

Tierphysiologischer Kurs für Bioinformatiker

Versuch A – Nervenphysiologie

Gruppe B2a

Matthias Hannig, Stephan Körner, Thomas Holder

Dienstag, 15. März 2005



Die folgende Versuchsreihe beschäftigt sich mit den elektrophysiologischen Grundlagen der Reizweiterleitung am lebenden Vertebratennerv. Die Nervenzelle ist im Gegensatz zu anderen Körperzellen elektrisch erregbar, sie antwortet bei hinreichend starker intrazellulärer Depolarisation mit einer Permeabilitätsänderung der Zellmembran für bestimmte Ionen. Dieses Verhalten löst einen Zyklus aus, der den Reiz als Aktionspotential über die Zellmembran hinweg weiterleitet.

Bei dem im Versuch untersuchten Vertebratennerv handelt es sich um den *Nervus ischiadicus* des *Krallenfrosches* (*Xenopus spec.*).

Erstellt mit L^AT_EX 2_ε und GNUPlot

Inhaltsverzeichnis

1	Übungen zum Kennenlernen des Reizgerätes und des Oszilloskops	3
2	Passive Eigenschaften der Nervenzellmembran	4
2.1	Einleitung	4
2.2	Methode	4
2.3	Ergebnis	5
3	Messung des Reizartefakts	7
3.1	Einleitung	7
3.2	Methode	7
3.3	Ergebnisse	7
3.4	Diskussion	7
4	Ableitung eines fortgeleiteten diphasischen Summenaktionspotentials bei unterschiedlichen Reizstärken	9
4.1	Einleitung	9
4.2	Methode	9
4.3	Ergebnisse und Diskussion	9
5	Bestimmung der Geschwindigkeit der Erregungsleitung	11
5.1	Einleitung und Methode	11
5.2	Ergebnisse und Diskussion	11
6	Bestimmung der Refraktärzeit beim Froschnerven	13
6.1	Einleitung	13
6.2	Methode	13
6.3	Ergebnis	13
6.4	Diskussion	14
7	Umwandlung des diphasischen SAPs in ein monophasisches SAP	16
7.1	Einleitung	16
7.2	Methode	16
7.3	Ergebnis	16
7.4	Diskussion	16
8	Leitungsanästhesie am peripheren Nerven	18
8.1	Einleitung	18
8.2	Methode	18
8.3	Ergebnisse und Diskussion	18
	Literatur	20

1 Übungen zum Kennenlernen des Reizgerätes und des Oszilloskops

Die für diese Versuchsreihe notwendigen elektrischen Geräte waren ein analoges Oszilloskop und ein Reizgerät, welches Rechteckimpulse erzeugen kann. Der Ausgang des Reizgeräts war zum einen an der Reizelektrode für den Nerv, und zum anderen direkt am Oszilloskop angeschlossen. Außerdem waren Oszilloskop und Reizgerät durch eine weitere Leitung zum externen triggern des Oszilloskops verbunden. Der zweite Eingangskanal des Oszilloskops war an der Ableitelektrode angeschlossen. Von den vielen abenteuerlichen Knöpfen an den beiden Geräten waren für uns folgende relevant:

Am Reizgerät:

- Potentiometer zum regulieren der Reizamplitude
- Knopf zum erzeugen von Reizen (mit vordefinierter Reizzeit von $200\mu s$)
- Umschalter für Einzel- und Doppelreize

Am Oszilloskop:

- Drehknopf zum verstellen der horizontalen Zeitachse
- Drehknöpfe für die vertikale Spannungsskala für Kanal 1 und 2
- Drehknöpfe zum vertikalen justieren der Null-Position für Kanal 1 und 2, so dass diese sich nicht überlagern

Abbildung 1 zeigt unsere ersten spielerischen Erfolge mit diesen kuriosen Geräten.

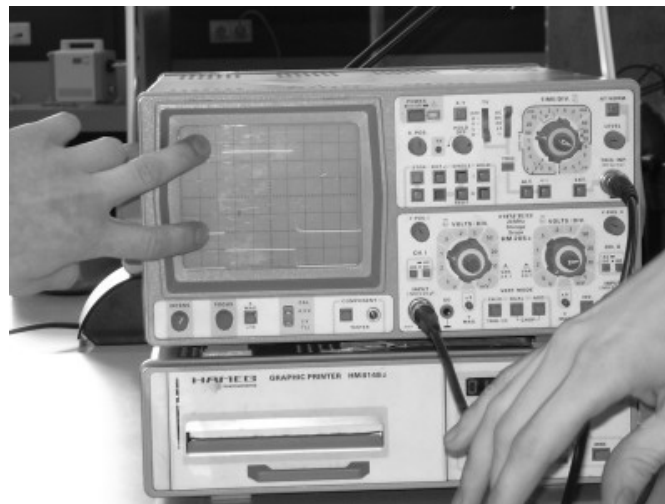


Abbildung 1: Juhu! es tut...

2 Passive Eigenschaften der Nervenzellmembran

2.1 Einleitung

Zur Bestimmung der passiven Eigenschaften einer Nervenzellmembran arbeiteten wir mit einem Modell (siehe Abb. 2) welches die natürlichen physikalischen Eigenschaften eines Axons simuliert. Das Ziel dieses Versuch ist die Bestimmung der Längskonstante λ , sowie der Zeitkonstante τ .

Die **Membranlängskonstante** λ ist definiert als der Abstand vom Reizort, in welchem die Potentialdifferenz zum Ruhepotential noch ca. 37% (genau: e^{-1}) der Potentialdifferenz am Reizort entspricht.

Die **Membranzeitkonstante** τ ist definiert als die Zeitdauer, nach welcher gemessen vom Reizbeginn an ca. 63% (genau: $1 - e^{-1}$) der endgültigen Potentialänderung im jeweiligen Membranabschnitt erreicht ist.

Beantwortet werden sollten auch die Fragen, welche Auswirkungen die Zeitkonstante auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit hat, sowie bis zu welchem maximalen Abstand vom Reizort in diesem Modell ein Aktionspotential ausgelöst werden würde.

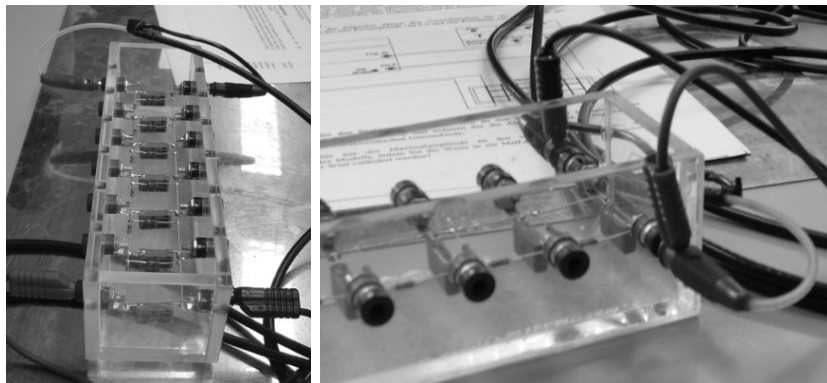


Abbildung 2: Modell eines Axons

2.2 Methode

Bei dem hier verwendeten Modell mussten der Innenwiderstand r_i , der Membranwiderstand r_m und die kapazitiven Eigenschaften der Axonmembran (c_m) simuliert werden. Der Membranwiderstand steht für Ionenkanäle in der Membran und der Innenwiderstand für das mit Cytoplasma gefüllte Axoninnere. Das Modell bestand aus 6 identischen Einheiten, welche auf der „Innenseite“ mit „Längswiderständen“ (ohmsche Widerstände), und auf der „Außenseite“ direkt mit Draht verbunden in Reihe geschaltet waren, so dass in unterschiedlichen Abständen zum Reizort abgeleitet werden konnte. Eine einzelne

Einheit bestand aus einem Kondensator und „Ionenkanälen“ (auch ein ohmscher Widerstand) welche parallel geschaltet waren und zu beiden Seiten Buchsen zum Anschließen der Elektroden hatten.

Das Modell wurde an einem Reizgerät angeschlossen. Dessen Ausgang wurde auch an das Oszilloskop angeschlossen. An dem Modell konnte dann an den sechs verschiedenen Messpunkten abgeleitet werden und die jeweiligen Amplituden mit Hilfe des Oszilloskops aufgezeichnet werden. Der Reiz hatte eine Amplitude von 5 Volt und die Reizdauer betrug 200ms.

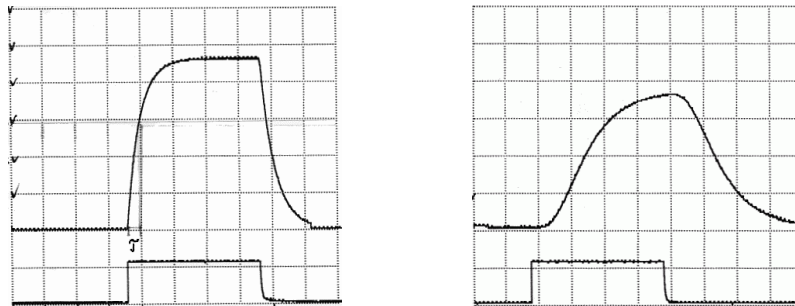


Abbildung 3: Ausdruck Messpunkt 0 und 5
 Links: [Zeitachse: 50ms; Ch1: 1V; Ch2: 5V]
 Rechts: [Zeitachse: 50ms; Ch1: 20mV; Ch2: 5V]

Tabelle 1: Bestimmung der Membranlängskonstanten λ

Messpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Abstand [cm]	0	3	6	9	12	15	18
Amplitude [V]	5	2,4	0,8	0,34	0,14	0,06	0,03

2.3 Ergebnis

Die Ergebnisse der einzelnen Messpunkte können aus Tabelle 1 entnommen werden. Die Längskonstante konnte dann mit Hilfe der Messwerte und einem MATLAB® Skript berechnet werden. Das Programm errechnete für unsere Versuchsreihe eine *Längskonstante* von 45,74 mm. Da der erste Messwert jedoch stark „aus der Reihe tanzt“, und vermutlich ein Messfehler ist, liegt die Konstante wohl eher bei 32,74 mm.

Dies wird plausibel, indem man in das Schaubild zusätzlich zu den gemessenen Werten eine entsprechend skalierte natürliche Exponentialfunktion einzeichnet, diese stimmt nämlich mit den Messpunkten 6 bis 18 ziemlich exakt überein! Des weiteren ergaben die Messwerte, dass bis zu dem maximalen Abstand von ca. 8 cm (interpolierte Kurve) ein *Aktionspotential* ausgelöst worden wäre, sofern der Schwellwert 0,4 V betragen hätte. Denn danach fällt die Amplitude auf 0,34 Volt und der Schwellwert würde nicht mehr überschritten werden.

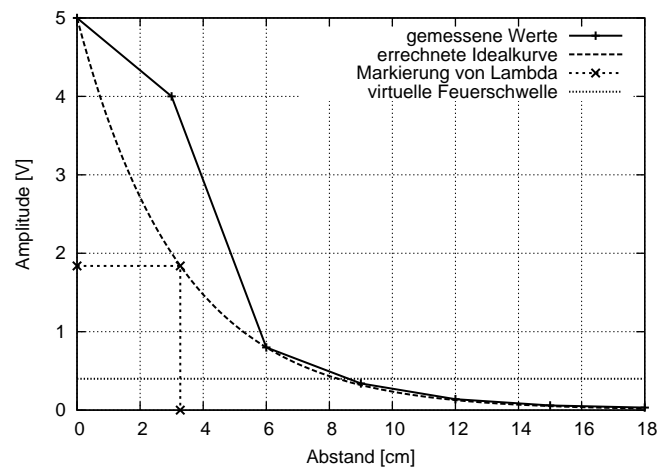


Abbildung 4: Bestimmung der Membranlängskonstanten λ

Zur Bestimmung der Zeitkonstante aus Messpunkt 1 wurde zuerst die maximale Amplitude aus dem Schaubild abgelesen. Diese betrug 4,7 V. 63% von dieser Amplitude sind dann noch 2,96 V. In dieser Messung wurde dieser Wert nach 15 ms erreicht was bedeutet, die *Membranzeitkonstante* beträgt 15 ms. Aus der Zeitkonstante ergibt sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Reizes in einem Neuron. Je kleiner die Zeitkonstante ist desto schneller ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Reizes innerhalb eines Axons. Je kleiner die Längskonstante ist, desto schneller flachen die Signale mit zunehmender Entfernung ab.

3 Messung des Reizartefakts

3.1 Einleitung

Um in den nachfolgenden Versuchen, am lebendigen Nerv des Frosches, die Ergebnisse richtig deuten zu können, müssen wir uns darüber im klaren sein, dass eine Messapparatur, durch den Versuchsaufbau bedingte "Eigenfehler" hervorbringen kann. Im Falle der Ableitung eines Summenaktionspotentials (SAP), sind dies so genannte *Reizartefakte*. Deren Entstehung und Bedeutung soll in folgendem Versuch geklärt werden.

3.2 Methode

Ein mit *Ringerlösung* befeuchteter Bindfaden wird in die Ableitkammer gelegt, auf die selbe Art und Weise wie in nachfolgenden Versuchen der Nerv des Frosches. Mit selbiger wird das Reizgerät, sowie über einen Verstärker mit 50-facher Verstärkung, das Oszilloskop verbunden (Versuchsaufbau vgl. Abb. 5).

Nun wird ein Reiz in Form einer Rechteckspannung mit einer Amplitude von 5V und einer Dauer von $200\mu\text{s}$ auf den Bindfaden gegeben.

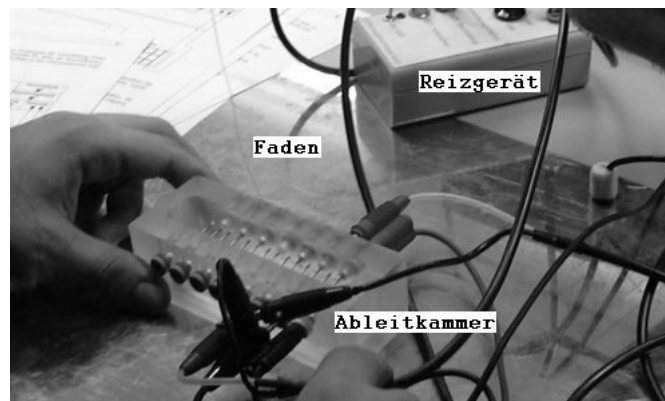


Abbildung 5: Versuchsaufbau mit der Ableitkammer und dem Faden (schlecht zu sehen, wird gerade eingelegt), welcher später durch das herauspräparierte Nervenbündel ersetzt wurde

3.3 Ergebnisse

Auf dem Oszilloskop ist beim Einschalten und Ausschalten des Reizes jeweils zeitgleich ein Ausschlag zu sehen (Abb. 6).

3.4 Diskussion

Aufgrund der Tatsache, dass sich in der Ringerlösung freibewegliche Ionen befinden, sind Reizelektrode, sowie Messelektroden elektrisch miteinander verbunden. Die Fortleitung des Stromes erfolgt in diesem Falle rein elektrisch, durch Ionenwanderung, mit nahezu

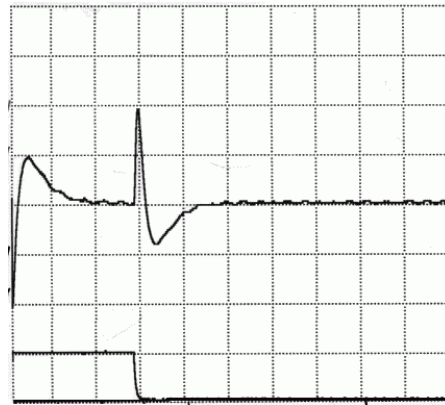


Abbildung 6: Reizartefakt [Zeitachse: $70\mu s$; Ch1: 100mV; Ch2: 5V]

Lichtgeschwindigkeit. Dadurch kommt es zu einer zeitlich versetzten Potenzialdifferenz an den Messelektroden. Dieses Ereignis erfolgt aber im Gegensatz zum abgeleiteten Summenaktionspotenzial (SAP) fast zeitgleich mit dem Auslösen des Reizes. Das SAP hingegen ist aufgrund der Art der Reizweiterleitung langsamer und tritt daher erst später auf dem Oszilloskop in Erscheinung. Darüber hinaus sind die Reizartefakt-Amplituden wesentlich kleiner als die eines SAP.

4 Ableitung eines fortgeleiteten diphasischen Summenaktionspotentials bei unterschiedlichen Reizstärken

4.1 Einleitung

Ein einzelnes Axon leitet ein Signal nach dem „Alles–oder–Nichts Prinzip“ weiter. Das experimentelle Ableiten einer einzelnen Nervenfasers – insbesondere das intrazelluläre Ableiten – ist sehr kompliziert. Einfacher ist es, die Reizweiterleitung extrazellulär an einem ganzen Nervenbündel abzuleiten, man erhält ein so genanntes Summenaktionspotential (SAP). Im Gegensatz zum einzelnen Axon ist die Amplitude des SAPs abhängig von der Reizstärke was dadurch zu erklären ist, dass in Abhängigkeit von der Reizstärke nur ein Teil der Nervenfasern erregt wird. Im Versuch sollte nun die Minimal- und Maximalreizamplitude ermittelt werden, also die Reizstärke, ab der überhaupt die ersten Nervenfasern erregt werden und die Reizstärke, ab der sämtliche Nervenfasern erregt sind.

4.2 Methode

Im Versuch wird nun der Bindfaden aus Aufgabe 2 durch das zuvor aus dem Froschschenkel heraus präparierte Nervenbündel (Nervus ischiadicus) ersetzt. Die Apparatur selbst bleibt bis auf sinnvolle Anpassungen von Zeit- und Reizamplitudenachse am Oszilloskop unverändert.

Am Nerven liegen zwei Elektroden im Abstand von einem halben Zentimeter an, eine für den eingehenden Reiz und eine zum ableiten der Antwort. Nun wird der Nerv mit einer Reihe von Einzelreizen gereizt, wobei die Reizspannung langsam und schrittweise von 0V an erhöht wird, bis keine Amplitudenerhöhung der Antwort mehr zu erkennen ist. Sämtliche Zwischenergebnisse werden in einer Tabelle notiert (Tabelle 2). Über den an das Oszilloskop angeschlossenen Drucker können Ausdrücke von Momentaufnahmen gemacht werden (vgl. Abb. 7).

4.3 Ergebnisse und Diskussion

Beim langsamen Steigern der Reizintensität traten vor allem im unteren Bereich (weniger als ein Volt) noch erhebliche Schwankungen auf, was durch Messungenauigkeiten und/oder auch durch ungleichmäßiges Zugeben von Ringerlösung zu erklären ist. Im weiteren Verlauf war aber deutlich eine annähernd lineare Zunahme der Antwort zu erkennen, bis ein Grenzwert von 170mV erreicht war, der offensichtlich nicht überschritten werden konnte. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der kompletten Messreihe, Abb. 7 stellt die selbe Information als Schaubild dar, in welchem die Reizamplitude gegen die SAP Amplitude aufgetragen wurde. Abb. 8 zeigt den Ausdruck eines typischen SAPs. Als Grenzwerte konnten wir folgende Zahlen festhalten:

	Reiz	Antwort
Schwellenreizstärke:	0.28V	40mV
Maximalreizstärke:	2.7V	170mV

Tabelle 2: Amplitude des SAPs in Abhängigkeit von der Reizamplitude

Reiz [V]	0.28	0.35	0.4	0.55	0.7	0.92	1.04	1.4	1.7	2.0	2.25	2.7	3.2
SAP [mV]	40	55	45	45	50	55	57	105	120	140	150	170	170

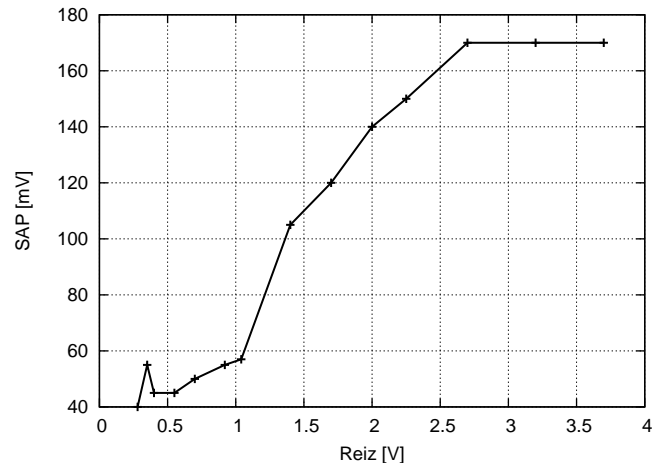


Abbildung 7: Amplitude des SAP in Abhängigkeit von der Reizamplitude

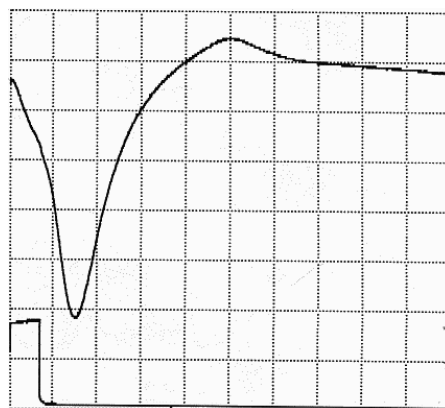


Abbildung 8: Ein typisches Summenaktionspotential (SAP)
[Zeitachse: $300\mu s$; Ch1: 200mV; Ch2: 2V]

5 Bestimmung der Geschwindigkeit der Erregungsleitung

5.1 Einleitung und Methode

Unter der Annahme, dass sich das Aktionspotential mit konstanter Geschwindigkeit ausbreitet, kann aus zwei Messwerten, die in unterschiedlichem Abstand zur Reizquelle ermittelt wurden, die Weiterleitungsgeschwindigkeit errechnet werden. Die Rechnung ist ein einfacher Dreisatz bei dem man lediglich die Zeit- und Streckendifferenz entsprechend umrechnen muss. Gereizt wird mit Maximalreizstärke.

5.2 Ergebnisse und Diskussion

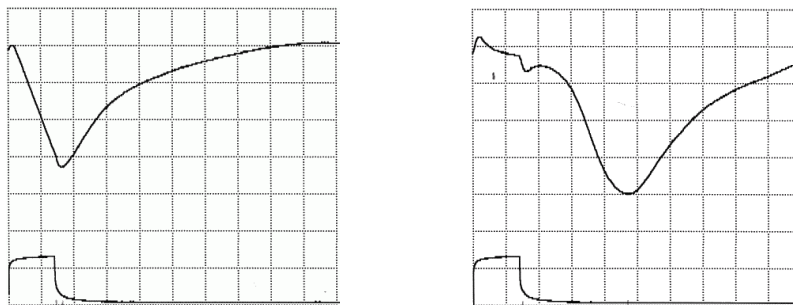


Abbildung 9: Zwei Aktionspotentiale, welche in unterschiedlichem Abstand zur Reizquelle abgeleitet wurden.

Links: Reiznah [Zeitachse: $150\mu s$; Ch1: 500mV; Ch2: 2V]

Rechts: Reizfern [Zeitachse: $150\mu s$; Ch1: 200mV; Ch2: 2V]

Abb. 9 zeigt die beiden unterschiedlichen Messungen, links Reiznah und rechts Reizfern. Die Streckendifferenz betrug 1cm. Den Graphiken kann man eine Zeitdifferenz von 0,3ms entnehmen. Somit errechnen wir:

$$V_{Nervus\ ischiadicus} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10mm}{0,3ms} = 33,3 \frac{m}{s}$$

Tabelle 3 ist einem Lehrbuch für Tierphysiologie entnommen und zeigt eine Klassifizierung verschiedener Froschnervenfasern nach Durchmesser und Leitungsgeschwindigkeit. Im Vergleich mit unseren eigenen Messwerten können wir somit schließen, dass der Nervus ischiadicus beim Frosch überwiegend aus $A\alpha$ und $A\beta$ Fasern besteht.

Tabelle 3: Klassifizierung von Froschnervenfasern nach Durchmesser und Leitungsgeschwindigkeit (Quelle: [ECKERT 1993, Seite 156])

Faserklasse	Faserdurchmesser (μm)	Leitungsgeschwindigkeit (m/s)
A α	18,5	42
β	14,0	25
γ	11,0	17
B	–	4,2
C	2,5	0,4–0,5

6 Bestimmung der Refraktärzeit beim Froschnerven

6.1 Einleitung

Bei der Reizung eines Nervs kann man beobachten, dass es einen zeitlichen Mindestabstand zwischen zwei Aktionspotentialen gibt. Die Refraktärzeit. Diese Zeitspanne ist eingeteilt in *absolute* und *relative Refraktärzeit*. Während der absoluten RZ können überhaupt keine Aktionspotentiale entstehen. Während der relativen RZ können wieder Summenaktionspotentiale am Nerv abgeleitet werden. Deren Amplitude ist, bei gleicher Reizamplitude, kleiner.

6.2 Methode

Auf den sich in der Ableitkammer befindlichen Froschnerv wird ein Doppelreiz gegeben. Der Doppelreizabstand ist variabel. Jener wird am Anfang auf 7,5ms eingestellt. Nun werden Doppelreize auf den Froschnerv gegeben. Nach jeder Reizung wird der Doppelreizabstand systematisch verkürzt. So lange, bis das zweite Summenaktionspotenzial kleiner ist als das Erste. Die Schwelle der Absoluten Refraktärzeit ist erreicht. Danach wird der Doppelreizabstand weiter verkürzt, bis das zweite SAP nicht mehr existent ist. Die Schwelle zur absoluten Refraktärzeit ist erreicht.

6.3 Ergebnis

Tabelle 4: Amplitude des zweiten SAPs in Relation zum Reizabstand

Reizabst. [ms]	0,44	0,75	1,8	2,3	3,0	5,0	6,6
SAP [mv]	0	200	600	800	820	1000	1000
	absolute →	←	relative	→	←	keine	

Die Messung führte uns zu folgendem Ergebnis:

- Dauer der Refraktärzeit: ca. **3,0 ms**
- Dauer der *absoluten* Refraktärzeit: ca. **0,55ms**
- Dauer der *relativen* Refraktärzeit: ca. **2,45ms**

Dass das abgeleitete Summenaktionspotential während der relativen Refraktärzeit in seiner Amplitude geringer ausfällt, hat folgende Ursachen:

- Noch nicht alle Axone des Nervs sind bereits aus der absoluten Refraktärzeit heraus.
- Die Amplituden der einzelnen Aktionspotenziale während der relativen Refraktärzeit sind vermindert.

Aufgrund der Tatsache, dass der Nerv seine Refraktärzeit bei ca 3ms beendet, können ca. 333 Aktionspotenziale sicher pro 1000 ms weitergeleitet werden.

⇒ maximal Reizfrequenz $\approx 333\text{Hz}$.

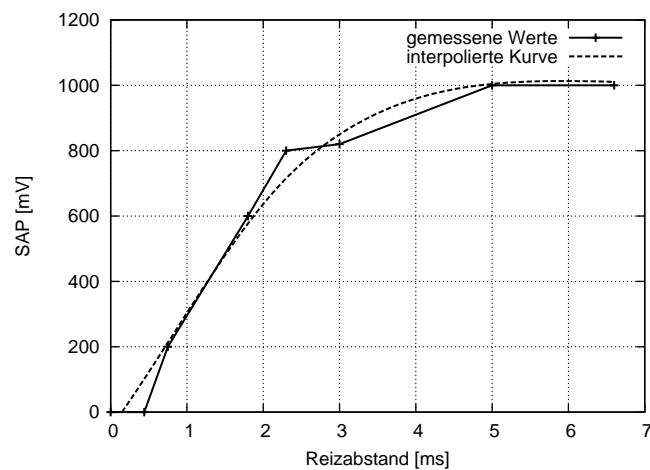


Abbildung 10: Amplitude des zweiten SAPs in Relation zum Reizabstand

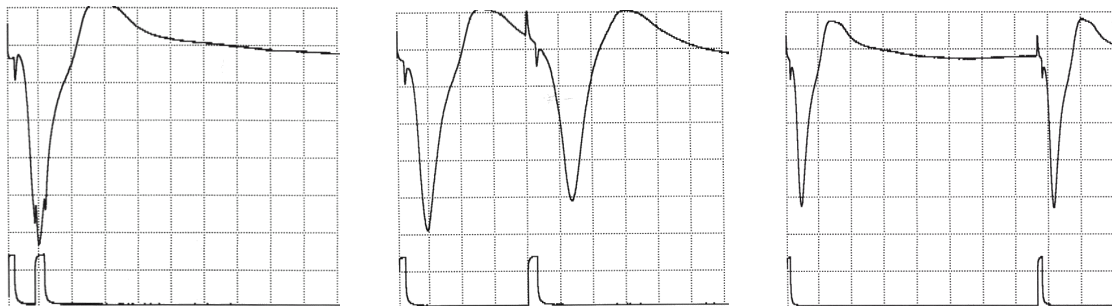


Abbildung 11: Doppelreizableitung 1: während der absoluten, 2: während der relativen und 3: nach der Refraktärzeit
[Zeitachse: 1ms; Ch1: 200mV; Ch2: 2V]

6.4 Diskussion

Deutlich zu erkennen war, dass das Summenaktionspotential während der Refraktärzeit immer mehr abnimmt (relative Refraktärzeit), bis es schließlich ganz verschwindet (absolute Refraktärzeit, bis 0,55ms).

Ursache für die Refraktärzeit sind Aufbau und Funktionsweise der spannungsgesteuerten Na^+ Kanäle in der Axonmembran. Diese Kanäle haben zwei „Tore“, welche den Kanal verschließen können. Im Ruhezustand ist das erste Tor geschlossen, und das zweite offen. Wird nun durch überschreiten der Schwelle der Hodgkin-Huxley Zyklus ausgelöst, öffnet das erste Tor, die Permeabilität für Na^+ steigt. Durch die starke Depolarisation wird der Kanal jedoch durch das zweite Tor nach sehr kurzer Zeit wieder geschlossen. Dieses Tor öffnet erst wieder bei einem bestimmten Hyperpolarisationsgrad, solange es geschlossen ist, ist das erste Tor wirkungslos und ein eingehendes Aktionspotential hat keine Auswirkung auf den Kanal. Da nicht alle Kanäle ihr zweites Tor beim selben Hyperpolarisationsgrad wieder öffnen, ergibt sich eine Übergangszeit, in welcher

keine vollwertigen Aktionspotentiale ausgelöst werden können, die relative Refraktärzeit.

R. ECKERT weicht in [ECKERT 2002] mit seiner Erklärung dieses Phänomens von anderen Quellen ab. Er schreibt, die Refraktärzeit wäre dadurch zu erklären, dass ein Teil des erregenden Stromes durch K^+ -Kanäle über die Membran aus der Zelle heraus fließt, und nicht den Membrankondensator umlädt. Folglich depolarisiert lediglich der Rest des Stromes die Membran; der depolarisierende Effekt ist also kleiner als unter Ruhebedingungen.

Die Amplituden der Aktionspotenziale innerhalb der relativen Refraktärzeit fallen geringer aus. Das lässt sich dadurch erklären, dass es bereits während des Aufstrichs des APs ein K^+ -Auswärtsstrom durch die aktivierten K^+ -Kanäle gibt. Der Netto-Einwärtsstrom und die aus ihm resultierende Depolarisation sind somit vermindert (vgl. [ECKERT 2002, Kap. „Ionen und Erregung“]).

7 Umwandlung des diphasischen SAPs in ein monophasisches SAP

7.1 Einleitung

Aufgrund der Tatsache, dass das Summenaktionspotential am Nerv entlang über zwei Messelektroden wandert werden diese zeitversetzt jeweils gegenüber der anderen Elektrode negativ. Um nun aus diesem *diphasischen* SAP ein *monophasisches* zu machen, muss also dafür gesorgt werden, dass der Reiz die zweite Ableitelektrode nicht mehr erreichen kann.

7.2 Methode

Der Nerv wird vor der zweiten Ableitelektrode mit einer Pinzette stark gequetscht. Dadurch wird erreicht, dass an dieser Stelle die Reizweiterleitung in allen Axonen des Nerven irreversibel unterbunden wird.

7.3 Ergebnis

Abbildung 12 zeigt links ein gewöhnliches diphasisches SAP. Nach der Quetschung des Nerven ist Rechts deutlich das Fehlen der zweiten Phase zu erkennen.

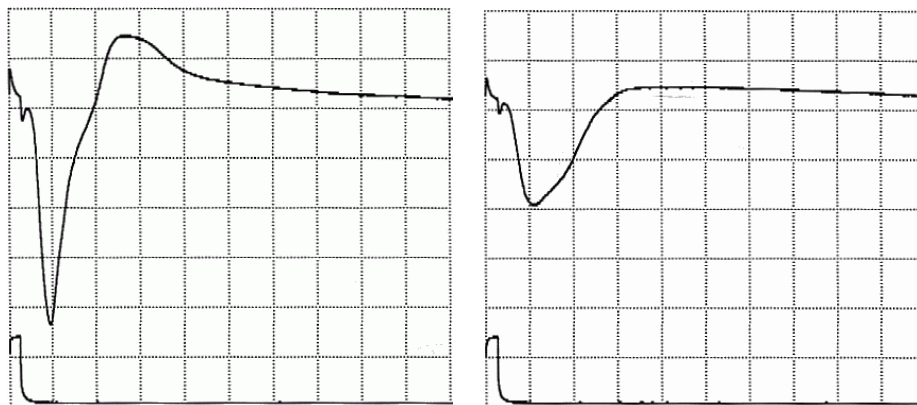


Abbildung 12: Ein diphasisches und ein monophasisches SAP im Vergleich
[Zeitachse: 0,5ms; Ch1: 0,2V; Ch2: 2V]

7.4 Diskussion

Es treten deutlich drei Unterschiede hervor:

- Es fehlt die zweite Amplitude
- Die Amplitude des SAPs ist kleiner
- Die Phase ist länger

Der wohl am deutlichsten hervortretende Unterschied, das fehlen der zweiten Phase ist einfach erklärt: Aufgrund der Tatsache, dass der Reiz nicht mehr über die gequetschte Stelle wandern kann (der Nerv ist an dieser Stelle geschädigt), wird die zweite Ableitelektrode nicht mehr erreicht. Daraus folgt dass diese nicht mehr durch ein SAP gegenüber der Ersten negativ werden kann. Wir sehen folglich nur die Phase an der ersten Ableit-elektrode. Das Signal ist nun monophasisch!

Die verlängerte Dauer der Phase kann man dadurch erklären, dass es jetzt nicht mehr zu einer Überlagerung der beiden Phasen kommt.

Warum die Phase überhaupt kleiner ist, konnten wir nur vermuten. Eine von mir (Thomas Holder) formulierte Überlegung, die elektrotonische Ausbreitung zur zweiten Litze sei wegen dem erhöhten Längswiderstand an der Quetschstelle gebremst und würde sich somit auf die Maximalamplitude auswirken, würde ich zwischenzeitlich schon wieder als falsch deklarieren. Ein erhöhter Widerstand zwischen den Litzen müsste rein physikalisch betrachtet eher einen größeren Spannungsabfall zwischen den Litzen verursachen. Plausibler finde ich die Argumentation, dass das Teilweise Zerstören der Nervenfasern deren Kapazität für Ionen verringert, und somit beim Öffnen der Ionenkanäle überhaupt nicht mehr so viel Na^+ ins Zellinnere fließen kann, und somit die Hyperpolarisation im Extrazellulärbereich auch nicht mehr so groß ausfällt wie zuvor. Soviel zu meinen Überlegungen, eine exakte Verifikation dieser Sachlage war im Versuch nicht vorgesehen.

8 Leitungsanästhesie am peripheren Nerven

8.1 Einleitung

In dieser Aufgabe wollen wir beobachten, wie sich der Nerv verhält, wenn er mit einer bestimmten Chemikalie behandelt wurde. In unserem Fall Xylocain und Äther. Da aber Xylocain irreversible ist, worauf ich später noch zu sprechen komme, und auch Äther im Normalfall den Nerv unbrauchbar macht, konnte hier nur ein Gift pro Nerv angewendet werden. In unserem Fall Äther. Xylocain wird heutzutage in der Zahnmedizin angewandt und dient als lokal Anästhetikum. Da aber nur der lebende Organismus Xylocain wieder abbauen kann, war das Gift für unseren Nerven irreversibel. Xylocain verstopft die spannungsgesteuerten Na^+ -Kanäle und verhindert somit, dass ein Aktionspotential ausgelöst werden kann. Äther hingegen wirkt gegen alle Kanäle aber reversibel. Es lagert sich in die Lipidmembran ein und drückt somit die Membrankanäle zusammen, die sich deswegen nicht mehr öffnen können.

8.2 Methode

Ein mit Äther getränktes Stück Taschentuch wird über den Nerv gelegt (kein direkter Kontakt), und die Ableitkammer mit einem Deckel verschlossen. Nun wird ohne Zeitverzögerung eine Messreihe gestartet, bei welcher im Abstand von 10 Sekunden Reize auf den betäubten Nerv gegeben werden, bis der Nerv keine aktive Antwort mehr produziert.

8.3 Ergebnisse und Diskussion

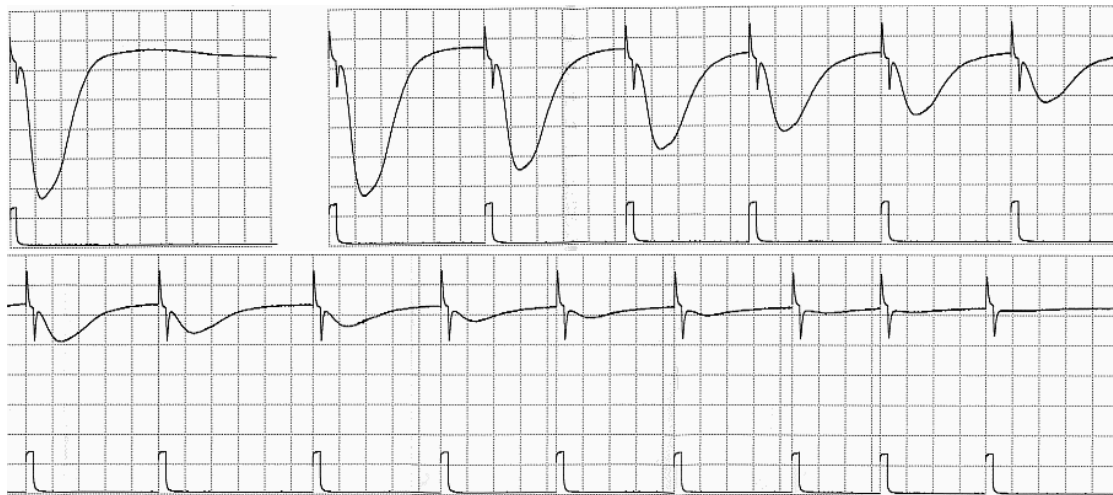


Abbildung 13: Erstes SAP: Reizung ohne Betäubung. Restliche SAPs: Reizung im 10-Sekundentakt nach Betäubung mit Äther.
[Zeitachse: $500\mu s$; Ch1: 0,1V; Ch2: 2V]

Tabelle 5: Erregbarkeitsabnahme in den zwei Minuten nach der Betäubung (Siehe auch Abb. 14)

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeit [s]	0	10	20	30	40	50	60	70
Amp [mV]	500	490	390	330	260	200	160	110
Messung	9	10	11	12	13	14	15	16
Zeit [s]	80	90	100	110	120	130	140	150
Amp [mV]	90	70	50	40	20	10	0	0

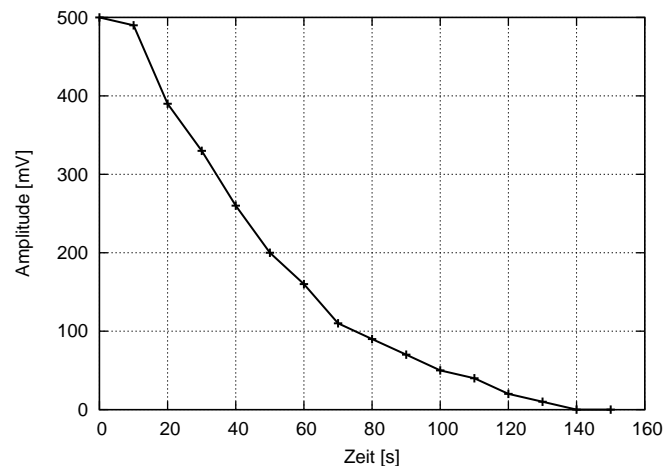


Abbildung 14: Erregbarkeitsabnahme in den zwei Minuten nach der Betäubung

Es zeigt sich deutlich wie immer mehr Kanäle verstopft werden und die Amplitude aufgrund dessen immer kleiner wird, bis sie zum vollständigen Erliegen kommt. Da Äther eigentlich reversibel ist versuchten wir nach einer erneuten Behandlung mit Ringer-Lösung wieder ein Aktionspotential zu Tage zu fördern, aber dies blieb uns leider, obwohl der Tag bisher so erfolgreich verlaufen war, verwehrt.

Literatur

- [ECKERT 1993] ECKERT, ROGER (1993). *Tierphysiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2. Aufl.
- [ECKERT 2002] ECKERT, ROGER (2002). *Tierphysiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 4. Aufl.
- [KANDEL et al. 1995] KANDEL, ERIC R., J. H. SCHWARTZ und T. M. JESSELL (1995). *Neurowissenschaften, Eine Einführung*. Spektrum Akademischer Verlag.
- [Wikipedia] WIKIPEDIA. *Die freize Enzyklopädie*. Internet.
<http://de.wikipedia.org/wiki/>.