

Ins Herz geschaut

Die modernen Schnittbildtechnologien Computertomografie (CT) und Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT) entwickeln sich rasant. Als Ergänzung zur Ultraschalluntersuchung erweitern sie die Möglichkeiten bei der bildgebenden Darstellung des gesunden und erkrankten Hundeherzens.

Dr. med. vet. Matthias Dennler, dipl. ECVDI

Moderne, bildgebende Untersuchungen, insbesondere die Computertomografie (CT) und die Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT), entwickeln sich rasant. Diese Verfahren wurden in den vergangenen Jahrzehnten in die Humanmedizin eingeführt und sind heute in der modernen Herzdiagnostik beim Menschen Routine. Aus technischer Sicht ist die Darstellung von Bewegung sehr anspruchsvoll. Jede Bewegung, die während bildgebender Verfahren erfolgt, führt wie in der Fotografie zu Unschärfe. Das Herz als Organ, das sich durch den Herzschlag selbst bewegt und zudem noch passiv durch die Atembewegung des Brustkorbes seinen Ort wechselt, stellt deswegen eine besonders grosse Herausforderung für die Bildgebung dar.

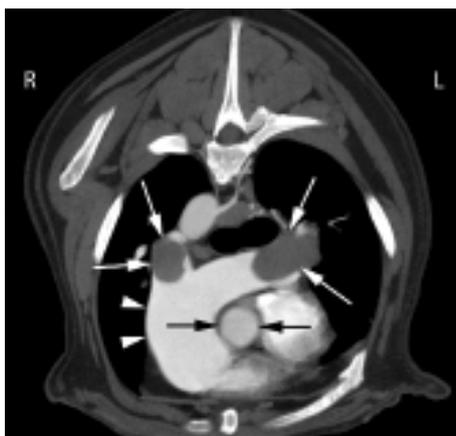
Wie erhält man scharfe Bilder?

Um trotz der steten Eigenbewegung des schlagenden Herzens scharfe Bilder anzufertigen, werden die Informationen des Elektrokardiogramms (EKG) oder des Pulsschlages mit dem exakten Zeitpunkt der Bildentstehung synchronisiert. Für die Kontrolle der Atembewegung gibt es zwei Möglichkeiten. Der Patient muss für die Zeit der Bildentstehung den Atem anhalten, was beim Hund in Allgemeinanästhesie für eine kurze Zeit künstlich erzeugt werden kann. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Entstehung des Bildes auf eine bestimmte Position des Zwerchfells im Atemzyklus abzustimmen. Die zweite Methode eignet sich besser für längere Messungen.

Hundeherz: kleiner und schneller

Diese neuen Verfahren haben auch bei der Untersuchung des Hundeherzens grosses Potenzial. Zwischen den Herzen von

Mensch und Hund gibt es aber wichtige Unterschiede, die sich sowohl technisch als auch diagnostisch bemerkbar machen. Das Herz des Hundes ist kleiner, schlägt aber mit 60 bis 120 Schlägen pro Minute schneller als das Herz eines erwachsenen Menschen. Freiwillig halten Hunde in den engen und lauten Geräten von CT und MRT auch mit bestem Training nicht lange genug still, um eine ganze Untersuchung anzufertigen zu können. Auch bei den in der Humanmedizin zur Atemkontrolle üblichen Instruktionen «einatmen – Luft anhalten – ausatmen» fehlt es verständlicherweise an der notwendigen Kooperation des tiermedizinischen Patienten. Aus diesen Gründen braucht es bei den Hunden für die Untersuchung eine Allgemeinanästhesie, ähnlich wie in der Humanmedizin bei Kleinkindern. Das birgt ein gewisses Anästhesierisiko, das insbesondere beim herzkranken Patienten berücksichtigt werden muss. Insgesamt verbleibt allerdings ein überschaubares Risiko für den Patienten, da sich die Möglichkeiten in der Anästhesie in den vergangenen Jahren ebenso stark entwickelt haben wie anderswo.



Zwischen den Herzen von Mensch und Hund gibt es

Bei der Echokardiografie (der Ultraschalluntersuchung des Herzens) handelt es sich neben Röntgenuntersuchungen um die am besten etablierte Methode zur bildgebenden Darstellung des Herzens. Die Echokardiografie ermöglicht Untersuchungen ohne Allgemeinanästhesie, mit einem geringeren technischen und zeitlichen Aufwand, bei geringeren Gesamtkosten im Vergleich zu

Abbildung 1:

Schräge Rekonstruktion einer computertomografischen Untersuchung des Herzens einer zehnjährigen Australien-Shepherd-Hündin, die wegen zunehmendem Husten und plötzlichem Zusammenbrechen untersucht wurde. Die Lungenarterie (weisse Pfeilspitzen) ist im Vergleich zur Hauptschlagader (schwarze Pfeile) stark erweitert, weil sie durch Gerinnsel (weisse Pfeile) in beiden Hauptästen gestaut wird. Die Untersuchung der grossen Gefässe rund ums Herz ist eine grosse Stärke der Computertomografie.



einige Unterschiede: Das Herz des Hundes ist kleiner und schlägt mit 60 bis 120 Schlägen pro Minute schneller.

(shutterstock/shevs)

den Schnittbilduntersuchungen CT und MRT. Auch wenn dadurch keine Konkurrenz zum Ultraschall besteht, so unterliegt die Echokardiografie doch gewissen physikalischen Grenzen. Die Schallwellen können physikalisch weder die Lungen noch die Rippen durchdringen und somit keine Ultraschallbilder erzeugen.

Grenzen des Ultraschalls

Strukturen rund ums Herz, insbesondere um die umliegenden Gefäße, lassen sich viel besser mit CT und MRT darstellen (Abbildung 1). Gewisse Regionen im Herzen sind durch diese Einschränkungen mit Ultraschall schwer einsehbar. Wenn die Ultraschalluntersuchung keine abschließenden Aussagen zulässt, kann eine Unter-

suchung mit den neueren Modalitäten CT oder MRT wertvolle Zusatzinformationen liefern (Abbildung 2). Der Gewebekонтраст im Herzmuskel ist im Ultraschall nicht besonders hoch. Dort liegen genau die besonderen Stärken der Schnittbildmodalitäten, besonders die der Magnet-Resonanztomografie. Zudem: Bei Patienten mit Erkrankungen des Herzmuskels, Verände-

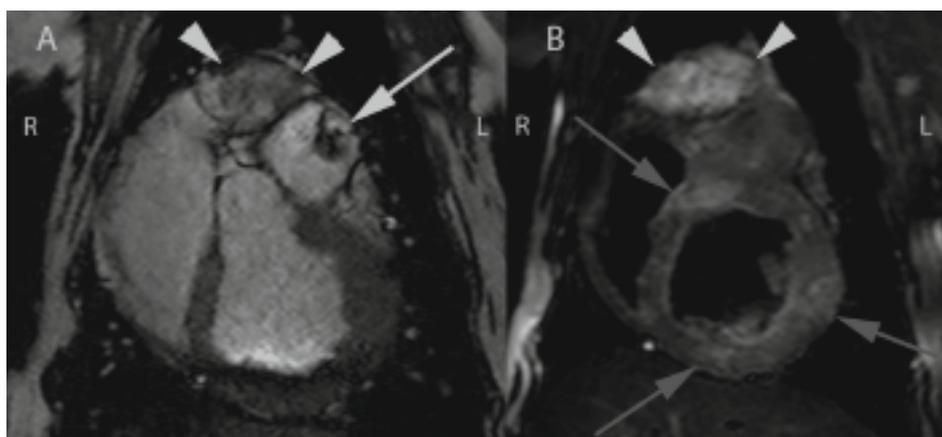


Abbildung 2:

Magnetresonanztomografische Untersuchung des Herzens einer neunjährigen Labrador-Retriever-Hündin, bei der in der Ultraschalluntersuchung der Verdacht auf eine Tumorerkrankung bestand. Dabei konnte nicht genau unterschieden werden, ob es sich beim bereits in der Echokardiografie entdeckten Knoten um eine gutartige Geschwulst am Ursprung der Hauptschlagader oder einen bösartigen Tumor im rechten Herzhohr handelt. In der MRT-Untersuchung konnte der Ursprung der Masse (weisse Pfeilspitzen) eindeutig dem rechten Herzhohr zugeordnet werden. Der Umstand, dass zusätzliche Veränderungen in der Lungenarterienwand (weisser Pfeil) und der Wand der linken Herzkammer (graue Pfeile) gefunden wurden, liess den Schluss zu, dass es sich um einen bösartigen Tumor der Gefässwände handelt, der schon Ableger gebildet hatte.

rungen der Gefäße oder angeborener, komplizierter Fehlbildung führt die Ultraschalluntersuchung möglicherweise nicht zu den nötigen Resultaten, um weitere Behandlungen zu besprechen und korrekt zu beurteilen. Bei diesen Patienten bietet sich eine Bildgebung mit den Schnittbildmodalitäten CT und MRT an.

Computertomografie (CT)

Die Computertomografie-Untersuchungen dauern nicht lange und gelten deshalb, trotz Verwendung von Röntgenstrahlen, als wenig belastend. Die herausragenden Stärken der Computertomografie liegen in der Darstellung der herznahen umliegenden Gefäße und der Lunge. Der geringe Gewebekontrast im Herzen und in den Gefäßen kann durch die Verabreichung von Kontrastmitteln in die Blutbahn entscheidend verbessert werden. Die CT-Untersuchung bietet sich demzufolge besonders dann an, wenn es um den Zusammenhang der Herzkrankung mit den umliegenden Gefäßen und den Lungen geht. So können beispielsweise Gefäßverschlüsse durch Gerinnsel oder Herztumore, aber auch Gefäßmissbildungen besonders gut dargestellt und verstanden werden (Abbildung 3).

Verkalkungen der Gefäßwände verursachen beim Menschen häufig einen oder mehrere Verschlüsse von Herzkranzgefäßen, was in der Folge zum Herzinfarkt führt. Die Computertomografie leistet in der Humanmedizin besonders wertvolle Informationen beim Entdecken dieser Verkalkungen und Gefäßverschlüsse. Beim Hund hingegen treten Herzinfarkte äusserst



Im Mittelpunkt steht der gesunde, vitale Hund: Auch in der Veterinärmedizin sind heute Computer-

selten auf und spielen in der veterinärmedizinischen Klinik keine Rolle.

Magnet-Resonanz-Tomografie

Der von keiner anderen Technik erreichte Gewebekontrast hat die Magnet-Resonanz-Tomografie zu einem unverzichtbaren

Werkzeug in der Neurologie gemacht. Die Technik mauserte sich auch in der Veterinärmedizin bei der Untersuchung von Hirn- und Rückenmarkserkrankungen zu einem äusserst wertvollen Hilfsmittel. Die Vorteile werden zunehmend auch in anderen Fachbereichen, beispielsweise bei der



Abbildung 3:

Drei Ansichten einer 3D-Rekonstruktion einer computertomografischen Untersuchung des Herzens und des Gefässsystems eines fünf Monate alten Dackels, dessen Besitzer eine Leistungsschwäche feststellte. In der Ultraschalluntersuchung des Herzens bestand der Verdacht auf eine abnormale Gefäßverbindung zwischen der Hauptschlagader und der Lungenarterie. A: Ansicht von oben links, B: Ansicht von oben und C: Ansicht von oben rechts. In der CT-Untersuchung konnte eine komplexe Gefäßmissbildung nachgewiesen werden. Ein abnormes Gefäss entspringt der Wurzel der rechten Vorderbeinarterie (grüne Pfeilspitze) und mündet nach stark gewundenem Verlauf in die linke Lungenarterie (grüner Pfeil). Ein zusätzliches Gefäss entspringt der Hauptschlagader und mündet nach S-förmigem Verlauf in die vorher beschriebene Gefäßmissbildung (gelbe Pfeile). Derart komplexe Gefäßmissbildungen können nur mit Schnittbildtechnologien wie CT oder MRT dargestellt werden. Für den Patienten ist es fundamental wichtig, dass die behandelnden Ärzte die exakten Verbindungen verstehen, damit entschieden werden kann, ob und wo ein Gefäßverschluss möglich ist. Einfachere Gefäßmissbildungen können verschlossen werden, was dem Patienten Chancen auf ein symptomfreies Leben eröffnet.



und Magnet-Resonanz-Tomografie nicht mehr wegzudenken.

(shutterstock/rebeccaashworth)

Untersuchung des Bewegungsapparates, eingesetzt. Dabei handelt es sich jeweils um Körperregionen, die sich in Allgemeinanästhesie nicht mehr bewegen, was die Untersuchung mit der als langsam geltenden Modalität vereinfacht. Mit der Weiterentwicklung der Technik rückte aber auch die

Abbildung des rasch schlagenden Hundeherzens in den Bereich des Möglichen (Abbildung 4).

Die im Vergleich zur Echokardiografie freie Wahl der Betrachtungsebenen des Herzens bleibt dem Untersucher überlassen. Im MRT besteht im Unterschied zur Echo-

kardiografie keine Abhängigkeit von der Gewebequalität. MRT entbindet die Darstellung des Herzens von durch Lunge und Rippen diktierten Ansichten und Schnittebenen. Im Vergleich zu anderen Modalitäten hat die Weiterentwicklung der MRT-Untersuchung starke Innovationen hervorgebracht. Durch drastische Beschleunigung der Bildentstehung gelingt es sogar, während eines Herzschlages mehrere Bilder der einzelnen Phasen anzufertigen. Damit kann die Leistung des ganzen Herzens, aber auch der Beitrag der einzelnen Herzmuskel-Regionen der Kammern, begutachtet werden. Neben rein qualitativen Verbesserungen sind auch echte Neuerungen zu verzeichnen.

Messung des Blutflusses

Komplexe Verfahren ermöglichen heute die Messung des Blutflusses in den Gefäßen und Kammern des Herzens. Diese sonst ausschliesslich mit Ultraschall verfügbaren, funktionellen Messungen generieren Informationen über Druckverhältnisse in den einzelnen Herzkammern, den Schweregrad von Flusseinengungen und Rückflüssen durch undichte Herzklappen. Da es sich beim Kreislauf um ein geschlossenes System handelt, helfen diese Flussmessungen, die Blutmenge zu bestimmen, die über abnormale Verbindungen wie Öffnungen in den Kammer- und Vorhofwänden oder Gefässmissbildungen in falsche Abschnitte geleitet werden. Zudem kann über den Blutfluss ebenfalls die Herzleistung gemessen werden. Die Injektion von Kontrastmittel in die Blutbahn erlaubt die Aufzeich-

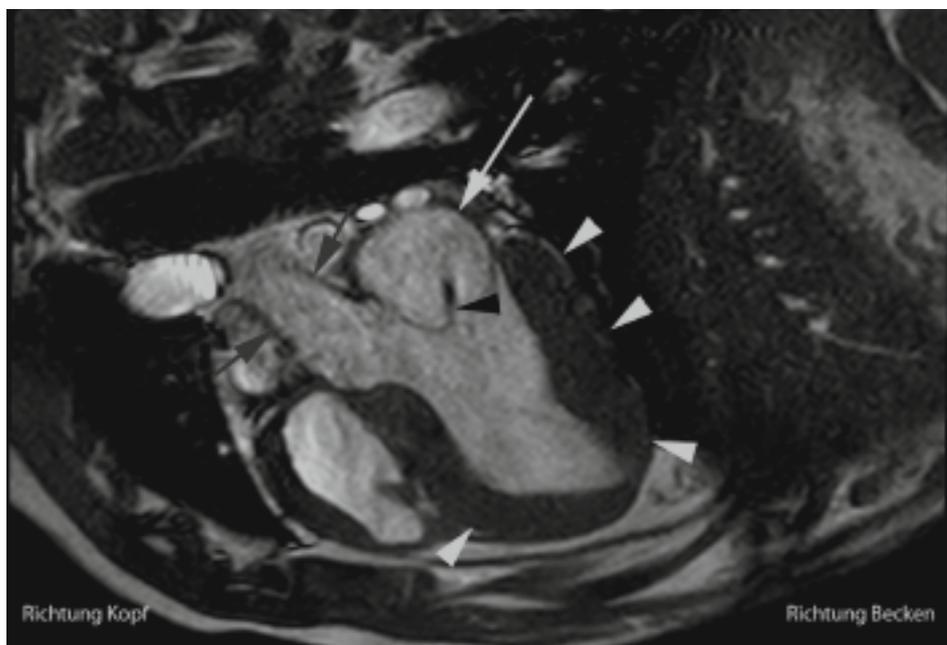


Abbildung 4:

Magnetresonanztomografische Untersuchung des Herzens einer klinisch gesunden, vierjährigen Beagle-Hündin. Die Betrachtungsebene wurde so gewählt, dass der linke Vorhof (weisser Pfeil), die linke Herzkammer (weisse Pfeilspitzen) und der Ursprung der Hauptschlagader (graue Pfeile) in einer Ebene dargestellt werden. Während des Blutauswurfes aus der linken Herzkammer in die Hauptschlagader kommt es wegen einer minimalen Undichtigkeit der Herzklappe zu einem turbulenten Rückfluss (schwarze Pfeilspitze) aus der linken Herzkammer zurück in den linken Vorhof. Die Undichtigkeit der Herzklappe ist so gering, dass der Hund keine klinischen Symptome aufweist und ohne Einschränkungen leben kann. Das Beispiel zeigt, dass schon geringe Undichtigkeiten der Herzklappen mit der MRT-Untersuchung gezeigt werden, was bis anhin nur mit Ultraschall möglich war.



Trotz moderner Bildgebungsverfahren hat das Stethoskop zum Abhören der Herztöne seine Bedeutung nicht verloren. (shutterstock/ Tyler Olson)

nung der Durchblutung des Herzmuskels. Dabei misst der Untersucher den Grad der Durchblutung und ob Kontrastmittel länger als üblich im Herzmuskel verbleibt. Diese Untersuchungen zeigen Veränderungen, die zu Beginn noch nicht sichtbar waren, und geben Auskunft über klinisch relevante Details der Erkrankung.

Wo stehen wir heute?

Die Grundlagen für erfolgreiche Untersuchungen am Hundepatienten mussten zuerst erarbeitet werden. Dabei galt es, die technischen Herausforderungen, die ein kleines, rasch schlagendes Herz bietet, zu überwinden. Die Lage des Herzens im

Brustkorb eines Hundes unterscheidet sich im Vergleich zum aufrecht gehenden Menschen. Technologien und Untersuchungstechniken konnten deshalb nicht ohne Anpassungen vom Menschen auf den Hund übertragen werden. Am Tierspital Zürich gelang es, die Schnittbilduntersuchungen so weit zu verbessern, dass die Methoden auch am Herzpatienten angewendet werden können. Die wissenschaftliche Projektunterstützung der Albert-Heim-Stiftung erwies sich dabei als sehr hilfreich.

Die freie Wahl der Betrachtungsebene stellt einen grossen Vorteil der MRT-Untersuchung dar. Die korrekte Wahl der Ebene ist essenziell, um eine Verzerrung der Herzkammern oder Gefässe zu vermeiden und um verlässliche Resultate bei Blutflussmessungen zu erhalten. Die Hilfe der Albert-Heim-Stiftung ermöglichte es uns, in diesem innovativen klinischen Einsatzgebiet der bildgebenden Untersuchung einen grossen Schritt voranzukommen.

Wohin entwickelt sich die Technik?

Das Wissen über komplexe Herzkrankheiten und Erkrankungen des Herzmuskels wächst stetig. Erweiterte diagnostische Möglichkeiten erarbeiten die Grundlagen

für zukünftige, gezielte und erfolgreiche Behandlungen. Die Schnittbildmodalitäten CT und MRT sind keine direkte Konkurrenz zur etablierten Echokardiografie. Sie stellen aber heute schon wertvolle, ergänzende Untersuchungsmethoden dar, deren Bedeutung in absehbarer Zukunft wachsen wird. Die Forschung auf diesem Gebiet wird versuchen, ihren Beitrag zu leisten, um präziser zu verstehen, wie sich verschiedene Erkrankungen präsentieren und wie ihre Unterscheidung verbessert werden kann.



Albert-Heim-Stiftung
der Schweizerischen Kynologischen Gesellschaft
mit Sitz im Naturhistorischen Museum in Bern

Die Albert-Heim-Stiftung unterstützt die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Kynologie. Sie leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Förderung gesunder Rassehunde. Die Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Kynologischen Gesellschaft und den Universitäten ermöglicht immer wieder die Erarbeitung von Grundwissen für die Züchter. Dazu trägt auch die kynologische Sammlung mit unter anderem über 2500 Hundeschädeln, Fellen und Skeletten bei (www.albert-heim-stiftung.ch).



Zum Autor:

Dr. med. vet. Matthias Dennler, dipl. ECVDI, ist Verantwortlicher für die Schnittbildmodalitäten CT und MRT

der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich. Ein Forschungsschwerpunkt ist die Anwendung von Schnittbildverfahren am Herzen.