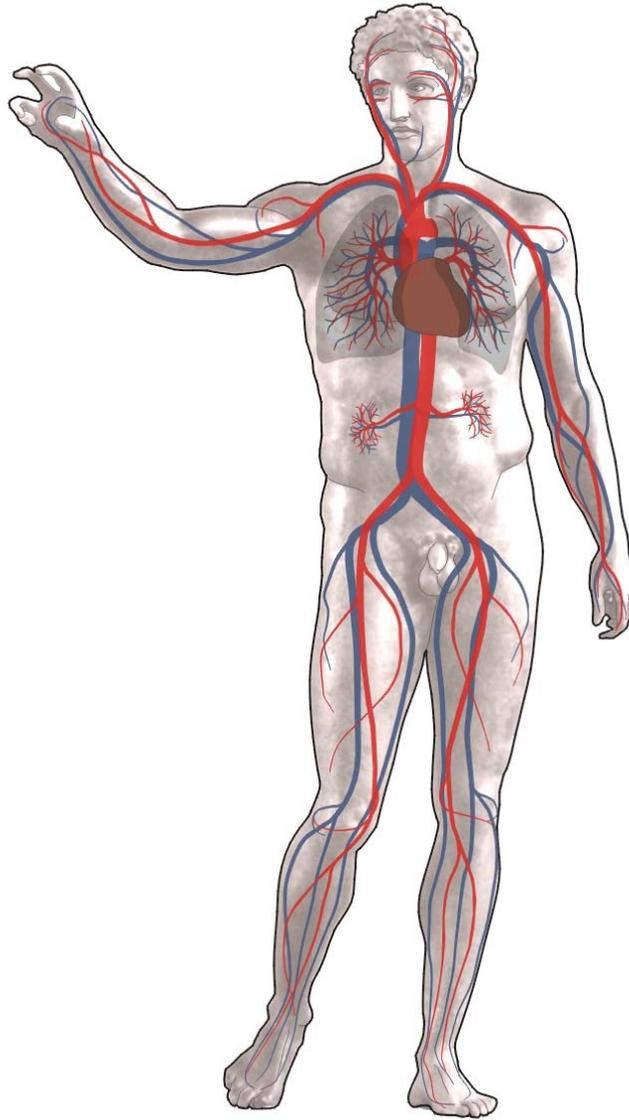


# Akustische Erfassung des menschlichen Blutstromes



**Wettbewerb "Jugend Forscht" 2010**

**Julia Ingwersen (17 Jahre)**

**Arbeitsgemeinschaft "Jugend Forscht"  
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg  
Leitung: StD Thomas Biedermann**

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| 1. Einleitung .....                                 | 3  |
| 2. Vorüberlegungen .....                            | 3  |
| 2.1 Blutstrom .....                                 | 3  |
| 2.2 Großer Kreislauf .....                          | 4  |
| 2.3 Aufbau einer Vene .....                         | 5  |
| 2.4 Gefäßwiderstand .....                           | 6  |
| 2.5 Autoregulation .....                            | 8  |
| 2.6 Nervöse Kontrolle der Gefäße .....              | 8  |
| 3. Beobachtungen .....                              | 9  |
| 3.1 Akustische Erfassung von Körpergeräuschen ..... | 9  |
| 3.2 Akustische Erfassung des Blutstroms .....       | 10 |
| 3.4 Akustische Erfassung der Herztöne .....         | 11 |
| 4. Auswertung .....                                 | 12 |
| 5. Veränderungen bis zum Wettbewerb .....           | 12 |
| 6. Zusammenfassung .....                            | 13 |
| 7. Danksagung .....                                 | 13 |
| 8. Verwendete Quellen .....                         | 14 |

## **1. Einleitung**

Die Suche nach einem neuen Jugend Forscht Projekt kann sich jedes Jahr wieder aufs Neue als kompliziert erweisen.

Bei der Suche nach dem richtigen Projekt kann es durch zu viele Ideen schon mal dazu kommen, dass man „den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sieht“.

Wichtig war mir vor allem, dass das Projekt meinen Interessen entgegenkommt. Es sollte ein Projekt sein, das sich mit der menschlichen Anatomie beschäftigt, da dies ein Themenbereich ist, für welches ich ein großes Engagement aufbringen kann. Ein grundlegendes Problem, das sich als Folge eines auf den menschlichen Körper gerichteten Projektes ergibt, besteht darin, dass kaum Versuche durchgeführt werden dürfen und damit die Möglichkeiten stark eingeschränkt sind.

Nach ausgiebiger Diskussion mit meinem Projektbetreuer kam ich letzten Endes zu einem Projekt, das dieses Hindernis umgeht und sich trotzdem intensiv mit der Anatomie des Menschen befasst. Bei diesem Projekt möchte ich mich mit der akustischen Erfassung unseres Blutstromes befassen.

## **2. Vorüberlegungen**

### **2.1 Blutstrom**

Unter dem Begriff „Blutstrom“ versteht man die Strömung des Blutes durch Gefäßsysteme. Diese Gefäßsysteme sind zum Beispiel Arterien, Venen oder auch Kapillare.

Den Antrieb für die Strömung liefert das Herz, welches dafür sorgt, dass das Blut in einem ständigen Blutkreislauf fließt. Hierbei unterscheidet man zwischen dem großen Kreislauf, dem Kreislauf des Körpers, und dem kleinen Lungenkreislauf, die Abläufe sind in beiden jedoch ungefähr gleich.

Nachdem das mit Sauerstoff angereicherte Blut aus dem Herzen hinausbefördert wurde und die Aortaklappen sich schließen, kommt der Blutstrom hinter den Klappen, welche den Rückfluss in das Herz hinein verhindern, für einen kurzen Moment zum Erliegen, bis es schließlich durch die Kraft der elastischen Aortawand erneut in Bewegung gesetzt wird.

Dabei nimmt die Geschwindigkeit der Strömung am Anfang stark zu und sinkt dann wieder bis auf einen konstanten Wert ab.

In großen Arterien ist zu beobachten, dass die Strömung parallel zum Blutdruck ansteigt (bis auf 100 cm/s) und bei erneutem Druckverlust in den Adern auf Werte nahe Null zurückfällt (vergl. Abb. 1).

Dabei kann es vorkommen, dass durch den Druckabfall die Blutstromgeschwindigkeit zeitweise auch Werte unter Null annimmt, was bedeutet, dass für sehr kurze Zeit ein In Richtung des Herzens gerichteter Fluss entstehen kann.

Allgemein gilt jedoch die Aussage, dass das Blut in den Gefäßen in einer laminaren Strömung fließt. Unter einer laminaren Strömung versteht man die Bewegung des Blutes ohne Turbulenzen, also ohne Verwirbelungen oder Querströmungen.

Direkt an den Gefäßwänden ist die Strömung sehr langsam. Dies liegt daran, dass die weniger fließfähigen Blutbestandteile, nämlich die Leukozyten und Thrombozyten, eher an den Wänden entlang strömen. Dahingegen befinden sich die sehr fließfähigen Erythrozyten in der Mitte des Gefäßes.

Außen und innen liegende Blutbestandteile schieben sich ineinander geschichtet vorbei, wobei die höchste Strömungsgeschwindigkeit stets dem zentralen Teil des Gefäßes zugeordnet werden muss.

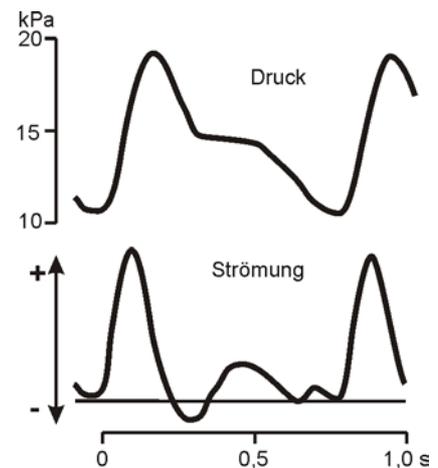


Abb. 1: Blutdruck und Strömungsgeschwindigkeit in der Arterie eines Menschen

## 2.2 Großer Kreislauf

Der Körper benötigt und verbraucht ständig sauerstoffreiches Blut. Um diesem Bedürfnis nachzukommen hat der Körper einen speziellen Kreislauf entwickelt, der die ständige und ausreichende Versorgung aller Körperregionen sicherstellt. Das sauerstoffarme Blut, auch venöses Blut genannt, gelangt von den verschiedenen Regionen des Körpers über große Venenstämmen zum rechten Vorhof. Von dort aus wandert das venöse Blut durch die A. pulmonalis in die Lunge. Dieser Vorgang wird auch als kleiner Lungenkreislauf bezeichnet. In der Lunge wird nun anschließend das Blut mit dem benötigten Sauerstoff angereichert.

Aufgrund dieser Anreicherung wird das Blut auch als arterialisiertes Blut bezeichnet, da nur sauerstoffreiches Blut über Arterien zurück in den Körper fließt.

Nach der Anreicherung gelangt das arterialisierte Blut über die Vv. Pulmonales in den linken Vorhof des Herzens. Die Aorta sorgt anschließend dafür, dass das Blut in den großen Kreislauf, dem Körperkreislauf geleitet wird. Kleine sowie große Arterien sorgen nun für die lebenswichtige Verteilung des sauerstoffreichen Blutes in den verschiedenen Körperregionen.

Die Arterien verzweigen sich in immer dünnere Gefäße und gehen schließlich in die Kapillaren über, welche für den Gas- und Stoffaustausch verantwortlich sind. Sie werden auch als Ort des Stoffaustausches bezeichnet. Durch Prozesse in den Körperzellen wird Sauerstoff verbraucht und das nun sauerstoffarme Blut über Venen wieder zurück zum Herzen geleitet, um dort eine erneute Anreicherung mit Sauerstoff sicher zu stellen.

Ein wichtiges System in dem großen Kreislauf ist das Pfortadersystem (s. Abb. 2, unteres Drittel). Hierbei strömt venöses Blut aus dem Magendarmtrakt der Milz in die Pfortader der Leber. Nahrungsbestandteile, die durch die Dünndarmschleimhaut aufgenommen wurden, befinden sich nun zusammen mit dem sauerstoffarmen Blut in der Pfortader der Leber. Hier werden unter anderem Stoffe wie Glykogen, eine Form des Kohlenhydrats, gespeichert.

Im Anschluss an die Pfortader strömt das Blut nun weiter durch die Lebervene (Vv hepaticae) und anschließend durch die untere Hohlvene (V. cava inferior). Die im Blut enthaltenen Nahrungsbestandteile gelangen nun mit in den kleinen Lungenkreislauf, wo das Blut erneut angereichert wird. Schließlich wird es durch den großen Kreislauf zu den Kapillaren gepumpt. Dort werden die Sauerstoff tragenden Bestandteile für Stoffwechselprozesse der Zellen benötigt.

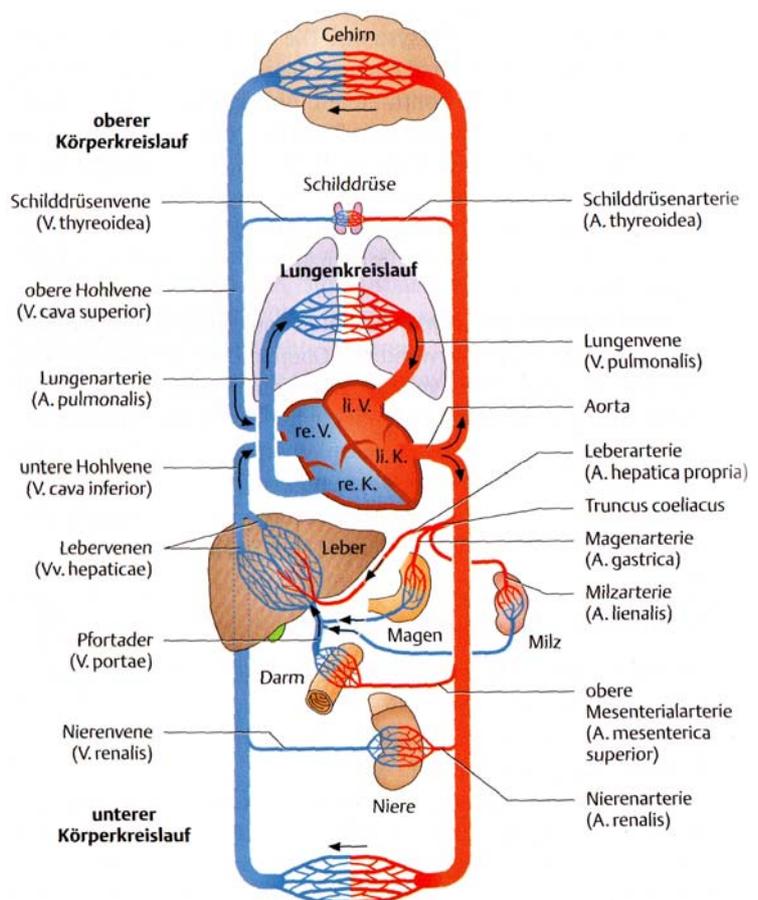


Abb. 2: Blutkreislauf eines Menschen

### 2.3 Aufbau einer Vene

Die grundlegende Aufgabe einer Vene ist der Transport des sauerstoffarmen Blutes in Richtung des Herzens. Dabei dient die Vene lediglich dem Bluttransport und nicht dem Stoffaustausch, sowie es bei arteriellen Kapillaren der Fall ist.

Drei Wandschichten stellen den Grundaufbau eines Blutgefäßes dar (s. Abb. 3). Die erste, innere Schicht ist die Tunica intima. Sie besteht aus einschichtigen platten Zellen, die auf einer dünnen Bindegewebeschicht liegen.

Darauf folgt die Tunica media, welche die zweite Schicht der Vene darstellt. Sie ist aus elastischen Fasern und glatter Muskulatur aufgebaut.

Als Abschlusschicht des Gefäßes dient die Tunica adventitia, welche zum größten Teil aus Bindegewebe besteht. In diesem Bindegewebe sind kleine Blutgefäße eingebettet, die auch als Vasa vasorum bezeichnet werden. Ihre Aufgabe liegt in der Versorgung der Tunica adventitia.

Vergleicht man nun den Aufbau einer Vene mit dem einer Arterie, stellt man fest, dass beide Gefäße im Großen und Ganzen den gleichen Aufbau aufweisen, jedoch mit dem Unterschied, dass die Arterie zusätzlich zu den drei Schichten zwei weitere elastische Schichten besitzt.

Darüber hinaus sind aber auch alle Lagen in den Arterien stärker ausgeprägt und somit stabiler.

Durch den dünnwandigeren Aufbau einer Vene ergibt sich rein theoretisch eine verbesserte Möglichkeit, den Blutstrom zu messen, denn die inneren Schichten der Vene (Tunica intima, Tunica media) werden von dem Blutstrom versorgt. Da wie bereits oben erwähnt die Gefäßbestandteile einen weniger ausgeprägten Aufbau aufzeigen, sollte es möglich sein den Blutstrom in den inneren Schichten der Vene akustisch zu erfassen.

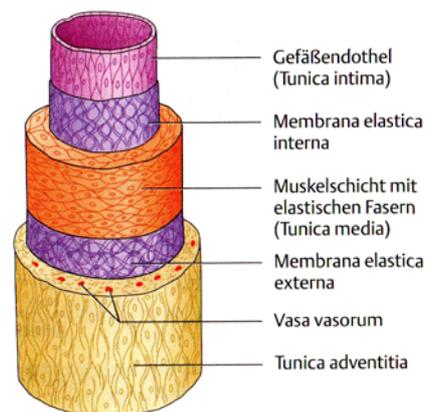


Abb. 3: Aufbau eines Blutgefäßes

## 2.4 Gefäßwiderstand

Für viele Vorgänge in der Natur lassen sich Gesetzmäßigkeiten anwenden. Dies ist ebenfalls für die Strömung des Blutes in den Gefäßsystemen möglich.

Vergleichbar mit dem Ohmschen Gesetz der Elektrizitätslehre gilt auch für die Stromstärke des Blutstromes eine bestimmte Gesetzmäßigkeit:

$$\frac{V}{t} = \frac{P}{W}$$

Darin gibt der Quotient von V und t die Stromstärke an, also welches Blutvolumen pro Zeiteinheit durch ein Gefäß transportiert wird, P steht für die Druckdifferenz, die den Blutstrom bewirkt, und W steht für den Strömungswiderstand des Gefäßsystems. Aus der Gleichung lässt sich ablesen, dass mit steigender Druckdifferenz die Stromstärke zunimmt und mit steigendem Strömungswiderstand der gegenteilige Effekt eintritt.

Der Strömungswiderstand entsteht durch die innere Reibung des sich in den Gefäßen bewegenden Blutes. In größeren Gefäßen ist der Strömungswiderstand geringer als in kleinen, da das Blut ohne weitere Probleme hindurch fließen kann. In kleinen Arterien und vor allem auch in den Kapillaren kommt es aufgrund des geringen Durchmessers der Gefäße zu einem deutlich höheren Widerstand gegenüber dem Blutstrom, diese Art des Widerstandes wird auch als peripherer Widerstand bezeichnet.

Folglich ergibt sich die Konsequenz, dass je höher der Widerstand ist, desto höher ebenfalls der Druck sein muss, um den Blutstrom konstant zu halten.

Die dafür benötigte Druckdifferenz wird durch ein Druckgefälle zwischen Arterie und Vene erzeugt. Die Erzeugung dieser Differenz sorgt für die Kontinuität des Blutstromes. Dabei gilt für den Druck

$$P = P_1 - P_2$$

wobei  $P_1 > P_2$  sein muss.

Diese Druckdifferenz wird zwischen zwei Gefäßsystemen gemessen, wie zum Beispiel der Handarterie und der Handvene.

Wird nun wie oben beschrieben der Widerstand größer, muss auch der Druck  $P$  größer werden. Es gilt:

$$\frac{V}{t} = \frac{(P + \Delta P)}{(W + \Delta W)}$$

Da ein ständig erhöhter Druck allerdings auf Dauer eine große Belastung für die Blutgefäßwände darstellt, versucht der Körper, den Blutstrom, der durch den erhöhten Widerstand behindert wird, durch eine erhöhte Pumpleistung des Herzens oder durch eine Verringerung des peripheren Widerstandes konstant zu halten. Eine solche Verringerung kann zum Beispiel durch eine Gefäßerweiterung erreicht werden.

Die Veränderung dieser Teilwiderstände, welche den Gesamtwiderstand des Körpers ergeben, ist eine wichtige Methode, um die ausreichende Verteilung des Blutes im Körper zu gewährleisten.

So kann es zum Beispiel passieren, dass ein arbeitendes Organ oder ein kontrahierter Muskel mehr Blut benötigen. Eine Möglichkeit, dieses kurzfristig entstandene Bedürfnis zu decken, ist die Erweiterung der Blutgefäße, welche den arbeitenden Empfänger versorgen. Durch diese Erweiterung kann eine Verminderung des Widerstandes erreicht werden. Damit kann mehr Blut durch das Gefäß in gleicher Zeit strömen und der erhöhte Blutbedarf wird gedeckt. Dieser Prozess passiert auf Kosten der anderen Organe oder Muskeln, da ihnen zu dieser Zeit weniger Blut zur Verfügung steht als zuvor.

Bei diesem Prozess findet keine Steigerung des Herzzeitvolumens (Pumpleistung des Herzens) statt, sondern lediglich die Erweiterung der Gefäße.

Es kann allerdings auch passieren, dass der Körper auf eine Widerstanderniedrigung mit einer Erhöhung des Herzzeitvolumens reagiert.

## 2.5 Autoregulation

Bei den meisten Organen ist die Blutströmung trotz wechselnden Blutdruckes weitgehend konstant.

Ausschlaggebend für diese Kontinuität ist die Autoregulation. Als Mechanismen der Autoregulation sind folgenden Methoden bekannt:

*Myogene :*

Ein von der Gefäßmuskulatur ausgehender Effekt, welcher für die Verengung der Gefäße bei einer Gefäßwanddehnung aufgrund eines zu hohen Blutdruckanstiegs verantwortlich ist.

Die Verkleinerung der Gefäßmuskulatur setzt ungefähr 5 bis 100 Sekunden nach der Dehnung ein. Dies geschieht durch die Kontraktion der Gefäßmuskulatur.

*Metabolischer Effekt:*

Der metabolische Effekt bezeichnet den Vorgang, bei dem aufgrund einer stärkeren Durchblutung durch erhöhten Blutdruck gefäßerweiternde Stoffe aus dem Gewebe und aus den Gefäßwänden abgeführt werden. Durch den Abtransport der Stoffe tritt eine Verengung der Gefäße ein. So wird erreicht, dass die Blutströmung einen konstanten Wert halten kann. Allgemein wird der Abbau des Gefäßwiderstandes durch Gefäßerweiterung auch als Vasodilation bezeichnet.

Dieser eben beschriebene Effekt kann auch gegenteilig auftreten:

Ist die Durchblutung zu stark vermindert worden, wird die lokale Speicherung von gefäßdehnenden Stoffen angehoben. Beispiele für solche erweiternden Stoffe sind Acetylcholin oder aber auch bestimmte Polypeptide.

## 2.6 Nervöse Kontrolle der Gefäße

Der Widerstand, der von den Gefäßen bewirkt wird, kann ebenfalls nervös beeinflusst werden.

An den Gefäßen befinden sich  $\alpha$ - und  $\beta$ -Rezeptoren, die durch das Zusammenspiel mit den Hormonen Adrenalin und Noradrenalin, welche bei einer sympathischen Erregung durch das Nebenmark freigesetzt werden, für eine Vasodilation (Gefäßerweiterung) oder eine Vasokonstriktion (Gefäßverengung) sorgen.

Die Hormone Adrenalin und Noradrenalin sind Überträgersubstanzen des sympathischen Nervensystems. Dessen Nerven erstrecken sich wie ein Netz um die Gefäßwände. Der

Ursprung der sympathischen Nerven liegt im Rückenmark, welches wiederum vom Gehirn beeinflusst wird.

Weiterhin kann eine Verengung oder Erweiterung der Gefäße durch das Vasomotorenzentrum verursacht werden. Dabei wirkt sich das Vasomotorenzentrum über die vegetativen Nerven auf die Gefäße aus. Bei einer Aktivitätssteigerung des Zentrums verengen sich die Gefäße und der Widerstand erhöht sich. Andersherum gilt, dass sich bei einer Aktivitätsabnahme des Vasomotorenzentrums die Widerstandsgefäße erweitert werden.

### **3. Beobachtungen**

#### **3.1 Akustische Erfassung von Körpergeräuschen**

Die akustische Erfassung von Körpergeräuschen mag für so manchen auf den ersten Blick ein simples Verfahren darstellen, doch bei näherer Auseinandersetzung mit der Thematik fällt schnell auf, dass sich das Aufnehmen von Körpergeräuschen als ein schwierigeres Unterfangen erweist, als zuvor angenommen.

Das Problem, welches sich bei jeglicher Art solcher Aufnahmen ergibt, ist die geringe Lautstärke der entstehenden Geräusche. Häufig sind sie mit dem unbewaffneten menschlichen Gehör nicht erfassbar, sodass eine Verstärkung der aufzunehmenden Geräusche notwendig wird.

Das wohl bekannteste Prinzip der Verstärkung, welches in der Medizin verwendet wird, um akustische Signale wahrzunehmen, ist das Stethoskop. Mit Hilfe dieser Apparatur kann der Herzschlag eines jeden Lebewesens ohne weiteres festgestellt werden. Es ist eine Weiterentwicklung des früher dazu benutzten Hörrohres. Ein Stethoskop besteht aus einem großflächigen flachen Trichter, der den Schall aufnimmt, einem sich gabelnden Schlauch und zwei Ohroliven. Dabei wird der geringe Druckunterschied auf einer großen Fläche in einen hohen Druckunterschied einer kleinen Fläche in der Austrittsöffnung der Ohrolive umgewandelt, was einer Erhöhung der Lautstärke entspricht.

Allerdings funktioniert diese Erfassung des Herzschlags auch nur, wenn beide Enden des Stethoskops in die Ohrmuschel hineingeführt werden, da sonst die gewünschte Druckerhöhung geringer ausfällt. Mit diesem einfachen System wird die Wahrnehmung des von den Herzgeräuschen ausgehenden Schalls sicher gestellt.

In der Medizin gibt es aber auch indirekt arbeitende Systeme, die z.B. mit Ultraschall und der Ausnutzung des Dopplereffektes Geräusche insbesondere am Herzen hörbar machen können.

Für dieses Projekt bietet sich allerdings die Verstärkung von Körpergeräusche eher an, da es im Rahmen der Möglichkeiten leichter umsetzbar ist.

### 3.2 Akustische Erfassung des Blutstroms

Die Anfangsidee dieses Projektes bestand darin, den Blutstrom des Körpers akustisch aufzuzeichnen. Das Besondere sollte daran sein, dass nicht einfach nur wie gewöhnlich Herztöne erfasst werden, sondern auch der Blutstrom an anderen Stellen des Körpers.

Eine weitere Besonderheit, die durch diese Aufnahmen entstehen sollte war, dass nicht nur eine einzelne Person, wie z. B. ein Arzt beim Herzabhören, die Geräusche wahrnehmen kann, sondern eine beliebige Anzahl von Personen, außerdem sollten die aufgenommenen Geräusche gespeichert werden können.

Die erste Schwierigkeit, die sich bei dem Versuch ergibt den Blutstrom des menschlichen Körpers zu erfassen, ist die Wahl des richtigen Messortes. Dazu mussten im Vorfeld Überlegungen angestellt werden, an welchen Stellen sich der Blutstrom am besten akustisch nachweisen lässt.

Eine Idee für solche Körperstellen sind unter anderem die Venen, da sie einen dünnwandigen Aufbau aufweisen und auch deren innere Schichten vom Blutstrom versorgt werden. Außerdem gibt es am Körper viele Venen, die leichter zu erfassen sind, da sie nicht tief im den Körperinneren verlaufen, sondern an der Oberfläche.

Wegen der höheren Lautstärke bietet es sich an, für erste Untersuchungen Messungen des Blutstromes zunächst an herznahen Stellen durchzuführen. Wie schon in der Vorüberlegung erläutert, kommt das Blut nach Austritt aus dem Herzen hinter den Aortaklappen für kurze Zeit zum Stehen und wird dann mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit weitergeleitet. Durch diese hohe Geschwindigkeit sollte es möglich sein, den Blutstrom dort relativ gut zu messen.

Die Grundbestandteile, die ich zum Messen der Strömung verwende, sind ein ganz normales Mikrofon und ein Programm zur Akustikaufnahme über die Soundkarte eines Computers.

Der erste Versuch, an einem beliebigen Ort mit dem Mikrofon ein Geräusch zu erfassen, funktionierte allerdings nicht. Das Resultat dieser Aufnahme waren lediglich Geräusche aus der Umgebung. Nach diesem Ergebnis sollten möglichst viele Störfaktoren, die bei der Aufnahme entstanden sind, vermieden werden.

Um die Umgebungsgeräusche abzuschirmen und einen direkten Kontakt zur Hautoberfläche ohne störende - weil den Schall isolierende - Luftschichten sicher zu stellen, verwendete ich ein Ultraschallgel. Dieses Gel wirkt wie ein direktes Verbindungsstück zwischen Haut und Mikrofon, sodass unnötige Störfaktoren ausgeschlossen werden können. Damit das hochempfindliche Mikrofon dabei nicht beschädigt wurde, spannte ich vor der Aufnahme eine dünnschichtige Frischhaltefolie um den Kopf des Mikrofons. Doch trotz dieser Maßnahmen ist

kein verwendbares Geräusch bei einer Aufnahme zu erkennen. Kleinere Ausschläge in den Graphiken ergaben sich nur durch Verwackeln des Mikrofon.

Da auf diese Weise keinerlei Signale hörbar sind, ergab sich die Schlussfolgerung, dass das Mikrofon ohne weitere Maßnahmen zu unempfindlich ist, um den Blutstrom akustisch unmittelbar zu erfassen. Es muss also ein zusätzlicher Verstärker verwendet werden, der die entstehenden Signale des Körpers so verstärkt, dass sie hörbar werden. Um diese Prinzip erst einmal nachzuvollziehen, besorgte ich ein Stethoskop, welches wie oben beschrieben die Funktion eines akustischen Verstärkers besitzt.

### 3.4 Akustische Erfassung der Herztöne

Mit einem Stethoskop als Verstärker für die Töne des Herzens war es problemlos möglich, die Herztöne mit den eigenen Ohren für sich selber zu erfassen bzw. zu hören.

Es zeigte sich aber, dass sich die Herztöne auch in Verbindung mit dem Stethoskop als Verstärker nicht ohne weiteres mit dem Mikrofon aufnehmen lassen. Dies liegt daran, dass ohne eine geeignete Ankoppelung des Mikrofons an die Ohrolive keine brauchbare Schallübertragung der Herztöne an das Mikrofon stattfindet.



Abb. 4: Ansicht eines Stethoskops

Um die Funktionsfähigkeit meine Grundidee für dieses Projekt nachzuweisen, musste das Mikrofon mit einem der beiden Enden des Stethoskops schalldicht verbunden werden.

Dazu schnitt ich eine Kreisrundeöffnung in einen schaumstoffartigen Kegel und fügte das Mikrofon und ein Ende des Stethoskops hinein. Das andere Ende des Stethoskops führte ich in mein Ohr, um die richtige Stelle für die Aufnahmen des Herztones zu erfassen und das aufzunehmende Signal zu kontrollieren.

Das Resultat dieser Aufnahmen ist folgende Graphik:

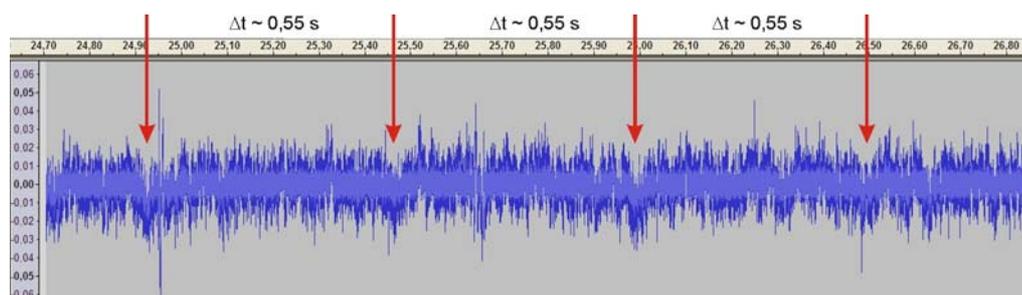


Abb. 5: Aufnahme der Herztongeräusche bei erhöhtem Puls (etwa 105 pro Sekunde)

Zwar sind in der Graphik nur kleinere Ausschläge zu erkennen, doch man sieht, dass sich Aufnahmen von Körpergeräuschen durch das Grundprinzip bzw. die Grundidee dieses Projektes tatsächlich realisieren lassen.

In der Aufzeichnung (s. Abb. 5) ist zu sehen, dass sich die Herztöne in einem Abstand von circa 0,55 Sekunden wiederholen. Dies ist für den regulären Herzschlag zwar etwas schnell, jedoch wurde diese Aufnahme wegen der damit verbundenen Aufregung bei einem erhöhten Puls aufgenommen, wodurch sich die schnellere periodische Wiederholung deuten lässt.

Kritisch lässt sich bei der Messung anmerken, dass die entstehenden Ausschläge äußerst gering sind. Weiterhin können Geräusche aus der Umgebung Störfaktoren in den Messungen ergeben, wodurch die Auswertung der Herztöne erschwert wird. Ebenfalls kann es passieren, dass durch Abrutschen oder Verwackeln des Mikrofons größere Ausschläge in den Graphiken erscheinen.

#### **4. Auswertung**

Um Körpergeräusche aufnehmen zu können, ist es notwendig, einen Verstärker zu benutzen. Die Geräusche unseres Körpers sind von Natur aus viel zu leise, als dass sie ohne weitere Maßnahmen mit einem handelsüblichen Mikrofon erfasst werden könnten.

In meinem Projekt war es bis jetzt noch nicht möglich, wie gewünscht den Blutstrom akustisch zu erfassen, sondern lediglich die Herztöne. Aber auch diese Geräusche können nur mithilfe eines Verstärkers, in diesem Falle mit einem Stethoskop, aufgenommen werden. Bei dem akustischen Nachweis des Herztones, welchen mehrere Personen gleichzeitig hören können, muss auf jeden Fall das Mikrofon, das mit einem Ende des Stethoskops in Kontakt steht, schalldicht isoliert werden, da sonst die Übertragung der gewünschten Geräusche wegen der mit aufgenommenen Umgebungsgeräusche nicht möglich ist. Als Resultat erhält man aber immerhin schon eine Graphik, bei der sich die periodischen Wiederholungen des Herztones erkennen lassen. Dieses Prinzip muss in Zukunft nun auch auf die Messung des Blutstromes übertragen werden.

#### **5. Veränderungen bis zum Wettbewerb**

Die Zeit bis zum Wettbewerb möchte ich nutzen, um eine Möglichkeit zu finden, die Empfindlichkeit so weit zu steigern, dass sich nicht nur die Herztöne, sondern auch der Blutstrom akustisch erfassen lassen. Um dies zu erreichen habe ich vor, zusätzlich einen elektronischen Verstärker für die Mikrofonsignale zu verwenden, der das Signal so weit verstärkt, dass es über den Mikrofoneingang des Aufnahmeapparates erfasst werden kann.

Darüber hinaus ist es wichtig, den Einfluss von Störfaktoren wie Umgebungsgeräuschen oder Störungen durch Eigenbewegungen des Mikrofons zu minimieren.

Sollte mir dies bis zum Wettbewerb gelingen, könnten ebenfalls weitere Experimente auf dem Gebiet in Richtung Gesundheit gemacht werden, da mit der akustischen Erfassung des Blutstroms auch Krankheiten durch Blutverwirbelungen oder sonstiges nachgewiesen werden können. Außerdem lässt sich diese Methode dann auch auf andere akustische Ereignisse, z.B. die Atemgeräusche der Bronchien und der Lunge anwenden.

## **6. Zusammenfassung**

Ich habe mich dieses Jahr mit der akustischen Erfassung des menschlichen Blutstromes beschäftigt.

Um dieses Ziel zu erreichen habe ich mit einfachen Mitteln wie einem Mikrofon und einem Aufnahmegerät versucht, die gewünschten Geräusche aufzunehmen.

Bis jetzt war dabei die Aufnahme des Blutstromes noch nicht erfolgreich, da es gilt, bestimmte Hindernisse wie die sehr geringe Lautstärke des Blutstroms zu überwinden. Das Grundprinzip meiner Idee konnte ich jedoch bestätigen, da es mir möglich war, mit einem Mikrofon und einem einfachen akustischen Verstärker die Herztöne nachzuweisen. Zwar sind diese Aufnahmen durchaus noch ausbaufähig, aber es ist bereits gelungen, den Weg für weitere Messungen aufzuzeigen.

Darüber hinaus ist es mir mit dieser Methode der akustischen Herztonerfassung möglich, die entstehenden Geräusche für eine größere Anzahl von Personen hörbar zu machen und nicht nur für eine einzelne Person, wie es bei der Verwendung eines einfachen Stethoskops der Fall ist.

## **7. Danksagung**

Auch in diesem Jahr haben mich bei meinem Projekt wieder viele nette und hilfsbereite Menschen unterstützt, den ich an dieser Stelle ein besonderen Dank zukommen lassen möchte.

- Herr Biedermann, mein AG-Leiter, der mich nun schon seit Jahren aushält und mir immer wieder mir Rat und Tat zur Seite stand
- Frau Biedermann, die uns jeden Montag aufs Neue einen angenehmen AG-Start bereitet
- Frau Dr. Gebers, die mir durch das Ausleihen des Stethoskops und des Ultraschallgels sehr weitergeholfen hat
- Meiner Jufo-Gruppe, die immer ein nettes Wort zum Plaudern übrig hat
- Kim als meiner Motivationshilfe und meiner sehr guten Freundin

## **8. Verwendete Quellen**

1. Thieme: A. Faller/M.Schünke. Der Körper des Menschen, 15 Auflage
2. Quelle und Meyer: Mörike/Betz/Mergenthaler, Biologie des Menschen
3. [www.wikipedia.org/wiki/Laminare\\_Strömung](http://www.wikipedia.org/wiki/Laminare_Strömung)
4. [www.textlog.de/12050.html](http://www.textlog.de/12050.html)
5. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Grafik\\_blutkreislauf.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Grafik_blutkreislauf.jpg)