dämpfung beschreibt die Dämpfung der Signalamplitude über die Distanz

Dispersion beschreibt die Dämpfung von hohen Frequenzen über die Distanz

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit v/2

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt in erster Linie vom Dielektrikum (Isolation) zwischen den Leitern ab

Dielektrikum	**Value ε_r**
Vakuum	1
Plastik	2 bis 4
Wasser	81

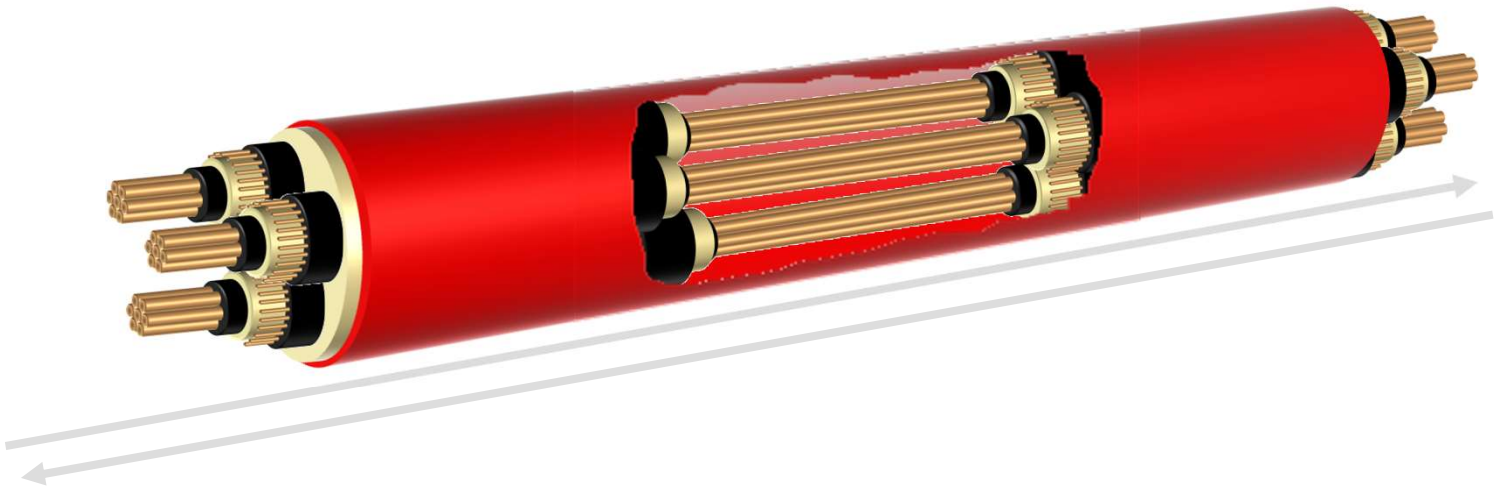
v	Ausbreitungsgeschwindigkeit eines elektrischen Impulses
c	Lichtgeschwindigkeit (300 m/µs)
ε_r	Relative Dielektrizitätszahl

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \qquad Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

ε_r ⇧ ➡ **Z** ⇩ ➕ **v** ⇩

Z	Typische Impedanz
L	Kable Induktivität
C	Kabel Kapazität

Ausbreitungsgeschwindigkeit und Distanz



$$l_x = \left(\frac{v}{2}\right) \times tx$$

$\left(\frac{v}{2}\right)$ Hälfte der Aus-breitungsge-schwindigkeit

v Ausbreitungsgeschwindigkeit des el. Impulses

t_x Dauer die der Puls bis zum Kabelende benötigt

lx Leiterlänge

Ausbreitungsgeschwindigkeit v/2

In Vakuum 300 m/µs, ca. 80 m /µs in Kabeln.

PILC	80 m/µs (77-82 m/µs)
PVC	78 m/µs (70-80 m/µs)
VPE	85 m/µs (82-86 m/µs)
Gemischte Strecken	83 m/µs
Telekom Kabel	95 – 120 m/µs
Freileitung	147,5 m/µs

Einflussfaktoren auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit

Impedanz

Dielektrikum ((Farbe PVC), Material der Isolierung,)

Alter des Kabels

Temperatur

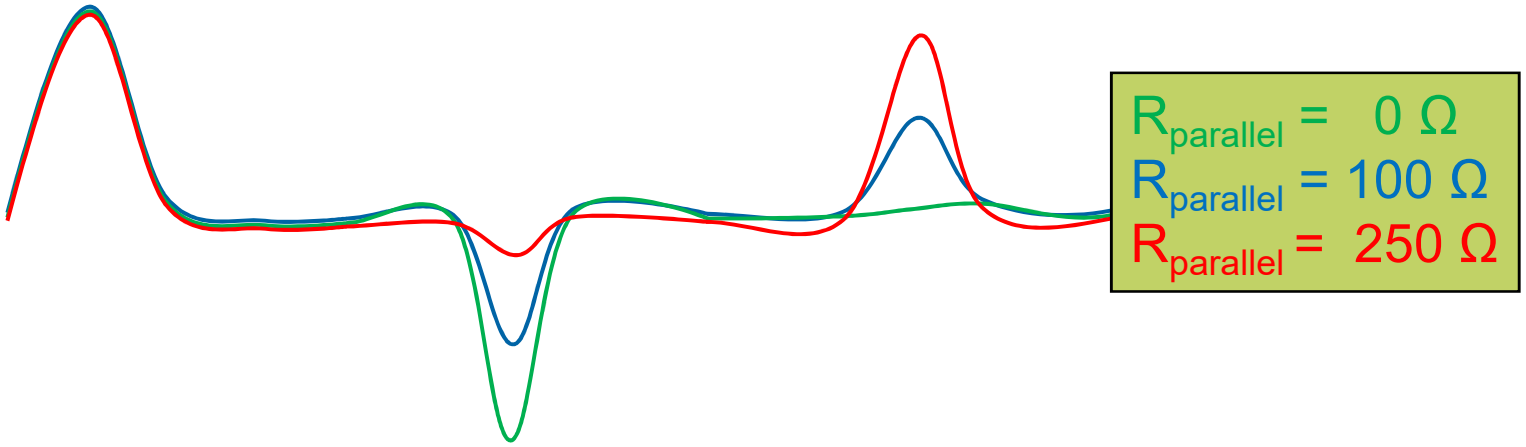
Wasser v/2 fällt auf ca. 65 m/µs

Anordnung der Leiter innerhalb des Kabels

Lokalisierung von hochohmigen Fehler mit Hochspannung

Die reine Reflexionsmessung zeigt nur Fehlerwiderstände die deutlich kleiner als die Kabelimpedanz sind.
"Sichtbare" Fehler sind typischerweise < 100 Ohm, höhere Fehlerwiderstände können sichtbar sein, aber nur sehr schwer erkennbar.

Da die meisten Fehler hochohmig bzw. spannungsabhängig mit unendlichem Widerstand sind, müssen diese mit Hilfe einer Hochspannungsunterstützten Technologie niederohmig, und damit sichtbar gemacht werden.



Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, “feuchte” Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, “feuchte” Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

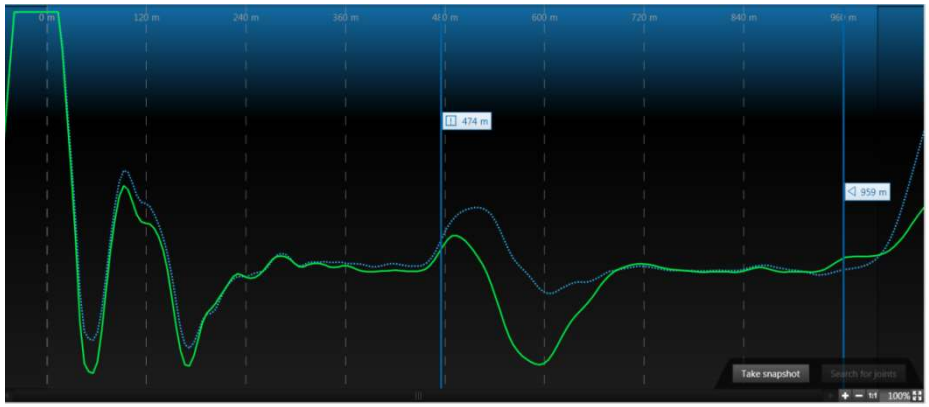
SIM – Sekundär Impuls Methode

Die generelle Idee der SIM Methode besteht darin, einen temporären Kurzschluss an der Fehlerstelle zu erzeugen. Während der Durchschlag oder Lichtbogen brennt, ist die Fehlerstelle niederohmig und das IRG erkennt diese Stelle als negative Reflexion.

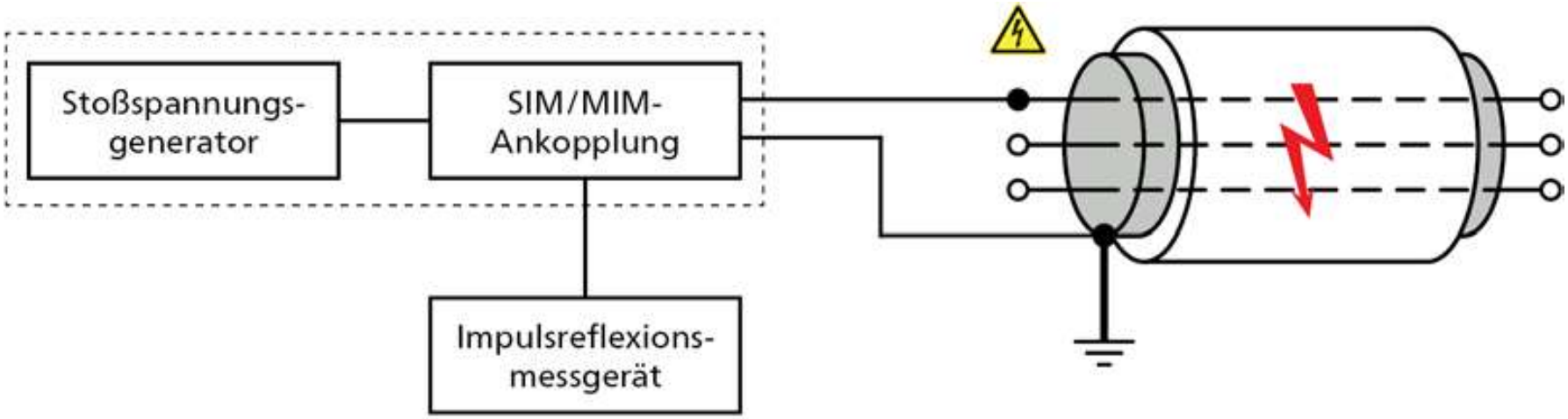
Für diese Anwendung benötigt das IRG spezielle Schutzfilter um Messungen durchführen zu können, während Hochspannung anliegt.

Ablauf:

1) Aufnahme des “Gesundbildes” mit Hilfe einer TDR Messung (ohne HV)
2) Aufnehmen “Fehlerbild” durch TDR Messung während des Durchschlages
3) Vergleich der beiden Messkurven - erkennen der negativen Reflexion als Abweichung vom “Gesundbild”

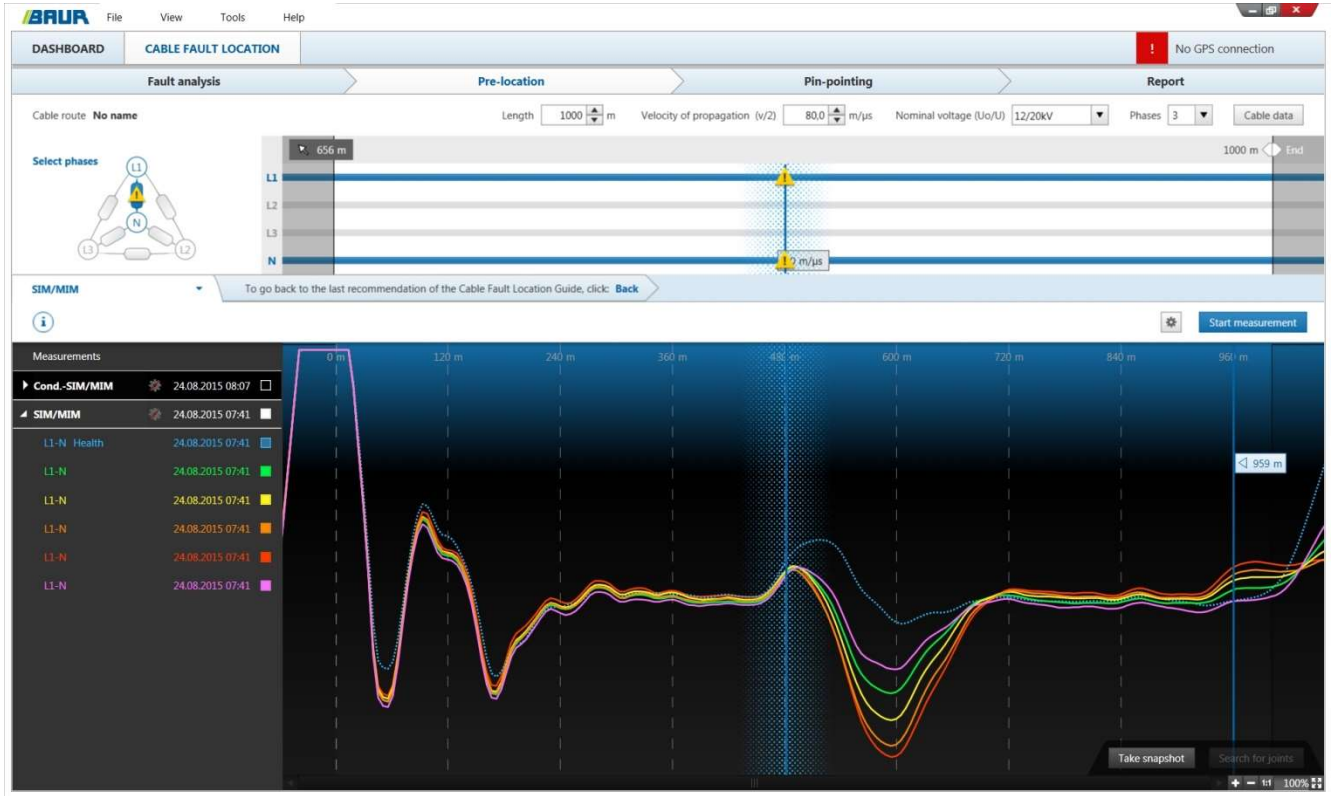


Sekundär Impuls Methode – SIM



l = t x v/2

Sekundär Impuls Methode SIM/MIM



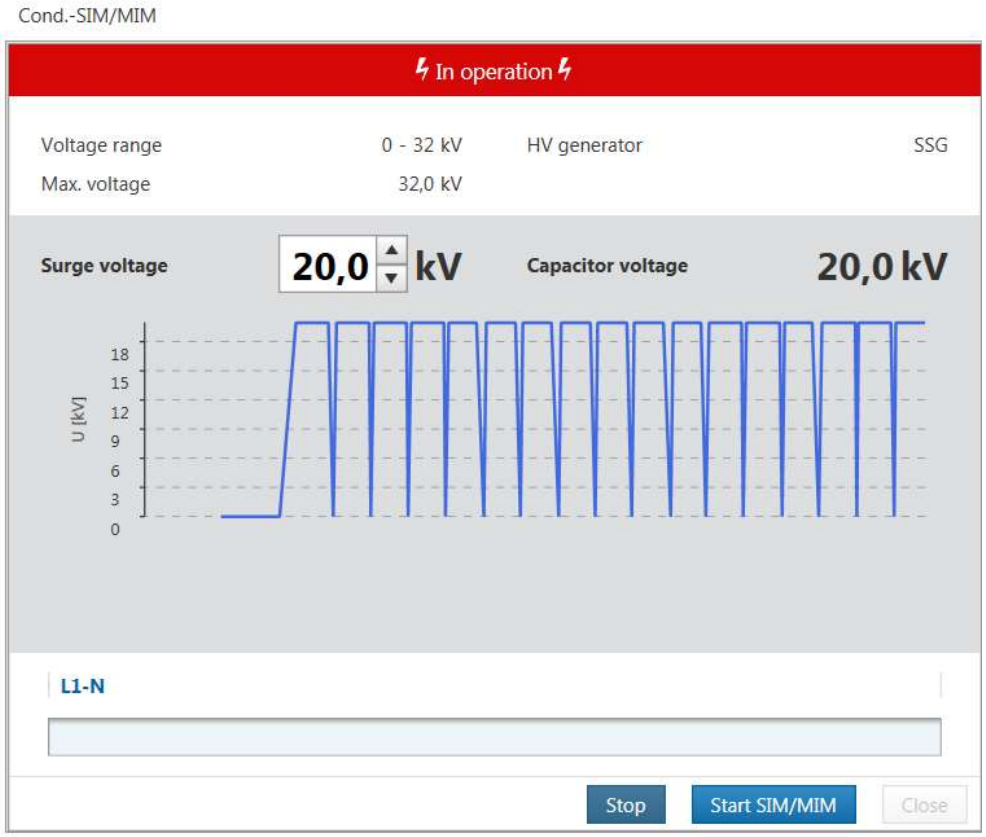
Erste Messung: Positive Reflexion am Kabelende

Zweite Messung: Negative Reflexionen (zeitversetzt) an der Fehlerstelle (Durchschlagfehler)

Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, “feuchte” Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, “feuchte” Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

Conditioning SIM/MIM



Conditioning SIM/MIM Technik:

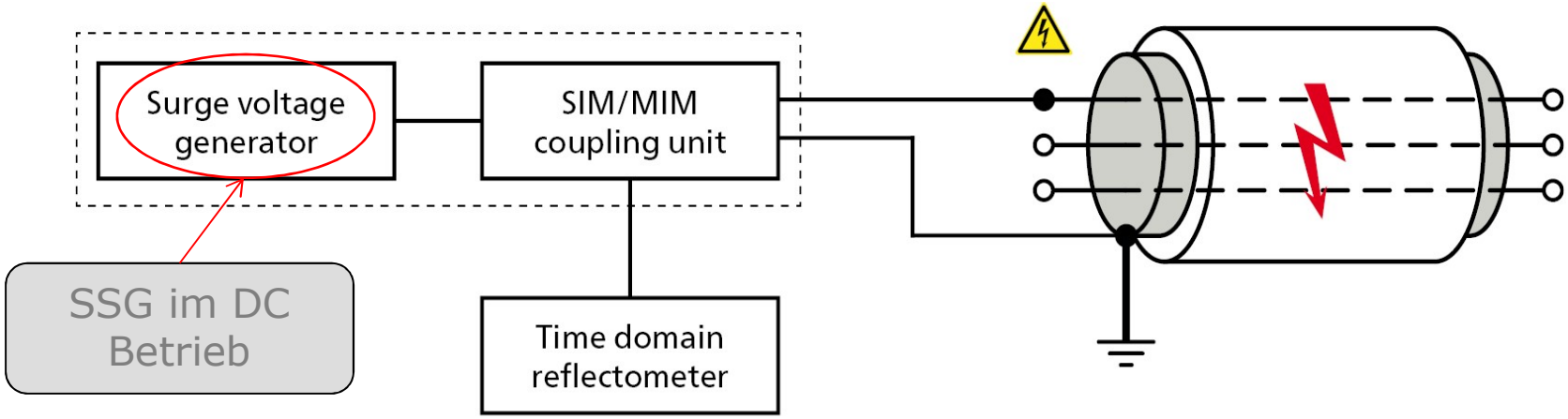
1. Hochohmiger-, nasser Fehler
2. Kontinuierliche Stoßentladung auf die Fehlerstelle
3. Karbonisieren des Kabelfehlers
4. Der hochohmige Fehler wird dadurch niederohmig
5. Vorortung mit der SIM/MIM Methode

DC SIM/MIM – Sekundär Impuls Methode mit DC

DC Anwendung mit SSG – Aufladen SSG und Kabelkapazität

Der Vorteil dieser Methode ist die höhere verfügbare Stoßenergie durch Addition der Kapazitäten des SSG und des Kabels.

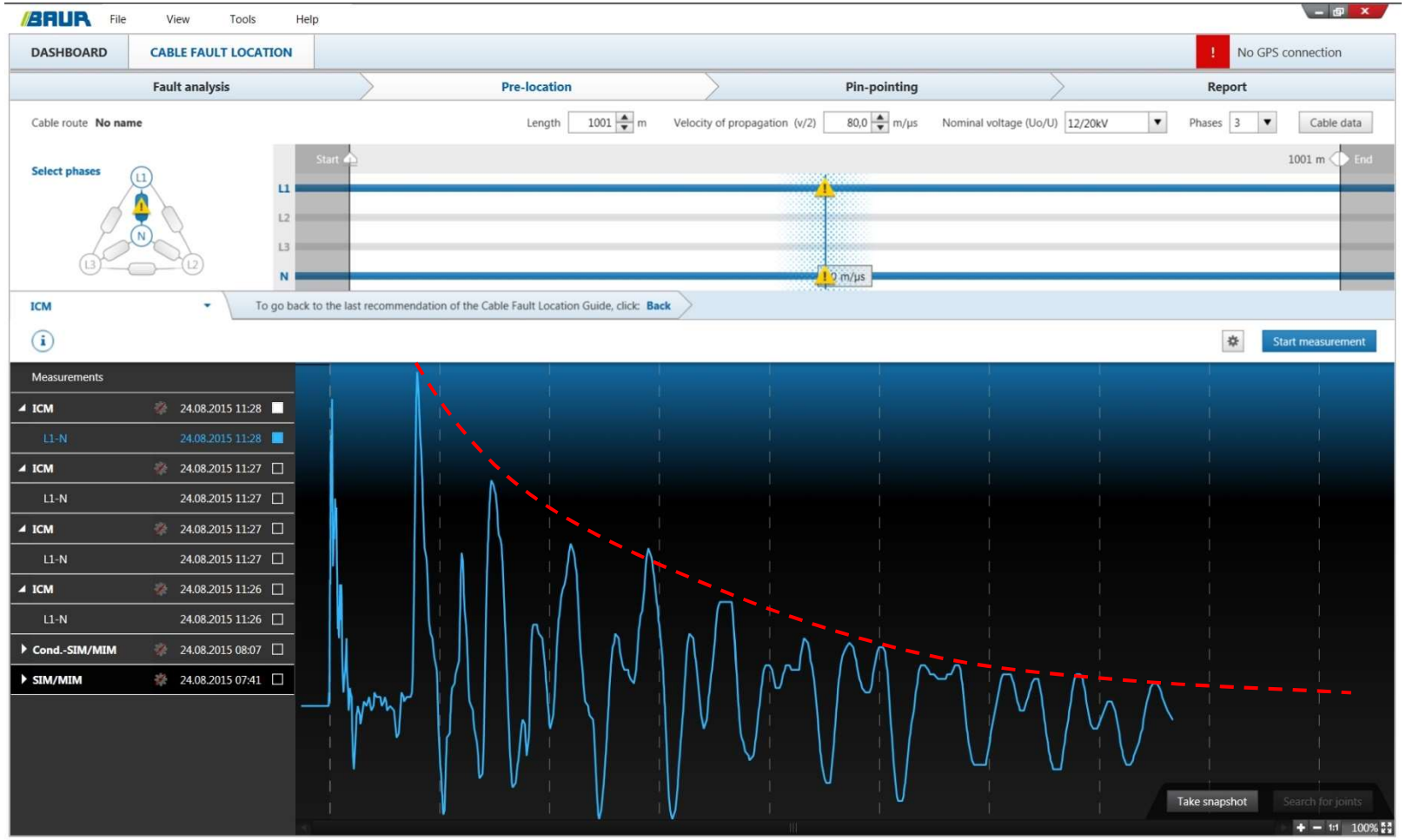
Anwendung bei langen Kabelstrecken



Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, "feuchte" Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, "feuchte" Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

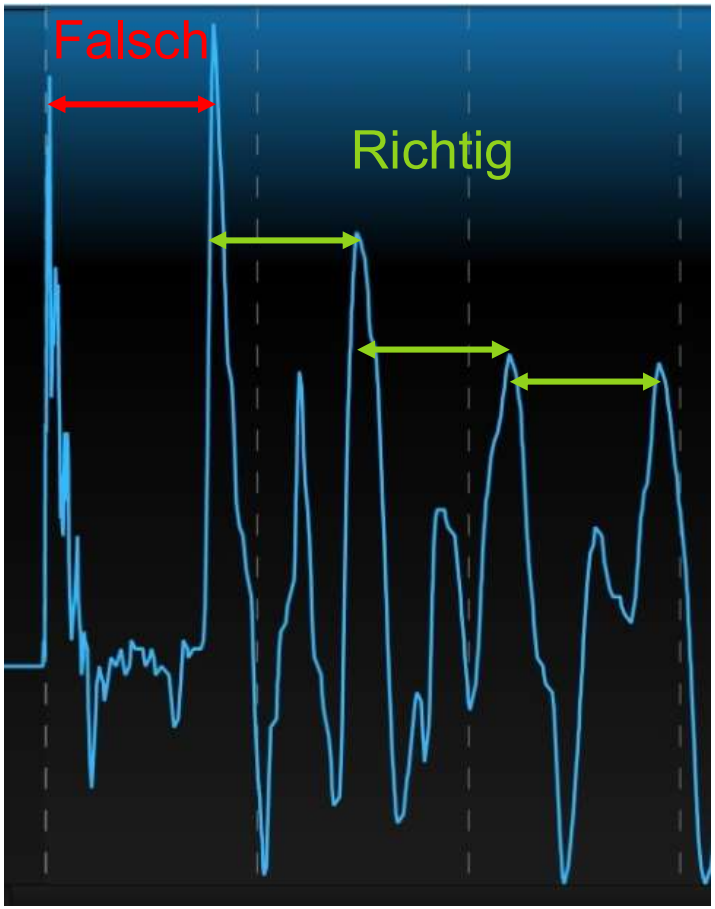
Stromauskopplungs Methode - ICM



Stromauskopplungsmethode,
Beispiel

Zündverzögerung bei ICM

Bei der Stromauskopplungsmethode erfolgt durch die Ionisationsphase eine Zündverzögerung bei der ersten Welle. Für eine korrekte Messung muss diese erste Reflexion ignoriert werden!



Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, "feuchte" Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, "feuchte" Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

Decay Methode (Ausschwingmethode)

Decay Methode, Beispiel

Vergleich

SIM / MIM

- Meistverwendete HV-Fehlerortungsmethode
- Viele Details sichtbar (Muffen, Kabelende, ...)
- Maximale SSG-Spannung (typisch 32 kV)
- Messbereich auf einfache Kabellänge setzen
- Anschlusskabellänge wird automatisch subtrahiert

ICM Stromauskopplung

- Für lange Kabel und Fehler in nassen Muffen
- Max. SSG-Spannung (typisch 32 kV)
- Messbereich wird auf das 5 bis 10-fache der Kabellänge gesetzt.
- Verstärkung erhöhen
- Messung der Länge einer Periode
- Erste Periode wird nicht für die Messung verwendet (“Zündverzögerung”)
- Gemessene Länge 7 bis 15 % zu weit durch variierende v/2
- Anschlusskabellänge muss abgezogen werden

Decay

- Für Kabelfehler, an denen eine hohe HV Spannung notwendig ist
- Fehlerhaftes Kabel muss geladen werden können, und dann einen Durchschlag erzeugen. Fehler mit Leck Strömen können nicht lokalisiert werden
- Messbereich wird auf das 5 bis 10-fache der Kabellänge gesetzt
- Verstärkung reduzieren
- Messung der Länge einer Periode und durch 2 teilen
- Anschlusskabellänge muss abgezogen werden

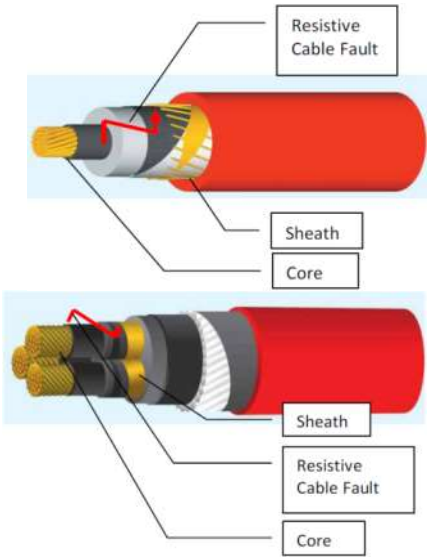
Methoden der Kabelfehler Vorortung

Methode	**Fehlercharakteristik**
Impuls Reflexions Methode (**TDR**)	Niederohmige Fehler, Unterbrechung
SIM / MIM Sekundäre / Multiple Impuls Methode	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler
Conditioning **SIM/MIM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler, “feuchte” Fehler
Brennen	Hochohmige Fehler, “feuchte” Fehler
Stromauskopplungsmethode- **ICM**	Hochohmige Fehler, Durchschlagfehler (Vorzugsweise für lange Kabelstrecken)
Decay Ausschwingmethode	Spannungsgezündete Fehler – wenn hohe Spannung erforderlich ist
Brückenmessung	Nieder & Hochohmige Fehler, Kabelmantelfehler

Brückenmessung – Anwendung

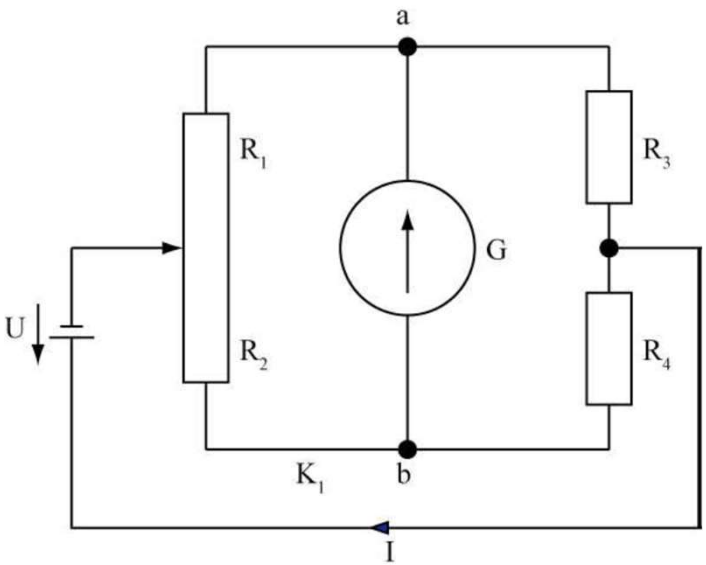
Fehlerlokalisierung von:

- Mantelfehler in MV und HV Kabel (Ursache für Entstehung von Water Trees
- Erdfühlige Fehler in LV Kabel und Steuerkabeln



Brückenmessung

Wheatstone Messbrücke
(Grundprinzip)

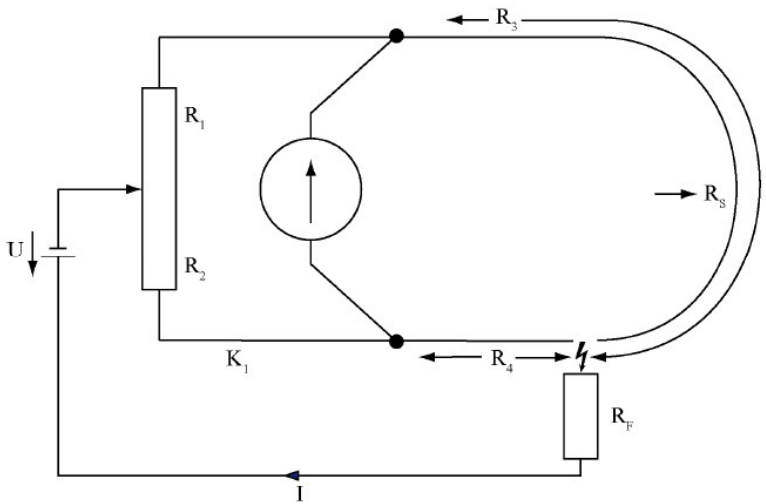


$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \qquad R_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$$

Beispiel

115 kV, Kabel

Schirm, 175 mm² ~0,1 Ohm/km Längswiderstand



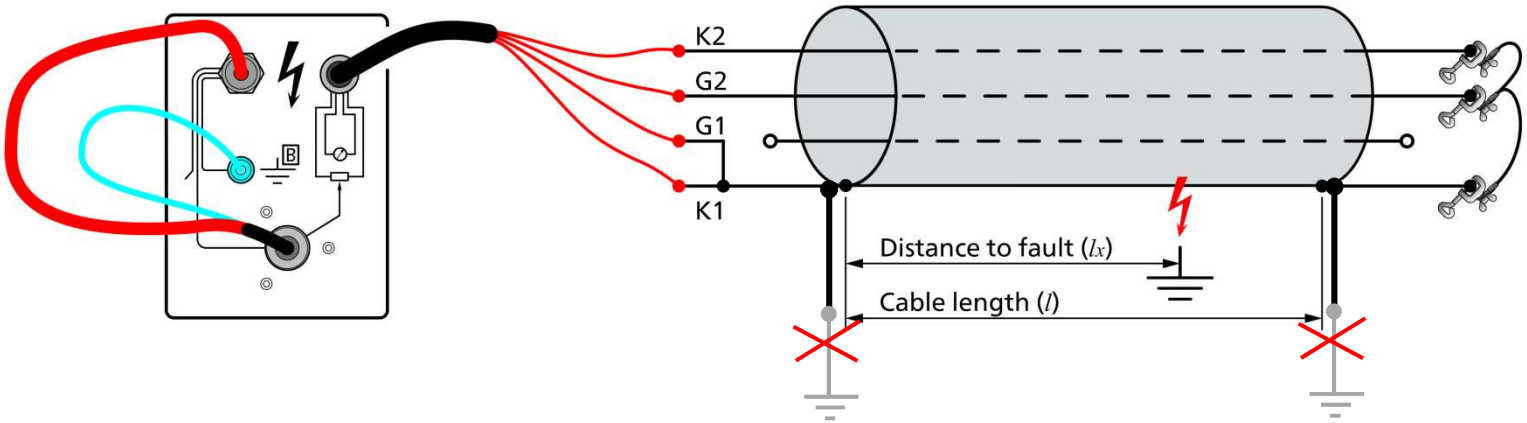
Fehlerstrom bestimmt Genauigkeit!

→ 2 – 3 mA benötigt

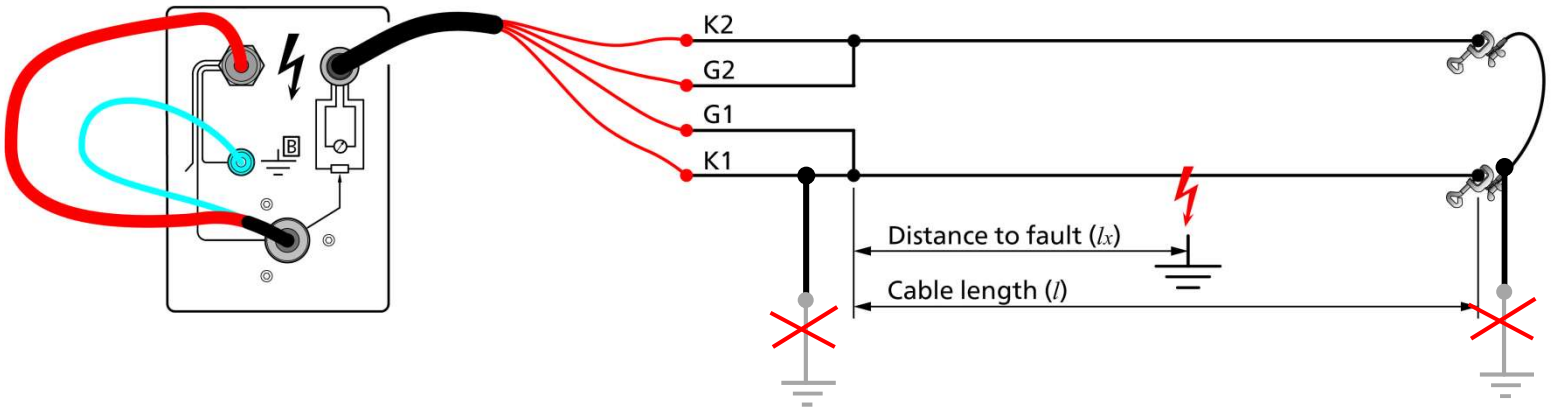
→ @10 kV = ~ 5 MOhm R_F

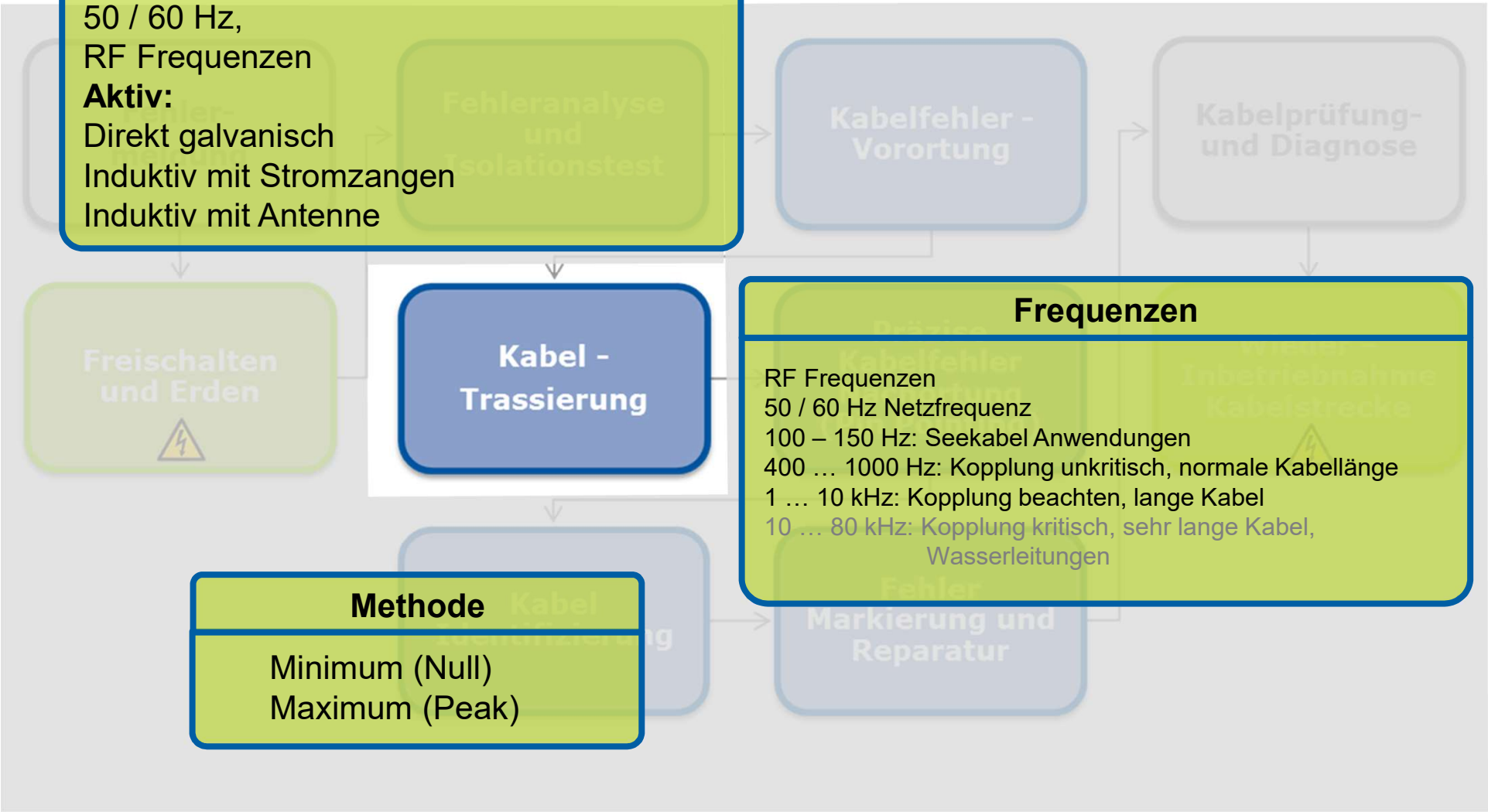
Vorortung - Anschlusstechnik

Glaser measuring bridge



Murray measuring bridge





Anschluss

Passiv (kein Sender):
50 / 60 Hz,
RF Frequenzen
Aktiv:
Direkt galvanisch
Induktiv mit Stromzangen
Induktiv mit Antenne

Frequenzen

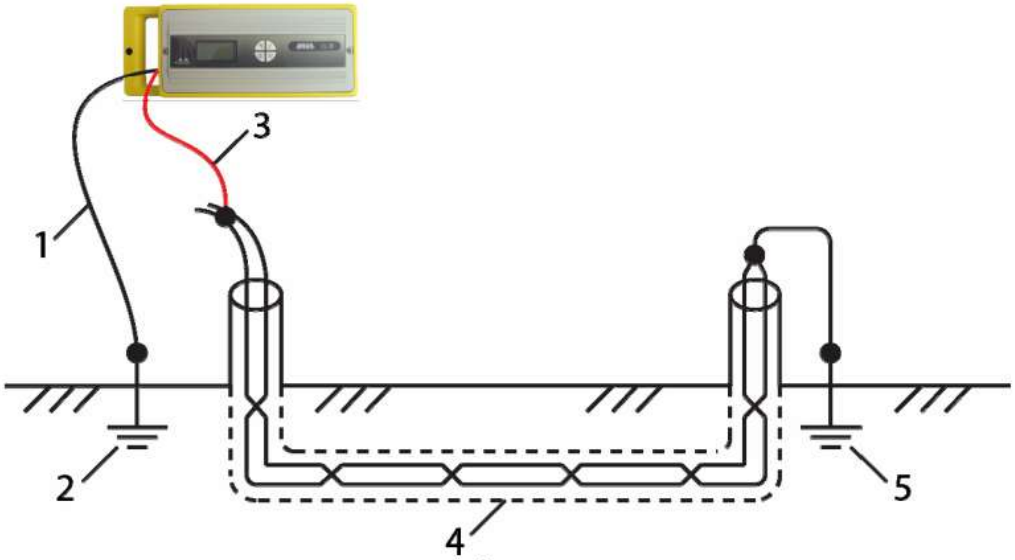
RF Frequenzen
50 / 60 Hz Netzfrequenz
100 – 150 Hz: Seekabel Anwendungen
400 … 1000 Hz: Kopplung unkritisch, normale Kabellänge
1 … 10 kHz: Kopplung beachten, lange Kabel
10 … 80 kHz: Kopplung kritisch, sehr lange Kabel, Wasserleitungen

Methode

Minimum (Null)
Maximum (Peak)

Anschlussmöglichkeiten - Galvanisch

1. Galvanischer Anschluss



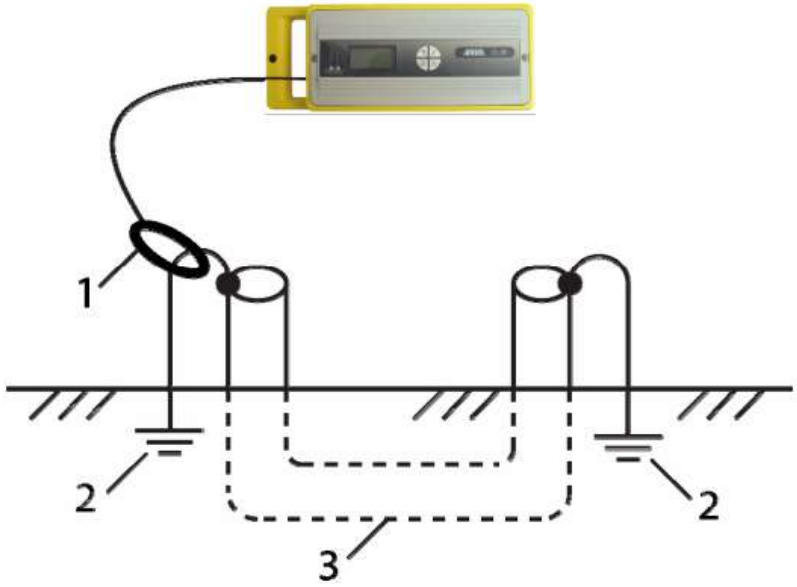
1	Schwarzes Anschlusskabel
2	Messsonde
3	Rotes Anschlusskabel
4	Erdverlegtes Kabel
5	Erdungsanschluss

Merkmale:

Maximaler Wirkungsgrad
100 % Sendeleistung
Kontrolle über den Stromfluss
Funktioniert auch mit niedrigen Frequenzen

Anschlussmöglichkeiten - Induktiv

2. Induktiver Anschluss mit Flexicoupler/Stromzange

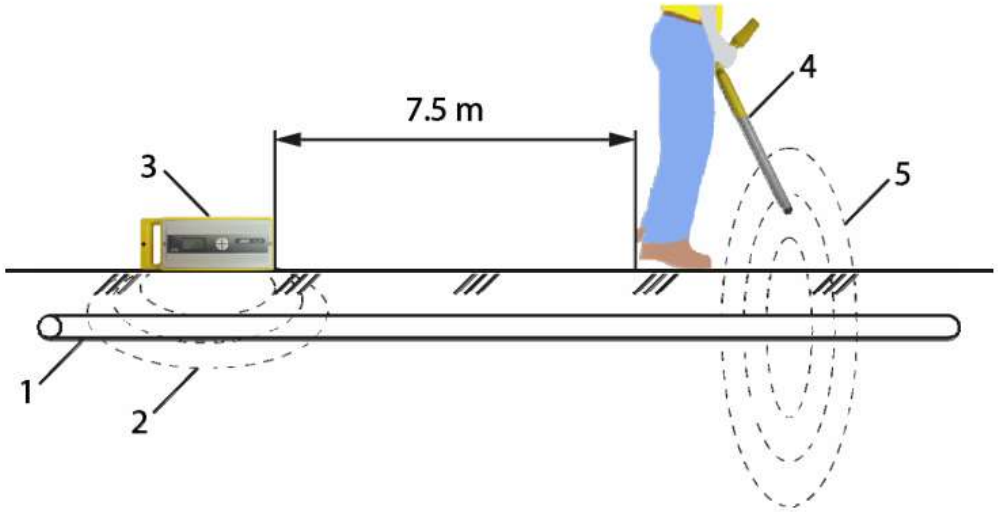


1 Flexicoupler
2 Erdungsanschluss
3 Erdverlegtes Kabel/Rohr

Merkmale: reduzierter Wirkungsgrad
20 % der verfügbaren Sendeleistung
Kontrolle über Stromfluss

Anschlussmöglichkeiten – Rahmenantenne

3. Ankopplung mit Rahmenantenne

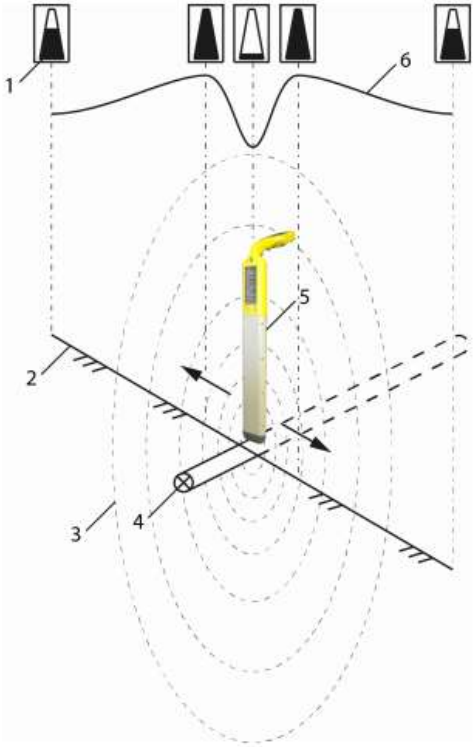


1 Erdverlegtes Kabel/Rohr
2 Elektromagnetisches Feld des Senders
3 Sender
4 Empfänger
5 Elektromagnetisches Feld des Kabels/Rohrs

Merkmale:

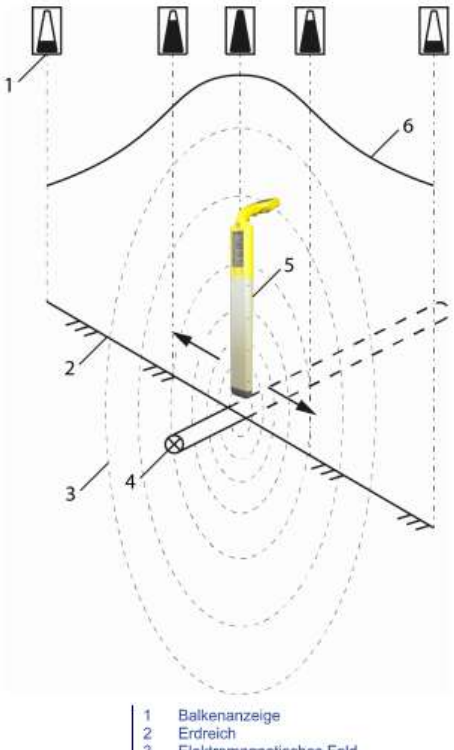
Niedriger Wirkungsgrad
5 % der Sendeleistung werden eingekoppelt
Keine Kontrolle über den Stromfluss
Benötigt höhere Frequenzen
Induziert in alle benachbarten Leiter
Reduzierter Bereich (200 - 500 m)

Kabeltrassierung
mit CL 20



1 Balkenanzeige
2 Erdreich
3 Elektromagnetisches Feld
4 Erdverlegtes Kabel
5 Empfänger

1. Minimum Methode



1 Balkenanzeige
2 Erdreich
3 Elektromagnetisches Feld
4 Erdverlegtes Kabel
5 Empfänger
6 Signalverlauf

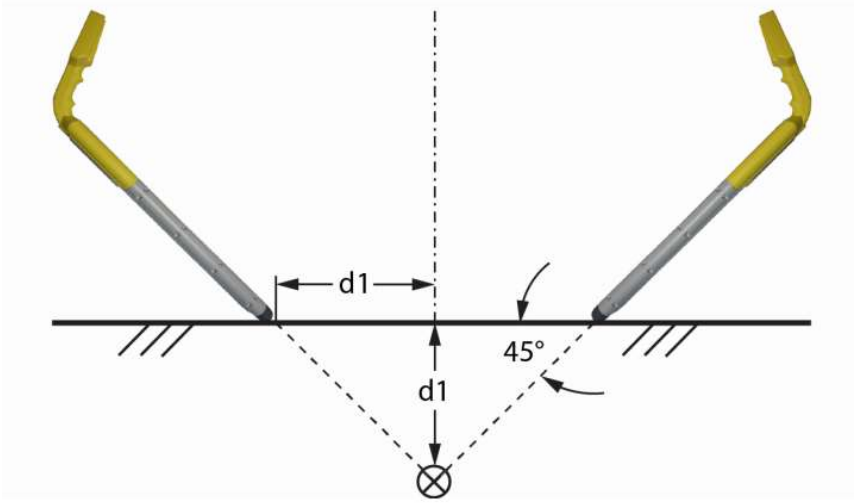
2. Maximum Methode

Tiefenmessung

Die Minimum Methode ermöglicht eine geometrische Tiefenmessung indem die Suchspule um 45° gedreht wird.

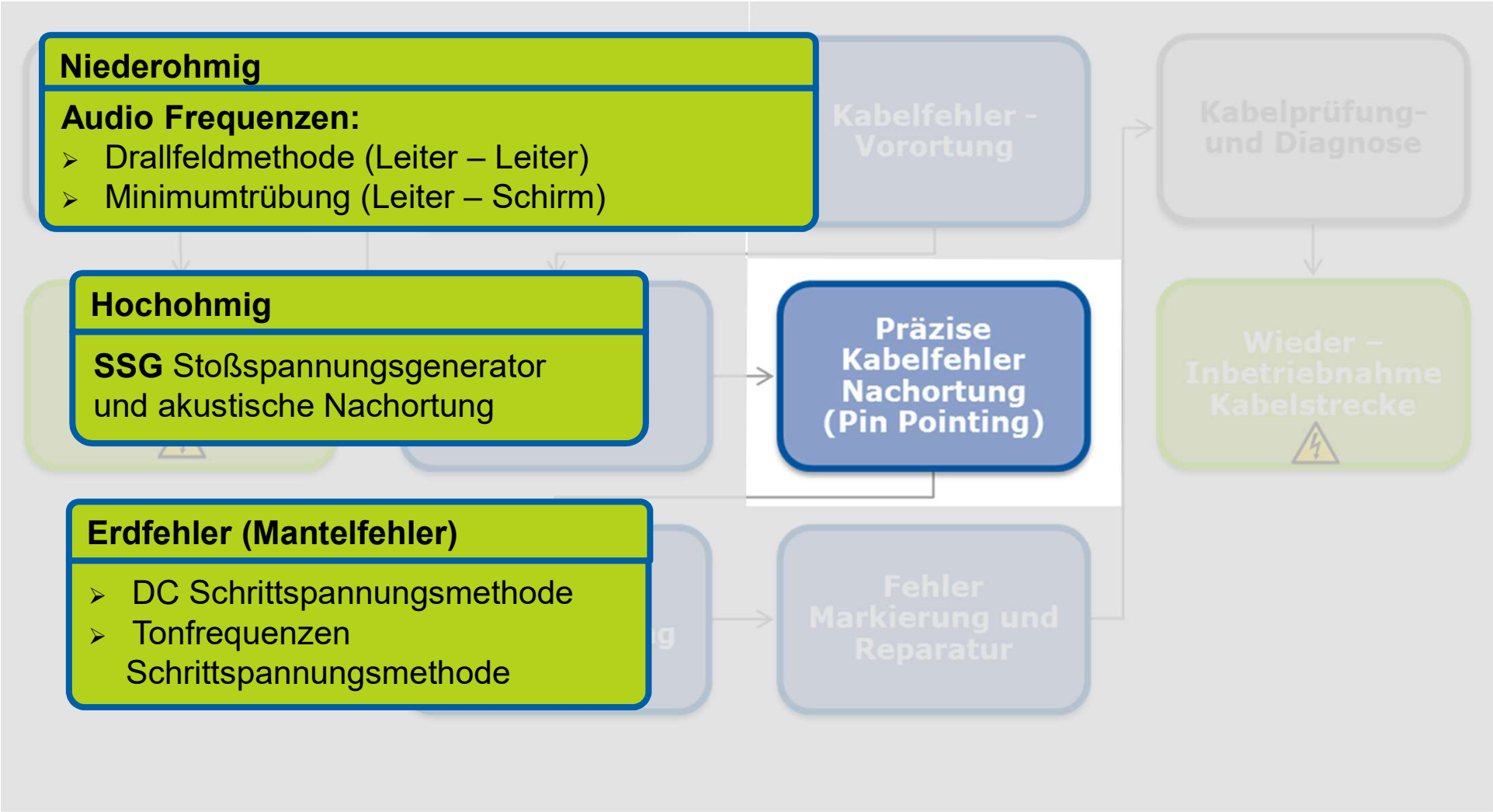
Die Distanz zwischen dem Minimum bei 45° und der vertikalen Achse bei 0° entspricht der verlege Tiefe des Kabels.

Zur Verifizierung der gemessenen Tiefe sollte die Messung von der anderen Seite wiederholt werden.



Distanz = Tiefe

3. Tiefenmessung mit der Minimum Methode


Niederohmig
Audio Frequenzen:
Drallfeldmethode (Leiter – Leiter)
Minimumtrübung (Leiter – Schirm)
Kabelfehler - Vorortung
Kabelprüfung- und Diagnose
Hochohmig
SSG Stoßspannungsgenerator und akustische Nachortung
Präzise Kabelfehler Nachortung (Pin Pointing)
Wieder – Inbetriebnahme Kabelstrecke
Erdfehler (Mantelfehler)
DC Schrittspannungsmethode
Tonfrequenzen Schrittspannungsmethode
Fehler Markierung und Reparatur

Nachortungsmethoden

Hochohmige Kabelfehler

- Akustisch und magnetische Messung (Koinzidenz Methode - Zeitmessung)

Niederohmige Kabelfehler

- Drallfeldmethode
- Minimumtrübungsmethode

Kabelfehler gegen Erde

- Schrittspannungsmethode mit getakteter Gleichspannung
- Schrittspannungsmethode mit Tonfrequenz

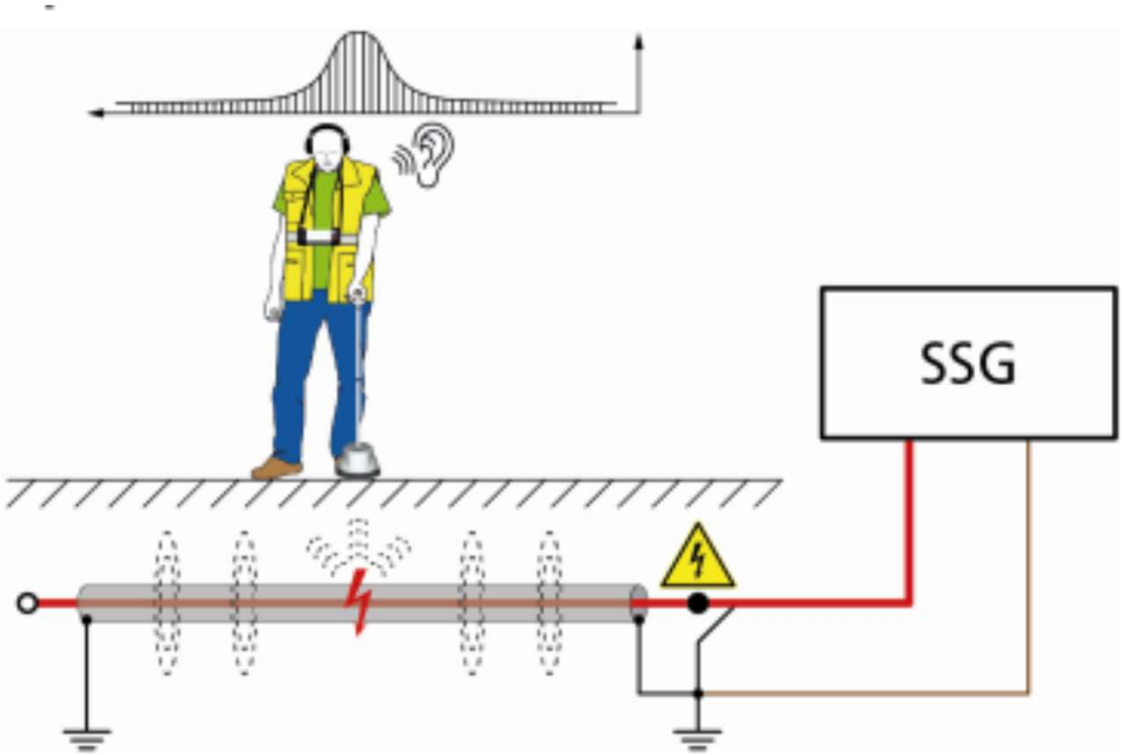
Akustische Nachortung

Hier ist wichtig, dass der SSG so betrieben wird, dass die maximal mögliche Stoßenergie an der Fehlerstelle entladen wird.
Dadurch wird der Kabelfehler besser hörbar und somit besser lokalisierbar.
Der SSG sollte immer mit der maximalen Spannung des eingestellten Spannungsbereiches betrieben werden.
Die folgende Formel zeigt dies als Abhängigkeit der Spannung

$$W = 0.5 \times C \times U^2$$

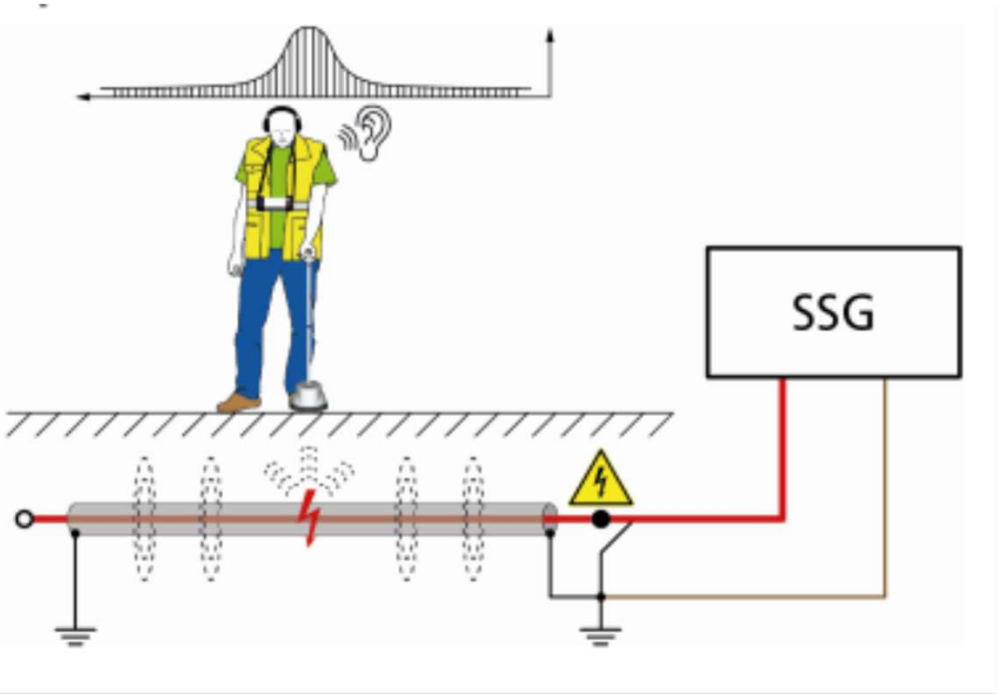
Akustische Nachortung

Je näher, desto lauter?



Koinzidenz Methode

Die kürzeste Zeit definiert die richtige Position, nicht die Lautstärke!



Magnetischer Aufnehmer + akustisches Signal

⇒ Laufzeitmessung

⇒ Meter - Anzeige

Nachortungsmethoden

Hochohmige Kabelfehler

- Akustisch und magnetische Messung (Koinzidenz Methode)

Niederohmige Kabelfehler

- Drallfeldmethode
- Minimumtrübungsmethode

Kabelfehler gegen Erde

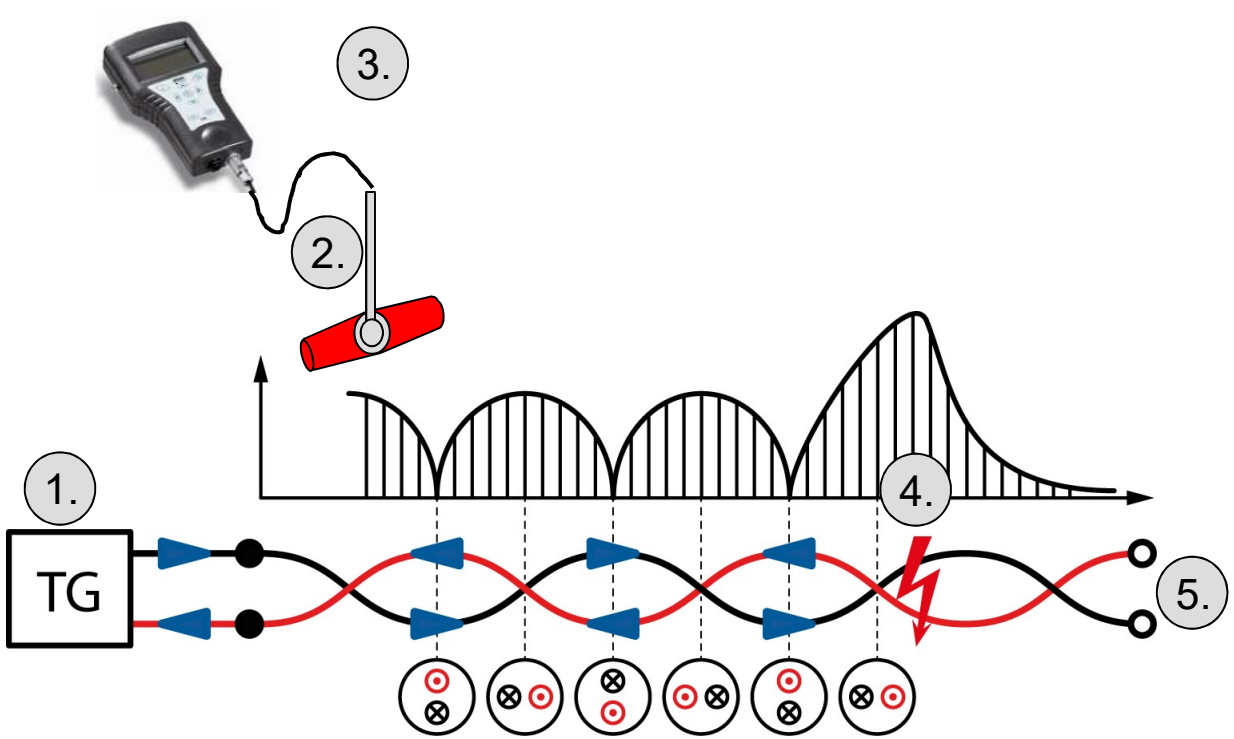
- Schrittspannungsmethode mit gepulster DC
- Schrittspannungsmethode mit AC - Audio Frequenzen

Drallfeldmethode

Speziell geeignet für

- Niederohmige Fehler
- Verdrillte Kabel

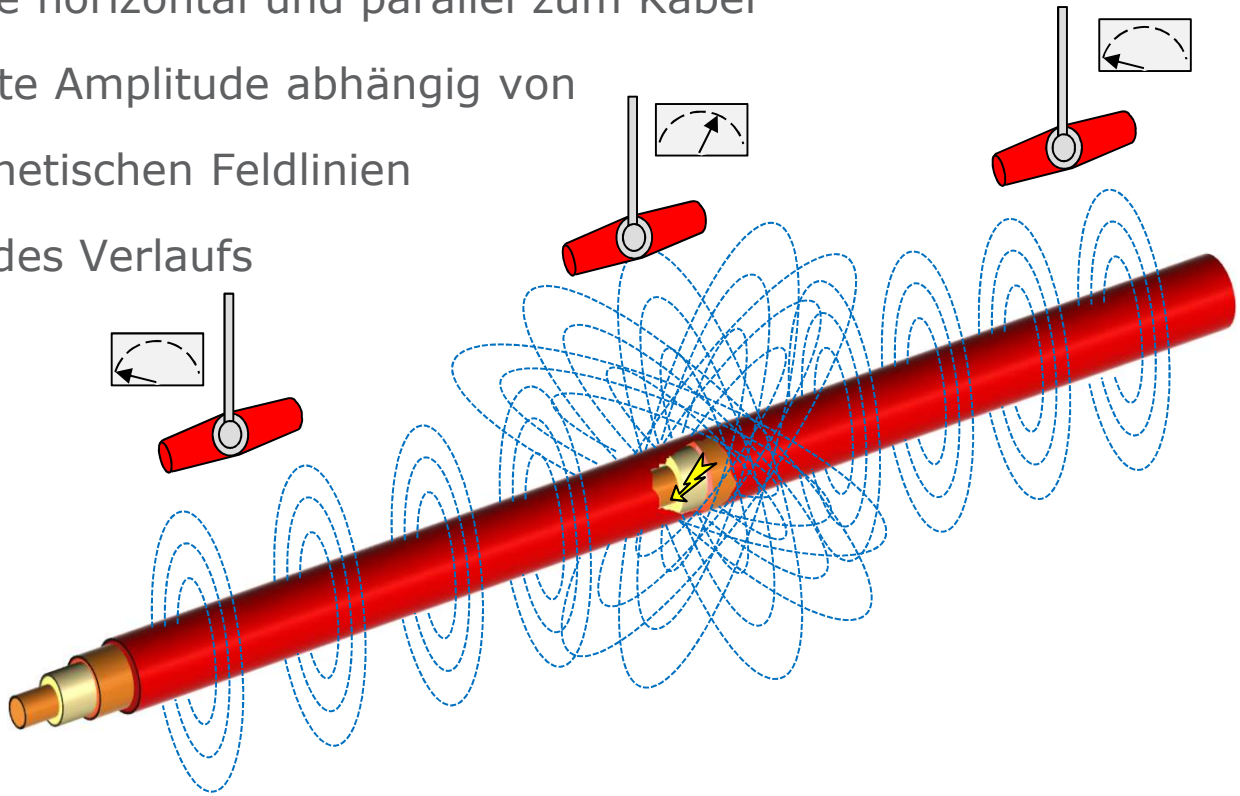
1. Tongenerator 2kHz, **600 VA**
2. Suchspule
3. UL 30 – Universal Receiver
4. Fehler (< 10Ω)
5. Offenes Kabelende



Minimumtrübungsmethode

Gut geeignet für

- Niederohmige Fehler / Kurzschlüsse in geradlinigen, geschirmten MV Kabel
- Suchspule horizontal und parallel zum Kabel
- Angezeigte Amplitude abhängig von den magnetischen Feldlinien
- Anzeige des Verlaufs



Nachortungsmethoden

Hochohmige Kabelfehler

- Akustisch und magnetische Messung (Koinzidenz Methode)

Niederohmige Kabelfehler

- Drallfeldmethode
- Minimumtrübungsmethode

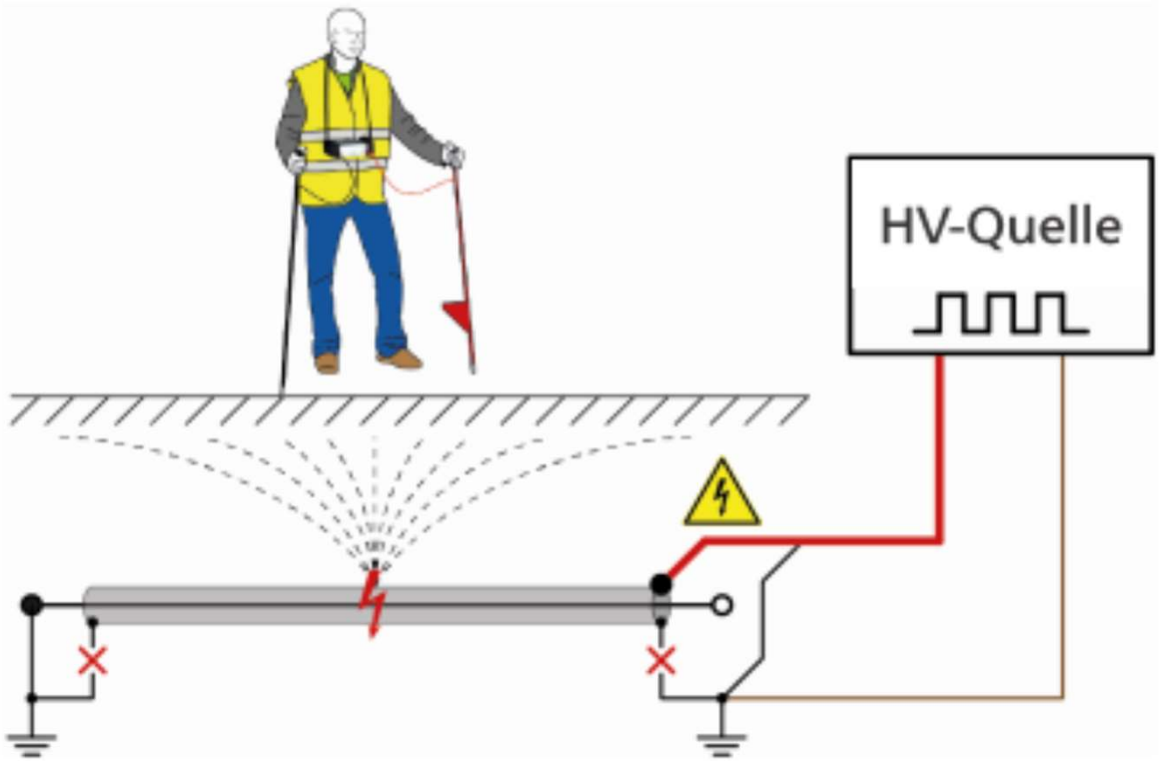
Kabelfehler gegen Erde

- Schrittspannungsmethode mit getakteter Gleichspannung
- Schrittspannungsmethode mit Tonfrequenz

Schrittspannungsmethode

Kabelmantelfehler Nachortungsempfänger und Zubehör

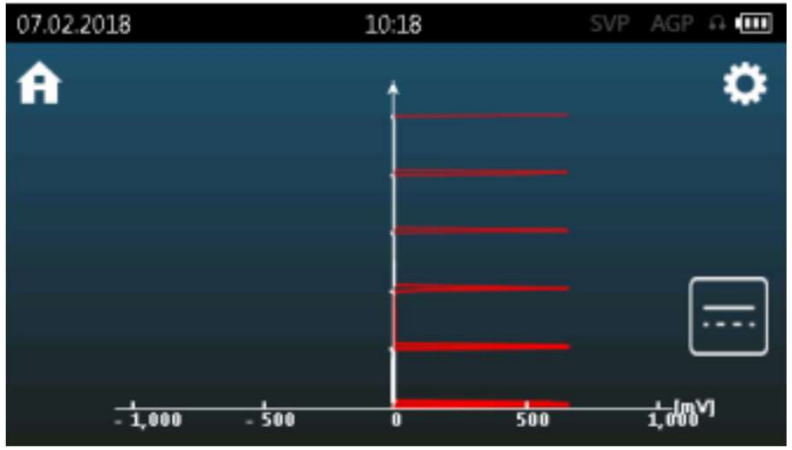
Immer beachten, dass der Schirm an beiden Kabelenden abgeklemmt ist!

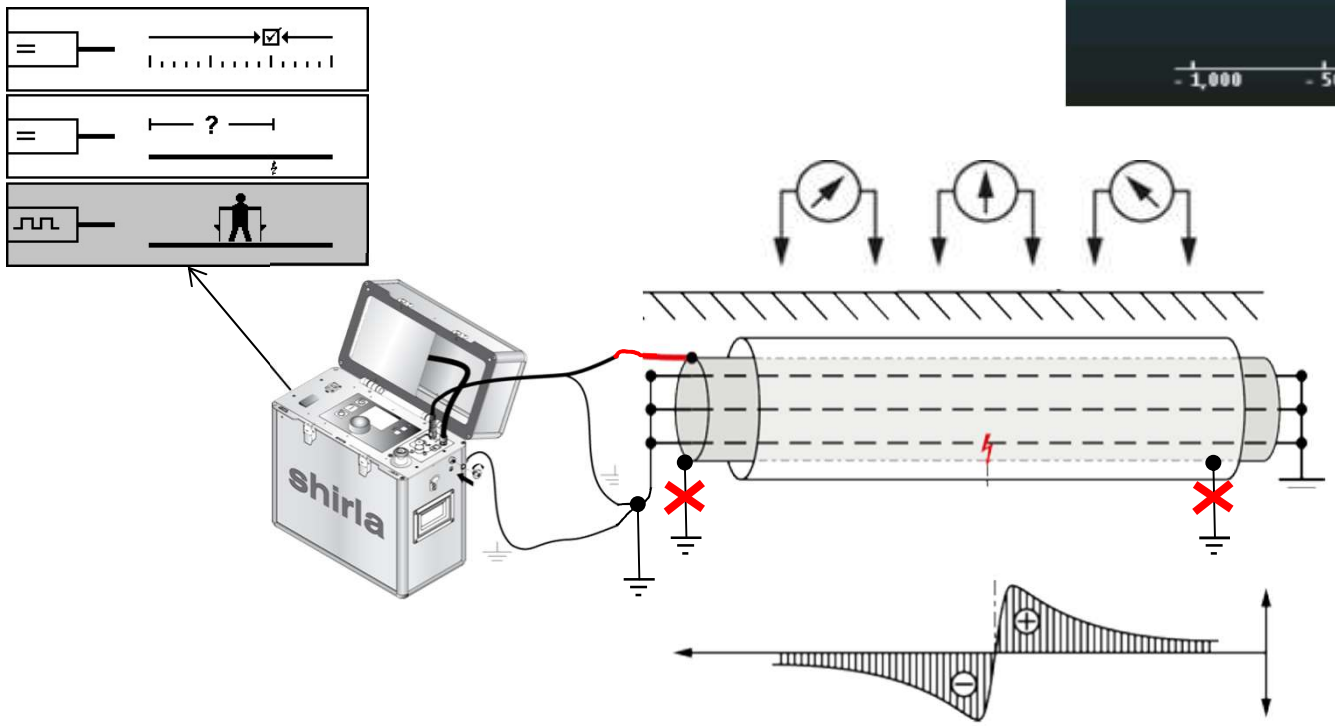


Schrittspannungsmethode

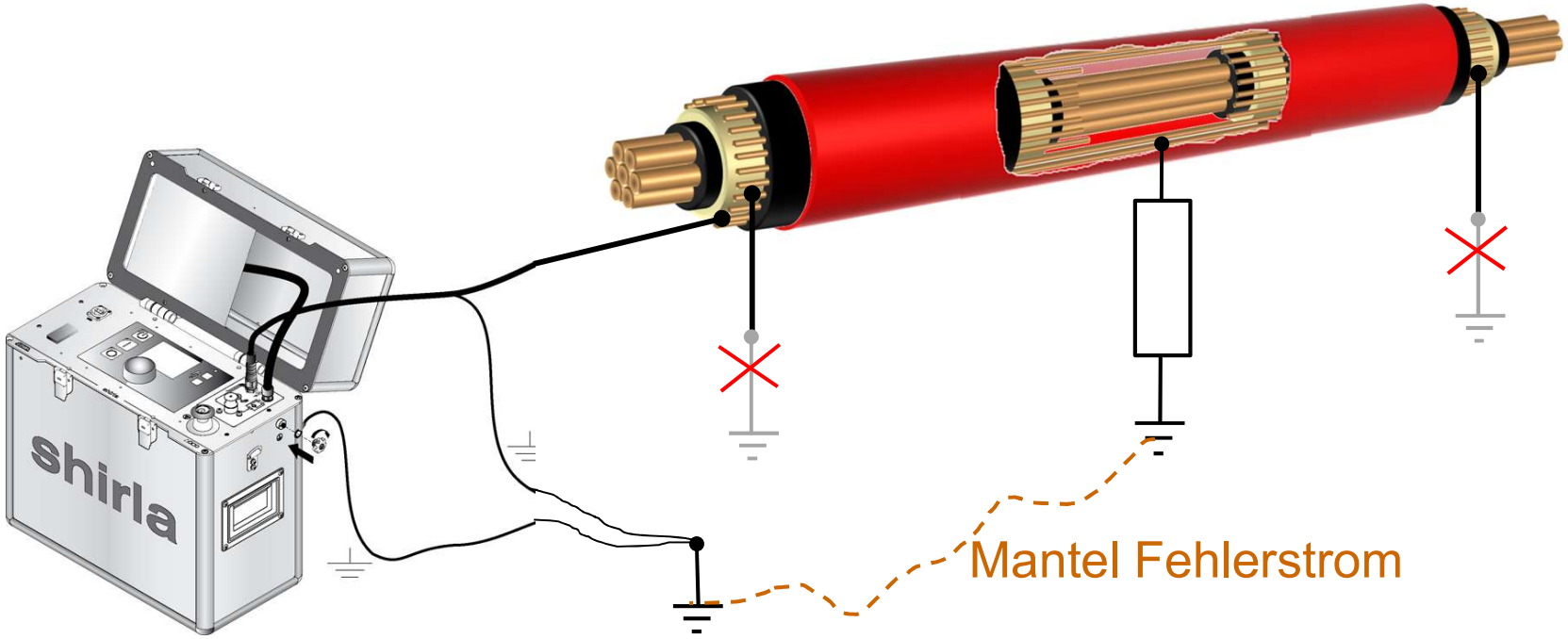
Detektieren von

- Mantelfehler
- alle anderen erdbezogenen Kabelfehler





Schrittspannungsmethode – Anschlusstechnik



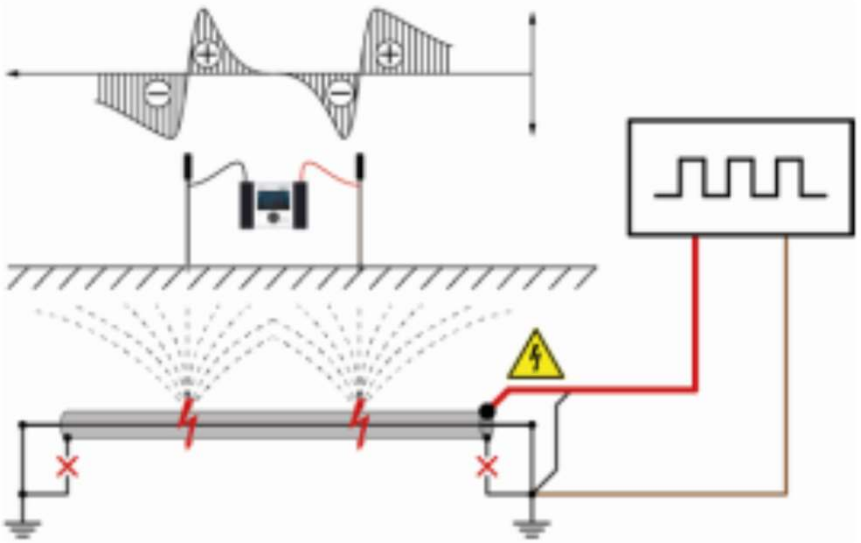
Damit ein Stromfluss vom Schirm auf Erde an der Fehlerstelle stattfinden kann, muss der Schirm an den Kabelenden abgeklemmt werden!

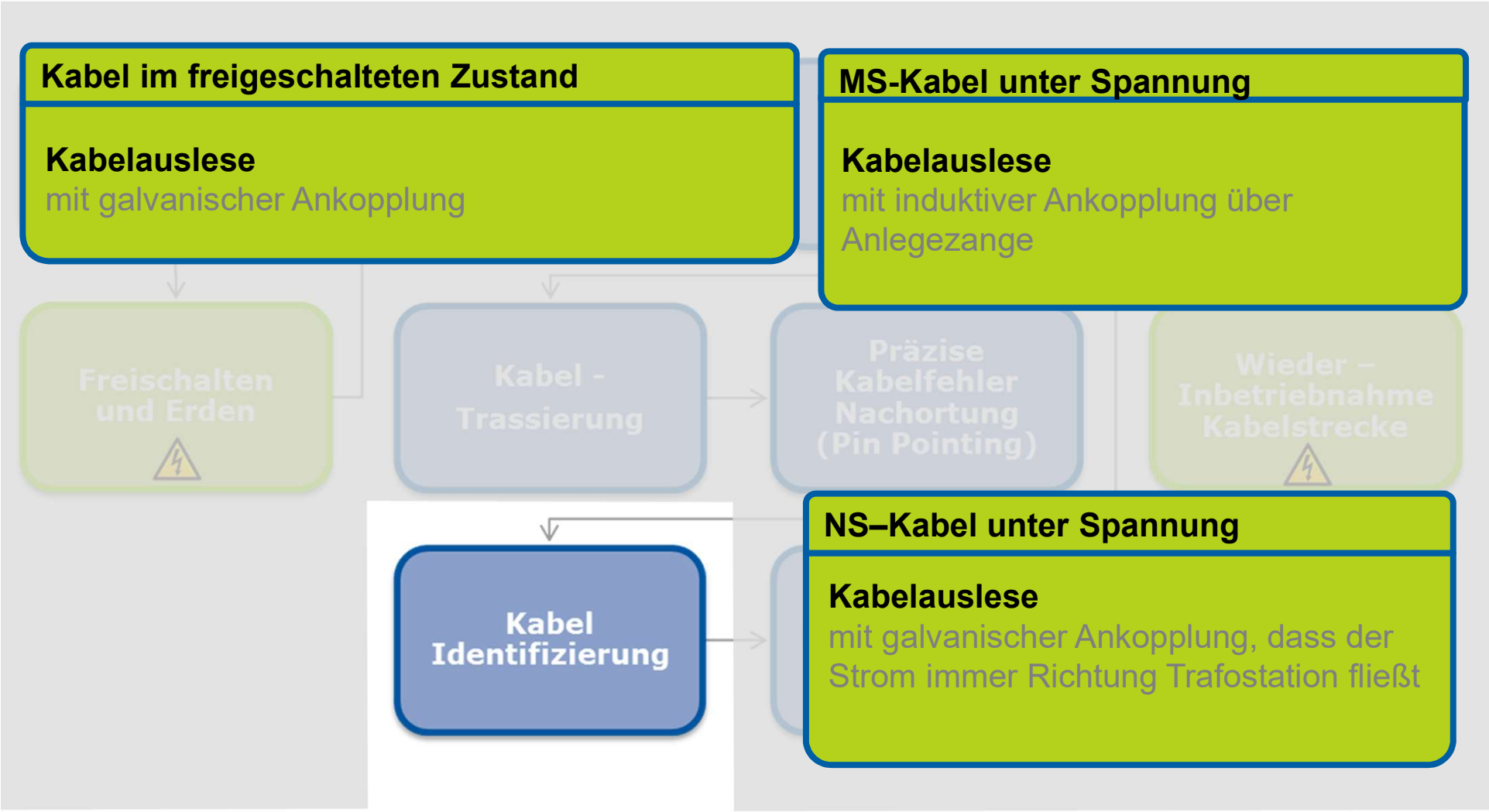
Schrittspannungsmethode

Mehrfache Mantelfehler

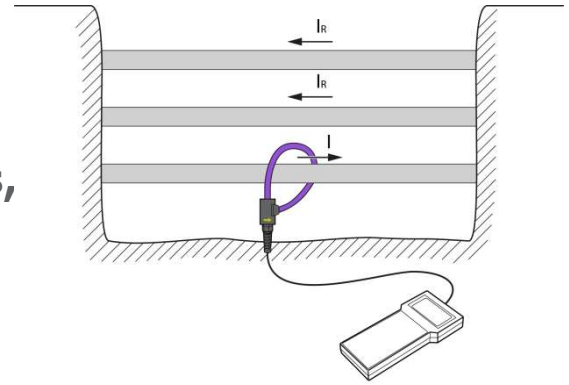
Sind mehrere erdbezogene Fehler auf einer Kabelstrecke, stimmt der ermittelte Wert der Kabelfehlervorortung nicht mit den tatsächlichen Positionen überein. Es wird bei der Vorortung der Mittelwert der Fehlerdistanzen angezeigt.

Dies kann durch einen unüblichen Polaritätswechsel auf der Kabelstecke festgestellt werden.




Kabel im freigeschalteten Zustand
Kabelauslese
mit galvanischer Ankopplung
MS-Kabel unter Spannung
Kabelauslese
mit induktiver Ankopplung über Anlegezange
Freischalten und Erden
Kabel - Trassierung
Präzise Kabelfehler Nachortung (Pin Pointing)
Wieder – Inbetriebnahme Kabelstrecke
Kabel Identifizierung
NS–Kabel unter Spannung
Kabelauslese
mit galvanischer Ankopplung, dass der Strom immer Richtung Trafostation fließt

Ziel der Kabelauslese



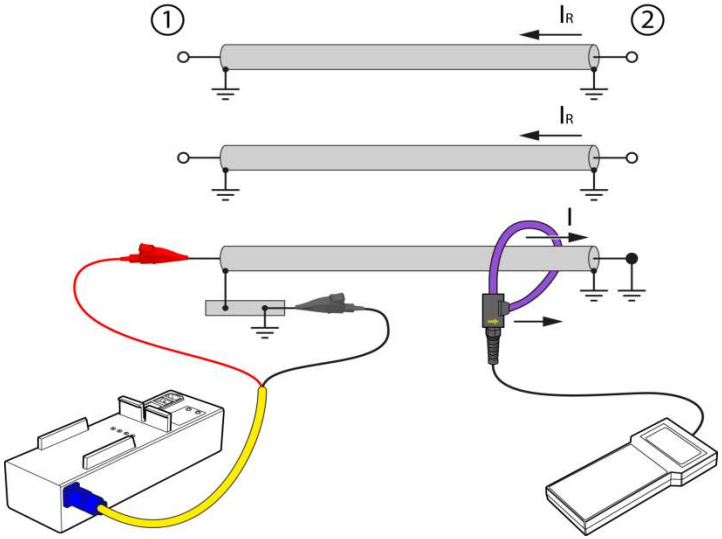
Eindeutige Identifikation des defekten Kabels, wenn mehrere Kabel parallel verlaufen!
Viele Anwendungsmöglichkeiten

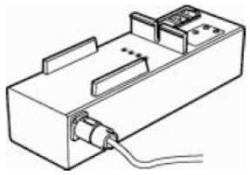
- Flexible Rogowski Spule
- 1- und 3-phasige Kabel
- Zuverlässige Signalerkennung durch digitale Analyse von

✓ **Richtung**

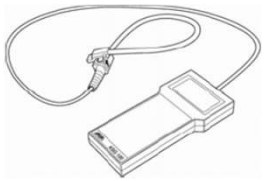
✓ **Amplitude**

✓ **Phasensynchronisation**

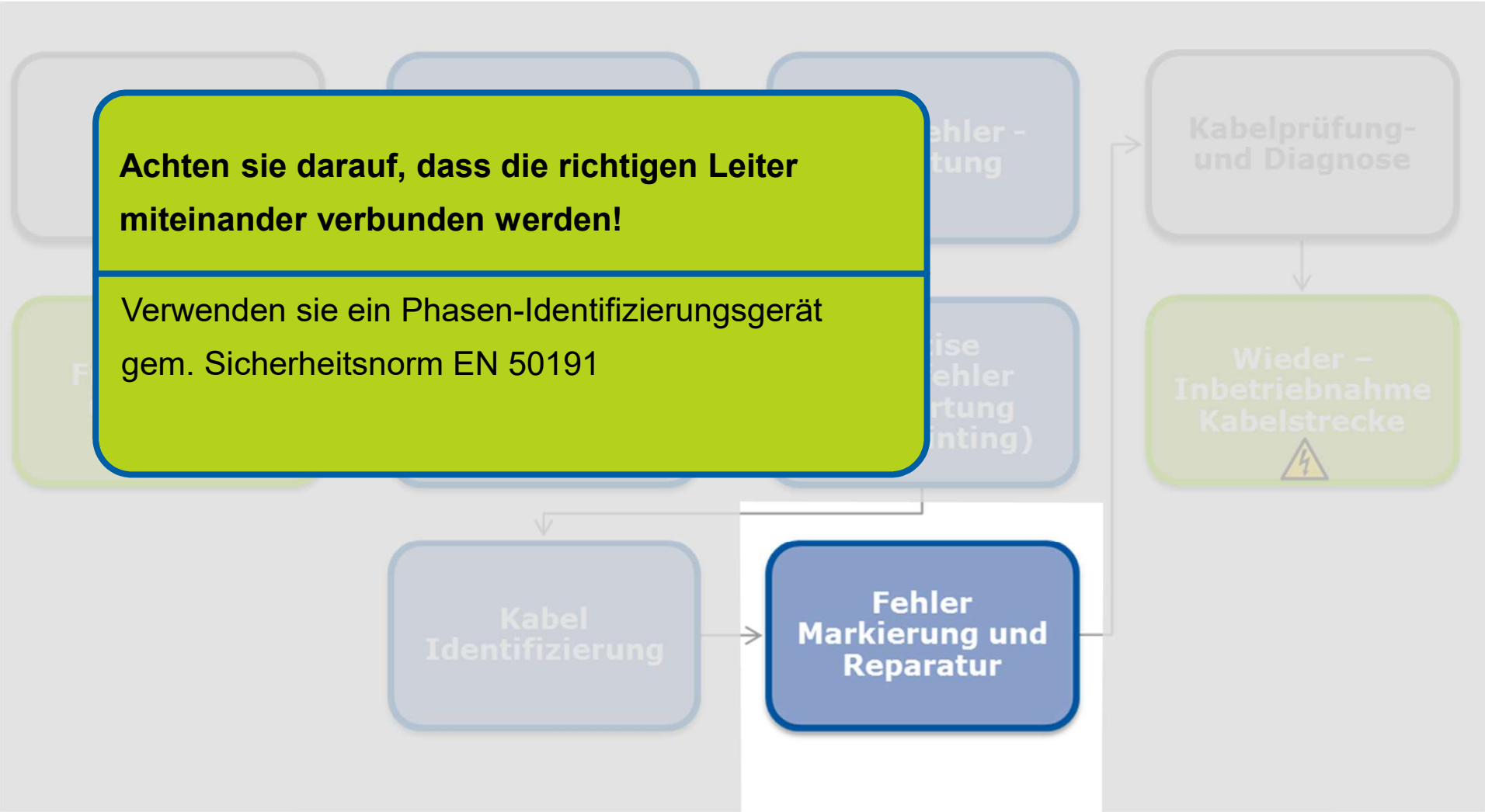




Transmitter



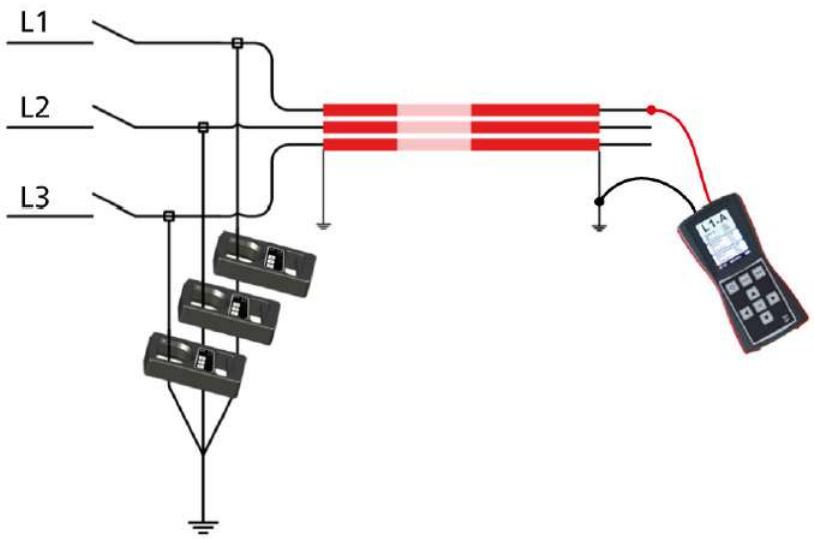
Receiver



Achten sie darauf, dass die richtigen Leiter miteinander verbunden werden!

Verwenden sie ein Phasen-Identifizierungsgerät gem. Sicherheitsnorm EN 50191

Phasen Identifizierung



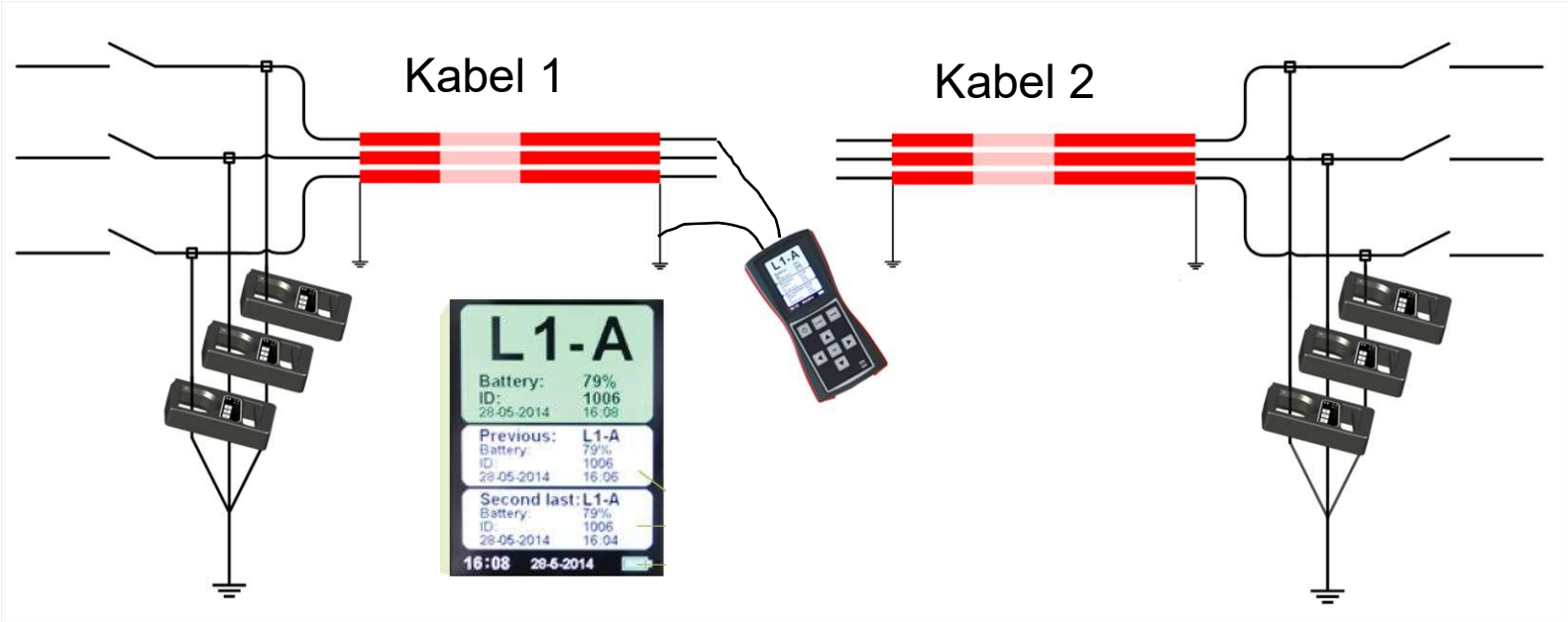
Sichere Phasenbestimmung: Gemäß DGUV-V3 und EN 50110-1

Betrieb von elektrischen Anlagen

Internationale Sicherheits-Vorschriften schreiben eine Erdung der Kabelstrecke während der Reparatur vor. Das **permanente** Erden aller Phasen erlaubt somit keine Phasenauslese mit Hilfe von Ohmmetern oder “Piepsern”!

Paula ermöglicht die gleichzeitige Auslese von bis zu 10 Kabeln und Freileitungen mit Längen bis zu 40 km

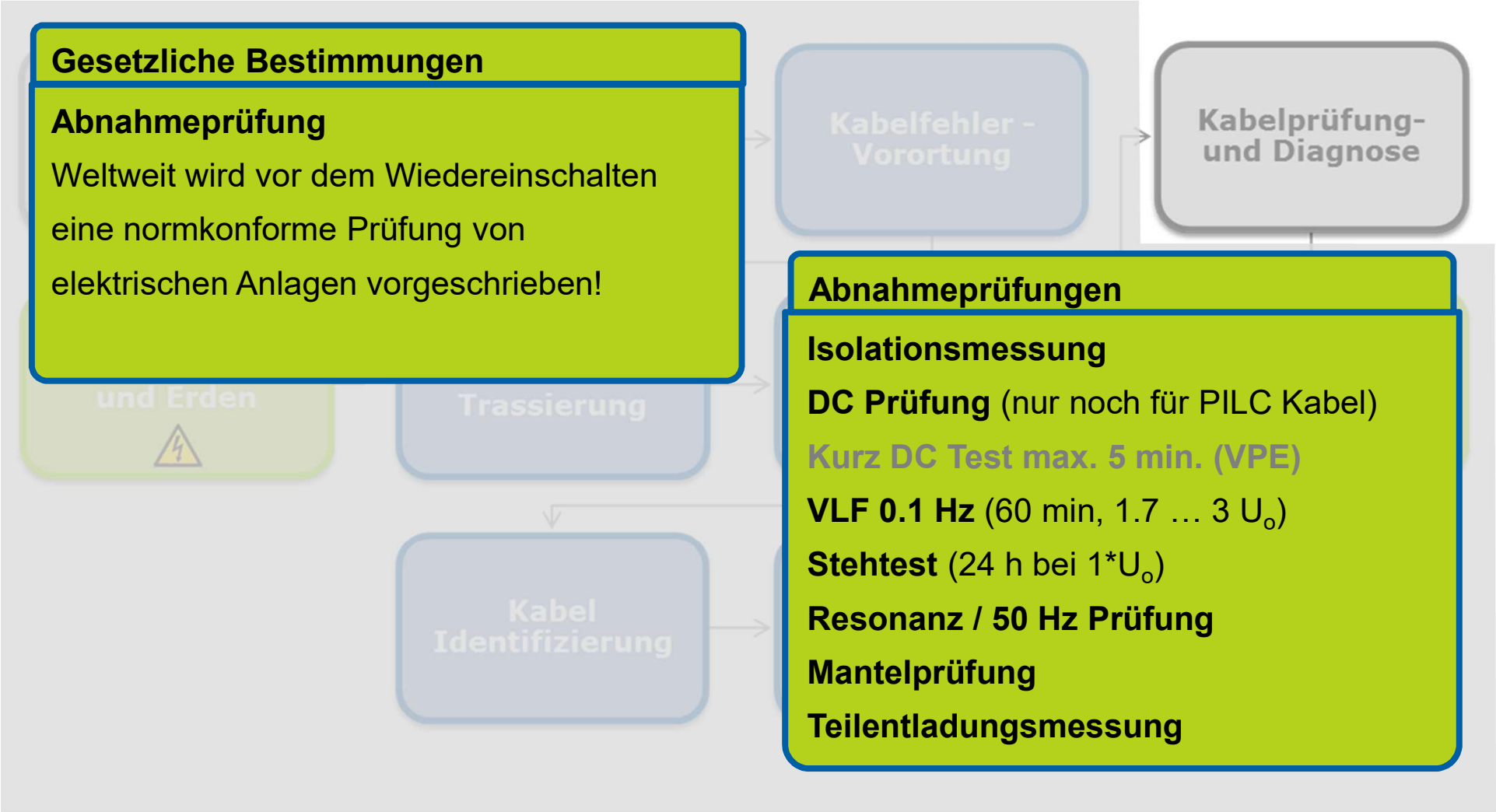
Phasen Identifizierung



Sicherheit: Permanente Erdung von allen Leitern vorgeschrieben

Mit dem aktiven Transmitter erfolgt eine einfache und sichere Phasenauslese an Kabelstrecken mit bis zu 40km Länge!

Anwendung für **Einzel-** und **Mehrleiter** Kabel



Gesetzliche Bestimmungen

Abnahmeprüfung

Weltweit wird vor dem Wiedereinschalten eine normkonforme Prüfung von elektrischen Anlagen vorgeschrieben!

Abnahmeprüfungen

Isolationsmessung

DC Prüfung (nur noch für PILC Kabel)

Kurz DC Test max. 5 min. (VPE)

VLF 0.1 Hz (60 min, 1.7 … 3 U_o)

Stehtest (24 h bei 1*U_o)

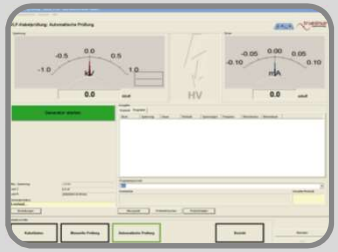
Resonanz / 50 Hz Prüfung

Mantelprüfung

Teilentladungsmessung

8. Schritt: Kabelprüfung und -Diagnose

VLF Prüfung und Diagnose

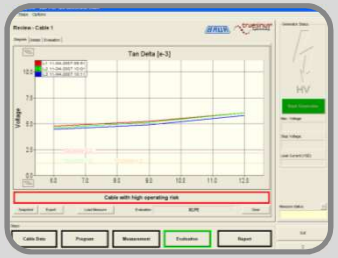


Kabelprüfung (VLF)

Kabel OK | Kabelfehler

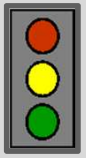
- Isolations Test („Klassiker“)
- Bis zu 3 x U_0
- **Kabel OK / Kabel NICHT OK** als Ergebnis

Destruktiv

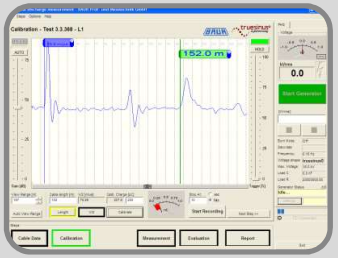


Verlustfaktormessung (tan δ)

- Isolationszustand der Kabelstrecke
- Bis max. 2 x U_0
- Information über **Alterung / Feuchtigkeit**



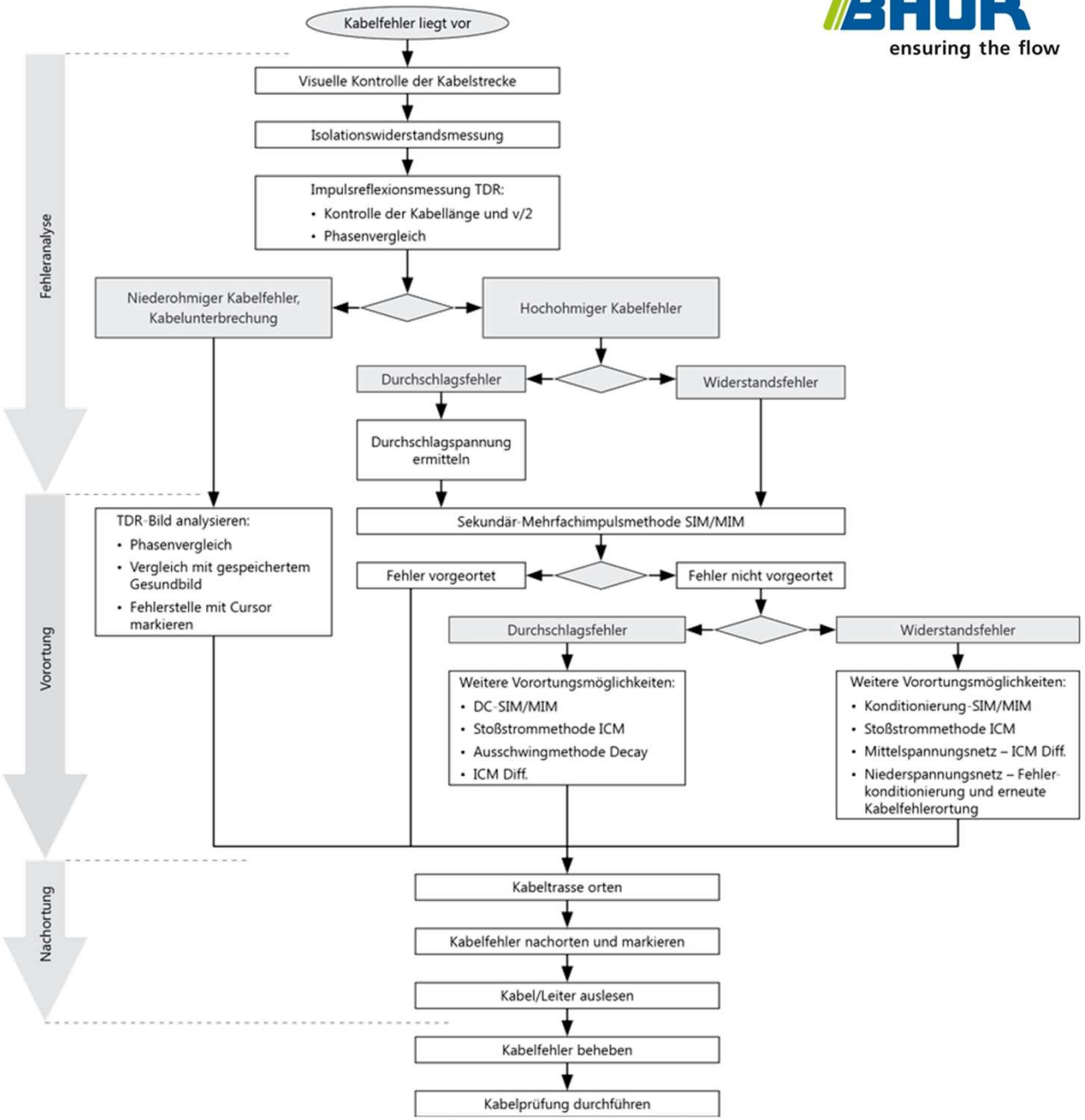
Nicht-destruktiv



Teilentladung (TE)

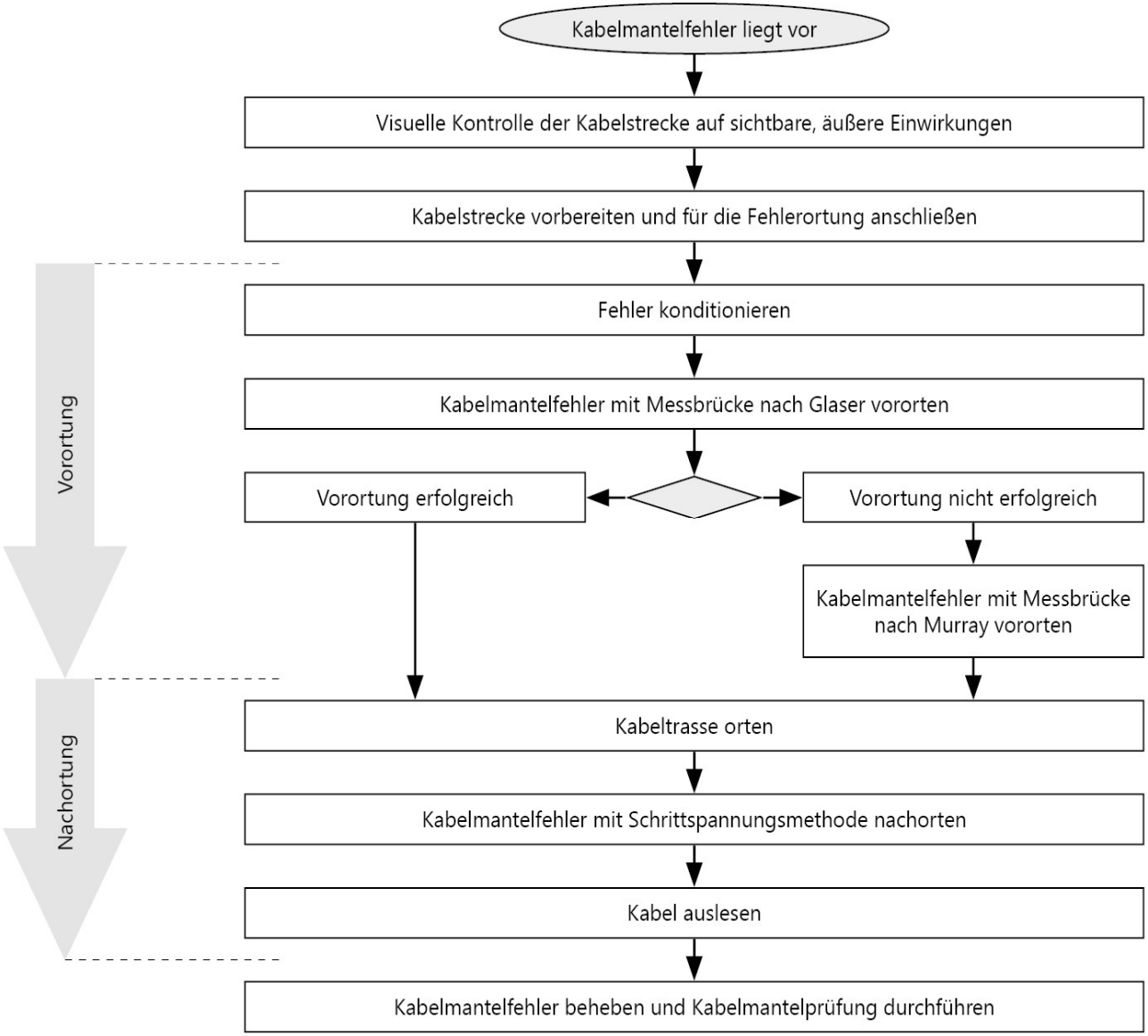
- Messung Teilentladungen
- TE Erfassung und Lokalisierung
- Informationen über **Installationsfehler**

Systematische Arbeitsweise bei der Kabelfehlerortung
Ablaufdiagramm



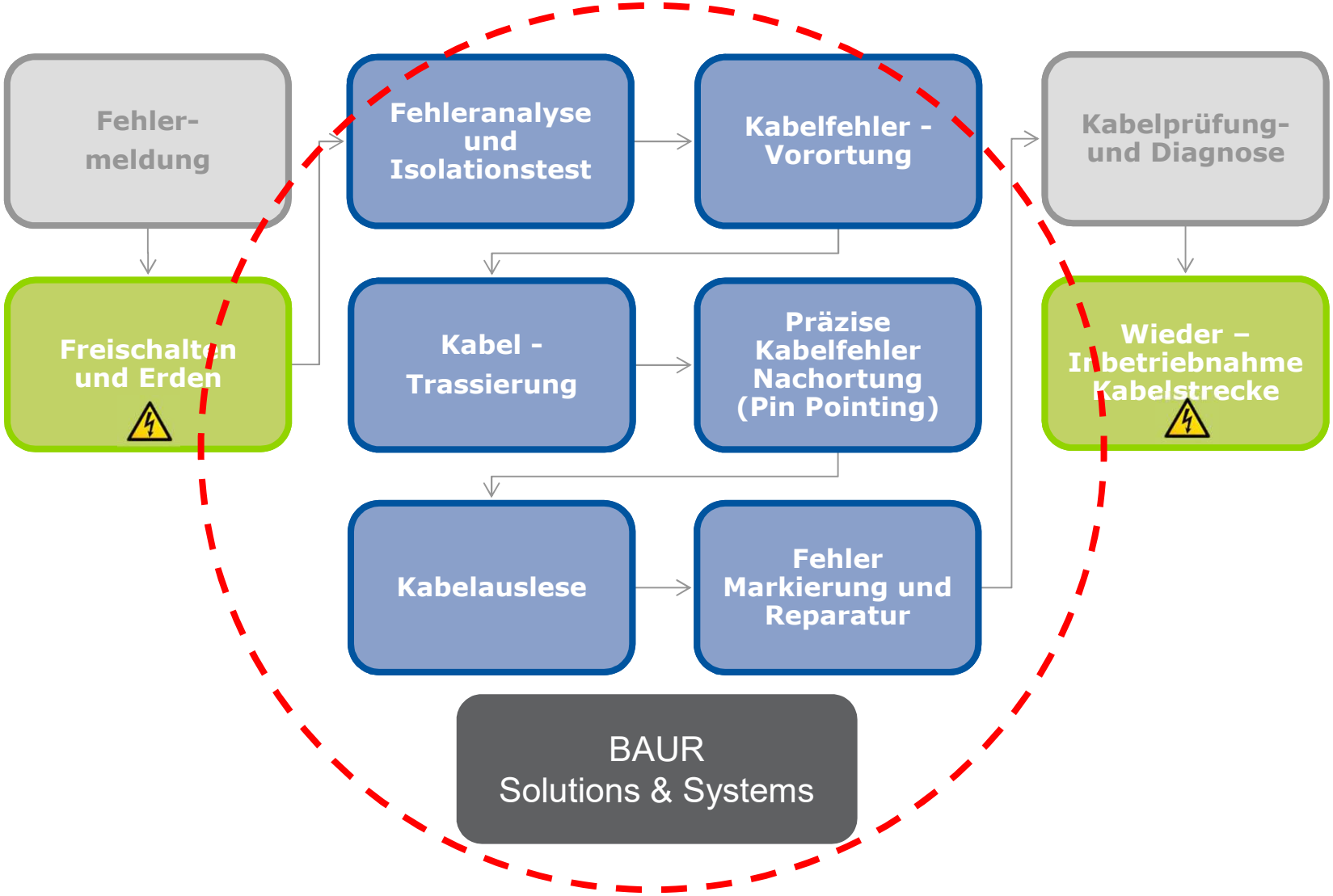
Systematische Arbeitsweise bei der Kabelmantelfehlerortung

Ablaufdiagramm



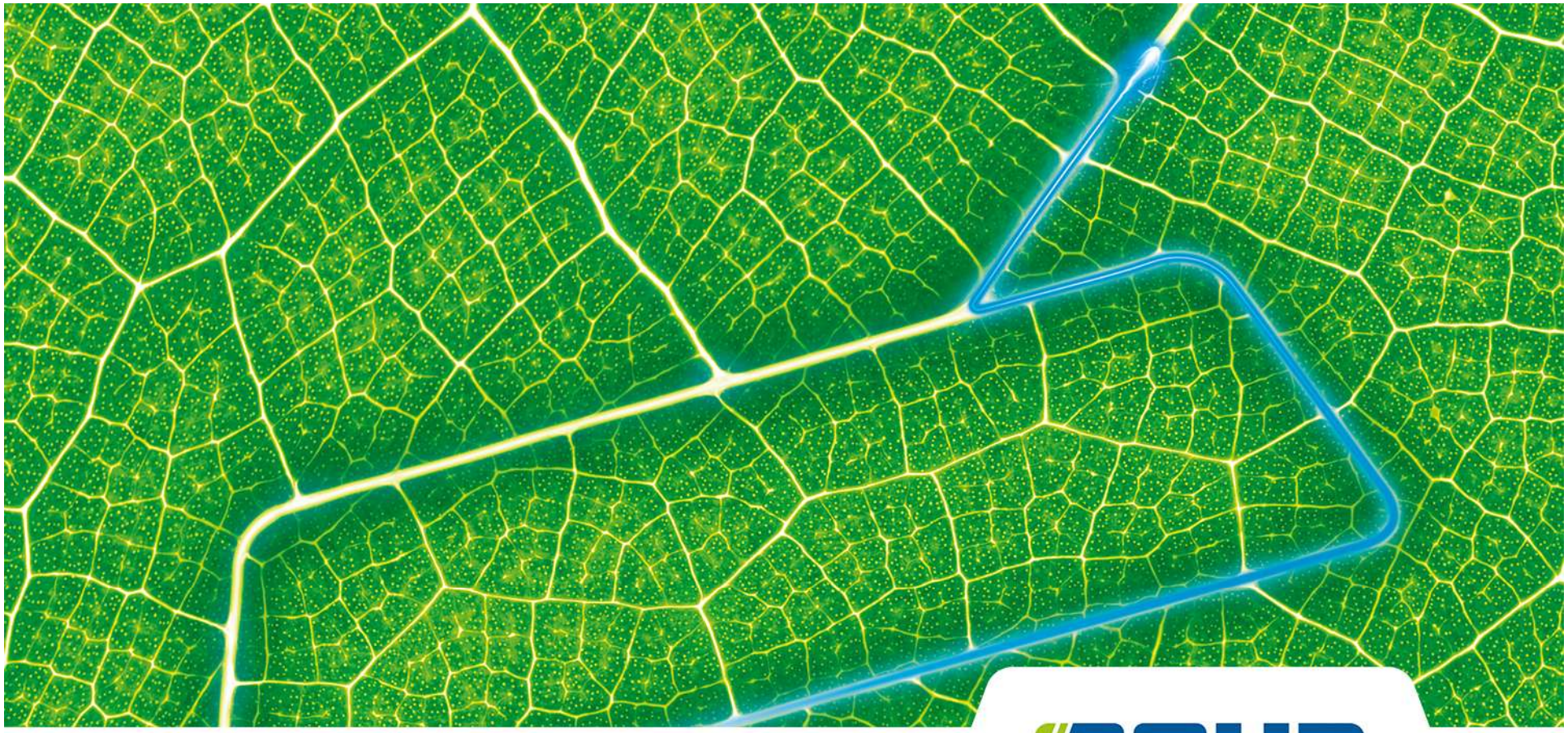
Kabelfehlerortung Ablauf

Kabelfehlerortungssysteme und Lösungen



Kabelfehlerortungssysteme und Lösungen

Handhabung im Praktikum



ensuring the flow

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Wir würden uns freuen, Sie zum weiterführenden Aufbauseminar

vom 8.-10.10.2019 bei der Mitnetz in Halle begrüßen zu können.