

Praxishandbuch Kabeltest

1. Auflage 2021

Praxishandbuch Kabeltest
Frank Sichla (Text, Redaktion, Inhalt, Bildauswahl)

Meilhaus Electronic GmbH, Alling bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Nachdruck oder auszugsweise Veröffentlichung nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers. Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Hardware- und Softwarebezeichnungen, die in diesem Buch erwähnt werden, sind zum Teil eingetragene Warenzeichen. Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise zu Fehlern ist der Herausgeber dankbar. Bildrechte der Produktaufnahmen (sofern nicht anders angegeben) liegen bei den jeweiligen Herstellern.

Gestaltung Umschlag: Meilhaus Electronic GmbH
Satz: Meilhaus Electronic GmbH
Printed in Germany
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Inhaltsverzeichnis

Teil A - Basics: Kabeltest - warum und womit?	7
Einführung	9
Kabeltest heute: eine dreifache Herausforderung	10
Wo überall muss man Kabel testen?	12
Welche Kabeltypen müssen geprüft werden?	12
Grundsätzliche Testmöglichkeiten	15
Kabel mit dem Multimeter testen	16
Kabel mit dem Megaohmmeter testen	20
Kabel mit dem (V)NA testen	22
Kabel mit dem TDR testen	25
Zusammenfassung	26
Teil B - Kabel mit dem Megaohmmeter testen	29
Gründe für nachlassende Isolation	31
Ströme bei der Isolationsprüfung	32
Abhängigkeit des Messergebnisses von Temperatur und Luftfeuchte	33
Prüfen mit dem Polarisationsindex (PI)	34
Prüfen mit dem dielektrischen Absorptionsverhältnis (DAR)	35
Mehrlagenisolationen prüfen	35
Wie hoch sollte die Prüfspannung sein?	36
Welche Vorschriften machen DIN-VDE-Normen?	37
Die Guard-Schaltung verbessert das Messergebnis	40
Auswahl eines Megaohmmeters	40
Gerätebeispiel Isolationsprüfer-Multimeter	41
Praktische Tipps für Isolationsmessungen	42
Teil C - Elektrische Kabel für Audio, Video und Daten testen	45
Grobe Einteilung aus technischer Sicht	47
Audio- und/oder Videokabel	48

Digitale Audioschnittstellen	52
Elektrisch weniger kritische Datenkabel	54
Twisted-Pair-Kabel (TP)	58
Was sind Patch-Kabel Cat.5, Cat.6 und Cat.6A?	58
Teil D - Kabel im Automobil testen	61
Einführung	63
Der Kabelbaum wird komplexer	63
Spannungen, Leitungen und Funktionen	64
Besonderheit Ladesteckdose	67
Struktur des Kabelbaums kennen	68
Stecker als Problemverursacher	69
Tipps für den Kabeltest im Kfz	70
CAN-Bus & Co im Kfz	71
Teil E - Kabel mit dem VNA testen	73
Einführung	75
Die vier S-Parameter	75
Was bedeuten die S-Parameter beim Kabeltest?	77
Ein einfaches und praktisches Kabeltestverfahren	79
Optische Prüfung der Steckverbinder	79
Elektrische Prüfung	80
Stabilitätstest (Phasenstabilität)	81
Stabilitätstest (Amplitudenstabilität)	83
Andere Stabilitätstests	84
Teil F - Kabel mit dem TDR testen	87
Einfaches Prinzip liefert wichtige Informationen	89
Worauf kommt es an?	90
Eine fortschrittliche Lösung	91
Zwei Arten von TDRs	93

Praxis-ABC für die TDR	95
Blick in die Welt der Kabelfehler	99
Best Practices für TDR-Tests	101
Fehleranalyse	104
Fallbeispiel Multibus-Leitungen in einem Kabelbaum	105
Frequenzbereichs-Reflektometrie (FDR)	109

Teil G - Lichtwellenleiter-Kabel testen **111**

Die Welt der Lichtleitkabel	113
Das klassische Glasfaserkabel	116
Das POF-Kabel (polymere Faser)	117
Für die Heimelektronik: Toslink-Anschlüsse	118
Das Hybridfaserkupfer-Kabel (HFC)	119
Fxxx - die wichtigsten Abkürzungen	121
Codierung und weitere Anschlüsse	122
Lichtwellenleiter-Messtechnik im Überblick	124
Dämpfungsmessung/Leistungsmessung	125
Rückstreumessung/Reflexionsmessung/„Geister“	126
Test hinsichtlich Abnahmevorschriften	127
OTDR als vielseitige Messmethode	127
Mess- und Prüftechnik im Überblick	128
Erläuterung von Fachbegriffen	131

Teil H - Kabeltestsysteme und das Testsystem CableEye **135**

Einführung	137
Kontaktierung mit Adapterplatinen	137
Verdrahtungsplan als Testbasis	138
Erweiterbarkeit macht Sinn	139
Das Messverfahren	140
Intermittierende Fehler aufspüren	141
Unzugängliche Kabelenden	143
Test von langen Kabeln	143

Isolationswiderstandsprüfung bei Kabeln mit Schirm	148
Mögliche Gefahr beim Testen langer Kabel mit hoher Spannung	149
Automatisierung: Achten Sie auf die Software!	150
Anhang	151
Wo überall sind Kabel zu testen?	151
Praktische Tipps zum Adaptieren und Prüfen	152
Fallbeispiel RJ-Steckverbinder	156
Diagnose für Kabel in Bewegung	158
Kennzeichnung von Automotive Cables	161
Der universelle Kabeltester CW-305 MkII	163
Wissenswertes zu Mittelspannungskabeln	165
Der Hochspannungs-Kabeltester Eaton Sefelec SYNOR5000	165
Bequem prüfen mit dem Prüftisch	167
Der optische Leistungsmesser Ceyear 6422 OTDR	168
Das Ceyear 6418C Handheld Mini OTDR	170

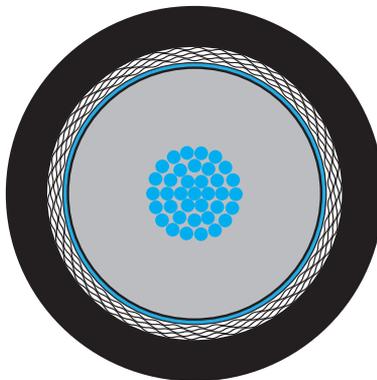
Teil A

Basics: Kabeltest - warum und womit?

Einführung

Kabeltester gibt es in großer Auswahl am Markt, sowohl für Gleichspannungstests von Energiekabeln als auch für Tests an Daten- und Hochfrequenzkabeln. Dabei werden einfache Fehler wie Kurzschlüsse, Unterbrechungen und Defekte an der Isolation gut erkannt.

Schwieriger wird es schon bei Netzwirkabeln und Buskabeln oder bei hochwertigen Koaxialkabeln. Hier müssen hohe Datenströme und Signale mit hohen Frequenzen übertragen werden. Das gelingt nur durch sogenannte Wellenleitung, und dazu müssen diese Kabel sehr gleichförmig (homogen) aufgebaut sein. Das heißt, an jeder Stelle, an der man das Kabel durchschneiden würde, ergäbe sich das gleiche Querschnittsbild. Hierunter zählen auch verdrehte Leitungen, die sich etwa von einem Koaxialkabel nur dadurch unterscheiden, dass das Querschnittsbild verschiedene Lagen haben könnte. Für all diese Kabel kann man anhand des mechanischen Aufbaus und des verwendeten Isoliermaterials (Dielektrikum) einen schon ab geringen Frequenzen als ohmsch (reell) anzusehenden Wellenwiderstand definieren, und damit kennt man den Eingangswiderstand der Leitung.



Beim Koaxialkabel ist der homogene Aufbau am offensichtlichsten

Aber auch Leiterzüge auf Platinen können bei hohen Frequenzen schon Probleme verursachen. Daher werden sie ebenfalls homogen ausgeführt, etwa in Form der Streifenleitung (Stripline). Es lässt sich auch hier ein Wellenwiderstand definieren, man spricht von impedanzkontrollierten Leitungen.

Hochfrequenzkabel und -leitungen und Kabel für die schnelle Datenübertragung stellen ganz andere Anforderungen an die Messtechnik als Gleichstrom- und Niederfrequenzkabel (50 Hz). Während man diese mit einfachen Methoden testen kann, sind bei HF-Kabeln spezielle Testverfahren und entsprechende Geräte oft unumgänglich.

Kabeltest heute: eine dreifache Herausforderung

Der qualifizierte Test von diversen Kabeln für die Kleinspannungsversorgung bis hin zur schnellen Datenübertragung gewinnt aus folgenden drei Gründen an Bedeutung:

Technologischer Fortschritt

Wir befinden uns in einer Phase des rasanten technologischen Wandels. Dieser lässt sich mit Stichworten wie Digitalisierung, 5G, Industrie 4.0, Künstliche Intelligenz und Elektromobilität skizzieren. Damit verbunden ist ein hoher Bedarf an Leitungen und Kabeln für die Energieversorgung und die Informationsübermittlung.

Steigende Frequenzen und Datenraten

Je höher Frequenzbereich und Datenrate, umso hochwertiger muss das Kabel sein. Diese Hochwertigkeit zeigt sich in erster Linie am Parameter „Dämpfung in Dezibel pro Längeneinheit“, wie z. B. pro 100 m. Je geringer diese Dämpfung, umso teurer das Kabel. Äußere Einflüsse können nun diese geringe Dämpfung sehr schnell zunichtemachen. Ein Beispiel ist das Eindringen von Feuchtigkeit über den Steckverbinder. Ein solches „abgesoffenes“ Kabel ist schon bei geringen Frequenzen unbrauchbar. Die Fehlerstelle muss gefunden und beseitigt werden.

Manchmal trifft man auf die Ansicht, bei hohen Signalfrequenzen und Datenraten würden schon relativ geringe Fehler der Kabelimpedanz (des Wellenwiderstands) Übertragungsfehler hervorrufen. Dem ist zu entgegen, dass bei der damit verbundenen Reflexion das Verhältnis der Amplituden von Nutz- und Störsignal nicht frequenzabhängig ist, da Nutz- wie Störsignal gleichermaßen (bei niedrigen Frequenzen wenig, bei hohen Frequenzen stark) gedämpft werden.