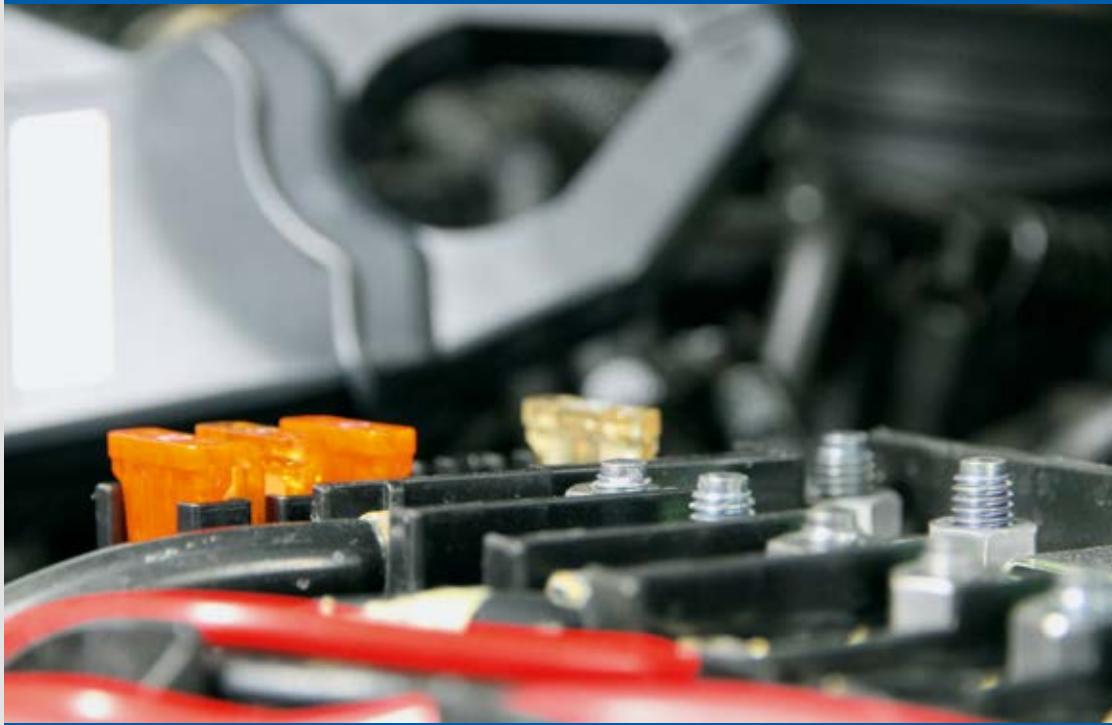


Krafthand-Technik

Grundlagen der Fahrzeugelektrik



Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche

Martin Frei

Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH

ISBN 978-3-87441-117-2

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://www.portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-117-2

1. Auflage, Juni 2013

Autor: Martin Frei

Realisierung/Lektorat: Georg Blenk, Christine Waldmann

Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler, Evelyn Adler

Titelbild: Georg Blenk

Bilder/Grafiken: Georg Blenk, Martin Frei

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Schärtl Druck & Medien, Donauwörth

Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH, Bad Wörishofen 2013

www.krafthand-verlag.de

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Martin Frei © zuzuordnen.

Inhalt

Vorwort	9
1. Einfacher Stromkreis	11
1.1 Elektrische Spannung	11
1.2 Elektrischer Strom	12
1.3 Geschlossener Stromkreis	13
1.4 Verbraucher im Stromkreis	15
1.5 Das Ohmsche Gesetz	15
2. Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis	19
2.1 Spannungsmessung	19
2.2 Strommessung	21
2.2.1 Multimeter	21
2.2.2 Strommesszange	24
2.3 Spannungspotenzialmessung mit Prüflampe	25
2.4 Widerstandsmessung und Durchgangsprüfung	26
3. Stromlaufpläne lesen	29
3.1 Anschluss über Zentralelektrik, Sicherungs-/Relaisträger	30
3.2 Beispiel: Fehlersuche im Teilsystem ‚Bremslicht‘	35
4. Verbraucher im Stromkreis	41
4.1 Zu- und Wegschalten von Verbrauchern	43
4.2 Reihenschaltung von Verbrauchern	45
4.3 Schalter und Messergebnisse in einer Reihenschaltung	48
4.4 Fehlersuche in einer Reihenschaltung	48
4.5 Parallelschaltung von Verbrauchern	53
4.6 Fehlersuche in einer Parallelschaltung	55

5. Versteckte Verbraucher	59
5.1 Ruhestrommessung.....	62
5.1.1 Messung mit der Strommesszange.....	62
5.1.2 Messung mit einem Strommessgerät.....	63
5.2 Das Aufspüren von versteckten Verbrauchern.....	65
6. Spannungsverlust auf Leitungen.....	71
6.1 Der Leitungswiderstand	71
6.2 Die Dimensionierung von Leitungen	72
7. Spannungsteiler	77
7.1 Spannungsmasche.....	77
7.2 Vorgänge in einer Spannungsteilerschaltung.....	79
7.3 Signalauswertung.....	80
7.4 Temperatur erfassung.....	80
7.5 Helligkeitsmessung	84
7.6 Vollelektronische Schalter.....	84
8. Periodische Signale/PWM-Signale	89
8.1 Periodische Signale	89
8.2 Messungen mit dem Oszilloskop	90
8.3 PWM-Signale	92
8.3.1 Ansteuerung von Aktoren	93
8.3.2 Informationsübermittlung.....	96
9. Ausblick.....	103
Der Autor	105
Stichwortverzeichnis.....	107

Vorwort

Mittlerweile beruhen über 90 Prozent aller Kundenbeanstandungen auf Fehler in elektrischen oder mechatronischen Systemen, wobei die Hauptursachen in den elektrischen Komponenten zu finden sind. Anders als vielleicht erwartet, finden sich diese Fehler nicht hauptsächlich in den mittlerweile äußerst komplexen vernetzten Systemen des Fahrzeugs wieder, sondern beruhen meist auf ganz einfachen Problemen. Nicht vorhandene Masseverbindungen zum Beispiel können den Werkstattprofi fast zur Verzweiflung bringen. Wirken sich diese doch unter Umständen so auf das gesamte Fahrzeugsystem aus, dass es komplett ausfällt. Und das nur, weil sich eine kleine Verbindung zwischen einem Kabel und der Karosserie gelöst hat.

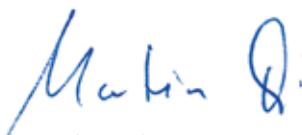
Das vorliegende Buch 'Grundlagen der Fahrzeugelektrik' richtet sich an alle, die sich beruflich oder auch privat mit der Fehlerdiagnose an Fahrzeugen beschäftigen. Anhand praktischer Beispiele typischer Fehler wird der Leser in die Grundlagen der Fahrzeugelektrik eingeführt, wobei der Schwerpunkt auf die Verwendung unterschiedlicher Messtechniken gelegt wurde, insbesondere auf die Interpretation von Messergebnissen. Dabei wird auch verdeutlicht, dass die Fehlersuche mit Hilfe eines Fahrzeugsystemtesters eben nicht immer zum Ziel führt. Die meisten der in diesem Buch beschriebe-

nen Probleme werden von entsprechenden Testsystemen gar nicht oder nur unzureichend erkannt.

Neben der praktischen Umsetzung und Anwendung geht es zudem auch um die elektrotechnischen Grundlagen, also um das *Warum*. Warum wirkt sich ein bestimmter Fehler auf diese oder jene Weise aus? Sind einem hierzu die Hintergründe geläufig und verständlich, lassen sich auch Fehler zielgerichtet diagnostizieren und beheben, die in diesem Buch nicht beschrieben werden konnten. Zur Veranschaulichung werden zu Beginn eines jeden Kapitels bestimmte elektrotechnische Grundlagen und Messbedingungen beschrieben, die dann mit praktischen Beispielen unterlegt werden.

Ich wünsche Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, viel Spaß und jede Menge neue Erkenntnisse bei der Lektüre dieses Buches. Auf der Website www.martinfrei.de freue ich mich über Ihre Rückmeldungen. Gerne stehe ich Ihnen im Forum zum Austausch zur Verfügung.

Ihr



Martin Frei

2. Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Spannungen, Ströme und Widerstände zu messen. Die geläufigste Methode ist die der Verwendung eines sogenannten Multimeters. Der Vorteil dieses Messgeräts liegt darin, dass alle Grundgrößen mit ihm gemessen werden können. Hierfür müssen die Anschlusskabel in die richtigen Buchsen und der Wahlschalter in die richtige Position gedreht werden.

Darüber hinaus existieren noch weitere spezielle Messgeräte, die meist nur eine oder zwei der Grundgrößen messen können. An dieser Stelle wird noch die Strommesszange und die Diodenprüflampe vorgestellt. Im weiteren Verlauf kommt dann auch noch ein Oszilloskop zum Einsatz.

2.1 Spannungsmessung

Die Messung der Spannung ist eigentlich die einfachste Art zu messen. In der Regel benutzt man dafür ein sogenanntes Vielfachmessgerät, auch Multimeter genannt. Mit dem Messgerät kann man in der Regel mindestens Spannungen, Ströme und Widerstände messen. Manchmal auch noch Frequenzen, Kapazitäten und vieles andere. Hier wird allerdings nur auf die Messung der drei Grundgrößen eingegangen, da diese eine hohe Relevanz bei der Fehlersuche im Kraftfahrzeug haben.



2.1

Multimeter: Das gängigste Prüf- und Messgerät.

2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

Multimeter sind meist mit mehreren Messbuchsen ausgestattet, einem Wahlschalter und gegebenenfalls noch mit einem Ein-/Ausschalter. Sowohl bei der Spannungsmessung als auch bei der Strom- und Widerstandsmessung gilt es, zwei entscheidende Punkte zu beachten:

- Das Messgerät ist vor dem Anschließen an den Messpunkten richtig einzustellen.
- Es wird immer zuerst der höchst mögliche Messbereich gewählt.

Möchte man die Spannung zum Beispiel einer Starterbatterie messen, muss man zuerst die beiden Messkabel in die entsprechenden Buchsen stecken. Dabei sollte man sich gleich angewöhnen, dass



2.2

Einstellung des Messbereichs: Wahlbereichsschalter am Multimeter.

das schwarze Messkabel mit der Minusbuchse und das rote Kabel mit der Plus- oder V-Buchse verbunden wird. Anschließend stellt man den Wahlbereichsschalter auf Spannungsmessung ein.

In der Regel gibt es an einem Multimeter fünf übergeordnete Bereiche. Diese werden dann meist noch in mehrere Messbereiche unterteilt. Übergeordnet sind in der Regel ein Bereich zur Widerstandsmessung (Ω), einer zur Gleichspannungsmessung (V=), einer zur Wechselspannungsmessung (V~), einer zur Gleichstrommessung (A=) sowie einer zur Wechselstrommessung (A~). Die Symbole können je nach Hersteller auch abweichen und müssten gegebenenfalls in der Betriebsanleitung des Messgeräts nachgeschlagen werden.

Um die Spannung der Batterie zu messen, wird der Wahlschalter auf V= und dort mindestens auf 20 V eingestellt. Die Angabe der Messbereiche bezieht sich immer auf den Endausschlag. Je nach Betriebszustand des Generators und Art der Batterie lassen sich an dieser Spannungen bis zu 15 V messen. Also sollte es ausreichen, den Messbereich von max. 20 V zu wählen. Ist man sich bei einer Messung unsicher, wie hoch die zu messenden Werte werden, misst man immer zuerst im höchsten Messbereich. Also wäre bei diesem Messgerät 1.000 V zu wählen. Sind alle Einstellungen vorgenommen, kann das Gerät eingeschaltet werden. Erst jetzt werden die Messleitungen an die Batterie angeschlossen. Das rote Messkabel an den Pluspol und das schwarze an den Minuspol der Batterie.

2.3

Bis zu 15 V:
Spannungsmessung
an einer Batterie.



Eine Spannungsmessung wird immer so durchgeführt, dass der eine Multimeteranschluss mit der einen Seite des Messobjekts und der andere Anschluss mit der anderen Seite des Messobjekts verbunden ist.

Spannungsmessung:

Das Multimeter wird parallel zum Messobjekt geschaltet.

2.2 Strommessung

Während bei allen Spannungsmessungen das Messgerät parallel zum Messobjekt geschaltet wird, gibt es zur Erfassung des Stroms zwei unterschiedliche Verfahren. Bei dem einen wird der Strom direkt gemessen, indem er durch das Messgerät geleitet wird, und beim anderen nutzt man die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms zur Messung.

Mit der dargestellten Spannungsmessung wird immer der Spannungsunterschied zwischen zwei Punkten gemessen. Hier der Unterschied zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Batterie.

2.2.1 Strommessung mit einem Multimeter

Um in einem geschlossenen Stromkreis den Stromfluss mit einem Multimeter zu

2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

messen, muss dieser Strom direkt durch das Messgerät durchfließen. Ein Multimeter oder ein Amperemeter, so nennt man reine Strommessgeräte, zählen im Prinzip die Durchflussmenge der Ladungsträger in einer bestimmten Zeit. Hieraus ergibt sich der Wert für den Strom. Damit der Strom aber durch das Messgerät fließen kann, muss der vorhandene Stromkreis erst einmal aufgetrennt werden. Das Gerät wird

Strommessung:

Das Multimeter wird in den Messkreis geschaltet. Dafür muss der Stromkreis unterbrochen werden.



2.4

Strommessung: Immer auf der höchsten Einstellung mit der Messung beginnen.

dann in genau diese Trennstelle geschaltet, so dass der Stromkreis wieder geschlossen und die Verbindung wieder hergestellt ist.

Auch bei der Strommessung muss das Messgerät vor dem Anschluss richtig eingestellt werden. Der Wahlbereichsschalter wird nun auf Gleichstrom gestellt, also auf A=. Bei der Strommessung ist es ganz wichtig, immer mit dem höchsten Messwert zu beginnen.

Amperemeter werden in der Regel intern noch mal mit einer Sicherung abgesichert. Trotzdem kann es bei nicht richtig gewähltem Messbereich dazu kommen, dass das Gerät zerstört wird. Die Sicherung im Messgerät zu tauschen, ist meist auch zeitaufwendig, davon abgesehen, dass die passende Sicherung in der Regel nicht zur Hand ist.

Wahl der korrekten Messbuchsen

In der Regel haben Multimeter zwei Messbuchsen zur Strommessung. Eine für große Ströme von 10 A bis 20 A und eine für kleinere Ströme bis zu 200 mA. Da man mit dem größeren Messbereich beginnen sollte, muss auch die entsprechende Messbuchse gewählt werden. Hier wird das rote Kabel angeschlossen. Das schwarze Kabel kommt wieder in die COM-Buchse. Der Strom fließt nun über das rote Messkabel in das Gerät hinein und über das schwarze wieder heraus. Ergibt sich im Ergebnis ein negatives Vorzeichen, also steht Minus vor dem Messwert, so sind die Messkabel falsch herum angeschlossen worden.

Im großen Messbereich zeigt das Multimeter den Wert direkt in Ampere an. In

2.5

Abgeklemmt:
Ruhestrommessung
an einer Batterie.



den kleineren Messbereichen meist in Milliampere oder sogar in Mikroampere. 1.000 Milliampere sind gleich bedeutend mit einem Ampere. 1.000 Mikroampere sind gleichbedeutend einem Milliampere. Diese Einheitsfaktoren existieren in der Physik gleichsam für sämtliche Einheiten. Die

bekanntesten sind natürlich Millimeter – Meter – Kilometer oder auch Milligramm – Gramm – Kilogramm.

Die folgende Tabelle zeigt am Beispiel von Stromwerten die wichtigsten Faktoren. Diese können auf alle Messwerte angewendet werden.

Giga	1 Gigaampere	1 GA	1.000 MA	1.000.000.000 A
Mega	1 Megaampere	1 MA	1.000 kA	1.000.000 A
Kilo	1 Kiloampere	1 kA	1.000 A	1.000 A
	1 Ampere	1 A		
Milli	1 Milliampere	1 mA	0,001 A	0,001 A
Mikro	1 Mikroampere	1 μ A	0,001 mA	0,00 0001 A
Nano	1 Nanoampere	1 nA	0,001 μ A	0,00 000 0001 A
Piko	1 Pikoampere	1 pA	0,001 nA	0,00 000 000 0001 A

2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

2.2.2 Strommessung mit der Strommesszange

Fließt durch eine Leitung ein elektrischer Strom, so bildet sich um diese Leitung ein Magnetfeld aus. Diese Eigenschaft des elektrischen Stroms wird bei der Strommessung mit einer Messzange ausgenutzt. Der große Vorteil beim Messen mit der Strommesszange liegt darin, dass der Stromkreis nicht unterbrochen werden muss. Auch lassen sich mit der Strommesszange wesentlich höhere Ströme messen. Allerdings misst ein Multimeter beziehungsweise ein Amperemeter kleinere Ströme genauer. Vor der Messung muss eine Strommesszange immer erst justiert werden. Man sagt dazu auch, sie wird „genullt“.

Die Handhabung der Zange ist denkbar einfach. Auf Messzangen befinden sich in



2.6

Vor jeder Messung: Die Strommesszange wird „genullt“.



2.7

Achtung Stromlaufrichtung: Ruhe-strommessung mit einer Strommess-zange.

der Regel extra angebrachte Druckknöpfe. Diese werden vom Kfz-Profi einfach so lange gedrückt, bis die Anzeige des Messgeräts ‚Null‘ anzeigt. Erst nach der Kalibrierung der Messzange wird diese einfach über die Leitung gelegt, durch die der zu messende Strom fließt. Dabei ist noch auf die Stromrichtung zu achten. Auf der Messzange befindet sich ein Pfeil, der in Richtung des fließenden Stroms zeigen muss.

2.3 Spannungspotenzialmessung mit einer Prüflampe

Eine Prüflampe zeigt keine Spannungswerte an. Sie leuchtet, sobald an dem Messpunkt ein bestimmter Spannungswert erreicht ist. Somit kann mit einer Prüflampe keine Aussage über den Spannungswert getroffen werden. Um jedoch festzustellen, ob an einem bestimmten Messpunkt im Stromkreis eine Spannung vorhanden ist, ist die Verwendung einer Prüflampe unkompliziert und schnell. Allerdings sollte man darauf achten, dass nur sogenannte Diodenprüflampen verwendet werden. Der Stromfluss durch die Prüflampe ist geringer und das untersuchte Teilsystem wird nicht so stark belastet.

Die Messung

Zur Messung der Spannung verbindet der Kfz-Profi einen Anschluss der Prüflampe mit der Fahrzeugmasse. Mit dem anderen Anschluss kann er nun an verschiedenen Stellen verfolgen, ob eine Spannung anliegt oder nicht. Man sagt dazu auch: Es

wird festgestellt, ob Potenzial anliegt. Prinzipiell gibt es zwei unterschiedliche Arten der Spannungsmessung. Bei der einen misst man zum Beispiel mit einem Multimeter den Spannungsunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten. Die dabei gemessene Spannung nennt man dann Teilspannung oder auch Spannungsabfall. Beide Begriffe sind gleichbedeutend. Die zweite Möglichkeit besteht darin, ‚gegen Masse‘ zu messen. Hier misst man zwar auch einen Spannungsunterschied, nämlich den zwischen dem Messpunkt und der Fahrzeugmasse, dieser Messwert wird allerdings dann ‚Potenzial‘ genannt.

Spannungsbegriffe:

Spannungsabfall, Teilspannung
→ Spannungsunterschied zwischen zwei Messpunkten

Potenzial
→ Wert einer Spannung gegenüber Masse

Mit einer Prüflampe lässt sich zum Beispiel sehr schnell, einfach und sicher feststellen, ob eine Sicherung in Ordnung ist. Dafür muss man sie nicht einmal entfernen. Die Lampe wird mit einem Kabel an ‚Masse‘ angeschlossen. Mit dem anderen misst der Kfz-Profi dann jeweils auf beiden Seiten der Sicherung. Leuchtet die Prüflampe auf einer Seite der Sicherung

2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis



2.8

Einfach, schnell und sicher: Prüfung einer Sicherung mit Hilfe einer Prüflampe.



2.9

Widerstandsmessung: Messwert liegt außerhalb des Messbereichs.

auf, so muss sie dies auch auf der anderen Seite tun. Andernfalls ist die Sicherung defekt. Die Fehlersuche mit Hilfe einer Prüflampe wird im Laufe des Buches noch näher beschrieben.

2.4 Widerstandsmessung und Durchgangsprüfung

Jedes im Fahrzeug verbaute Bauteil sowie jede Leitung stellen einen gewissen Widerstandswert dar. Um diesen Wert ermitteln zu können, sind einige grundlegende Voraussetzungen zu erfüllen: Das Messobjekt muss aus dem Stromkreis entfernt werden. Es muss spannungsfrei sein, es darf also durch das Objekt kein Strom fließen.

Widerstände misst man mit einem Ohmmeter beziehungsweise mit einem

Multimeter. Dabei wird der Wahlschalter auf Ω gestellt. Sobald dies geschehen ist, ändert sich die Anzeige des Instruments. Da noch kein Messobjekt angeschlossen ist, wird ein unendlich hoher Widerstandswert angezeigt.

Diese Anzeige erscheint ebenfalls, sobald der zu messende Wert außerhalb des eingestellten Messbereichs liegt. Sollte es also zu keiner plausiblen Anzeige bei einer Messung kommen, so kann dies daran liegen, dass der Messbereich falsch gewählt wurde. Es bietet sich jedoch auch bei der Widerstandsmessung an, die Messung im höchsten Messbereich zu beginnen.

Die Messkabel des Instruments werden genauso angeschlossen, wie bei einer Spannungsmessung. Das bedeutet: Das schwarze Kabel an den COM-Anschluss und das rote Kabel an den V-Anschluss. Damit keine Fehlmessungen zustande kommen, ist es wichtig, mindestens einen Anschluss des Messobjekts aus dem bestehenden System zu entfernen, auch wenn das zu messende Bauteil spannungsfrei ist. Ansonsten kann es dazu führen, dass nicht nur Werte des gewünschten Bauteils, sondern auch andere Werte von in Verbindung stehenden Bauteilen mit in die Messung einfließen.

Ein Multimeter misst die Widerstandswerte indirekt. Das bedeutet, es wird eine definierte Spannung auf die Anschlüsse des Messgeräts gelegt und es fließt Strom durch das Messobjekt. Dieser Strom wiederum wird vom Messgerät gemessen. Zusammen mit der angelegten Spannung wird der Wert des angeschlossenen Bau-



2.10

Mindestens einen Anschluss entfernen: Widerstandsmessung am Kühlmittelsensor.

teils berechnet. Aufgrund dieses Messverfahrens ist es wichtig darauf zu achten, an welcher Stelle im Fahrzeug eine Widerstandsmessung durchgeführt werden kann. Denn durch die vom Messgerät indizierte Spannung kann es zu Schädigungen an Steuergeräten oder anderen sensiblen Bauteilen kommen.

Möchte der Kfz-Profi ein Bauteil durch eine Widerstandsmessung überprüfen, sollte deshalb vorher immer der Anschlussstecker gezogen und damit das Bauteil aus dem Stromkreis entfernt werden. Insbesondere bei der sogenannten „Durchgangsprüfung“ ist dies zu beachten. Dabei handelt es sich um eine einfache Widerstandsmessung, es wird jedoch kein Bauteil sondern ein Kabel gemessen. Das Ziel dabei ist, festzustellen, ob eine Leitung intakt ist. Zeigt das Messgerät einen Widerstandswert von annähernd $0\ \Omega$ an, so ist die Leitung in Ordnung. Wird ein unend-

2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

2.11

Annähernd 0 Ω:
Durchgangsprüfung einer Leitung.



lich hoher Wert angezeigt, so liegt eine Leitungsunterbrechung vor. Auch bei dieser Messung muss mindestens eine Seite des zu messenden Kabels aus dem System entfernt werden, da sonst keine qualifizierte Aussage über den Zustand der Leitung getroffen werden kann.

Leitungen lassen sich am besten prüfen, wenn man Leitungsabschnitte, die durch Steckverbindungen verbunden sind

Die beiden Leitungen, die miteinander verbunden werden, müssen zwingend spannungsfrei sein.



2.12

Vorsicht! Zwei spannungsfreie Leitungen werden miteinander verbunden und geprüft.

auf trennt und dann nur die einzelnen Abschnitte durchmisst. Möchte der Kfz-Profi eine Leitung über eine längere Entfernung messen, benötigt er lange Messkabel und eventuell eine zweite Person. Gegebenenfalls kann man sich auch eines kleinen Tricks bedienen: Befindet sich an den Leitungsenden jeweils eine Steckverbindung mit weiteren Kabeln, können zwei dieser Kabel miteinander verbunden werden. Genau zwischen diesen beiden Kontakten kann dann an der anderen Steckverbindung eine Durchgangsmessung durchgeführt werden. Ist ein Durchgang messbar, sind beide Leitungen in Ordnung.

Grundlagen der Fahrzeugelektrik

Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche

Der Autor Martin Frei liefert in seinem neuen Buch „Grundlagen der Fahrzeugelektrik“ zunächst elektrotechnisches Basiswissen im Detail. Dabei stellt er die gängigsten Zusammenhänge zusätzlich in Form von Formeln dar. Zudem beleuchtet er anhand zahlreicher Beispiele verschiedene Messmethoden sowie den Umgang mit unterschiedlichen Messwerkzeugen. Über das Beispiel „Bremslicht“ leitet Frei zur Fehlersuche im Stromkreis über und geht dabei auf einzelne Verbraucher und später auf die Reihen- und Parallelschaltung ein. Das Aufspüren versteckter Verbraucher im Kfz ist ein weiteres Thema des Fachbuchs, ferner die Auswertung einzelner Signalbilder, die Temperaturerfassung und Helligkeitsmessung. Abschließend beschreibt der Autor die Charakteristik periodischer Signale beziehungsweise von PWM-Signalen. Weitere Themen sind die Ansteuerung von Aktoren sowie die Informationsübermittlung, die er ebenfalls anhand zahlreicher Bilder und Beispiele vermittelt. Das Buch wendet sich an Auszubildende und Ausbilder sowie Lehrer im Kfz-Handwerk, Kfz-Mechatroniker und Kfz-Meister sowie an alle, die sich in das Thema Kfz-Elektrik von Anfang an einarbeiten möchten.



Martin Frei

„Mit „Grundlagen der Kfz-Elektrik“ hat der Autor Martin Frei abermals ein Standardwerk vorgelegt. Das Buch vermittelt das notwendige (Basis-)Wissen zum Thema Autoelektrik und ist für jeden Auszubildenden, Kfz-Mechatroniker sowie für Kfz-Profis, die ihr Wissen auffrischen möchten, nur zu empfehlen.“

Markus Stadler

Kfz-Meister und Geschäftsführer bei MS Automobile in Prien am Chiemsee