

Grundpraktikum

Versuchsreihe: Materialwissenschaft

Messen und Größen

B308

Stand: 11.02.2014

Ziel des Versuchs:

Bestimmung der Längen- und Winkelmaße von Prüfkörpern durch mechanisches Prüfen sowie Bestimmung mehrerer Kabelwiderstände durch elektrisches Prüfen.

1	Messfehler	2
2	Mechanisches Prüfen	3
2.1	Messen und Lehren	3
2.2	Messmittel	4
2.3	Messabweichungen	7
3	Elektrisches Prüfen	10
3.1	Messen mit einem Messgerät	10
3.2	Geräte	11
3.2.1	Analoges Messgerät	11
3.2.2	Digitales Messgerät	11
3.2.3	Vergleich: Analoges Messgerät / Digitales Messgerät	12
3.2.4	Güteklasse	12
4	Messungen	13
4.1	Spannungsmessung	13
4.2	Strommessung	13
4.2.1	Praxis-Tipp: Indirekte Strommessung	14
4.3	Widerstandsmessung	14
4.4	Messfehlerschaltungsarten	15
4.4.1	Stromfehlerschaltung	15
4.4.2	Spannungsfehlerschaltung	16
5	Versuchsdurchführung	17
5.1	Mechanisches Prüfen	17
5.2	Elektrisches Prüfen	17
6	Versuchsauswertung	18
6.1	Bestimmung der Messwerte folgender Abbildungen	18
6.2	Mechanisches Prüfen	19
6.3	Elektrisches Prüfen	19
7	Literatur	20
8	Abbildungsverzeichnis	20
9	Tabellenverzeichnis	21

1 Messfehler

Grundsätzlich gilt, wer misst begeht Fehler oder misst Mist. Deshalb kann es eine absolut fehlerfreie Messung nicht geben, da der Messwertaufnehmer den Messwert nur mit einer endlichen Genauigkeit erfassen kann und zudem auch noch den Messwert beeinflusst. Dabei kann in folgende Messfehler unterschieden werden:

- systematische Messfehler
- zufällige Messfehler
- grobe Messfehler
- Messfehler durch die Messmethode
- dynamische Messfehler

Die Ursache des *systematischen Messfehlers* liegt im gewählten Messverfahren, im Messsystem, in den Vergleichsgrößen oder den Gesamtbedingungen. Ein Beispiel ist die klassische Strom- und Spannungsmessung. Schon bei der Wahl des Messmittels und den physikalischen Eigenschaften des Messobjekts kann es zu einem Messfehler von mehreren Prozent kommen.

Zufällige Messfehler sind Fehler oder Abweichungen, die sich nicht reproduzieren lassen. Sie lassen sich nur durch Methoden der Statistik verringern.

Grobe Messfehler entstehen durch Defekte oder ungewöhnliche Störeinflüsse. Er zeichnet sich durch eine Diskontinuität in einer Messreihe aus.

Messfehler durch die Messmethode entsprechen in ihrer Wirkung den systematischen Messfehlern. Die Ursache für den Messfehler ist eindeutig definierbar. Ihr Erscheinen ist jedoch zufällig. Beispielsweise unterschiedliche Ergebnisse bei gleichen Messbedingungen.

Ein *dynamischer Fehler* entsteht bei einem Messvorgang unter Energieaustausch. Dabei kommt es zu Verlusten bei der Energieumwandlung. Beispielsweise wird bei der Temperaturmessung dem Messobjekt Energie entzogen, denn der Messfühler muss auf die gleiche Temperatur aufgeheizt werden wie das Messobjekt. Dabei gleichen sich die Temperaturen aneinander an. So führt die Energieübertragung zu einem Verfälschen des Messwerts. Das bedeutet, bis eine absolute Temperaturgleichheit hergestellt ist, vergeht eine unendlich lange Zeit.

2 Mechanisches Prüfen

Unter **Prüfen** wird das *Messen* und das *Lehren* verstanden.

Durch Prüfen kann festgestellt werden, ob Werkstücke den geforderten Maßen und der geforderten geometrischen Form entsprechen. Die Maße und Formen werden durch Längen und Winkel ausgedrückt.

2.1 Messen und Lehren

Messen ist das Vergleichen einer Länge oder eines Winkels mit einem Messmittel. Der dabei festgestellte Zahlenwert ist das Istmaß.

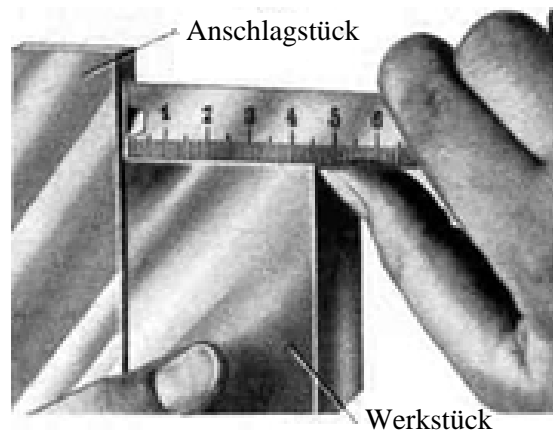


Abbildung 1: Unmittelbares Messen

Beim unmittelbaren (direkten) Messen (siehe Abbildung 1) wird das zu messende Werkstück unmittelbar mit einem Messgerät verglichen, z.B. die Länge eines Werkstückes mit der Strichskala eines Maßstabes.

Durch **Lehren** wird mit Hilfe einer Lehre festgestellt, ob der Prüfgegenstand den gestellten Anforderungen in Bezug auf Größe und Form entspricht. Dabei ergibt sich jedoch kein Zahlenwert. Diese Art der Messung nennt sich mittelbares Messen (siehe Abbildung 2).

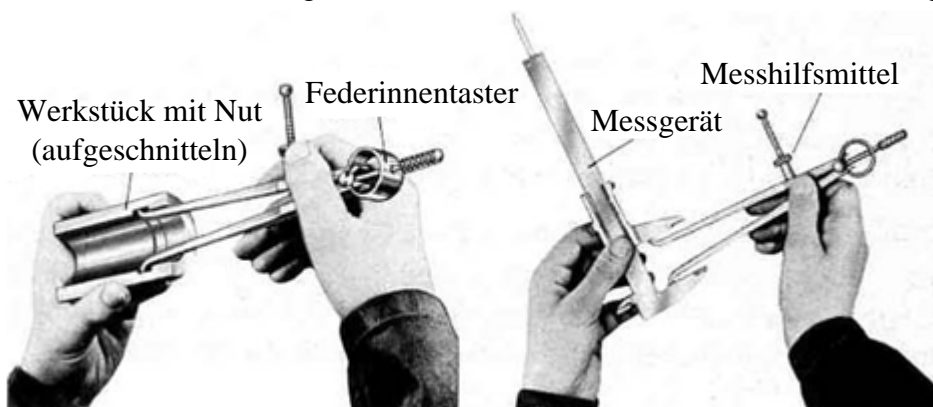


Abbildung 2: Mittelbares Messen

2.2 Messmittel

Es kann in folgende Messmittel unterschieden werden:

- Strichmaßstab
- Rollbandmaß
- Gliedermaßstab
- Taster
- Messschieber
- Bügelschraube

Im Versuch werden der Messschieber und die Bügelschraube genutzt. Dennoch sollen die anderen Messmittel kurz erläutert werden.

Strichmaßstäbe sind einfache Längenmessgeräte (siehe Abbildung 3). Die Messwerte werden direkt, ohne Vergrößerung der Messanzeige, abgelesen. Dadurch kann das Ablesen des Messwerts an scharfen Werkstückkanten auf 0,2 bis 0,3 mm genau erfolgen.

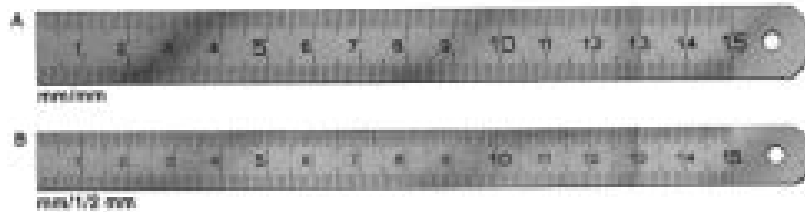


Abbildung 3: Strichmaßstab

Rollbandmäße sind für gröbere Messungen zu verwenden, wenn keine besonderen Genauigkeitsansprüche gestellt werden. Bei diesen Messgeräten sind Fehler bis zu ± 1 mm auf 10 m Länge zulässig. Ein typisches Rollbandmaß ist in Abbildung 4 sichtbar.

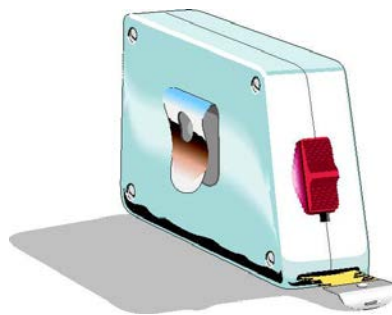


Abbildung 4: Rollbandmaß

Gliedermaßstäbe, gewöhnlich Zollstock genannt (siehe Abbildung 5), werden nach längerem Gebrauch durch lose werdende Gelenke ungenau, wodurch eine Messgenauigkeit von ca. 0,2 mm erzeugt wird.



Abbildung 5: Gliedermaßstab

Taster dienen der mittelbaren Übertragung des Messwertes. Mit ihnen lässt sich der Messwert vom Werkstück auf das Messgerät und umgekehrt die Messgröße vom Messgerät auf das

Werkstück übertragen. Es können mit ihnen Unterschiede von 0,1 mm ertastet werden. Abbildung 6 zeigt links einen Innen- und rechts einen Außentaster.

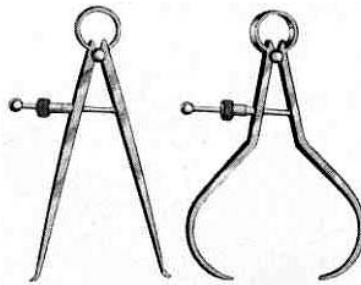


Abbildung 6: Innen- und Außentaster (von links)

Messschieber (siehe Abbildung 7) bestehen aus der Schiene mit Millimereinteilung und einem beweglichen Messschenkel (Schieber) mit dem Nonius. Die Ablesemöglichkeit des Nonius ergibt sich aus dem Unterschied zwischen der Hauptteilung auf der Schiene und der Noniusteilung.

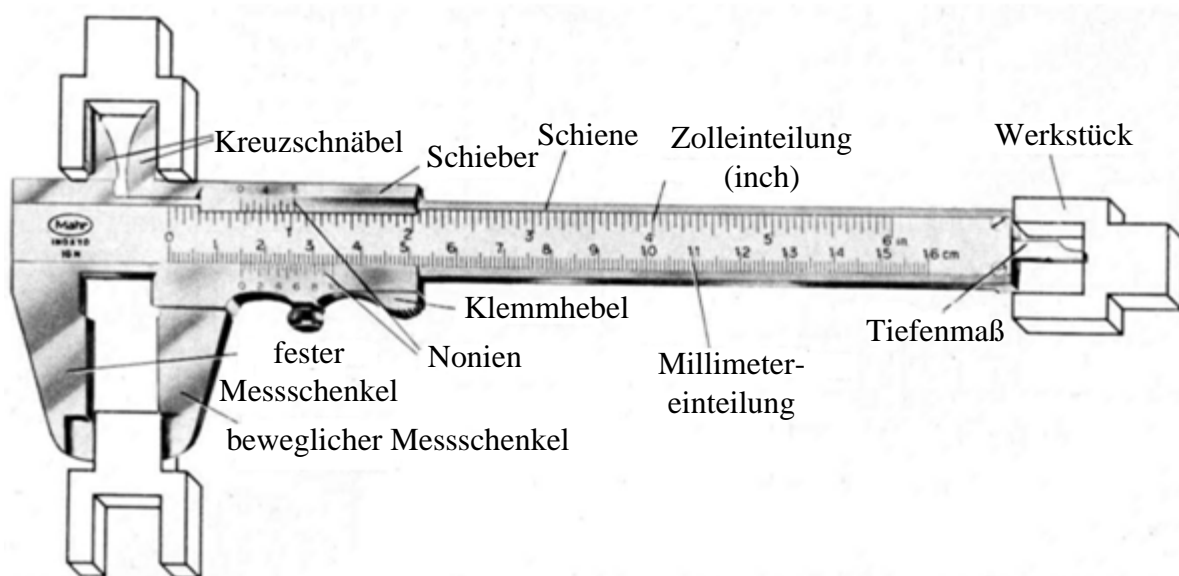


Abbildung 7: Schieblehre

Beim 1/20-Nonius sind 39 mm in 20 Teile geteilt. Dadurch ergibt sich ein Noniuswert von 0,05 mm.

Beim 1/50-Nonius ist die Grenze des Auflösungsvermögens des Auges erreicht. Dies und der Noniuswert von 0,02 mm führen häufig zu Ablesefehlern (vergleiche Abbildung 8).

Anzeige: 81,55 mm Now: 0,05 mm Anzeige: 119,08 mm Now: 0,05 mm

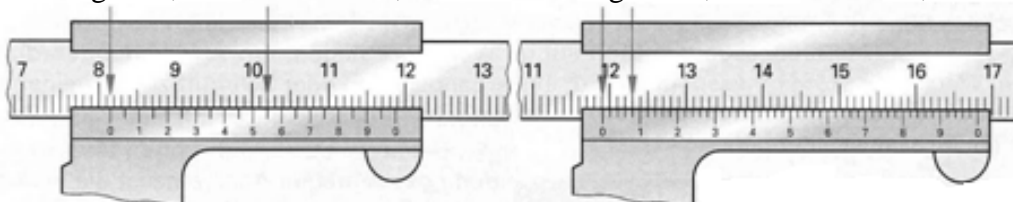


Abbildung 8: Ablesebeispiele bei verschiedenen Nonien

Beim Ablesen wird der Nullstrich des Nonius als Komma betrachtet. Links vom Nullstrich werden auf der Strichskale die vollen Millimeter abgelesen. Anschließend wird rechts ein Teilstrich des Nonius gesucht, der sich am deutlichsten mit einem Teilstrich der Strichskale

deckt. Die Anzahl der Teilstriche gibt dann je Nonius die Zwanzigstel- oder Fünfzigstel-Millimeter an.

Abbildung 9 veranschaulicht die richtige Handhabung mit einem Messschieber.

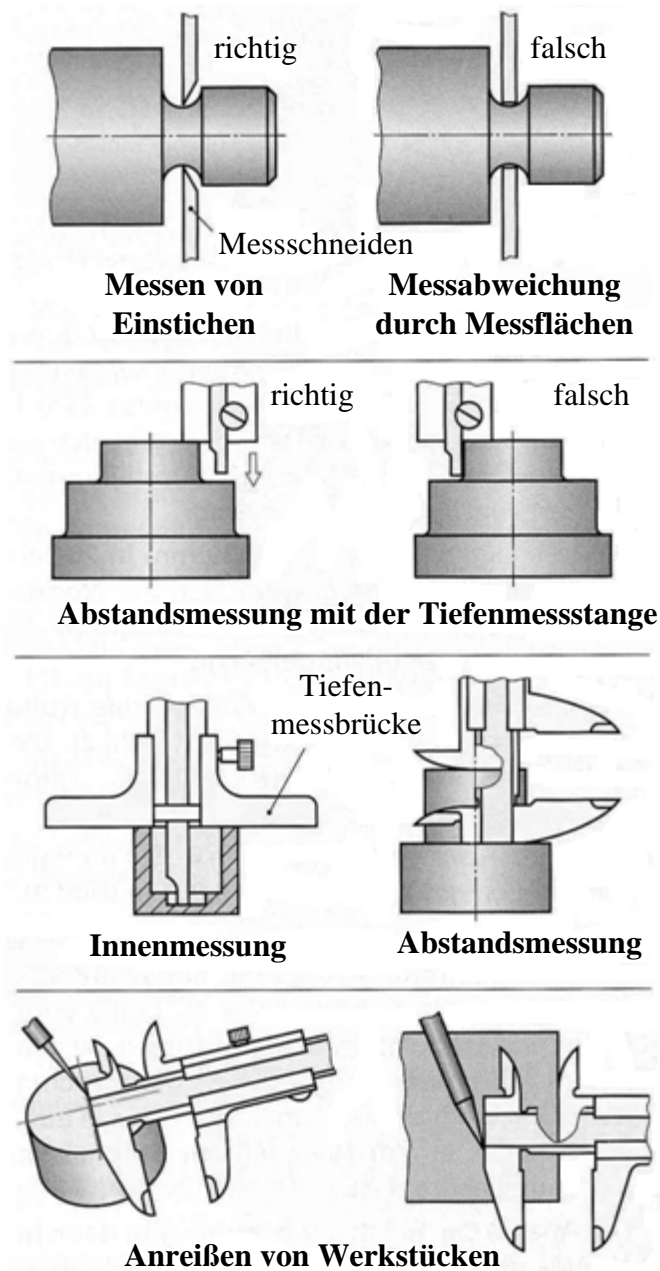


Abbildung 9: Handhabung von Messschiebern

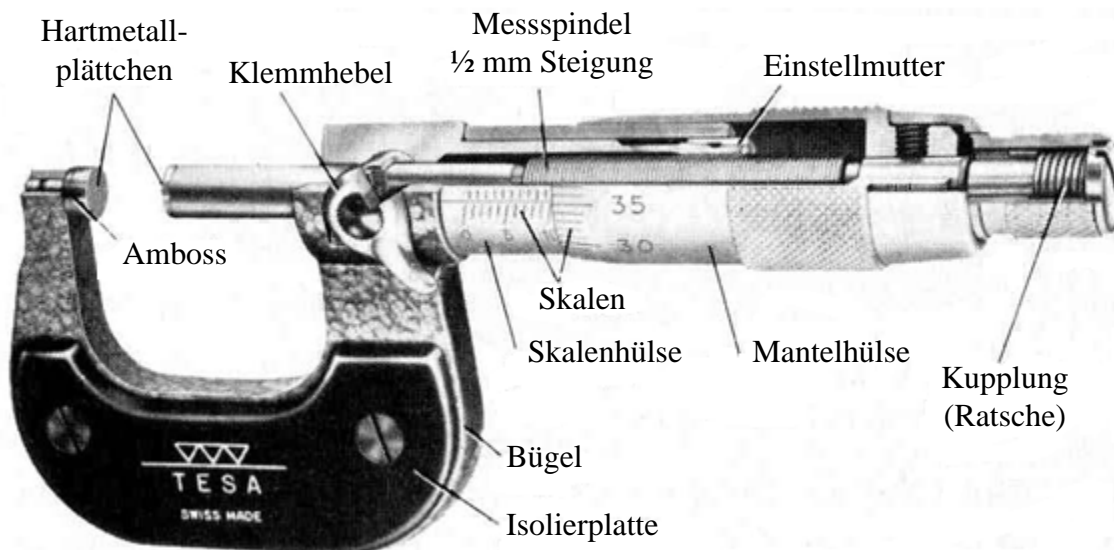


Abbildung 10: Schnittbild der Messschraube

Abbildung 10 zeigt eine typische *Messschraube*. Dabei ist das wichtigste Teil der mechanischen Bügelmessschraube die geschliffene Messspindel. Sie gibt durch ihre Gewindesteigung das Maß 0,5 mm vor. Wird die Skalentrommel um einen der 50 Teilstriche gedreht, verschiebt sich die Messspindel um 0,01 mm. Somit werden die Hundertstel-Millimeter auf der Skalentrommel abgelesen. Abbildung 11 veranschaulicht dies durch drei Ablesebeispiele.

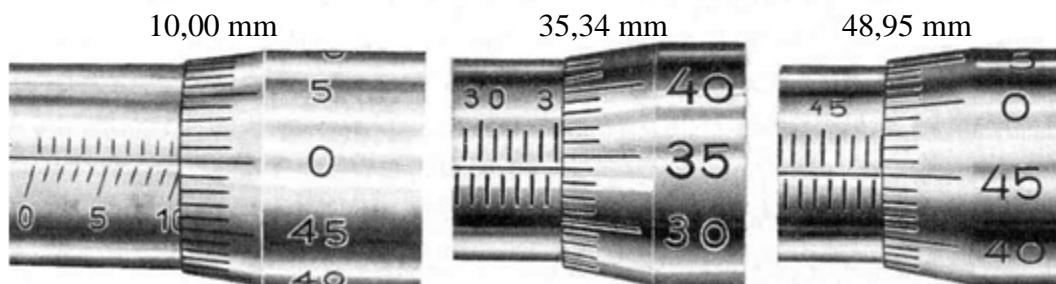
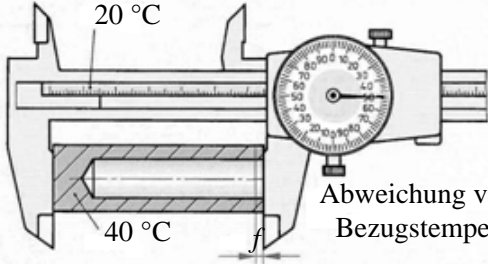
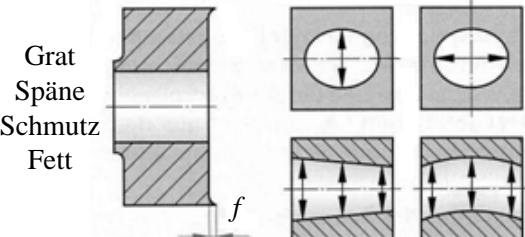
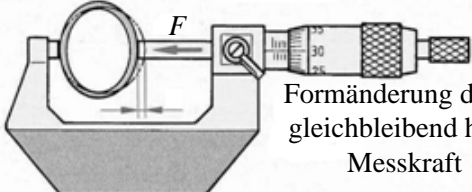

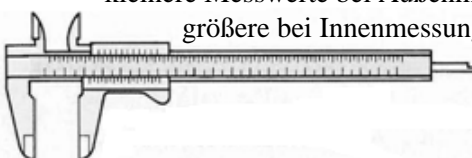
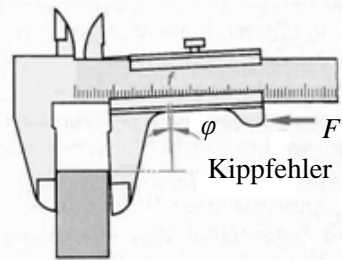
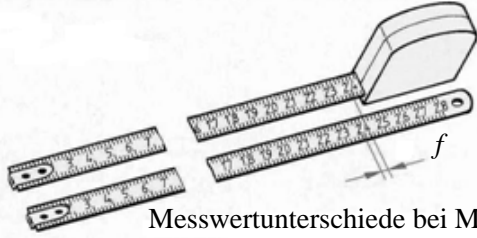

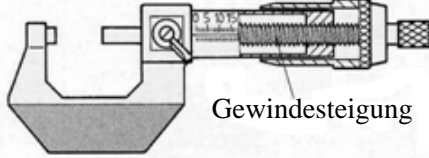
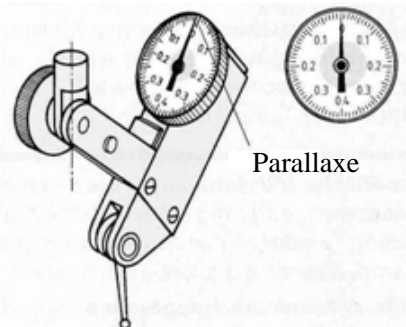
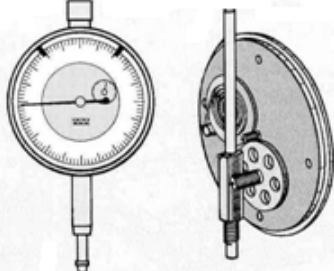


Abbildung 11: Ablesebeispiele

2.3 Messabweichungen

Bei jedem Messvorgang ist das Messergebnis (der Messwert) etwas größer oder kleiner als das Istmaß des Werkstückes. Diese Abweichung wird als die Unsicherheit der Messung bezeichnet. Grundsätzlich kann in systematische und zufällige Messabweichungen unterschieden werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Gegenüberstellung von systematischen und zufälligen Messabweichungen

Systematische Messabweichungen	Zufällige Messabweichungen
 <p>Abweichung von der Bezugstemperatur</p> <p>zu großer Messwert durch zu hohe Werkstücktemperatur</p>	 <p>Unsicherheiten durch unsaubere Flächen und Formabweichungen</p>
 <p>Formänderung durch gleichbleibend hohe Messkraft</p> <p>zu kleiner Messwert durch den Einfluss der Messkraft</p>	 <p>Formänderung durch Messkraftschwankung bei ungleichmäßigem „Andrehen“ der Messspindel</p> <p>Messwertstreuung durch Messkraftschwankung</p>
 <p>Messabweichungen durch Abnutzung der Messflächen</p>	 <p>„Kippfehler“ in Abhängigkeit von Messkraft und Führungsspiel</p>
 <p>Messwertunterschiede bei Maßstäben</p>	 <p>unsicheres Ansetzen des Messschiebers bei Innenmessungen</p>
 <p>Gewindesteigung</p> <p>Einfluss von Steigungsabweichungen auf die Messwerte</p>	 <p>Parallaxe</p> <p>Ablesefehler durch schrägen Blickwinkel (Parallaxe)</p>
 <p>ungleichmäßige Übertragung der Messbolzenbewegung</p> <p>Kleine Abweichungen der Übersetzung bewirken, dass je nach der Position des Messbolzens die Anzeige messbar abweicht.</p>	

Systematische Messabweichungen machen den Messwert unrichtig. Wenn Größe und Vorzeichen (+ oder -) der Abweichung bekannt sind, können sie ausgeglichen werden.

Zufällige Messabweichungen machen den Messwert unsicher. Unbekannte, zufällige Abweichungen sind nicht ausgleichbar. Hierzu zählt beispielsweise die Parallaxe. Dabei wird eine Messabweichung durch eine falsche Blickrichtung beim Ablesen von Messwerten herbeigeführt (siehe Abbildung 12).

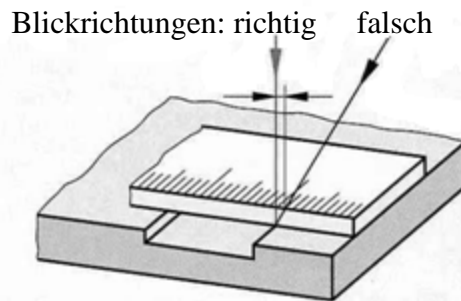


Abbildung 12: Messabweichung durch Parallaxe

Darüber hinaus gibt es Messabweichungen durch die Temperatur (siehe Abbildung 13). Dabei kann sich die Länge sowohl vergrößern als auch verkleinern. Dennoch sollen Werkstücke, Messgeräte und Lehren bei einer Bezugstemperatur von 20 °C innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen liegen.

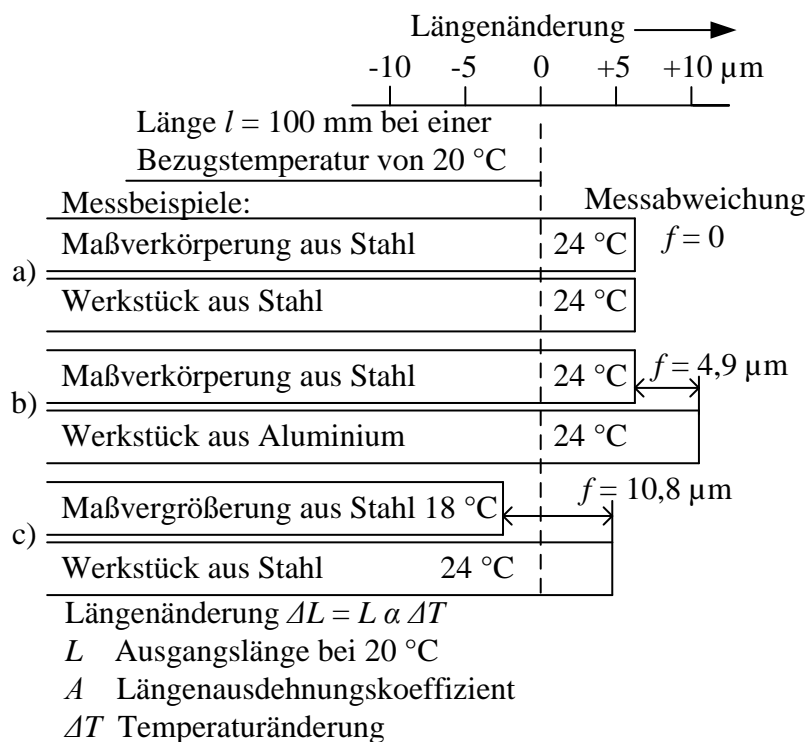


Abbildung 13: Messabweichung durch die Temperatur

3 Elektrisches Prüfen

3.1 Messen mit einem Messgerät

Da Messgeräte empfindlich sind und stets eine korrekte Funktionsweise erwartet wird, sollten beim Gebrauch einige Grundregeln beachtet werden.

- Einstellen der richtigen Messart:
Bei der Strommessung hat das Messgerät nur einen sehr kleinen Innenwiderstand. Wird mit dieser Einstellung eine Spannung gemessen, zerstört dies das Messwerk.
- Einstellen der richtigen Polarität bei Gleichspannung und -strom:
Ist die Polung einer Spannung oder eines Stroms nicht bekannt, dann sollte der Messpunkt nur kurz mit der Messspitze angetippt werden. Auf diese Weise lässt sich ermitteln wie der Strom oder die Spannung tatsächlich gepolt ist. Schlägt der Zeiger vom Nullpunkt nach links aus, dann müssen die Messleitungen vertauscht werden. Schlägt der Zeiger vom Nullpunkt nach rechts aus, dann ist das Messgerät richtig gepolt.
- Spannungsfreier Zustand bei Widerstandsmessungen
Widerstände dürfen nur im spannungsfreien und stromlosen Zustand gemessen werden. Ansonsten wird das Messgerät beschädigt oder zerstört! Auch die Schaltung, in der der Widerstand eingebaut ist, kann Schaden nehmen. Insbesondere, weil das Messgerät bei der Widerstandsmessung einen Strom liefert.
- Verwenden fehlerfreier Messleitungen
Ist die Isolierung von Messleitungen beschädigt, müssen sie ausgetauscht werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Kurzschlüsse und ungewollte elektrische Kontakte entstehen. Auch auf die Stecker sollte geachtet werden. Korrodierte Stecker führen zu Übergangswiderständen und damit zu falschen Messergebnissen. Insbesondere beim Messen der Netzspannung sollte ein Augenmerk auf schadhafte Messleitungen und -stecker gegeben werden. Schon allein zum eigenen Schutz. Sind sie beschädigt, sollten sie nicht mehr verwendet, sondern sofort ausgetauscht werden!
- Vorsichtiges Verwenden der Netzspannung
Scheinbar banal, aber ein lebensrettender Hinweis: Beim Messen der Netzspannung dürfen die Messstecker und Messspitzen nur am isolierten Teil angefasst werden. Ansonsten besteht Lebensgefahr.
- Wahl des größten Messbereichs
Um das Messgerät vor zu großen Spannungen oder Strömen zu schützen, muss am Anfang immer der größte Messbereich eingestellt sein. Ist er für das Ablesen des Messwerts zu groß, kann er schrittweise verringert werden.
- Ablesen im oberen Messbereichsdrittel
Bei analogen Messgeräten muss der Messbereich so eingestellt sein, dass sich der Zeiger im oberen Drittel der Messskala befindet. In diesem Bereich ist die Anzeige des Messergebnisses am genauesten.
- Richtiges Einstellen nach der Benutzung
Nach der Benutzung sollte jedes Messgerät auf den höchsten Wechselspannungsbereich eingestellt werden. Dies wird deshalb gemacht, damit der Nächste, der messen will und nicht weiß, wie er mit dem Messgerät umzugehen hat, möglichst keinen Schaden anrichten kann. Im höchsten Spannungsbereich hält das Messgerät am meisten Spannung aus. Wechselspannung deshalb, weil Gleichspannung daran nichts ausmacht. Wechselspannung am Gleichspannungsmessbereich aber schon. Auch führt eine Strommessung am Spannungsmesskreis (hoher Innenwiderstand = kleiner Stromfluss) keinen Schaden an. Der

Strommesskreis (kleiner Innenwiderstand = großer Stromfluss) kann beim Messen einer Spannung dagegen Schaden nehmen.

3.2 Geräte

3.2.1 Analoges Messgerät



Abbildung 14: Analoges Messgerät (pm-2505)

Analoge Messgeräte (siehe Abbildung 14) wandeln den Messwert in einen Zeigerausschlag auf einer Skala um. Mit Hilfe der Skala kann der Messwert abgelesen werden.

Die Messung ist analog, weil der Zeigerausschlag sich kontinuierlich zu den zu messenden Größen ändert.

3.2.2 Digitales Messgerät



Abbildung 15: Digitale Messgeräte (Fluke 175, Metex M-3610, von links)

Digitale Messgeräte (siehe Abbildung 15) sind aus digitalen Schaltungen aufgebaut. Der Messwert wird dann durch eine Sieben-Segment-Anzeige oder ein LCD angezeigt. Ein digitales Messgerät zeichnet sich durch einen hohen Eingangswiderstand aus. Ablesefehler sind weitgehend ausgeschlossen. Auf die Polarität muss nicht geachtet werden. Digitale Messgeräte wandeln den Messwert in einen Zahlenwert um und geben das Messergebnis als digitale Ziffernfolge an.

3.2.3 Vergleich: Analoges Messgerät / Digitales Messgerät

Tabelle 2 listet die Vor- und Nachteile der analogen und digitalen Messgeräte auf.

Tabelle 2: Vor- und Nachteile von analogen und digitalen Messgeräten

Messung	Analoges Messgerät	Digitales Messgerät
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Überwachung von kleinsten Messgrößenänderungen • Feststellen von schwankenden Messgrößen • Feststellen des Spannungszustands • Leichtes Ablesen von Messwertänderungen • besseres Beobachten von pulsierenden Spannungen (bis 40 kHz) • Leichteres und schnelleres Ablesen aus der Ferne 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Eingangsspannungsbereich und dadurch geringe Beeinflussung der Schaltung und der Messung • Kaum Ablesefehler möglich • Automatische Polaritätserkennung und -anzeige • Automatische Messbereichserkennung • Kein Null-Abgleich bei der Ohm-Messung erforderlich • Weniger empfindlich • Billiger in der Herstellung wegen geringerem mechanischem Anteil
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Ablesefehler durch Parallaxe • Manuelle Messbereichsänderung • Zuordnung von Messbereich und Skala muss beachtet werden • Empfindliche Messwerke, z.B. durch magnetische Felder • mögliche Beeinflussung der Schaltung sowie der Messung durch den Eingangswiderstand • Gefahr für das Messwerk bei Ignorieren des Messbereichs • kein Überlastschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsspannung für Display notwendig • Kurzzeitig hohe Spannungsimpulse können das Messwerk zerstören • Ungenaue Wechselspannungsmesswerte bei höheren Frequenzen

3.2.4 Güteklasse

Die Klassenangabe steht als Zahl auf der Skala und gibt den zulässigen Anzeigefehler in Prozent vom Messbereichsendwert an (vergleiche Tabelle 3).

Tabelle 3: Messinstrumente mit zugehörigen Fehlern

Messinstrument	Klasse	Anzeigefehler
Feinmessinstrument	0,1	$\pm 0,1 \%$
	0,2	$\pm 0,2 \%$
	0,5	$\pm 0,5 \%$
Betriebsmessinstrumente	1,0	$\pm 1,0 \%$
	1,5	$\pm 1,5 \%$
	2,5	$\pm 2,5 \%$
	5,0	$\pm 5,0 \%$

In Anbetracht des Messergebnisses muss die Messung immer kritisch betrachtet werden. Bei einer falsch durchgeführten Messung können allerlei Werte gemessen werden. Das bedeutet, Messergebnisse müssen immer richtig interpretiert werden.

4 Messungen

4.1 Spannungsmessung

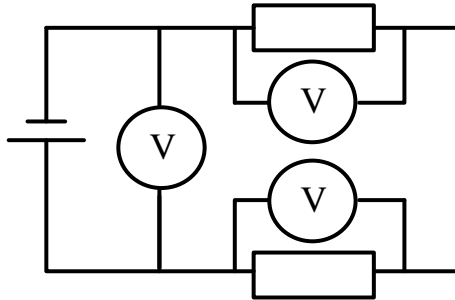


Abbildung 16: Spannungsmessung

Ein Spannungsmessgerät (mit V gekennzeichnet) wird immer parallel zum Verbraucher, Bauelement oder zur Spannungsquelle angeschlossen (siehe Abbildung 16). Bei der Messung an der Spannungsquelle wird der momentane Spannungswert gemessen. Am Verbraucher wird der Spannungsabfall an diesem Bauelement gemessen. Das ist die Teilspannung von der Gesamtspannung der Spannungsquelle. Um die zu messende Schaltung nicht zu beeinflussen, sollte der Innenwiderstand des Spannungsmessgeräts möglichst hochohmig sein. Ideal wäre ein unendlich hoher Innenwiderstand.

Beim Messen mit dem Spannungsmessgerät sind die folgenden Hinweise zu beachten:

- Auswahl der richtigen Spannungsart (AC/DC)
- Bei Gleichspannung (DC): Beachtung der Polarität
- Einstellen des richtigen Messbereichs
- Bei unbekannten Messwerten: Einstellen des größten Messbereichs; langsames Regulieren in die niedrigeren Messbereiche
- Einstellen des Messbereichs, so dass der Zeigerausschlag im letzten Drittel abgelesen werden kann

Diese Hinweise gelten in der Regel nur bei analogen Messgeräten. Digitale Multimeter stellen diese Werte automatisch ein. Sie müssen nur auf Spannungsmessung eingestellt sein.

4.2 Strommessung

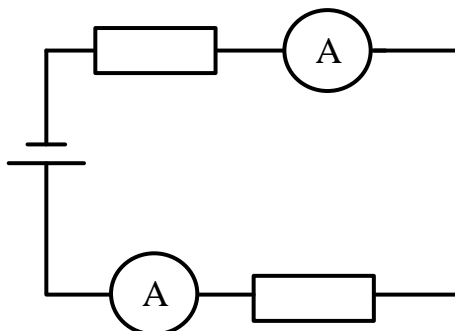


Abbildung 17: Strommessung

Das Strommessgerät (mit A gekennzeichnet) wird immer in Reihe zum Verbraucher angeschlossen (siehe Abbildung 17). Um das Messgerät in den Stromkreis einfügen zu können, muss die Leitung des Stromkreises aufgetrennt werden. Während der Messung muss der Strom durch das Messgerät fließen. Der Innenwiderstand des Messgeräts sollte möglichst niederohmig sein, um den Stromkreis nicht zu beeinflussen. Ideal wäre ein Innenwiderstand von 0 Ohm.

Beim Messen mit einem Strommessgerät sind folgende Hinweise zu beachten:

- Auswahl der richtigen Stromart (AC/DC)
- Bei Gleichstrom (DC): Beachtung der Polarität
- Einstellen des richtigen Messbereichs
- Bei unbekannten Messwerten: Einstellen des größten Messbereichs; langsames Regulieren in die niedrigeren Messbereiche
- Auftrennung des Stromkreises
- Schaltung des Strommessers in Reihe zu den stromführenden Bauteilen
- Einstellen des Messbereichs, so dass der Zeigerausschlag im letzten Drittel abgelesen werden kann

4.2.1 Praxis-Tipp: Indirekte Strommessung

Ist der Stromkreis nur schwer zugänglich oder darf nicht aufgetrennt werden, so ist die Spannung an einem bekannten Widerstand im Stromkreis zu messen. Danach kann mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes der Strom berechnet werden (siehe Formel (1)).

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

4.3 Widerstandsmessung

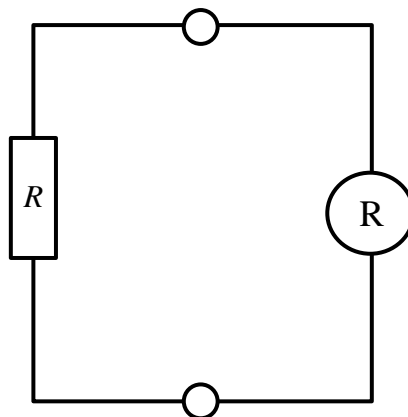


Abbildung 18: Widerstandsmessung

Es gibt mehrere Methoden, um einen Widerstandswert zu ermitteln. Es wird zwischen der *indirekten* und *direkten* Widerstandsmessung unterschieden.

Die *direkte* Widerstandsmessung ist die übliche Messmethode mit einem Messgerät (mit R gekennzeichnet), bei der der Widerstandswert abgelesen werden kann oder angezeigt wird. Der Wert des Ohmschen Widerstandes wird am besten mit einem digitalen Vielfachmessgerät (Multimeter) ermittelt, um Ablesefehler und Ungenauigkeiten zu vermeiden (vergleiche Abbildung 18).

Die *indirekte* Widerstandsmessung ist eine Messung mit anschließender Berechnung. Dabei muss die am Widerstand anliegende Spannung U und der durch den Widerstand fließende Strom I gleichzeitig gemessen werden (siehe Abbildung 19). Aus beiden Messergebnissen kann mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes (siehe Formel (1)) der Widerstandswert berechnet werden.

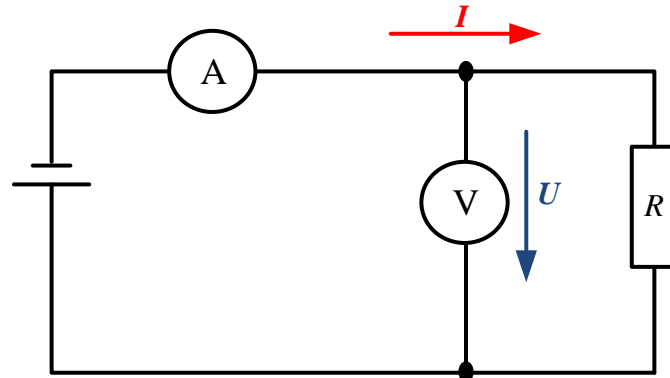


Abbildung 19: Indirekte Widerstandsmessung

4.4 Messfehlerschaltungsarten

Bei der indirekten Widerstandsmessung mit Strom- und Spannungsmessgerät wird das Ohmsche Gesetz genutzt (siehe Formel (1)). Dabei kann aus gemessenem Strom- und Spannungswert der unbekannte Widerstand berechnet werden. Weil das Messergebnis durch den Innenwiderstand des Strom- und Spannungsmessgerätes verfälscht wird, kann je nach Größe des unbekannten Widerstands eine Messschaltung ausgewählt werden.

4.4.1 Stromfehlerschaltung

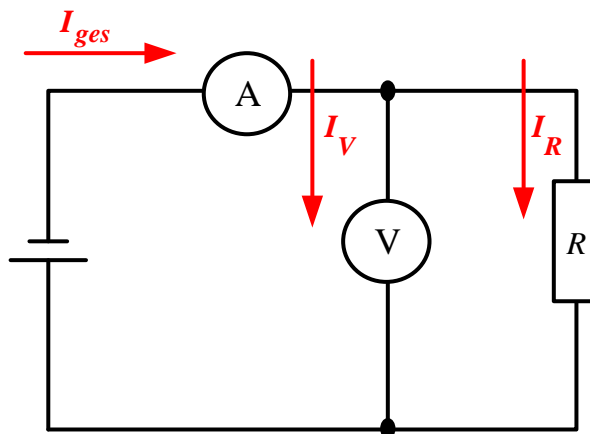


Abbildung 20: Stromfehlerschaltung

Eine Stromfehlerschaltung ist eine Parallelschaltung aus Spannungsmesser und dem zu messenden Widerstand (siehe Abbildung 20). Durch den Spannungsmesser fließt ein Strom I_V . Dieser verfälscht den zu messenden Strom I_R , der durch den zu messenden Widerstand fließt. Der Strom I_{ges} ist um den Strom I_V , der durch den Spannungsmesser fließt, zu groß (siehe Formel (2)).

$$I_{ges} = I_V + I_R \quad (2)$$

Die Stromfehlerschaltung eignet sich nur zur Widerstandsmessung an kleinen Widerständen, bei denen der Strom durch den Innenwiderstand des Spannungsmessers die Messung sehr wenig beeinflusst (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Messung mit $R = 220 \, \Omega$

U in Volt	I in mA	R in Ω (berechnet)	
		Stromfehlerschaltung	Spannungsfehlerschaltung
20	90	222	222
0,2	0,91	220	333

4.4.2 Spannungsfehlerschaltung

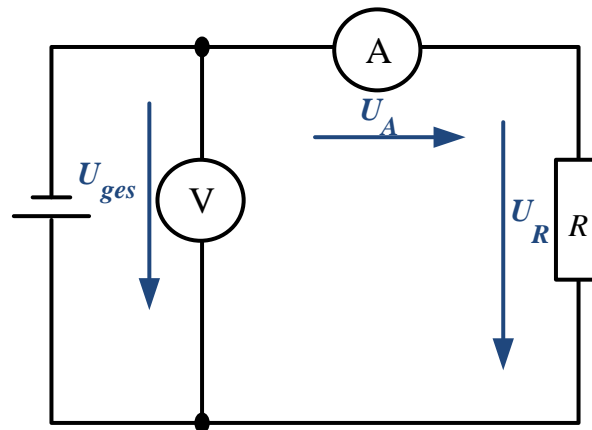


Abbildung 21: Spannungsfehlerschaltung

Bei der Spannungsfehlerschaltung entsteht ein Spannungsteiler aus Innenwiderstand des Strommessgerätes und dem zu messenden Widerstand (siehe Abbildung 21). Der Spannungsabfall am Strommessgerät U_A verfälscht die Spannungsmessung. Die gemessene Spannung U_{ges} ist um die Spannung U_A zu groß (siehe Formel (3)).

$$U_{ges} = U_A + U_R \quad (3)$$

Die Spannungsfehlerschaltung eignet sich nur für Messungen an großen Widerständen, bei denen der Spannungsabfall am Innenwiderstand des Strommessers die Messung sehr wenig beeinflusst (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Messung mit $R = 10 \, k\Omega$

U in Volt	I in mA	R in Ω (berechnet)	
		Stromfehlerschaltung	Spannungsfehlerschaltung
20	2,4	8333	10000
0,2	0,024	8333	10000

5 Versuchsdurchführung

5.1 Mechanisches Prüfen

Bestimmen Sie Maß 1 bis 4 laut Abbildung 22 sowie die eingezeichneten Winkel der vier Probenkörper. Für die Längenmessung soll jeweils ein Wert mit Messschieber, Uhrmessschieber und Messschraube ermittelt werden. Für die Winkelmessung stehen ein Gradmesser und ein Universalgradmesser zur Verfügung.

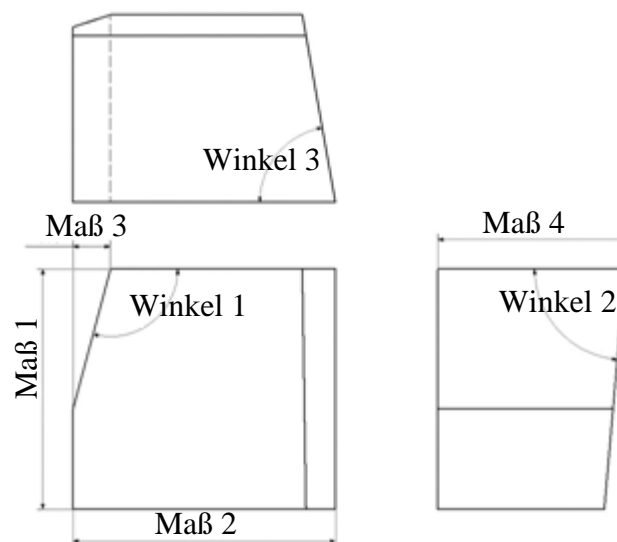


Abbildung 22: Schematische Darstellung des Probenkörpers

Notieren Sie sich die Referenzwerte der Probenkörper. Diese werden durch den Betreuer zur Verfügung gestellt.

5.2 Elektrisches Prüfen

Im Versuch stehen drei Kupferkabel mit unterschiedlichem Durchmesser zur Verfügung (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Werte der Kupferkabel

Kabel	Länge l [m]	Querschnitt A [mm ²]	spez. Widerstand ρ [Ω mm ² /m]
1	100	1,50	0,01678
2	100	1,00	0,01678
3	100	0,75	0,01678

Messen Sie nun die Kabelwiderstände mittels dreier Fehlerschaltungen aus. Hierfür wird eine Spannungsfehlerschaltung im Amperebereich (vgl. Abbildung 21), eine Spannungsfehlerschaltung im Milliamperebereich (siehe Abbildung 23) und eine Stromfehlerschaltung (siehe Abbildung 20) genutzt.

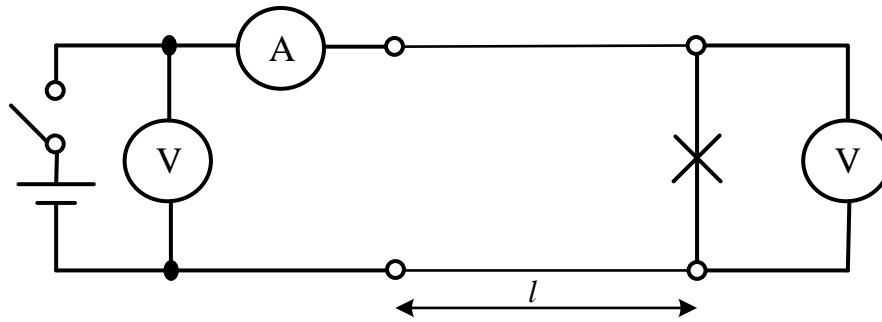


Abbildung 23: Spannungsfehlerschaltung dieses Versuchs

6 Versuchsauswertung

6.1 Bestimmung der Messwerte folgender Abbildungen

Tragen Sie die fehlenden Werte in die vorgegebenen Abbildungen ein.

Nonius	Einstellung	Ablesung
1/10		=
1/20		=
1/50		=
Zoll		=

Abbildung 24: Aufgabe 1: Ablesung der Nonien

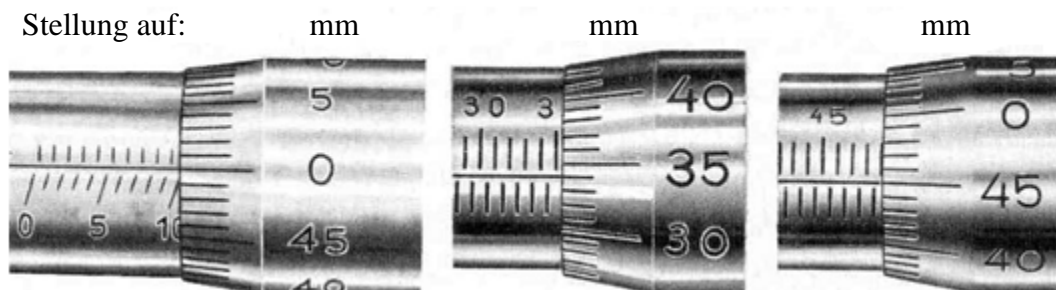


Abbildung 25: Aufgabe 2: Ablesung an der Messschraube

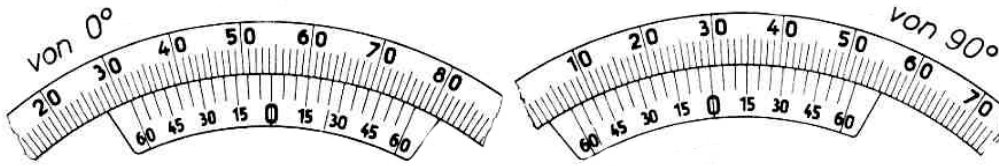


Abbildung 26: Aufgabe 3: Ablesung an Winkelmessern

6.2 Mechanisches Prüfen

Überlegen Sie sich geeignete Ablesungenauigkeiten der Messmittel. Tragen Sie Ihre Messergebnisse in sinnvolle Tabellen ein und ermitteln Sie die relativen Fehler. Vergleichen Sie darüber hinaus die gemessenen Werte mit den Referenzwerten und erläutern Sie mögliche Abweichungen.

6.3 Elektrisches Prüfen

Bestimmen Sie zunächst die theoretischen Kabelwiderstände mittels Formel (4).

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (4)$$

Ermitteln Sie danach die Kabelwiderstände aus den Messwerten. Berücksichtigen Sie hierbei den Einfluss der gemachten Fehler. Berechnen Sie darüber hinaus den Fehler der Kabelwiderstände mittels Fehlerfortpflanzung (siehe Formel (5)).

$$\Delta x = \sum \left| \frac{\delta x}{\delta x_i} \right| \cdot \Delta x_i \quad (5)$$

Vergleichen Sie nun die theoretisch ermittelten Kabelwiderstände mit den aus den Messergebnissen bestimmten. Überlegen Sie des Weiteren welche Fehlerschaltung im Versuch sinnvollere Ergebnisse ergab und weshalb.

7 Literatur

- [1] Fachkunde Metall, Handwerk und Technik
- [2] Fachkunde Metall, Europa Lehrmittel
- [3] Fachkunde für metallverarbeitende Berufe, Europa Lehrmittel
- [4] Elektronik-Fibel 5. Auflage (www.elektronik-kompodium.de)

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unmittelbares Messen	3
Abbildung 2: Mittelbares Messen.....	3
Abbildung 3: Strichmaßstab.....	4
Abbildung 4: Rollbandmaß	4
Abbildung 5: Gliedemaßstab.....	4
Abbildung 6: Innen- und Außentaster (von links).....	5
Abbildung 7: Schieblehre.....	5
Abbildung 8: Ablesebeispiele bei verschiedenen Nonien	5
Abbildung 9: Handhabung von Messschiebern.....	6
Abbildung 10: Schnittbild der Messschraube	7
Abbildung 11: Ablesebeispiele	7
Abbildung 12: Messabweichung durch Parallaxe.....	9
Abbildung 13: Messabweichung durch die Temperatur	9
Abbildung 14: Analoges Messgerät (pm-2505)	11
Abbildung 15: Digitale Messgeräte (Fluke 175, Metex M-3610, von links).....	11
Abbildung 16: Spannungsmessung	13
Abbildung 17: Strommessung	13
Abbildung 18: Widerstandsmessung	14
Abbildung 19: Indirekte Widerstandsmessung.....	15
Abbildung 20: Stromfehlerschaltung.....	15
Abbildung 21: Spannungsfehlerschaltung	16
Abbildung 22: Schematische Darstellung des Probenkörpers	17
Abbildung 23: Spannungsfehlerschaltung dieses Versuchs.....	18
Abbildung 24: Aufgabe 1: Ablesung der Nonien	18
Abbildung 25: Aufgabe 2: Ablesung an der Messschraube.....	18
Abbildung 26: Aufgabe 3: Ablesung an Winkelmessern	19

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung von systematischen und zufälligen Messabweichungen	8
Tabelle 2: Vor- und Nachteile von analogen und digitalen Messgeräten	12
Tabelle 3: Messinstrumente mit zugehörigen Fehlern	12
Tabelle 4: Messung mit $R = 220\ \Omega$	16
Tabelle 5: Messung mit $R = 10\ \text{k}\Omega$	16
Tabelle 6: Werte der Kupferkabel	17