Hinweise zum Extrapolieren (Versuche 109, 202, 300)

Bei vielen physikalischen Experimenten wird das (End-) Messergebnis von Größen mitbestimmt, die in einer einfachen Beschreibung nicht auftauchen (z.B. Temperatur, Luftdruck, Wochentag, Laune des Experimentators,....). Das bedeutet, dass ein korrektes Ergebnis nur dann entsteht, wenn Versuchsbedingungen realisiert werden, bei denen entweder die Größen selbst verschwinden oder der Einfluss dieser Größen Null beträgt. Solche Versuchsbedingungen sind selten ideal zugänglich (exotische Temperaturen oder Drücke, Praktikum am Sonntag). Um nun den Einfluss störender Größen zu eliminieren, gibt es prinzipiell verschiedene Wege:

1. Man erstelle eine genaue quantitative Theorie, die die fraglichen Größen mit ein-schließt (wünschenswert, aber oft nicht möglich, wenn einem beim besten Willen nichts einfällt, wie z.B. beim Einfluss des Wochentages).

2. Man denke sich eine physikalisch sinnvolle und plausible qualitative (funktionelle) Abhängigkeit aus, mit der man den Einfluss der jeweiligen Größe beschreiben könnte. Dazu gehört die Überlegung, bei welchem Wert der Einflussgröße ihre Wirkung verschwindet. Von einer solchen Abhängigkeit sollte zumindest der Experimentator überzeugt sein (z.B. lineares Ansteigen mit der Temperatur oder dem Druck, exponentielles Abfallen mit dem Wochentag). Jetzt geht man wie folgt vor:

   a) Man messe die Einflussgröße stets mit, verändere sie systematisch und registriere in Abhängigkeit davon das Messergebnis (Temperatur- oder Druckabhängigkeit, man mache den Versuch am Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag, Sonnabend)

   b) Man extrapoliere aus der aufgenommenen Abhängigkeit des Messergebnisses von der Einflussgröße auf den wahren Messwert, d.h. auf das Ergebnis bei demjenigen Wert der Einflussgröße, für den ihre Wirkung verschwindet (z.B. Extrapolation auf bestimmte Temperatur- oder Druckwerte, Extrapolation auf den Sonntag).

Versuch 109:

Bestimmung eines korrigierten Wertes für die Viskosität η

1. Welches sind die störenden Einflußgrößen?
   Das Fallrohr (Radius R) ist zu klein, bzw. die Kugeln (Radius r) sind zu groß.

2. Kann ich die Größe der Störung quantitativ erfassen, d.h. habe ich ein Maß dafür?
   Ja, das Maß dafür ist das Verhältnis der Radien r/R.

3. Könnte ich sie variieren?
   R ist konstant, aber Messungen mit unterschiedlichen Kugelradien r sind möglich.

4. Wann verschwindet der Einfluss der störenden Größe?
   Wenn $r = 0$ ist.

5. Wie könnte die funktionelle Abhängigkeit $\eta(r)$ lauten?
   Die Abhängigkeit ist näherungsweise linear.

Konsequenzen für Versuchsdurchführung und Auswertung

Wir führen den Versuch mit Kugeln unterschiedlicher Radien (1…6 mm) durch. Es ergeben sich unterschiedliche η-Werte (je größer *r* desto größer auch η). Die Wertepaare $(r; \eta)$ tragen wir in ein Diagramm ein, legen eine Ausgleichsgerade durch alle Messpunkte und verlängern diese in Richtung $r = 0$. Der Schnittpunkt mit der η-Achse ist unser korrigiertes Ergebnis.

Versuch 202:

Einfluss des schädlichen Volumens (Zusatzaufgabe)

1. Welches ist die störende Einflussgröße?
   Das schädliche Volumen.

2. Könnte ich sie quantitativ erfassen, d.h. habe ich ein Maß dafür?
   Ja, das Maß dafür ist der Quecksilberstand im rechten Schenkel (Messmarke M).

3. Könnte ich sie variieren?
   Ja, Messungen bei unterschiedlichem Quecksilberstand sind möglich.

4. Wann verschwindet der Einfluss der störenden Größe?
   Wenn das Volumen selbst Null ist. Dies wäre der Fall etwa bei der Marke 300...310.

5. Wie könnte die funktionelle Abhängigkeit der Messgröße (hier: Höhendifferenzen) vom Maß des schädlichen Volumens lauten?
   Eine lineare Abhängigkeit wäre denkbar (etwas Besseres fällt uns nicht ein).

Konsequenzen für Versuchsdurchführung und Auswertung

Wir messen die Höhendifferenzen in Abhängigkeit vom Quecksilberstand im rechten Schenkel (Marke M; ca. 5 ... 8 Stellungen) und dies für alle drei Temperaturen.
Wir tragen nun die Höhendifferenzen in Abhängigkeit von M grafisch auf und extrapolieren linear bis zu jener Marke M, für die das schädliche Volumen Null ist. Die gefundenen neuen (wahren) Höhendifferenzen setzen wir in die Gleichungen zur Berechnung der Temperaturen ein. Mit diesem Vorgehen ist die Korrektur bzgl. des schädlichen Volumens erledigt. Das Ergebnis muss nun nur noch bzgl. der Glasausdehnung korrigiert werden.

Versuch 300:

1) Bestimmung von U_0

1. Welches ist die störende Einflussgröße?
   Der Strom, welcher durch das Voltmeter fließt. Dieser führt zu einer Spannungsteilung zwischen Quelle und Voltmeter, wodurch die gemessene Spannung an der Quelle kleiner ist als sie im Leerlauf wäre.

2. Könnte ich sie quantitativ erfassen?
   Ja, das Voltmeter mit seinem Innenwiderstand R_{VM} stellt einen Verbraucher (Lastwiderstand R_L) dar. Wenn nur das Voltmeter angeschlossen ist, gilt $R_L = R_{VM}$.

3. Könnte ich die störende Größe variieren?
   Ja, indem ich weitere Verbraucher (Widerstände R_P) parallel schalte. Der Lastwiderstand wird dann insgesamt kleiner und damit der Effekt schlimmer.

4. Wann würde denn der Einfluss der störenden Größe verschwinden?
   Wenn der äußere Widerstand unendlich groß wäre.

5. Wie könnte die funktionelle Abhängigkeit der Messgröße (hier: angezeigte Spannung) vom Maß des störenden Einflusses (hier: äußerer Gesamtwiderstand) lauten?
   Es lässt sich eine lineare Abhängigkeit zwischen $\frac{1}{U}$ *und* $\frac{1}{R_P} + \frac{1}{R_{VM}}$ *ableiten.*

Konsequenzen für Versuchsdurchführung und Auswertung

Wir messen die Spannung in Abhängigkeit vom parallel geschalteten Widerstand R_P. Je kleiner R_P, desto stärker ist die Verfälschung des Spannungswertes nach unten.
Wir tragen nun die Kehrwerte der Spannung $1/U$ in Abhängigkeit von $1/R_L = 1/R_P + 1/R_{VM}$ grafisch auf, legen durch alle Messpunkte eine Ausgleichsgerade und verlängern diese bis zu $1/R_L = 0$ (Schnittpunkt mit der y-Achse, entspricht $R_L = \infty$). Der Achsen-Schnittpunkt ist $1/U_0$, der Kehrwert davon die gesuchte Leerlaufspannung U_0.

2) Bestimmung von I_K

1. Welches ist die störende Einflussgröße?
   Der Widerstand der Messspule des Amperemeters.

2. Könnte ich sie quantitativ erfassen?
   Ja, das Amperemeter mit seinem Innenwiderstand R_{AM} stellt einen Verbraucher (Lastwiderstand R_L) dar.

3. Kann ich die störende Größe variieren?
   Ja, indem ich weitere Widerstände R_V dazu (in Reihe) schalte, kann ich den Lastwiderstand vergrößern und damit den Effekt verschlimmern.

4. Wann würde denn der Einfluss der störenden Größe verschwinden?
   Wenn der äußere Widerstand Null wäre.

5. Wie könnte die funktionelle Abhängigkeit der Messgröße (hier: angezeigter Strom) vom Maß des störenden Einflusses (hier: äußerer Gesamtwiderstand) lauten?
   Es lässt sich eine lineare Abhängigkeit zwischen $1/I$ und $R_V + R_{AM}$ ableiten.

Konsequenzen für Versuchsdurchführung und Auswertung

Wir messen die Stromstärke für verschiedene in Reihe geschaltete Widerstände R_V. Je größer R_V, desto kleiner wird der gemessene Strom.
Wir tragen nun die Kehrwerte der Stromstärke $1/I$ in Abhängigkeit von $R_L = R_V + R_{AM}$ grafisch auf, legen durch alle Messpunkte eine Ausgleichsgerade und verlängern diese bis zu R_L = 0 (Schnittpunkt mit der y-Achse). Der Achsen-Schnittpunkt ist $1/I_K$, der Kehrwert davon der gesuchte Kurzschlussstrom I_K.