

# Turbulenzen im Herzen **Vorhofflimmern**



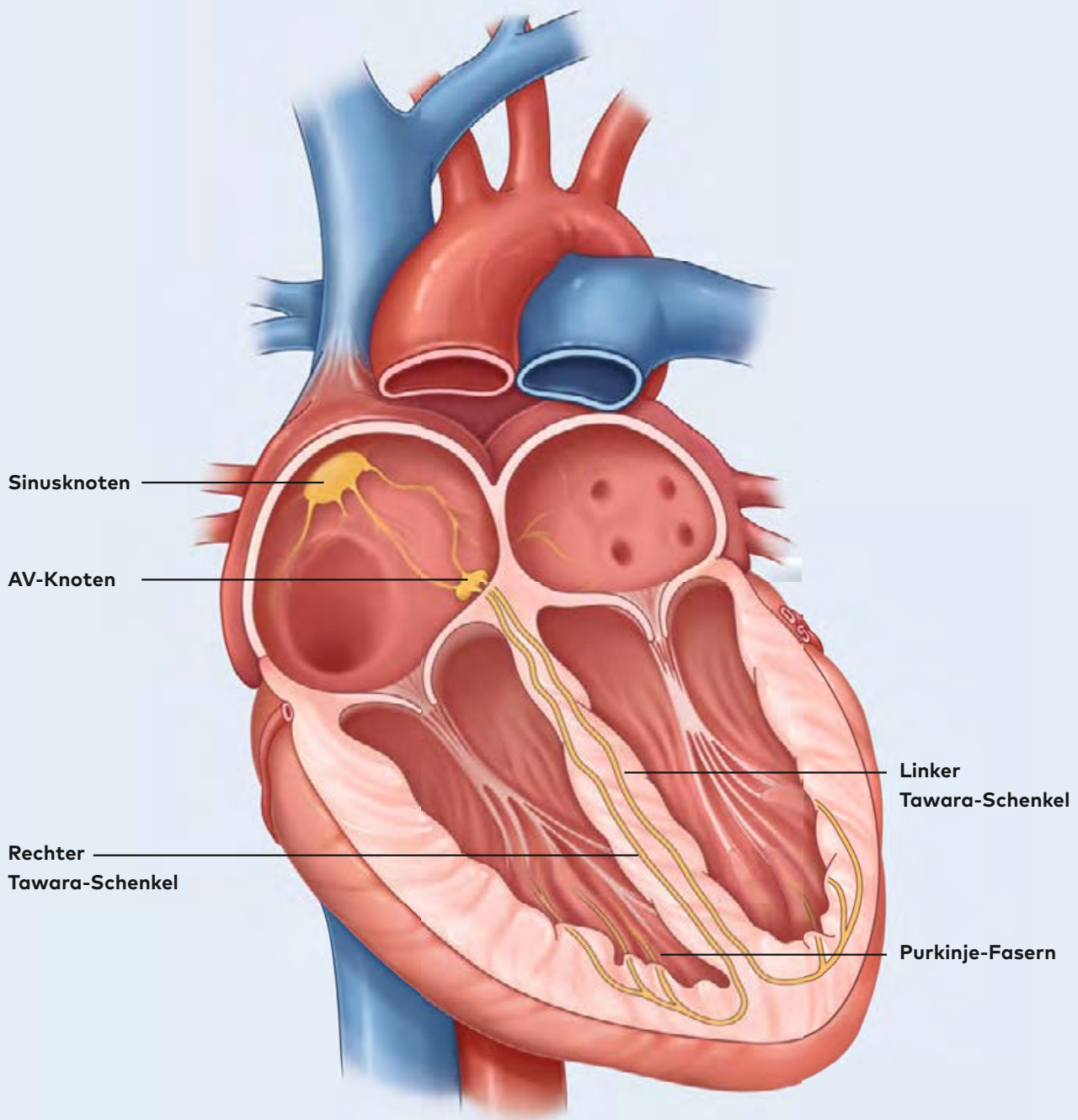
## **Zurück in den Takt**

Vor den schweren Folgen von Vorhofflimmern bewahren



## WAS DAS HERZ BEWEGT

Das Reizleitungssystem (gelb) im Herzmuskel



In weniger als einer Drittelsekunde breiten sich die elektrischen Impulse vom Sinusknoten über den gesamten Herzmuskel aus.

# Der Rhythmus des Lebens

Die elektrischen Ströme, die das Herz schlagen lassen, produziert es selbst. Es verteilt sie auch eigenständig und millisekundenschnell an all seine Zellen. Gerät es bei dieser Arbeit aus dem Takt, kommt es zu Herzrhythmusstörungen, beispielsweise zu Vorhofflimmern.

Claudia Eberhard-Metzger

**G**roß und klein, kreuz und quer – Muskeln finden sich überall in unserem Körper, die winzigsten richten zierliche Haare auf oder verengen und erweitern Blutgefäße, die mächtigsten lassen uns aufrecht stehen und gehen. Mit mehr als 600 dieser Mobilmacher hat die Natur den Menschen ausgestattet. Doch einer darunter tanzt gehörig aus der Reihe, und das gleich mit mindestens drei Eigenheiten: Erstens ist dieser Muskel hohl, zweitens muss er sich unablässig bewegen und darf niemals ruhen, nicht eine einzige Minute lang. Und drittens schert sich dieser Muskel im Unterschied zu all seinen muskulären Artgenossen herzlich wenig um elektrische Reize, die das Gehirn sendet: Das Herz bewegt sich selbst.

Zu seiner exklusiven Unabhängigkeit verhelfen dem Organ Muskelzellen, die sich auf eine besondere Aufgabe kapriziert haben: Sie stellen elektrischen Strom her, leiten ihn millisekundenschnell an die Abertausend Millionen anderen Herzmuskelzellen weiter und zwingen sie zur Arbeit: Sie ziehen sich solidarisch zusammen und entspannen gleich darauf wieder. Das Herz schlägt. Etwa etwa 60 bis 90 Mal pro Minute, rund 100 000 Mal pro Tag, circa drei Milliarden Mal in einem 80 Jahre währenden

Leben. Eindrücklich zeigt sich die Autonomie des Herzens, wird es dem Körper entnommen und in eine Nährlösung gesteckt – auch jetzt schlägt es noch weiter.

## WARUM SCHLÄGT DAS HERZ?

Wer oder was das Herz dazu bringt, sich in geordneter Regelmäßigkeit zusammenzuziehen und dabei Blut in den Körper zu pumpen, war lange eine wissenschaftlich höchst umstrittene Frage. Sie dominierte die Herz-Kreislauf-Forschung des kompletten 19. Jahrhunderts und ließ Vertreter der „neurogenen“ und der „myogenen“ Theorie aneinandergeraten: Die einen dachten, das Herz werde von Nerven (Neuronen) zum Schlagen veranlasst, die anderen behaupteten, der Herzschlag sei „hausgemacht“ und habe seinen Ursprung in den Herzmuskelzellen (Myozyten) selbst. Die maßgeblichen Beweise, dass das Herz aus eigener Kraft schlägt, haben drei Wissenschaftler erbracht: Johann Purkinje (1787–1869), Wilhelm His (1863–1934) und Tawara Sunao (1873–1952). Nach ihnen sind heute die wichtigsten Stationen der Stromerzeugung und -verteilung im Herzen benannt.

## »Von der unermüdlichen rhythmischen Präzisionsarbeit des Herzens spüren wir kaum etwas. Den Schlag des Herzens bemerken wir erst, wenn er aus dem Takt gerät.«

Den Anfang machte Johann Evangelist Purkinje, leidenschaftlicher Forscher und Mitbegründer einer Anatomie, die das seinerzeit noch neue Mikroskop konsequent als Beobachtungsinstrument nutzte. Damit erkennt Purkinje im Jahr 1839 in der äußeren Herzwandspitze ein sich immer feiner aufspannendes Netz „gallertartiger Fasern“, deren Zellen zwar etwas blasser und etwas größer aussehen als die sie umgebenden Herzmuskelzellen, von Purkinje aber nichtsdestotrotz als Muskelzellen klassifiziert werden. Die Bedeutung der „Purkinje-Fasern“ für die Funktion des Herzens indes blieb noch ein weiteres halbes Jahrhundert unbekannt – bis der international bekannte deutsche Anatom Ludwig Aschoff einen jungen Gastwissenschaftler aus Japan mit einer Fleißarbeit betraute: Tawara Sunao sollte in Aschoffs Institut in Marburg 150 Herzen von Menschen und Tieren untersuchen. Präzise hält Tawara in Zeichnungen fest, was er während seiner mühseligen Untersuchungen erkennt: Das von Purkinje entdeckte Netzwerk gallertartiger Fasern setzt sich mit zwei Ästen fort, die die Wand zwischen beiden Herzkammern (Ventrikel) durchziehen. Etwa in der Mitte des Herzens – dort, wo die beiden Vorhöfe (Atrien) mit den Ventrikeln zusammenstoßen – bündeln sich die Fasern zu einem Knoten, heute Atrioventrikularknoten (Vorhof-Kammer-Knoten), kurz AV-Knoten, oder Aschoff-Tawara-Knoten genannt.

Tawara schreibt der Ansammlung von Herzmuskelzellen elektromechanische Eigenschaften zu und vermutet in seinem 200-Seiten-Werk „Das elektrische Reizleitungssystem des Säugerherzens“ (1906), dass es sich um den Teil ei-

nes Verteilersystems, um einen Impulsleitungsweg handeln müsse. Er führe vom AV-Knoten über eine weitere, ungeteilte Faserstrecke – dem bereits im Jahr 1893 von dem Schweizer Anatom Wilhelm His entdeckten His-Bündel – und den beiden Ästen in der Herzscheidewand, Tawara-Schenkel genannt, bis zur Herzspitze, verzweige sich in die Purkinje-Fasern und ende in der Arbeitsmuskelwand der Kammern. Damit schienen alle herzeigenen Stromverteiler des Herzens beisammen, die wichtigste Struktur des Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems des Herzens aber fehlte noch: der Sinusknoten, der alles entscheidende elektrische Taktgeber.

Der Steuermann des Systems entzog sich lange den neugierigen Blicken der Wissenschaftler. Dank der Vorarbeiten und ausführlichen Beschreibungen Tawaras ging es nun aber ganz schnell: Schon im Jahr 1907 entdecken der schottische Anatom Arthur Keith und sein Student Martin Flack an der Innenwand des rechten Vorhofs und in der Region, wo die obere Hohlvene einmündet (Sinus venarum cavarum), eine spindelförmige Ansammlung, die in ihrer Feinstruktur den von Purkinje und Tawara beschriebenen Fasern gleicht. Sie nennen die Zellvereinigung nach ihrer Lage „Sino-aurikular Knoten“. Weitere Untersuchungen zeigen, dass von dort „der dominierende rhythmische Impuls der Herzbewegung“ stammt, wie Keith und Flack im Jahr 1907 im „Journal of Anatomy“ berichten. Der Sinusknoten erzeugt den Sinusrhythmus – den regelmäßigen Herzschlag des Menschen.

### ANTRIEB SCHEINBAR AUS DEM NICHTS

Heute weiß man, dass es sich bei den Zellen des Sinusknotens um Herzmuskelzellen handelt, die fähig sind, spontan zu „depolarisieren“: Dazu verhelfen ihnen winzige Kanäle, die ihre zarte Außenhaut (Membran) durchziehen. Sie funktionieren wie Schleusen, die elektrische geladene Teilchen – Ionen – passieren lassen. Durch den minimalen Strom der dabei fließt, kommt es zu einem ständigen Ladungswechsel, zur Depolarisation, der Zellen: Sie wechseln

zwischen Aktion und Ruhe, zwischen Kontraktion und Entspannung. Auch die anderen Mitglieder des Erregungsleitungssystems des Herzens können depolarisieren, sie tun es nur langsamer, weshalb der schnellere Sinusknoten den Takt vorgibt.

Normalerweise produziert der Sinusknoten 60 bis 80 elektrische Impulse pro Minute. Etwa 60 Millisekunden später erreichen die winzigen Ströme den AV-Knoten in der Mitte des Herzens. Er reicht die elektrischen Impulse nicht nur wie ein Doppelstecker weiter, er fungiert auch als mäßiger Begleiter des feurigen Sinusknotens: Was dort mitunter als heftige Erregung aufblitzt, tariert der AV-Knoten ab. Die leichte verzögerte Stromweiterleitung hat auch zum Vorteil, dass sich zuerst die Vorhöfe und danach erst die Kammern zusammenziehen. Zuvor können sich die Kammern noch stärker mit Blut füllen, ehe auch sie kontrahieren und das Blut in den Kreislauf pumpen. Das Reizleitungssystem des Herzens ist so wichtig, dass es gleich mehrfach gesichert ist: Fällt der Sinusknoten aus, übernehmen andere Mitglieder die Impulsgebung, wenn auch in deutlich gebremster Art und Weise: Der AV-Knoten produziert etwa 50, das His-Bündel rund 40 elektrische Impulse pro Minute.

Beeinflussen – aber nicht steuern – lässt sich das Herz nur vom vegetativen Nervensystem (Parasympathikus; Sympathikus) – demjenigen Teil des Nervensystems, der unserem Willen nicht zugänglich ist: Wir können dem Herz nicht befehlen, dass es schneller oder langsamer schlagen soll. Nervenfasern des vegetativen Systems münden in den Sinusknoten und wirken auf ihn ein: Der Parasympathikus bremst den Sinusknoten mithilfe seines Botenstoffs Acetylcholin, der Sympathikus treibt ihn mit den Hormonen Adrenalin und Noradrenalin an.

## STÖREINFLÜSSE

Ein derart fein austariertes System ist trotz mehrfacher Sicherung störanfällig. Ist ein Herz belastet, etwa weil seine Herzkranzgefäße verengt sind und es deshalb nicht mehr ausrei-

chend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt werden kann, wirkt sich das auf die Elektrik aus. Auch wenn Herzklappen nicht mehr richtig schließen oder der Druck, mit dem das Blut durch das Herz rauscht, zu hoch ist, wird die Reizweiterleitung gestört. Alkohol, Rauchen, Übergewicht, zu wenig Bewegung – auch das setzt dem fragilen System zu. Können die elektrischen Ströme im Herzen nicht ungestört und geordnet fließen, kommt es zu Herzrhythmusstörungen. Die häufigste andauernde Rhythmusstörung ist das Vorhofflimmern: Der Sinusknoten produziert chaotische elektrische Störimpulse, welche die Vorhöfe nicht mehr rhythmisch schlagen, sondern zittern lassen. Hält der AV-Knoten dem elektrischen Trommelfeuer nicht stand, greift das Zittern und Flimmern auf die Herzkammern über, die nun nicht mehr genug Kraft entwickeln können, um ausreichend Blut in den Körper zu expedieren. Doch auch ohne Einbezug der Kammern droht Ungemach: Wenn sich die Vorhöfe chaotisch bewegen und das Blut in ihnen nicht mehr richtig fließen kann, können in Ausbuchtungen, den sogenannten Vorhofohren, kleine Tümpel aus Blut stehen bleiben. In ihnen droht Blut zu verklumpen, die Blutpfropfen können ins Gehirn gelangen, dort ein Gefäß verstopfen und einen Schlaganfall herbeiführen: Nahezu ein Drittel aller Schlaganfälle geht auf Vorhofflimmern zurück.

Tückisch ist, dass sich die elektrischen Fehlschaltungen des Herzens häufig nicht mit deutlichen Symptomen bemerkbar machen. Eindeutig nachweisen lässt sich Vorhofflimmern mit einem Elektrokardiogramm (EKG): Es zeichnet auf, wie die elektrische Erregung im Herzen abläuft, und der Arzt erkennt Probleme des Herzens an verräterisch ausschlagenden Zacken. Der niederländische Mediziner Willem Einthoven hat das EKG als bis heute unverzichtbares Diagnoseinstrument, als „Fenster zum Herzen“, entwickelt. Als er dafür im Jahr 1924 den Medizin-Nobelpreis erhält, lässt er nicht unerwähnt, dass sein Erfolg ohne die vorangegangenen Arbeiten seiner Forscherkollegen zum einzigartigen Stromleitungssystem des Herzens undenkbar gewesen sei.



**Claudia Eberhard-Metzger** ist langjährige Wissenschaftsjournalistin und seit 2019 stellvertretende Chefredakteurin der Publikationen der Herzstiftung.