

Praktikum Regelungstechnik

Termin 2: Übertragungsglieder

Version 2022-05-04

Bitte senden Sie Verbesserungsempfehlungen jederzeit an den Autor.

Klaus Liebler
klaus.liebler@w-hs.de
Raum B2.3.09
Tel: +49 (209) 9596-152

Andreas Recktenwald
andreas.recktenwald@w-hs.de
Raum B4.3.3
Tel: +49 (209) 9596-122

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik
Westfälische Hochschule
Neidenburger Str. 43
45897 Gelsenkirchen
www.w-hs.de

© Westfälische Hochschule. Alle Aufgaben dürfen ausschließlich zu Lehr- und Lernzwecken im Rahmen der oben genannten Lehrveranstaltung verwendet werden.

Inhalt

1	Lernziele	2
2	Vorbereitung	2
3	Versuch	2
3.1	Überblick über die Übertragungsglieder	2
3.2	Ein elektrischer Heizwiderstand (PTN-Verhalten)	3
3.2.1	Konzepte und Komponenten	3
3.2.2	Der Versuchsstand	3
3.2.3	Versuchsdurchführung	4
3.2.4	Versuchsauswertung	5
3.2.5	Abgaben	6
3.3	Drei gekoppelte RC-Glieder (jeweils PT1-Verhalten)	6
3.3.1	Konzepte und Komponenten	6
3.3.2	Der Versuchsstand	6
3.3.3	Versuchsdurchführung	8
3.3.4	Versuchsauswertung	9
3.3.5	Abgaben	9
3.4	Ein elektrischer Schiebewiderstand (P-Verhalten)	9
3.4.1	Konzepte und Komponenten	9
3.4.2	Der Versuchsstand	11

3.4.3	Versuchsdurchführung	12
3.4.4	Versuchsauswertung	13
3.4.5	Abgaben	13

1 Lernziele

- Die Studierenden können statisches und dynamisches Übertragungsverhalten voneinander unterscheiden und können entscheiden, ob bei einem Übertragungsglied in einem bestimmten Anwendungskontext eine statische Betrachtung genügt oder ob dynamisches Verhalten ermittelt werden muss
- Die Studierenden können statische Kennlinien und dynamische Sprungantworten messtechnisch ermitteln, einem Standardübertragungsverhalten zuordnen und Kennwerte ermitteln.

2 Vorbereitung

- Lesen Sie sich diese Versuchsbeschreibung gründlich durch
- Wiederholen Sie die relevanten Inhalte der Vorlesung.
- Bereiten Sie die Auswertungstabellen und die Diagramme für die Versuchsauswertungen wie im Text angegeben vor. Stellen Sie sicher, dass Sie bei digitalen Vorlagen bei der Versuchsdurchführung Zugriff auf diese Vorlage haben (USB-Stick, Online-Speicher, sich selbst per Mail senden...)

Stichwörter:

Statisches und dynamisches Verhalten eines Übertragungsgliedes, Sprungantwort

3 Versuch

Im Rahmen dieses Versuchs stellen wir Ihnen verschiedene Ausführungen technischer Übertragungsglieder zur Verfügung. Wir erklären Ihnen außerdem, wo dieses Übertragungsglied (ggf. in anderer Bauform und Dimensionierung) in der Praxis zum Einsatz kommt. Die Aufgabenstellung für jedes Übertragungsglied ist dann grundsätzlich immer sehr ähnlich:

- Überlegen Sie, ob Sie statisches oder dynamisches Verhalten untersuchen möchten.
- Überlegen Sie, welche Testsignale (physikalische Einheit und Wertebereich) Sie verwenden möchten.
- Überlegen Sie basierend auf Ihrem Erfahrungswissen als Fast-schon-fertig-Ingenieur, welchen Verlauf Sie erwarten.
- Führen Sie den Versuch durch. Prüfen Sie dabei ständig, ob Ihre Erwartung zumindest näherungsweise eingehalten wird und ob ein gefährlicher Zustand des Testobjektes erreicht wurde.

Gegenbeispiel: Ich hatte vor einiger Zeit eine Studentengruppe damit beauftragt, erste Testmessungen mit einem Experimentieraufbau „lab@home“ (lernen Sie auch noch kennen) durchzuführen. Eine Spannung sollte an einen Heizwiderstand angelegt werden, der einen kleinen Messraum aufheizen sollte. Fraglich war, wie lange das Aufheizen des Raumes bei einer bestimmten Betriebsspannung ungefähr dauert. Die Studierenden legten diese Spannung an, der Widerstand wurde heiß und heißer. Schließlich begann es zu rauchen und zu kokeln. Doch die Studierenden heizten weiter, ohne über die Sinnhaftigkeit nachzudenken. Unglücklicherweise hatte ich die Belastungsfähigkeit „mit Kühlung“ und „ohne Kühlung“ vertauscht...

3.1 Überblick über die Übertragungsglieder

Bezeichnung	Eingangsgröße	Ausgangsgröße	Einsatz
Heizwiderstand	Steuerspannung [V]	Temperatur der Speichermasse [°C]	Nachtspeicherheizung

RC-Glied	Spannung [V]	Spannung [V]	Filterstufen im Audio-Bereich
Schiebewiderstand	Position des Schiebers [mm]	Elektrischer Widerstand [Ohm]	Audio-Mischpult - Lautstärke

3.2 Ein elektrischer Heizwiderstand (PTN-Verhalten)

3.2.1 Konzepte und Komponenten

In der regelungstechnischen Praxis hat man es häufig mit Regelstrecken zu tun, die näherungsweise PT1 oder PTn-Verhalten aufweisen. Aus dem Skript kennen Sie bereits einige Beispiel. Ein gutes und in der Umwelt- und Gebäudetechnik sehr praxisrelevantes Beispiel sind Temperaturstrecken. Aus der Thermodynamik kennen Sie die Differenzialgleichungen, mit denen sich ein Wärmeübergang von einem Körper zum anderen (z.B. vom Wasservorlauf auf den Heizkörper oder vom Heizkörper zur Raumluft) modellieren lässt. Ohne zu weit in die Details abzugleiten: Jeder Wärmeübergang verhält sich letztlich wie ein PT1-Glied. Die Temperatur des Zielkörpers steigt dabei zunächst schnell an und nähert sich dann asymptotisch der Temperatur des Quells Körpers, der bei Temperaturstrecken dann auch den sog. Beharrungswert markiert.

Als vereinfachtes Modell einer Heizung (zur Erwärmung eines Raumes, zur Erwärmung von Flüssigkeiten in chemischen Reaktoren) verwenden wir einen elektrischen Hochlastwiderstand. Wenn dieser von Strom durchflossen wird, entsteht ein Spannungsabfall. Die dabei freiwerdende Energie wird in Wärme umgesetzt. Abbildung 1 zeigt den im Versuch eingesetzten Hochlastwiderstand. Sichtbar ist das Aluminiumgehäuse. Der eigentliche Widerstand – ein Drahtwiderstand befindet sich vergossen und isoliert im Inneren. Innerhalb des Widerstandes finden bereits zwei relevante Wärmeübergänge statt: Von der Drahtwicklung zur Vergussmasse und von der Vergussmasse zum metallischen Kühlkörper.



Abbildung 1: Hochlastwiderstand im Metallgehäuse

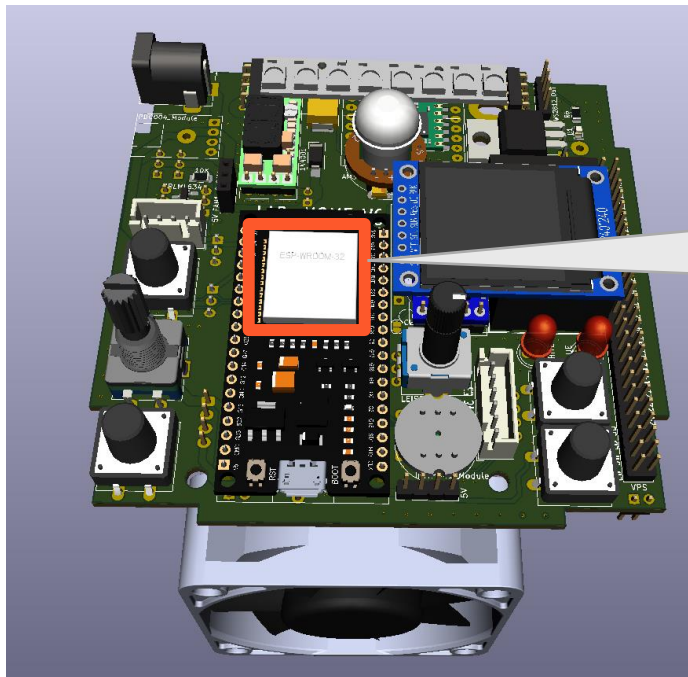
Der Widerstand ist Teil des Experimentiersystems lab@home. Ihr Dozent hat dieses System mit dem Ziel entwickelt, jedem Studierenden den selbständigen und preiswerten Aufbau eines kompletten regelungstechnischen Labors zu ermöglichen, was dann auch zu Hause für Experimente genutzt werden kann. Heute soll die Anwendung „Experimentelle Bestimmung von Streckenparametern“ im Vordergrund stehen.



Verbrennungsgefahr! – Der Heizwiderstand wird bis zu 100°C heiß!

3.2.2 Der Versuchsstand

Die zentrale Komponente des Versuchsstandes zeigt Abbildung 2



Hier stehen die xxxxxx, die Sie
für die Eingabe der URL im Brow-
ser benötigen

Abbildung 2: Lab@Home als 3D-Rendering

Achten Sie auf die Beschriftung auf der silbernen Abdeckung des zentralen Microcontrollers.

3.2.3 Versuchsdurchführung

Wie bereits weiter oben dargestellt, handelt es sich bei Temperaturstecken um Regelstrecken MIT Verzögerungen. Eine rein statische Betrachtung genügt da nicht. Wir müssen also eine dynamische Betrachtung per Sprungantwort durchführen. Sie können das aus der Praxis bestätigen: Wenn Sie eine neue Heizung bekommen, dann interessiert Sie nicht nur, wie warm es wird, sondern auch, wie schnell diese Temperatur erreicht wird. Lab@home bietet eine webbasierte Oberfläche, die Sie bei der Versuchsdurchführung unterstützt. Gehen Sie wie folgt vor:

- Schließen Sie lab@home an die Spannungsversorgung (24V DC) an. Warten Sie etwa 10 Sekunden
- Öffnen Sie auf dem PC den Internet-Browser und geben Sie ein <http://labathome-xxxxxx.lan>. Ersetzen Sie xxxxxx durch die Ziffern und Zahlen, die auf der Abschirmung des zentralen Microcontrollers notiert sind (siehe Abbildung 2)
- Es erscheint die Web-Oberfläche von labathome (siehe Abbildung 3). Klicken Sie links auf „Heater Experiment“ (1). Klicken Sie dann oben auf „Open Loop“ (2).

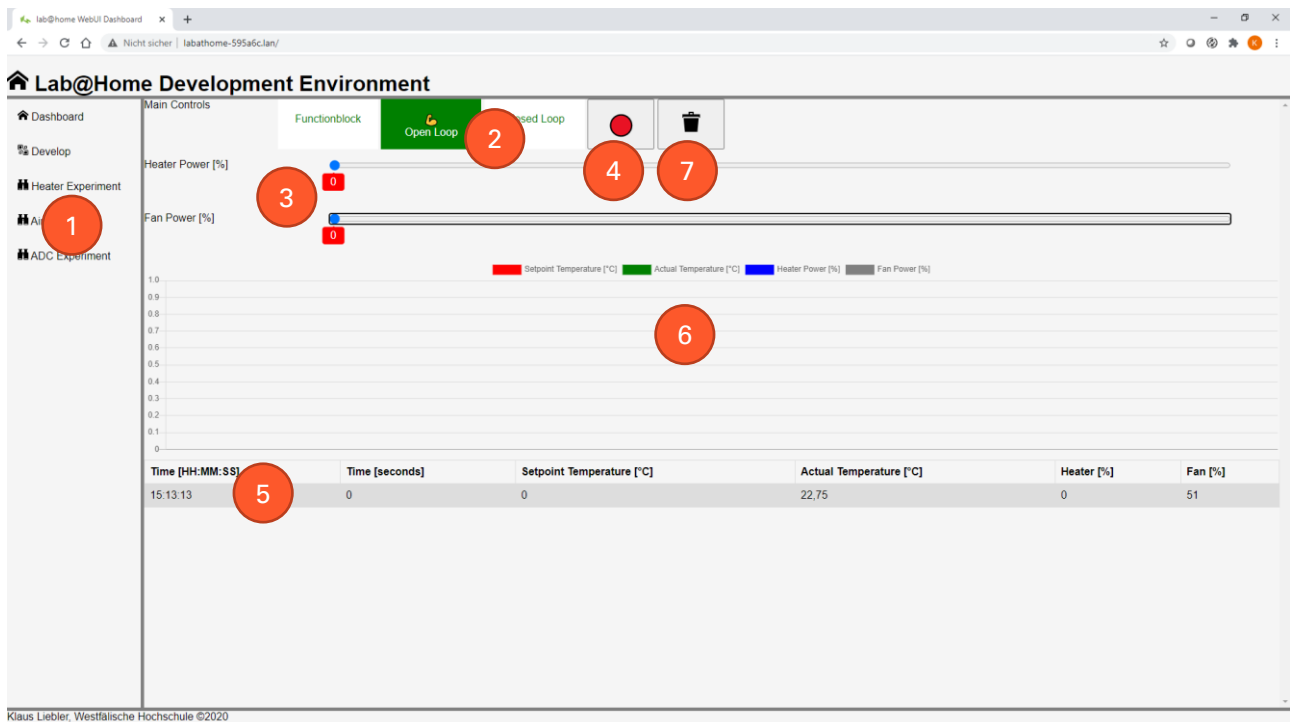


Abbildung 3: Bedienoberfläche von Lab@Home

- Sie können mit den Schiebreglern (3) die Leistung des Heizwiderstandes und des Lüfters einstellen. Probieren Sie das mit dem Lüfter einfach mal aus. Vom Heizwiderstand selbst lassen Sie bitte die Finger!
- Die aktuellen Messwerte und Vorgabewerte werden im unteren Bereich (4) tabellarisch angezeigt.
- Mit dem Button (4) aktivieren Sie die Aufnahme. Dann wird sekundlich der aktuelle Messwert in die Tabelle (5) geschrieben und alle 5 Sekunden im Diagrammbereich (6) ein neues Werte-Tupel geschrieben. Ein nochmaliger Mausklick auf den Button (4) beendet die Aufnahme. Mit dem Papierkorb-Button (7) löscht man alle Einträge aus der Tabelle und dem Diagramm.

Jetzt geht es richtig los:

- Falls Sie gerade noch am Spielen sind: Stoppen Sie die Aufnahme und löschen Sie alle Einträge. Schalten Sie auch den Lüfter aus.
- Starten Sie die Aufnahme
- Stellen Sie den „Heater Power“-Schieberegler sprunghaft (😊, also „schnell“) von 0 auf 20% Leistung ein.
- Beobachten Sie den Temperaturverlauf und entscheiden Sie, wann der Beharrungsendwert erreicht ist. Beenden Sie dann die Aufnahme.

3.2.4 Versuchsauswertung

Kopieren Sie den Inhalt der Tabelle (einschließlich Überschriften) in ein neues Excel-Dokument und erzeugen Sie ein „x-y-Liniendiagramm“ mit den „Sekunden auf der Abszisse und der „Actual Temperature“ auf der Ordinate. Falls wir in der Vorlesung bereits so weit gekommen sind: Skalieren Sie das Diagramm so, dass Sie im Ausdruck gemäß „Wendetangentenmethode“ die relevanten Parameter des Heizwiderstandes bestimmen können. Achten Sie bei der Berechnung des Verstärkungsfaktors darauf, dass Sie nicht mit 100% geheizt haben.

Parameter	Wert
Verzugszeit T_E	
Ausgleichszeit T_B	

Proportionalbeiwert K_p

3.2.5 Abgaben

- Excel-Datei mit Sprungantwort als Wertetabelle und Diagramm

3.3 Drei gekoppelte RC-Glieder (jeweils PT1-Verhalten)

In diesem Versuch werden wir die Sprungantwort von einstellbaren PT1-, PT2- und PT3-Gliedern untersuchen.

3.3.1 Konzepte und Komponenten

Bei einem PT1-Glied handelt es sich um ein lineares Übertragungsglied, dass in der Regel aus einem Speicherelement und einem den Fluss hemmenden Element besteht. Je nach Technologie kann es dafür unterschiedliche Realisierungen geben.

Technologie	Speicher	Flusshemmendes Element
Elektrisch	Kondensator	Widerstand
Thermisch	Masse	Wärmeübergang
Pneumatisch	Druckbehälter	Drossel

Im vorliegenden Fall schauen wir uns die elektrische Implementierung von drei hintereinander geschalteten PT1- Gliedern an, die insgesamt dann ein PT3-Glied ergeben.

3.3.2 Der Versuchsstand

Der Versuchstand „smopla::PTN“ besteht aus einer Platine mit einer elektronischen Schaltung. Auf der Vorderseite sind Bedienelemente zur Erzeugung eines Sprungs und zur Feineinstellung der einzelnen PT-Glieder angebracht.

BEZEICHNUNG	FUNKTION
LOAD	Taster zur Aktivierung des Sprunges. Solange der Taster gedrückt wird, wird das erste PT1-Glied mit einer Spannung von 3,3V geladen. Wird er losgelassen, wird mit 0V wieder entladen.
ADJUST PT1 / PT2 /PT3	Potentiometer zur Einstellung der Verzögerungszeit des ersten / zweiten / dritten PT1-Gliedes
PT1 / PT2 / PT3	Laborbuchsen zum Abgriff der Spannungen nach dem ersten / zweiten / dritten PT1-Glied
GND	Laborbuchse mit Massepotential

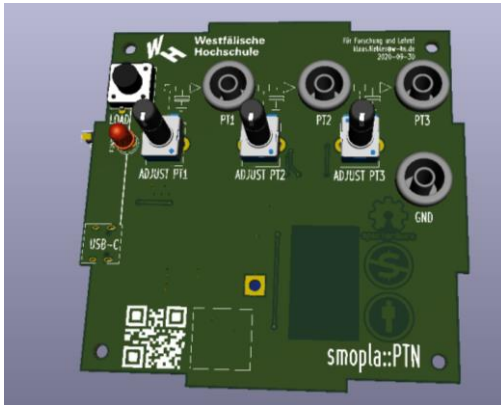


Abbildung 4: smopla::PTN (Vorderseite)

Die Vorderseite ist zudem bedruckt mit dem vereinfachten Schaltplan von smopla::PTN. Zwischen Taster und Laborbuchsen finden Sie die wesentlichen Elemente des „entkoppelten elektrischen PT1-Gliedes“, also einen (einstellbaren) Widerstand, einen Kondensator und einen Impedanzwandler.

GRÖÖE	WERT
WIDERSTAND	Einstellbar zwischen 10kOhm und 20kOhm
KONDENSATOR	470uF
IMPEDANZWANDLER	Verstärkungsfaktor 1

Wenn Sie smopla::PTN umdrehen, sehen Sie diese Komponenten direkt vor sich. Für Kenner der Materie zeige ich den relevanten Ausschnitt des Schaltplans (siehe Abbildung 5). Der Taster gibt ein 3.3V-Signal an „RELAY_ON“ und schaltet über den Transistor das Relais an.

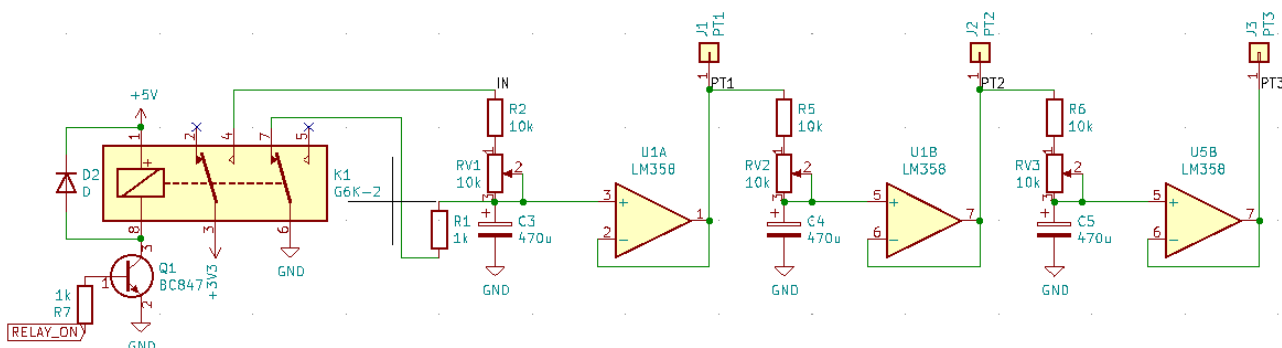


Abbildung 5: Schaltplan der RC-Glieder und Impedanzwandler

Neben dem im Schaltplan dargestellten Komponenten befindet sich eine USB-basierte Stromversorgung, ein hochgenauer Analog-Digital-Wandler und ein WIFI-Mikrocontroller auf der Platine.

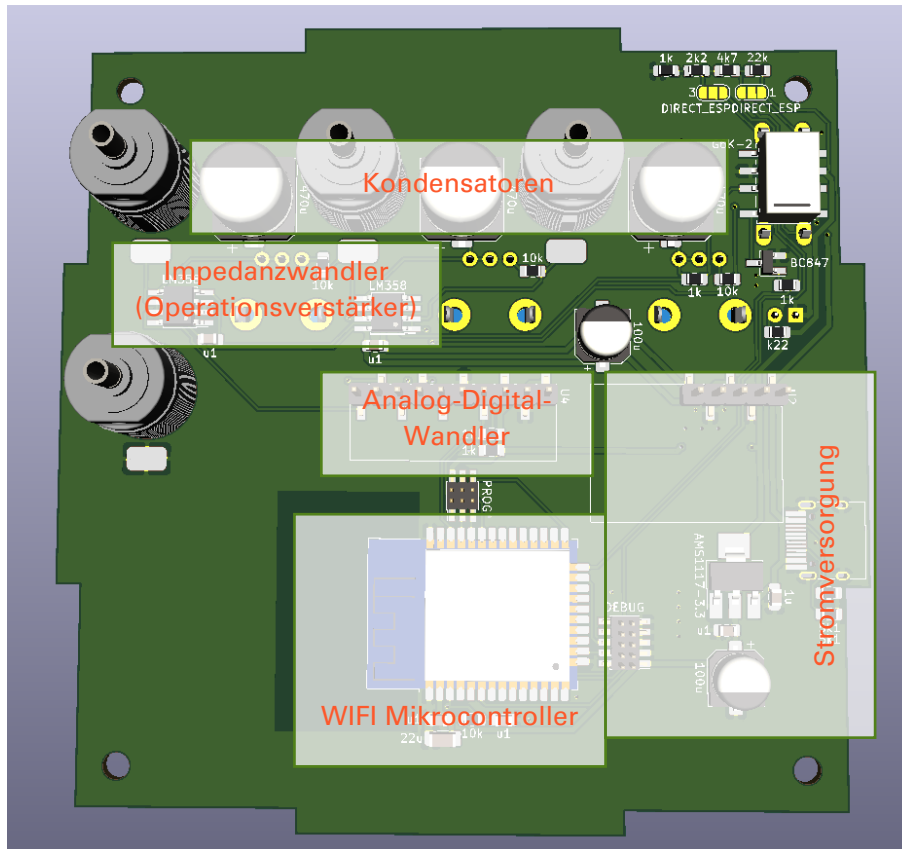


Abbildung 6: smopla::PTN (Rückseite)

3.3.3 Versuchsdurchführung

smopla::PTN bietet eine webbasierte Oberfläche, die Sie bei der Versuchsdurchführung unterstützt. Gehen Sie wie folgt vor:

- Schließen Sie smopla::PTN an ein USB-C-Netzteil (Handy-Ladegerät, Notebook-Netzteil) an und warten Sie einige Sekunden. smopla::PTN startet und bucht sich selbständig ins WIFI-Netz des Labors ein.
- Drehen Sie alle Einstellknöpfe ganz nach rechts.
- Öffnen Sie auf dem PC den Internet-Browser und geben Sie ein <http://labathome-xxxxxx.lan>. Ersetzen Sie xxxxx durch die Ziffern und Zahlen, die auf der Abschirmung des zentralen Microcontrollers notiert sind.
- Es erscheint die Web-Oberfläche von smopla::PTN. Klicken Sie links auf „ADC Experiment“. Es gilt die folgende Zuordnung:

GRÖßE	WERT
AIN0	Eingangsspannung am ersten PT1-Glied
AIN1	Ausgangsspannung des ersten PT1-Gliedes
AIN2	Ausgangsspannung des zweiten PT1-Gliedes
AIN3	Ausgangsspannung des dritten PT1-Gliedes

- Starten Sie den Aufzeichnungsmodus durch Klick auf das „Record“-Symbol.
- Drücken Sie jetzt den Load-Taster und halten ihn gedrückt, bis alle Kurven – also insbesondere AIN3 – den Beharrungswert erreicht haben (dauert einige Zeit...)

- Stoppen Sie die Aufzeichnung durch Klick auf das „Stop“-Symbol und lassen Sie den Load-Taster los.

3.3.4 Versuchsauswertung

Kopieren Sie die Wertetabelle unter dem Diagramm zur detaillierten Auswertung in Excel (Sie müssen diese Tabelle nicht vorbereiten – das funktioniert einfach mit „Copy&Paste“).

Visualisieren Sie die Wertetabelle in Excel mit einem X-Y-Diagramm. Machen Sie sich dort nochmal klar, dass die Spannung nach dem ersten PT1-Glied unmittelbar steil ansteigt. Nach dem zweiten und insbesondere nach dem dritten Übertragungsglied ist zunächst ein flacher, dann ein steiler und dann wieder ein wieder flacher werdender Anstieg erkennbar – dort gibt es also einen Wendepunkt.

3.3.5 Abgaben

- Excel-Datei mit Sprungantwort als Wertetabelle und Diagramm
- **Falls wir in der Vorlesung bereits so weit gekommen sind:** Berechnen Sie die Zeitkonstante des ersten PT1-Gliedes und beschreiben Sie, wie Sie diese Zeitkonstante im Diagramm finden.
- Beantworten Sie: Wie lange dauert es in etwa, bis das PT3-Übertragungsglied (also das Gesamt-Übertragungsglied) den Beharrungswert erreicht hat?

3.4 Ein elektrischer Schiebewiderstand (P-Verhalten)

3.4.1 Konzepte und Komponenten

Ein elektrischer Schiebewiderstand (siehe Abbildung 8) wandelt eine Schieberstellung x [cm] ohne Zeitverzögerung in einen *Widerstandswert* R [Ohm] um. Dazu greift ein beweglicher Schleifer auf einer Widerstandsbahn oder einer Drahtwicklung an der eingestellten Position einen Teil des Gesamtwiderstandes ab. In der Praxis verwendet man Schiebewiderstände beispielsweise in Audio-Mischpulten (siehe Abbildung 9). Das Verhältnis zwischen x und R muss dabei nicht zwingend proportional sein, sondern kann beispielsweise auch einen logarithmischen Verlauf aufweisen (siehe Abbildung 10).

Ein Schiebewiderstand kann als ein Übertragungsglied mit x [cm] als Eingangsgröße und R [Ohm] als Ausgangsgröße modelliert werden (siehe Abbildung 7)

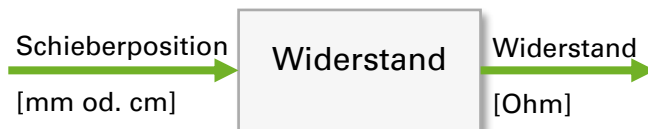


Abbildung 7: Schiebewiderstand als Übertragungsglied

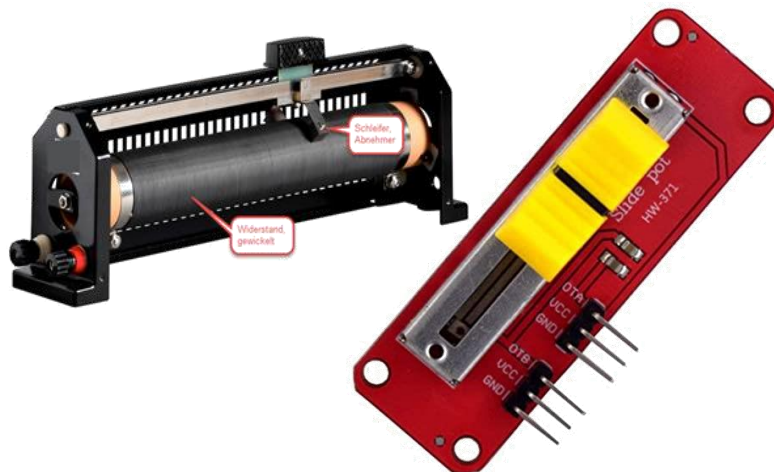


Abbildung 8: Schiebewiderstände



Abbildung 9: Schiebewiderstände in einem Mischpult (Quelle: Pixabay)

ALPS 401547 Schiebe-Potentiometer 10 kΩ Stereo 0.2 W linear 1 St.

★★★★★ (1)

Bestell-Nr.: 441790 - 62 Hst.-Teile-Nr.: 401547 EAN: 2050000113628

Conrad Electronic SE **ALPS**

Online verfügbar (338 Stück)
Lieferung: 13.11 bis 17.11.2020

+ Weitere Produktinfos

1 Stück

-20 %
5,12 €
4,10 €
inkl. MwSt., zzgl. Versand

Merken Vergleichen

In den Einkaufswagen

Abb. ähnlich

ALPS 209463 Schiebe-Potentiometer 10 kΩ Stereo 0.5 W logarithmisch 1 St.

★★★★★ (2)

Bestell-Nr.: 442108 - 62 Hst.-Teile-Nr.: 209463 EAN: 2050000114298

Conrad Electronic SE **ALPS**

Online verfügbar (11 Stück)
Lieferung: 13.11 bis 17.11.2020

+ Weitere Produktinfos

1 Stück

6,79 €
inkl. MwSt., zzgl. Versand

Merken Vergleichen

In den Einkaufswagen

Abbildung 10: Screenshot aus einem Internet-Shop

Technische Schiebewiderstände haben drei Anschlüsse. Ein Anschluss ist mit dem beweglichen Abgriff verbunden. Auch mit den beiden Enden der Widerstandsbahn bzw. der Drahtwicklung hat je ein Anschluss Kontakt. Zur Messung des eingestellten Widerstandes verbindet man ein Ohmmeter mit dem Abgriff und mit einem der beiden Enden (siehe Abbildung 11).

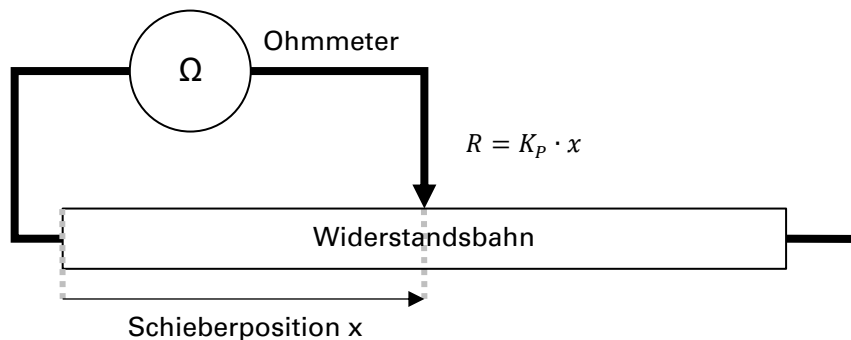


Abbildung 11: Technologieschema

3.4.2 Der Versuchsstand

Für die Schiebewiderstand-Versuche im Labor stehen drei Varianten zur Verfügung (siehe auch Abbildung 8):

Typ	SCHIEBEWEG	WIDERSTANDSWERT
„großer“ Schiebewiderstand (Bild links)	ca. 30cm	300Ω
„kleiner“ Schiebewiderstand (Bild Mitte)	ca. 6cm	10kΩ
Schiebewiderstand-In-A-Box (Bild rechts)	ca. 10cm	10kΩ

Wir behaupten an dieser Stelle einfach mal, dass es sich in allen Fällen um einen linearen Widerstand handelt. Der Widerstand soll also proportional zur Schieberstellung sein. Der Schiebewiderstand sei also ein Beispiel für ein *Proportionalglied*.

Neben den Widerständen erhalten Sie Kabel für alle erforderlichen elektrischen Verbindungen und ein Multimeter mit der Möglichkeit zur Widerstandsmessung.

3.4.3 Versuchsdurchführung

Wie oben bereits erklärt, entstehen keine zeitlichen Verzögerungen zwischen dem Eingang „Schieberstellung“ und dem Ausgang „Widerstand“. Auf die Ermittlung von Sprungantworten kann deshalb verzichtet werden. Es soll aber die Kennlinie des Widerstandes bestimmt werden, um die in der Einleitung aufgestellte Behauptung „proportional“ zu überprüfen. Gehen Sie bei der Durchführung des Versuches wie folgt vor:

- Schließen Sie das Multimeter korrekt an und stellen Sie einen passenden Widerstandsmessbereich ein (falls das Multimeter kein Auto-Range unterstützt). Nutzen Sie dazu Abbildung 12 und Abbildung 13. Beim „Schiebewiderstand-in-a-Box“ müssen Sie zunächst eine kleine Knobelaufgabe lösen: Im Gehäuse sind sowohl ein linearer als auch ein logarithmischer Schiebewiderstand montiert. Aus dem Gehäuse führen vier nicht gekennzeichnete Kabel. Diese sind entweder am unteren Ende der Widerstandsbahn oder am Schleifer eines Schiebewiderstandes angebracht. Finden Sie mit Hilfe des Multimeters heraus, welche beiden Kabel zum logarithmischen Schiebewiderstand gehören und verwenden Sie diesen für die weitere Aufgabe!

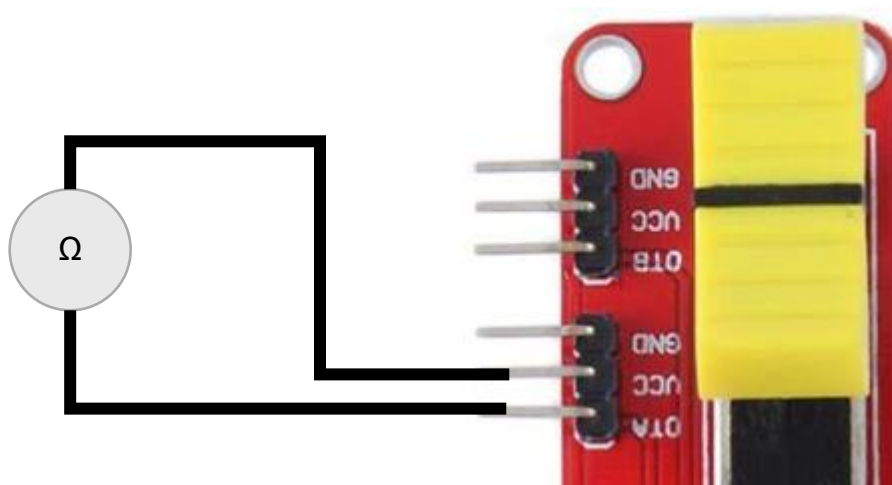


Abbildung 12: Anschluss des „kleinen“ Schiebewiderstandes

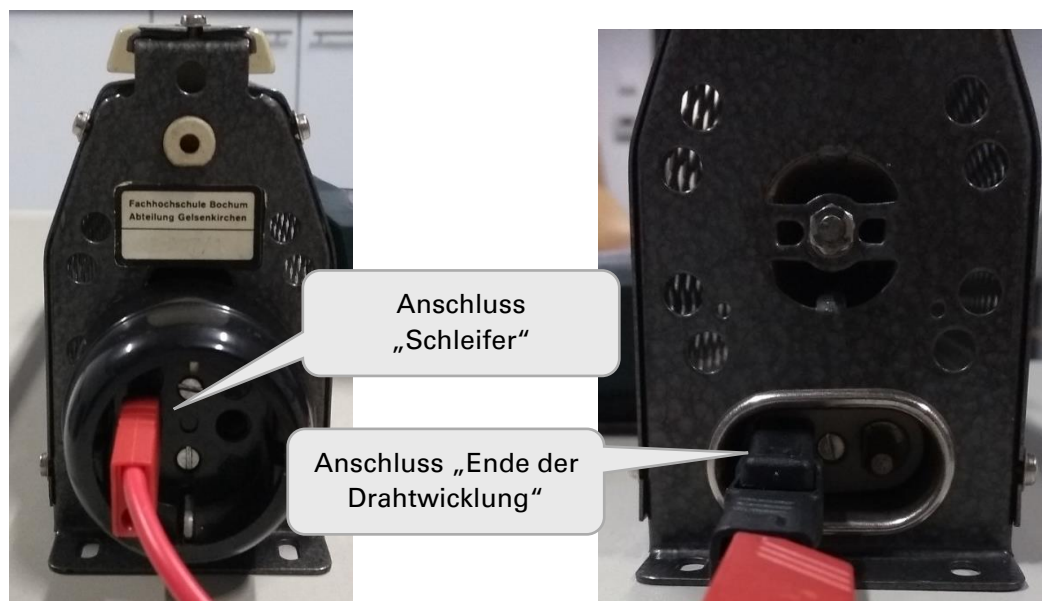


Abbildung 13: Anschluss des "großen" Schiebewiderstandes

- Finden Sie heraus, an welchem Ende der Schiebewiderstand einen elektrischen Widerstand von etwa 0 Ohm hat.

- Nutzen Sie jeweils die Skala auf dem Schiebewiderstand, um den Schieber in sinnvollen Schritten zu bewegen. Die Position wird als x bezeichnet. Lesen Sie jeweils den Widerstandswert R ab und tragen ihn in eine vorbereitete Tabelle ein.

3.4.4 Versuchsauswertung

Erstellen Sie (auf Papier, nicht mit Excel! → Klausurübung!) ein Diagramm für die Funktion $R(x)$. Bereiten Sie dieses Diagramm zu Hause vor.

Beim Betrachten des Diagramms fällt Ihnen auf, dass keine Proportionalität vorliegt.

Für Gruppen mit dem „großen“ Schiebewiderstand

Linearisieren Sie die Kennlinie des großen Schiebewiderstandes in den Arbeitspunkten $x_0 = 5 \text{ cm}$ und $x_0 = 21 \text{ cm}$ und bestimmen Sie den Übertragungsbeiwert K_P in den beiden Arbeitspunkten.

Drehen Sie den Draht-Schiebewiderstand um und betrachten Sie seine Drahtwicklung. Durch welche konstruktive Maßnahme wird das Verhalten der aufgenommenen Kennlinie bewirkt?

Für Gruppen mit dem „kleinen“ Schiebewiderstand

Linearisieren Sie die Kennlinie des logarithmischen Schiebewiderstandes in den Arbeitspunkten $x_0 = 2 \text{ cm}$ und $x_0 = 4 \text{ cm}$ und bestimmen Sie den Übertragungsbeiwert K_P in den beiden Arbeitspunkten.

Wenn Sie sich den „kleinen“ Schiebewiderstand genauer anschauen, dann sehen sie zwei gleichartige Anschlussgruppen („OTA“ mit GND und VCC sowie „OTB“ mit GND und VCC). Was könnte es damit auf sich haben? Denken Sie insbesondere an die Anwendungsfälle in der Audiotechnik.

Für Gruppen mit dem „Schiebewiderstand-in-a-Box“

Linearisieren Sie die Kennlinie des kleinen Schiebewiderstandes in den Arbeitspunkten $x_0 = 3 \text{ cm}$ und $x_0 = 7 \text{ cm}$ und bestimmen Sie den Übertragungsbeiwert K_P in den beiden Arbeitspunkten.

3.4.5 Abgaben

- $R(x)$ -Diagramm
- Für Gruppen mit dem „großen“ Widerstand: Aussage zur Konstruktion, Ergebnisse der Linearisierung
- Für Gruppen mit dem „kleinen“ Widerstand: Aussage zu den beiden gleichartigen Anschlussgruppen, Ergebnisse der Linearisierung
- Für Gruppen mit dem „Schiebewiderstand-in-a-Box“: Erklärung, wie Sie die zum logarithmischen Widerstand zugehörigen Kabel herausgefunden habt