

Repetitionsaufgabe – Die Herzerregung

Kontext: In dieser kurzen Aufgabe repetierst du die wichtigsten Strukturen für die Erregungsbildung- und Weiterleitung des menschlichen Herzes, welche du bereits in den vorhergehenden Lektionen kennengelernt hast. Dieses System besteht aus spezialisierten Myokardzellen mit der Fähigkeit, selbständig und spontan Aktionspotenziale zu erzeugen (Automatie). Das Herz benötigt daher keine nervale Erregung um zu schlagen und das Blut durch den Körper- und Lungenkreislauf zu pumpen.

Auftrag: **(1)** Beschrifte in der untenstehenden Abbildung die einzelnen Strukturen der Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems mit den korrekten anatomischen Bezeichnungen.
(2) Beschreib zudem stichwortartig die jeweilige Rolle der eingezeichneten anatomischen Strukturen und zeichne den Verlauf der Erregung ein.

Zeitvorgabe: 4 Minuten

Sozialform: Partnerarbeit

Material: Arbeitsblatt und Schreibmaterial

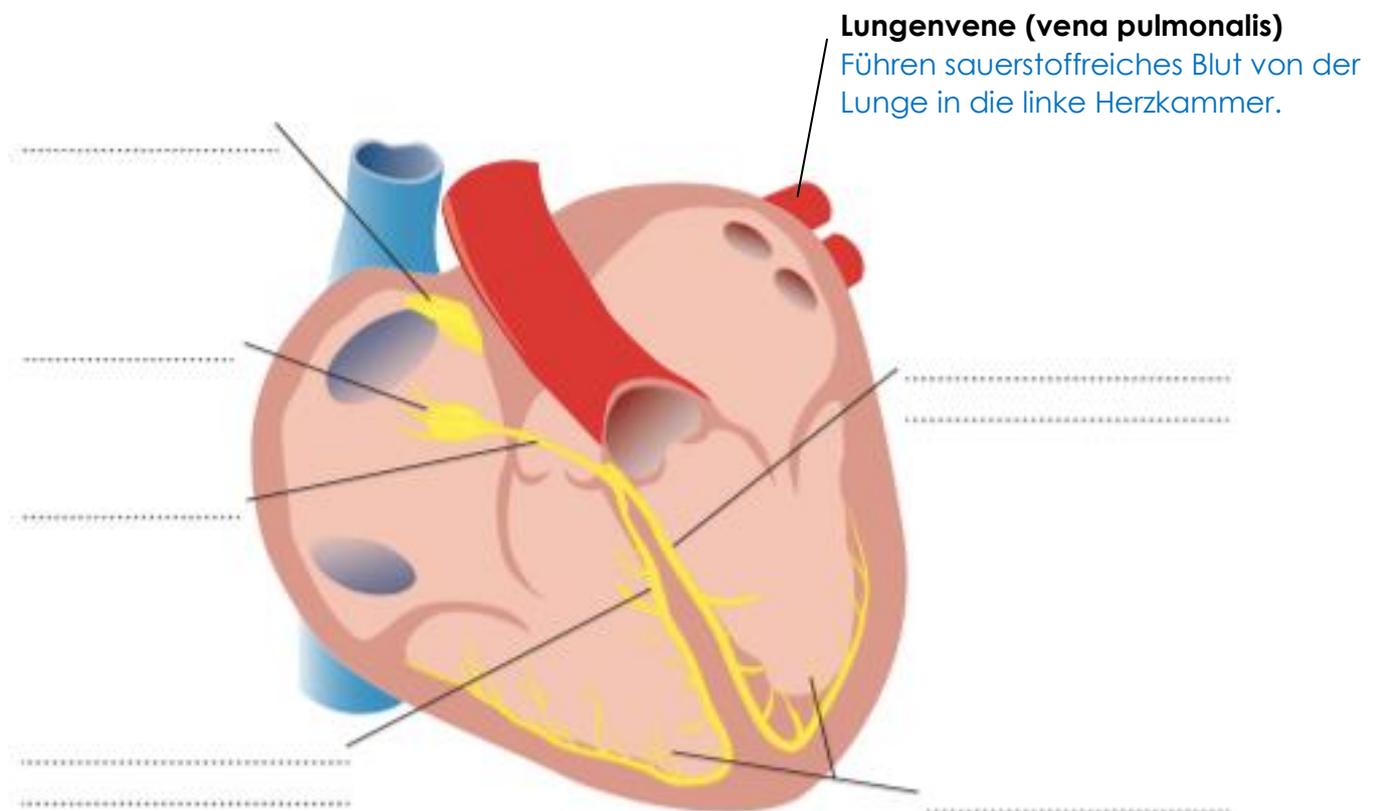
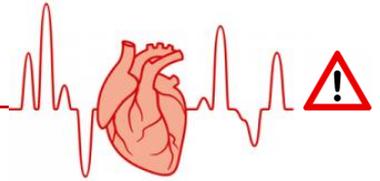


Bild: Erregungsleitungssystem des menschlichen Herzes.

Lernaufgabe: Behandlung von Herzrhythmusstörungen



Was lernst du Neues?

Aus vorherigen Lektionen kennst du bereits die Anatomie des Herzens und die wichtigsten physiologischen Aufgaben des Herzkreislaufsystems. Ausserdem hast du den Aufbau und die Funktionsweise des Herzerregungssystem kennengelernt und weisst, welche Herzrhythmusstörungen bei Fehlfunktionen typischerweise auftreten können.

In dieser Aufgabe lernst du zwei häufig eingesetzte, nicht-medikamentöse Behandlungsmethoden kennen: den Herzschrittmacher und den Defibrillator. Zusammen mit deinem Partner oder deiner Partnerin wirst du in diesem Arbeitsauftrag die Funktionsweisen und mögliche Einsatzgebiete der beiden Technologien erarbeiten.

Sozialform: Partnerarbeit

Hilfsmittel: Du benötigst neben dem vor dir liegenden Arbeitsblatt das Aufgabenblatt und die beiden Informationstexte A und B.

Verfügbare Zeit

Insgesamt habt ihr 20 Minuten Zeit; 5 Minuten zum selbständigen Lesen (Schritt 1), 10 Minuten für den Wissensaustausch mit dem Lernpartner (Schritt 2) und nochmals 5 Minuten für die Bearbeitung der Lernaufgaben (Schritt 3).

Hinweise zum Vorgehen

Schritt 1: Entscheidet zuerst, wer welchen Informationstext (Einer Text A und Einer Text B) liest. Danach lest ihr beide den ausgewählten Text selbständig und in Ruhe durch.

Tipp: Markiert euch dabei wichtige Textstellen und überlegt, welche Informationen für das Verständnis der Technologie zentral sind.

Schritt 2: Als Nächstes informierst du deinen Lernpartner oder deine Lernpartnerin über die Funktionsweise, Einsatzmöglichkeiten und wichtigsten Besonderheiten «deiner» Technologie. Er/Sie hört aufmerksam zu und stellt bei Unklarheiten konkrete Fragen. Danach wechselt ihr die Rollen.

Tipp: Stellt sicher, dass ihr beide Systeme vollständig verstanden habt bevor ihr mit Schritt 3 weiterfahrt.

Schritt 3: Beantwortet zum Schluss noch gemeinsam die 2 Lernaufgaben auf dem separaten Arbeitsblatt.

Falls noch Zeit übrigbleibt, macht ihr euch Gedanken zu der Fragestellung in der Zusatzaufgabe und haltet diese stichwortartig fest.

Masstab

Die Aufgabe gilt als erledigt, wenn du und dein Lernpartner:

- **beide** die Funktionsweise und die Einsatzmöglichkeiten von Herzschrittmacher **und** Defibrillator verstehen
- die Lernaufgaben bearbeitet und eure Lösungen in den dafür vorgesehenen Feldern festgehalten habt

Kontext

Das menschliche Herz benötigt keine nervale Erregung um zu schlagen – selbst ein aus dem Körper entnommenes Herz kann noch für eine gewisse Zeit weiterschlagen. Es verfügt über ein spezielles Erregungsleitungssystem, bestehend aus spezialisierten Myokardzellen mit der Fähigkeit, selbständig und spontan Aktionspotenziale zu erzeugen. Die elektrischen Impulse werden dann kontrolliert auf Zellen des Arbeitsmyokards übertragen, wo sich die Erregung über Gap Junctions von Zelle zu Zelle ausbreitet. In diesem komplexen Erregungsleitungssystem können vorübergehend oder anhaltende Störungen auftreten. Es resultieren Veränderungen des Herzrhythmus in Frequenz, Regularität und Erregungsfortleitung. Die meisten Veränderungen sind nicht unmittelbar gefährlich, jedoch können gewisse Herzrhythmusstörungen, wenn unbehandelt, zu lebensbedrohlichen Notfallsituationen führen. Neben medikamentösen Behandlungen, kommen für die Therapie solcher Störungen vor allem implantierbare Herzschrittmacher und Defibrillatoren in Frage.

Text A – Der Herzschrittmacher

Bei einer stark verminderten Herzfrequenz (extreme Bradykardie) kommt es zu einer starken Reduktion des Herzzeitvolumens, wodurch es je nach Schweregrad zu einer unterschiedlich ausgeprägten Unterversorgung des Körpers mit Sauerstoff kommt. Diese macht sich dann als körperliche Leistungsschwäche, Schwindel und beim vollständigen Aussetzen des Herzrhythmus als Bewusstlosigkeit bemerkbar. Falls die Ursache einer Bradykardie nicht oder nur ungenügend medikamentös behandelt werden kann, ist eine definitive Schrittmacher-Implantation die Therapie der Wahl.

Herzschrittmacher sind kleine, batteriebetriebene Taktgeber die den Herzrhythmus über abgegebene, elektrische Impulse normalisieren, beziehungsweise dauerhaft übernehmen können. Sie regulieren den Herzrhythmus, indem bei Bedarf ein schwacher elektrischer Impuls an das Herz abgegeben wird. Je nach Störungsart im elektrischen Leitungssystem, übernimmt der Herzschrittmacher die Schrittmacherfunktion des Sinusknotens bei der Herzerregung dauerhaft, oder aktiviert sich nur dann, wenn der Spontanrhythmus unter einen bestimmten Grenzwert fällt.

Ein Herzschrittmacher-System besteht aus zwei Komponenten: dem eigentlichen Herzschrittmacher und den Elektroden. Das Gehäuse, welches die gesamte Elektronik und die Batterie beinhaltet ist nur ca. 30 Gramm schwer und ist nur minim grösser als ein Fünffrankenstück. Ausserdem braucht das System eine oder mehrere Sonden, biegsame Elektroden die mit den Herzkammern verbunden sind. Ein System kann so bis zu drei Herzkammern ansteuern und so einen physiologischen Ablauf der Herzerregung gewährleisten. Je nach Anzahl der implantierten Elektroden spricht man von einem Einkammersystem oder Zweikammersystem. In Ausnahmefällen, bei Patienten mit einer fortgeschrittenen Herzinsuffizienz, können auch Dreikammersysteme eingesetzt werden. Diese erlauben die Koordinierung der Kammerkontraktionen und verbessern dadurch die Pumpfunktion des Herzens deutlich. Man spricht dann von einer kardialen Resynchronisationstherapie.

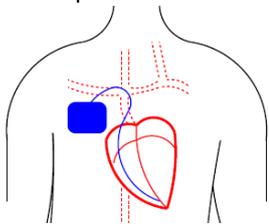


Abb. 1: Einkammersystem

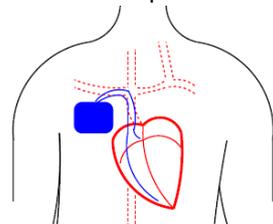


Abb. 2: Zweikammersystem

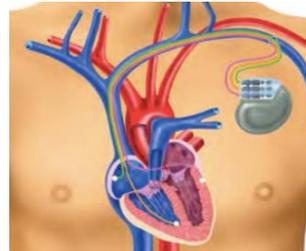


Abb. 3: Dreikammersystem

Die Sonden senden ausserdem Informationen über die Herzaktivität an den Minicomputer zurück. Der Herzschrittmacher erfasst und überwacht so die natürliche, elektrische Herzaktivität rund um die Uhr. Es wird kontinuierlich geprüft ob die Herzfrequenz zu schnell oder zu langsam ist, und ob das Herz regelmässig schlägt. Die Erkennung der Eigenaktionen von Vorhof und Ventrikel nennt man «Sensing». Die aufgezeichneten EKG-Daten werden zusätzlich auf dem System abgespeichert und können so vom verantwortlichen Arzt später abgerufen und ausgewertet werden. Sinkt die Herzfrequenz unter den eingestellten Sollwert, oder fällt ein Herzschlag aus, gibt der Herzschrittmacher aus der Batterie einen kurzen, nicht spürbaren, elektrischen Impuls ab. Dieser wird über die Sonde an den Herzmuskel übermittelt, wo der Impuls das Herz zum Schlagen bringt. Die Impulsabgabe bezeichnet man als «Pacing». Der Schrittmacher setzt also erst ein, wenn der Eigenrhythmus des Herzens unter eine bestimmte Frequenz fällt oder die elektrische Aktivität zwischen den Vorhöfen und den Herzkammern ganz unterbrochen ist.

Die Implantation eines Herzschrittmachers nimmt normalerweise nicht viel Zeit in Anspruch und die meisten Patienten können das Krankenhaus nach spätestens 24 Stunden wieder verlassen. Der Herzschrittmacher wird normalerweise unter Lokalanästhesie, durch einen kleinen Hautschnitt (ca. 5 cm), subkutan unterhalb des Schlüsselbeins implantiert. Die Elektroden werden dann über eine Vene bis zur jeweiligen Herzkammer vorgeschoben, wo sie mittels einem speziellen Schraubsystem oder einem Anker fixiert werden. Der Chirurg programmiert den implantierten Herzschrittmacher anschliessend gemäss den individuellen Bedürfnissen des Patienten. Dazu wird ein spezielles Programmiergerät verwendet, welches auf der Haut oberhalb des Schrittmachers platziert wird und über elektromagnetische Wellen (Telemetrie) mit der Elektronik kommuniziert. Dabei wird unter anderem eine minimale Herzfrequenz definiert. Danach testet der Arzt das implantierte System, um sicherzustellen, dass es ordnungsgemäss funktioniert und den Bedürfnissen des Patienten genügt.

Die Patienten erhalten nach der Operation einen Herzschrittmacher-Ausweis. Dieser beinhaltet alle wichtigen, medizinischen Informationen und Einstellungen für den Notfall und dient zudem als Ticket durch die Sicherheitskontrollen am Flughafen. Die Einstellungen des Herzschrittmachers sollten in regelmässigen Abständen kontrolliert werden. Im Rahmen solcher Untersuchungen werden die Batterie und Elektroden kontrolliert. Die Geräteeinstellungen werden ebenfalls überprüft und bei Bedarf angepasst. Die Lebensdauer eines Herzschrittmachers hängt vom Modell ab. Sie beträgt normalerweise zwischen sechs und zehn Jahren. Häufig wird danach nur der eigentliche Herzschrittmacher ausgetauscht und die bereits platzierten Sonden wiederverwendet.

Text B – Der Defibrillator

Defibrillatoren, auch Schockgeber oder «Defi» genannt werden bei Notfällen mit Herzstillstand eingesetzt. Sie befinden sich seit den 90er Jahren innerhalb des Krankenhauses auf Intensivstationen, Operationssälen, in Notfallstationen und in jedem Rettungswagen. Lange Zeit war ihr Gebrauch vornehmlich Ärzten und Sanitätern vorbehalten, heute werden automatisierte Systeme zunehmend auch in öffentlich zugänglichen Gebäuden wie Flughäfen, Bahnhöfen oder Sportstadien aufgestellt. Ihre Aufgabe bleibt gleich: Leben retten!

Ein Defibrillator ist ein medizinisches Gerät, dass durch gezielte Stromstöße lebensgefährliche Herzrhythmusstörungen beheben kann. Solch therapeutische «Elektroschocks» können Tachyarrhythmien des Vorhofs und Ventrikels unterbrechen, indem eine homogene Depolarisation des Myokards erzeugt wird, nach deren Abklingen häufig wieder ein normaler Erregungsablauf einsetzt. Ein Schock sorgt also erstmals für Ruhe und gibt dem Herzen so die Chance, selbständig wieder einen geordneten, regulären Herzrhythmus herzustellen. Vor jeder Schockabgabe wird zuerst das aktuelle EKG-Signal analysiert, respektive die Herzfrequenz gemessen. Nur wenn tatsächlich eine (supra)ventrikuläre Tachykardie vorliegt, macht eine Schockabgabe Sinn. Eine unangebrachte Schockabgabe würde sich nämlich direkt nachteilig für den betroffenen Patienten auswirken.

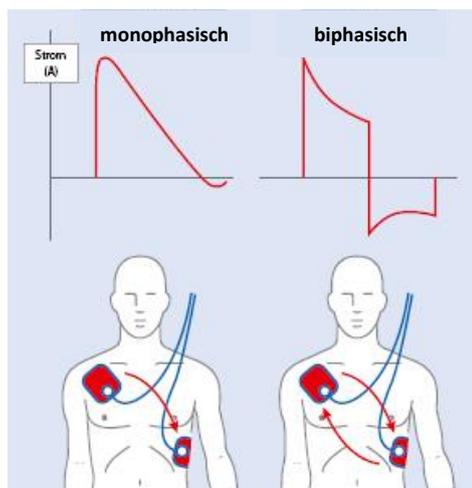


Abb. 1: Wellenformen

Ein Defibrillator verfügt über einen Stromanschluss oder Akku, einen Gleichspannungswandler und einen Kondensator, welcher die erzeugte elektrische Energie speichert. Diese Energie wird dann in Form eines Schocks über Elektroden, transthorakal, an den Patienten abgegeben. Weil Defibrillatoren extern angewendet werden, sind hohe Energien notwendig um das Herz durch die Haut und anderes Gewebe zu erreichen. Heutzutage nutzt man hauptsächlich biphasische Wellenformen, das heisst der elektrische Fluss verläuft bei von einer Elektrode zur anderen und wechselt danach die Richtung. Dadurch können trotz geringerer Energie (150-200 Joules) bessere Defibrillationsergebnisse erzielt werden, verglichen mit älteren monophasischen Defibrillatoren (360 Joules). Eine höhere Defibrillationsenergie wird zudem mit einem höheren Risiko für eine erneute Myokard-Dysfunktion und Gewebeschäden assoziiert, weshalb die biphasischen Defibrillatoren als sicherer eingestuft werden.

Bei der externen Anwendung wird zwischen zwei verschiedenen Defibrillator-Typen unterschieden:

(A) Der konventionelle, manuelle Defibrillator (ALS), wie er in der Klinik häufig verwendet wird, verfügt häufig noch über zusätzlich integrierte Systeme zur Überwachung der wichtigsten Vitalparameter. Neben einer herkömmlichen EKG-Funktion inklusive Darstellung auf einem Monitor, messen solche Geräte typischerweise Blutdruck, Temperatur und Sauerstoffsättigung. Die Defibrillation wird vom Rettungsteam manuell über auflegbare oder teilweise auch selbstklebende Elektroden appliziert. Dabei kann das Fachpersonal selbst entscheiden, wann ein Schock abgegeben werden soll.



Abb. 2: manueller Defibrillator

(B) Der automatisierte externe Defibrillator (AED), auch Laiendefibrillator genannt, wurde speziell für die Nothilfe durch Laien entwickelt. Zur Vermeidung von Fehlbedienungen wurden diese Systeme weitgehend automatisiert. Der Helfer muss „nur“ die selbstklebenden Elektroden gemäss den akustischen Anweisungen des Geräts platzieren und auf Befehl die Schocktaste drücken. Das Gerät führt die Herzrhythmusanalyse automatisch durch und gibt die Schockabgabe nur frei, wenn die gemessenen Werte unterhalb/oberhalb der definierten Grenzwerte liegen. Zusätzlich leiten solche AED Systeme den Laienhelfer auch bei der Durchführung von wiederbelebenden Massnahmen an.



Abb. 3: automatischer Defibrillator

Wichtigstes Kriterium für eine erfolgreiche Schockbehandlung, ist der rechtzeitige Einsatz des Defibrillators. Wenn ein Herz kein Blut mehr pumpt, zählt jede Sekunde. Neben den bekannten Sofortmassnahmen (Herzruckmassage und Beatmung), kann der zeitnahe Einsatz eines Defibrillators (innerhalb von 3-5 Minuten) die Überlebensrate auf 75 Prozent erhöhen. Mit jeder weiteren Minute hingegen, in der nicht interveniert wird, sinkt die Überlebenschance um ca. 7- 10 Prozent.

Aufgabenblatt – Therapie von Herzrhythmusstörungen

Aufgabe 1 – Vergleich von Herzschrittmacher und Defibrillator

Beide Systeme nutzen Elektrizität um den Herzrhythmus zu beeinflussen, trotzdem unterschieden sie sich in einigen zentralen Merkmalen recht deutlich voneinander. Nachdem ihr die beiden Systeme kennengelernt habt, sollt ihr sie nun vergleichen. Füllt dazu die nachfolgende «Merkmalsmatrix» mit den Informationen aus den beiden Texten auf.

Merkmal	Herzschrittmacher	Defibrillator
Anwendungsmöglichkeiten (Indikationen)		
Funktionsweise (grundlegendes Prinzip)		
Verfügbare Typen und Bestandteile		
Anwendung am Patienten und wichtige Hinweise		
Energiemenge		

Aufgabe 2 – Konkrete Herzrhythmusstörungen

Ihr habt in den vorherigen Lektionen verschiedene Formen von Herzrhythmusstörungen kennengelernt. Beschreibt als Repetition zuerst stichwortartig, welche Strukturen bei den jeweiligen Arrhythmien betroffen sind und wie sich die Störung äussert. Überlegt euch dann, bei welcher Arrhythmie ihr einen Herzschrittmacher einsetzen und wann ihr einen Defibrillator für die Therapie verwenden würdet. Haltet eure Überlegungen schriftlich fest.

Herzrhythmusstörung	Beschreibung	Therapie-Methode
Vorhofflimmern		
Sick Sinus Syndrom		
Atroventrikulärer-Block		
Schenkelblock		
Kammerflimmern		

Zusatzaufgabe – Reinterventionen an Herzschrittmachern

Überlegt euch mögliche Gründe für die Notwendigkeit einer Reintervention, respektive mögliche Komplikationen mit einem implantierten Herzschrittmacher.

Musterlösung – Therapie von Herzrhythmusstörungen

Wichtig: Nicht alle der hier aufgeführten Erklärungen sind in den Arbeitsblättern der heutigen Lektion zu finden. Zusatzinformationen wurden in der Lösung durch Klammern [] gekennzeichnet.

Aufgabe 1 – Vergleich von Herzschrittmacher und Defibrillator

Merkmal	Herzschrittmacher	Defibrillator
Anwendungsmöglichkeiten (Indikationen)	Wird generell eingesetzt, wenn die HF zu langsam ist (=Bradykardie) oder das Risiko besteht, dass die HF ganz aussetzt. Häufig treten bei Patienten Symptome auf, wie Schwindel, Leistungsschwäche und teilweise sogar Bewusstlosigkeit, die auf eine Herzrhythmusstörung hinweisen. Für die Diagnose wird normalerweise eine EKG Untersuchung gemacht. Wenn die Ursache der Bradykardie nicht oder nur ungenügend medikamentös [oder auch operativ] behandelt werden kann.	Defibrillatoren werden in Notfallsituationen mit Herzstillstand eingesetzt. Sie unterbrechen Tachyarrhythmien des Vorhofs und Ventrikels [bei 85% aller plötzlichen Herztode liegt anfangs ein Kammerflimmern vor]. Der Defi ist daher als lebensrettende Sofortmassnahme zu bezeichnen, die dem Herzen die Chance gibt, selbständig wieder einen geordneten und regelmässigen Herzrhythmus herzustellen.
Funktionsweise (grundlegendes Prinzip)	=Elektronischer Impulsgeber Kleiner, implantierbarer Taktgeber der die Regulation des Herzrhythmus vorübergehend oder dauerhaft übernehmen kann. Es wird dazu ein elektrischer Impuls, über die Elektroden, direkt an das Myokard abgegeben [und so wird eine Herzmuskelkontraktion ausgelöst]. Das System misst kontinuierlich die Eigenaktion des Herzes (=Sensing) und schreitet ein, wenn die HF einen individuell festgelegten Sollwert unterschreitet (=Pacing).	= therapeutische Elektroschocks Ein Defi erzeugt mittels Schock eine homogene Depolarisation des Myokards, nach deren Abklingen häufig wieder ein normaler Erregungsablauf einsetzt. Ein Schock sorgt also erstmals für Ruhe und gibt dem Herzen so die Chance, selbständig wieder einen geordneten, regulären Herzrhythmus herzustellen. Vor jeder Schockabgabe wird zuerst das aktuelle EKG-Signal analysiert, respektive die Herzfrequenz gemessen.
Verfügbare Typen und Bestandteile	Je nachdem, wie viele Herzkammern von Elektroden innerviert werden, spricht man von: Einkammersystem, Zweikammersystem oder Dreikammersystem. Das System besteht aus einem Gehäuse mit Elektronik und Batterie, sowie einer /mehreren Sonden (Elektroden). Zusätzlich verfügt der Arzt über ein Analyse- und Programmiergerät.	Man unterscheidet folgende zwei Typen: 1) manueller Defi (ALS)- ist für die Anwendung durch medizinisches Fachpersonal vorgesehen. Anwender kann entscheiden, wann ein Schock abgegeben werden soll. Misst zusätzlich die wichtigsten Vitalparameter. 2) automatischer Defi (AED) -)- ist für die Anwendung durch Laienretter vorgesehen. Die Schockabgabe wird nur bei vorliegender Arrhythmie freigegeben. Das gerät gibt dem zusätzlich wichtige, akkustische Hinweise zur Anwendung und weiteren lebensrettenden Sofortmassnahmen. Zusätzlich unterscheidet man die Geräte aufgrund der Wellenform in monophasische und biphasische Defibrillatoren.
Anwendung am Patienten und wichtige Hinweise	Ein Herzschrittmacher wird normalerweise unter Lokalanästhesie unterhalb des Schlüsselbeins [selten auch abdominal] dauerhaft implantiert . Die Sonden werden durch Venen [typischerweise vena subclavia und vena cephalica] bis ins Herzen vorgeschoben und da verankert. Die Einstellungen werden an die Bedürfnisse des Patienten angepasst und laufend überprüft.	Der Defibrillator wird in einer Notfallsituation von einem Retter extern und vorübergehend angewendet. Wichtigstes Kriterium für eine erfolgreiche Schockbehandlung, ist der rechtzeitige Einsatz des Defibrillators. Wenn ein Herz kein Blut mehr pumpt, zählt jede Sekunde.
Energiemenge	Die abgegebenen, elektrischen Impulse sind von geringer Energiemenge [typisch sind Stimulationsamplituden von 2-8V]. Die Stimulationen werden aber über mehrere Jahre hinweg immer wieder abgegeben.	Defibrillatoren leiten grosse Energiemengen durch das Herz. Biphasische Defibrillatoren erzielen trotz geringeren Energiemengen (150-200 Joules) bessere Ergebnisse als monophasische Defibrillatoren (360 Joules). [Die Energiemenge variiert leicht zwischen Herstellern und bei wiederholter Schockabgabe.]

Aufgabe 2 – Konkrete Herzrhythmusstörungen

Herzrhythmusstörung	Beschreibung	Therapie-Methode
Vorhofflimmern	Ungeordnete, vorübergehende oder dauerhafte Tätigkeit der Vorhöfe Es kann auftreten, wenn die Erregungsausbreitung in den Vorhöfen gestört ist (z. B. durch eine Durchblutungsstörung) oder wenn atypische Schrittmacher zusätzlich zum Sinusknoten Erregungswellen aussenden.	Defibrillator
Sick Sinus Syndrom	Wenn die autonome Schrittmacherfunktion der Zellen des Sinusknotens die Erregungsausbreitung innerhalb des Sinusknotens oder die Überleitung der Erregung vom Sinusknoten auf das Vorhofmyokard gestört sind, kann es zu Störungen des Herzrhythmus kommen. Je nach Art der Ursache kann die Erregung zu niederfrequent (häufiger) oder zu hochfrequent (selten) ausfallen.	Wenn zu niederfrequent: Herzschrittmacher Wenn zu hochfrequent: Defibrillator
Atrioventrikulärer-Block	Die Erregungsleitung zwischen den Vorhöfen und den Herzkammern am AV-Knoten ist stark verzögert, zeitweise oder dauerhaft unterbrochen.	Herzschrittmacher
Schenkelblock	Ein Kammerchenblock ist eine Funktionsstörung der beiden, oder einem Tawara-Schenkel die die Erregung vom His-Bündel in die beiden Ventrikel leiten. Je nachdem, ob der rechte oder linke Schenkel betroffen ist, kommt es zu einer Verzögerung auf der entsprechenden Seite.	Bei einem biventrikulären Kammerchenblock: Herzschrittmacher
Kammerflimmern	Von Herzkammerflimmern (ventrikuläre Fibrillation) spricht man bei mehr als 350 Kammererregungen pro Minute. Es kommt zu kreisenden, ungeordneten Kammererregungen wodurch der Ventrikel nicht mehr geordnet kontrahieren kann. Unbehandelt führt das Kammerflimmern wegen der fehlenden Pumpleistung des Herzens zum Tod.	Defibrillator

Für besonders Wissbegierige - Literatur zur Vertiefung

Ausführlichere, **nicht-prüfungsrelevante** Informationen zur Vertiefung des aktuellen Themas «Therapie von Herzrhythmusstörungen - Herzschrittmacher und Defibrillator» findest du im Lehrbuch:

Jan Steffel und Thomas Lüscher (2014), *Herz-Kreislauf*, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin
Kapitel 11: *Erkrankungen des Reizleitungssystems - Herzrhythmusstörungen*