



# Praktikumsanleitung zum Versuch „Reflexe“

UNIVERSITÄT LEIPZIG

MEDIZINISCHE FAKULTÄT

CARL-LUDWIG-INSTITUT FÜR PHYSIOLOGIE

VERSION 2025

## Stichwörter:

*Signalflussplan/Reflexbogen (Sensor, Zentrum, Effektor), synaptische Übertragung, Eigen- und Fremdreflexe, Summation, Hemmung, Irradiation, reziproke Innervation, Nervenfaserspektrum (auch: Nervenfasertypen, Nervenfaserklassen), Elektromyogramm, motorische Einheit, T-, H- und M-Antwort*

## Lernziele zur Praktikumsvorbereitung:

- Reflexbegriff, Eigen- und Fremdreflexe
- EMG und sein Zustandekommen
- T-Reflex, H-Reflex, M-Antwort
- Zusammenhang Reizstärke / Stärke der Reizantwort, relevante Einflussfaktoren

## Das Praktikum besteht aus drei Stationen:

**Station 1:** Reflexprüfung

**Station 2:** Fremdreflexe am Froschpräparat

**Station 3:** Untersuchung eines Eigenreflexes mittels EMG: T- und H-Reflex

## 1 Reflexprüfung

### 1.1 Unbedingte Reflexe

R. DESCARTES führte den Reflexbegriff ein: „Manche Erscheinungen lebender Organismen gleichen den Reflexionserscheinungen des Lichtes“. Einigen stereotypen, aktiven Antworten lebender Systeme auf äußere Reizeinwirkungen hat man den Sammelnamen „Reflexe“ gegeben. Häufig handelt es sich um künstliche Reize, die in der Natur so nicht vorkommen.

Ein überschwelliger Reiz (eine energetische Einwirkung von hinreichender Intensität und Steilheit) führt zu einer Erregung von Rezeptoren. Es entsteht ein Generatorpotential (Sensorpotential), das in eine Folge von Aktionspotentialen umgesetzt wird. Letztere werden über die Nervenfasern bis zu deren präsynaptischen Endigungen fortgeleitet. Über die Synapsen erfolgt die Übertragung der Erregung von einem Neuron auf das nächste. Über die efferenten Nervenfasern folgt die Erregungsleitung zum Erfolgsorgan, wo eine nochmalige Transformation (z. B. die neuromuskuläre Übertragung) stattfindet. Die Reflexzeit (= Zeit zwischen Reiz und Reaktion) gibt Aufschluss über die Zahl der in Reihe liegenden beteiligten Synapsen innerhalb eines Reflexbogens.

Eine normale Reflexantwort lässt sich nur erhalten, wenn alle am Reflexbogen beteiligten Strukturen funktionstüchtig sind. Abschwächung, Seitendifferenzen oder Fehlen der Reflexantwort sind Zeichen pathophysiologischer Störungen. Deshalb ist die Prüfung von Reflexen eine wichtige und verbreitete Untersuchungsmethode, um Störungen im Nervensystem zu lokalisieren.

### 1.2 Eigenreflexe am Menschen

Eigenreflexe sind Dehnungsreflexe, ihre adäquate Auslösung geschieht durch Muskeldehnung.

**Masseterreflex (N.V<sub>3</sub>):** Die Versuchsperson öffnet den Mund und bekommt vom Untersucher auf die untere Zahnreihe vorn einen Holzspatel aufgesetzt. Dann wird vom Untersucher mit dem Reflexhammer kurz und leicht einmal auf den Spatel geklopft. Mit kurzer Latenzzeit beißt die Versuchsperson unwillkürlich zu (bewusst wird dies erst nach Ablauf des Vorganges).

**Bizepssehnenreflex (C<sub>5</sub> – C<sub>6</sub>):** Der angewinkelte Arm des Probanden wird vom Untersucher mit der linken Hand so gehalten, dass der Proband seine Armmuskeln vollständig entspannen kann. Dann schlägt der Untersucher mit dem Reflexhammer einmal kurz und kräftig gegen die vorher getastete Sehne des M. biceps brachii. Die Reflexkontraktion des M. biceps führt zur kurzen ruckartigen Armbeugung.

**Patellarsehnenreflex (L<sub>2</sub> – L<sub>4</sub>):** Um den M. quadriceps entspannt aber leicht vorgedehnt reizen zu können, setzt sich der Proband. Das jeweils untersuchte Bein wird über das andere geschlagen. Ein leichter Schlag mit dem Reflexhammer auf die Sehne unterhalb der Patella führt zur Streckung des Unterschenkels.

Die Dehnungsreflexe am Bein werden beiderseits geprüft und die Reflexantworten (Ausmaß der Unterschenkelbewegung bei subjektiv gleicher Reizintensität) jeweils miteinander verglichen. Durch Auseinanderziehen der ineinander gelegten Hände während des Versuchs (JENDRASSIKscher Handgriff) wird der Proband abgelenkt und evtl. Seitendifferenzen der Reflexantwort treten deutlicher hervor.

**Achillessehnenreflex (S<sub>1</sub> – S<sub>2</sub>):** Bei dem auf einem Stuhl knienden Probanden wird durch einen leichten Schlag auf die Achillessehne oberhalb des Calcaneus eine Kontraktion des M. gastrocnemius ausgelöst.

## 1.3 Fremdreﬂexe am Menschen

Fremdreﬂexe enthalten im Reflexzentrum mindestens 2 Synapsen (d.h. mindestens 1 Interneuron). Ihre Reflexantwort ist daher variabler als die von Eigenreflexen. Dazu gehören z.B. die Beeinflussung des Muskeltonus der Antagonisten und der Muskeln der Gegenseite sowie die Irradiation (Ausstrahlung auf höher gelegene Rückenmarkssegmente und damit Einbeziehung höherer Muskelgruppen in die Reflexantwort). Ein typisches Phänomen, das aus dieser Reflexausbreitung resultiert, ist der gekreuzte Streckreflex.

**Cornealreflex (N.V, N.VII):** Mit dem Gummiballon eines Blutdruckmessgerätes wird ein kurzer Luftstoß erzeugt und auf die Cornea des Auges eines Probanden gerichtet. Die Reflexantwort besteht in einem bilateralen Lidschlag, der ipsilateral eine geringfügig kürzere Latenzzeit hat als kontralateral. Gelangt ein Fremdkörper ins Auge, wird der Cornealreflex als Schutzreflex wirksam.

**Fußsohlenreflex (S<sub>1</sub> – S<sub>2</sub>):** Das unerwartete Bestreichen der Fußsohle mit dem (kalten) Griff des Reflexhammers führt reflektorisch zu einer Beugekontraktion der Plantarmuskulatur und evtl. zu einer Fluchtreaktion des Beines (JENDRASSIKschen Handgriff anwenden).

Wenn die große Zehe nach oben gestreckt werden sollte, so ist dies beim Erwachsenen pathologisch und Hinweis auf eine supraspinale motorische Leitungsstörung (BABINSKI-Phänomen).

**Die Pupillenreaktion auf Licht (N.III):** Durch das Wechselspiel der M. sphincter und dilatator pupillae trägt die Iris zur Verminderung von Beleuchtungsstärkeschwankungen auf der Netzhaut bei. Die afferente Bahn dieses Systems läuft von den Fotorezeptoren ohne Umschaltung im Corpus geniculatum laterale zum Nucleus praetectalis. Von dort gelangt die Erregung einmal zum parasympathischen Oculomotoriuskern, der über den N. oculomotorius die Pupillenverengung steuert, zum anderen durch den Tr. tectotegmentospinalis über das Tegmentum zum Centrum ciliospinale (C<sub>8</sub>, Th<sub>1</sub>), das die Pupillenerweiterung veranlasst und bei Beleuchtung der Pupille gehemmt wird. Dabei kommt es bei einem zentralen Lichtreiz zu einer dreifachen Überkreuzung der Erregung von rechtem und linkem Auge: Im Chiasma opticum, zwischen den Nuclei praetectales der beiden Seiten über die Commissura posterior und durch die Verbindung von jedem Nucleus praetectalis zu den Oculomotoriuskernen beider Seiten. Das hat zur Folge, dass unter normalen Bedingungen die **konsensuelle Pupillenreaktion** (Reaktion am nicht gereizten Auge) mit der **direkten Reaktion** (Reaktion am gereizten Auge) fast identisch ist. Dieser Umstand wird für die neurologische Diagnostik des Hirnstammes ausgenutzt.

**Durchführung:** Die Versuchsperson steht frontal vor dem Untersucher und schaut entspannt in die Ferne. Der Untersucher führt von der Seite her den Lichtkegel einer Taschenlampe langsam auf ein Auge zu. Sobald das Licht der Taschenlampe in das Auge fällt, wird die Pupillenreaktion des Probanden beobachtet. Es werden für jede Seite die direkte (d) und die konsensuelle (k) Reaktion überprüft und dokumentiert. Dabei sind die Geschwindigkeit, das Ausmaß und eventuell auftretende Seitendifferenzen der Reaktion zu beobachten.

## 1.4 Vegetative Reflexe am Menschen

Vegetative Reflexe, d.h. stereotype Antworten vegetativer Organe auf Reize, sind von geringerem diagnostischem Wert. Ihre langen Latenzzeiten und vor allem die starke Abhängigkeit von den vegetativen Randbedingungen (Sympathiko- bzw. Parasympathikotonus, psychovegetativer Zustand) lassen hier den Reflexbegriff fragwürdig erscheinen. Die Möglichkeit, die vegetativen Reaktionen an beliebige künstliche Reize zu koppeln, hat zu den Begriffen „bedingter Reflexes“ (PAWLOW) und „Konditionieren“ geführt.

**Dermographismus:** Mit dem spitzen Ende des Reflexhammers streicht der Untersucher kräftig über die Unterarmhaut des Probanden. Dieser mechanische Hautreiz führt nach einer relativ langen Latenzzeit (abhängig von der „vegetativen Ausgangslage“, bitte messen) zu einer Rotfärbung der Haut (roter Dermographismus) in Folge einer reflexartigen Durchblutungssteigerung unter der gereizten Stelle. Diesen Versuch können Sie leicht an sich selbst durchführen.

## Ergebnisse

Prüfen Sie die Reflexe an einem Probanden. Füllen Sie die Tabelle 1 aus. Kennzeichnen Sie, ob der Reflex **positiv** (+, ++, +++) oder **negativ** (-) war und tragen Sie entsprechende Reaktionszeiten (s. Lehrbücher) ein.

Reflexe				
Name	Reflexzentrum	Reflexzeit	Reflex erfolgreich ?	
			rechts	links
Masseterreflex				
Bizepssehnenreflex				
Patellarsehnenreflex				
Achillessehnenreflex				
Cornealreflex				
Fußsohlenreflex				
Pupillenreaktion			d:	d:
			k:	k:
Dermographismus	eigene Reflexzeit:			

**Tabelle 1:** Die durchgeführten Reflexe.

## 2 Fremdreﬂexe am tierischen Spezialpräparat (Lehrfilm)

Einige mechanisch bzw. chemisch ausgelöste Fremdreﬂexe werden am dezerebrierten Froschpräparat demonstriert. Sehen Sie sich den Film „Lehrfilm zu Reﬂexen am Frosch“ an.

### Ergebnisse

Füllen Sie die Tabelle 2 aus.

Reﬂex	Reizung	Reizstärke/Reﬂexzeit	Reﬂexantwort
mechanischer Fremdreﬂex am Hinterbein			
gekreuzter Streckreﬂex			
chemisch ausgelöster Fremdreﬂex			
Wischreﬂex			
Wirkung von Strychnin			

**Tabelle 2:** Reﬂexe am dezerebrierten Froschpräparat.

### 3 Untersuchung eines Eigenreflexes mittels Elektromyogramm: *T- und H-Reflex*

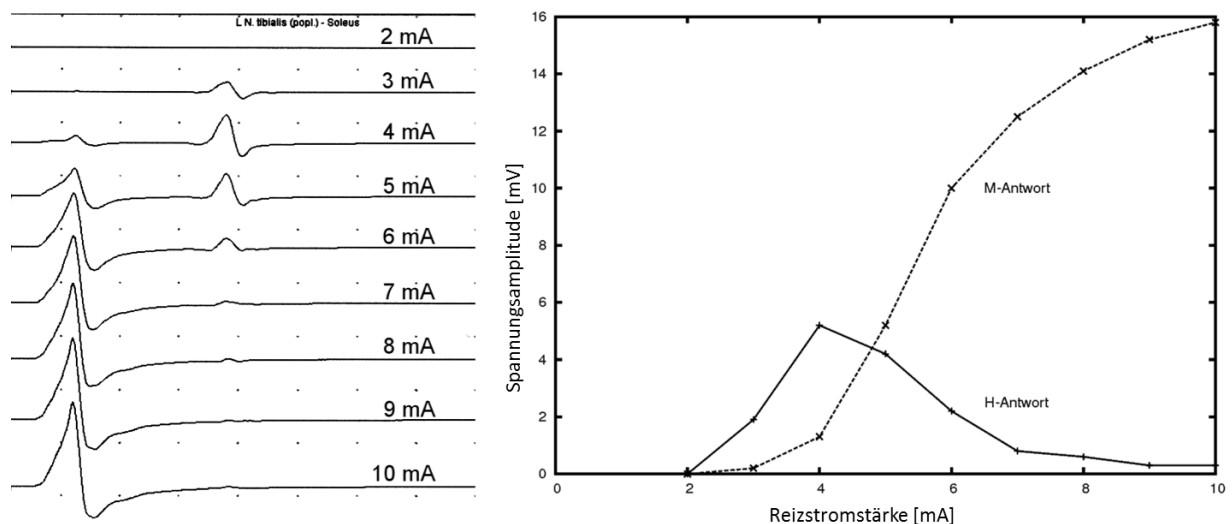
#### 3.1 Komponenten und Ablauf des Eigenreflexes

Das Elektromyogramm (EMG) ist das Überlagerungsergebnis von Aktionspotentialen aktivierter Muskelfasern. Mittels kleiner Metallplättchen wird die elektrische Aktivität des darunter liegenden Muskels transkutan erfasst (Oberflächen-EMG). Es werden keine einzelnen Aktionspotentiale, sondern das Ergebnis der Überlagerung einer großen Zahl von Aktionspotentialen vieler Muskelfasern registriert. Mit Hilfe der elektromyographischen Ableitung lässt sich der Ablauf des Eigenreflexes in einem Muskel darstellen.

Im Falle der Reizung mit dem Reflexhammer (**T-Reflex**) wird das reflektorische elektrische Ereignis „T-Antwort“ genannt (T = *Tendon* = Sehne).

Im Falle der Reizung des zum Muskel führenden Nerven mit einem elektrischen Impuls (**H-Reflex**) muss man zwischen der mit sehr kurzer Latenzzeit auftretenden „**M-Antwort**“ (M = Muskel) als Folge der direkten Reizung des Axons vom  $\alpha$ -Motoneuron und der verzögert auftretenden „**H-Antwort**“ (nach Hoffmann, dem Entdecker der elektrischen Eigenreflexantwort), die nach Reizung der sensiblen Ia-Fasern über das zugehörige Rückenmarksegment ausgelöst wird, unterscheiden.

Da die Ia-Fasern in der Regel eine niedrigere Schwelle haben, tritt bei Reizung mit geringen Intensitäten oft zunächst nur die H-Antwort auf. Bei Steigerung der Intensität kommt die M-Antwort hinzu (Abb. 1).

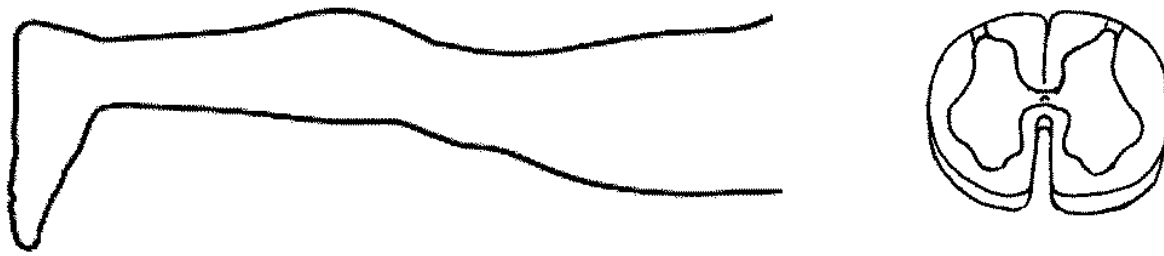


**Abbildung 1:** Amplituden der H- und M-Welle in Abhängigkeit von der Reizintensität.  
linke Abb.: Rohdaten bei verschiedenen Reizstromstärken  
rechte Abb.: Amplituden der H- und M-Welle [mV] gegen die Reizstromstärke [mA]

#### 3.2 T-Reflex

##### Ergebnisse und Diskussion

3.2.1. Ergänzen Sie in Abb. 2 die Lage der EMG-Elektroden und zeichnen Sie den Reflexbogen ein! Beschriften Sie dessen Elemente.



**Abbildung 2:** T-Reflex

3.2.2. Zeichnen Sie eine typische Registrierkurve ab und markieren Sie die Latenzzeit:

3.2.3. Wie groß ist die Reflexzeit (auch als Latenzzeit bezeichnet) vom Probanden? Der Abstand von zwei Punkten auf der X-Achse (Zeit) beträgt 10 ms. Die Messung beginnt automatisch bei Kontakt des Hammers mit der Sehne.

3.2.4. Wie unterscheidet sich die Reflexantwort bei unterschiedlich dosierten Hammerschlägen?

- leichter Schlag auf die Sehne:
- mäßiger Schlag auf die Sehne:
- starker Schlag auf die Sehne:

Womit ist dieses Beobachtungsergebnis zu begründen?

### 3.3 H-Reflex

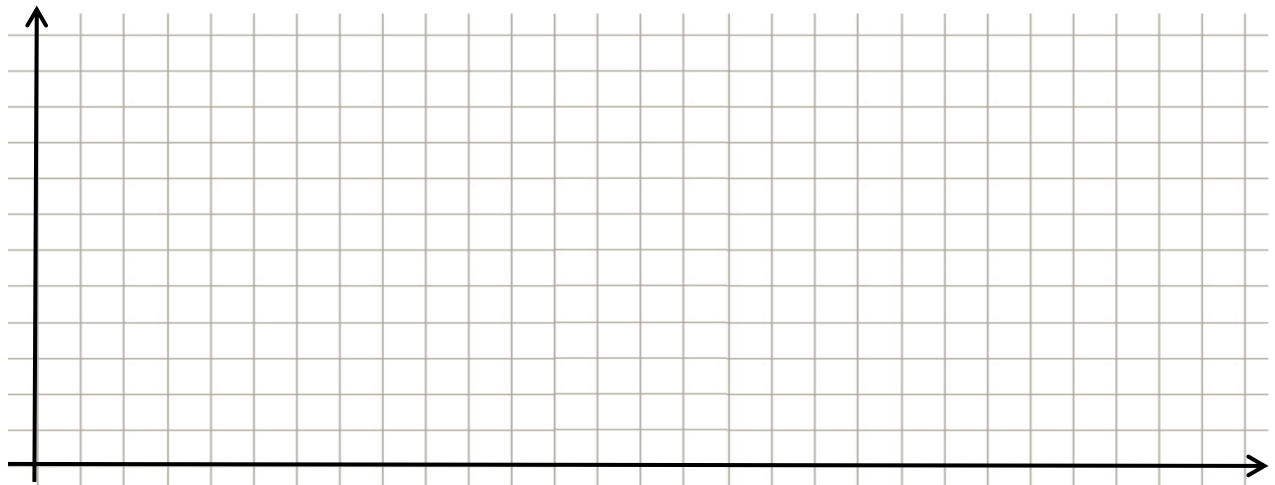
#### Ergebnisse und Diskussion

3.3.1. Ergänzen Sie in Abb. 3 die Lage der EMG-Elektroden, der Reizelektroden und zeichnen Sie den Reflexbogen ein! Beschriften Sie dessen Elemente.



**Abbildung 3:** H-Reflex

3.3.2. Zeichnen Sie ein Diagramm, das die Höhe der H- und M-Antworten in Abhängigkeit von der Reizstärke darstellt (ähnlich Abb. 1 rechts).



3.3.3. Wie groß ist ca. die Latenzzeit (Reflexzeit)?

H-Antwort:

M-Antwort:

3.3.4 Welche Vorgänge tragen zur Latenzzeit bei:

H-Welle:

M-Welle:

3.3.5 Was sind die Hauptgründe für die unterschiedlichen Reflexantworten bei zunehmender Reizintensität? Warum nimmt die M-Antwort bei steigender Reizintensität zu und die H-Antwort ab?

3.3.6 Bei einer Pathologie mit Demyelinisierung der Axone und Neuronenverlust können die Latenzzeiten der M- und H-Antwort deutlich variieren, und manchmal kann kein eindeutiger H-Reflex gemessen werden. Wie können Sie mit dem EMG eindeutig feststellen, ob es sich bei einer Antwort um eine M- oder H-Antwort handelt? (Tipp: die zeitliche Komponente hilft hier nichts. Allerdings: bei hochfrequenter Stimulation (z.B. 50Hz) zeigt die neuromuskuläre Endplatte im Vergleich zu propriozeptorischen Synapsen keine/kaum Depression.)

3.3.7 Was ist die häufigste Ursache für ein von der Erwartung abweichendes Ergebnis (z.B. M-Antwort erscheint bei niedrigerer Intensität als H-Reflex)?