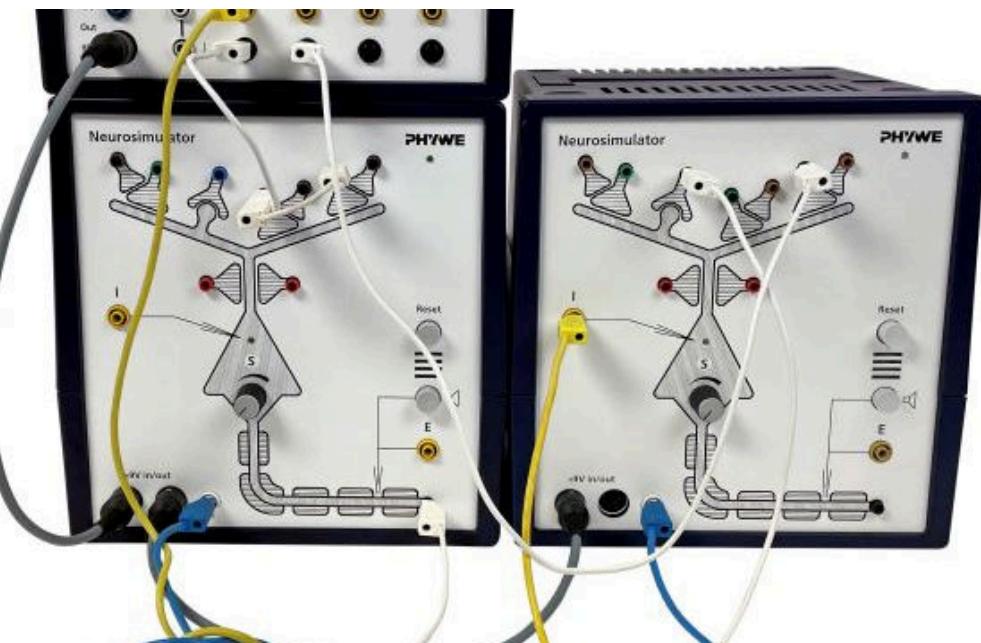


# Interaktion von Nervenzellen mit Cobra SMARTsense



Diese Versuchs mit zwei Nervenzellen setzt das aus der Versuchsreihe mit einer Nervenzelle erworbene Wissen voraus. Die Verschaltung mit einer zweiten Nervenzelle ermöglicht Versuch zu den neuronalen Prinzipien des konditionierten Reflexes und Reizabfolge sowie Motoneuron-Signale mit recurrenter Hemmung, funktionelle Charakteristika der Renshaw-Hemmung, laterale Inhibition und Kontrastverstärkung.

Biologie

Nervensystem / Neurobiologie



Schwierigkeitsgrad

schwer



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten

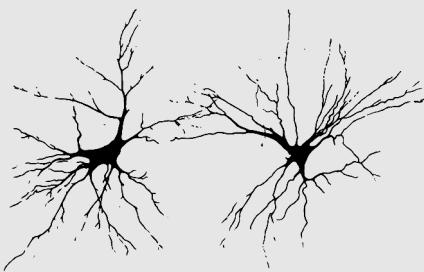


Durchführungszeit

45+ Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/63da1bbdf1fd1000321e41b>



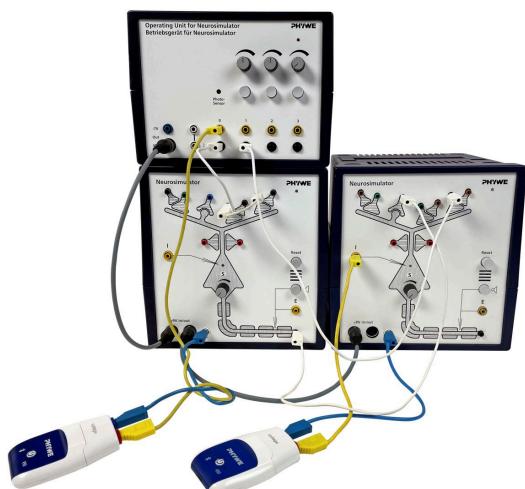
PHYWE



## Allgemeine Informationen

### Anwendung

PHYWE



Typischer Versuchsaufbau

Die wichtigste strukturelle und funktionelle Einheit des Nervensystems ist die Nervenzelle. Sie ist in erster Linie am Prozess der Übertragung und des Empfangs von Informationen vom und zum Gehirn beteiligt.

Die wesentliche Grundlage für die Funktion unseres Gehirns ist die Kommunikation zwischen den Nervenzellen. Die Zellen leiten ihre Signale an andere Zellen weiter. Sinneseindrücke werden verarbeitet und Gedanken entstehen. Die Signalübertragung findet über sogenannte Synapsen statt.

## Sonstige Informationen (1/3)

PHYWE

### Vorwissen



Das Experiment "Die Nervenzelle" (P4010769) sollte vorher durchgeführt werden.

### Prinzip



Mit den beiden Spannungssensoren wird die Stärke der auf die Nervenzellen wirkenden Reize gemessen sowie das sich aus den verschiedenen Verschaltungen zwischen zwei Nervenzellen resultierendem Membranpotenzial (EPSP).

## Sonstige Informationen (2/3)

PHYWE

### Lernziel



Die SchülerInnen und Studierenden lernen mittels wichtiger grundsätzlicher Nervenzellenverschaltungen, wie Nervenzelleninteraktionen ablaufen.

### Aufgaben



Mit dem Nervenfunktionsmodell mit zwei Nervenzellen können die folgenden Aspekte der Interaktion zweier Nervenzellen untersucht werden:

- Renshaw-Hemmung
- Laterale Hemmung
- Neuronale Prinzipien der klassischen Konditionierung

## Sonstige Informationen (3/3)



Das Betriebsgerät enthält die Stromversorgung für bis zu vier Neuroneneinheiten, drei Drehschalter mit variabler Reizintensität und einen optischen Sensor (dieser wird zum Beispiel im Konditionierungsversuch verwendet). Zur Stromversorgung der Nervenzelleneinheiten werden die 9V-Ein- und Ausgänge in Kette miteinander verbunden. Bei Verwendung von mehr als vier Nervenzellen ist ein zusätzliches Betriebsgerät notwendig.

Weitere Informationen zum Aufbau der Hardware finden Sie im Versuch P4010769 ("Die Nervenzelle mit Cobra SMARTsense").

Die drei Versuche werden in den folgenden Kapiteln Theorie, Aufbau und Durchführung und Auswertung einzeln dargestellt, wobei die Reihenfolge der Versuchsdurchführung beliebig sein kann:

1. Renshaw-Hemmung
2. Laterale Hemmung
3. Klassische Konditionierung

## Sicherheitshinweise



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Set Neurobiologie mit einer Nervenzelle mit Cobra SMARTsense	65963-22	1
2	Neurosimulator	65963-00	1

## Theorie 1

PHYWE

### Renshaw-Hemmung

Die **Renshaw-Zelle**, ein spezielles Neuron, schützt ein **Motoneuron** und die **Muskelfaser**, die vom Motoneuron angetrieben wird, vor Übererregung. Ihre Schaltung bewirkt eine **negative Rückkopplung** der erregenden Stimulation des motorischen Neurons.

Die Schaltung kann mit zwei Neurosimulator-Modulen realisiert werden, wobei eines das Motoneuron und eines die Renshaw-Zelle darstellt. Der Reiz für das Motoneuron wird durch räumliche Summation verstärkt.

Die Renshaw-Zelle findet sich auch im Rückenmark von Wirbeltieren.

PHYWE



## Aufbau und Durchführung 1

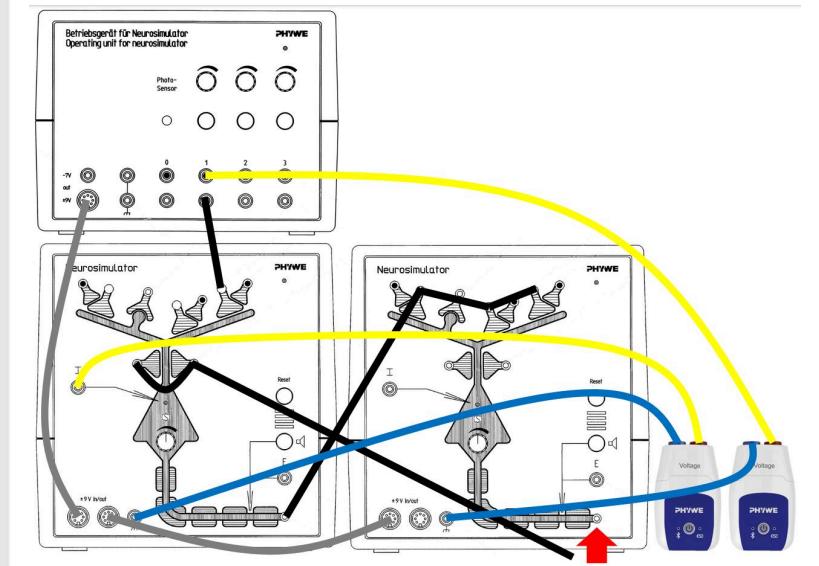
6/22

## Aufbau 1.1.1

PHYWE

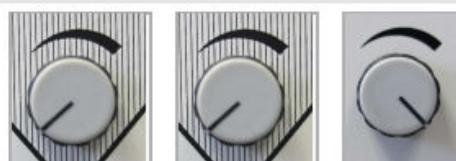
### 1. Motoneuronsignale ohne und mit wiederkehrende Hemmung durch die Renshaw-Zelle

Das Betriebsgerät und die beiden Nervenzellen wie in der Abbildung gezeigt miteinander verschalten. Das sich in der Nähe des roten Pfeils befindliche Ende der Leitung noch nicht einstecken (dies geschieht während der Messung).



## Aufbau 1.1.2

PHYWE

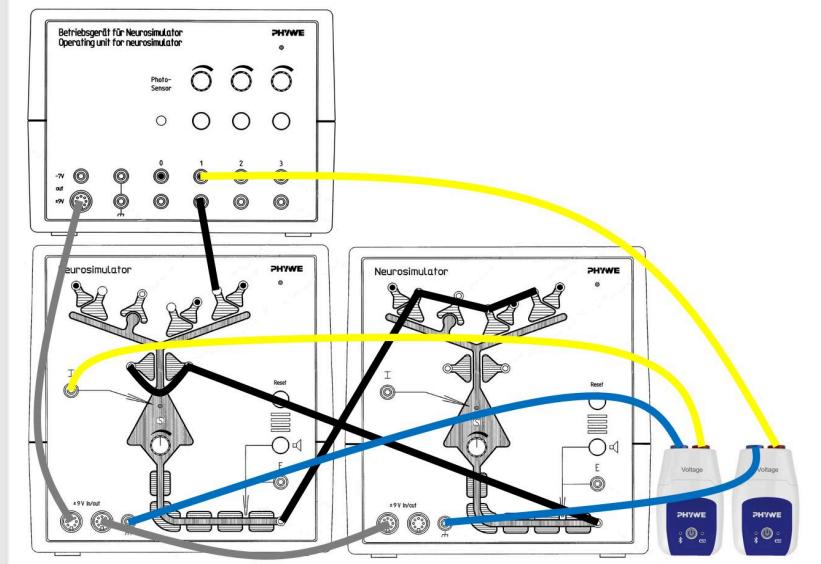


- Neurosimulator 1: Drehknopf Feuerschwelle: 0%
- Neurosimulator 2: Drehknopf Feuerschwelle: 0%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität: 100%

## Durchführung 1.1

PHYWE

- Messung starten und Reiztaste 1 etwa 3 bis 5 Sekunden lang drücken. Warten bis die Spannung des EPSP den Ausgangswert erreicht hat.
- Das lose Kabel in die schwarze Buchse stecken (s. Abb. rechts).
- Reiztaste 1 etwa 3 bis 5 Sekunden lang drücken.
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnisse speichern und auswerten.



## Aufbau 1.2

PHYWE



### 2. Funktionelle Merkmale der Renshaw-Hemmung

Das Experiment wird wie zuvor aufgebaut. Diesmal sind alle Leitungen eingesteckt.

- Neurosimulator 1: Drehknopf Feuerschwelle: 50%
- Neurosimulator 2: Drehknopf Feuerschwelle: 0%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität: 0%

## Durchführung 1.2



- Messung starten.
- Reiztaste 1 drücken und gedrückt halten.
- Die Reiztaste stetig drücken und nach 2 Sekunden stufenweise den Reiz alle 2 Sekunden erhöhen. Nach dem letzten Schritt die Taste für 2 weitere Sekunden gedrückt halten.
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnis speichern und auswerten.



## Auswertung 1

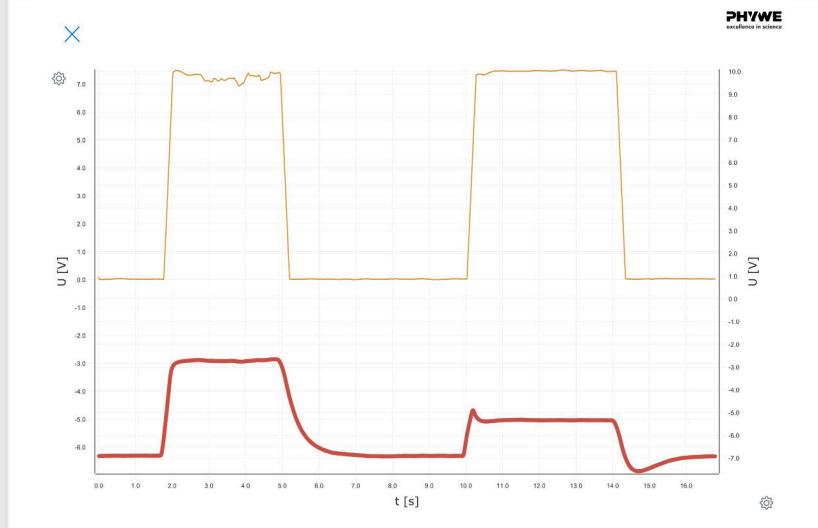
9/22

## Ergebnis 1.1

### 1. Motoneuronsignale ohne und mit wiederkehrende Hemmung durch die Renshaw-Zelle

Links: Motoneuronsignale ohne rekurrente Hemmung durch die Renshaw-Zelle.

Rechts: Motoneuronsignale mit rekurrenter Hemmung durch die Renshaw-Zelle.

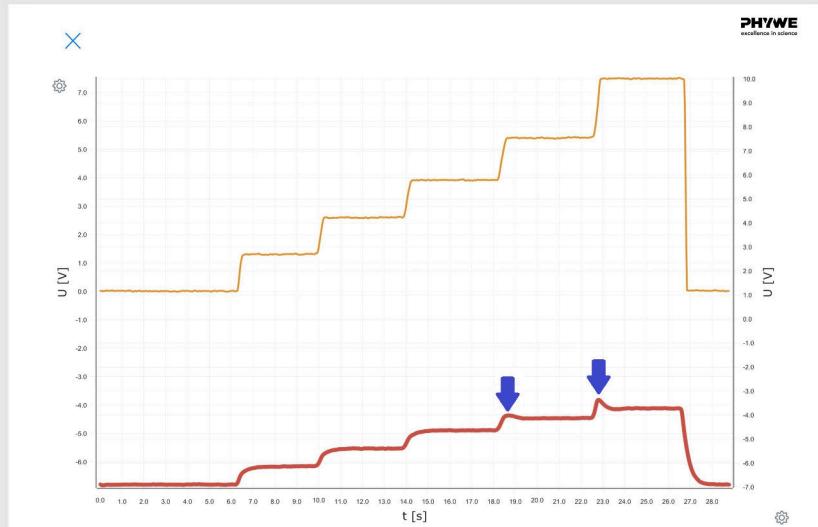


## Ergebnis 1.2

### 2. Funktionelle Merkmale der Renshaw-Hemmung

Stufe 1 - 3: Keine Hemmung bei niedrigen Reizintensitäten

Stufe 4 - 5: Deutliche Renshaw-Hemmung bei höheren Reizstärken



## Theorie 2

PHYWE

### Laterale Hemmung

Die laterale Hemmung ist eine nützliche Funktion des Nervensystems in Gehirn und Sinnesorganen. Sie dient dazu, Unterschiede in der Stimulation benachbarter Elemente zu verstärken und so das Auflösungsvermögen zu erhöhen. Sie bewirkt z. B. eine Verbesserung des Kontrasts zwischen benachbarten Bereichen im visuellen System.

Die folgenden Experimente können durchgeführt werden:

1. Laterale Hemmung
2. Kontrastverstärkung

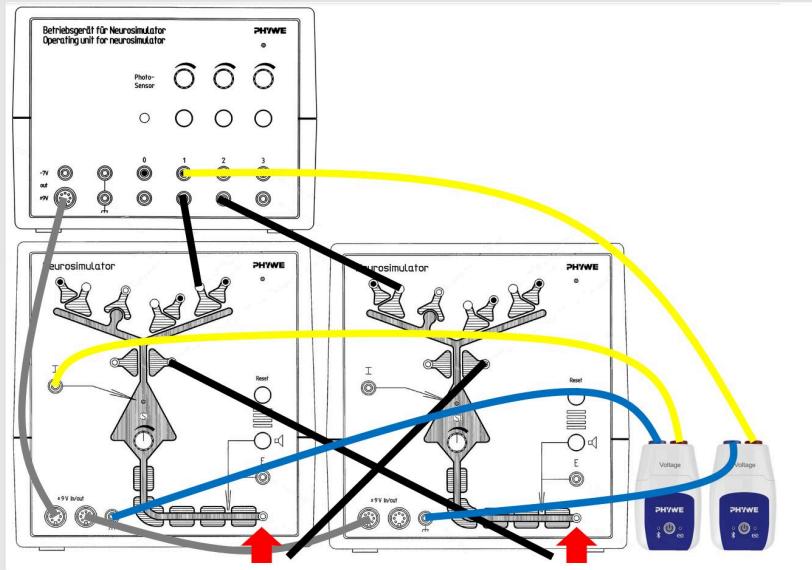
PHYWE



## Aufbau und Durchführung 2

## Aufbau 2.1.1

PHYWE

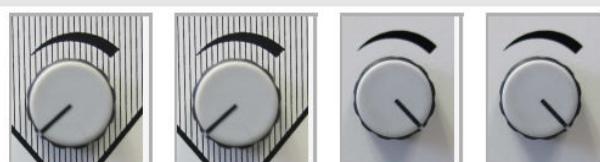


### 1. Laterale Hemmung

- Das Experiment wird wie in der Abbildung links dargestellt aufgebaut.
- Lassen Sie zwei Kabel ausgesteckt (rote Pfeile).

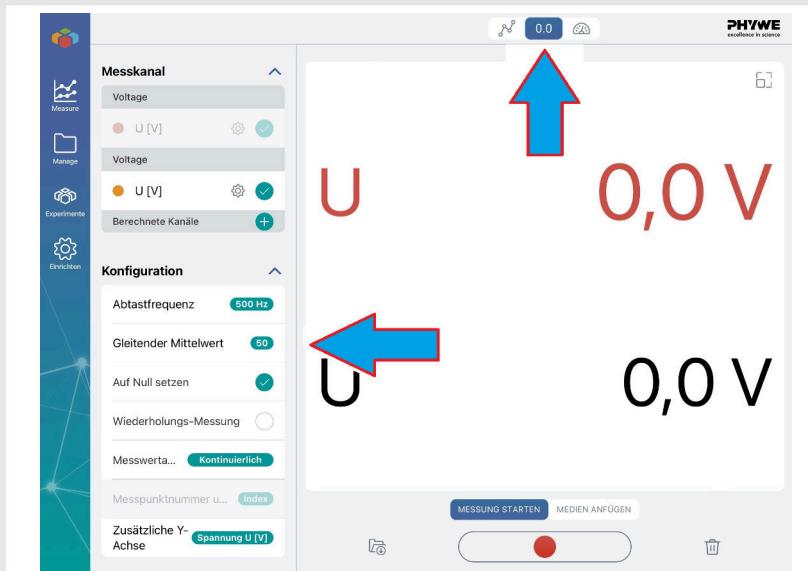
## Aufbau 2.1.2

PHYWE



- Neurosimulator 1: Drehknopf-Feuerschwelle: 0%
- Neurosimulator 2: Drehknopf Feuerschwelle: 0%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität 1: 100%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität 2: 100%

## Durchführung 2.1.1

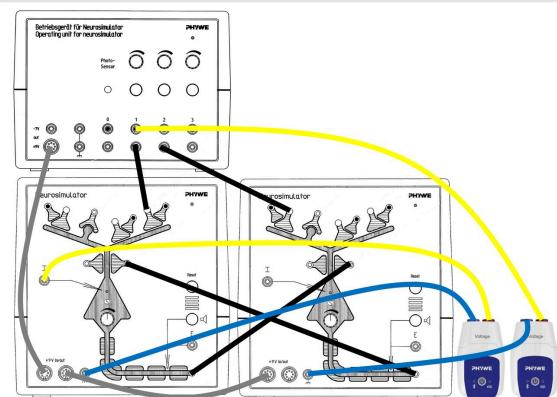


Um auf beiden Messkanälen vergleichbare Ergebnisse zu bekommen, müssen die beiden Spannungssensoren kalibriert werden:

- Stromkreis zu den beiden Spannungssensoren unterbrechen.
- Anzeige für die Kalibrierung von grafischer Anzeige auf Digitalanzeige umschalten.
- In der Konfiguration "Auf Null setzen" aktivieren.
- Auf grafische Anzeige zurückschalten.

## Durchführung 2.1.2

- Messung starten.
- Reiztasten 1 und 2 etwa 3 Sekunden lang drücken. Warten Sie, bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Die losen Kabel in die schwarzen Buchsen stecken (s. Abb.).
- Reiztasten 1 und 2 erneut ca. 3 Sekunden lang drücken. Warten Sie, bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnis speichern und auswerten.



Nach dem Einsticken der Leitungen können die Aktionspotenziale der beiden Nervenzellen zu einer inhibitorischen Synapse der jeweils anderen Nervenzelle geleitet werden.

## Aufbau 2.2

PHYWE



### 2. Kontrastverstärkung

Einer der beiden Reize wird reduziert und die Messung wird wiederholt. Ansonsten erfolgt der Versuchsaufbau so wie im Schritt 1 der lateralen Hemmung.

- Neurosimulator 1 und Neurosimulator 2: Drehknopf Feuerschwelle: jeweils 0%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität 1: 100%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität 2: **66%**

## Durchführung 2.2

PHYWE

Die Schritte der Messung von Teil 1 der lateralen Hemmung wiederholen:

- Messung starten.
- Reiztasten 1 und 2 etwa 3 Sekunden lang drücken. Warten Sie, bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Die losen Kabel in die schwarzen Buchsen stecken (s. Abb.).
- Reiztasten 1 und 2 erneut ca. 3 Sekunden lang drücken. Warten Sie, bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnis speichern und auswerten.

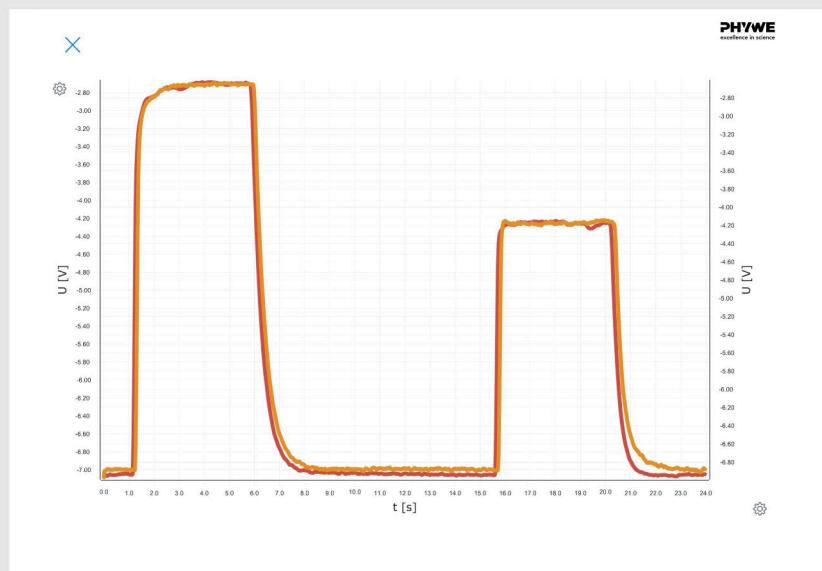


## Auswertung 2

### Ergebnis 2.1

#### 1. Laterale Hemmung

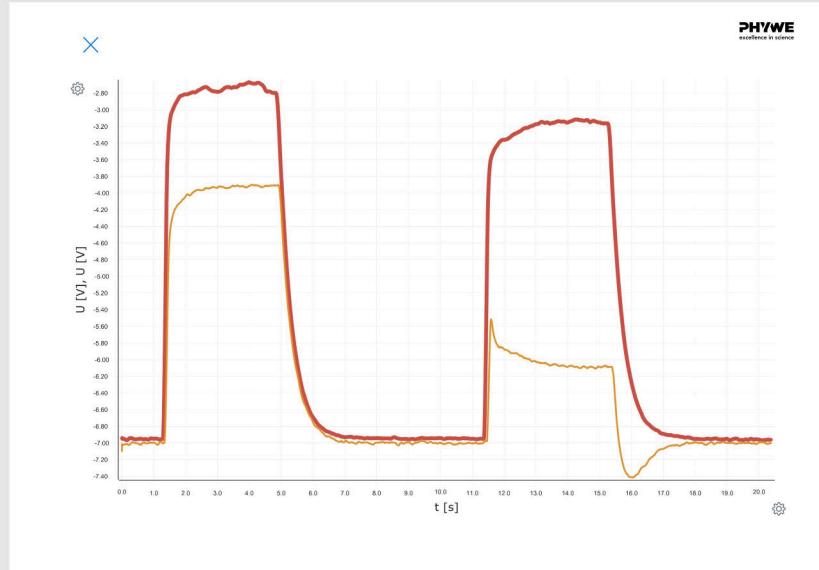
Die Abbildung zeigt die Depolarisation ohne laterale Hemmung (links) und mit lateraler Hemmung (rechts). Vor der zweiten Messung wurden die beiden Leitungen angeschlossen.



## Ergebnis 2.2

### 2. Kontrastverstärkung

Das Diagramm zeigt, dass die Depolarisation der beiden Nervenzellen von der Signalintensität abhängt (links). Der Unterschied ist bei lateraler Hemmung größer (rechts).



## Theorie 3

### Neuronale Grundlagen der klassischen Konditionierung

Das Pawlowsche Hunde-Experiment ist zweifellos das bekannteste Beispiel für klassische Konditionierung. Der Klang einer Glocke wird mit dem Geruch von Futter assoziiert, und als Reaktion darauf wird Speichel ausgeschieden. Die Wahrnehmung des Geruchs von Futter und die daraus resultierende Speichelsekretion wird als (angeborener) unkonditionierter Reflex bezeichnet. Die Reaktion auf den Klang der Glocke, die durch Lernen mit dem unkonditionierten Reflex verbunden ist, wird als konditionierter Reflex bezeichnet. Bei allen Experimenten zur klassischen Konditionierung ist es unbedingt erforderlich, dass der Reiz für den konditionierten Reflex zeitlich vor dem für den unkonditionierten Reflex liegt. Wird diese zeitliche Abfolge umgekehrt, so ist die Konditionierung unmöglich. Im ersten Versuch wird das Experiment mit der richtigen zeitlichen Abfolge der Konditionierung gezeigt. Im zweiten Experiment wird gezeigt, dass die richtige Abfolge für das Zustandekommen des konditionierten Reflexes unerlässlich ist.





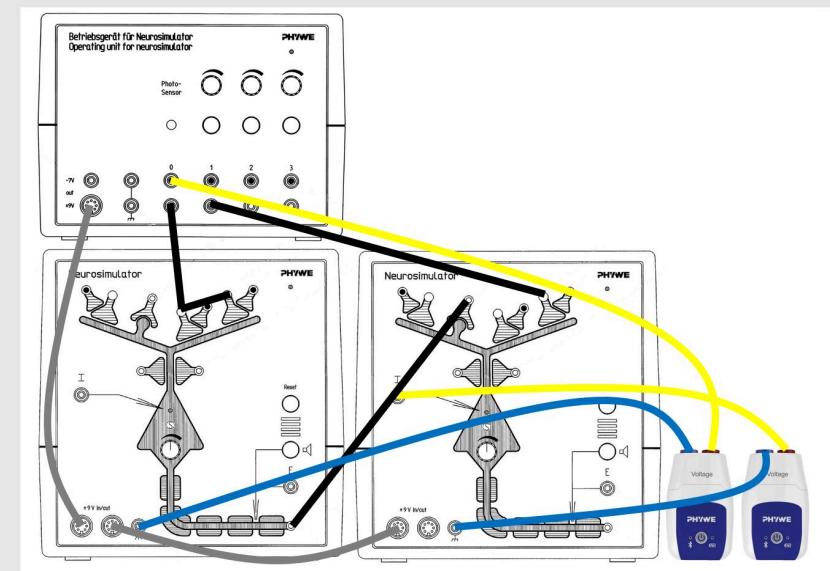
## Aufbau und Durchführung 3

### Aufbau 3.1.1

**HINWEIS:** Bei schwachem Licht gibt der Sensor ein Dauersignal. In diesem Fall sollte der Sensor mit einer Taschenlampe beleuchtet werden.

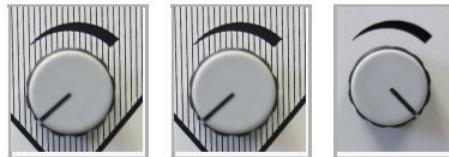
#### 1. Konditionierter Reflex

Den Versuch wie dargestellt aufbauen.



## Aufbau 3.1.2

PHYWE



- Neurosimulator 1 und Neurosimulator 2: Drehknopf Feuerschwelle: jeweils 0%
- Betriebsgerät: Drehknopf Reizintensität 1: 100%
- **HINWEISE:** Zwischen jedem Tastendruck, dem Abdecken des Fotosensors oder der gleichzeitigen Betätigung beider Elemente sollte die Spannung den Ausgangswert erreichen (ca. -7 V). Außerdem: Es ist möglich, dass zu viel Licht durch die Finger gelangt. In diesem Fall verwenden Sie daher zum Abdecken des Fotosensors einen Gegenstand, der kein Licht durchlässt.

## Durchführung 3.1.1

PHYWE

- Reset-Taste am Neurosimulator 2 drücken (um die Hebb'sche Synapse auf die Standardwerte zu setzen).
- Messung starten.
- Fotosensor dreimal eine Sekunde lang abdecken. (Aktivierung der Hebb'schen Synapse).
- Reiztaste 1 dreimal ca. eine Sekunde lang drücken (Aktivierung der exzitatorischen Synapse).
- Kurz den Fotosensor (1/2 s lang) abdecken und unmittelbar danach kurz die Reiztaste 1 (1/2 s lang) drücken.
- Warten bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat. Diesen Vorgang zwanzig Mal wiederholen (sukzessive Aktivierung der Hebb'schen und der exzitatorischen Synapse).
- Fotosensor dreimal etwa eine Sekunde lang abdecken (Aktivierung der Hebb'schen Synapse).

## Durchführung 3.1.2

PHYWE

- Reset-Taste am Neurosimulator 2 drücken, um den konditionierten Reflex zu verlernen.
- Fotosensor dreimal etwa eine Sekunde lang abdecken (Aktivierung der Hebbischen Synapse).
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnisse speichern und auswerten.

## Durchführung 3.2.1

PHYWE

### 2. Umgekehrte Reizabfolge

Vorheriges Experiment über den konditionierten Reflex wiederholen, aber dieses Mal zuerst die Reiztaste drücken und dann erst den Fotosensor abdecken.

**HINWEIS:** Zwischen jedem Tastendruck, dem Abdecken des Fotosensors oder der gleichzeitigen Einwirkung auf beide Elemente sollte die Spannung den Ausgangswert erreichen (ca. -7 V).

Messung starten und führen fast die gleichen Aktionen wie zuvor durchführen:

- Fotosensor dreimal für etwa eine Sekunde lang abdecken (Aktivierung der Hebbischen Synapse).
- Reiztaste 1 dreimal etwa eine Sekunde lang drücken (Aktivierung der Erregungssynapse).
- Zunächst kurz die Reiztaste (1/2 s lang) drücken und unmittelbar danach kurz den Fotosensor abdecken. Warten bis die Spannung den Ausgangswert erreicht hat. Diesen Vorgang zwanzig Mal wiederholen (aufeinanderfolgende Aktivierung der exzitatorischen und der Hebbischen Synapse).

## Durchführung 3.2.2



- Fotosensor dreimal etwa eine Sekunde lang abdecken (Aktivierung der Hebbischen Synapse).
- Reset-Taste am Neurosimulator drücken.
- Lichtsensor dreimal etwa eine Sekunde lang abdecken (Aktivierung der Hebbischen Synapse).
- Messung beenden, sobald die Spannung den Ausgangswert erreicht hat.
- Ergebnisse speichern und auswerten.



## Auswertung 3

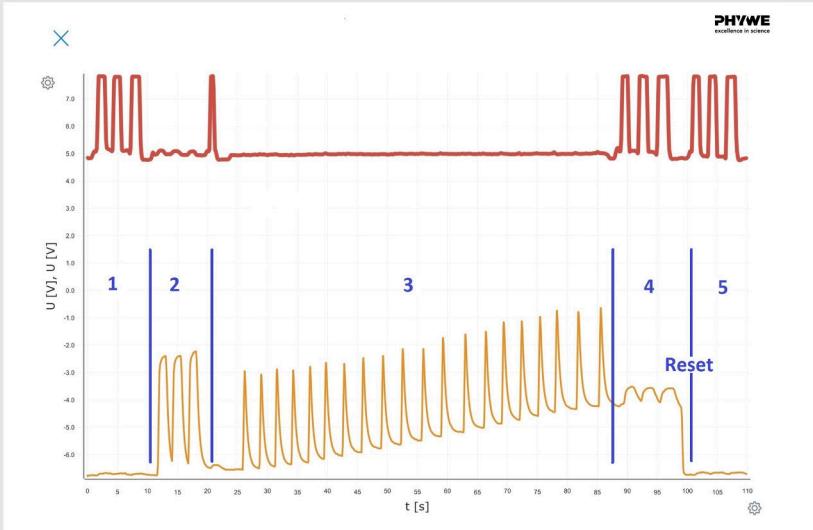
20/22

## Ergebnis 3.1.1

### 1. Konditionierter Reflex

Zwei Neurosimulatoren simulieren das Paar aus Interneuron und assoziativem Neuron.

Im Experiment wird das assoziative Neuron darauf konditioniert, sein Membranpotenzial (Depolarisation) ohne Beteiligung des Interneurons zu erhöhen.



## Ergebnis 3.1.2



### Erläuterung:

1. Aktivierung der Hebb'schen Synapse vor der Konditionierung. Der neutrale Stimulus (Glocke) erzeugt keine spezifische Reaktion.
2. Aktivierung der exzitatorischen Synapse vor der Konditionierung. Der unkonditionierte Reiz (Futter) erzeugt eine **unkonditionierte Reaktion** (Speichelfluss = eine nicht gelernte Reflexreaktion).
3. Aufeinanderfolgende Aktivierung der Hebb'schen und exzitatorischen Synapse während der Konditionierung (Hebb'sche Synapse zuerst). Der neutrale Stimulus (Glocke) wird mit einem unkonditionierten Stimulus (Futter) gepaart. Der unkonditionierte Reiz (Futter) erzeugt eine unkonditionierte Reaktion (Speichelfluss). Der neutrale Reiz (Glocke) wird zu einem **konditionierten Reiz**.

## Ergebnis 3.1.3

PHYWE



4. Aktivierung der Hebb'schen Synapse nach dem Lernen / nach der Konditionierung (**konditionierter Reflex**). Der konditionierte Stimulus (Glocke) erzeugt eine konditionierte Reaktion (Speichelfluss). Die konditionierte Reaktion ist der unkonditionierten Reaktion ähnlich.

5. Aktivierung der Hebb'schen Synapse nach dem **Verlernen** des konditionierten Reflexes (Reset-Taste).

**HINWEIS:** Bei schwachem Licht kann das Resultat anders aussehen als in der Abbildung gezeigt, denn die Hebb'sche Synapse ist dann fälschlicherweise ständig aktiv. Die Bedingung führt zu einer kontinuierlichen Erregung des Membranpotentials. In diesem Fall das Experiment unter Verwendung einer Taschenlampe verwenden.

## Ergebnis 3.2

PHYWE

### 2. Umgekehrte Reizabfolge

Eine umgekehrte Reizabfolge führt nicht zu einem konditionierten Reflex. In diesem Fall tritt keine Aktivierung der Hebb'schen Synapse ein. Stattdessen ist das EPSP in Schritt 4 der Messung auf dem selben Niveau wie in Schritt 5 nach dem Reset.