

DIN EN 60393-1

ICS 31.040.20

Ersatz für
DIN IEC 60393-1:1998-04
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Potentiometer zur Verwendung in Geräten der Elektronik –
Teil 1: Fachgrundspezifikation (IEC 60393-1:2008);
Deutsche Fassung EN 60393-1:2009**

Potentiometers for use in electronic equipment –
Part 1: Generic specification (IEC 60393-1:2008);
German version EN 60393-1:2009

Potentiomètres utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique (CEI 60393-1:2008);
Version allemande EN 60393-1:2009

Gesamtumfang 108 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenstelle Elektrotechnik (NE) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-07-01 angenommene EN 60393-1 gilt als DIN-Norm ab 2010-02-01.

Daneben darf DIN IEC 60393-1:1998-04 noch bis 2012-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60393-1:2007-07.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GK 613 „Widerstände“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 40 „Capacitors and resistors for electronic equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60393-1:1998-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Alle Abschnitte in dieser Norm komplett überarbeitet.
- b) Einführung von Anhang H, welcher den Abschnitt 3 der früheren Version ersetzt.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60393-1: 1998-04

Deutsche Fassung

Potentiometer zur Verwendung in Geräten der Elektronik –
Teil 1: Fachgrundspezifikation
(IEC 60393-1:2008)

Potentiometers for use in electronic
equipment –
Part 1: Generic specification
(IEC 60393-1:2008)

Potentiomètres utilisés dans les équipements
électroniques –
Partie 1: Spécification générique
(CEI 60393-1:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2009-07-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60393-1:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 40/1897/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60393-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 40 „Capacitors and resistors for electronic equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-07-01 als EN 60393-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt CECC 41 000:1976.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-07-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60393-1:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Allgemeines	7
1.1 Anwendungsbereich	7
1.2 Normative Verweisungen	7
2 Technische Angaben	9
2.1 Einheiten und Kurzzeichen	9
2.2 Begriffe	9
2.3 Bevorzugte Werte	27
2.4 Kennzeichnung	27
3 Bewertungsverfahren	27
4 Prüf- und Messverfahren	28
4.1 Allgemeines	28
4.2 Normalklima	28
4.3 Trocknung	29
4.4 Sichtprüfung und Prüfungen der Maße	29
4.5 Stetigkeit (außer für durchdrehende 360°-Potentiometer)	31
4.6 Widerstandswert des Widerstandselements	31
4.7 Kleinster einstellbarer Widerstandswert	32
4.8 Höchste Dämpfung	32
4.9 Widerstandswertverlauf (Kurventreue)	32
4.10 Gleichlauf (nur bei Mehrfachpotentiometern)	33
4.11 Schalter-Durchgangswiderstand (sofern zutreffend)	33
4.12 Spannungsprüfung (nur für isolierte Bauformen)	37
4.13 Isolationswiderstand (nur für isolierte Bauformen)	39
4.14 Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes	39
4.15 Drehrauschen	42
4.16 Kontaktwiderstand bei niedrigen Spannungen	44
4.17 Einstellgenauigkeit und Einstellstabilität	45
4.18 Anfangsdrehmoment	49
4.19 Schalterdrehmoment	49
4.20 Anschlagdrehmoment	49
4.21 Drehmoment an der Feststellvorrichtung	50
4.22 Axialer Druck und Zug auf die Potentiometerwelle	50
4.23 Radialschlag der Welle	51
4.24 Schräglauf der Welle	52
4.25 Radialschlag des Zentrieransatzes	53

	Seite
4.26 Längsspiel der Welle	54
4.27 Toter Gang	55
4.28 Drehschwingen	56
4.29 Überlagerte Störspannung	57
4.30 Mechanische Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	58
4.31 Dichtheit	59
4.32 Lötbarkeit	60
4.33 Lötwärmebeständigkeit	60
4.34 Temperaturwechsel	61
4.35 Schwingen	62
4.36 Dauerschocken	63
4.37 Schocken	63
4.38 Reihenfolge klimatischer Prüfungen	64
4.39 Feuchte Wärme, konstant	66
4.40 Mechanische Dauerprüfung (bei Potentiometern)	68
4.41 Wechselstrom-Dauerprüfung von Netzschaltern mit kapazitiver Belastung	70
4.42 Gleichstrom-Dauerprüfung von Schaltern	71
4.43 Elektrische Dauerprüfung	72
4.44 Lösemittelbeständigkeit der Bauelemente	76
4.45 Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung	77
4.46 Mikrolinearität	77
4.47 Befestigung (für oberflächenmontierbare Potentiometer)	79
4.48 Scherprüfung (Haftvermögen)	81
4.49 Biegeprüfung des Trägers (ehemals Befestigungskraft der Anschlussflächen)	81
4.50 Lötbarkeit (für oberflächenmontierbare Potentiometer)	81
4.51 Lötwärmebeständigkeit (für oberflächenmontierbare Potentiometer)	81
 Anhang A (normativ) Regeln für die Erstellung von Bauartspezifikationen für Kondensatoren und Widerstände für elektronische Einrichtungen	82
Anhang B (normativ) Erläuterungen zu den Stichprobenplänen und Verfahren nach IEC 60410 für die Verwendung im IEC-Qualitätsbewertungssystem für Bauelemente der Elektronik (IECQ)	83
Anhang C (normativ) Verfahren zur Messung des Drehrauschens	84
Anhang D (normativ) Messeinrichtung zur Messung der mechanischen Genauigkeit	87
Anhang E (normativ) Messverfahren für die Mikrolinearität	88
Anhang F (normativ) Vorzugsmaße für Wellenenden, Buchsen und für die Einloch- Buchsenmontage von wellenbetätigten elektronischen Bauelementen	90
Anhang G (informativ) Beispiele für übliche Widerstandswertverläufe von Potentiometern	91
Anhang H (normativ) Qualitätsbewertungsverfahren	94
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	105

	Seite
Bild 1 – Potentiometer mit Wellendichtung.....	13
Bild 2 – Potentiometer mit Wellen- und Frontplattendichtung	13
Bild 3 – Potentiometer mit dichtem Gehäuse	13
Bild 4 – Linearer Verlauf	15
Bild 5 – Logarithmischer Verlauf.....	15
Bild 6 – Fallend logarithmischer Verlauf	15
Bild 7 – Teilverhältnis	16
Bild 8 – Belastungsfehler	17
Bild 9 – Gesamter mechanischer Einstellweg (oder Drehwinkel)	17
Bild 10 – Kurventreue	19
Bild 11 – Absolute Kurventreue	19
Bild 12 – Linearität	20
Bild 13 – Unabhängige Linearität	21
Bild 14 – Nullpunktbezogene Linearität	22
Bild 15 – Absolute Linearität	23
Bild 16 – Anschlussbezogene Linearität	24
Bild 17 – Wirksame Breite der Anzapfung.....	24
Bild 18 – Toter Gang	26
Bild 19 – Beispiel einer Prüfvorrichtung für die Messung des Isolationswiderstands und für die Spannungsprüfung an oberflächenmontierbaren Potentiometern	38
Bild 20 – Prüfschaltung für den Kontaktwiderstand	44
Bild 21 – Messschaltung für die Einstellgenauigkeit (als Spannungsteiler)	45
Bild 22 – Messschaltung für die Einstellgenauigkeit (als variable Widerstände)	47
Bild 23 – Radialschlag der Welle.....	52
Bild 24 – Schräglauf der Welle	53
Bild 25 – Radialschlag des Zentrieransatzes	54
Bild 26 – Längsspiel der Welle	54
Bild 27 – Prüfschaltung zur Messung des toten Ganges	55
Bild 28 – Messung des toten Ganges	56
Bild 29 – Prüfschaltung zur Messung der überlagerten Störspannung.....	57
Bild 30 – Schaltung für die ständige Überwachung des Schleiferwiderstands	69
Bild 31 – Prüfschaltung für die Wechselstrom-Dauerprüfung	70
Bild 32 – Prüfschaltung für die Gleichstrom-Dauerprüfung.....	72
Bild 33 – Beispiel für die Messung der Mikrolinearität	77
Bild 34 – Blockschaltbild einer Schaltung zur Bewertung der Mikrolinearität	78
Bild 35 – Beispiel einer gleichzeitigen Überprüfung von Linearität und Mikrolinearität	78
Bild 36 – Geeigneter Träger für mechanische und elektrische Prüfungen (kann für Impedanzmessungen ungeeignet sein)	80
Bild 37 – Geeigneter Träger für elektrische Prüfungen	80
Bild C.1 – Messschaltung für das Drehrauschen, Verfahren A.....	85

	Seite
Bild C.2 – Messschaltung für CRV	85
Bild C.3 – Messschaltung für ENR	86
Bild E.1 – Blockschaltbild einer digitalen Referenzeinheit (synthetische hochgenaue Grundeinheit)	88
Bild G.1 – Definition des Drehwegs (Draufsicht auf die Welle)	91
Bild G.2 – Linearer Verlauf, ohne Mittelanzapfung	92
Bild G.3 – Linearer Verlauf, mit Mittelanzapfung	92
Bild G.4 – Logarithmischer Verlauf, ohne Anzapfung	92
Bild G.5 – Logarithmischer Verlauf, mit Anzapfung	92
Bild G.6 – Fallend logarithmischer Verlauf, ohne Anzapfung	93
Bild G.7 – Fallend logarithmischer Verlauf, mit Anzapfung	93
Bild H.1 – Allgemeiner Ablaufplan für die Befähigungsanerkennung	97
 Tabelle 1 – Normalklimate	 29
Tabelle 2 – Messspannungen	31
Tabelle 3 – Berechnung des Widerstandswertes (R) und der Änderung des Widerstandswertes (ΔR)	40
Tabelle 4 – Berechnung der Temperaturdifferenzen (ΔT)	40
Tabelle 5 – Stromwerte (I_b)	42
Tabelle 6 – Strom durch den Schleifer	47
Tabelle 7 – Anschlagdrehmoment	49
Tabelle 8 – Drehmoment an der Feststellvorrichtung	50
Tabelle 9 – Drehmoment an der Welle	50
Tabelle 10 – Axialer Druck und Zug	51
Tabelle 11 – Axialer Druck und Zug	51
Tabelle 12 – Toter Gang	56
Tabelle 13 – Drehschwingen für nicht drahtgewickelte Bauarten	56
Tabelle 14 – Drehschwingen für drahtgewickelte Bauarten (in Vorbereitung)	57
Tabelle 15 – Zugkraft	58
Tabelle 16 – Anzahl der Zyklen	65
Tabelle 17 – Anzahl der Zyklen	68
Tabelle 18 – Anzahl der Betätigungen	72
Tabelle 19 – Plattengröße	74
Tabelle G.1 – Widerstandswertverlauf und Kennbuchstabe	91

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60393 gilt für alle Potentiometerbauarten, einschließlich der Bauarten mit Einstellung durch Gewindespindel, für Trimpotentiometer, für Mehrgangpotentiometer usw. zur Verwendung in Geräten der Elektronik.

Er legt Normbegriffe, Kontroll- und Prüfverfahren fest, die in Rahmen- und Bauartspezifikationen für Bauelemente der Elektronik für die Qualitätsbewertung oder andere Zwecke verwendet werden.

Text und Beschreibung der Prüfverfahren wurden so abgefasst, dass sie unmittelbar für die weitverbreiteten 1-Gang-Drehpotentiometer mit Betätigungswelle anwendbar sind.

Bei anderen Potentiometerbauarten

- kann der Drehwinkel (Einstellweg) mehrere Umdrehungen betragen;
- muss die Erwähnung einer Einstellwelle auf ein beliebig anderes Einstellelement bezogen werden;
- muss der gesamte Drehbereich aufgefasst werden als mechanischer Weg des Einstellelements;
- muss eine Einstellkraft anstelle eines Einstelldrehmomentes festgelegt werden, wenn das Einstellelement durch Schieben anstatt durch Drehen betätigt wird.

Diese alternativ gültigen Festlegungen sind in der Rahmenspezifikation oder in der Bauartspezifikation zu finden.

Wenn ein Bauelement als einstellbarer Widerstand, d. h. als Zweipol aufgebaut ist, muss die Bauartspezifikation die Abweichungen gegenüber den Normprüfverfahren festlegen.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60063:1963, *Preferred number series for resistors and capacitors*

Amendment 1 (1967)

Amendment 2 (1977)

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

Amendment 1 (1992)

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test A: Cold*

Amendment 1 (1993)

Amendment 2 (1994)

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test B: Dry heat*

Amendment 1 (1993)

Amendment 2 (1994)

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-13, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14:1994^{N1)}, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*
Amendment 1 (1986)

IEC 60068-2-17, *Environmental testing*^{N2)} – *Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20:1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*
Amendment 2 (1987)

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-29, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 hour cycle*^{N3)})

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*
Amendment 1 (1993)

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60915, *Capacitors and resistors for use in electronic equipment – Preferred dimensions of shaft ends, bushes and for the mounting of single-hole, bush-mounted, shaft-operated electronic components*

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IECQ 001002-3, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of procedure – Part 3: Approval procedures*

IECQ 001005, siehe hierzu www.iecq.org/certificates

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

ISO 9000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

^{N1)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „IEC 60068-2-14:1984“ heißen.

^{N2)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „Basic environmental testing procedures“ heißen.

^{N3)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „(12 h + 12 h cycle)“ heißen.

2 Technische Angaben

2.1 Einheiten und Kurzzeichen

Einheiten, Bildzeichen und Formelzeichen sollten, so weit wie möglich, den folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

- IEC 60027-1;
- IEC 60050;
- IEC 60617;
- ISO 1000.

Wenn weitere Einheiten und Kurzzeichen benötigt werden, dann sollten sie nach den Prinzipien der oben aufgeführten Schriftstücke gebildet werden.

2.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.2.1

Bauart

Gruppe von Bauelementen mit gleichen Konstruktionsmerkmalen, die aufgrund ähnlicher Herstellungstechniken für die Qualitäts-Konformitätsprüfung zusammengefasst werden können. Sie werden im Allgemeinen von einer gemeinsamen Bauartspezifikation erfasst.

ANMERKUNG 1 Bauelemente nach verschiedenen Bauartspezifikationen können manchmal als zur gleichen Bauart gehörig betrachtet und deshalb zur Qualitätsbewertung zusammengefasst werden.

ANMERKUNG 2 Befestigungsmittel werden nicht berücksichtigt, vorausgesetzt, sie haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Prüfungen.

ANMERKUNG 3 Bemessungswerte sind in der Bauartspezifikation anzugeben.

2.2.2

Bauform

Untergruppe einer Bauart, Unterscheidungsmerkmal sind im Allgemeinen die Maße; sie kann mehrere Ausführungsformen umfassen, die sich im Allgemeinen durch mechanische Einzelheiten unterscheiden

2.2.3

Anforderungsstufe

Begriff zur Bezeichnung von weiteren allgemeinen Eigenschaften mit Bezug auf die vorgesehene Anwendung, z. B. Anwendungen mit langer Lebensdauer, der nur in Verbindung mit einem oder mehreren Worten (z. B. Anforderungsstufe für lange Lebensdauer) und nicht mit einem einzelnen Buchstaben oder einer Zahl verwendet werden darf. Wenn nach dem Begriff „Anforderungsstufe“ Zahlen hinzugefügt werden, sollten arabische Ziffern verwendet werden.

2.2.4

Ausführungsform

Untergruppe einer Bauform mit speziellen Maßen für bestimmte Teile des Aufbaus, wie z. B. für Anschlüsse, Abflachung der Welle oder Länge der Welle (siehe Anhang F)

2.2.5

Familie (von elektronischen Bauelementen)

Gruppe von elektronischen Bauelementen, die in kennzeichnendem Maße ein bestimmtes physikalisches Merkmal zeigen und/oder eine bestimmte Funktion erfüllen

2.2.6

Unterfamilie (von elektronischen Bauelementen)

Gruppe von Bauelementen innerhalb einer Familie, die mit gleichartigen technischen Verfahren hergestellt werden

2.2.7

Kategorietemperatur-Bereich

Bereich der Umgebungstemperaturen, in dem das Potentiometer für Dauerbetrieb ausgelegt ist; er ist durch die Temperaturgrenzen der jeweiligen Kategorie festgelegt

2.2.8

obere Kategorietemperatur

höchste Umgebungstemperatur, für die ein Potentiometer für Dauerbetrieb ausgelegt ist, wenn es mit dem Teil der Bemessungsbelastbarkeit belastet ist, der als Kategoriebelastbarkeit bezeichnet wird (siehe 2.2.13)

2.2.9

untere Kategorietemperatur

niedrigste Umgebungstemperatur, für die ein Potentiometer für Dauerbetrieb ausgelegt ist

2.2.10

kritischer Widerstandswert

derjenige Widerstandswert, bei dem die Bemessungsspannung gleich der höchsten zulässigen Dauerspannung ist. Unterhalb des kritischen Widerstandswertes ist die höchste Spannung, die zwischen den Anschlüssen eines Potentiometers angelegt werden darf, die Bemessungsspannung. Oberhalb dieses Wertes ist die höchste Spannung die höchste zulässige Dauerspannung (siehe 2.2.12, 2.2.14 und 2.2.15).

2.2.11

Nennwert des Gesamtwiderstands

Widerstandswert, für den das Potentiometer ausgelegt ist und der im Allgemeinen auf dem Potentiometer angegeben ist

2.2.12

Bemessungsbelastbarkeit

höchstzulässige Belastung zwischen den Anschlüssen a und c (siehe 2.2.29) eines Potentiometers bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C und unter den Bedingungen der elektrischen Dauerprüfung bei 70 °C, bei der sich der Widerstandswert höchstens um den Betrag ändert, der für diese Prüfung festgelegt ist

ANMERKUNG 1 Die tatsächliche Belastbarkeit kann wie folgt abweichen:

ANMERKUNG 2 Bei hohen Widerstandswerten kann die höchste zulässige Dauerspannung (siehe 2.2.15) verhindern, dass die Bemessungsbelastbarkeit erreicht wird.

ANMERKUNG 3 Zur Belastbarkeit bei von 70 °C abweichenden Temperaturen sollte auf die graphische Darstellung der Belastbarkeit in der Bauartspezifikation Bezug genommen werden.

ANMERKUNG 4 In Anwendungsfällen, bei denen nur die Anschlüsse a und b oder b und c verwendet werden und die Betätigungswelle auf weniger als den elektrisch wirksamen Drehweg (100 %) eingestellt ist, kann auch der höchstzulässige Schleiferstrom (siehe 2.2.17) die Belastbarkeit begrenzen.

2.2.13

Kategoriebelastbarkeit

höchstzulässige Belastbarkeit bei kontinuierlicher Belastung und einer Umgebungstemperatur, die der oberen Kategorietemperatur entspricht; sie wird üblicherweise in % vom Bemessungswert der Belastbarkeit angegeben

ANMERKUNG Die Kategoriebelastbarkeit darf auch null sein.

2.2.14

Bemessungsspannung

die Gleichspannung oder effektive Wechselspannung, die als Quadratwurzel des Produktes aus dem Nennwert des Gesamtwiderstands und der Bemessungsbelastbarkeit errechnet wird

ANMERKUNG Bei hohen Widerstandswerten kommt es vor, dass die Bemessungsspannung aufgrund der Größe und des Aufbaus des Potentiometers nicht angelegt werden darf (siehe 2.2.10, 2.2.12 und 2.2.15).

2.2.15

höchste zulässige Dauerspannung

höchste Gleichspannung oder effektive Wechselspannung, die an das Widerstandselement eines Potentiometers angelegt werden darf

ANMERKUNG 1 Wenn in dieser Spezifikation der Begriff „effektive Wechselspannung“ verwendet wird, sollte der Scheitelwert der Spannung das 1,42-Fache des Effektivwertes nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 Diese Spannung sollte an ein Potentiometer nur dann angelegt werden, wenn dessen Widerstandswert mindestens gleich dem kritischen Widerstandswert oder größer ist.

2.2.16

Isolationsspannung

höchste Spitzenspannung, die unter Bedingungen des Dauerbetriebs zwischen den Anschlüssen des Potentiometers und dessen äußeren miteinander verbundenen leitenden Teilen angelegt werden darf

ANMERKUNG Der Wert der Isolationsspannung sollte bei normalem Luftdruck nicht niedriger als das 1,42-Fache der höchsten zulässigen Dauerspannung sein. Bei niedrigem Luftdruck ist der Wert der Isolationsspannung kleiner und sollte in der Bauartspezifikation angegeben werden.

2.2.17

höchstzulässiger Schleiferstrom

größter Strom, der zwischen Widerstandselement und Schleifer fließen darf

2.2.18

Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes und des Spannungsteilerverhältnisses

kann als Temperaturcharakteristik oder als Temperaturkoeffizient gemäß nachstehenden Definitionen angegeben werden

2.2.18.1

Temperaturcharakteristik des Widerstandswertes

größte reversible Änderung des Widerstandswertes, die über eine gegebene Temperaturspanne zwischen den Kategorietemperaturen hervorgerufen wird und die üblicherweise in % vom Widerstandswert bei einer Bezugstemperatur von 20 °C angegeben wird

2.2.18.2

Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes α_r

relative Änderung des Widerstandswertes zwischen zwei gegebenen Temperaturen dividiert durch die sie erzeugende Temperaturdifferenz; sie wird vorzugsweise in ppm je °C angegeben ($10^{-6}/K$)

ANMERKUNG Es sollte darauf geachtet werden, dass die Verwendung dieses Begriffes eine Aussage über die Linearität der Temperaturabhängigkeit weder enthält noch vermuten lässt.

2.2.18.3

Temperaturkoeffizient des Teilerverhältnisses α_o

relative Änderung des Verhältnisses der Ausgangsspannungen zwischen zwei gegebenen Temperaturen bei fest eingestellten Werten und unter Last am Schleifer dividiert durch die sie erzeugende Temperaturdifferenz; sie wird vorzugsweise in ppm je °C angegeben

ANMERKUNG 1 Der Wert von α_o kann bei verschiedenen Einstellungen des Teilerverhältnisses unterschiedlich sein.

ANMERKUNG 2 Es sollte darauf geachtet werden, dass die Verwendung dieses Begriffes eine Aussage über die Linearität der Temperaturabhängigkeit weder enthält noch vermuten lässt.

2.2.19

sichtbare Schäden

Schäden, die die Verwendbarkeit des Potentiometers für seinen vorgesehenen Zweck beeinträchtigen

2.2.20

Potentiometer

ein Bauelement mit drei Anschlüssen zur Verwendung als Spannungsteiler, wobei zwei Anschlüsse mit den Enden eines Widerstandselements verbunden sind und der dritte Anschluss zu einem Schleifer führt, der mechanisch entlang des Widerstandselements bewegt werden kann

2.2.21

Trimpotentiometer

Potentiometer, das nur für gelegentliche Einstellung konstruiert ist

2.2.22

Potentiometer mit Gewindespindel

Potentiometer mit einer Gewindespindel als Einstellelement, an dem mehrere Umdrehungen möglich sind

2.2.23

Mehrfachpotentiometer

Potentiometer, das aus zwei oder mehr Einzelpotentiometern besteht, die durch eine gemeinsame Welle betätigt werden. Die Anzahl der Einzelpotentiometer muss in der Beschreibung enthalten sein, z. B. 2-fach- oder 4-fach-Potentiometer.

2.2.24

Doppelpotentiometer

Potentiometer, das aus zwei Einzelpotentiometern besteht, die unabhängig voneinander durch konzentrische Wellen betätigt werden

2.2.25

Potentiometer mit Wellendichtung

Potentiometer, bei dem eine Wellendichtung das Eindringen von Staub oder Flüssigkeit von außen in das Potentiometerinnere über die Wellenlagerung verhindert (siehe Bild 1)

2.2.26

Potentiometer mit Wellen- und Frontplattendichtung

Potentiometer, bei dem eine Wellendichtung und eine Frontplattendichtung das Eindringen von Staub und Flüssigkeit in das Gerät, in dem das Potentiometer eingebaut ist, verhindern (siehe Bild 2)

2.2.27

Potentiometer mit dichtem Gehäuse

Potentiometer mit Wellendichtung, bei dem das Gehäuse so konstruiert ist, dass das Eindringen von Staub oder Flüssigkeit von außen in das Potentiometerinnere verhindert wird (siehe Bild 3)

In einigen Fällen kann zusätzlich eine Frontplattendichtung vorgesehen sein.

Derartige Potentiometer werden als „vollständig dicht“ bezeichnet (siehe Bild 3).

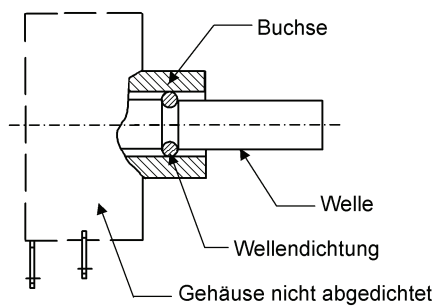


Bild 1 – Potentiometer mit Wellendichtung

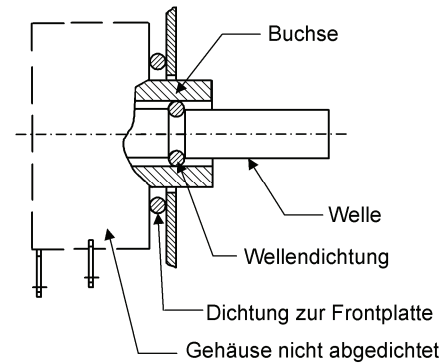


Bild 2 – Potentiometer mit Wellen- und Frontplattendichtung

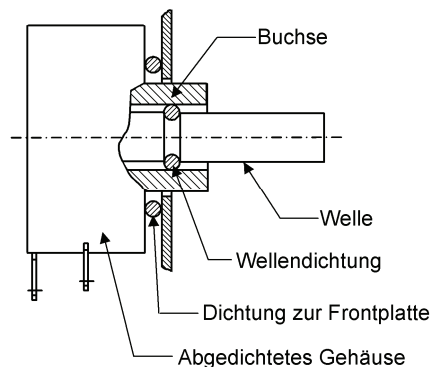


Bild 3 – Potentiometer mit dichtem Gehäuse

2.2.28

Drehrichtung

bezeichnet als „im Uhrzeigersinn“ oder „gegen den Uhrzeigersinn“, wobei eine Draufsicht auf die Seite des Potentiometers zugrunde gelegt wird, die das Einstellelement enthält (siehe Anhang G). Wenn die Bezugsseite nicht zweifelsfrei erkennbar ist, muss sie, wie in der Bauartspezifikation angegeben, gekennzeichnet werden.

2.2.29

Bezeichnung der Anschlüsse

die drei Anschlüsse eines Potentiometers werden vorzugsweise wie folgt bezeichnet:

- a ist der Endanschluss, der dem Schleifer elektrisch am nächsten liegt, wenn die Welle bis zum Anschlag gegen den Uhrzeigersinn nach 2.2.28 gedreht ist;
- b ist der Anschluss des Schleifers;
- c ist der andere Endanschluss.

ANMERKUNG Wahlweise zur Bezeichnung mit a, b und c dürfen auch die Ziffern 1, 2 und 3 oder die Farben Gelb, Rot und Grün verwendet werden. Wenn die Anschlüsse gekennzeichnet werden, sollte die Kennzeichnung diesem Abschnitt entsprechen. Zusätzliche Buchstaben, Ziffern oder Farben für weitere Anschlüsse sollten in der entsprechenden Spezifikation angegeben werden.

2.2.30

variabler Widerstand (zwei Anschlüsse)

als Stromregler verwendeter variabler Widerstand mit zwei Anschlüssen, von denen einer fest an einem Ende des Widerstandselements und der andere an einen Schleifer angeschlossen ist, der auf dem Widerstandselement entlang bewegt werden kann und eine Widerstandsänderung bewirkt (siehe 2.2.31)

2.2.31

Schleifer

Kontakt des Potentiometers, der auf dem Widerstandselement bewegt wird

2.2.32

Anzapfung

feste elektrische Verbindung, die an das Widerstandselement angebracht wird

2.2.32.1

Stromanzapfung

feste elektrische Verbindung mit dem Widerstandselement, die den Bemessungsstrom des Widerstandselements führen und die Ausgangskennlinie verformen kann

ANMERKUNG Stromanzapfungen an nicht drahtgewickelten Potentiometern haben im Regelfall eine merkliche Breite, jedoch einen geringen Widerstand. Siehe 2.2.48.18.

2.2.32.2

Spannungsanzapfung

feste elektrische Verbindung mit dem Widerstandselement, die keine wesentliche Verformung der Ausgangskennlinie verursacht und im Regelfall einen erheblichen Anzapfungswiderstand hat und den Bemessungsstrom des Widerstandselements nicht führen kann

ANMERKUNG Die Unterscheidung zwischen Strom- und Spannungsanzapfung gilt grundsätzlich für Anzapfungen an nicht drahtgewickelten Potentiometern. Meistens sind die Anzapfungen an drahtgewickelten Potentiometern an einer Windung des Drahtes befestigt und können den Bemessungsstrom des Widerstandselements führen. Sie haben üblicherweise keinen Einfluss auf die Auflösung oder die Ausgangskennlinie.

2.2.33

Schleiferweg

Weg des beweglichen Kontaktes auf dem Widerstandselement

2.2.34

Rutschkupplung

Vorrichtung, die das Weiterdrehen des Einstellelements erlaubt, nachdem der Schleifer die Anschläge am Ende des Widerstandselements erreicht hat

2.2.35

Anzahl der Umdrehungen (des Einstellelements)

Gesamtanzahl der Umdrehungen, mit denen das Einstellelement 360° (oder nahezu 360°) zurücklegt, um den gesamten mechanischen Einstellweg zurückzulegen

2.2.36

Widerstandswertverlauf

Verhältnis des zwischen den Anschlüssen $\underline{a}$ und $\underline{b}$ gemessenen Widerstandswertes oder des Teilverhältnisses $\frac{U_{ab}}{U_{ac}}$ zur mechanischen Stellung des Schleifers

2.2.36.1

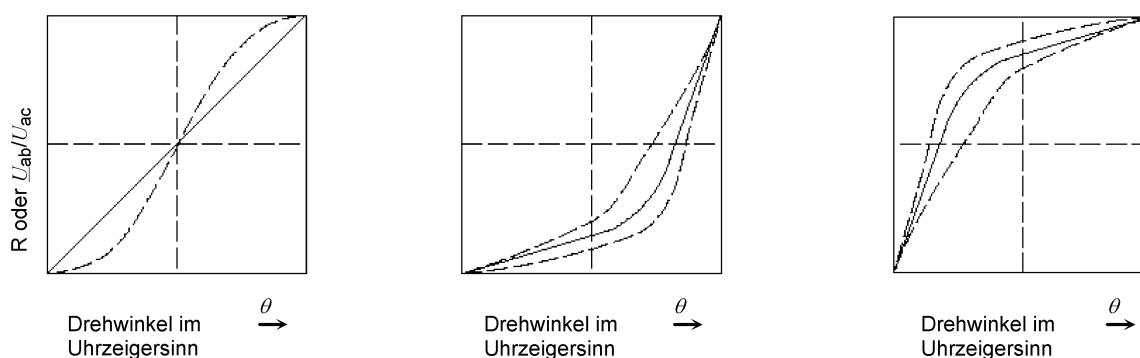
übliche Arten des Widerstandswertverlaufs

beim linearen Widerstandswertverlauf ist eine konstante Veränderung des Widerstandswertes oder des Teilverhältnisses in Abhängigkeit von der Verdrehwinkelstellung gegeben; bei einem nichtlinearen Widerstandswertverlauf gibt es Schwankungen oder Mängel hinsichtlich der Konstanz bei der Veränderung des Widerstandswertes in Abhängigkeit von der Verdrehwinkelstellung. Der Widerstandswertverlauf muss der allgemeinen Form der Nennkurven nach Bild 4 bis Bild 6, wie jeweils anwendbar, entsprechen

- a) Linearer Verlauf: siehe Bild 4
- b) Logarithmischer Verlauf: siehe Bild 5
- c) Fallend logarithmischer Verlauf: siehe Bild 6

Messungen des Widerstandswertes müssen innerhalb der festgelegten prozentualen Werte für die Nennwerte liegen, die durch die Kurvenverläufe bei einem festgelegten Winkel von 50 % der Drehbewegung dargestellt sind.

Beispiele für häufig vorkommende Verläufe der Widerstandswerte von Potentiometern sind in Anhang G dieser Norm dargestellt. Die Rahmen- oder Bauartspezifikation darf an den Enden des wirksamen Drehwegs Grenzabweichungen des Widerstandswertes zulassen, die kleiner sind als die, die dem festgelegten Verlauf entsprechen. Sie darf auch zulässige Grenzabweichungen für näherungsweise Erfüllung des Verlaufs in der in Bild 4 und Bild 6 gestrichelt eingezeichneten Form zulassen und festlegen.



Legende

θ Drehwinkel (im Uhrzeigersinn)

Bild 4 – Linearer Verlauf

Bild 5 – Logarithmischer Verlauf

Bild 6 – Fallend logarithmischer Verlauf

2.2.36.2

andere Arten des Widerstandswertverlaufs

für besondere Anwendungsfälle können andere Formen des Widerstandswertverlaufs als die in 2.2.36.1 (z. B. Sinus- oder Kosinus-Form) notwendig sein. Ein derartiger Verlauf wird in der Rahmen- oder Bauartspezifikation festgelegt.

2.2.37

Betätigungszyklus

bei Potentiometern, die für eine oder mehrere Umdrehungen ausgelegt sind, ist der Betätigungszyklus definiert als der Weg des Schleifers von einem Ende des Widerstandselements zum anderen Ende und zurück. Bei Potentiometern ohne Endanschlag ist ein Betätigungszyklus definiert als zwei Umdrehungen des Schleifers von je 360° in die gleiche Richtung.

2.2.38

kurzgeschlossener Teilbereich

Teil des Widerstandselements, in dem sich das Teilverhältnis innerhalb festgelegter Grenzen nicht ändert, wenn der Schleifer mit festgelegter Last über das Segment bewegt wird

2.2.39

kleinster einstellbarer Widerstandswert

kleinster Widerstandswert, der zwischen dem Schleiferanschluss $\underline{b}$ und einem der anderen Anschlüsse $\underline{a}$ oder $\underline{c}$ jeweils erreicht werden kann (siehe 2.2.29)

2.2.40

Restwiderstand/Anschlagwert

der zwischen dem Endanschluss $\underline{a}$ oder $\underline{c}$ und dem Schleiferanschluss $\underline{b}$ auftretende Widerstandswert, wenn der Schleifer an dem jeweils zugehörigen Endanschlag anliegt (siehe 2.2.29)

ANMERKUNG Wenn zwischen dem Endanschlag und dem Punkt, an dem der kleinste wirksame Widerstandswert beobachtet wird, keine sprunghafte Änderung des Widerstandswertes auftritt, sind Restwiderstand, kleinster einstellbarer Widerstandswert und kleinster wirksamer Widerstandswert gleich. Der kleinste Widerstandswert braucht nicht mit dem Widerstandswert am Endanschlag übereinstimmen.

2.2.41

Lastwiderstand R_L (siehe Bild 8)

äußerer Widerstand, an dem die Ausgangsspannung anliegt (er wird zwischen dem Schleifer und einem der Anschlüsse a oder c angeschlossen)

2.2.42

gesamte anliegende Spannung U_{ac} (siehe Bild 7)

Spannung, die zwischen den Eingangsanschlüssen anliegt, z. B. die zwischen den Eingangsanschlüssen a und c anliegende Spannung

2.2.43

Ausgangsspannung U_{ab} (siehe Bild 7)

Spannung zwischen Anschluss b und dem festgelegten Bezugspunkt. Wenn nicht anders festgelegt, ist der festgelegte Bezugspunkt der Anschluss a.

2.2.44

Teilververhältnis (siehe Bild 7)

Verhältnis der Ausgangsspannung U_{ab} zur gesamten anliegenden Spannung U_{ac} , das üblicherweise in % von der gesamten anliegenden Spannung angegeben wird

$$\text{Teilververhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

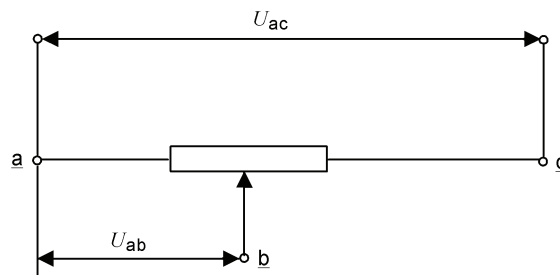


Bild 7 – Teilververhältnis

2.2.45

kleinstes Teilververhältnis

Verhältnis der niedrigsten Spannung, die am Schleiferanschluss gegen einen der Endanschlüsse eingestellt werden kann, zu der festen Spannung zwischen den Endanschlüssen

2.2.46

Dämpfung

Kehrwert des Teilverhältnisses, der üblicherweise angegeben wird mit:

$$20 \log \frac{U_{ac}}{U_{ab}} \text{ dB}$$

2.2.47

Belastungsfehler (siehe Bild 8)

Unterschied zwischen dem Teilverhältnis bei unendlich hohem Lastwiderstand und dem Teilverhältnis mit festgelegtem endlichem Lastwiderstand bei beliebiger, in beiden Messungen gleicher Stellung der Welle

ANMERKUNG Eine Ausschaltung des Belastungsfehlers durch Kompensation des Widerstandselements derart, dass das gewünschte Teilverhältnis mit einem festgelegten Belastungswiderstand auftritt, wird als „Lastausgleich“ bezeichnet.

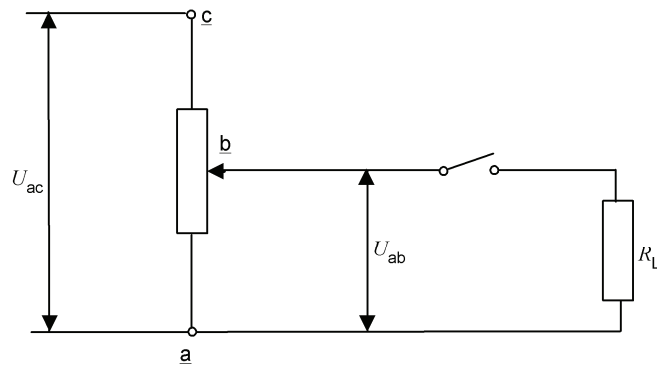


Bild 8 – Belastungsfehler

2.2.48

Zusammenhang zwischen Widerstand und Einstellweg (oder Drehwinkel)

Zusammenhang, der für zwei weitverbreitete Konstruktionen gilt:

- a) Potentiometer mit Endanschlägen oder mit Rutschkupplung;
- b) 1-Gang-Potentiometer ohne Endanschläge oder ohne Rutschkupplung.

Der Einstellweg kann in Graden, Anzahl der Umdrehungen oder Millimeter angegeben werden. Bei anderen Konstruktionen sind die Begriffe oder Definitionen in der Bauartspezifikation festzulegen.

ANMERKUNG Die in 2.2.48.1, 2.2.48.3 und 2.2.48.4 in Klammern angegebenen Begriffe sind nur zur Information aufgenommen.

2.2.48.1

gesamter mechanischer Einstellweg (oder Drehwinkel) (siehe Bild 9)

für den vorstehend genannten Fall a) ist der gesamte mechanische Einstellweg gegeben durch die Werte der Stellungen des Einstellelements, bei denen der Schleifer seinen ganzen Arbeitsbereich zwischen den beiden Endanschlägen oder den beiden Stellungen, in denen die Rutschkupplung einsetzt, überstreicht. Im vorstehend genannten Fall b) beträgt der gesamte mechanische Einstellweg 360° .

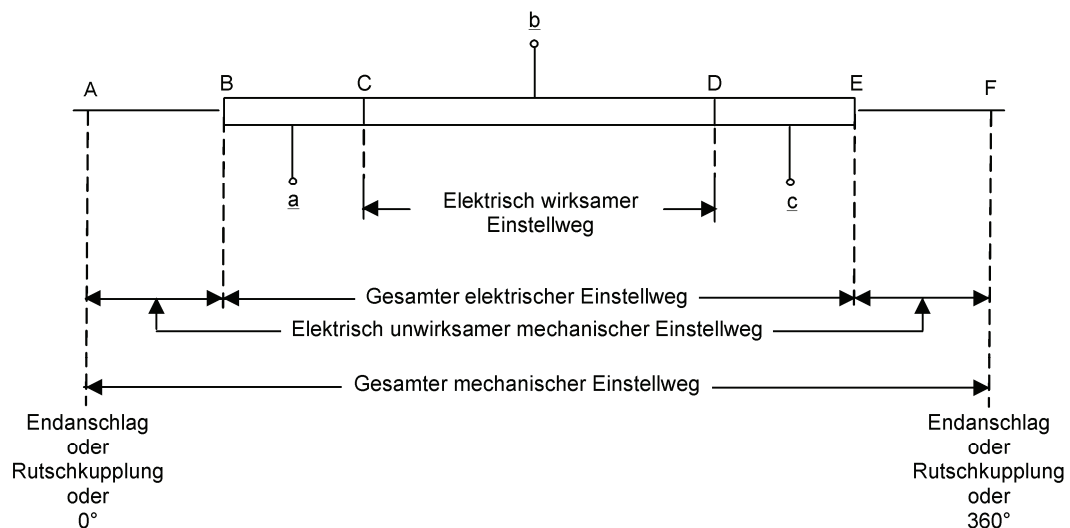


Bild 9 – Gesamter mechanischer Einstellweg (oder Drehwinkel)

2.2.48.2

gesamter elektrischer Einstellweg (siehe Bild 9)

der Weg des Einstellelements zwischen zwei Endstellungen, über den der elektrische Kontakt zwischen Schleifer und Widerstandselement üblicherweise nicht unterbrochen wird

ANMERKUNG Für den oben genannten Fall a) fallen die Endstellungen üblicherweise mit den Anschlüssen oder den Stellungen, in denen die Rutschkupplung einsetzt, zusammen; der gesamte elektrische Einstellweg ist deshalb ebenso groß wie der gesamte mechanische Einstellweg.

2.2.48.3

elektrisch wirksamer Einstellweg (Drehwinkel)

der Weg des Einstellelements, über den sich der Schleifer derart bewegt, dass sich der Widerstandswert in der durch den festgelegten Widerstandswertverlauf gegebenen Weise ändert

ANMERKUNG Bei manchen Potentiometerkonstruktionen kann der elektrisch wirksame Einstellweg mit dem gesamten elektrischen Einstellweg identisch sein.

2.2.48.4

elektrisch unwirksamer mechanischer Einstellweg (Drehwinkel) (siehe Bild 9)

Teil des mechanischen Einstellwegs, auf dem die elektrische Verbindung zwischen dem Schleifer und dem Widerstandselement nicht gewährleistet ist. Er ist die Differenz zwischen dem gesamten mechanischen Einstellweg und dem gesamten elektrischen Einstellweg.

2.2.48.5

Gesamtwiderstandswert

Gesamtwiderstandswert ist der Widerstandswert zwischen den Anschlüssen a und c (R_{ac}), gemessen nach 4.6

2.2.48.6

wirksamer Widerstandswert

Teil des Gesamtwiderstands, über den sich der Widerstandswert in der durch den festgelegten Widerstandswertverlauf gegebenen Weise ändert

2.2.48.7

kleinster wirksamer Widerstandswert

Widerstandswert an den beiden Enden des elektrisch wirksamen Einstellwegs zwischen Anschluss b und dem diesem nächstliegenden Endanschluss a oder c (siehe 4.4.6), üblicherweise in % des Gesamtwiderstandswertes angegeben

2.2.48.8

Stetigkeit

Beibehaltung des elektrischen Kontakts zwischen Schleifer und Widerstandselement als eine Funktion des mechanischen Einstellwegs des Schleifers

2.2.48.9

Kurventreue (siehe Bild 10)

höchste gemessene Abweichung zwischen dem wirklichen und dem vorgeschriebenen Widerstandswertverlauf, wenn diese in % des Gesamtwiderstandswertes oder der anliegenden Gesamtspannung angegeben wird

ANMERKUNG Die Kurventreue kann auf unterschiedliche Weise dargestellt werden und sollte deshalb eindeutig in der Bauartspezifikation festgelegt sein. Einige Möglichkeiten, die Kurventreue anzugeben, werden in den folgenden Unterabschnitten erläutert.

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

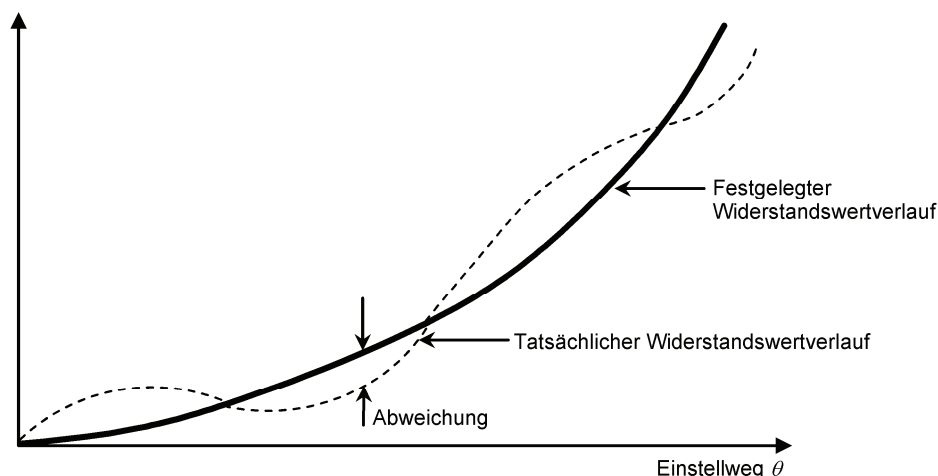


Bild 10 – Kurventreue

2.2.48.10

absolute Kurventreue (siehe Bild 11)

Kurventreue, die über den festgelegten elektrisch wirksamen Einstellweg gemessen und als höchste Abweichung des tatsächlichen vom festgelegten Widerstandswertverlauf angegeben wird

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

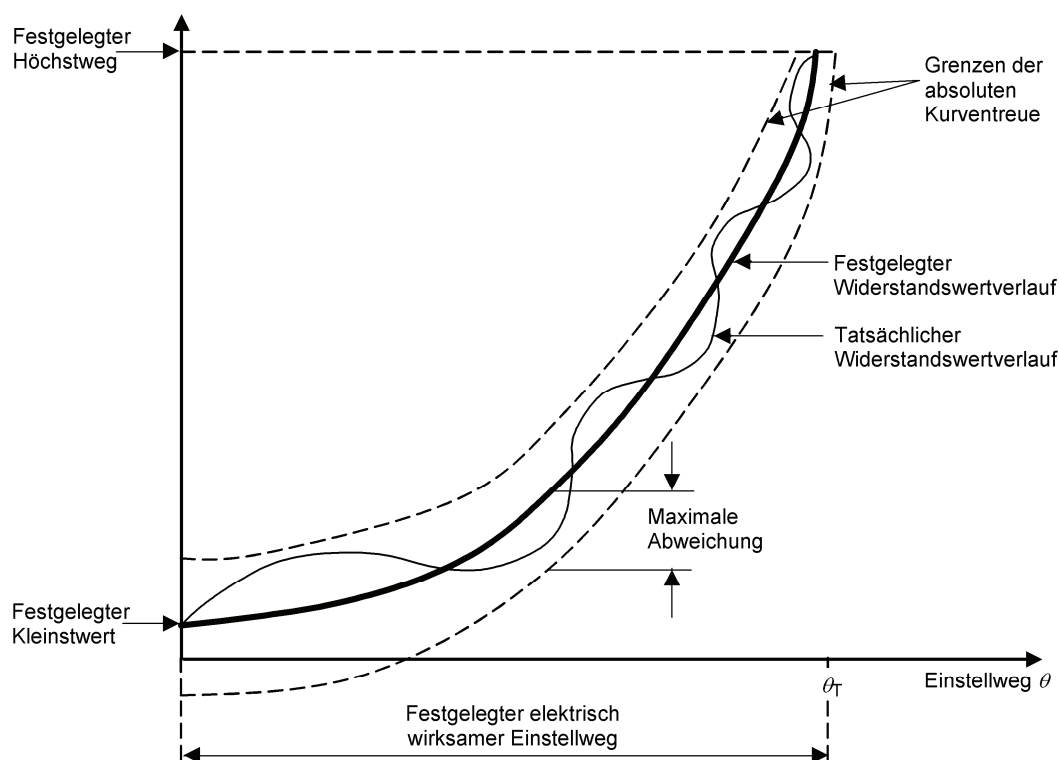


Bild 11 – Absolute Kurventreue

2.2.48.11

Linearität (siehe Bild 12)

spezielle Art der Kurventreue, bei der der festgelegte Verlauf des Widerstandswertes oder des Teilverhältnisses eine Gerade darstellt

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

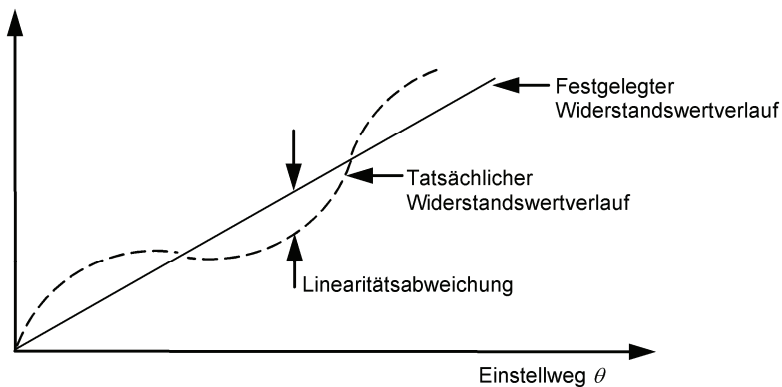


Bild 12 – Linearität

2.2.48.12

unabhängige Linearität (beste Gerade) (siehe Bild 13)

spezielle Art der Kurventreue, bei der die maximale vertikale Abweichung, ausgedrückt in % der anliegenden Gesamtspannung, des tatsächlichen Widerstandswertverlaufs von einer Bezugsgeraden, deren Anstieg und Lage so gewählt ist, dass die Abweichungen im elektrisch wirksamen Einstellweg oder einem festgelegten Teil davon am kleinsten werden

ANMERKUNG Anforderungen an Kleinst- und Größtwert des Teilverhältnisses, falls festgelegt, begrenzen Steigung und Lage der Bezugslinie.

Mathematische Formulierung:

$$\frac{U_{ab}}{U_{ac}} = P \left(\frac{\theta}{\theta_A} \right) + Q \pm C$$

Dabei ist

P der nicht festgelegte Anstieg;

Q der nicht festgelegte Schnittpunkt bei $\theta = 0$;

P und Q so gewählt, dass C am kleinsten wird; sie sind jedoch durch die Anforderungen an das Teilverhältnis begrenzt;

θ_A die Größe des elektrisch wirksamen Einstellwegs.

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

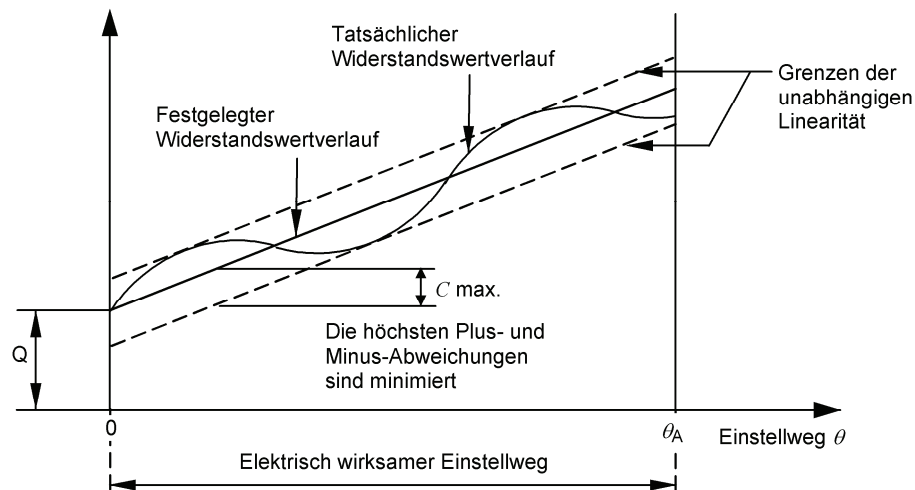


Bild 13 – Unabhängige Linearität

2.2.48.13

nullpunktbezogene Linearität (nur für drahtgewickelte Potentiometer) (siehe Bild 14)

spezielle Art der Kurventreue, bei der die höchste vertikale Abweichung, ausgedrückt in % der anliegenden Gesamtspannung, des tatsächlichen Widerstandswertverlaufs von einer Bezugsgeraden, die durch das festgelegte Anfangs-Teilverhältnis geht und sich über den elektrisch wirksamen Einstellweg erstreckt, wobei deren Anstieg so gewählt ist, dass die höchsten Abweichungen am kleinsten werden. Etwa bestehende Anforderungen an das höchste Teilverhältnis können die Möglichkeit zur Änderung des Anstiegs der Bezugsgeraden begrenzen. Wenn nicht anders festgelegt, ist das kleinste Teilverhältnis mit dem Wert Null gegeben.

Mathematische Formulierung:

$$\frac{U_{ab}}{U_{ac}} = P \left(\frac{\theta}{\theta_A} \right) + B \pm C$$

Dabei ist

P der nicht festgelegte Anstieg, begrenzt durch Anforderungen an die Endspannung beim Höchstwert des Teilverhältnisses;

θ_A die Größe des elektrisch wirksamen Einstellwegs.

B = 0, wenn nicht anders festgelegt.

Teilverhältnis = $\frac{U_{ab}}{U_{ac}}$

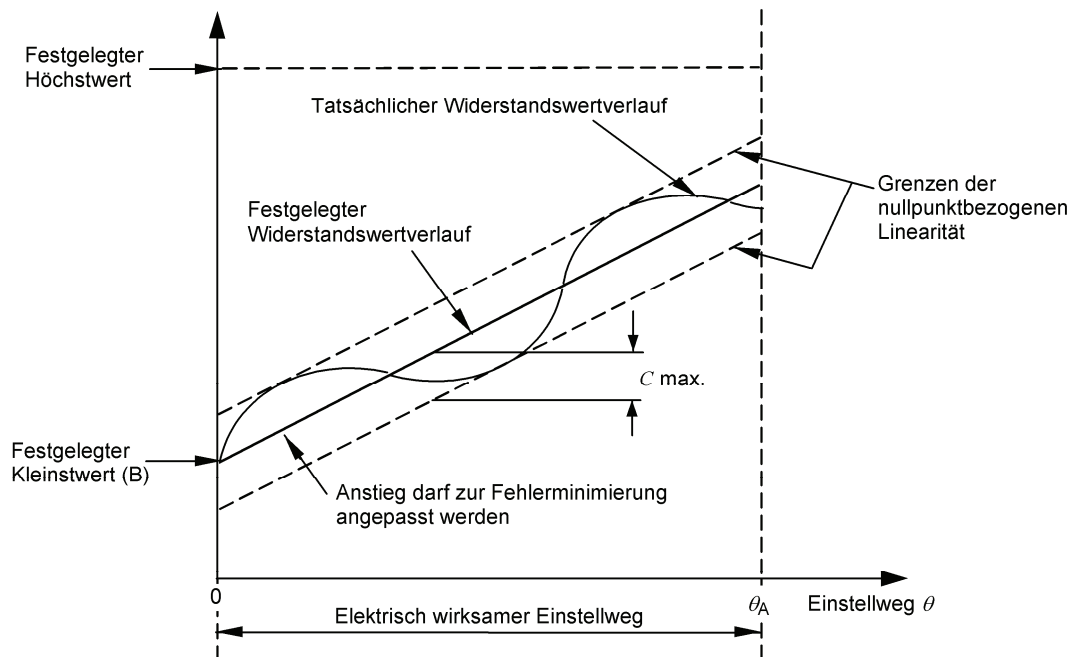


Bild 14 – Nullpunktbezogene Linearität

2.2.48.14

absolute Linearität (siehe Bild 15)

spezielle Art der Kurventreue, bei der die höchste vertikale Abweichung, ausgedrückt in % der anliegenden Gesamtspannung, des tatsächlichen Widerstandswertverlaufs von einer Bezugsgeraden, die durch die festgelegten Kleinst- und Größtwerte des Teilverhältnisses im Abstand des festgelegten elektrisch wirksamen Einstellwegs gezogen ist. Wenn nicht anders festgelegt, betragen die Kleinst- und Größtwerte des Teilverhältnisses null bzw. 100 % der anliegenden Gesamtspannung.

Mathematische Formulierung:

$$\frac{U_{ab}}{U_{ac}} = A \left(\frac{\theta}{\theta_T} \right) + B \pm C$$

Dabei ist

A der gegebene Anstieg;

B der gegebene Schnittpunkt bei $\theta = 0$;

θ_T der gesamte festgelegte elektrisch wirksame Einstellweg.

$A = 1$ und $B = 0$, wenn nicht anders festgelegt.

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

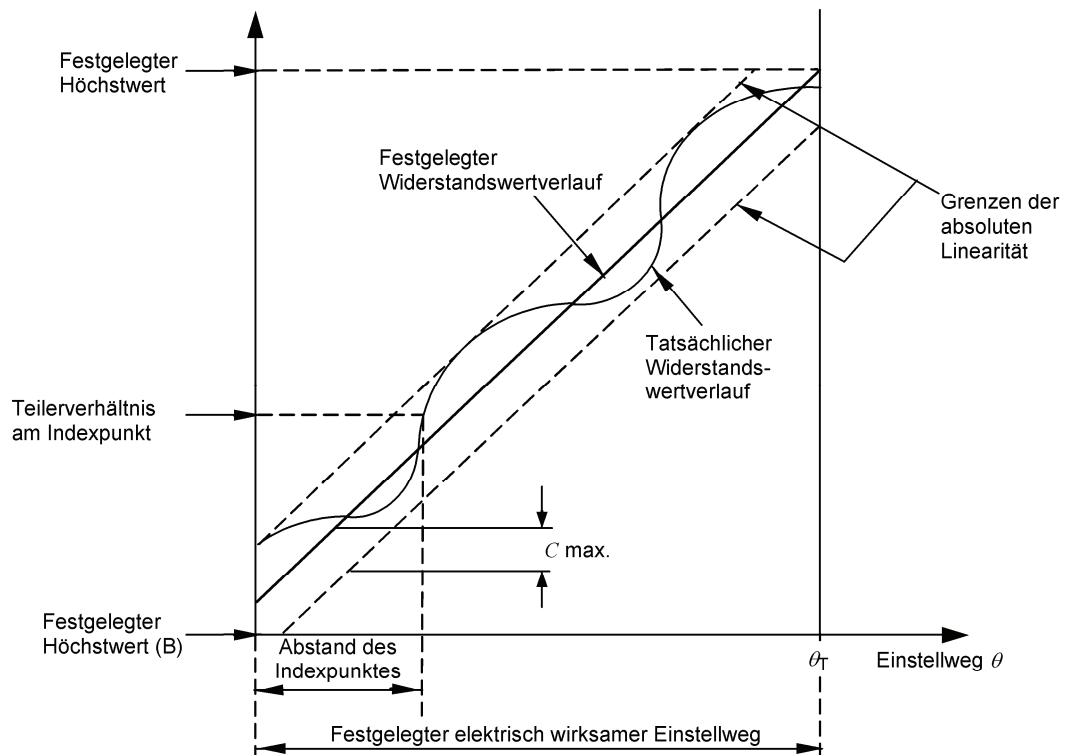


Bild 15 – Absolute Linearität

2.2.48.15

anschlussbezogene Linearität (nur für drahtgewickelte Potentiometer) (siehe Bild 16)

spezielle Art der Kurventreue, bei der die höchste vertikale Abweichung, ausgedrückt in % der anliegenden Gesamtspannung, des tatsächlichen Widerstandswertverlaufs von einer Bezugsgeraden, die durch die festgelegten Kleinst- und Größtwerte des Teilerverhältnisses im Abstand des elektrisch wirksamen Einstellwegs gelegt wird. Wenn nicht anders festgelegt, betragen die Kleinst- und Größtwerte des Teilerverhältnisses null bzw. 100 % der anliegenden Gesamtspannung.

Mathematische Formulierung:

$$\frac{U_{ab}}{U_{ac}} = A \left(\frac{\theta}{\theta_A} \right) + B \pm C$$

Dabei ist

A der gegebene Anstieg;

B der gegebene Schnittpunkt bei $\theta = 0$;

θ_A die Größe des elektrisch wirksamen Einstellwegs.

$A = 1$ und $B = 0$, wenn nicht anders festgelegt.

$$\text{Teilverhältnis} = \frac{U_{ab}}{U_{ac}}$$

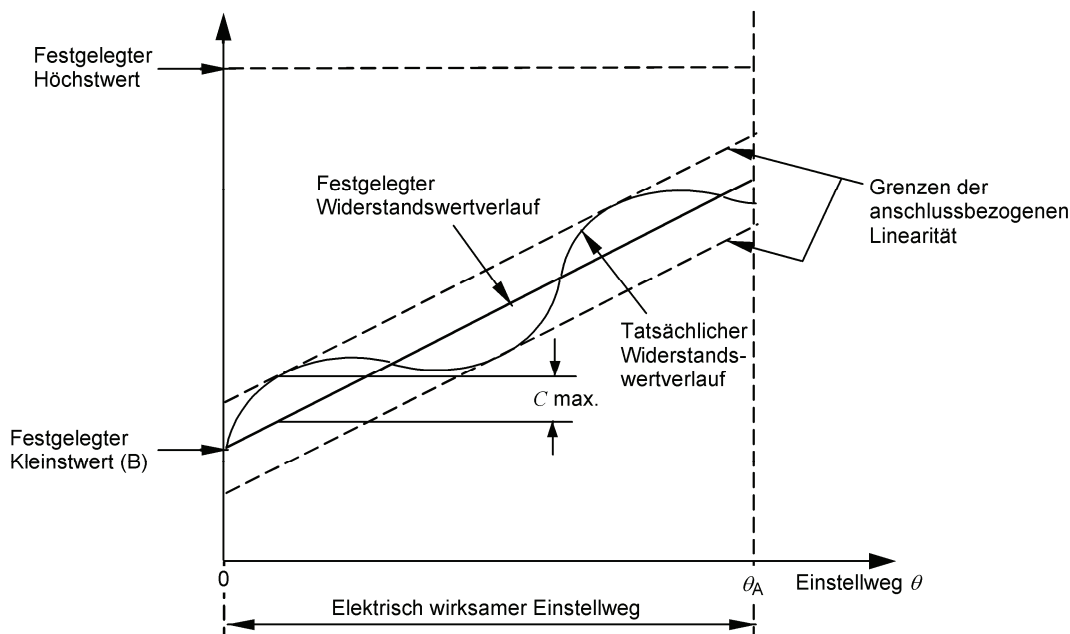


Bild 16 – Anschlussbezogene Linearität

2.2.48.16

Indexpunkt A

Bezugspunkt, der das Verhältnis zwischen einer festgelegten Stellung des Einstellelements und dem Teilverhältnis angibt und der verwendet wird, um eine Referenzstellung des Einstellelements zu erhalten

2.2.48.17

Lage der Anzapfung

die Lage der Anzapfung ist gegeben durch deren Anordnung gegenüber einem Bezugspunkt

ANMERKUNG Sie wird üblicherweise als Widerstandswert, Teilverhältnis oder Stellung des Einstellelements angegeben. Wenn eine Stellung des Einstellelements festgelegt ist, gilt als Lage der Anzapfung die Mitte der wirksamen Breite der Anzapfung.

2.2.48.18

wirksame Breite der Anzapfung (siehe Bild 17)

Einstellweg des Einstellelements, über dem die Spannung am Schleiferanschluss $\underline{b}$ mit der Spannung am Anschluss der Anzapfung praktisch gleich ist, wenn sich der Schleifer ohne Richtungsänderung über die Anzapfung hinweg bewegt

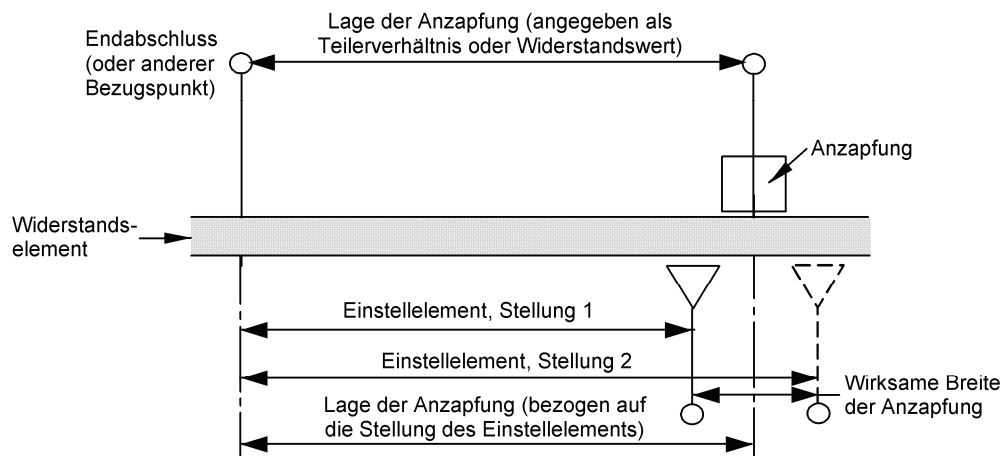


Bild 17 – Wirksame Breite der Anzapfung

2.2.48.19 (siehe auch 2.2.48.27)

Gleichlauf-Voreinstellung

aufeinander bezogene Einstellung der Gleichlauf-Bezugspunkte aller Sektionen in einem Mehrfachpotentiometer

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, gelten die Anforderungen an die Gleichlauf-Voreinstellung für einen festgelegten Gleichlauf-Bezugspunkt in jedem Einzelpotentiometer und alle Einzelpotentiometer werden auf den Gleichlauf-Bezugspunkt der ersten Sektion ausgerichtet.

2.2.48.20

Gleichlauf-Bezugspunkt

Bezugspunkt auf jeder Sektion, mit dessen Hilfe die Sektionen eines Mehrfachpotentiometers bezüglich der Stellung der Schleifer gegeneinander eingestellt werden

2.2.48.21

Drehrauschen

störende, am Eingang nicht vorhandene Schwankungen der elektrischen Ausgangsspannung, die beim Betätigen des Schleifers auftreten und durch Schwankungen des Kontaktwiderstands verursacht werden

2.2.48.22

Änderungen des Kontaktwiderstands (CRV)

Änderung des Widerstandswertes zwischen dem Widerstandselement und dem Schleifer, wenn dieser einen festgelegten Strom führt und entlang des Einstellwegs und in jeder Richtung mit einer festgelegten Geschwindigkeit bewegt wird

2.2.48.23

äquivalenter Rauschwiderstand (ENR)

störende, am Eingang nicht vorhandene Schwankungen der elektrischen Ausgangsspannung, die quantitativ hinsichtlich des äquivalenten parasitären und transienten Widerstandswertes in Ω definiert ist und zwischen dem Schleifer und dem Widerstandselement auftritt, wenn die Betätigungswelle gedreht oder verstellt wird

2.2.48.24

überlagerte Störspannung (nur für nicht drahtgewickelte Bauarten)

unerwünschte Änderung der elektrischen Ausgangsspannung, die am Eingang nicht vorhanden ist. Die überlagerte Störspannung umfasst die Einflüsse von Änderungen des Kontaktwiderstands, der Auflösung und weiterer Mikro-Nichtlinearitäten in der Ausgangsspannung. Sie wird in % der anliegenden Gesamtspannung angegeben und über festgelegten Teilabschnitten des elektrisch wirksamen Einstellwegs gemessen.

2.2.48.25

Einstellgenauigkeit (einschließlich Auflösung)

Präzision, mit der der Widerstandswert oder das Ausgangsspannungsverhältnis eines Potentiometers auf einen vorgegebenen Wert eingestellt werden kann. Sie wird üblicherweise in % des Gesamtwiderstandswertes angegeben.

ANMERKUNG Bei drahtgewickelten Bauarten braucht eine kleine schrittweise Verstellung nicht unbedingt die erwartete Änderung der Ausgangsspannung zu verursachen, weil der Schleifer von einer Windung zur nächsten bewegt wird.

2.2.48.26

theoretische Auflösung (nur für drahtgewickelte Bauarten)

Kehrwert der Windungszahl des Drahtes in der Widerstandswicklung über den elektrisch wirksamen Einstellweg, der in % angegeben wird. Dieser Begriff wird zur Beschreibung von drahtgewickelten Potentiometern verwendet und ist ein Maß für die Empfindlichkeit, mit der das Teilungsverhältnis des Potentiometers eingestellt werden kann.

2.2.48.27

Gleichlauf-Einstellung

aufeinander bezogenes Einstellen der Sektionen eines Mehrfachpotentiometers, ausgehend von einem gemeinsamen Bezugspunkt, derart, dass die Teilverhältnisse aller Einzelpotentiometer über den gesamten elektrisch wirksamen Einstellweg innerhalb ihrer jeweiligen Grenzen der Kurventreue liegen

2.2.48.28

toter Gang (siehe Bild 18)

größter Unterschied in der Stellung des Einstellelements, der auftritt, wenn das Einstellelement aus entgegengesetzten Richtungen auf das gleiche Teilverhältnis eingestellt wird

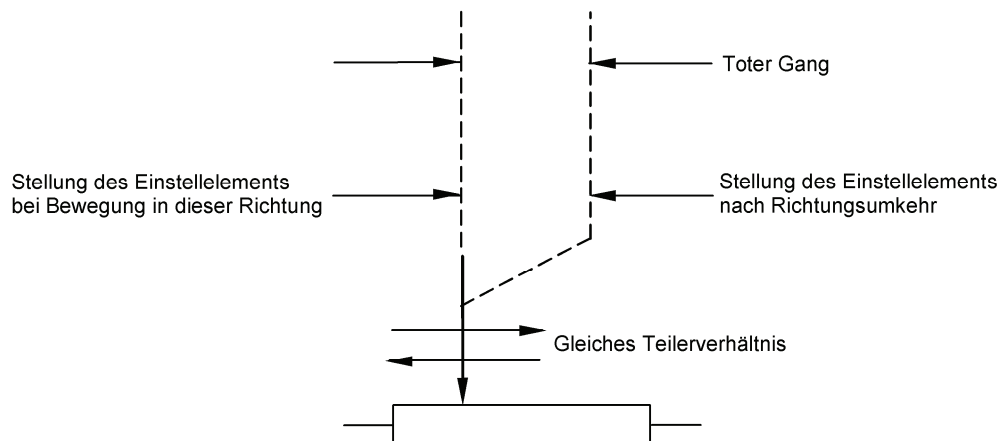


Bild 18 – Toter Gang

2.2.48.29

Drehschwingen

Bewegungen der Einstellwelle zur Nachbildung von Verhältnissen, wie sie in Servosystemen auftreten können

2.2.48.30

Mikrolinearität

relative Änderung der Linearitätsabweichung (siehe 2.2.48.12), die bei kleinen Einstellungsänderungen gemessen und in % der anliegenden Spannung angegeben wird

2.2.48.31

Einstellstabilität

bezieht sich auf das Verhalten des Potentiometers (vorrangig Trimpotentiometer), die gewünschte Einstellung beizubehalten

ANMERKUNG 1 Die Einstellstabilität kann durch Beanspruchung mit hoher Temperatur, Temperaturänderungen, Luftfeuchte und mechanischen Stoß oder mechanische Schwingungen beeinflusst werden.

ANMERKUNG 2 Der auf die Spannung oder den Widerstandswert bezogene Unterschied zwischen der Anfangsmessung, die vor der Umweltprüfung durchgeführt wurde, und der Messung, die nach der Prüfung durchgeführt wurde, liefert die Einstellstabilität in %.

2.2.49

Drehpotentiometer (1-Gang oder Mehr-Gang)

Potentiometer, das mit einer axialen Welle, die im rechten Winkel zur Drehrichtung angebracht ist, betätigt wird und das für regelmäßige Einstellungen von Spannungs- oder Widerstandswerten verwendet werden kann

2.2.50

Leistungspotentiometer

Potentiometer, dessen Widerstandselement für hohe innere Temperaturanstiege und Wärmeableitung ausgelegt ist

2.2.51

Präzisionspotentiometer

Potentiometer, bei dem die Ausgangsspannung oder der Widerstandswertverlauf einen genau definierten Verlauf als Funktion der Stellung des Einstellelements einhält

2.2.52

Schiebepotentiometer

Potentiometer, das durch eine Schiebebewegung des Einstellelements betätigt wird und das für regelmäßige Einstellungen von Spannungs- oder Widerstandswerten verwendet werden kann

2.2.53

Potentiometer für die Oberflächenmontage

Potentiometer, das aufgrund seiner kleinen Abmessungen und der Art oder Form der Anschlüsse zur Anwendung in Hybridschaltungen und auf Leiterplatten geeignet ist

2.3 Bevorzugte Werte

2.3.1 Allgemeines

Jede Rahmenspezifikation muss die für die Unterfamilie geeigneten bevorzugten Werte festlegen; zum Nennwert des Gesamtwiderstands siehe auch 2.3.2.

2.3.2 Bevorzugte Nennwerte des Gesamtwiderstands

Die bevorzugten Nennwerte des Gesamtwiderstands sind den Reihen nach IEC 60063 und/oder der 1-2-5-Reihe zu entnehmen.

2.4 Kennzeichnung

2.4.1 Allgemeines

Jede an den Potentiometern oder an deren Verpackung verwendete Kennzeichnung muss den Festlegungen der betreffenden Rahmenspezifikation entsprechen.

Die Rangfolge für die Kennzeichnung von kleinen Potentiometern muss festgelegt werden.

2.4.2 Kurzbezeichnungen

Wenn Widerstandswert, Grenzwertabweichung oder Herstellungsdatum in Kurzform angegeben werden, ist eines der Verfahren nach IEC 60062 anzuwenden.

3 Bewertungsverfahren

Wenn diese Norm und die damit verwandten Normen im Rahmen eines vollständigen Qualitätsbewertungssystems wie dem IEC-Qualitätsbewertungssystem für Bauelemente der Elektronik (IECQ) verwendet werden, gelten die entsprechenden Abschnitte von Anhang H.

ANMERKUNG Abschnitt 3 der früheren Ausgabe wurde in Anhang H verschoben. Zur Beibehaltung der Bezugnahme auf frühere Ausgaben dieser Norm wurden die Abschnittsnummern aus Abschnitt 3 nach dem folgenden Beispiel in Abschnittsnummern für Anhang H umgestellt:

Abschnitt 3.1 → Abschnitt H.1

Abschnitt 3.1.2 → Abschnitt H.1.2

4 Prüf- und Messverfahren

4.1 Allgemeines

Die Rahmenspezifikation und/oder der Vordruck für Bauartspezifikation müssen Tabellen mit Angaben darüber enthalten, welche Prüfungen durchzuführen sind, welche Messungen vor und nach jeder Prüfung oder Untergruppe von Prüfungen vorzunehmen sind und in welcher Reihenfolge sie auszuführen sind. Die Schritte jeder einzelnen Prüfung sind in der angegebenen Reihenfolge auszuführen. Bei den Anfangs- und Endmessungen müssen die Messbedingungen jeweils gleich sein.

Wenn nationale Normen innerhalb eines Qualitätsbewertungssystems andere als die in den vorstehend genannten Schriftstücken festgelegten Verfahren verwenden, sind diese vollständig zu beschreiben.

Alle in diesem Abschnitt genannten Prüfungen nach IEC 60068 sind mit ihrem aktuellen Ausgabedatum und Änderungsstatus in 1.2 enthalten.

4.2 Normalklima

4.2.1 Normalklima für Prüfungen

Wenn nicht anders festgelegt, sind alle Prüfungen und Messungen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60068-1, 5.3, durchzuführen:

Temperatur:	15 °C bis 35 °C
Relative Luftfeuchte:	25 % bis 75 %
Luftdruck:	86 kPa bis 106 kPa

Bevor die Messungen durchgeführt werden, müssen die Potentiometer so lange bei der Messtemperatur lagern, bis das gesamte Potentiometer diese Temperatur angenommen hat. Dazu reicht üblicherweise die für die Nachbehandlung am Ende einer Prüfung festgelegte Zeit aus.

Wenn Messungen bei einer anderen als der festgelegten Temperatur durchgeführt werden, müssen die Ergebnisse, soweit notwendig, auf die festgelegte Temperatur korrigiert werden. Die während der Messung herrschende Umgebungstemperatur ist im Prüfbericht anzugeben. Bei Unstimmigkeiten sind diese Messungen bei einer der Temperaturen für Schiedsmessungen (nach 4.2.3) und unter den gegebenenfalls in dieser Spezifikation genannten weiteren Bedingungen zu wiederholen.

Bei Messungen im Rahmen einer Prüffolge dürfen die Endmessungen nach einer Prüfung als Anfangsmessungen für die darauf folgende Prüfung verwendet werden.

ANMERKUNG Während der Messungen sollte das Potentiometer gegen Luftzug, direkte Sonnenbestrahlung oder andere Einflüsse, die Fehler verursachen können, geschützt werden.

4.2.2 Bedingungen für die Nachbehandlung

Wenn nicht anders festgelegt, muss die Nachbehandlung bei Normalklima für Prüfungen erfolgen (siehe 4.2.1). Wenn die Nachbehandlung unter genau einzuhaltenden Bedingungen vorgenommen werden muss, sind die Normbedingungen für die Nachbehandlung nach IEC 60068-1, 5.4.1, zu verwenden.

4.2.3 Schiedsbedingungen

Für Schiedszwecke ist eines der in Tabelle 1 angegebenen Normalkimate für Schiedsmessungen nach IEC 60068-1, 5.2, auszuwählen.

Tabelle 1 – Normalklimate

Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Luftdruck kPa
20 ± 1	63 bis 67	86 bis 106
23 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
25 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
27 ± 1	63 bis 67	86 bis 106

4.2.4 Referenzbedingungen

Als Bezugsklima gilt das Bezugs-Normalklima nach IEC 60068-1, 5.1:

Temperatur: 20 °C

Luftdruck: 101,3 kPa

4.3 Trocknung

Wenn Trocknung verlangt wird, muss das Potentiometer vor Beginn der Messung unter Anwendung von Verfahren 1 oder Verfahren 2 nach den Angaben in der Bauartspezifikation vorbehandelt werden.

Verfahren 1: (24 ± 4) h in einem Trockenschrank bei (55 ± 2) °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 20 %

Verfahren 2: (96 ± 4) h in einem Trockenschrank bei (100 ± 5) °C

Das Potentiometer ist anschließend in einem Exsikkator unter Verwendung eines geeigneten Trockenmittels wie aktiviertes Aluminiumoxid oder Silicagel abkühlen zu lassen und es muss darin von der Entnahme aus dem Trockenschrank bis zum Beginn der vorgeschriebenen Prüfungen verbleiben.

4.4 Sichtprüfung und Prüfungen der Maße

4.4.1 Sichtprüfung

Die Potentiometer sind hinsichtlich Zustand, Verarbeitung und Oberflächenbehandlung einer Sichtprüfung zu unterziehen (siehe 2.2.19).

Es dürfen keine Schäden sichtbar sein.

Die Kennzeichnung muss bei der Sichtprüfung lesbar sein. Sie muss den Anforderungen der Bauartspezifikation entsprechen.

4.4.2 Maße (Lehrenmaße)

Die Maße, die in der Bauartspezifikation als mit Lehren prüfbar bezeichnet werden, sind zu prüfen und müssen den in der Bauartspezifikation angegebenen Werten entsprechen.

4.4.3 Maße (Einzelmaße)

Alle in der Bauartspezifikation festgelegten Maße sind zu prüfen und müssen den festgelegten Werten entsprechen.

4.4.4 Gesamter mechanischer Einstellweg (siehe Bild 9)

Das Potentiometer ist für die Messung des Drehwinkels des Einstellelements zu montieren.

Das Einstellelement ist dann so einzustellen, dass der Schleifer am Endanschlag des gesamten mechanischen Einstellwegs entgegen dem Uhrzeigersinn anliegt, und die Winkelstellung (A) ist aufzuzeichnen.

Das Einstellelement ist anschließend so einzustellen, dass der Schleifer am Endanschlag des gesamten mechanischen Einstellwegs im Uhrzeigersinn anliegt, und die Winkelstellung (F) ist aufzuzeichnen.

Der gesamte mechanische Einstellweg berechnet sich aus: Stellung F – Stellung A.

Der berechnete Wert muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

4.4.5 Gesamter elektrischer Einstellweg (siehe Bild 9)

Während das Potentiometer wie für die Messung des Drehwinkels montiert ist, ist eine Spannung, die nicht größer als die in 4.6.1 angegebene Spannung ist, an die Anschlüsse a und c anzulegen.

Das Einstellelement muss ungefähr in die Mitte des gesamten mechanischen Einstellwegs gestellt und die elektrische Stetigkeit überwacht werden, wenn das Einstellelement langsam gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird, bis eine Unterbrechung des Kontaktes zwischen dem Schleifer und dem Widerstandselement auftritt. Die Winkelstellung (B) bei der Unterbrechung ist aufzuzeichnen. Wenn keine Unterbrechung auftritt, ist der Endanschlag des mechanischen Einstellwegs aufzuzeichnen.

Das Einstellelement muss dann wieder ungefähr in die Mitte des gesamten mechanischen Einstellwegs gestellt und die elektrische Stetigkeit überwacht werden, wenn das Einstellelement langsam im Uhrzeigersinn gedreht wird, bis eine Unterbrechung des Kontaktes zwischen dem Schleifer und dem Widerstandselement auftritt. Die Winkelstellung (E) bei der Unterbrechung ist aufzuzeichnen. Wenn keine Unterbrechung auftritt, ist der Endanschlag des mechanischen Einstellwegs aufzuzeichnen.

Der gesamte elektrische Einstellweg berechnet sich aus: Stellung E – Stellung B.

Der berechnete Wert muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

4.4.6 Wirksamer elektrischer Einstellweg (siehe Bild 9)

Während das Potentiometer wie für die Messung des Drehwinkels montiert ist, ist eine Spannung, die nicht größer als die in 4.6.1 angegebene Spannung ist, an die Anschlüsse a und c anzulegen.

Das Einstellelement muss ungefähr in die Mitte des gesamten elektrischen Einstellwegs gestellt und dann langsam gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, bis das Teilverhältnis $\frac{U_{ab}}{U_{ac}}$ innerhalb von $\pm 5\%$ des in der Bauartspezifikation angegebenen Wertes für den kleinsten wirksamen Widerstand liegt, der in % des Gesamtwiderstandswertes angegeben ist. Die Winkelstellung (C) ist dann aufzuzeichnen.

Das Einstellelement muss dann wieder ungefähr in die Mitte des gesamten elektrischen Einstellbereiches gestellt und dann langsam im Uhrzeigersinn gedreht werden, bis das Teilverhältnis $\frac{U_{bc}}{U_{ac}}$ innerhalb von $\pm 5\%$ des in der Bauartspezifikation angegebenen Wertes für den kleinsten wirksamen Widerstand liegt, der in % des Gesamtwiderstandswertes angegeben ist. Die Winkelstellung (D) ist aufzuzeichnen.

ANMERKUNG Falls eine höhere Genauigkeit als die 5%-Toleranz des Teilverhältnisses benötigt wird, kann diese, wie in der Bauartspezifikation angegeben, verkleinert werden.

Der Winkel des elektrisch wirksamen Einstellwegs berechnet sich aus: Stellung D – Stellung C.

Der berechnete Wert muss innerhalb der in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzen liegen.

Der Winkel des unwirksamen Einstellwegs (gegen den Uhrzeigersinn) entspricht dem Weg zwischen Stellung A und Stellung C.

Der Winkel des unwirksamen Einstellwegs (im Uhrzeigersinn) entspricht dem Weg zwischen Stellung F und Stellung D.

Die berechneten Werte müssen kleiner als die in der Bauartspezifikation angegebenen Werte sein.

4.5 Stetigkeit (außer für durchdrehende 360°-Potentiometer)

4.5.1 Das Potentiometer ist so zu belasten, dass während der gesamten Messung kein Bemessungswert überschritten wird. Die Widerstandswertänderung zwischen den Anschlüssen a und b ist zu beobachten, während die Welle oder die Gewindespindel für 2 bis 5 Zyklen/min (siehe 2.2.37) stetig in beide Richtungen betätigt wird.

Die zwischen den Anschlüssen a und b gemessene Widerstandswertänderung muss angemessen gleichmäßig und ohne rückläufige Bereiche erfolgen, wenn die Welle langsam gedreht wird (oder der Schleifer von spindelbetätigten Potentiometern langsam bewegt wird).

Wenn nicht anders festgelegt, dürfen keine elektrischen Unterbrechungen auftreten, wenn der Schleifer über den gesamten elektrischen Einstellweg bewegt wird.

4.5.2 Bei Potentiometern mit Rutschkupplung dürfen an den Enden des Schleiferwegs auch dann keine elektrischen Unterbrechungen auftreten, wenn die Rutschkupplung einsetzt.

4.6 Widerstandswert des Widerstandselements

4.6.1 Die Messung des Widerstandswertes muss erfolgen, nachdem der Schleifer durch Drehung des Einstellelements gegen den Uhrzeigersinn an das Ende des Einstellwegs gebracht wurde (siehe Anmerkung in 4.6.2).

Die Messung des Widerstandswertes muss mit einer niedrigen Gleichspannung durchgeführt werden, die so kurz wie möglich angelegt wird, damit die Temperatur des Widerstandselements während der Messung nicht merklich ansteigt.

Bei sich widersprechenden Messergebnissen, die auf die Messspannung zurückgeführt werden können, muss für Schiedsmessungen die in der Tabelle angegebene Spannung verwendet werden.

Tabelle 2 – Messspannungen

Nennwert des Gesamtwide rstands	Messspannung
<i>R</i>	$V \begin{smallmatrix} +0 \\ -10 \end{smallmatrix} \%$
<10 Ω	0,1 (siehe Anmerkung 1)
10 Ω bis 99 Ω	0,3
100 Ω bis 999 Ω	1
1 000 Ω bis 9 999 Ω	3
10 000 Ω bis 99 999 Ω	10
100 000 Ω bis 999 999 Ω	25
$\geq 1 \text{ M}\Omega$	50
ANMERKUNG 1 Bei einem Nennwert des Gesamtwiderstands kleiner als 10 Ω sollte die Messspannung so gewählt werden, dass das Potentiometer weniger als 10 % seiner Bemessungsverlustleistung abgibt; sie sollte jedoch 0,1 V nicht überschreiten. ANMERKUNG 2 Bei Verwendung eines digitalen Widerstandsmessgerätes, einschließlich Digitalmultimeter, sollten die Messspannungen nach Tabelle 2 Höchstwerte darstellen.	