

Kurs 4 – Medizin: Modellbau des Blutkreislaufs



Vorwort

NATALIE SANDNER

Nach zwei Jahren betrat ich das Schulgelände des LSZU erneut. Nicht als Teilnehmerin, sondern als Schülermentorin des Medizinkurses. Mir war klar, dass ich die Zeit in Adelsheim aus einer ganz anderen Perspektive erleben würde und ich war deshalb mindestens genauso aufgeregt wie die Teilnehmer selbst. Als ich die 15 Schülerinnen und Schüler zum ersten Mal traf, wusste ich sofort, dass ich eine unvergessliche Zeit haben werde, und genau das bestätigte sich. Ich blicke nun auf zwei Wochen voller Spaß, Freude, neuer Erfahrungen, aber auch auf eine Menge an Arbeit zurück.

Besonders faszinierend für mich war, wie in kurzer Zeit eine tolle Gemeinschaft erstand. 15 Jugendliche, die sich noch nie zuvor in ihrem Leben begegnet sind, lernten sich kennen und schlossen Freundschaften. Die Teilnehmer begegneten uns immer offen und freundlich und hielten uns während der Kurszeit stets auf Trab. Schon in den ersten fünf Minuten unseres Zusammentreffens, bemerkten wir, wie wissbegierig sie waren. Mit ihren Unmengen an Fragen löcherten sie uns, bis wir manchmal nicht mehr weiter wussten. Hätten wir alle

Fragen dieser zwei Wochen beantwortet, säßen wir noch heute in Adelsheim. Auch nach meinen Vorträgen stellten sie mir komplexe und themenübergreifende Fragen, sodass ich irgendwann hilflos zu Felix und Jana blickte, die mir dann aus der Klemme halfen. Der Medizinkurs arbeitete auch bei den Experimenten motiviert und interessiert mit. Sie hatten immer wieder sehr einfallsreiche Ideen und mussten daher manchmal gestoppt werden, denn am liebsten hätten sie alles auf einmal ausprobiert und in ihr Modell eingebaut. Der Kursalltag war durch Hilfsbereitschaft geprägt, sodass in diesen zwei Wochen eine sehr harmonische Stimmung, die durch Neckereien zwischen uns Kursleitern und den Teilnehmern aufgelockert wurde, herrschte. So hatte jeder etwas zu lachen, sei es wegen platzender Wasserbomben, der Kursmaskottchen oder einer quietschenden Schülermentorin.

Ich denke, dass kein Teilnehmer diese Erfahrungen gegen Sonne, Strand und Meer hätte eintauschen wollen. Für uns Kursleiter war der Sommer 2011 eine unvergessliche Zeit.

Einleitung

MARTIN DIETERLE, NATALIE KEIL,
MILENA WESEMANN

Mit den Eingangsworten „weit mehr als 200 Millionen Liter Blut pumpt das Herz in einem Leben durch den menschlichen Körper“ wurden 15 wissbegierige und interessierte Schüler für den Kurs Medizin gewonnen und begeistert. „Modellbau eines Blutkreislaufes“ hieß es in der diesjährigen Ausschreibung zur 9. Junior Akademie, die schlicht und einfach neugierig auf das machte, was uns da erwarten sollte, im äußersten Nordosten des Landes Baden-Württemberg, einem kleinen Ort namens Adelsheim, von dem noch kaum jemand zuvor gehört hatte.

Mit den Kursleitern Jana Brüßler und Felix Gut sowie der Schülermentorin Natalie Sandner an unserer Seite machten wir uns auf eine vierzehntägige Entdeckungstour durch den menschlichen Körper und lernten dabei für uns bisher unbekannte Vorgänge und Mechanismen kennen. Mit viel Elan vermittelten uns unsere Leiter wichtiges und elementares Wissen, auch wenn unser Wissensdurst sie manchmal nahezu in den Wahnsinn trieb. Neben einigen theoretischen Einheiten wurde viel ausprobiert und experimentiert, wofür uns zwei Räume des Eckenberg-Gymnasiums zur Verfügung standen. Ziel war es letztlich, ein möglichst originalgetreues Modell des menschlichen Blutkreislaufsystems zu konstruieren, wobei unser erlerntes Wissen praktisch angewandt wurde. Die Ergebnisse dieser dynamischen und harmonischen Forschertruppe, in der wir alle sehr viel Spaß hatten, werden im Folgenden präsentiert.

Leiter und Teilnehmer

BERIT FILGES, NATALIE KEIL,
MILENA WESEMANN

Jana Brüßler

Jana war die Pharmazieexpertin unter unseren Kursleitern. Sie behielt allzeit den Überblick und die Ruhe. So brachte sie uns oft wieder zurück zu den eigentlichen Themen, wenn wir mit unseren Fragen und Überlegungen zu sehr

abschweiften, was relativ oft der Fall war. Jana gab sich immer hilfsbereit und freundlich und versüßte uns mit ihrer Pralinen-KüA den Akademiealltag. In dieser stellten wir die leckeren Dankeschön-Pralinen für unsere Klinik-Führer, neben denen für den Eigenbedarf, her.

Felix Gut

Unser Kursleiter erwies sich als Physik- und Chemieexperte. Doch auch wenn es ein technisches Problem gab, war Computerfachmann Felix sofort zur Stelle. Man merkte schnell, dass dies nicht seine erste Teilnahme an der Science Academy war, denn die gesamten zwei Wochen waren sehr gut organisiert und er kannte sich mit der Lage und Ausstattung der unterschiedlichsten Räume aus. Doch so schnell gab Felix sein Fachwissen nicht preis. Wir sollten selbst Antworten auf die vielen schweren Fragen unseres Kursthemas finden, was uns in den meisten Fällen auch gelang. Und natürlich griff er immer helfend ein, wenn uns Aufgaben an den Rand der Verzweiflung trieben.

Natalie Sandner

Unsere Schülermentorin war unser „Fels in der Brandung“. Mit ihrer freundlichen und fröhlich-offenen Art kann sie jeden zum Weitermachen motivieren. Sie hatte für jedermann ein offenes Ohr und half, wo sie konnte. Oftmals hatten wir den Eindruck, sie sei überall gleichzeitig. Auch beim Sportfest feuerte sie uns kräftig an und knipste rund um die Uhr eifrig Fotos.

Luca Ambrosy

Luca ist der sportlichste in unserem Kurs, der uns alle mit seinem Können beeindruckt hat. Leider waren beim Sportfest nicht die „normalen“ Disziplinen gefragt, sonst hätten wir einen großen Vorteil mit ihm gehabt. Im Kurs erwies sich Luca als ehrgeizig und zielstrebig. Im Laufe der Zeit entwickelte er sich zu einem wahren Blutdruckexperten. Vor allem seine ruhige Art war im teilweise stressigen Kursalltag sehr angenehm.

Julia Bonfig

Julia ist ein kleiner Wirbelwind. Sie brachte immer wieder mit ihrer guten Laune Schwung

in die Arbeit, wenn alle anderen gerade ihren Tiefpunkt erreicht hatten. Sie motivierte uns, weiter zu machen und führte uns zielstrebig und resolut zu Ergebnissen. Sie verfügt über viel Allgemeinwissen, was uns oft zu Gute kam. Mehrmals durfte sie als Versuchskaninchen für unsere Blutdruck- und Pulsexperimente herhalten, bis wir einigermaßen Übung im Umgang mit den Messgeräten hatten.

Martin Dieterle

Martin zeigte uns allen, wo der Hammer hängt. Er verfügte nicht nur über viel Fachwissen, sondern er hatte sich auch die Mühe gemacht, sich alle Nachnamen und Wohnorte der Kursteilnehmer zu merken. Im Kurs musste Martin oft gebremst werden, da er sonst zu ausführlich referierte. In seiner Freizeit und in der Musik-KüA spielte Martin Klavier, Schlagzeug und Oboe.

Berit Filges

Berit bereicherte den Medizinkurs sehr, denn sie brachte geschickt viele gute Ideen ein und führte ihre Gruppe zielgerichtet zu richtigen Ergebnissen. Sie zeigte sich stets interessiert und war uns allen gegenüber sehr höflich. Es gab viel mit ihr zu lachen und mit ihrer offenen Art ging sie auf alle zu. Auch als Testperson erwies sie sich sehr geeignet. Wenn es zum Beispiel darum ging, unter körperlicher Belastung lange die Luft anzuhalten, kam nur sie als geübte Rettungsschwimmerin in Betracht.

Melanie Gansel

Melanie ist eine Expertin auf dem Gebiet der elektronischen Blutdruckmessung und ein sehr zuverlässiges Teammitglied. Man konnte immer sicher sein, dass sie das Ziel nicht aus den Augen verlor. Wo sie war, spürte man stets ihre Energie und ihren Tatendrang. Außerdem entwickelte sie tolle Ideen und half, wo sie konnte. In der Tanz-KüA entdeckte sie ihre Begeisterung fürs Tanzen und spielte im Orchester Querflöte.

Natalie Keil

Natalie ist sehr sportlich und immer auf das Ziel konzentriert, wie auch im Kurs. Dort ar-



Der Kurs beim Messen des Blutdrucks.

beitete sie so lange konzentriert an einer Aufgabe, bis diese erledigt war. Selbst wenn es um sie herum wild zugeht, behielt sie die Nerven und blieb die Ruhe selbst. Natalie ist nicht so leicht aus der Fassung zu bringen. Anderen gegenüber verhielt sie sich liebenswürdig und unkompliziert. Außerdem beteiligte sie sich an der Organisation des Bergfestes.

Constanze Kuhn

Mit ihrer lustigen Art brachte uns Constanze (oder doch „Konschdanze“) oft zum Lachen und lockerte so die Atmosphäre im Kurs auf. Eigentlich kann sie perfekt Hochdeutsch, doch meistens spricht sie ihren eigenen sehr speziellen Dialekt, den man einfach mal gehört haben sollte. Sie ist die jüngste Teilnehmerin der diesjährigen Akademie. In ihrer Freizeit nahm sie an der Theater-KüA teil, in welcher sie am Abschlussabend gekonnt starb.

Maurice Morgenthaler

Während der Akademiezeit entwickelte sich eine Freundschaft zwischen Maurice und Jonas. Die beiden arbeiteten oft zusammen, so auch beim Experimentieren, was vor allem Maurice offensichtlich große Freude bereitete. Maurice ging immer zielstrebig zur Sache und lieferte sehr gute Beiträge im Kurs. Auch seine gut verständlichen Erklärungen während der Präsentationen waren sehr gelungen. Es machte ihm sichtlich viel Spaß in der Theater-KüA in andere Rollen zu schlüpfen.



Der Kurs experimentiert mit Schweineblut.

André Pfob

André war der erste Verletzte der Science Academy 2011. Schon nach der ersten Sport-KüA war für ihn der Sport für die nächsten Wochen gestrichen. Doch das hielt ihn noch lange nicht davon ab, im Kurs kräftig mitzuhelfen. Besondere Begeisterung empfand er für den Bau der Blutkreislaufmodelle. Zudem wurde er eine bekannte Persönlichkeit an der Akademie, da er jeden Morgen an der Zeitungs-KüA teilnahm und auf seine gelassene und ungezwungene Art und Weise über den Sport und das Wetter berichtete. Am Hausmusikabend begeisterte er uns mit einem wunderschönen und gekonnten Klaviersolo.

Carolin Schreyeck

Carolin war sehr engagiert, sowohl im Kurs als auch außerhalb. So war sie an der Organisation des Bergfestes und bei der Gestaltung unseres Akademie T-Shirts beteiligt, übernahm die Rolle der Glücksfee und beeindruckte uns als Teilnehmerin der Theater-KüA mit ihrem schauspielerischen Talent am Abschlussabend. Überhaupt zeigte sich Carolin im Kurs sehr interessiert und wissbegierig. Sie hinterfragte oft schwierige Themen. Außerdem ist sie immer freundlich, gut gelaunt und herzlich.

Jothini Sritharan

Auf den ersten Blick wirkt Jothini wie ein kleines, unscheinbares Mädchen. Doch wer die Gelegenheit bekommt, sie kennenzulernen, wird

beeindruckt sein, denn sie verfügt über ein umfangreiches Wissen. Sie ist ruhig, besonnen und rücksichtsvoll. Wir haben sie als tolle Teamkollegin schätzen gelernt, die, auch wenn sie sich selbst gern im Hintergrund hielt, sich große Mühe gab die Gruppe voranzubringen.

Jonas Steiner

Jonas fiel wegen seiner gewählten Ausdrucksweise in perfektem Hochdeutsch auf. Im Kurs brachte er gern seine umfangreichen lateinischen Kenntnisse ein und fragte die Kursleitung immer nach lateinischen Fachbegriffen. Latein scheint ihn wahrhaft zu faszinieren. Jonas war bei Problemen aller Art immer sehr hilfsbereit. Außerdem war er oft im Computerraum und recherchierte im Internet, da er seine Aufgaben selbständig, vor allem ohne Hilfe der Kursleiter, meistern wollte, was er meistens auch schaffte.



Milena Wesemann

Milena ist ein ruhiges, aber aufgeschlossenes, stets gut gelauntes und nettes Mädchen, die wir alle in den zwei Wochen wegen ihrer freundlichen Art wirklich sehr zu schätzen gelernt haben. Sie war für jeden offen und kam mit allen sehr gut zurecht. Im Kurs gestellte Auf-

gaben, bei denen logisches Denken gefragt war, meisterte sie immer mit großer Geduld. Sie teilte sehr gerne ihr Wissen mit den anderen Kursteilnehmern und half wo sie konnte. Auch sie spielte mit großer Freude im Orchester auf ihrer Querflöte mit.

Thomas Wodtko

Mit seiner lockeren Art brachte er viel Schwung in den Kurs. Er ging jede, ihm gestellte Aufgabe, mit Elan und Zielsicherheit an. Thomas bastelte während der zwei Wochen meistens eifrig und mit großer Freude am Modell, wobei er uns entscheidend voranbrachte. In seiner Freizeit betätigt er sich sehr sportlich, denn wie er uns erzählte, ist er schon seit acht Jahren beim DLRG (Deutsche Lebens-Rettungsgesellschaft) tätig.

Manuel Zimmerer

Der herzliche und gut gelaunte Schwabe wurde, sehr zu seinem Ärgernis, von unseren Leitern dazu verdonnert Hochdeutsch zu sprechen. Zwar wollte er uns weismachen, dass er das nicht könne, doch bei der Abschlusspräsentation sprach er fast fehlerfreies Hochdeutsch. Manuel war während der ganzen zwei Wochen sehr hilfsbereit und man konnte sich immer auf ihn verlassen. Er brachte den Kurs mit vielen guten Ideen voran und zeigte ein sicheres Auftreten bei den Präsentationen. Außerdem zauberte er bei den Musikkonzerten ein tolles Posaunensolo auf die Bühne.

Physikalische Grundlagen

MAURICE MORGENTHALER, JONAS
STEINER

Die Physik ist die Naturwissenschaft, die sich mit Energie, Kräften, Massen und Bewegungen befasst. Obwohl wir uns innerhalb des Kurses biologische Themengebiete erarbeitet haben, spielte die Physik zum Verstehen vieler Prozesse im menschlichen Körper eine enorm wichtige Rolle: Schließlich wollen alle Phänomene, alle sichtbaren Unterschiede und Bewegungen erklärt werden. So muss beispielsweise erläutert werden, warum das Blut so fließt, wie es fließt und nicht anders und was es mit der Viskosität

auf sich hat. Oder warum der Wasserpegel im Silikonschlauch, der an ein dünnes Gefäß orthogonal angeschlossen ist, weniger hoch steht als ein an ein dickes Gefäß orthogonal angeschlossener Silikonschlauch.

Um diese Phänomene zu erklären, bedarf es einiger physikalischer Grundlagen.

Druck

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$F = m \cdot a \quad (2)$$

$$P = \frac{g \cdot m}{A} \quad (3)$$

$$m_{\text{Flüssigkeit}} = \rho \cdot V \quad (4)$$

$$V_{\text{Zylinder}} = A \cdot h \quad (5)$$

$$P_{\text{hydrostatisch}} = g \cdot \rho \cdot h \quad (6)$$

Ein recht anschaulicher Versuch besteht darin, einen Apfel auf unterschiedlich viele Nägeln, zu legen. Der Apfel, welcher nur auf einem Nagel liegt, wird von diesem erheblich stärker aufgespießt. Der Nagel dringt tief ins Fruchtfleisch des Apfels ein. Im Gegensatz hierzu zeigt sich der Apfel, der auf mehreren Nägeln liegt, im Innern nahezu unbeschädigt (Abbildung 1).

Die Begründung hierfür liegt in den wirkenden Kräften: Als Ausgangsformel dient die Formel für die Berechnung des Drucks, die jedem in der Schulphysik begegnet. Druck ist definiert als Kraft pro Fläche (Gleichung 1) und die Kraft ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung (Gleichung 2).

Die Kraft, die auf die Äpfel wirkt, berechnet sich aus dem Produkt von Erdbeschleunigung (ca. 10 m/s^2) und der Masse des Apfels (Gleichung 2). Angenommen, jeder Apfel wiegt 200 g ($0,2 \text{ kg}$). Multipliziert man nun die Masse m des Apfels mit der Erdbeschleunigung g , so erhält man eine bestimmte Kraft F . Diese wird in Newton ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$) angegeben.

$$0,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2 \text{ N}$$



Abbildung 1: Lastet das ganze Gewicht des Apfels auf nur einem Nagel, so hält die Schale dem Druck nicht stand.

Anschließend wird diese Kraft (Gewichtskraft genannt) durch die Fläche, auf der die Äpfel liegen, geteilt (Gleichung 2). Die durchschnittliche Fläche einer Nagelspitze beträgt bei unseren Nägeln etwa 1 mm^2 , bei 10 Nägeln also $0,00001 \text{ m}^2$. Folglich gilt:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}}{0,00001 \text{ m}^2} = 200\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 200\,000 \text{ Pa}$$

bzw.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}}{0,000001 \text{ m}^2} = 2\,000\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2\,000\,000 \text{ Pa}$$

Der Druck ist also zehnmal größer, wenn der Apfel auf einen Nagel im Vergleich zu zehn Nägeln gelegt wird. Bei zehn Nägeln kann die Schale dem Druck standhalten, bei einem reißt sie und der Apfel wird aufgespießt.

Wanddruck

Oben erwähnten wir das Phänomen, dass in Abhängigkeit von der Schlauchdicke das Wasser in orthogonal angeschlossenen Schläuchen unterschiedlich hoch steigt. Der schweizerische Mathematiker, Physiker und Mediziner Daniel Bernoulli (1700–1782) ist hierbei derjenige, der uns helfen kann, diesen Effekt zu verstehen.

Bernoulli bewies, dass ein inkompressibles, ideales Medium (zum Beispiel Wasser) einen umso geringeren statischen Druck (hier: statischer Wanddruck auf die Gefäßinnenwand) ausübt, je schneller es strömt.

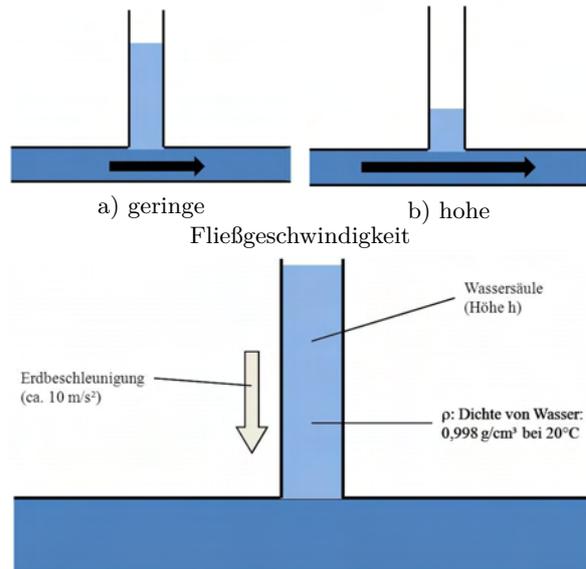


Abbildung 2: Parameter des statischen Wanddrucks.

Bezogen auf unsere Experimente bedeutet dies, dass Wasser, welches mit hoher Geschwindigkeit durch einen Silikonschlauch fließt, einen wesentlich geringeren statischen Wanddruck ausübt als langsam fließendes Wasser. Hierbei ist die Gefäßdicke (Gefäßdurchmesser) von besonderer Bedeutung: Denn je dünner der Silikonschlauch, desto schneller fließt das Wasser. Schließlich muss sich das gleiche Volumen von Wasser in der gleichen Zeit durch einen dünnen Schlauch zwängen, wie durch einen Schlauch dickeren Durchmessers. Wenn der statische Wanddruck abnimmt, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit zu und gleichzeitig eine weitere Größe: der dynamische Strömungsdruck. Die Summe aus statischem Wanddruck und dynamischem Strömungsdruck ist stets gleich!

$$P_{\text{dyn}} + P_{\text{stat}} = \text{const.}$$

Natürlich wollten wir auch diese Behauptung überprüfen, was recht gut gelungen ist. Wir haben wie oben erwähnt orthogonal zu den Gefäßen Schläuche angebracht. Hiermit messen wir eigentlich den hydrostatischen Druck, der

bei uns dem statischen Wanddruck entspricht. Wie erwartet, wiesen die Höhen der Wassersäulen Differenzen auf. Leider gab es da aber einen Haken an der ganzen Sache: Wir konnten keine absoluten Messungen zum statischen Wanddruck durchführen. Das heißt, wenn unterschiedlich hohe Wasserpegel zu Stande kamen, war es zunächst nicht möglich, diesen exakte Werte zuzuordnen. Wir konnten nur vergleichen. Aber mit der Hilfe von Jörg Richter aus dem Physikkurs konnten wir eindeutige und absolute Messwerte festlegen. Außerdem überlegten wir, wie der Wanddruck berechnet werden kann.

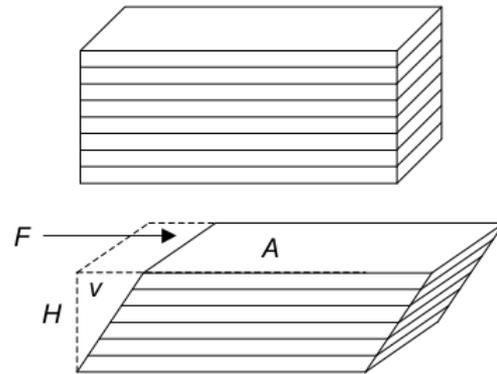
Unsere Ausgangsformel war wiederum die des Drucks (Gleichung 1). In diese Gleichung kann die der Kraft eingesetzt werden (Gleichung 2). Im Falle des Steigrohres entspricht die Beschleunigung a der Erdbeschleunigung g (etwa 10 m/s^2), wodurch sich Gleichung 3 ergibt.

Im Falle eines Rohres, das mit Flüssigkeit gefüllt ist (Blutgefäße) berechnet sich die Masse aus der Dichte und dem Volumen des Wassers (Gleichung 4). Das Volumen ist das Produkt aus Schlauchdurchmesser und Standhöhe im senkrechten Rohr (Gleichung 5). Also ergibt sich, dass der statische Wanddruck das Produkt der Erdbeschleunigung, der Dichte des Wassers und der Höhe der Wassersäule im Steigrohr ist (Gleichung 6).

Diese drei Größen, die in der Abbildung 2 eingezeichnet wurden, sind ausschlaggebend für die Berechnung des hydrostatischen Drucks, der den statischen Wanddruck angibt. Es mag der Gedanke aufkommen, dass die Schlauchgrundfläche A ebenfalls ausschlaggebend für den statischen Wanddruck ist, allerdings ist hier anzumerken, dass sich der Wasserpegel unabhängig von der Schlauchgrundfläche zeigt, was die Gleichung 6 darlegt.

Rheologie

Rheologie ist die Wissenschaft, die sich mit dem Fließverhalten materieller Körper beschäftigt. Ein leicht fließfähiger Stoff ist zum Beispiel Wasser. Bitumen (eine Teerart) fließt dagegen so langsam, dass es Jahrhunderte dauert, bis es merkliche Strecken zurückgelegt hat.



Darstellung des Schergefälles und der Schubspannung im Kartenblattmodell.

Die Viskosität, die in der Rheologie als Maß für die Zähigkeit eines Stoffes dient, liegt bei den beiden genannten Beispielen in der Größenordnung von $10^0 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (Wasser) bzw. $10^5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (Bitumen). Um die Viskosität quantitativ fassen zu können, denke man sich zwei planparallele Platten mit dem Plattenabstand H , bei denen sich die eine Platte relativ zur anderen mit der Geschwindigkeit ν bewegt. Damit dies möglich ist, muss auf die bewegte Platte eine Kraft F einwirken. Diese Kraft ist proportional zur Größe A der Fläche, weshalb man stattdessen die sogenannte Schubspannung $\tau = F/A$ verwendet.

Es zeigt sich, dass die Schubspannung proportional zur Scherrate ν/H ist:

$$\tau = \frac{F}{A} = \eta \cdot \frac{\nu}{H}$$

Den Proportionalitätsfaktor η nennt man *Viskosität* der Flüssigkeit. Sie beschreibt, wie stark eine in Bewegung befindliche Schicht einer Flüssigkeit benachbarte Schichten der Flüssigkeit mit sich zieht. Messen kann man sie mit einem Viskosimeter, das aus einem Behälter mit genormter Bodenöffnung besteht. Je schneller das Fluid durch diese Öffnung strömt, umso weniger viskos ist die Flüssigkeit.

Die Viskosität einer Flüssigkeit verringert sich mit der bei steigender Temperatur abnehmenden Dichte.

Je weniger Moleküle pro Volumeneinheit vorhanden sind, desto weniger Reibung gibt es unter den Molekülen zwischen bewegter und ruhender Schicht, welche die Bewegung hemmen könnte. Das beeinflusst die Geschwindigkeit der Fluidschichten.

Nun wird bei den Fluiden (Flüssigkeiten) nach folgendem Muster unterschieden. Zum einen gibt es die Newtonschen Fluide, bei denen die Viskosität konstant ist. Die Fließgeschwindigkeit hängt also nicht vom Deformationszustand des Fluids ab. Newtonsche Fluide haben keine Fließgrenze; der Fließvorgang beginnt also sofort beim Einsetzen der Schubkraft. Ausgewählte Beispiele sind, wie bereits erwähnt, Wasser, Benzin und Hydraulikflüssigkeiten. Fluide, welche nicht konstant fließen, heißen Nicht-Newtonsche Fluide. Sie weisen eine Elastizität bzw. Viskoelastizität auf. Außerdem haben sie eine Fließgrenze. Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten unterteilt man wiederum in begrenzt fließfähige und unbegrenzt fließfähige Fluide. Beispiele für Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten aus dem alltäglichen Leben sind Zahnpasta, Ketchup oder Farben. Unbegrenzt fließfähige Fluide fließen bei jeder noch so kleinen Schubspannung. Nimmt bei solchen Stoffen die Scherviskosität mit steigender Scherrate zu, so nennt man sie dilatant („sich ausdehnend“) – im umgekehrten Fall pseudoplastisch.

Um ein optimales Produktergebnis zu erzielen, wird in der angewandten Rheologie in technischen Anlagen versucht, die Kombination aus Fluiden und Strömungsmaschinen perfekt aufeinander abzustimmen.

Newtonsche Flüssigkeiten erfüllen die Newtonsche Gleichung, nach der bei konstanter Temperatur die Schubspannung τ proportional (verhältnisgleich) zum Geschwindigkeitsgradienten (-gefälle) D ist: $\tau = \eta \cdot D$. Darin ist η die dynamische Viskosität. Diese Beziehung ist nur bei verdünnten Gasen und Flüssigkeiten geringer Dichte erfüllt, und auch dann nur bei laminarer (nicht turbulenter) Strömung, bei der sich die Flüssigkeitsschichten nicht quer zur Strömungsrichtung vermischen. Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten heißen in der Physik Flüssigkeiten, deren Viskosität auch bei konstanter Temperatur und bei laminarer (nicht turbulenter)

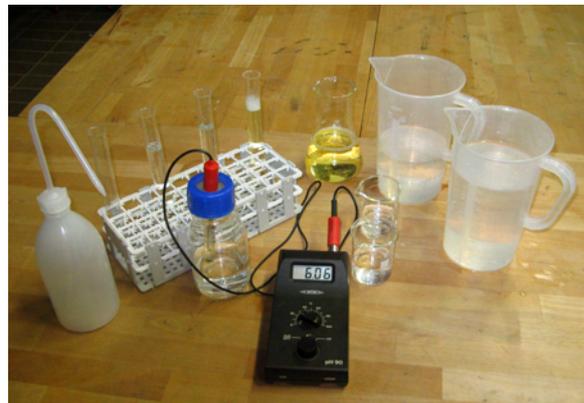
Strömung nicht konstant ist, sondern von der Fließgeschwindigkeit bzw. vom Deformationszustand abhängt. Sie erfüllen die Newtonsche Gleichung nicht.

Auch Blut zählt zu den Nicht-Newtonschen Flüssigkeiten.

pH-Werte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffdioxid-Gehalt

MARTIN DIETERLE, MELANIE GANSEL

Der pH-Wert ist einer der Indikatoren für den Ionenhaushalt innerhalb einer Flüssigkeit. Er ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der H_3O^+ -Ionenkonzentration in einer Lösung.

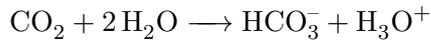


Aufbau zur pH-Messung.

Mithilfe spezieller Messmethoden können präzise Aussagen über die vorliegenden Proben getroffen werden. Beim menschlichen Gasaustausch (siehe Seite 115) nimmt der pH-Wert maßgeblichen Einfluss auf die molekularen Prozesse im Körper: Die Sauerstoffaffinität des Hämoglobins, das sich in den roten Blutkörperchen befindet, zeigt sich in starker Abhängigkeit von den im Blut herrschenden pH-Wert-Verhältnissen. Normalerweise weist das Blut pH-Werte zwischen 7,35 und 7,45 auf, sodass es sich bei Blut um eine annähernd neutrale Flüssigkeit handelt. Bei Lösungen mit pH-Werten <7 spricht man von sauren Lösungen, bei Werten >7 von basischen Lösungen.

Im Blut liegt das meiste CO_2 in gelöster Form vor, während Sauerstoff zum Großteil an Hämoglobin gebunden ist. In der Regel sinkt der

pH-Wert einer Lösung, wenn dieser CO_2 zugegeben wird. Dies lässt sich mit Hilfe dieser Säure-Base-Reaktion erklären:



Dabei reagiert das Kohlenstoffdioxid (CO_2) mit dem Wasser (H_2O) der Lösung zu Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und Hydroniumionen (H_3O^+). In einer Versuchsreihe haben wir während der Akademiezeit die Auswirkungen des CO_2 -Gehaltes auf den pH-Wert unterschiedlicher Flüssigkeiten getestet. Mit einem pH-Messgerät wurden die folgenden Testflüssigkeiten untersucht:

Testflüssigkeit	pH-Wert
Leitungswasser	7,42
Mineralwasser	4,82
Mineralwasser (kurz schütteln)	4,93
Mineralwasser (lange schütteln)	5,30
Mineralwasser (24 h offen lagern)	5,50
Apfelschorle	3,50

Die Messungen bestätigen die Annahme eines steigenden pH-Wertes mit sinkendem CO_2 -Gehalt. Im Gegensatz zum Leitungswasser ist das Mineralwasser mit Kohlensäure versetzt und hat aus diesem Grund einen niedrigeren pH-Wert (4,82 gegen 7,42). Wird das Mineralwasser geschüttelt, diffundiert CO_2 aus der Lösung heraus, sodass der pH-Wert steigt. Jedem dürfte das Phänomen bekannt sein, dass Mineralwasser, welches längere Zeit offen gelagert wurde, weniger CO_2 enthält. Auch dies konnte durch unsere Messungen nachgewiesen werden. Der pH-Wert steigt auf 5,5. Zusätzlich wurde Apfelschorle vermessen, wobei sich ein pH-Wert von 3,5 ergab. Dies ist auf die Säure des Apfels zurückzuführen.

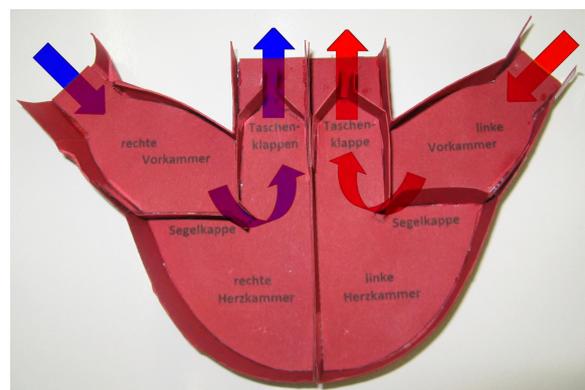
Physiologie und Modell

MARTIN DIETERLE, ANDRÉ PFOB
JOTHINI SRITHARAN, MANUEL
ZIMMERER

Herz-Kreislauf

Der Blutkreislauf nimmt in unserem Leben eine zentrale Rolle ein: Er dient als Transportbahn für Nährstoffe und Botenstoffe, bei Verletzungen werden durch ihn in sekundenschnelle blutgerinnende Stoffe an jede Körperstelle gebracht, die Körpertemperatur wird konstant bei 37°C gehalten und natürlich erfolgt über ihn der Sauerstofftransport, ohne den unsere Organe nicht arbeiten könnten. Unser Körper muss dafür sorgen, dass dieses System aus Blutgefäßen über Jahrzehnte hinweg ohne Fehler funktioniert. Die häufigste Todesursache (50 %) in den Industrienationen ist ein Versagen des Herz-Kreislaufsystems; das Risiko einer Fehlfunktion nimmt im Alter zu. Angefangen beim Herzen, welches ununterbrochen in jeder Minute 70 mal schlägt; drei Milliarden Mal im Leben. Auch die 5–6 Liter Blut müssen durch den Körper gepumpt werden; 8000 Liter pro Tag. Und das alles von einem faustgroßen 300 g schweren Organ. Wir sind ihm daher auch einige Worte schuldig:

Das Herz



Aufbau des Herzens. Die Strömungsrichtung des Blutes ist durch Pfeile gekennzeichnet, blaue für sauerstoffarmes Blut, rote für sauerstoffreiches Blut.

Das Herz besteht aus zwei Vorhöfen und zwei

Hauptkammern. Zwischen den Hauptkammern und Vorhöfen sowie den Hauptkammern und Arterien befinden sich die vier Herzklappen. Sie verhindern, dass es zu einem Rückfluss des Blutes kommt. Es gibt zum einen die Segelklappen, die sich zwischen den Vorhöfen und den Hauptkammern befinden und die so genannten Taschenklappen durch die das Blut das Herz wieder verlässt. Im Körperkreislauf ist der Druck viel höher als im Lungenkreislauf, daher muss die linke Herzhälfte mehr Druck aufwenden als die rechte. Sie besitzt deshalb mehr Muskelmasse als die rechte Herzhälfte.

Das Herz verfügt über einen eigenen Schrittmacher, den Sinusknoten, der unabhängig vom Gehirn selbstständig regelmäßig elektrische Impulse sendet. Diese bewirken dann, dass das Herz sich zusammenzieht. Ist kein Impuls da, erschlafft das Herz wieder.

Wenn das Blut also unseren linken Vorhof über die Aorta verlassen hat, muss es den Körper über ein weites Netz aus Blutgefäßen (95 000 Kilometer!) durchqueren.

Der Blutkreislauf des Menschen wird in zwei verschiedene Kreisläufe untergliedert: In den kleinen Lungenkreislauf und den großen Körperkreislauf.

Kleiner Lungenkreislauf:

Die Hohlvene führt das sauerstoffarme Blut in den rechten Vorhof des Herzens, von dort aus geht es weiter zur rechten Hauptkammer. Das Herz pumpt das sauerstoffarme Blut durch die Lungenarterie zur Lunge, in der der Gasaustausch stattfindet; Kohlenstoffdioxid aus dem Blut wird abgegeben und Sauerstoff aufgenommen. Durch die Lungenvene gelangt das nun sauerstoffreiche Blut zurück zum linken Vorhof. An dieser Stelle endet der Lungenkreislauf und der Körperkreislauf beginnt. Die genauen Vorgänge des Gasaustausches werden auf Seite 115 vorgestellt.

Großer Körperkreislauf:

Durch die linke Hauptkammer des Herzens wird das Blut durch die Aorta in den Körper gepumpt. Es gelangt durch Arterien über Arteriolen und Kapillaren zu den Organen und Zellen, an denen Nährstoffe und Sauerstoff ab-

gegeben werden und Kohlenstoffdioxid aufgenommen wird. Das nun sauerstoffarme Blut gelangt durch die Venolen und Venen über die Hohlvene zurück zum rechten Vorhof des Herzens. Von dort aus beginnt der Kreislauf wieder von Neuem.

Gefäßdicken:

Die Gefäßdicke verändert sich kontinuierlich: Die Aorta ist die Arterie mit dem größten Durchmesser (2,5–3,5 cm), da sie das gesamte Blutvolumen aus dem Herzen auffangen muss. Danach teilt sie sich erst in Arterien und dann recht schnell in kleinere Arteriolen (0,2 mm) auf, die sich dann in noch kleinere Kapillaren (10 µm) aufteilen, die dem Stoffaustausch im menschlichen Gewebe dienen. Bei den Venen passiert dies in umgekehrter Reihenfolge; das Blut fließt zunächst über die kleinen Venolen (15 µm) in die großen Venen und schließlich in die große Hohlvene (3 cm), in der sich wieder alles Blut sammelt und ins Herz zurückfließt.

Herz-Zeitvolumen

Mit dem Herz-Zeitvolumen (HZV) lässt sich die Leistungsfähigkeit des Herzens messen. Konkret bezeichnet es die Menge an Blut, die in einem Zeitabschnitt aus dem Herz gelangt. Meist beträgt die betrachtete Zeitspanne eine Minute, sodass man auch häufig vom Herz-Minutenvolumen (HMV) spricht.

Die einfachste Möglichkeit das HZV zu messen, ist durch ein Echokardiogramm (EKG). Hierbei können die zwei Parameter Schlagvolumen (wie viel Blut gelangt pro Herzschlag aus dem Herzen) und Herzfrequenz (Puls), aus denen sich das HZV zusammensetzt, abgelesen werden. Sind die zwei Größen bekannt, kann man mit der Gleichung

$$\text{HZV} = \text{Puls} \cdot \text{Schlagvolumen}$$

das HZV abschätzen.

Wenn sich diese beiden Faktoren verändern, verändert sich also auch das HZV, zum Beispiel im Sport: Der Puls erhöht sich deutlich, und somit auch das Schlagvolumen, um die

Organe mit mehr Sauerstoff zu versorgen. So kann das HZV auf über 30 Liter pro Minute ansteigen; im Ruhezustand sind es fünf Liter pro Minute. Zur Erniedrigung des HZV kommt es durch Herzkrankheiten, Schlaganfall oder auch Bluthochdruck, bei denen das Herz seine bisherige Leistung nicht mehr halten kann. Ein erhöhtes HZV kann auch von Fieber oder Blutarmut herrühren.

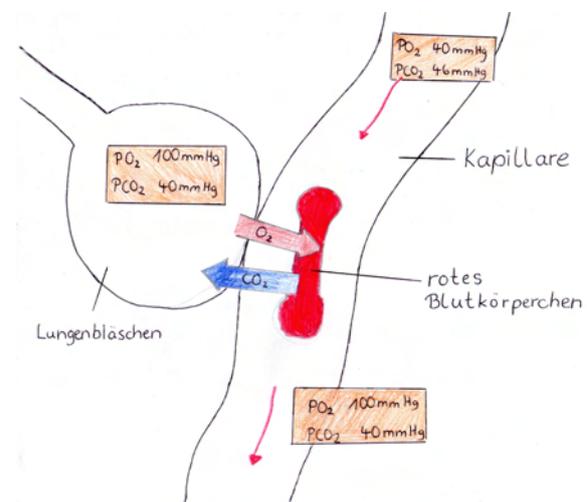
Gasaustausch

Die vom Menschen benötigte Atemluft gelangt nahezu auf direktem Weg in die Lunge. Dabei passiert sie neben der Mundhöhle auch den Rachenraum (Pharynx) und gelangt dann schließlich in die Luftröhre (Trachea). Dieser ca. 2 cm breite „Schlauch“ ist von Knorpelringen umgeben, die zur allgemeinen Stabilisierung des Atemtraktes dienen. In einer Verzweigung teilt sich die Luftröhre in zwei sogenannten Stammbronchien auf, die jeweils in einen Lungenflügel münden, wo sie sich erneut verzweigen.

Ähnlich wie bei Blutgefäßen nehmen Durchmesser und Kapazität der Transportwege proportional zu den Querschnittsflächenänderungen ab. So wie aus Arterien die feineren Arteriolen werden, bezeichnet man die den Stammbronchien nachgeschalteten Transportgefäße als Bronchiolen. Daraufhin folgen die weitaus kleineren Lungenbläschen, die sogenannten Alveolen (Durchmesser: $\approx 0,1-0,3$ mm). Lungenbläschen befinden sich in großer Anzahl in der menschlichen Lunge; nach Forscherangaben sollen es 300 Millionen sein, die zusammen eine enorme Oberfläche ergeben, sodass ein gut funktionierender und überlebensnotwendiger Gasaustausch reibungslos und im großen Stil möglich ist.

Mehrere Komponenten sind am Gasaustausch beteiligt. Voraussetzungen dafür bilden jedoch auch die Beschaffenheit und Oberfläche der Lungenbläschen und die des peripher gelagerten Kapillarnetzes. Die Lungenbläschen sind hierbei von einem extrem dünnwandigen Alveolarepithel umgeben; im Gegenzug schließt sich den Kapillaren ein ebenfalls dünnes Kapillarendothel an. Beim Gasaustausch sind kurze Diffusionsstrecken von Bedeutung. Beim Menschen beträgt diese Strecke gerade einmal 2 μm .

Da der Gasaustausch ein lebenswichtiger Prozess ist, laufen dabei hochkomplexe Mechanismen ab. Zunächst spielt die Konzentration der einzelnen Atemgase in der Luft eine wichtige Rolle. Der Anteil des Sauerstoffs liegt bei ungefähr 21 %, der des Kohlenstoffdioxids bei unter 0,03 %. Der Gasdruck ist definiert als die Kraft, die auf ein Teilchen wirkt von der Gasphase in die Flüssigkeit überzugehen. Bei Normaldruckverhältnissen von 1013 hPa teilt sich dieser mit 213 hPa auf O_2 und mit 0,03 hPa auf CO_2 auf. In der Lunge ändern sich dann aber die Druckverhältnisse drastisch, sodass es schlagartig zu einem Konzentrationsgefälle kommt. Kohlenstoffdioxid ist im Körper mehr oder weniger nur ein Abfallprodukt des Stoffwechsels, weshalb dessen Konzentration in der Lunge enorm hoch ist und der Partialdruck bei 40,5 hPa liegt. Im Umkehrschluss sinkt der Partialdruck von Sauerstoff auf nur noch 162 hPa. Beide Gase streben nun infolge des Konzentrationsgefälles nach einem Druckausgleich, weshalb Sauerstoff ins Blut diffundiert und das Kohlenstoffdioxid nach außen drängt, folglich also ausgeatmet wird.



Die Konzentrationsgefälle der Gase führen zum Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft in den Bronchiolen.

Da Sauerstoff schlecht im Blut löslich ist, liegt nur etwa 1 % in gelöster Form vor. Der Rest bindet an das Hämoglobin in den Erythrozyten (rote Blutkörperchen). Die Häm-Gruppe ist hierbei eine eisenhaltige Verbindung. Durch eine Oxigenierung gehen die Sauerstoffmole-

küle eine reversible Verbindung mit der Häm-Gruppe ein. Bis zu vier O₂ Moleküle können sich an eine Häm-Gruppe binden. Je nach pH-Wert und den spezifischen Partialdrücken in den einzelnen Körperregionen werden unterschiedlich viele O₂ Moleküle abgegeben beziehungsweise Kohlenstoffdioxid aufgenommen, das sich wiederum reversibel an das Häm des Hämoglobins bindet. Dann beginnt der Zyklus erneut, der somit einen wichtigen Teil der Körperversorgung darstellt.

Eine große Rolle bei der Sauerstoffaufnahme spielen generell die Temperatur, der spezifische Löslichkeitskoeffizient und der pH-Wert, wie bereits oben beschreiben wurde. Der pH-Wert zeigt sich stets in Abhängigkeit von der CO₂ Sättigung einer Lösung. Mit dem Herausdiffundieren eben jenes Gases in den Alveolen, steigt der pH-Wert des Blutes, weshalb dann mehr Sauerstoff im Blut gelöst werden kann. Auch kann Sauerstoff bei niedrigeren Temperaturen besser aufgenommen werden. Temperatur und pH-Wert werden daher vom Körper stark reguliert.

Der spezifische Löslichkeitskoeffizient zeigt sich im Hinblick auf Kohlenstoffmonoxid als äußerst interessant. CO bindet rund 20mal besser an das Hämoglobin, als das beim Sauerstoff der Fall ist. Aus diesem Grund sind damit in Zusammenhang stehende Vergiftungen des Körpers besonders gefährlich, da das Kohlenstoffmonoxid durch seine starke Bindung die Sauerstoffversorgung blockiert.

Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems

JULIA BONFIG, BERIT FILGES,
MELANIE GANSEL, CAROLIN
SCHREYECK

Hypertonie

Die Hypertonie ist eine krankhafte Abweichung des Blutdrucks. Bei ihr liegt der Blutdruckwert über dem Normalwert von 120/80 mmHg. Diese Krankheit wird in drei Hauptgruppen eingeteilt. Man unterscheidet zwischen der:

1. arteriellen Hypertonie

2. pulmonal-arteriellen Hypertonie
3. portale Hypertension

Arterielle Hypertonie

Die arterielle Hypertonie ist durch einen Bluthochdruck von über 140/90 mmHg in den Arterien gekennzeichnet und wird nochmals in zwei Untergruppen eingeteilt. Diese nennt man essentielle (oder auch primäre) Hypertonie und symptomatische (bzw. sekundäre) Hypertonie.

Bei der essentiellen Hypertonie ist die Ursache der Erkrankung unbekannt. Es ist allerdings sicher, dass diese Form der Hypertonie oft genetisch veranlagt ist und auch psychosoziale Faktoren (wie zum Beispiel Stress) eine Rolle bei dem Blutdruckanstieg spielen. Auch der Lebensstil der Erkrankten spielt eine wichtige Rolle.



Blutdruckmessung nach Riva-Rocci bei der Abschlusspräsentation.

Die symptomatische Hypertonie hingegen ist meist die Folge einer Primärerkrankung, wie zum Beispiel der Erkrankung der Niere oder einer Störung der Hormonbildung. Es kann aber auch die Nebenwirkung eines oder mehrerer Medikamente sein.

Die Symptome einer arteriellen Hypertonie sind sehr vielseitig. So hat man oftmals Schwindelanfälle, Kopfschmerzen, Luftnot, Ohrensausen, Hörstürze oder leidet an Nervosität. Die Folgen sind allerdings weitaus gravierender. Typisch sind zum Beispiel Herzinfarkt und Schlaganfall.

Pulmonal-arterielle Hypertonie

Diese Art der Hypertonie ist eine Blutdruck-erhöhung im Lungenkreislauf über dem dortigen Normdruck von ca. 20 mmHg. Hierbei liegt meist eine Lungenerkrankung vor. Bei der akuten pulmonal-arteriellen Hypertonie beispielsweise verengen sich die Lungengefäße durch die Verdickung der Gefäßmuskulatur. Dadurch nimmt das Innenvolumen der Gefäße ab. Die Folgen der pulmonal-arteriellen Hypertonie sind sehr ernst zu nehmen. Es kann zu eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit, Kreislaufstörungen und Rechtsherzinsuffizienz kommen. Die durchschnittliche Lebenserwartung ohne Therapie beträgt nur etwa drei Jahre.

Portale Hypertension

Die portale Hypertension beschreibt eine Erhöhung des portalvenösen Drucks über den Normbereich von 3–6 mmHg. Bei Stauungen des Blutes in der Pfortader oder Leber kommt es zur Umgehung (Anastomose) des Pfortaderkreislaufes. Dies führt zu einem erhöhten Blutdruck. Die Folgen sind sehr umfangreich: Einschränkung der Entgiftungsfunktion; Hormon-, Fremdstoff- und Arzneimetabolisierung werden verändert.

Hypotonie

Die Hypotonie ist, wie die Hypertonie, eine Blutdruckerkrankung. Allerdings liegt hierbei eine dauerhafte Blutdrucksenkung auf unter 105/60 mmHg vor. Der systolische Wert beschreibt hierbei den Blutdruck bei der Kontraktion des Herzens, der diastolische Wert während der Erschlaffung. Im Gegensatz zur Hypertonie ist die Hypotonie eine weitgehend harmlose Erkrankung. So hat man meist nur mit allgemeiner Schwäche und Müdigkeit zu kämpfen. Auch die Hypotonie wird in drei Gruppen unterteilt:

1. die essentielle Hypotonie
2. die symptomatische Hypotonie
3. die orthostatische Hypotonie

Bei der essentiellen Hypotonie sind keine Ursachen erkennbar. Meist wird sie vererbt, wobei Frauen davon häufiger betroffen sind als Männer. Die symptomatische Hypotonie ist auf eine klar definierbare Ursache zurückzuführen, wie zum Beispiel eine Erkrankung oder Medikamenteneinnahme.

Die orthostatische Hypotonie ist eine Regulationsstörung beim Wechsel in die aufrechte Körperlage. Sie tritt meist nach längerem Liegen oder Sitzen auf. Dabei sackt das Blut durch die Schwerkraft zunächst in die Beinvenen, wodurch weniger Blut am Herzen und im Gehirn ankommt. Es kommt zu Schwindel oder manchmal sogar zu kurzem Bewusstseinsverlust. Ist es zusätzlich sehr warm, wird die Haut zur Abkühlung des Körpers stark durchblutet, sodass noch mehr Blut abgezweigt wird und ein orthostatischer Kollaps droht.

Arteriosklerose

Kaum eine Krankheit steht seit vielen Jahren so im Blickfeld der medizinischen und biochemischen Forschung wie die Arteriosklerose.

Die Arteriosklerose – umgangssprachlich auch Arterienverkalkung oder Arterienverhärtung genannt – ist eine Veränderung der Gefäßwände von Arterien. Hervorgerufen wird sie durch Wucherungen des Bindegewebes und Ablagerungen von Blutfetten (arteriosklerotische Plaques) und Kalk an den Innenwänden der Arterien. Die Blutgefäße verlieren dadurch ihre Elastizität und der Gefäßdurchmesser verengt sich zunehmend, sodass der Transport des Blutes in das Gewebe behindert oder ganz verhindert wird.

Ursachen sind zum Beispiel arterielle Hypertonie (Bluthochdruck), Fettleibigkeit, Diabetes, hohes Alter, genetische Veranlagungen und übermäßiger Alkoholkonsum. Aber auch eine ungesunde Lebensweise wie fettreiche Ernährung, Rauchen, Bewegungsmangel und Stress erhöhen das Risiko der Arteriosklerose.

Wenn an den Ablagerungen feinste Risse entstehen, lagern sich Blutplättchen (Thrombozyten) an. Diese können Gerinnsel (Thromben) formen, die den Gefäßdurchmesser weiter verkleinern und/oder sich lösen und an anderen

Stellen wieder festsetzen. Dort kommt es dann zu Gefäßverschlüssen, sogenannten Embolien. Bilden sich in den Herzkranzgefäßen solche Embolien, kann es zu einem Herzinfarkt, bei Gefäßverschlüssen der Hirn- und Halsarterie, zu einem Schlaganfall kommen. Häufig führt die Arteriosklerose auch zu Schädigungen der Niere und der Augen.

Die Behandlung einer Arteriosklerose im Frühstadium kann zumeist durch eine gesunde Lebensweise erzielt werden. Dabei können die bekannten Risikofaktoren der Arteriosklerose, also zum Beispiel das Übergewicht, durch ausreichende Bewegung oder eine Diät reduziert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Arteriosklerose und deren Folgeerkrankungen durch Medikamente einzudämmen. Ist die Arteriosklerose schon weit fortgeschritten, sodass Komplikationen drohen, ist zur Therapie eine Operation erforderlich.



Vortrag bei der Rotation.

Herzinfarkt

In Deutschland erleiden jährlich rund 250.000 Menschen einen Herzinfarkt. Er ist die Folge des Verschlusses eines Herzkranzgefäßes, welches das Herz mit Blut versorgt. Solch ein Verschluss entsteht meist durch eine Arteriosklerose. Reißt eine innere Gefäßwand, setzt der Wundverschluss ein und es bildet sich ein Blutgerinnsel, das Teile des Herzmuskels von der Sauerstoff- und Nährstoffversorgung abtrennt. Risikofaktoren, die zu einem Herzinfarkt führen können, sind vor allem Hypertonie (Blut-

hochdruck), Stress, Übergewicht, Rauchen und Diabetes.

Der Herzinfarkt äußert sich häufig durch stechende Schmerzen hinter dem Brustbein und ein Druck- bzw. Engegefühl in der Brust (Angina pectoris, Brustenge). Die Schmerzen können dabei bis in den linken Arm, die Schulter, den Hals oder den Oberbauch ausstrahlen. Meist dauern diese Schmerzen nur kurze Zeit an und treten oft nur bei körperlichen und/oder psychischen Belastungen auf.

Auch starke Unruhe, eine blass-graue Gesichtsfarbe, Atemnot, Übelkeit und Erbrechen, ein plötzlicher Kreislaufzusammenbruch, Schweißausbrüche und Herzrhythmusstörungen können Anzeichen für einen Herzinfarkt darstellen.

Grundsätzlich bestehen drei Therapieformen zur Behandlung des Herzinfarkts, so kann der Blutstrom in den Herzkranzgefäßen durch eine Lysetherapie, eine Ballonaufdehnung (Angioplastie) oder eine Bypass-Operation wieder in Gang kommen.

Bei der Lysetherapie wird das Blutgerinnsel (Thrombus) durch Medikamente aufgelöst – Mediziner sprechen auch von Fibrinolyse. Die eingesetzten Medikamente bewirken, dass die körpereigenen Abbauenzyme (Plasminogen) aktiviert werden, die den Thrombus auflösen. Bei der akuten Angioplastie wird ein Herzkatheter eingeführt, der das verstopfte Gefäß mithilfe eines Ballons erweitert. Oft wird zusätzlich eine kleine Gefäßstütze (ein Stent) implantiert, damit das Gefäß offen bleibt. Bei einer Bypass-Operation überbrückt der Arzt die stark verengten oder komplett verschlossenen Herzkranzgefäße durch eine Umleitung (Bypass = engl. Umleitung). Als Überbrückung verwendet man häufig kleine Venenstücke aus dem Unterschenkel bzw. Oberschenkel (aortokoronarer Venen-Bypass) oder eine Umleitung der Brustwandarterie (Arteria-mammaria-interna-Bypass).

Folgen des Herzinfarktes, zum Beispiel Herzrhythmusstörungen und Kammerflimmern, können zum Herztod führen. Die Pumpfunktion des Herzens wird so beeinträchtigt, dass der Kreislauf zusammenbricht. Auch wenn der Patient den Infarkt überlebt, ist die Leistungsfähigkeit des Herzens danach meist geringer, da abgestorbenes Muskelgewebe am Herzen ver-

narbt und zu starrem Bindegewebe wird, das nicht zur Pumpfunktion des Herzens beiträgt. Hierdurch kann es auch zu einer gestörten Reizweiterleitung kommen.

Schlaganfall

Einleitung

Der Schlaganfall ist oft die Folge einer Erkrankung an Hypertonie und weltweit die zweithäufigste Todesursache. Allein in Deutschland erleiden etwa 200 000 Menschen pro Jahr einen Schlaganfall, wobei hauptsächlich ältere Menschen davon betroffen sind. Es können jedoch auch Menschen mittleren Alters, Kleinkinder und Neugeborene einen Schlaganfall erleiden. Besonders wachsam sollten vor allem Menschen sein, die an Arteriosklerose, hohem Blutdruck, hohem LDL-Cholesterinspiegel, Diabetes oder Übergewicht leiden. Auch Rauchen und/oder die Einnahme der Antibabypille können zum Schlaganfall führen.

Symptome

Die Symptome eines Schlaganfalls können unterschiedlich stark sein, denn der Schweregrad variiert je nach betroffenem Gehirnareal. Typisch dabei ist, dass die Beschwerden nur einseitig auftreten. Allgemein ist der Schlaganfall durch den Verlust körperlicher und geistiger Fähigkeiten gekennzeichnet. Die Schmerzen sind meist nicht besonders stark. Häufig treten je nach betroffenem Hirnareal folgende Symptome auf:

- plötzliche einseitige Lähmung, insbesondere im Arm
- einseitiges Taubheitsgefühl in Arm, Bein, Gesicht, Zunge oder Mundraum (taubes, pelziges oder kribbeliges Gefühl)
- einseitig herabhängender Mundwinkel
- Sehstörungen bis hin zur vorübergehenden Erblindung
- Sprachstörungen bis hin zum Verlust des Sprachvermögens
- Verwirrtheit
- Hörverlust
- Gleichgewichtsstörungen, Schwindel (Stehen und Sitzen ist nicht mehr möglich)
- Übelkeit, Erbrechen
- Bewusstlosigkeit
- Starke Kopf- und Nackenschmerzen

Dauern derartige Symptome nur kurz an und bilden sich vollständig zurück, spricht man vom Schlaganfall-Vorboten TIA (transitorische ischämische Attacke; Durchblutungsstörung), der allerdings trotzdem sofort ärztlich untersucht und behandelt werden sollte, da diese kurzzeitigen Anfälle meist Vorzeichen eines kommenden Schlaganfalls sind.

Erste Hilfe

Nach dem Auftreten eines Schlaganfalls, sollte man sofort einen Notarzt rufen, da bestimmte Medikamente ein eventuelles Blutgerinnsel auflösen und so das Gehirn vor einem dauerhaften Schaden schützen können. Allerdings muss die ärztliche Hilfe innerhalb von drei bis vier Stunden einsetzten. Währenddessen den erkrankten Menschen keiner körperlichen Belastung aussetzen, sondern mit erhöhtem Oberkörper lagern und fortlaufend das Bewusstsein dieses Menschen kontrollieren. Darüber hinaus gilt, dass man dem Menschen nichts zu trinken und essen geben darf, da sonst eine Aspirationsgefahr besteht. Das bedeutet, dass das Gehirn eventuell den Schluckvorgang nicht mehr richtig steuern kann und so die Gefahr des Verschluckens besteht. Zudem hilft es das Fenster weit zu öffnen und eng sitzende Kleidung zu lockern. Wenn der Patient über Übelkeit klagt oder bewusstlos werden sollte, gilt es, den Betroffenen in die stabile Seitenlage zu bringen und den Puls und die Atmung immer wieder zu kontrollieren. Falls keinen Puls oder keine Atmung mehr festzustellen ist, muss der Betroffene wieder aus der Seitenlage auf den Rücken gedreht werden. Anschließend sollte der Patienten auf eine harte Unterlage, zum Beispiel auf den Boden gelegt und die Mund-zu-Mund-Beatmung mit Herzdruckmassage durchgeführt werden.

Folgen

Die eventuell schwerwiegenden Folgen eines Schlaganfalls können meist erst nach einigen

Tagen, teilweise auch erst nach Wochen sichtbar werden. Das Ausmaß eines Schlaganfalls hängt sehr davon ab, wo und wie stark die Schädigung im Gehirn war.

In den meisten Fällen bleibt eine mehr oder weniger starke Lähmung von Gesicht, Arm und/oder Bein auf einer Körperhälfte zurück. Man nennt sie darum Halbseitenlähmung (Hemiparese). Es ist immer die gegenseitige Körperhälfte der Seite der Hirnschädigung betroffen, d.h. bei einer Schädigung der rechten Hirnhälfte wird die linke Körperseite gelähmt und umgekehrt. Häufig treten neben einer Lähmung auch Sprach-, Sprech- und Schluckstörungen sowie Aufmerksamkeitsstörungen, Gedächtnis- und Sehstörungen auf.

Ursachen

Ein Schlaganfall ist eine plötzliche Minderversorgung des Gehirns mit Blut. Die Gehirnzellen werden so nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt, was zum Absterben der Zellen führt. Dieser unwiederbringliche Tod von Nervenzellen bringt Funktionsausfälle des Nervensystems mit sich. Der Schlaganfall wird in zwei Hauptgruppen eingeteilt. Man unterscheidet zwischen dem ischämischen Schlaganfall (Apoplex) und dem hämorrhagischen Schlaganfall. Beim ischämischen Schlaganfall sind meist die Blutgefäße verstopft, beispielsweise durch Arteriosklerose, einen Embolus (Embolie) oder einen Thrombus. Die Ursache des hämorrhagischen Schlaganfalls ist eine Gehirnblutung, wobei ein Hirngefäß reißt und das darin enthaltene Blut in das umliegende Gehirngewebe eintritt, wodurch das Gehirn geschädigt wird. Durch die rasche Volumenzunahme im Gehirn werden schnell lebenswichtige Zentren, wie die für die Regelung der Atmung und des Herzschlags, gequetscht und dadurch in ihrer Funktion beeinträchtigt. Der ischämische Schlaganfall tritt wesentlich häufiger auf als der hämorrhagische (85 % der Schlaganfallbetroffenen).

Es gibt allerdings noch weitere Risikofaktoren:

- Alter: etwa zwei Drittel der Betroffenen sind über 70 Jahre alt
- Genetische Veranlagung: Verwandte ersten Grades haben ein erhöhtes Risiko

- Diabetes mellitus, Bluthochdruck, ein hoher Cholesterinspiegel und Rauchen. Auch zu viel Alkohol kann gefährlich werden, da dieser den Blutdruck ansteigen lässt und zu Bluthochdruck führt
- Herzkrankheiten, insbesondere Vorhofflimmern und Herzklappenprobleme
- Übergewicht und mangelnde Bewegung
- Antibabypille

Vorbeugung

Um einem Schlaganfall vorzubeugen, sollte man seinen Blutdruck, sein Gewicht und sein Cholesterin auf optimale Werte senken. Dazu ist es sinnvoll, seine Lebensgewohnheiten auf gesunde Ernährung, wie viel Obst, Gemüse, Fisch und möglichst wenig Süßes und Fettiges umzustellen und sich viel zu bewegen. Denn Bewegung stärkt den Körper, intensiviert die Sauerstoffversorgung und hält die Blutgefäße elastisch. Um einen erneuten Schlaganfall zu verhindern, sollte man keinen sehr anstrengenden Sport treiben. Für Raucher lohnt es sich, das Rauchen aufzugeben, denn schon fünf Jahre nach der letzten Zigarette reduziert sich das Schlaganfall-Risiko auf das eines Nichtraucherers. Gegen die Entstehung von Thrombosen hilft es, viel zu trinken und eventuell Thrombosen-Strümpfe zu tragen.



Bluter

Bei der Bluterkrankheit, die in der Fachsprache Hämophilie genannt wird, handelt es sich um eine Erbkrankheit, bei der die Blutgerinnung nicht funktioniert. Die Blutgerinnung ist ein Schutzmechanismus des Körpers, der das Verbluten des Menschen verhindert. Der Vorgang der Blutgerinnung verläuft in mehreren Phasen. Insgesamt sind dreizehn verschiedene Gerinnungsfaktoren daran beteiligt. Bei den meisten Menschen, die an der Bluterkrankheit leiden, fehlt der Gerinnungsfaktor VIII, was dazu führt, dass das extrinsische System, das eigentlich nach Sekunden einsetzen sollte und wie das intrinsische System zum Wundverschluss dient, nicht einsetzt. Das intrinsische System setzt erst viel später ein und ist somit ineffizient.

Die Krankheit wird X-chromosomal rezessiv vererbt. Das heißt, dass bei Männern die Krankheit viel häufiger ausgeprägt vorkommt, während Frauen in der Regel Überträger sind, da Frauen zwei X-Chromosomen haben und Männer nur eines. Bei nur einem kranken X-Chromosom bei der Frau übernimmt das gesunde Chromosom die Aufgabe des anderen Chromosoms mit. Beim Mann besteht diese Möglichkeit nicht.

Bluter ist nicht gleich Bluter, das heißt, dass im Falle von Faktor VIII-Patienten die Restaktivität des Faktors VIII über die Schwere der Krankheit entscheidet. So gibt es zum Beispiel Patienten, die sich selbst intravenös den gentechnisch hergestellten Faktor VIII spritzen müssen. Das heißt, Faktor VIII wird als Medikament zugeführt. Bei Patienten hingegen, die eine Restaktivität des Faktor VIII von circa zehn Prozent haben, sind leichtere Verletzungen mit muskulären Blutungen und kleinere offene Wunden kein Anlass zu substituieren. Bei Gelenkblutungen muss jedoch immer substituiert werden.

Im Alltag sehen sich Hämophile mit dem Problem konfrontiert, dass Faktor VIII Präparate lückenlos gekühlt werden müssen, das heißt eine Urlaubsreise oder ein Flug muss gut geplant werden. Auch in ihrer Freizeit sind Hämophile eingeschränkt, denn sie sollten/dürfen nicht jeden Sport ausüben wie zum Beispiel Reiten und Ski fahren. Besonders gut geeignet sind

dagegen gelenkschonende Sportarten wie zum Beispiel Schwimmen. Auch bei der Berufswahl muss die Hämophilie bedacht werden: körperlich sehr anstrengende Berufe sollten nicht ausgeübt werden, um die Gefahr von Verletzungen zu minimieren.

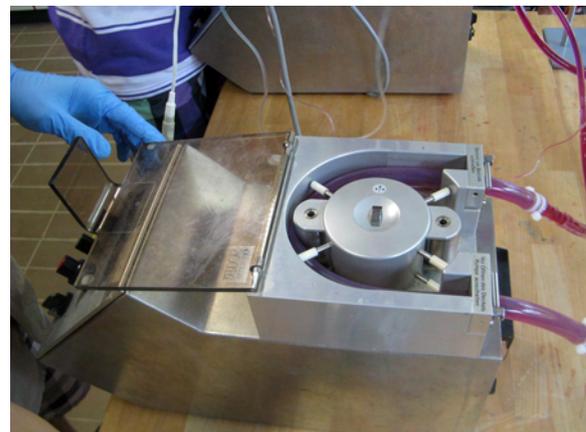
Blutkreislaufmodell

VON NATALIE KEIL, MILENA WESEMANN, THOMAS WODTKO, CONSTANZE KUHN, CAROLIN SCHREYECK

Im Laufe der zweiwöchigen Akademie probierten wir viele verschiedene Blutkreislaufmodelle aus und entschieden uns am Schluss für ein großes Modell, welches wir auch bei der Abschlusspräsentation verwendeten.

Herz

Als Herz dienten uns zwei Peristaltikpumpen der Firma Stöckert, die je eine Herzhälfte darstellten. Diese funktionieren mittels eines sogenannten Quetschverfahrens, wobei in die Pumpen integrierte Walzen elastische Silikonschläuche zusammenquetschen und so das enthaltene Wasser stoßweise herauspressten.



Je eine Quetschpumpe diente zur Simulation der jeweiligen Herzhälfte.

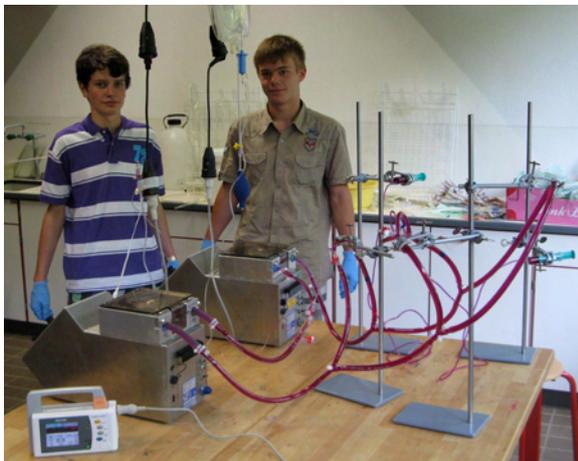
Über die Frequenz der Pumpen konnten wir den Puls simulieren. Das Herzauswurfvolumen wurde durch den Druck der Walzen auf die Schläuche eingestellt. Da die linke Herzhälfte beim Menschen kräftiger ist, haben wir die linke Pumpe auf einen dementsprechend größeres Herzauswurfvolumen eingestellt.

Gefäße

Für die Gefäße verwendeten wir Kunststoffschläuche, mit drei unterschiedlichen Durchmessern (1/2, 3/8, 1/4 Zoll). Als Verbindung zwischen Schläuchen verschiedener Dicke und Verzweigung der Schläuche dienten Kunststoffadapter. Da die Schläuche durchsichtig waren, konnten wir das Blut durch rot gefärbtes Wasser sehr gut simulieren (Früchtetee oder Methylrot).

Großer und kleiner Blutkreislauf

Von der linken Herzhälfte aus, die durch die linke Peristaltikpumpe simuliert wurde, führte ein 1/2 Zoll Schlauch, der sich anschließend auf drei 3/8 Zoll Schläuche aufteilte. Letztendlich gingen diese in die dünnsten Schläuche mit einem Durchmesser von einem 1/4 Zoll über. Auf dem Rückweg zur rechten Peristaltikpumpe verhielten sich die Schlauchdicken umgekehrt zum Hinweg. Ist das „Blut“ in der rechten Pumpe angekommen, ist der große Blutkreislauf abgeschlossen, nicht jedoch die Reise des „Blutes“. Dieses floss über einen 3/8 Zoll Schlauch zurück zur linken Pumpe, womit auch der kleine Blutkreislauf dargestellt wurde.



Gesamtmodell des Blutkreislaufes.

Windkesselfunktion

Um die Windkesselfunktion zu veranschaulichen, bauten wir ein weiteres Modell auf, welches aus einer Pumpe und zwei 1/2-Zoll-Schläuchen, die Aorta und Hohlvene simulierten, bestand. In diesem Modell konnten wir sehen, dass das Wasser ungleichmäßig und stoßwei-

se herauskam, da die Schläuche fest und inelastisch waren. Unsere menschliche Aorta jedoch passt sich an den sich stetig verändernden Druck durch Variieren des Durchmessers an, da sie aus vielen elastischen Fasern besteht. Zieht sich das Herz bei der Systole zusammen und wirft Blut aus, verhindert das bereits vorhandene Blut den Durchfluss und die Aortenklappe den Rückfluss. So wird ein Druck von innen auf die Aortenwand aufgebaut. Dadurch dehnt sie sich aus. Gleichzeitig baut sich von außen ein Gegendruck auf, der dazu führt, dass die Aorta sich wieder zusammenzieht (Abbildung 3). Das Herz wirft wieder neues Blut aus und dieses Prinzip wiederholt sich fortschreitend.

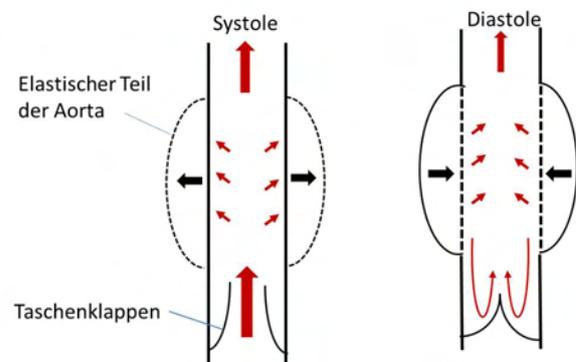


Abbildung 3: Schema der Windkesselfunktion.

Nach Einbau einer Wasserbombe (Abbildung 4), die die Funktion der elastischen Fasern in unserem Modell übernahm, zirkulierte das Wasser gleichmäßig.



Abbildung 4: Eine Wasserbombe wird verwendet, um die Windkesselfunktion nachzuahmen.

Experimente

LUCA AMBROSY, NATALIE KEIL,
MAURICE MORGENTHALER, CAROLIN
SCHREYECK, JONAS STEINER, MILENA
WESEMANN, MANUEL ZIMMERER

Gefäßweite und Volumina

In diesem Themengebiet erforschten wir die Zusammenhänge zwischen dem Blutvolumen sowie der Gefäßweite in unserem Körper. Anhand unseres künstlichen Blutkreislaufmodells konnten wir diese Abhängigkeiten experimentell beobachten und die Ergebnisse dementsprechend interpretieren.

Zur Verfügung standen uns die folgenden Materialien.

1. Peristaltikpumpe: Diese diente als Antrieb für die Wasserzirkulation im Modell.
2. Silikonschlauch: Dieser war direkt mit der oben erwähnten Peristaltikpumpe verbunden und war somit Teil des Antriebsapparates.
3. Kunststoffschläuche: Sie dienten zum Wassertransport.
4. Messzylinder (3×1000 ml): Hiermit wurde das Auffangen und Messen der Flüssigkeit möglich.
5. Eimer (10l): In diesem befand sich das Wasser für den Kreislauf, welches später wieder aus den Messbechern in den Eimer zurückgeführt wurde.
6. Stoppuhr: Modell Casio G-Shock um permanent dieselbe Zeitspanne für das Auswurfvolumen zu erhalten.

In der Peristaltikpumpe war dauerhaft derselbe 3/8 Zoll Silikonschlauch eingelegt. Als erstes wurde die Walzeneinstellung unserer Peristaltikpumpe auf 4 mm eingestellt; die Frequenz auf 30 U/min. Danach wurde das Auswurfvolumen in Abhängigkeit verschiedener Schlauchdicken 3× pro Schlauch getestet. Anschließend wurde die Walzeneinstellung von 4 mm auf 6 mm geändert und die Frequenz auf 60 U/min und in Abhängigkeit gestellt. Daraufhin wurde noch eine Versuchsreihe mit unterschiedlichen Kombinationen und unterschiedlichen Gefäß-

durchmessern durchgeführt, allerdings alle vom 3/8 Silikonschlauch ausgehend.

Die Annahme war, dass bei Walzeneinstellungen kleinerer Größe mehr Volumen durch den Kreislauf gequetscht wird. Also eine Abhängigkeit zwischen Schlauchdurchmesser und Durchflussvolumen besteht. Außerdem nahmen wir an, dass die doppelte Frequenz das doppelte Durchflussvolumen verursacht.

Zu sehen sind hier die Ergebnisse der Versuchsreihe mit verschiedenen Schlauch- und Walzeneinstellungen. Aus den jeweils drei Messungen sind die Mittelwerte mit jeweiligen Standardabweichungen angegeben:

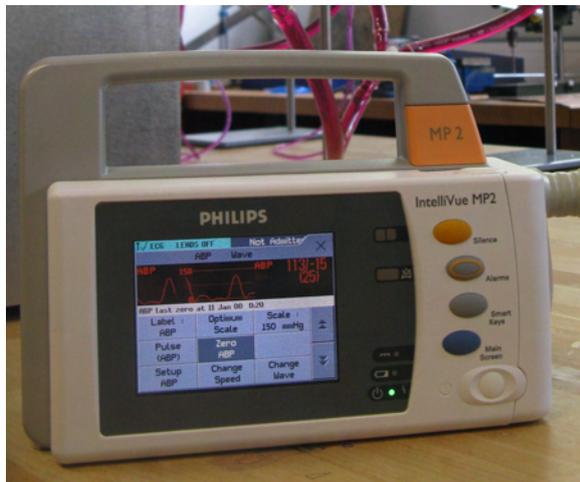
Walzen- einstellung	Frequenz	Schlauch- durchmesser	Mittelwert
4 mm	30 U/min	1/4 Zoll	233 ml ± 15 ml
4 mm	30 U/min	3/8 Zoll	253 ml ± 15 ml
4 mm	30 U/min	1/2 Zoll	283 ml ± 6 ml
6 mm	30 U/min	1/4 Zoll	127 ml ± 6 ml
6 mm	30 U/min	3/8 Zoll	330 ml ± 10 ml
6 mm	30 U/min	1/2 Zoll	227 ml ± 12 ml
4 mm	60 U/min	1/4 Zoll	523 ml ± 21 ml
4 mm	60 U/min	3/8 Zoll	560 ml ± 17 ml
4 mm	60 U/min	1/2 Zoll	530 ml ± 27 ml

Die Versuche mit Pumpeneinstellungen von 4 mm Walzenabstand und 30 U/min bestätigte die Annahme, dass bei größerem Schlauchvolumen mehr Flüssigkeit durchgequetscht wird. Je 1/8 Zoll bedeutet eine Steigerung des Durchflussvolumens um etwa 20–30 ml. Zu größerem Staunen haben die anderen Ergebnisse geführt. Erst einmal trifft es zu, dass die weitere Walzeneinstellung von 6 mm weniger Flüssigkeit durch den Schlauch quetscht. Jedoch fällt der Wert für den 3/8 Zoll-Schlauch vollkommen heraus. Hier wird mehr Flüssigkeit durch den Schlauch gequetscht als bei 4 mm Walzeneinstellung, aber weniger als bei dem dickeren Schlauch.

Die höhere Umdrehungszahl führt dazu, dass – wie erwartet – mehr Wasser durch den Schlauch gedrückt wird. Jedoch wird bei dem 3/8 Zoll-Schlauch wieder mehr Wasser durchgequetscht als beim 1/2 Zoll-Schlauch. Mit unserem Versuchsaufbau konnten wir uns das nicht erklären.

Sämtliche Messergebnisse wurden mehrmals überprüft. Selbstverständlich ergaben sich hierbei Abweichungen, die sowohl auf Messfehler als auch auf andere Ungenauigkeiten zurückzuführen sind u.a. Faktoren wie Zeitnahme oder Ablesen der Messskalen. Die Abweichungen lagen in einem Rahmen von weniger als 10 %, die auf die oben genannten Faktoren zurückzuführen sind. Anomalien größeren Ausmaßes wurden auf deren Richtigkeit überprüft. Wir konnten keine Fehler in der Durchführung finden. Leider war es uns daher mit den vorliegenden Bedingungen nicht möglich, den Idealfall zu simulieren, sodass beispielsweise eine auf alle Eventualitäten zutreffende Formel hätte gefunden werden können. Dennoch bleibt zu sagen, dass diese Versuchsreihen wichtige Grundlagen für die später durchgeführten Arbeiten darstellten und uns einen Einblick ins Forscherleben gewährten.

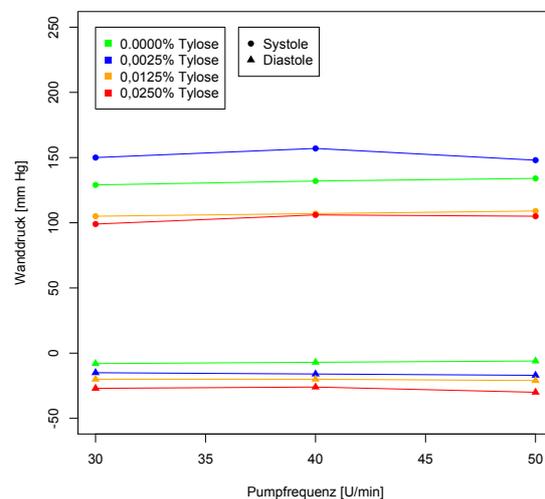
Einfluss der Viskosität auf den Blutdruck



Der Druck in den Schläuchen wurde „intraarteriell“ aufgenommen und mit einem Patientenmonitor dargestellt.

In einem Versuch im Rahmen der Blutdruckmessungen wurde getestet, ob die Viskosität einer Flüssigkeit – in unserem Falle die des Wassers – einen Einfluss auf den statischen Wanddruck, also den Blutdruck hat. Anhand eines sehr einfach gebauten Schlauchsystems, das den Blutkreislauf im menschlichen Körper darstellte, wollten wir dies testen. Unsere

Testflüssigkeit war Leitungswasser, dessen Viskosität mithilfe des Verdickungsmittels Tylose MH20 verändert wurde. Für den Versuch wurden drei Lösungen in verschiedenen Konzentrationen hergestellt. Eine 0,25 %ige Lösung, eine 1,25 %ige und schließlich eine 2,5 %ige. Diese mussten wir über Nacht stehen lassen, damit sich die Tylose komplett im Wasser lösen konnte. Insgesamt hatten wir so einschließlich des Leitungswassers vier Flüssigkeiten, die es zu testen galt. An unser Schlauchsystem wurde ein Blutdruckmessgerät angeschlossen. Um den Versuch jeweils bei möglichst gleichen Ausgangsbedingungen durchzuführen, wurde zuerst das gesamte Schlauchsystem mit Wasser gefüllt und somit das Gesamtvolumen bestimmt. Im Folgenden maßen wir den Blutdruck bei drei unterschiedlichen Pumpfrequenzen (30, 40 und 50 Umdrehungen pro Minute). Nach den Messungen wurden die Schläuche zuerst komplett entleert, um den gleichen Vorgang mit den drei anderen Lösungen durchzuführen. Die Grafik zeigt unsere Messergebnisse für das Wasser und die Lösungen bei den genannten Pumpfrequenzen.



Wanddruck in Abhängigkeit der Viskosität.

Trotz unserer Bemühungen dürften unsere Ergebnisse leichte Abweichungen haben, denn es gelang uns nicht, das Schlauchsystem völlig luftleer zu bekommen. Die Ergebnisse verwirrten uns anfangs sehr, denn wir hatten erwartet, dass bei höherer Viskosität der Blutdruck

steigt. Wir dachten uns, dass eine Flüssigkeit langsamer fließt, wenn man sie dickflüssiger macht. Eine geringere Fließgeschwindigkeit bei gleich bleibender Gefäßweite führt – so vermuteten wir – zu einem höheren Blutdruck. Unsere Messergebnisse zeigten jedoch das Gegenteil; nämlich, dass der Blutdruck geringer wurde. Nach langem Überlegen glauben wir, eine Erklärung gefunden zu haben: Eine Flüssigkeit hat wahrscheinlich eine größere Trägheit, je höher die Viskosität ist. Bei größer werdender Trägheit wird auch die Beschleunigung durch die Pumpe größer, was zu einer höheren Fließgeschwindigkeit und damit zu einem niedrigeren Blutdruck führt.

Wieso der Blutdruck aber bei Wasser niedriger ist als bei einer 0,15%igen Tylose-Lösung, konnten wir trotz Hilfe der Physiker nicht komplett beantworten (an dieser Stelle ein großes Dankeschön an die Leiter des Physikkurses). Eine Vermutung zu diesem Phänomen war, dass es einen bestimmten Grenzwert gibt, bei dem die Tylose-Lösung träge genug ist, um die gleiche/eine höhere Geschwindigkeit als Leitungswasser zu bekommen. Dieser Wert müsste ungefähr bei einer Konzentration von 1% Tylose liegen.

Unser Versuch bewies aber – und das war ja das eigentliche Ziel –, dass die Viskosität einen Einfluss auf den Blutdruck hat. Um das oben beschriebene Phänomen jedoch genauer zu untersuchen, hätten wir schlichtweg mehr Messungen machen müssen, wozu uns aber die Zeit und die Mittel fehlten.

Echtblut

Wirklich spannende Versuche waren die Echtblutversuche. Doch keine Angst: Wir benutzten kein Blut von Kursteilnehmern oder -leitern, die sich die Finger aufzustechen hatten! Nein, wir verwendeten extra für uns angeliefertes Schweineblut. Allerdings leiteten wir das Echtblut nicht einfach in ein Schlauchsystem hinein (das hätte eine ziemliche Schweinerei gegeben), sondern wir beschränkten uns auf die Versuche, die mit Farbe und Konsistenz des Blutes unter Zugabe verschiedener Stoffe und Chemikalien zu tun hatten.

Alles heller, oder was?

Unser erster Versuch bestand darin, zu zeigen, wie sich die Farbe und Helligkeit des Blutes veränderte, wenn man Luft hineinführte.

Dickes Blut

Wenn man Blut offen stehen lässt, beginnt es nach einer gewissen Zeit zu verklumpen. Das liegt daran, dass im Blut Calcium freigesetzt wird, das eine Blutgerinnung hervorruft. Um das zu verhindern, kann das Blut durch einen Überschuss an Natrium flüssig gehalten werden. Mit großen Mengen Natriumchlorid (Kochsalz) kann eine Blutgerinnung verhindert werden.

Im zweiten Versuch wollten wir herausfinden, was passiert, wenn wir Calciumcarbonat zum Blut hinzufügen. Calcium hat bei der primären Hämostase (primäre Blutgerinnung) den Effekt, das Blut dickflüssiger werden zu lassen, sodass sich bei einer Verletzung die Wunde so schnell wie möglich wieder verschließt. Gaben wir eine calciumhaltige Verbindung (z. B. Calciumcarbonat, CaCO_3) zu ein paar Tropfen Blut hinzu, war zu erkennen, dass das Blut anfängt zu verklumpen.

Durchsichtiges Blut? Das klingt ungesund!

Der nächste Versuch war wahrscheinlich der verblüffendste von allen. Unsere Aufgabe bestand darin zu beobachten, was geschieht, wenn wir destilliertes Wasser zum Schweineblut hinzugeben. Dazu füllten wir einen Erlenmeyerkolben mit etwas Echtblut, gaben demineralisiertes Wasser hinzu und mussten dann einige Zeit warten. Nach 10 bis 15 Minuten war das gesamte Blut durchsichtig geworden! Warum wird das Blut durchsichtig?

Wenn wir Wasser zum Blut hinzugeben, saugen sich die Erythrozyten aufgrund einer osmotischen Druckdifferenz mit Wasser voll. Nach kurzer Zeit platzen diese wegen des steigenden Zellinnendrucks. Dabei wird das Hämoglobin freigesetzt, sodass es jetzt in der Lösung vorliegt. Das Hämoglobin löst sich auf und das darin gebundene Eisen liegt offen im Wasser als Ion vor. Nun verhält es sich mit dem Eisen folgendermaßen: Die meisten Eisenverbindungen sind in einer Lösung (hier: Wasser) durchsichtig.

tig. Das ist der Grund, weshalb das Blut so klar wurde.

Der rote Schaum

Was geschieht wohl, wenn wir ein paar Tropfen Blut in ein wenig Wasserstoffperoxid (H_2O_2) träufeln? Aus dem Becherglas quillt nach und nach immer mehr rötlich-weißer Schaum, bis das Becherglas fast nicht mehr zu sehen ist, weil der Schaum alles bedeckt! Was passiert hier chemisch betrachtet? Das Wasserstoffperoxid reagiert mit einem Bestandteil des Hämoglobins, sodass Kohlendioxid freigesetzt wird. Das Kohlendioxid sitzt nun in den vielen kleinen Schaumbläschen.

Mittlerer Blutdruck des Medizinkurses

Um den mittleren Blutdruckwert des Medizinkurses zu ermitteln, haben wir bei den 18 Teilnehmern und Kursleitern mit zwei verschiedenen Methoden den Blutdruck gemessen.

Die erste Methode war die weit verbreitete indirekte Messung nach Riva-Rocci. Hierbei wird eine Manschette am linken Oberarm angelegt und aufgepumpt, bis der Puls nicht mehr fühlbar ist. Lässt man nun langsam die Luft aus der Manschette entweichen, ist nach kurzer Zeit durch ein Stethoskop ein Rauschen zu hören, der sogenannte Korotkow-Ton. Er zeigt den systolischen Wert an. Die Manschette wird weiter entleert, bis der letzte hörbare Ton den diastolischen Wert anzeigt.

Zur zweiten Messung benutzten wir ein elektrisches Blutdruckmessgerät (Philips IntelliVue MP2), welches die Werte oszillometrisch misst. Dieses Gerät misst den mittleren arteriellen Druck, indem der größte Unterschied der Oszillationsamplituden ermittelt wird. Daraus berechnet das Gerät den systolischen und den diastolischen Blutdruck.

Beide Messungen wurden am linken Oberarm durchgeführt. Die Testpersonen saßen vor der Messung ca. 3 min. in Ruhe, um den Kreislauf zu beruhigen. Das Durchschnittsalter der Testpersonen betrug 16,11 Jahre.

In Abbildung 5 ist die Verteilung der Blutdruckwerte aller Teilnehmer für beide Messmethoden zu sehen. Interessanterweise zeigt

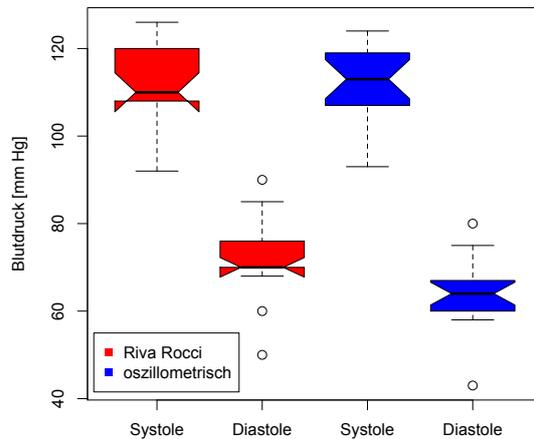


Abbildung 5: Blutdruckwerte der Kursteilnehmer (inklusive Leiter).

sich, dass der diastolische Wert bei dem oszillometrischen Messgerät etwas niedriger als bei den Riva-Rocci Werten liegt. Ansonsten besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den Messmethoden.

Laut den Leitlinien der WHO (World Health Organization, Welt-Gesundheits-Organisation), liegt der mittlere Blutdruck des Medizinkurses (111/72 mmHg bzw. 111/63 mmHg) im optimalen bis normalen Bereich. Dies war zu erwarten, da wir davon ausgehen können, dass keine Krankheiten oder andere Blutdruck senkende oder steigernde Faktoren bei den Testpersonen vorliegen. Die unterschiedlichen Werte zwischen den Riva-Rocci Messungen und den oszillometrischen Messungen beruhen auf den unterschiedlichen Funktionsprinzipien der beiden Geräte. Es kann nicht genau gesagt werden welche Methode „besser“ ist, da beide Vor- und Nachteile haben.

Bei der oszillometrischen Messung zum Beispiel kann es bei Menschen mit verkalkten Gefäßen zu ungenauen Werten kommen, da das Messgerät die Schwingungen der Gefäßwände misst. Bei Riva-Rocci können auf Grund der verschiedenen Geräuschwahrnehmungen und ungenauem Ablesen verfälschte Werte entstehen.

Zusammenfassung

BERIT FILGES, MELANIE GANSEL,
ANDRÉ PFOB, MANUEL ZIMMERER

Von den insgesamt siebzig Teilnehmern der diesjährigen Science Academy arbeiteten fünfzehn im Medizinkurs mit, dessen Aufgabe darin bestand, ein Modell des menschlichen Blutkreislaufes zu bauen. Eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, angesichts der kurzen, zur Verfügung stehenden Zeit, die somit nicht nur eine gut organisierte und strukturierte Herangehensweise, sondern auch eine gut funktionierende Zusammenarbeit unseres Kurses als Team erforderte. Deshalb teilten wir uns meist in Gruppen auf, um parallel verschiedene Themen intensiv bearbeiten zu können. So setzten wir uns zum Beispiel mit dem Aufbau und der Funktionsweise des menschlichen Blutkreislaufes, mit der Blutgerinnung und dem Blutdruck auseinander. Wir lernten die Normwerte des menschlichen Blutdruckes kennen, aber auch gesundheitliche Risiken und Erkrankungen, die Abweichungen von diesen Normwerten mit sich bringen können.

Der Modellbau des Blutkreislaufs selbst war eine große Herausforderung. Wir arbeiteten daran hauptsächlich experimentell. Viele gute Ideen waren gefragt, denn schließlich sollte unser Kreislaufmodell vergleichbar dem Original funktionieren. Voller Stolz konnten wir am Abschlussstag unser selbst entwickeltes, funktionsfähiges Modell des menschlichen Blutkreislaufes präsentieren. Zwar zeigte dies keinen realistischen Blutdruckwert an, doch dies war technisch bedingt, da wir mit unseren Mitteln unmöglich die Bedingungen nachbauen konnten, die in einem menschlichen Körper bestehen. Schläuche sind nun mal keine Blutadern.

Bei unseren Versuchen stand die praktische Arbeit immer im Vordergrund und auch bei Theorieeinheiten waren wir voll dabei. Wenn unsere Köpfe dann rauchten, wurde eine kurze „Tea-time“ einberufen und statt Felix, Jana und Natalie war dann das Pfeifen des Teekochers zu hören. Als die dampfenden Tassen schließlich vor uns auf dem Tisch standen, waren wir wieder voll aufnahmefähig. Auch wenn wir unsere Kursleiter mit Fragen löcherten, für deren vollständige Beantwortung wir wohl heute noch

dasitzen würden, fanden sie immer einen Weg uns in kurzen Worten zu erklären, um was es geht.



Telefonnummern austausch in letzter Minute.

Zusammenfassend muss man sagen, dass die Zeit hier im Kurs mit nichts zu vergleichen war und wir sie in guter Erinnerung behalten werden. Wir glauben, jeder von uns hat in diesen zwei Wochen sehr viel mitgenommen, aber auch seine Grenzen erlebt, da es, angesichts des knappen Zeitrahmens, oft recht stressig wurde und wir unter Zeitdruck standen. Doch all das meisterten wir „Mediziner“ mit Bravour. Der absolute Höhepunkt war für uns die Exkursion in die Chirurgische Klinik der Universitäts-Kliniken in Heidelberg. Die Erlebnisse dort werden wir wohl nie vergessen.

Exkursion zur Herzchirurgie nach Heidelberg

JULIA BONFIG, BERIT FILGES,
MELANIE GANSEL, CONSTANZE KUHN,
CAROLIN SCHREYECK

Operationssaal

Schon seit dem Vorbereitungswochenende freuten wir uns auf diesen Tag, denn wir sollten etwas ganz Besonderes erleben dürfen. Unsere Exkursion führte uns in die Klinik für Herzchirurgie der Universitätsklinik in Heidelberg. Dafür mussten wir uns schon früh am Morgen auf den Weg machen.



Berthold Klein erläutert das Vorgehen bei einer Herzoperation.

Vor der chirurgischen Klinik wurden wir von Herrn Lutz Hoffmann erwartet, der uns an diesem Tag zusammen mit Herrn Berthold Klein durch die Klinik führen sollte. Nachdem er uns mit den wichtigsten Regeln für das Besuchen der Klinik vertraut gemacht hatte, ging es endlich auf in Richtung Operationssäle. Dort mussten wir uns zunächst komplett in steriles Grün kleiden, denn in OP-Bereichen wird sehr viel Wert auf Hygiene und Sterilität gelegt, um Patienten und Operationspersonal nicht zu gefährden. In der grünen OP-Kleidung, neben Mundschutz und Haube, konnten wir uns nur noch anhand der Körpergröße und der Augen unterscheiden. Danach mussten wir unsere Hände gründlich gemäß einer speziellen Waschmethode waschen, und Natalie drückte jedem von uns rasch noch einen Traubenzucker in die Hand – nur für den Notfall. Dabei dachte sie an Schwindelgefühle, aufgrund des in allen OP-Bereichen herrschenden leichten Überdruckes und der trockenen Luft, was Bakterien fern halten soll. Der Traubenzucker konnte aber, wie sich zeigen sollte, nicht jedem von uns helfen.

Wir wurden vom leitenden Kardiotechniker, Herrn Berthold Klein, in Gruppen zu je vier bis fünf Personen eingeteilt und zu verschiedenen Operationssälen geführt, denn als Höhepunkt unseres Exkursionstages war uns erlaubt worden, hinter Scheiben, einigen Herzoperationen zuschauen zu dürfen. Doch dann kam die große Überraschung, auch für unsere Kursleiter: Denn die Türen der Operationssäle öffneten sich für uns und wir standen mit an den Operationstischen und verfolgten verschiedene Operationen

am Herzen.

Bei einem Patienten wurde eine Arterie nahe des Herzens verkürzt, bei einem anderen wurde eine Verkalkung am Herzen entfernt und in einer dritten Operation wurden Herzklappen ausgetauscht. Während der Operationen erklärten uns die Chirurgen und Kardiotechniker immer genau, was sie taten und welche Funktion die eingesetzten Maschinen, Apparate und Computer hatten. So lernten wir zum Beispiel die Funktionsweise der Herz-Lungenmaschine kennen, die bei Herzoperationen sehr häufig zum Einsatz kommt. Diese Maschine übernimmt während der Operation die Arbeit des Herzens und der Lunge des Patienten. Daneben ermöglicht die Maschine die Beigabe erforderlicher Medikamente in das Blutkreislaufsystem und die Kontrolle der Sauerstoffzufuhr.



Operationssaal der Herzchirurgie.

Einige von uns haben die Herz-Lungenmaschine auch im Einsatz gesehen. Sie waren dabei, als nach zweistündiger Operation die Maschine abgestellt wurde und das Herz des Patienten wieder zu schlagen begann, wobei allerdings mit dem Defibrillator nachgeholfen werden musste. Ein sehr beeindruckendes Erlebnis. Doch nicht jeder Kreislauf der Kursteilnehmer verkraftete die bereits genannten Besonderheiten in den OP-Räumen bzw. die visuellen Eindrücke der Operationen, da half auch der verabreichte Traubenzucker nicht mehr! Sie wurden dann außerhalb der Operationssäle wieder stabilisiert.

Diese ungefähr 90 Minuten, die wir den Operationen beiwohnten, waren für alle Teilnehmer des Medizinkurses nicht nur ein unvergessliches Erlebnis, sondern auch der Höhepunkt der gesamten Akademiezeit.

Herztransplantation

Die erste Herztransplantation fand 1967 in Südafrika statt. Weltweit wurden von 1967 bis 1983 nur sehr wenige Herztransplantationen durchgeführt. Ab 1983 stieg die Zahl rapide an, denn es wurde ein sehr wichtiges Medikament namens Ciclosporin, ein Immunsuppressivum, entwickelt. Dieses bewirkt, dass der Körper nicht mehr so viele Antikörper bildet. Auf diese Weise wird eine Abstoßung des Spenderorgans verhindert. Durch dieses Medikament liegt die heutige Überlebensquote fünf Jahre nach der Transplantation bei 70–80 %. Im Jahre 1995 erreichte die Zahl der Herztransplantationen ihren Höhepunkt, denn weltweit wurden in diesem Jahr ungefähr 5000 Herztransplantationen durchgeführt. Bis zum Jahre 2008 sank die Zahl wieder auf 3500. Ein Grund dafür waren fehlende Spenderorgane.

Im Jahre 2008 wurden in Deutschland 269 Herzen gespendet. Doch diese Anzahl an Organspenden reichte nicht aus, um jedem, der 815 Menschen, die ein Herz und den 58 Menschen, die Herz und Lunge benötigten, durch Transplantate eine neue Lebenschance bieten zu können. Nachdem ein möglicher Spender gestorben ist, müssen zwei voneinander unabhängige Ärzte dessen Hirntod bescheinigen. Wenn der Verstorbene einen Organspendeausweis und gesunde Organe besitzt, kommt er als Spender in Frage und es werden drei Transplantationszentralen angefunkt. Diese führen Wartelisten mit den Patienten, die Spendeorgane benötigen. Ein möglicher Empfänger des Organs wird nach bestimmten Kriterien ausgesucht. Hierbei spielen Größe, Alter, Gesundheit, Blutgruppe und Gewebekompatibilität des Patienten eine wichtige Rolle. Außerdem wird berücksichtigt, wie lange der Patient schon auf ein neues Organ wartet und wie lange es dauern würde, das neue Organ oder den Patienten in das entsprechende Krankenhaus zu bringen.

Der Empfänger muss immer erreichbar sein. Dafür trägt jeder Mensch, der auf der Warteliste aufgeführt ist, ein kleines Gerät bei sich. Nachdem der Empfänger angefunkt wurde, ist es seine Pflicht, sich innerhalb von 30 Minuten bei der Zentrale zu melden, sonst wird ein anderer angefunkt. Anschließend wird das Organ



Herz-Lungen-Maschine.

auf mögliche Schäden untersucht und für den Transport vorbereitet, indem es gekühlt und in eine Nährstofflösung gelegt wird. Auch während des Transportes schlägt das Herz immer weiter. Entscheidend sind jetzt die nächsten vier bis fünf Stunden. Nach dieser Zeit muss das neue Herz dem Empfänger eingepflanzt worden sein. Wenn dies nicht der Fall ist, kann sich das Herz nur sehr schlecht erholen, was für den Patienten schwerwiegende Folgen haben kann. Der Empfänger muss sich vor der Transplantation einem Gesundheitscheck unterziehen und wird, falls er diesen besteht, für die Operation vorbereitet.

Nach einer Herztransplantation hat der Empfänger zwar eine neue Lebenschance bekommen, ist aber nicht automatisch außer Gefahr. Im Gegenteil, denn es besteht immer ein sehr großes Risiko, dass das Spenderherz vom Körper als Fremdkörper erkannt und abgestoßen wird. Dagegen wirkt das Medikament Ciclosporin (s.o.). Eine Nebenwirkung des Medikaments ist, dass auch die Bildung von Antikörpern zur Abwehr anderer Krankheiten eingedämmt wird. Schon eine leichte Erkältung kann so schwerwiegende Folgen haben. Herztransplantierte müssen deshalb großen Wert auf Hygiene legen, sich regelmäßig die Hände waschen und sich von kranken Menschen fernhalten. Erfreulicherweise gibt es Patienten, die mit ihrem neuen Herz 20 bis 30 Jahre lang weiterleben. Ebenso gibt es Patienten, die sich während ihrer Wartezeit auf ein neues Organ wieder so gut erholen, dass sie von der Warteliste gestrichen werden können.

Gespräch mit einem Herztransplantierten

Wir sprachen mit einem herztransplantierten Mann, der uns seine Geschichte erzählte und dem wir Fragen stellen durften.

Er berichtete uns von jahrelangen Herzproblemen, die nach einer Bauchspeicheldrüsenentzündung im Jahre 2009 so akut wurden, dass schnell gehandelt werden musste. Der Mann erhielt ein Kunstherz, das außerhalb des Körpers getragen wird. Ein halbes Jahr lag er im Krankenhaus und verbrachte acht Wochen in einer Rehabilitationsklinik. Was dann geschah, bezeichnete der Patient selbst als ein Wunder. Es sei an einem Freitag gewesen, als er endlich auf die Warteliste der „high urgent“-Fälle (high urgent=sehr dringend) für ein Spenderherz gesetzt wurde. Und schon am Montag habe man ihm sein „neues“ Herz eingesetzt. Die zehnstündige Operation sei jetzt ein Jahr her und bisher habe man glücklicherweise keine Abstoßungserscheinungen festgestellt. Er beschrieb uns, was er in dem Moment fühlte, als er erfuhr, dass es ein passendes Spenderherz für ihn gäbe: Er sei überglücklich gewesen, trotz der Risiken, die eine solche Transplantation mit sich bringt. Er habe diese und mögliche Komplikationen ausblenden müssen, um seinen Ängsten nicht zu viel Raum zu geben, denn er hatte keine Alternative. Ohne die Transplantation hätte er wahrscheinlich sterben müssen. Mit der Transplantation bestand zumindest die Chance auf ein „neues“ und beschwerdefreies Leben.



Mittagspause im botanischen Garten der Universität Heidelberg.

Nach der Transplantation habe er erfahren, dass er nun das Herz einer 48-jährigen Frau in sich trage. Allerdings habe er keine weiteren Informationen zur Spenderin erhalten. In den ersten Wochen und Monaten nach der Transplantation habe ihn der Gedanke daran, dass er weiterleben kann, weil ein anderer Mensch gestorben war, belastet, zum Teil auch Schuldgefühle geweckt. Eine große Hilfe sei ihm bei der Verarbeitung dieser Gedanken seine Ehefrau gewesen, die ihm auch sonst in jeder schweren Stunde zur Seite gestanden habe. Heute sei er nur noch dankbar für das ihm geschenkte „zweite Leben“. Der Mann gab seiner großen Hoffnung Ausdruck, noch viele Lebensjahre mit seinem „neuen“ Herzen genießen zu können. Mit hygienischer und gesunder Lebensweise möchte er auch weiterhin Krankheiten vermeiden, um so sein anfälliges Herz zu schonen. Während er erzählte, spürte man die Freude des Mannes und seinen neuen Lebensmut, der uns alle mitriss. Wir konnten gar nicht anders, als uns mit ihm zu freuen. Dieses persönliche Gespräch mit dem Empfänger eines Spenderherzens, das dessen Leben rettete, war ein sehr bewegendes Erlebnis, das der Bedeutung von Organspenden großen Nachdruck und einen persönlichen Bezug verliehen hat.

Experimentelle Herzchirurgie

Nach diesem sehr interessanten Gespräch machten wir uns auf den Weg in die Räumlichkeiten der experimentellen Herzchirurgie, wo uns Lutz Hoffmann durch „sein Reich“ führte. In der experimentellen Herzchirurgie arbeiten Chirurgen, Kardiotechniker und Informatiker, sowie Studenten gemeinsam an der Verbesserung von Techniken und Methoden chirurgischer Eingriffe am menschlichen Herzen. Diese werden in Tierversuchen erprobt. Lutz Hoffmann und seine Mitarbeiter arbeiten zum Beispiel derzeit an der Verbesserung der Konservierung von Transplantaten während des Transportes. Insbesondere der Transport von Spendeorganen muss heutzutage sehr schnell erfolgen, da die Organe sonst ihre Funktion einstellen, wenn sie zu lange von einem Körper mit einem Kreislaufsystem getrennt sind. Sie könnten dann nicht mehr in den Körper des Empfängers des

Spendeorgans eingesetzt werden. Mit Hilfe von Tierorganen und Gefäßpräparaten werden verschiedene, selbst entwickelte Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Konservierungseigenschaften getestet. So haben wir miterlebt, wie einer Ratte die Aorta entnommen und in verschiedene Testflüssigkeiten gegeben wurde. Außerdem zeigten uns die Mitarbeiter die einzelnen Organe der Ratte, die wir durch ein Mikroskop genauer betrachten konnten.



Besonders interessant war zu erfahren, dass man an den Ratten Operationen, wie etwa Herztransplantationen, durchführt, ihnen dabei aber nicht das eigene Herz entnimmt und sie auch nicht an eine Herz-Lungenmaschine anschließt, was technisch auch nicht möglich ist, sondern ihnen ein zweites Herz einpflanzt. Ratten könnten also Eingriffe an einem Herzen überleben. Allerdings dürfen die Mitarbeiter Versuchstiere, wie extra gezüchtete Ratten, Hunde und Schafe, nach Abschluss der jeweiligen Versuche nicht am Leben lassen. Dies ist gesetzlich vorgeschrieben. Vielen von uns ging das sehr zu Herzen und machte uns deutlich, welch hohen Preis man für die Gesundheit der Menschen zahlen muss.

Ein zentrales Thema in der experimentellen Chirurgie ist die Entwicklung von Möglichkeiten zur Herstellung natürlicher Gewebe und Organe als Ersatz für erkrankte, um künstliche Implantate zu vermeiden. So zeigte uns Herr Hoffmann eine Maschine, an der er auch selbst mitarbeitet, und berichtete von der Idee, mit dieser Maschine die Stammzellen eines Schweineherzens, welches dem des Menschen sehr ähnlich ist, zu entfernen und mit den Stammzellen

des menschlichen Empfängers zu besiedeln, wodurch die Abstoßung des Transplantates durch unser Immunsystem verhindert werden könnte. Dies würde die Transplantationschirurgie revolutionieren. Der Besuch der experimentellen Herzchirurgie bildete den Abschluss unserer Exkursion.

Müde und erschöpft, aber auch überwältigt von den Eindrücken und Erlebnissen des Tages, kehrten wir am Abend in die Akademie zurück.

Schlusswort

BERIT FILGES, MELANIE GANSEL,
MAURICE MORGENHALER, ANDRÉ
PFOB, MANUEL ZIMMERER

Zwei Wochen nahmen wir am Kurs Medizin teil, zwei Wochen, in denen wir das menschliche Herz und den Blutkreislauf erforscht und dadurch sehr viel gelernt haben. Wir haben in die Wissenschaft der Medizin „hineingeschnuppert“, persönliche Fähigkeiten gestärkt und neue Freundschaften geschlossen. Für jeden war etwas dabei, was er zur Gestaltung seines weiteren Lebensweges mitnehmen konnte.

Dies haben wir hauptsächlich unseren Kursleitern zu verdanken: Felix, Jana und Natalie, die uns immer auf dem Gleis gehalten haben, egal was passiert ist. Mit ihren gelegentlichen Spielpartien Jeopardy haben sie uns nicht nur viel Spaß bereitet, sondern auch gleichzeitig unser Wissen vertieft und die Gemeinschaft gestärkt. Unseren tollen Kursleitern und allen anderen: „Wir sagen euch vielen Dank.“ Dank des hohen Engagements jedes Einzelnen, der konzentrierten und ergebnisorientierten Arbeitsweise aller sowie dem guten Zusammenwirken des Kurses als Team, haben wir das Kursziel erreicht.

Wir Mediziner sind unsere Aufgaben stets mit Witz und Spaß, aber auch der nötigen Portion Ernsthaftigkeit (und natürlich Intelligenz...) angegangen. Auch wenn wir des Öfteren unsere Blutkreislaufmodelle als Wasserspritzen missbrauchten und den Raum unter Wasser setzten, haben Felix, Jana und Natalie nie die Geduld verloren; im Gegenteil: Wenn wir die „Spielkinder“ waren, dann waren die drei „Spielriesen“. Bei all dem konnten sich erst gar keine Spannungen unter uns aufbauen, jeder hat mit



jedem gelacht, gearbeitet, diskutiert und experimentiert. Auch unser Süßigkeitentisch hatte wohl einen großen Anteil daran, dass die Atmosphäre unter uns immer gut war. Und wenn der Vorrat mal wieder erschöpft war, wurde aus der Stadt Nachschub geholt, was stets einen Applaus wert war. So war die ganze Akademie über immer etwas da, was auch dringend nötig war (vor allem nach den Theoriestunden, von denen wir dann oft völlig geplättet waren). Zum Schluss bleibt von Teilnehmerseite nur eines zu sagen: Die Sommerakademie in Adelsheim 2011 war ein unvergleichliches und vor allem unvergessliches Erlebnis, das wir alle immer in bester Erinnerung behalten werden – leider waren es nur zwei Wochen.

Danksagungen

Wir möchten uns herzlich bei Claudia und Werner Gansel bedanken, die uns Patientenmonitore der Firma Philips zur Verfügung stellten. Besonderer Dank gebührt auch Berthold Klein und Lutz Hoffmann des Universitätsklinikums Heidelberg/Klinik für Herzchirurgie/Abt. Kardiotechnik/Abt. Experimentelle Chirurgie, die



uns einen unvergesslichen Exkursionstag ermöglichten. Ohne Lutz wäre der Kurs gar nicht erst zustande gekommen, erhielten wir doch von ihm sämtliche Materialien für den Bau des Modells, von den Pumpen über die Schläuche bis zu Klemmen. Berthold Klein beantwortete mit großer Geduld alle Fragen der Teilnehmer und ermöglichte das Gespräch mit einem Herztransplantationspatienten.

PHILIPS

Literatur

- K. Aktories, U. Förstermann, F.B. Hofmann, K. Starke: *Repetitorium Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*, Elsevier GmbH München, 2006 (1. Auflage)
- P. Brunn: *Rheologie* aus Microsoft®Encarta®; 2007
- G. Cheers: *Anatomica, Körper und Gesundheit*, TandemVerlag GmbH H.F. Ullmann, 2007
- E. Haus, S. Gross: *Innere Medizin, Band 4*, Verlag Haus & Gross; 1991
- H. Hildebrandt: *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*, Walter de Gruyter & Co; 1993 (257. Auflage)
- W. Jungbauer (Hrsg.): *Netzwerk Biologie 2*, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig; 2005
- T. Karow, R. Lang-Roth: *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*, Thomas Karow, Pulheim; 2007 (15. Auflage)
- M. Keil (Hrsg.): *BIOS 2*, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig; 2005
- M. Keil (Hrsg.): *BIOS 9-11*, Verlag Moritz Diesterweg GmbH & Co. Frankfurt am Main, 2001
- G. Löffler, P. Petrides (Hrsg.): *Biochemie und Pathobiochemie*, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2003 (7. Auflage)
- R. F. Schmidt (Hrsg.), F. Lang (Hrsg.): *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2007 (30. Auflage)
- G. Thews, P. Vaupel: *Vegetative Physiologie*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2005 (5. Auflage)
- G. Thews, E. Mutschler, P. Vaupel: *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1999 (5. Auflage)
- U. Weber (Hrsg.): *Biologie Oberstufe – Gesamtband* Cornelsen Verlag Berlin, 2009 (2. Auflage)
- C. Wendel: *Biologische Grundversuche S I*, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln; 2002
- <http://www.apotheken-umschau.de/Bluthochdruck>, 26.10.2011 23:50
- <http://www.apotheken-umschau.de/Herzinfarkt>, 17.10.2011 19:00
- <http://www.apotheken-umschau.de/Niedriger-Blutdruck>, 17.10.2011 15:05
- <http://www.apotheken-umschau.de/Schlaganfall/>, 17.10.2011 15:00
- <http://www.chirurgie-portal.de/herzchirurgie/by-pass-operation.html>, 26.10.2011 23:55
- http://de.wikipedia.org/wiki/Arterielle_Hypotonie, 26.10.2011 23:55
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Arteriosklerose>, 26.10.2011 23:55
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Blut>, 4.9.2011 10:39
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Hypertonie>, 26.10.2011 23:55
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Lysetherapie>, 17.10.2011 19:00
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Schlaganfall>, 15.10.2011 15:00
- http://www.biologieunterricht.info/unterrichtsmaterialien/windkesselfunktion_aorta, 15.10.2011 15:00
- <http://www.diabetes-ratgeber.net/Herzinfarkt>, 26.10.2011 23:45
- <http://www.gesundheitsportal-privat.de/Krankheiten/Herzinfarkt/Therapie>, 27.10.2011 0:05
- <http://www.kinder-hd-uni.de/bluter1.html>, 27.10.2011 0:05
- <http://www.patientenleitlinien.de/Bluthochdruck/bluthochdruck.html>, 27.10.2011 0:05
- <http://www.schlaganfall-netzwerk-heidelberg.de/informationen/folgen-eines-schlaganfalls.html>, 27.10.2011 0:00
- <http://www.springerlink.com/content/n252682g74n4h175>, 15.10.2011 15:00