



Der Motor des Lebens

Das Herz – um kaum ein Organ ranken sich so viele Mythen. Das Herz – Symbol für den Sitz von Seele und Gefühlen? Das Herz ist vor allem die treibende Kraft, die das Leben erhält. Was passiert, wenn eine der feinen Strukturen erkrankt oder aus dem Takt gerät, lesen Sie in diesem Kapitel.

Wie sieht das Herz eigentlich aus?

Harald Lapp

Unermüdlich und regelmäßig schlägt das Herz, pumpt das lebenswichtige Blut durch den Körper. Der etwa faustgroße Muskel besitzt dafür einen ganz präzisen Aufbau und feine Strukturen. Klappen, Kammern, Fäden machen das Herz aus. Aber wenn das alles so einfach zu erklären ist: Warum klopft dann eigentlich mein Herz, wenn ich verliebt bin?

Das Herz ist das zentrale Organ, der Motor des Körpers, der den Kreislauf aufrecht erhält und reguliert. Das Herz versorgt alle Körperorgane mit Blut – und dadurch mit allen Nährstoffen. So können alle Funktionen des Körpers reibungslos laufen. Dafür pumpt Ihr Herz in Ruhe mehr als 8000 Liter innerhalb von 24 Stunden in die Blutgefäße und zieht sich mehr als 100 000-mal in 24 Stunden zusammen (Kontraktionen). Wenn Sie sich körperlich belasten, kann das Herz diese Leistung um ein Vielfaches steigern. Diese enorme Kraft unterstreicht, wie bedeutsam ein gesundes Herz für das Leben eines Menschen ist. Vor allem dann, wenn Sie dies auf ein gesamtes Leben hochrechnen

würden – viele Nullen stünden dann in den Zahlen.

Das Herz liegt in der Mitte des Brustkorbs – im sogenannten Mediastinum. Die Herzspitze (der untere Pol, das untere Ende des Organs) zieht dabei nach links herüber. Sie finden sie, wenn Sie einen Finger ungefähr im Bereich zwischen der fünften und sechsten Rippe auflegen. Dazu ertasten Sie die erste Rippe, die direkt unterhalb des Schlüsselbeins liegt (das Schlüsselbein ist der Knochen, den Sie unterhalb der Halsgrube finden), und zählen die Rippenknochen herunter. Das Herz grenzt vorne bis an das Brustbein und nach hinten an die Speiseröhre, die Hauptschlagader und die Wirbelsäule. Die seitlichen Begrenzungen bilden die rechte und linke Lunge.

Zudem besteht eine enge räumliche Beziehung zu Nerven wie zum Beispiel dem Nervus phrenicus (versorgt das Zwerchfell).



◀ Zur Lage des Herzens. Dies ist ein 3-D-CT-Bild vom Herzen. Bei dieser Aufnahme blicken Sie auf das Herz, als würden Sie Ihrem Gegenüber von vorne durch das Brustbein schauen. Sie können erkennen, wie das Organ im Brustraum liegt.

Das Herz besteht aus vier Hohlräumen – zwei Vorhöfen und zwei Kammern. Verbunden sind sie durch Blutgefäße. Vorne, das heißt hinter dem Brustbein, liegt die rechte Herzkammer. Teilweise dahinter und dann nach links herausragend befindet sich die linke Herzkammer. Die am weitesten rechts lie-

gende Herzhöhle ist der rechte Herzvorhof. Nach hinten an die Speiseröhre grenzt der linke Herzvorhof. Nach unten hin liegt das Herz unmittelbar dem Zwerchfell auf. Nach oben ist das Herz durch den Abgang und den bogenförmigen Verlauf der großen herznahen Gefäße wie etwa der Aorta begrenzt.

Der Weg des Blutes

Unser Herz-Kreislauf-System teilt sich grob gesehen in zwei Bereiche auf: den großen und den kleinen Blutkreislauf. Zum großen Kreislauf gehören die Gefäße des Körpers, die sich ausgehend vom Herzen im gesamten Gewebe verteilen. Die »Autobahn« ist dabei die Aorta, die Hauptschlagader. Sie tritt aus der linken Herzkammer und von ihr gehen an verschiedenen Stellen Blutgefäße ab, z. B. die für den Kopf, die Nieren, den Darm oder die Beine. Das Blut fließt bis in kleinste Gefäße, die sogenannten Kapillaren, und versorgt das Gewebe mit allem, was es für seine Arbeit benötigt – vor allem auch mit Sauerstoff. Denn bis an diese Stelle ist das Blut sauerstoffreich. Es ist durch Arterien geflossen und wird daher arterielles Blut genannt. Nach den Kapillaren strömt das Blut zurück zum Herzen, erst durch kleine Gefäße, die in größere münden usw., bis das Blut wieder in einem sehr großen Gefäß vor dem Herzen angekommen ist. Die Gefäße, die zurück zum Herzen fließen, heißen Venen. Sie führen das venöse, sauerstoffarme Blut.

Zum kleinen Kreislauf gehören das Herz, die Lunge und die eingebetteten Blutgefäße. Seine Aufgaben sind, das Blut in der Lunge mit Sauerstoff anzureichern (sowie von Kohlenensäure, die im Stoffwechsel anfällt, zu befreien) und es wieder in den großen Kreislauf auszuwerfen. Nach Rückkehr des Blutes zum linken Herzen beginnt der Weg von Neuem.

Dass dieser Kreislauf aufrechterhalten bleibt und das Blut immer in die richtige Richtung mit dem richtigen Druck fließt, dafür sorgt das Wunderwerk Herz.

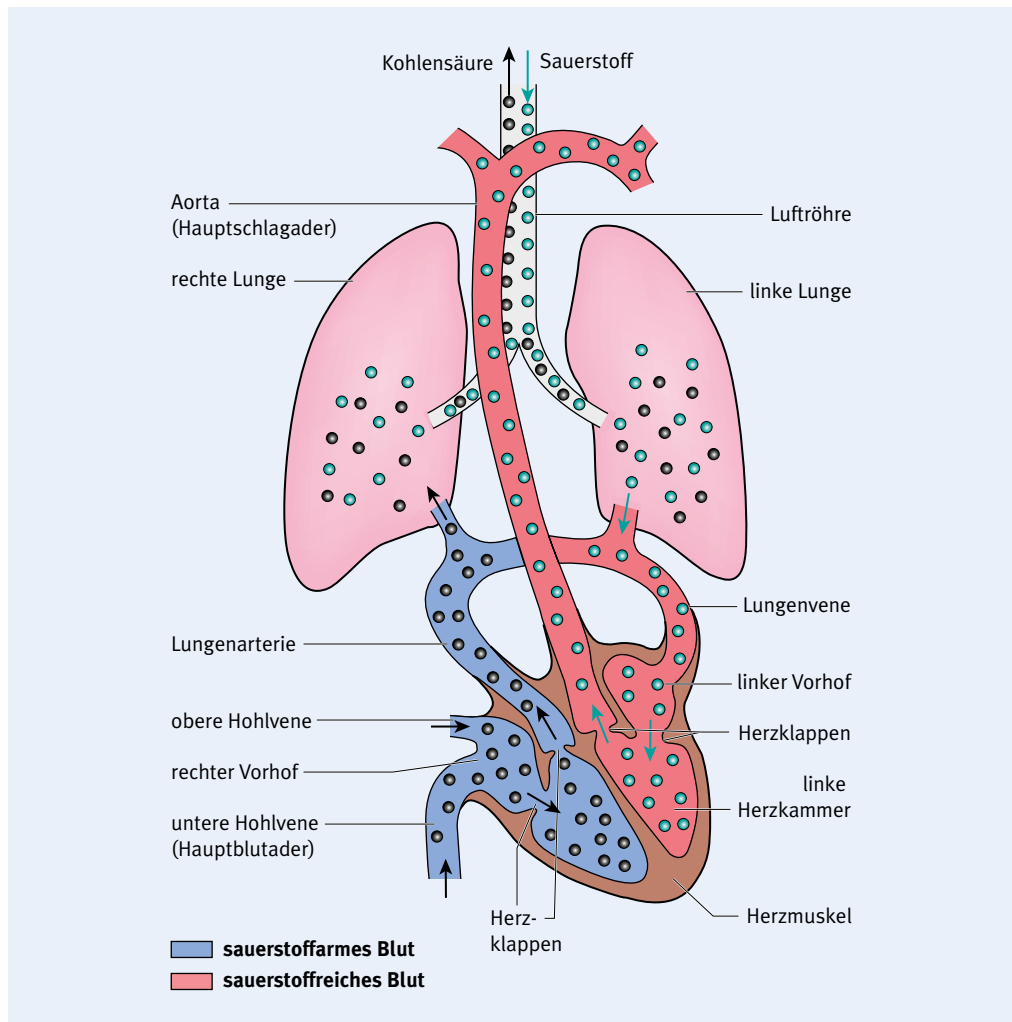
Wenn Sie dem Fluss des Blutes durch das Herz mit seinen vier Kammern folgen, verstehen Sie die Bedeutung und Funktion am besten. Einfach formuliert kommt das »verbrauchte« Blut (z. B. aus dem Bauch und den Beinen) vor dem rechten Herzen an. Dort fließt es zunächst durch den rechten Vorhof in die rechte Kammer. Die rechte Kammer pumpt das Blut in die Lunge. In der Lunge verteilt es sich bis in die winzigen Blutgefäße der Lungenbläschen. Genau an dieser Stelle kommt es dann zum Austausch von Kohlendioxid und Sauerstoff.

Das wieder mit dem lebenswichtigen Sauerstoff angereicherte Blut fließt über den linken Vorhof in die linke Kammer. Die sehr starke, linke Kammer treibt das Blut über die Aorta hinaus in den Körper. Die Vorhöfe sind in diesem Kreislauf dabei am ehesten als »Sammelbecken« anzusehen, die Kammern als die Austreiber oder Pumpen. Noch eine weitere Finesse besitzt das Herzzinnere: seine Klappen. Dies sind filigrane Gebilde, die wie Ventile funktionieren – sich also nur in eine Richtung öffnen. Das verhindert, dass Blut aus den Kammern zurück in die Vorhöfe fließt und das Herz seinem sehr geregelten Fluss

folgen kann. Das war nur eine grobe Skizze, die wirklichen kleinen Wunder liegen auch bei den anatomischen Angelegenheiten des Herzens im Detail. Wer mag, kann sich auf eine längere Reise begeben und sich anschauen, wie die Abläufe im Herzen im Einzelnen funktionieren. Denn es handelt sich um ein ganz feines Zusammenspiel, einen klar definierten Rhythmus zwischen den einzelnen Räumen des Organs und ihren Aufgaben.

Wir beginnen, auch wenn es sich um einen Kreislauf handelt und es eigentlich keinen richtigen Anfang gibt, vor dem rechten Herzen – in den beiden Hohlvenen. Sie münden in einem gemeinsamen Ast in den rechten Vorhof. In der Hohlvene sammelt sich das sauerstoffarme Blut, das aus Ihrem Körper zurückkommt – aus Armen, Beinen und allen Organen. Die Hohlvene mündet in den rechten Herzvorhof.

▼ Wie eine Umwälzpumpe schiebt das Herz das Blut in einem Kreislauf durch den Körper.



Vom Vorhof zur Kammer

Der Vorhof sammelt das Blut für kurze Zeit. Gleichzeitig pumpt die rechte Herzkammer eine Menge Blut in die Lungenarterie – sie ist also leer. Aufgrund des Druckgefälles zwischen rechtem Vorhof und rechter Herzkammer fließt das Blut aus dem rechten Vorhof zunächst passiv in die rechte Herzkammer. Dabei passiert es die erste Herzklappe – die dreizipfelige Trikuspidalklappe (Valvula tri-cuspidalis). Indem sie sich zur Kammer hin öffnet, jedoch keinen Rückfluss in den Vorhof erlaubt, dient sie als Ventil. Jedenfalls dann, wenn sie gesund ist. Abschließend zieht sich der rechte Vorhof einmal zusammen (Kontraktion), um das Blut komplett in die Kammer zu verschieben. Der rechte Herzvorhof ist zu den beiden Hohlvenen nicht abgegrenzt. Er besitzt dort keine weitere Herzklappe. Der rechte Vorhof kann sich gut ausdehnen und besitzt nur eine geringe Muskelstärke.

Von der rechten Kammer in die Lunge

Die rechte Herzkammer besteht auch aus Muskeln und ist ebenfalls gut dehnbar. Über eine muskuläre Kontraktion (Zusammenziehen) pumpt sie das Blut in den Lungenkreislauf weiter. Die rechte Herzkammer kann sich etwa bis zu 120 Milliliter füllen. Davon wirft sie mit jedem Herzschlag in Ruhe ungefähr 80 Milliliter aus. Die Muskulatur der rechten Kammer ist deutlich schwächer als die der linken. Aber sie ist kräftig genug, um das Blut durch die Pulmonalklappe weiter in die Lunge zu befördern. Das Blut in der Lunge fließt – wie im anderen Körpergewebe auch – erst über größere, dann immer kleinere, sich verzweigende Gefäße – den Kapillaren. Dort findet der Austausch der Atemgase statt. D.h. Sauerstoff wird aufgenommen und Kohlenstoff abgegeben.

Durch die Lunge in das linke Herz

Das Blut wird im Lungenkreislauf von Kohlendioxid (CO_2) befreit und mit Sauerstoff (O_2) angereichert. Über je zwei rechte und zwei linke Lungenvenen gelangt es in den linken Herzvorhof. Hier ist der Vorgang zunächst wie im rechten Herzen: Der linke Vorhof sammelt das Blut, es fließt passiv in die linke Kammer. Dabei passiert das Blut die zweizipfelige Mitralklappe – eine weitere Herzklappe. Der linke Vorhof zieht sich zeitgleich mit dem rechten Herzvorhof zusammen, um noch mehr Blut in die Kammern zu verschieben. Dies geschieht am Ende der sogenannten Diastole (Ausdehnungsphase, während sich die Herzkammern füllen). Der linke Vorhof ist zu den Lungenvenen hin nicht abgegrenzt, besitzt dort also keine weitere Herzklappe. Beide Vorhöfe sind durch die Vorhofscheidewand (Septum interatriale) getrennt, die beiden Kammern durch die Kammerscheidewand. Letztere ist sehr kräftig und wird funktionell zur linken Herzkammer gezählt.

Von der linken Kammer in den Körper

Ist die linke Herzkammer am Ende der Diastole gut mit Blut gefüllt und ihr Druck höher als der im Vorhof, schließt sich die Mitralklappe. Die linke Herzkammer ist sehr muskelstark. So kann sie den notwendigen Druck für den Blutfluss im Körperkreislauf erzeugen. Bei gesunden Menschen erzeugt sie einen Druck von ca. 120 mmHg. Dieser Wert ist das, was beim Blutdruck als systolischer Blutdruck bezeichnet wird – dem sogenannten oberen (oder ersten) Blutdruckwert.

In der linken Herzkammer finden sich noch zwei zusätzliche Muskelstränge. Sie heißen Papillarmuskeln. Sie stabilisieren und halten die Mitralklappe. Der Blutdruck in der linken Herzkammer wird in der Systole (durch Zu-

sammenziehen der Kammern) gesteigert, bis er den Blutdruck in der Hauptschlagader, der Aorta, übersteigt. Dann öffnet sich die Klappe zwischen linker Kammer und Hauptschlagader, die Aortenklappe. Das Blut fließt in den Körperkreislauf. Der Druck in der linken Kammer fällt schnell ab. Bei einem Druck von ca. 80 mmHg, dem diastolischen oder unteren Blutdruckwert, schließt die Aortenklappe.

All diese winzigen, aber gut getakteten Schritte sind das, was wir einen Herzzyklus

nennen. Und das ist ein einziger Pulsschlag, den wir etwa am Handgelenk oder Hals spüren können. Wir können gar nicht so schnell denken und lesen, wie ein Herzzyklus in unserem Körper vollzogen ist. Unser Herz leistet diese Arbeit 60–80-mal in der Minute (oder öfter). Zuverlässig und regelmäßig. Kein Techniker ist – mitunter ein Leben lang – nötig, der einmal im Jahr zur Wartung kommt und im Zweifel »Ersatzteile« austauscht. Gleichwohl liegt es an uns, dieses so wichtige Organ zu pflegen.

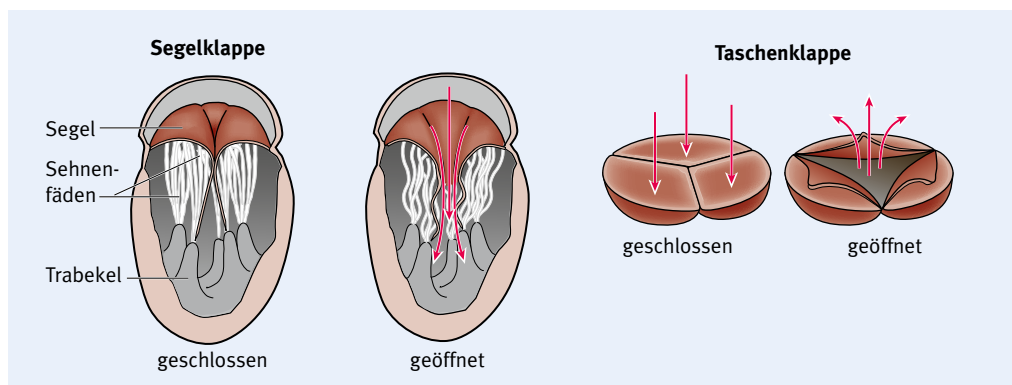
Klappen – die Blutschleusen

Damit alles an unserem Herzen reibungslos läuft, stellen die Herzklappen sicher, dass das Blut immer in die richtige Richtung fließt. Die zweite wichtige Aufgabe der Herzklappen ist, durch ihren Verschluss den Aufbau der unterschiedlichen Druckniveaus in den einzelnen Herzhöhlen zu gewährleisten (Seite 13 ff.). Damit die Klappen ihre Aufgabe erfüllen können, besitzen sie ihrerseits einige »technische Feinheiten«, die beeindruckend sind.

▼ **Die Herzklappen. Ihre feine dreidimensionale Struktur sorgt für einen geregelten Blutfluss.**

Aufbau und Funktion der Klappen

Die Trikuspidalklappe besteht aus drei »Segeln«. Sie trennt den rechten Herzvorhof von der rechten Herzkammer. Die freien Ränder der Segel sind an feinen Fäden über die sogenannten Papillarmuskeln in der rechten Herzkammer verankert, damit die Segel während der Systole (Entleeren der Kammer mit Blut) bei ansteigendem Druck in der Herzkammer nicht in den Vorhof durchschlagen. Das funktioniert also etwa so wie ein Türstopper. Während der Diastole ist die Klappe offen und Blut fließt vom gefüllten rechten Vorhof in die rechte Herzkammer. Ist die rechte Herzkam-



mer gefüllt, beginnt die sogenannte Systole: Die Kammern ziehen sich zusammen, die Trikuspidalklappe schließt und das Blut wird durch die Pulmonalklappe in die Lungenstrombahn weitergepumpt. Die Pulmonalklappe ist eine Taschenklappe, die aus drei Taschen besteht. Diese Klappen sind anders aufgebaut als die Segelklappen und benötigen keine Haltefäden zur Stabilisierung. Mit Beginn der Systole öffnet sich die Pulmonalklappe, wenn der Druck in der rechten Kammer den Druck in der Lungenarterie (Pulmonalarterie) übersteigt. Mit Beginn der Diastole, wenn der Druck in der rechten Herzkammer rasch abfällt, schließt sich die Klappe passiv und hält so den Druck in der Pulmonalarterie aufrecht. Das Blut fließt nun durch die Lungenstrombahn. Dort wird es mit Sauerstoff angereichert und Kohlendioxid wird abgegeben.

Das sauerstoffreiche Blut gelangt über die vier Lungenvenen in den linken Vorhof. Die Mitralklappe trennt den Vorhof von der linken Kammer. Sie ist ebenfalls eine Segelklappe. Sie besteht aus zwei Segeln und erinnert in ihrer Form an die Mitra, den Hut des Papstes. Daher der Name. Die Mitralklappe ist ebenfalls durch zahlreiche Fäden mit zwei

besonders starken Papillarmuskeln in der linken Herzkammer verankert, um einen Blutrückfluss zu verhindern. Die Papillarmuskeln sind darüber hinaus auch für die Funktion der linken Herzkammer bedeutsam: Sie verankern zum einen die Mitralklappe im Herzen und dienen als Schutz vor dem Zurückschlagen. Zum anderen ziehen die Fäden während des Auswurfs die Klappe ein wenig nach unten – so baut die Klappe zusammen mit dem Muskel der Kammer einen optimalen Druck auf und verstärkt den Auswurf. Die Aortenklappe ist eine Taschenklappe und trennt die linke Herzkammer von der Hauptschlagader, der Aorta. Sie besteht aus drei Taschen und benötigt für ihre Funktion ebenfalls keine besonderen Haltestrukturen. Sie öffnet sich mit steigendem Druck in der linken Herzkammer in der Systole und schließt passiv mit Beginn der Diastole, wenn der Druck in der Herzkammer wieder rasch abfällt.

Durch das Zusammenspiel der Klappen entsteht am Ende ein in eine Richtung geleiteter Blutfluss und der Druck von ca. 10 mmHg im rechten Vorhof wird auf ca. 120/ 80 mmHg, dem systolischen und diastolischen Blutdruck in den Arterien, angehoben.

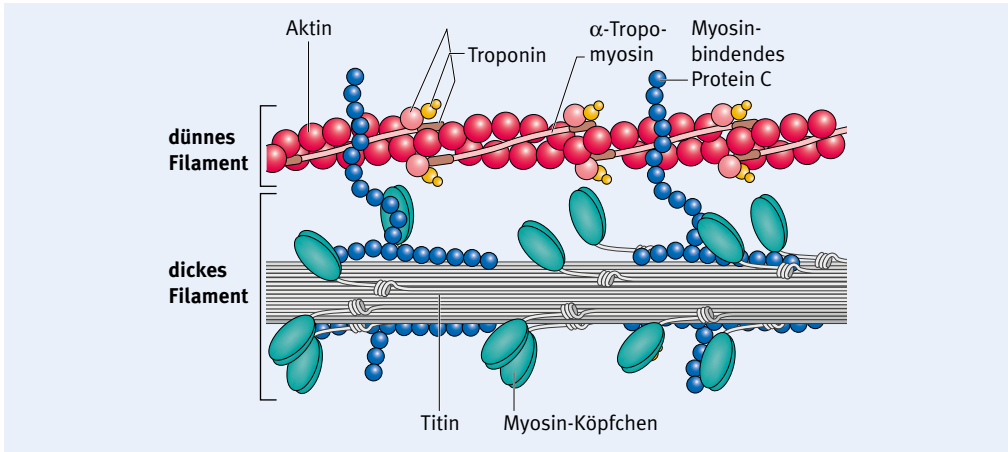
Herzschlag – reine Muskelsache

Ihr Herzmuskel ist ein besonderer quergestreifter Muskel, der aber der Muskulatur des Skeletts nur wenig ähnelt. Der Name leitet sich vom Erscheinungsbild ab. Unter dem Mikroskop sind Querstreifen klar zu erkennen. Von der Skelettmuskulatur unterscheidet sich der Herzmuskel allerdings in seinem Stoffwechsel und in seinem Aufbau auf Zellebene. Denn: Wer lange intensiv gejoggt hat, merkt, wie die Muskeln in den Beinen schwer werden. Das darf dem Herzen nicht passieren! Spezifische Anpassungen des Herzmuskels an

seine Aufgabe erlauben ihm, dauerhaft arbeiten zu können ohne zu ermüden. Zudem kann der Herzmuskel sich sehr schnell an unterschiedliche Beanspruchungen anpassen.

Energie für das Herz

Diese schier unerschöpfliche Energie stellt eine besondere Zellart bereit. Sie ist ein besonderer Zellbestandteil für die Funktion unserer Herzmuskelzellen – die sogenannten



▲ Das Schema zeigt den Aufbau eines Sarkomers, dem »Motor« der Herzmuskelzellen. Die Myosin-Köpfchen ziehen sich an den Aktinsträngen entlang und lassen dann wieder los. So gleiten die Elemente aneinander vorbei.

die »Kraftwerke« aller Zellen im Körper; vorstellen kann man sie sich – im übertragenen Sinne – wie Organe der Zellen. Sie stellen den hohen Bedarf an Energie kontinuierlich zur Verfügung.

Sarkomere. Sie entwickeln die Kraft für das rhythmische Zusammenziehen des Muskels. Ein Sarkomer ist eine Einheit aus verschiedenen Eiweißteilen, am Herzen sind die entscheidenden Bestandteile Myosin und Troponin. Durch elektrische Impulse und spezielle Stoffwechselvorgänge ändern sie ihre Lage, sie gleiten aneinander vorbei. Damit verkürzt sich das Sarkomer und letztlich die Herzmuskelzelle. Dieser Vorgang läuft beim gesunden Herzen synchron ab, sodass alle Herzmuskelzellen zusammenarbeiten und die Kontraktion, d. h. die Pumpaktion, auslösen. Um wieder arbeiten zu können, gleiten Eiweiße nach der Aktion in die Ausgangsposition zurück – dies ist ebenfalls ein synchroner Prozess, der Energie benötigt. Diese Energie beziehen die Herzzellen daraus, dass sie weitere Besonderheiten aufweisen: So besitzen die Zellen im Herzmuskel im Vergleich zu anderen Muskelzellen Eigenarten in den Abläufen des Stoffwechsels und in der Ausstattung der Zellen. Sie haben z. B. mehr Mitochondrien. Das sind

Hormonelle Einflüsse

Weil es das Herz nur einmal im Körper gibt, haben sich im Laufe seiner Entwicklung viele Schutzmechanismen entwickelt. Um das Herz bei hoher Belastung schnell entlasten zu können, schütten die Herzmuskelzellen in solchen Fällen Hormone aus. Einige von ihnen, wie zum Beispiel die natriuretischen Peptide, regulieren unter anderem den Kreislauf. Wird das Herz überlastet, dann produziert es vermehrt diese Hormone und setzt sie frei. Diese Peptide wirken vor allem an den Gefäßen – sie stellen sie weit. Das reduziert den Widerstand, gegen den das Herz anpumpen muss. Würden die Gefäße nicht weit gestellt, dann stellten sie quasi eine Wand dar, gegen die das Herz dann arbeiten müsste. Denn im Prinzip ist das Herz-Kreislauf-System ja ein geschlossenes System. Auch bewirken die Hormone, dass Flüssigkeit und Natrium durch die Nieren ausgeschieden werden. Da die Menge der weiter zu pumpenden Flüssigkeitsmenge sinkt, entlastet dies das Herz.