Aufgaben Herz

1 Änderungen von Ventrikel- und Aortendruck während des Herzzyklus

a) Reduzieren Sie die Herzfrequenz auf 60 Schläge · min^{-1} und warten Sie, bis ein statischer Zustand erreicht wird. Stoppen Sie die Simulation, studieren Sie die Grafik. Markieren Sie auf den Druckkurven (nicht im EKG) von Abbildung 1 den jeweiligen Zeitpunkt des Schliessens bzw. Öffnens der Segel- und Taschenklappen. Grenzen Sie anschliessend die einzelnen Phasen des Herzzyklus ab: Die Anspannungs- und die Austreibungsphase der Systole sowie die Erschlaffungs- und die Füllungsphase der Diastole.

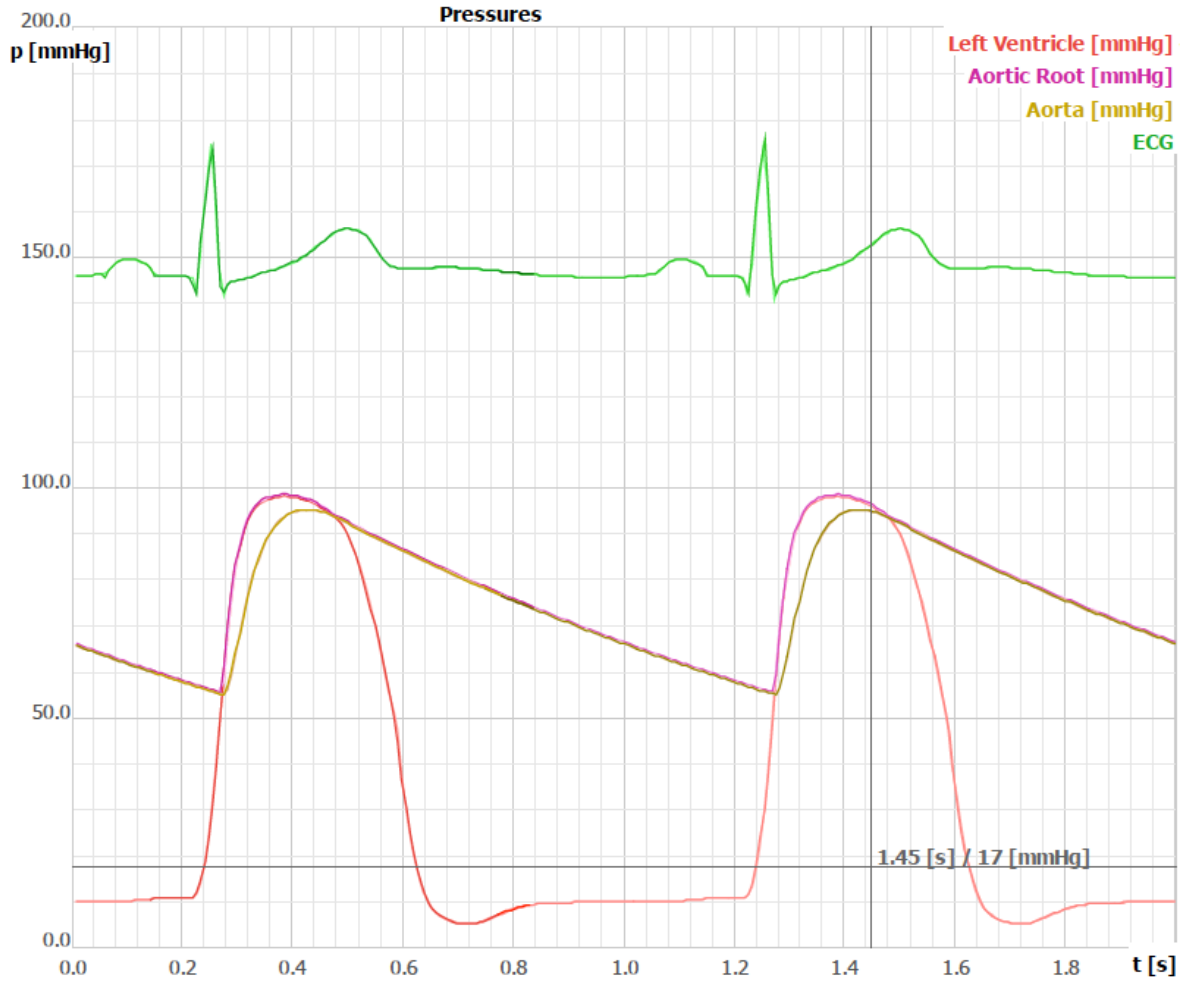


Abbildung 1: Druckverläufe und zum besseren Verständnis exemplarisch eingezeichnetes EKG Diagramm aus der Simulation des IHL Modells bei einer Herzfrequenz von 60 min^{-1}.

b) Ermitteln Sie die Abhängigkeit der Systolen- und Diastolendauer von der Herzfrequenz. Dazu wird die Herzfrequenz isoliert (die andernen Variablen nicht ändern!), stufenweise erhöht und die Herzzyklus- und Diastolendauer der Druckkurven auf dem Bildschirm mit dem Mauscursor ausgemessen und in der nachfolgenden Tabelle eingetragen. Stellen Sie die Systolen- und die Diastolendauer mit der Excelauswertung sowohl absolut (in s) als auch relativ (in %) als Funktion der Herzfrequenz graphisch dar.

Herzfrequenz [min^{-1}]	40	60	80	100	120	140	160
Herzzyklus [s]							
Diastole [s]							
Systole [s]							

Was fällt Ihnen bei der Betrachtung der erstellten Graphen auf? Wie verhalten sich Systolen- und Diastolendauer?

c) Markieren Sie den systolischen und diastolischen Blutdruck in Abbildung 1 und erklären Sie diesen. Wofür können der systolische und der diastolische Blutdruck jeweils ein Mass sein?

d) Wie und warum unterscheiden sich elektrischer und mechanischer Systolenbeginn? Vergleichen Sie das exemplarisch eingezeichnete EKG mit der Ventrikeldruckkurve.

e) Simulieren Sie im IHL Modell die Änderung des diastolischen und systolischen Blutdrucks mit zunehmender Herzfrequenz. Erklären Sie dessen Verhalten (Annahme: Schlagvolumen bleibt gleich).

f) Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen koronarer Herzdurchblutung und Diastolendauer.

g) Welche Massnahmen können bei koronarer Herzkrankheit ergriffen werden?

2 Änderungen des Ventrikelvolumens während des Herzzyklus

a) Beobachten Sie die systolischen und diastolischen Volumenschwankungen der Kammer. Markieren Sie in Abbildung 2 das endsystolische und das enddiastolische Ventrikelvolumen, Herzschlagvolumen sowie Segel- und Taschenklappen. Erklären Sie das Auftreten des minimalen und maximalen Plateaus?

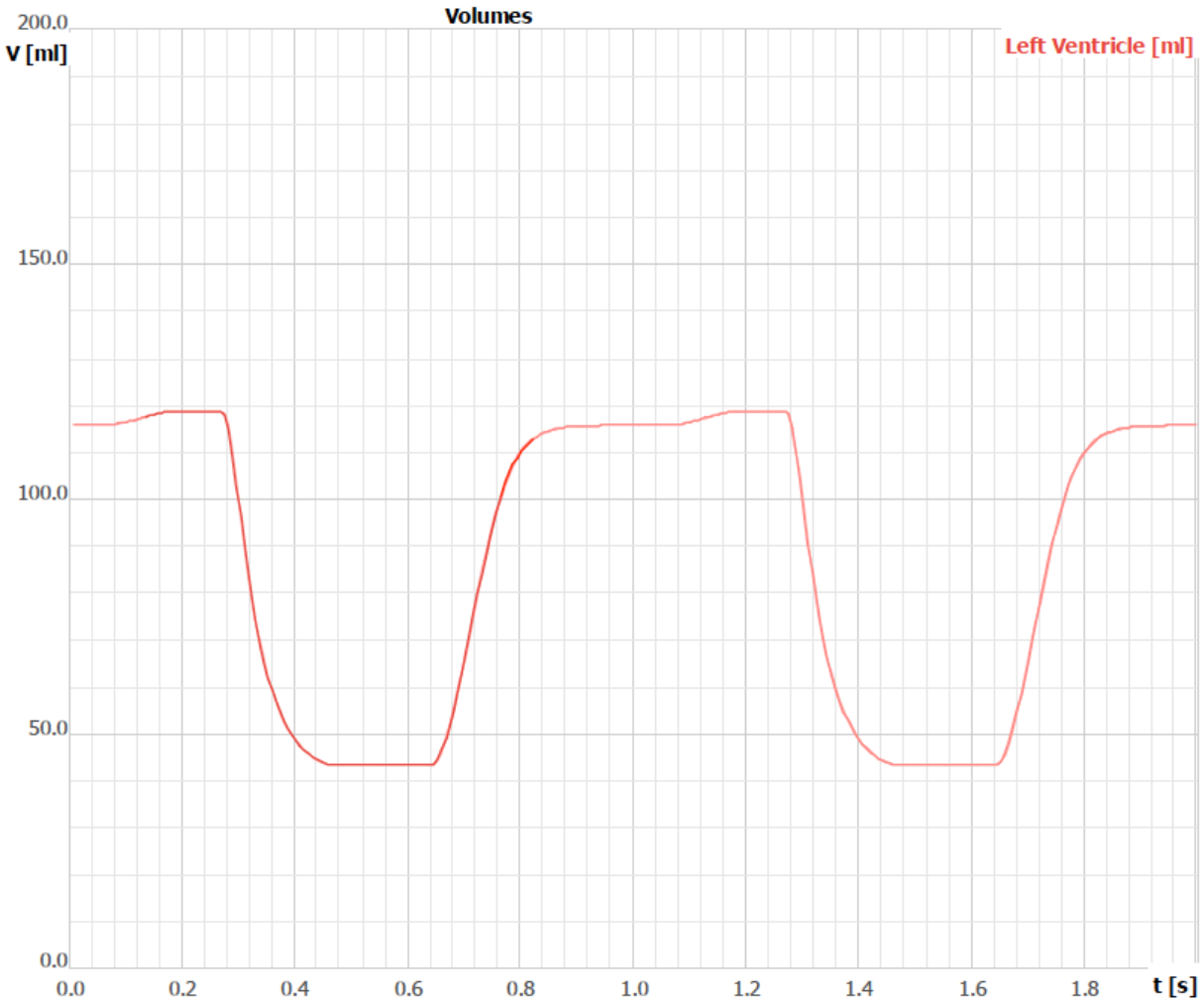


Abbildung 2: Volumenverlauf des linken Ventrikel aus der Simulation des IHL Modells bei einer Herzfrequenz von 60 min^{-1}. oben:

b) Ermitteln Sie die Abhängigkeit des Herzschlag- und des Herzminutenvolumens von der Herzfrequenz. Die Herzfrequenz wird stufenweise verändert und die Herzschlagvolumina werden aus der Grafik abgelesen. Die Schlag- und die daraus berechneten Herzminutenvolumina sollen mit Hilfe der Excelauswertung als Funktion der Herzfrequenz graphisch dargestellt werden.

Herzfrequenz [min^{-1}]	40	60	80	100	120	140	160
Herzschlagvolumen [ml]							
Herzminutenvolumen [$l \cdot min^{-1}$]							

Schreiben Sie die Formel für das Herzminutenvolumen auf und diskutieren Sie die erstellte Grafik.

c) Überlegen Sie sich, welche Parameter Sie im IHL Modell ändern könnten um das bei einer Herzfrequenz von 140 Schlägen $\cdot min^{-1}$ reduzierte Herzschlagvolumen wieder auf seinen Normalwert von 70 ml bringen können. Tragen Sie den dazu notwendigen Zahlenwert pro Kompensationsmechanismus in die Tabelle ein (bei einem der Mechanismen reicht auch eine maximale Veränderung nicht ganz für ein Schlagvolumen von 70 ml).

Kompensationsmechanismus	Wert [Einheit]
1.	
2.	
3.	

3 Arbeitsdiagramm des linken Ventrikels

a) Markieren Sie in der in Abbildung 3 das Öffnen und Schliessen der vier Herzklappen, das endsystolische und enddiastolische Ventrikelvolumen, das Herzschlagvolumen, den Druck beim Öffnen der Aortenklappe, den maximalen Ventrikeldruck sowie den endsystolischen Druck.

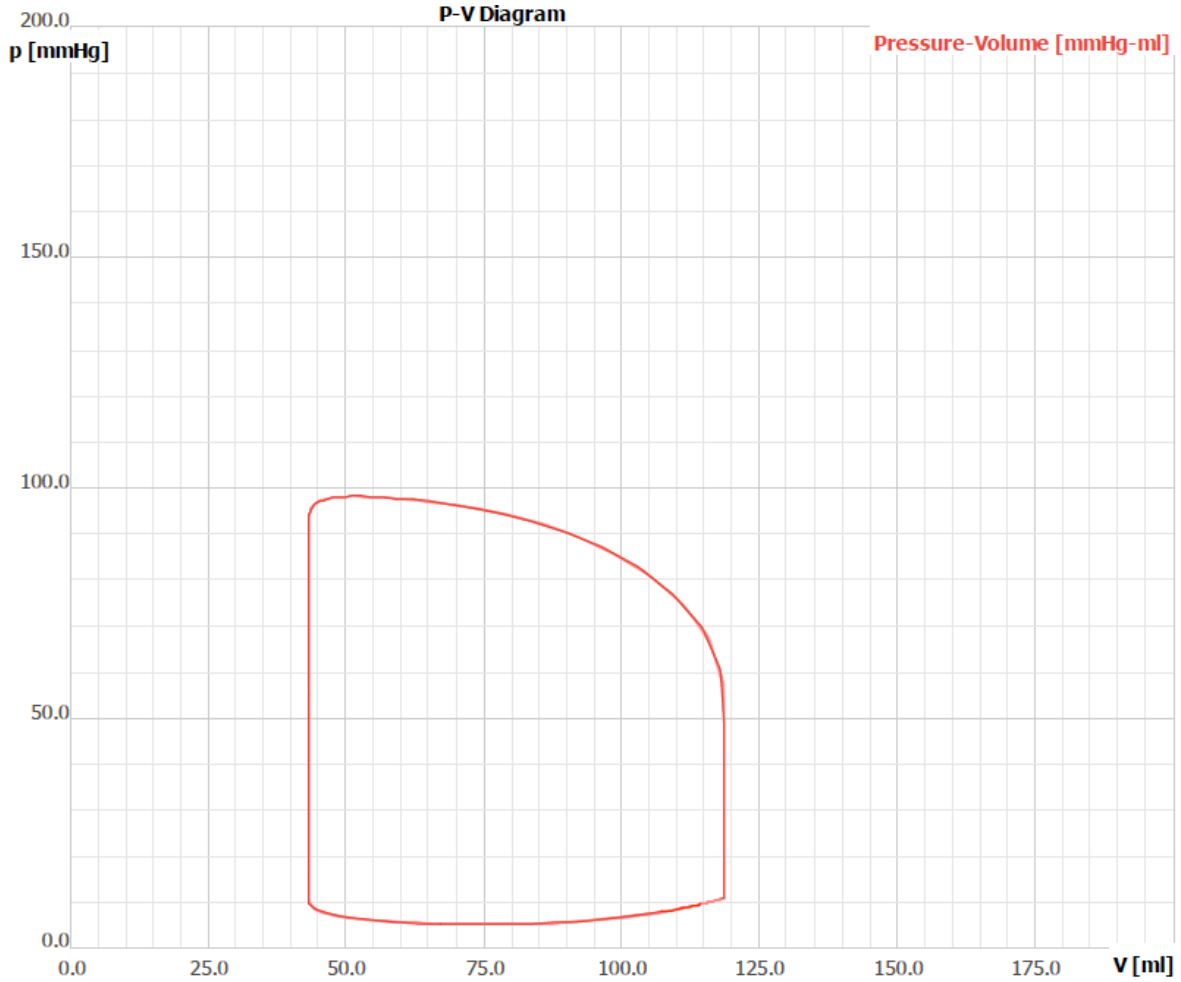


Abbildung 3: Arbeitsdiagram (PV-Diagramm) des linken Ventrikel aus der Simulation des CFL Modells bei einer Herzfrequenz von 60 min^{-1}.

4 Wirkung der Vor- und Nachlast auf das Schlagvolumen

a) Untersuchen Sie, wie mit der Erhöhung der Vorlast (Preload) das Schlagvolumen zunimmt (Frank-Starling Mechanismus), indem Sie die Vorlast vom minimalen Wert ausgehend stufenweise erhöhen. Führen Sie dies bei verschiedenen Kontraktilitäts-Werten durch, tragen Sie die Werte in die untenstehende Tabelle ein und erstellen Sie mit Hilfe der Excelauswertung eine entsprechende Grafik.

Preload [mmHg]	0	2	4	8	12	16	20
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 50%							
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 100%							
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 150%							

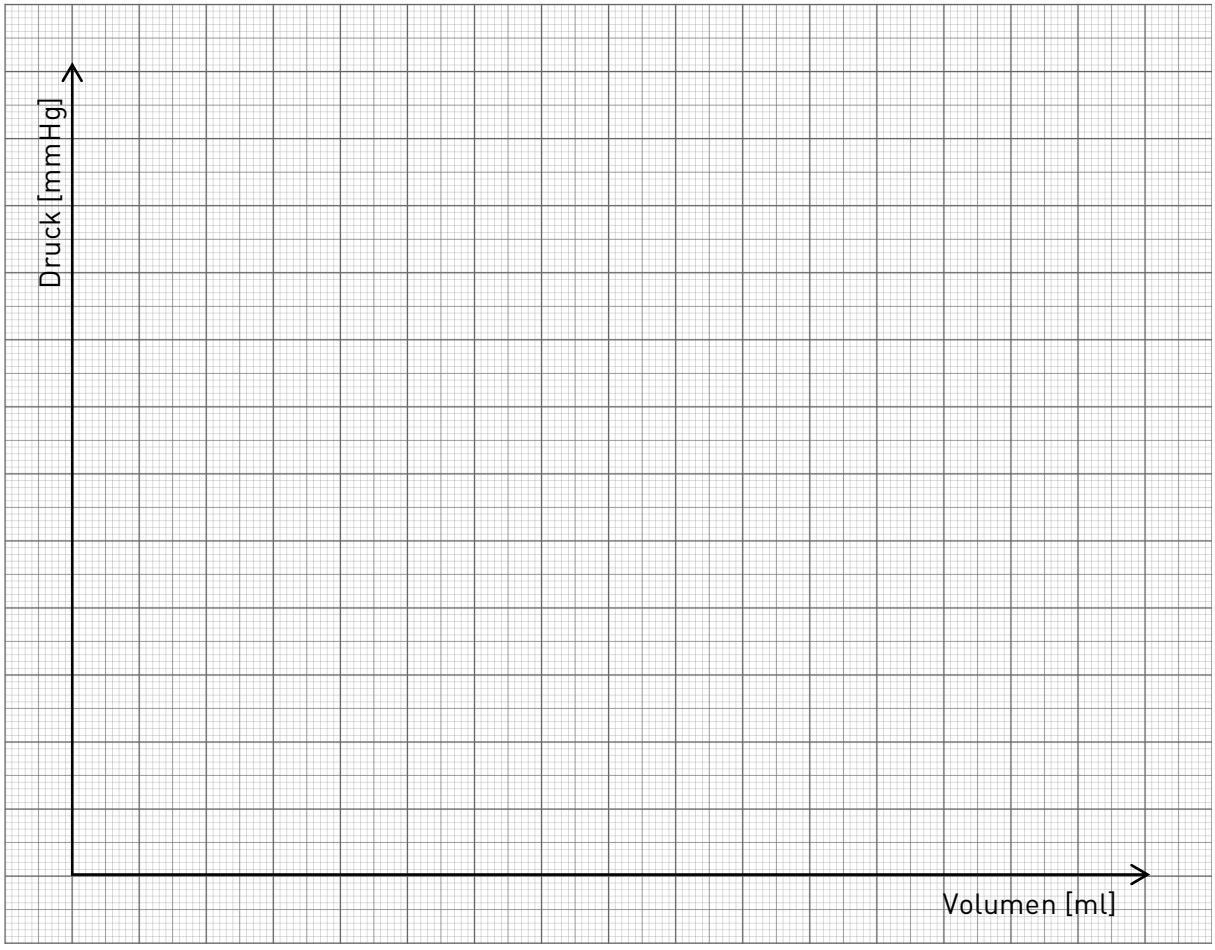
b) Definieren Sie den Begriff „Afterload". Was ist der physiologische Normbereich bei Erwachsenen?

c) Untersuchen Sie den Einfluss des peripheren Widerstands als Mass für die Nachlast (Afterload) auf das Schlagvolumen. Führen Sie dies bei verschiedenen Kontraktilitäts-Werten durch, tragen Sie die Werte in die untenstehende Tabelle ein und erstellen mit Hilfe der Excelauswertung eine entsprechende Grafik.

Nachlast [mmHg·(ml·s^{-1})$^{-1}$]	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 50 %						
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 100 %						
Herzschlagvolumen [ml] Contractility = 150 %						

d) Welche therapeutischen Konsequenzen ziehen Sie aus dem Kurvenverlauf für ein schwaches Herz (Contractility 50 %)?

e) Zeichnen Sie die Arbeitsdiagramme (PV-Diagramme) für periphere Widerstände (als Mass für den Afterload) von 0.2, 1.0 und 2.0 $mmHg \cdot (ml \cdot s^{-1})^{-1}$ bei drei verschiedenen Kontraktilitäts-Werten (Contractility 50, 100, 150 %) auf mm-Papier. Bei jeder der drei verschiedenen Kontraktionsstärken werden jeweils die endsystolischen Punkte miteinander verbunden. Was fällt Ihnen auf?



5 Auswirkung der Gefässelastizität auf den Blutdruck

a) Untersuchen Sie den Einfluss der Compliance der Aorta als Mass für die Gefässelastizität auf den Blutdruck. Die Compliance wird stufenweise verändert und der arterielle Blutdruck (systolisch, diastolisch, Mittelwert und Pulsdruck) werden aus der Grafik abgelesen. Tragen Sie die Werte in die untenstehende Tabelle ein und erstellen mit Hilfe der Excelauswertung eine entsprechende Grafik.

Compliance [ml·mmHg^{-1}]	2.0	1.5	1.0	0.5
$P_{Systole}$ [mmHg]				
P_{Mean} [mmHg]				
$P_{Diastole}$ [mmHg]				
Pulsdruck [mmHg]				

b) Was fällt Ihnen an den Resultaten auf? Welches sind die physiologischen Ursachen?