

Die Taschenkarte wurde im Rahmen des Projektes „Qualifizierung älterer Beschäftigter in der Automobilbranche für den Umgang mit Hochvoltfahrzeugen“ erstellt.

## Informiert und sicher

Die Taschenkarte gibt Ihnen schnell und jederzeit einen Überblick über wichtige Grundlagen für ein sicheres Arbeiten an Hochvoltfahrzeugen.

Audi Akademie



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie  
und Technologie



# Fünf Gesetze der Reihenschaltung

1

Der Strom  $I$  ist überall gleich.

$$I_G = I_1 = I_2 = I_3 \dots$$

2

Die Gesamtspannung  $U_G$  ist gleich der Summe der Teilspannungen.

$$U_G = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

3

Der Widerstand  $R_G$  ist gleich der Summe der Teilwiderstände.

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

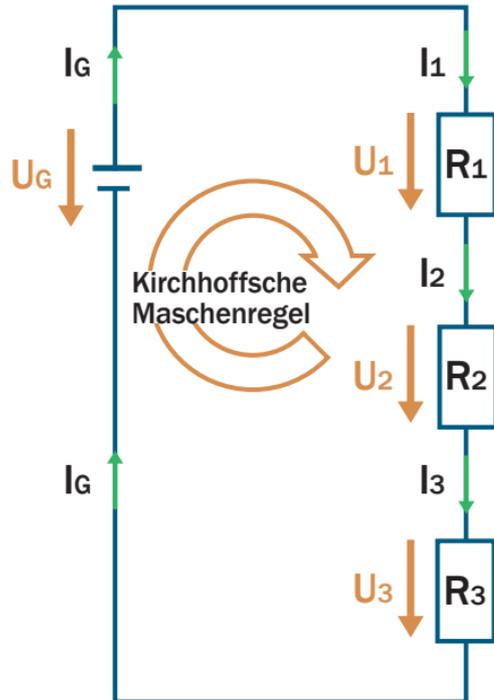
4

Die Teilspannungen verhalten sich wie die Teilwiderstände.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

5

Der Gesamtwiderstand ist größer als der größte Einzelwiderstand.



# Fünf Gesetze Gesetze der Parallelschaltung

1

Die Spannung  $U$  ist überall gleich.  
 $U_G = U_1 = U_2 = U_3 \dots$

2

Der Gesamtstrom  $I_G$  ist gleich der Summe der Teilströme.  
 $I_G = I_1 + I_2 + I_3 \dots$

3

Der Kehrwert  $1/R_G$  ist gleich der Summe der Kehrwerte der Teilwiderstände.

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

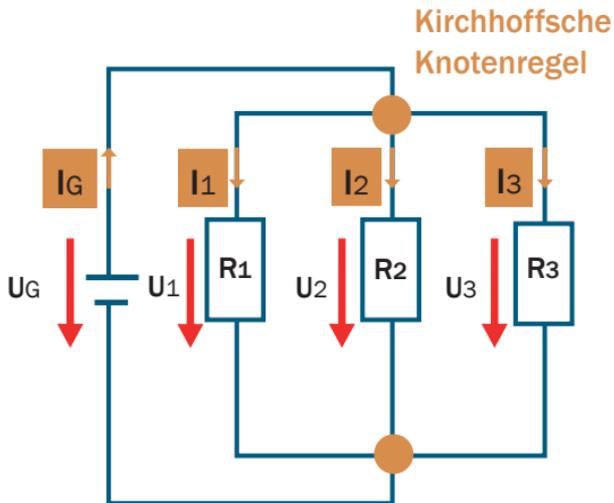
4

Die Teilströme verhalten sich umgekehrt wie die Teilwiderstände.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

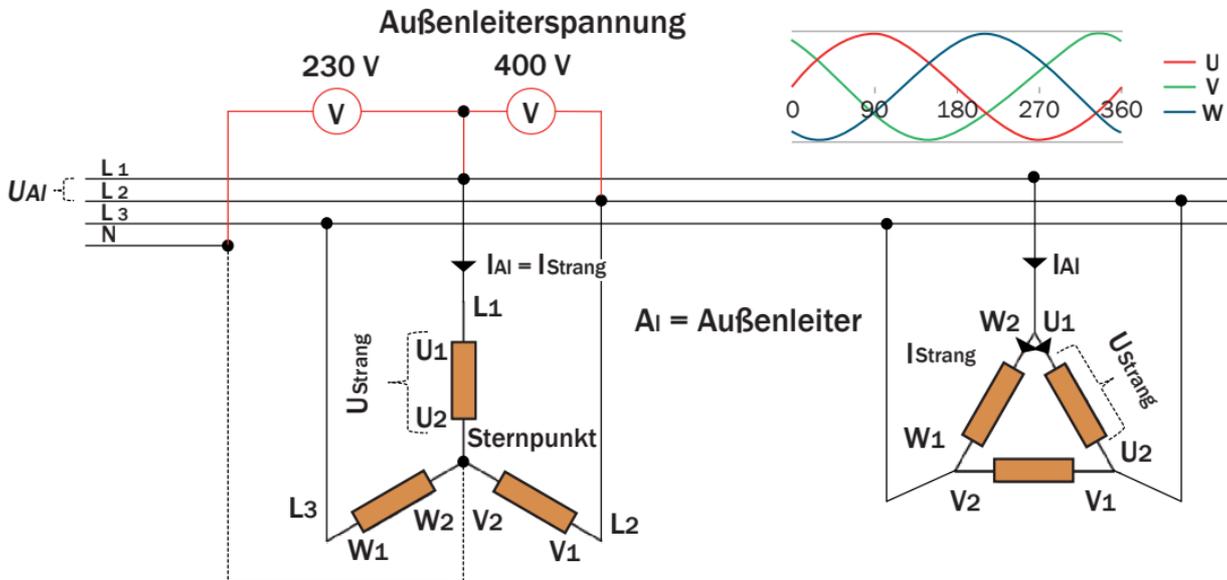
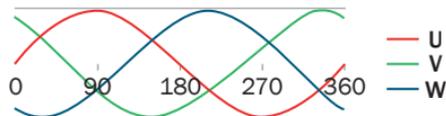
5

Der Gesamtwiderstand ist stets kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.



# Drehstrom

3-Phasen (U,V,W)  
120° Phasenversatz



**Sternschaltung Y**

$$U_{AI} = \sqrt{3} U_{Strang}$$

$$|I_A| = I_{Strang}$$

**Leistung für Y und  $\Delta$**

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi$$

**Dreieckschaltung  $\Delta$**

$$U_{AI} = U_{Strang}$$

$$|I_A| = \sqrt{3} I_{Strang}$$

# Elektrische Gefahren

Elektrische Gefahren	Spannungsbereich (HV)	Beispiel einer Gefahr
Sekundärgefahr	0V- 1000V (AC) 0V- 1500V (DC)	Anstoß- und Schnittgefahr
Kurzschluss	0V- 1000V (AC) 0V- 1500V (DC)	Verbrennungen
Lichtbogen	18V- 1000V (AC) 18V- 1500V (DC)	Blendgefahr
Körperdurchströmung	25V- 1000V (AC) 60V- 1500V (DC)	Nervenschädigung

## Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper:

- Physiologische Wirkung (Bsp. Herzkammerflimmern)
- Thermische Wirkung (Bsp. Verbrennungen)
- Chemische Wirkung (Bsp. Vergiftungen durch Elektrolyse)

## Auswirkung des elektrischen Stromes ist grundsätzlich abhängig von:

- Stromstärke
- Weg des Stromes durch den Körper
- Einwirkdauer
- Frequenz

# Gefährdungsbeurteilung

Beispiel:

Fehlendes Fachwissen bei der Durchführung der Isolationsmessung am Hochvoltfahrzeug

## 5. Wirksamkeit prüfen

Stichprobenartige Kontrolle der fachlich korrekten Durchführung der Isolationsmessung am Hochvoltfahrzeug.

## 4. Mitarbeiter unterweisen

Unterweisung aller Mitarbeiter, die am Hochvoltfahrzeug die Isolationsmessung einsetzen.



## 3. Maßnahmen festlegen

**Maßnahme 1:** Messgerät verwenden, das max. 1,5mA Stromstärke zulässt (Strombegrenzung).

**Maßnahme 2:** Überprüfung der Qualifikation und Unterweisung der Mitarbeiter.

## 1. Gefährdungen erkennen

Berühren der Messspitzen während der Isolationsmessung am Hochvoltfahrzeug.

## 2. Gefährdung bewerten

**Wahrscheinlichkeit:** mittel  
**Folgen:** Schreckreaktion mit leichter bis mittelschwerer Verletzung (z. B. Anstoßen am Fahrzeug) → **Das Risiko ist signifikant, d. h. Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos sind notwendig.**

# Weisungen

## Anweisung (Arbeitsauftrag):

Die Elektrofachkraft bekommt die Anweisung, eine Unterweisung am Hochvoltfahrzeug durchführen.



Elektrofachkraft    Disziplinarischer  
Vorgesetzter  
(ggf. VEFK)

Auftrag



## Unterweisung:

Elektrofachkraft führt mindestens 1x pro Jahr eine Unterweisung für „Elektrofachkräfte für festgelegte Tätigkeiten“ (EFFT) am Hochvoltfahrzeug durch.

Elektrofachkraft  
(EFK)



- **Inhalt:** Restgefährdung mit Schutzmaßnahmen
- **W-Fragen:** Wer wurde? Wer hat? Was? Wo? Wann?
- **Mögliche Bestandteile der Unterweisung:**

- **Betriebsanweisung:** Allgemeine Gefahren und Schutzmaßnahmen am Hochvoltfahrzeug (schriftlich)



- **Arbeitsanweisung:** Einheitliche Durchführung des Arbeitsablaufs am HV-Fahrzeug (schriftlich)

- **Einweisung:** Allgemeine Informationen (z. B. Technik) am HV-Fahrzeug (i. d. R. mündlich)

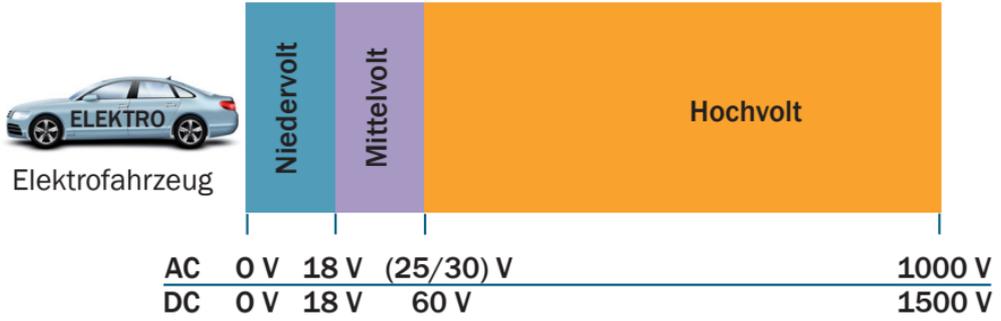
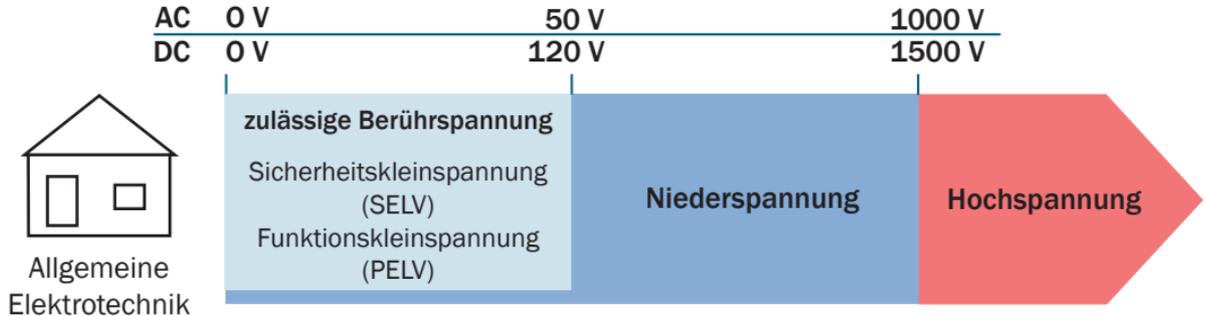
# Die Sicherheitsregeln

Die Anwendung der Sicherheitsregeln und die Einhaltung geltender Sicherheitsvorkehrungen dienen dem Schutz vor Gefährdungen.

Außerbetriebnahme eines HV-Fahrzeugs	Erläuterung	Beispiele
<p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Sicherheitsregel 1</b> Freischalten</p>	<p>Trennung zwischen spannungsführendem und spannungslosem Hochvolt-Anlagenteil (z. B. HV-Batterie zu HV-System)</p>	 
<p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Sicherheitsregel 2</b> Gegen Wiedereinschalten sichern</p>	<p>Vermeidung einer irrtümlichen Wiedereinschaltung einer Hochvoltanlage, an der gerade gearbeitet wird</p>	 
<p style="text-align: center;">↓</p> <p><b>Sicherheitsregel 3</b> Spannungsfreiheit feststellen</p>	<p>Feststellen der allpoligen Spannungsfreiheit an der Arbeitsstelle (z. B. Messgerät mit Messadapter im HV-System)</p>	

# Vergleich Spannungsebenen

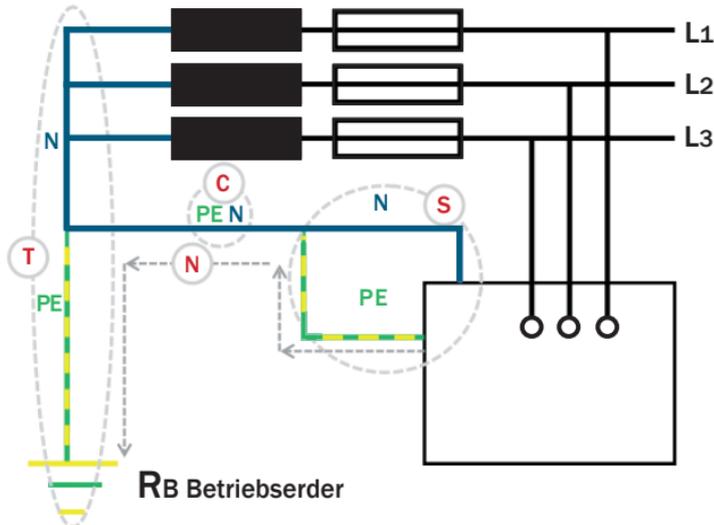
Allgemeine Elektrotechnik und Elektrofahrzeug



# Schutzmaßnahmen

Bezeichnung	Maßnahme	Kategorie	Anwendung HV-Fahrzeug
1. Stufe: <b>Basisschutz</b>	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	<b>Schutzart</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ teilweiser Schutz Abstand Hindernis</li> <li>▪ vollständiger Schutz               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolierung</li> <li>- Umhüllung</li> <li>- Abdeckung</li> </ul> </li> </ul>	HV-Leitungen mit Isolierung 
2. Stufe: <b>Fehlerschutz</b>	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	<b>Schutzklasse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>  Schutzklasse I mit Schutzleiter         </li> <li>  Schutzklasse II Schutzisoliert         </li> <li>  Schutzklasse III Schutzkleinspannung SELV/PELV         </li> </ul>	230V-Stecker mit PE  Ladekabel  12V- Batterie 
3. Stufe: <b>Zusatzschutz</b>	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	z.B. Fehlerstromschutz-einrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30$ mA	Ladekabel mit RCD 

# Netzform: TN-C-S



## **i** TN-C-S-System

- Ein TN-C-S-System ist zunächst ein TN-C-System. Beim Gebäudeanschluss wird der PEN wieder separiert in PE und N.
- TN-C-S-Netz – dazu gehören im HV-Fahrzeug:
  - Ladekabel
  - Ladenetzverteiler
  - Ladedose

### **T: (Terra)**

Der Sternpunkt der Quelle ist beim Erzeuger geerdet.

### **N: (Neutral)**

Der Körper des Verbrauchers ist mit dem Betriebserder des Erzeugers direkt verbunden.

PE → PEN → PE → RB

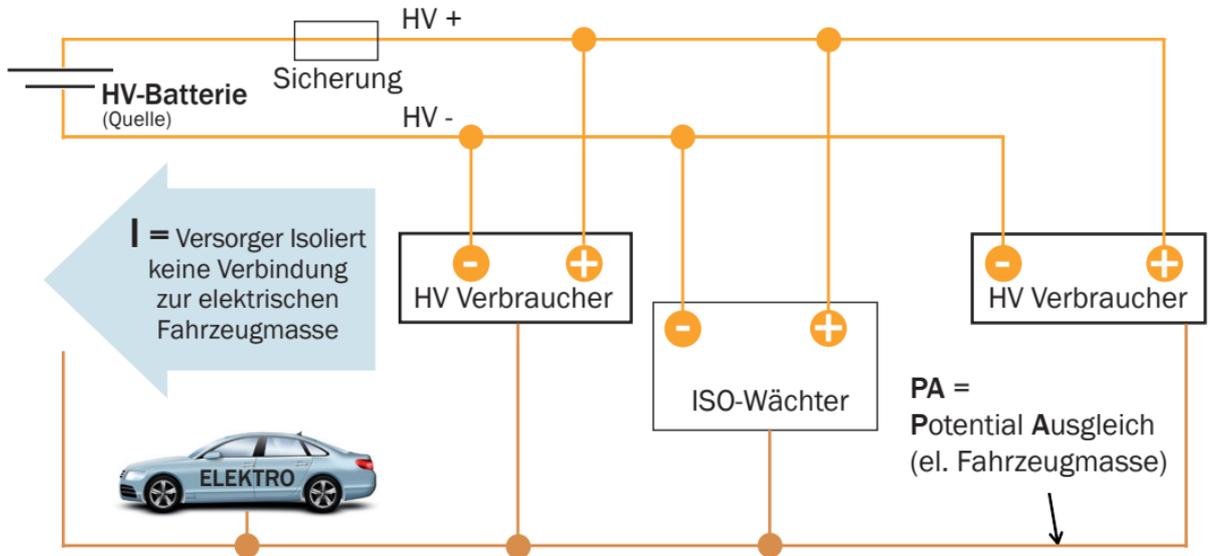
### **C: (Combined)**

Neutral- und Schutzleiter sind kombiniert als PEN-Leiter ausgeführt.

### **S: (Separated)**

Neutral- und Schutzleiter sind separat als PE-Leiter und N-Leiter ausgeführt.

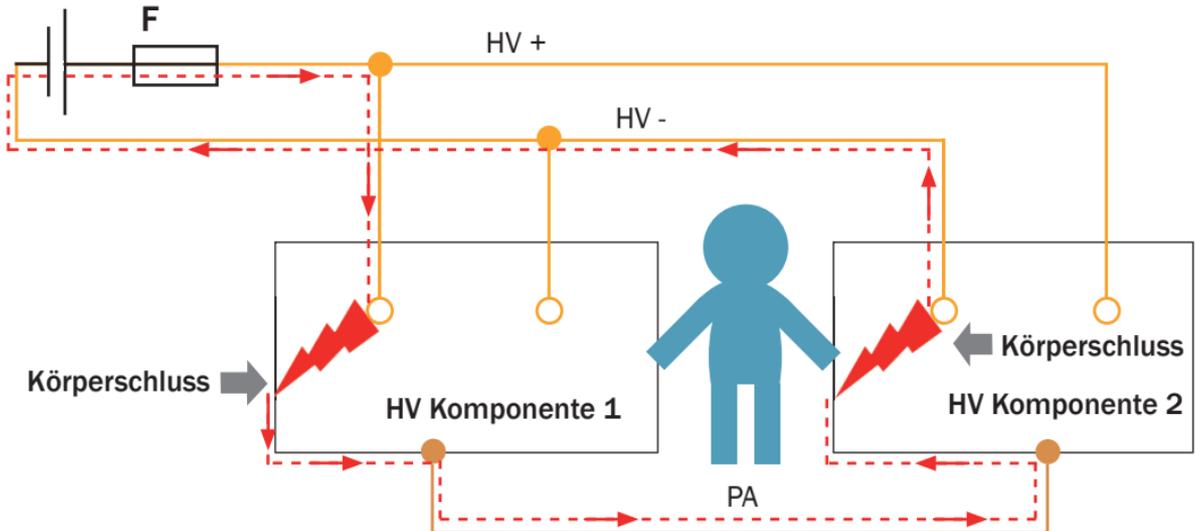
# Netzform: IT



**T** = Verbraucher hat Verbindung zur elektrischen Fahrzeugmasse

bis 16 mm<sup>2</sup> Zuleitung => PA wie Zuleitung  
 (16 bis 35) mm<sup>2</sup> => PA 16 mm<sup>2</sup>  
 über 35 mm<sup>2</sup> => PA halber Querschnitt der Zuleitung

# Der Potentialausgleich im HV-System



**Ziel des Potentialausgleichs (PA):** Verhinderung einer gefährlichen Berührungsspannung. Wenn es zu einem Körperschluss an der **HV(+)** Seite einer Komponente und an der **HV(-)** Seite einer Komponente kommt, fließt der „Kurzschlussstrom“ nicht über den Menschen ( $1\text{ K}\Omega$ ), sondern hauptsächlich über den PA.

Der Widerstand der Potentialausgleichsleitungen muss durch die 4-Leiter-Widerstandsmessung geprüft werden, da ein sehr kleiner Widerstand ( $<100\text{m}\Omega$ ) zu erwarten ist!

# Messverfahren im Hochvoltssystem

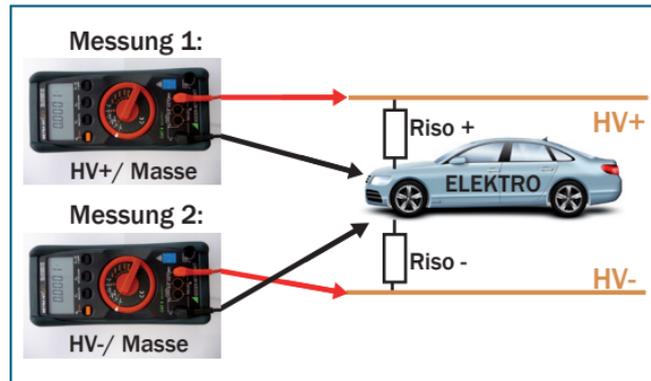
Messgerät Sichtprüfung Eignung, Beschädigung					
Spannungsmessung		Widerstands-Messung		Isolationsmessung	
Auswahl Adapter nach Möglichkeit mit Körperschutz-Widerständen RK		2-Leiter	4-Leiter	Auswahl Adapter nach Möglichkeit ohne Körperschutz-Widerständen	
Prüfung Adapter Sicht. Leiterschluss, RK		ohne/mit Adapter		Prüfung Adapter Sicht. Leiterschluss, ggf. ISO	
AC Ladeseite E-Maschine	DC Traktionsnetz	Referenzmessung Messspitzen zueinander 0 Ohm	Referenzmessung alle Messkontakte an Massebolzen < 0,1 mOhm	Referenzmessung Luftmessung => OL Kurzschluss => 0 MOhm ggf. Prüf Widerstand	
Referenzmessung Steckdose 230V	Referenzmessung 12 Volt Batterie	Messpunkte im spannungs- freien System über den Widerstand	Messpunkte im spannungs- freien System alle Leitungen von Kom- ponente getrennt über der PA-Strecke	Messpunkte im spannungsfreien System alle Leitungen von Komponente gesteckt HV+ => Fzg. Masse HV- => Fzg. Masse Messspannung wechseln und wiederholen	
Messpunkte L1 zu L2 zu L3 L1, L2, L3 zu Fzg. Masse	Messpunkte HV+ zu HV- HV+, HV- zu Fzg. Masse				

# Isolationswiderstandsmessung

**Definition:** Die Isolationswiderstandsmessung ist zwischen jedem **aktiven Leiter (HV+ / HV-)** und Schirm/Fahrzeugmasse zu messen.

## Ziel:

- Unzureichende Isolation feststellen (z. B. Schädigung, Alterung)
- Elektrounfall/Schäden am Hochvoltfahrzeug vermeiden (z. B. Stromschlag, Fahrzeugbrand)



## Schritte der Messung:

### 1. Voraussetzungen schaffen

- Messgerät/-adapter geprüft
- HV-System komplettiert
- HV-Komponenten befüllt (z.B. Kühlflüssigkeit, Kältemittel)

### 2. Durchführung vornehmen

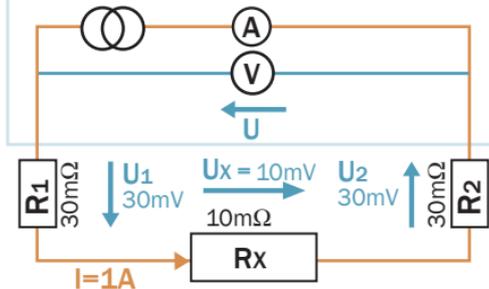
- Messung HV(+) und HV(-) gegen elektrische Fahrzeugmasse

### 3. Kontrolle/Bewertung durchführen:

- Vergleich von Messergebnissen mit Sollwerten
- Dokumentation der Messergebnisse

# 4-Leiter-Messung

## 2-Leiter Widerstandsmessung



Berechnung:

$$R_x = \frac{U}{I}$$



$$R_x = \frac{(U_1 + U_x + U_2)}{I}$$



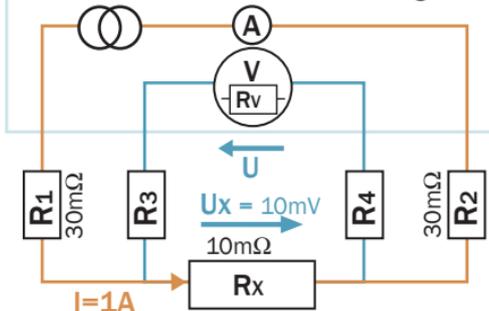
$$R_x = \frac{(30\text{mV} + 10\text{mV} + 30\text{mV})}{1\text{A}} = 70\text{ m}\Omega$$

**Erläuterung:**

Die Spannungsabfälle  $U_1$ ,  $U_2$  an den Messleitungen  $R_1$ ,  $R_2$  verfälschen das Messergebnis stark! (Messfehler: 600% (60 mΩ))



## 4-Leiter Widerstandsmessung



Berechnung:

$$R_x = \frac{U}{I}$$



$$R_x = \frac{(U_3 + U_x + U_4)}{I}$$



$$R_x = \frac{10\text{mV}}{1\text{A}} = 10\text{ m}\Omega$$

**Erläuterung:**

Das Voltmeter erfasst nahezu den richtigen Spannungswert über  $R_x$ . Die Messleitungen  $R_3$ ,  $R_4$  verfälschen aufgrund des hochohmigen  $R_v$  das Ergebnis kaum.





Sie können alle Lerninhalte der Taschenkarte zusätzlich mit Hilfe der Ihnen bekannten digitalen Lernmodule vertiefen.

Hierzu findet sich auf jeder Taschenkarte-Seite ein Hinweis in der oberen rechten Ecke zum jeweils passenden Lernmodul.