

3D-Scans und -Modelle von anatomischen Präparaten und Sammlungsexponaten: Eine echte Alternative in der veterinäranatomischen Lehre?

REBECCA SCHIRONE, MAHTAB BAHRAMSOLTANI UND GIULIANO MARIO CORTE

Abstract

Spätestens seit der erfolgreichen und gutbesuchten Ausstellungsreihe „Körperwelten“ von Gunther von Hagens, in der plastinierte menschliche Ganzkörpermodelle ausgestellt wurden, zeigte sich, welche Faszination und Anziehungskraft die Anatomie auf die Öffentlichkeit ausübt. Studierende der Veterinärmedizin lernen in den ersten zwei Jahren ihres Studiums den anatomischen Aufbau des Körpers von verschiedenen Tierarten. Das Erlernen der Anatomie ist nicht einfach. Es erfordert die Identifizierung, das Verständnis und das Auffinden anatomischer Strukturen im dreidimensionalen Raum. Das Curriculum beinhaltet daher unter anderem praktische Sektionsübungen an Tierkadavern. Dabei haben viele Studierende Schwierigkeiten, die in den Lehrbüchern in zweidimensionalen Abbildungen dargestellten Strukturen auf den dreidimensionalen Tierkörper zu übertragen. Im Rahmen eines Forschungsprojekts untersucht ein Team am Institut für Veterinär-Anatomie der Freien Universität Berlin, ob annotierte dreidimensionale Scans anatomischer Präparate eine sinnvolle Alternative zu zweidimensionalen Abbildungen darstellen. Zusätzlich sollen mittels 3D-Druck erstellte Modelle anatomischer Präparate als zeit- und raumunabhängige Lernressource untersucht werden. Die Methode der 3D-Digitalisierung und -Modellierung erschließt einen weiteren Mehrwert. Damit können die Präparate von Gurlt und Ziegler, zwei historische Sammlungen embryologischer Modelle aus dem 19. und 20. Jahrhundert, welche im Institut für Veterinär-Anatomie ausgestellt sind, digitalisiert werden. Aufgrund ihres beträchtlichen historischen Wertes und ihrer Fragilität waren sie bisher nur in Schaukästen ausgestellt, wurden aber nicht mehr aktiv in der Lehre in den Händen von Studierenden eingesetzt. In diesem Beitrag wird dargelegt, wie man diese unter Verwendung der erwähnten Techniken in die anatomische und embryologische Lehre integriert und auch mittels einer eigens erstellten Online-Plattform einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich macht.

Einleitung

Die Anatomie ist eines der ersten Fächer, mit denen Studierende der Veterinärmedizin zu Beginn ihres Studiums in Berührung kommen. An der Freien Universität Berlin wird das Fach in den ersten vier Semestern intensiv gelehrt und gilt als wichtige Komponente für die weitere veterinärmedizinische Ausbildung. Es wurde bestätigt, dass die anatomische Ausbildung für alle praktizierenden Tierärzt:innen sehr wichtig und für das Verständnis der Fächer Embryologie, Physiologie und Chirurgie ausschlaggebend ist (SUGAND, ABRAHAMS & KHURANA 2010). Die Anatomie ist ein sehr haptisches und visuelles Fach, weshalb praktische anatomische Übungen in Form von Sektionskursen an Tierleichen verschiedener Spezies in die curriculare Lehre integriert sind (OLDER 2004). Diese sind unabdingbar, um den dreidimensionalen Körper zu verstehen, berührungsvermittelte Wahrnehmungen zu entwickeln, die topographische Lage von anatomischen Strukturen und Organen zu begreifen und um Aufnahmen bildgebender Verfahren wie etwa Röntgen, Ultraschall oder die Computertomographie beherrschen und interpretieren zu können (AZIZ, MCKENZIE & WILSON u.a.

2002; BÖCKERS, JERG-BRETZKE & LAMP u.a. 2010). Im Rahmen der praktischen Kurse zeigt sich allerdings, dass es Studierenden sehr oft schwerfällt, zweidimensionale Lehrinhalte, wie etwa aus Buchabbildungen, auf den dreidimensionalen Körper zu übertragen (PREECE, WILLIAMS & LAM u.a. 2013; WAINMAN, WOLAK & PUKAS u.a. 2018).

Der erste Teil dieses Beitrages behandelt die Herausforderungen der klassischen Sezierung. Der zweite Teil geht auf die in der Veterinärmedizin gesammelten Erfahrungen mit der Digitalisierung von Lehrmaterialien und Übungen ein. Anschließend stellen die Autor:innen die Methodik der Digitalisierung und ihre Lehrexperimente vor. Der Beitrag endet mit einem Ausblick auf künftige Vorhaben.

Klassische Sezierung implizieren entscheidende Herausforderungen

Da veterinäranatomische Institute auf infektionsfreie Tierkörperpenden verstorbener oder euthanasierter Tiere angewiesen sind, ist die Stückzahl an Tierkörpern oft stark begrenzt. Daher sind Sektionsübungen, gemessen am an-

spruchsvollen Lernprozess und dem großen Stoffumfang, zeitlich oft sehr limitiert.

Während der Covid-19-Pandemie der Jahre 2020/21 waren die Sektionsübungen nur sporadisch und mit kleinen Studierendengruppen möglich, wodurch die Lernzeit an den Tierkörpern auf ein Minimum reduziert war. Ob diese Lehrinhalte trotz des fehlenden praktischen Unterrichts durch das solitäre Lernen mit anatomischen Lehrbüchern und Skripten kompensiert und durch deren zweidimensionale Abbildungen erfasst werden können, ist zu bezweifeln. In der Pandemie hat das Projektteam des Instituts für Veterinär-Anatomie den Studierenden Videos zur Verfügung gestellt, die aber letztendlich auch nur bewegte zweidimensionale Abbildungen darstellen.

Eine weitere Herausforderung beim Lernen mit Präparaten ist, dass diese mit der Zeit Abnutzungen und Beschädigungen aufweisen und somit wichtige Strukturen fehlen können oder kaum mehr zu erkennen sind. Daher sind wir als Projektteam davon überzeugt, dass in Zukunft und auch unabhängig von der Pandemie eine Online-Lernplattform mit 3D-Modellen anatomischer Strukturen wie etwa Organen erstellt werden sollte, mit welcher die Morphologien, die Ausmaße und die topographischen Lagebeziehungen anatomischer Strukturen für Studierende auch außerhalb des Präparierbereiches ersichtlich und begreifbar werden.

Digitalisierung in der Veterinärmedizin

In der Veterinärmedizin wurde die Digitalisierung von Lerninhalten in den letzten Jahren immer weiter vorangetrieben. Es existieren mittlerweile einige computerunterstützte Lernprogramme (CAL)¹, teilweise auch schon mit anatomischen Lehrinhalten, einschließlich einiger 3D-Modelle. Diese sind den Studierenden häufig nicht zugänglich, da sie teilweise kostenpflichtig und damit für einige Studierende unerschwinglich sind. Den Studierenden unseres Fachbereichs soll die geplante Online-Lernplattform frei zugänglich sein, damit sie jederzeit und von überall Zugriff zu den 3D-Modellen haben und damit lernen können. Außerdem hat die Pandemie in den letzten zwei Jahren noch einmal vor Augen geführt, wie wichtig es ist, die Lehre auch in digitaler Form zu gestalten.

Zahlreiche Studien belegen den positiven Effekt von 3D-Modellen. Vor allem in der Humanmedizin wurden Verbesserungen sowohl des Wissens als auch der motorischen Fähigkeiten beobachtet, wenn Studierende computergestützte 3D-Trainingsmethoden angewendet haben (AGGARWAL, BLACK & HANCE u. a. 2006). Eine weitere Studie zeigte, dass die Erweiterung der traditionellen Vorlesungs- und Präparierstunden mit zusätzlichen computergestützten

1 Computer aided learning.

Lehrwerkzeugen das anatomisch(-räumliche) Verständnis der Studierenden verbessern konnte (PETERSON & MLYNARCZYK 2016). Im Rahmen der praktischen Einheiten in der anatomischen Lehre am humananatomischen Institut der Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey (Mexiko), zeigte sich, dass eine Kombination aus Präparationsübungen und computergestützten digitalen Lehrmedien eine optimale Lernumgebung darstellte. Diese war nicht nur für leistungsstarke Studierende nützlich, sondern stellte vor allem für die Schwächeren eine hilfreiche Ergänzung zum Lernen dar (ELIZONDO-OMAÑA; MORALES-GÓMEZ & GUZMÁN u. a. 2004).

In der Medizin werden zum Teil auch sogenannte *High-Fidelity*-Simulatoren eingesetzt. Eine *High-Fidelity*-Simulation ist ein mehrdimensionales Konzept, das dem Grad des Realismus entspricht, der durch die Auswahl von Simulationsequipment, Setting und Szenario entsteht (CHOI & WONG 2019). Zum Beispiel werden in der Medizin *High-Fidelity*-Patientensimulatoren genutzt. Das sind computergestützte Puppen, die reale Szenarien simulieren. Die Wirksamkeit erwies sich in einer Studie, in der unerfahrene Chirurg:innen eine schnelle und signifikante Verbesserung ihrer chirurgischen Fähigkeiten gezeigt haben, sobald sie an *Virtual-Reality*-Simulationen trainiert wurden (AGGARWAL, BLACK & HANCE u. a. 2006).

In der Veterinärmedizin wird ebenfalls von positiven Erfahrungen mit digitalen 3D-Modellen berichtet. Das von Tiermediziner:innen entwickelte interaktive und virtuelle Lernprogramm IVALA² wurde von den Studierenden der Ross University in Basseterre als ein sehr hilfreiches zusätzliches Lernwerkzeug eingestuft (LITTLE, DEZDROBITU & CONAN u. a. 2021). Andere veterinäranatomische Institute haben, teilweise auch vom Pandemiegeschehen motiviert, Datenbanken anatomischer 3D-Modelle verschiedener Spezies erstellt und diese den Studierenden über die Plattform Sketchfab³ zur Verfügung gestellt (BAHAR, ÖZDEMİR & KARAOĞLAN u. a. 2022; KOLENC, DOŠEN & JOLIĆ u. a. 2022). Dies betraf nicht nur die gängigen Haus- und Nutztiere wie etwa Hund, Katze, Pferd und Rind, sondern auch exotische Spezies (RÍOS, LORENTE & SÁNCHEZ u. a. 2022). Die oben genannten 3D-Modelle wurden auf der Grundlage von computer- und magnetresonanztomographischen Daten entwickelt. Zusätzlich wurden einige Modelle mithilfe von 3D-Scannern erstellt, von denen es mittlerweile verschiedene Modelle auf dem Markt gibt, entweder als Handscanner oder auch als feste Stationssysteme. Mittels spezieller, häufig mitgelieferter Software wird aus den

2 IVALA Software: ein interaktives, virtuelles veterinäranatomisches Programm, <https://www.ivalallearn.com> (27.1.2022).

3 Sketchfab ist eine Plattform zum Veröffentlichen, Teilen, Entdecken, Kaufen und Verkaufen von 3D-, VR- und AR-Inhalten, <https://sketchfab.com/feed> (27.1.2022).

gesammelten Scandaten ein digitales 3D-Modell erstellt. Für die weitere 3D-Rekonstruktion werden allerdings häufig auch Open-Source-Programme verwendet, wie zum Beispiel Blender⁴.

Am Institut für Anatomie, Histologie und Embryologie der veterinärmedizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und am Health Sciences Centre der School of Medicine des University College Dublin haben Forscher:innen auch schon mit verschiedenen Scannern gearbeitet. Ebenfalls motiviert durch die Restriktionen, die durch die Covid-19-Pandemie verursacht wurden, begannen die genannten Institutionen, Haustiere und Vögel als Scans zu digitalisieren. Dabei eröffnete sich ihnen das didaktische Potenzial der entstandenen 3D-Modelle. Zudem dienen die 3D-Modelle als Vorlagen für den 3D-Druck, welcher die Replikation von wertvollen Exemplaren ermöglichte. Des Weiteren konnten *Virtual-Reality* (VR)-Arbeitsstationen mit multiprojektierten Umgebungen für die Lehre etabliert werden. Durch diese VR wird eine reale Situation simuliert, in der sich der/die Benutzer:in in einer virtuellen Umgebung bewegen kann (REESE, JÄGER & Kölle u. a. 2022). Weitere Erfahrungen mit dem 3D-Druck wurden von Wissenschaftler:innen des Instituts für Anatomie, Histologie und Embryologie der LMU München gesammelt, die sich mit der Erstellung von gedruckten, anatomisch korrekten Schädeln und Unterkiefern des Hundes für den Einsatz in der anatomischen Lehre befasst haben (PETERS 2018). Diese stellten sich als sehr hilfreich heraus, da viele ältere Nativpräparate bereits Beschädigungen aufwiesen. Eine Arbeitsgruppe des Instituts für Anatomie, Histologie und Embryologie der veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Sarajevo scannte neuroanatomische Präparate von Gehirn und Rückenmark von Schafen und Rindern, druckte diese aus und verglich die Drucke mit echten Präparaten. Die Ergebnisse zeigten, dass die gedruckten Modelle als geeignete Alternative zu Formalinpräparaten in der veterinärmedizinischen Anatomie verwendet werden können (BEJDIĆ, HADŽIOMEROVIĆ & AVDIĆ u. a 2022).

Methodik der Digitalisierung

Für das Erstellen der 3D-Scans werden die Handscanner Artec Leo und Artec Space Spider (Artec 3D, hergestellt in Luxemburg) verwendet (Abb. 1). Diese Handscanner erfassen sowohl die Geometrie als auch die Oberflächentextur von Objekten. Die bislang digitalisierten anatomischen Strukturen stellen sich in der Detailauflösung, der Textur und der Geometrie überzeugend dar. Das Projektteam konnte mittlerweile schon Einzelknochen bestimmter Tierarten (Abb. 2), Wachsmodelle und Plastinate (Abb. 3) scannen.

Der Artec Leo ist für das Scannen von größeren Objekten, wie beispielsweise artikulierten Großtierskeletten, sehr gut geeignet. Dank eines Akkus kann er kabellos betrieben werden. Er besitzt eine eingebaute Festplatte und einen integrierten Bildschirm, auf dem man die Entstehung des



Abb. 1: Scannen eines Wachsmodells der Vordergliedmaße eines Rindes mit dem Artec Leo 3D-Scanner. Foto: Maximiliane Schmedding, FU Berlin



Abb. 2: Scan, aufgenommen mit dem Handscanner Artec Space Spider im März 2022, einer knöchernen distalen Gliedmaße des Pferdes. Das verwendete Original ist Teil der Lehrpräparatesammlung am Institut für Veterinär-Anatomie der Freien Universität Berlin



Abb. 3: Scan, aufgenommen mit dem Handscanner Artec Space Spider im März 2022, eines Plastinats der distalen Gliedmaße des Rindes. Das verwendete Original ist Teil der Lehrpräparatesammlung am Institut für Veterinär-Anatomie der Freien Universität Berlin

4 Kostenloses Open-Source-Programm für 3D-Design: <https://www.blender.org> (24.6.2022).

3D-Scans in Echtzeit verfolgen kann. Der Artec Space Spider hat eine etwas höhere Auflösung und Genauigkeit und eignet sich deswegen besonders für kleinere Objekte. Artec Space Spider hat einen Genauigkeitsbereich von 0,05 mm, während Artec Leo einen von 0,1 mm besitzt. Artec Space Spider verfügt im Gegensatz zum Artec Leo über keinen Akku, keine integrierte Festplatte und auch keinen Bildschirm. Daher muss er stets mit einem Stromkabel und, für die Erstellung der 3D-Scans, mit einem Computer verbunden sein.

Der Scanprozess verlief größtenteils reibungslos, allerdings zeigte sich, dass beide Scanner Probleme mit glänzenden, reflektierenden Oberflächen haben. Mithilfe von kommerziell erhältlichem Mattspray und Babypuder konnten die auftretenden Probleme deutlich verringert werden. Die Möglichkeit, beide Scanner miteinander zu kombinieren, stellte sich als vorteilhaft heraus. Beispielsweise bei großen Präparaten, wie einem Echtgröße-Wachmodell einer Rindergliedmaße, setzten wir in einem ersten Scan den Artec Leo ein. Anschließend wurde mittels Artec Space Spider ein zweiter Arbeitsschritt durchgeführt, bei dem besonders anspruchsvolle, detailreiche Areale nachgescannt wurden. Die zu den Scannern mitgelieferte Software Artec Studio 15⁵ bietet die schnelle Umwandlung von Scandaten in ein digitales 3D-Objekt. Das digitale 3D-Modell kann dann für weitere 3D-Modellierungen auch exportiert und, falls gewünscht, mit einem 3D-Drucker gedruckt werden.

Einsatz in der Lehre: unsere Lehrexperimente

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wollen wir zwei Studien durchführen, um zu ergründen, inwiefern sich durch die Verwendung der erstellten 3D-Scans und gedruckten 3D-Modelle eine Verbesserung des nachhaltigen Lernerfolgs herbeiführen und feststellen lässt. Für die erste Studie verwenden wir ausschließlich die 3D-Scans, während in der zweiten Studie hauptsächlich mit den gedruckten 3D-Modellen gearbeitet wird.

Bei der Auswertung unserer Ergebnisse wollen wir in erster Linie die 3D-Scans und die 3D-Modelle, welche die natürliche Farbe der anatomischen Präparate wiedergeben sollen, als zeit- und raumunabhängige Lernressource prüfen. Die Fragestellung lautet hierbei, inwiefern die gedruckten und die gescannten Strukturen hinsichtlich ihrer Detailtreue und anatomischen Korrektheit mit echten anatomischen Präparaten vergleichbar sind und ob mit diesen ein ähnlicher oder gar besserer Lernerfolg erzielt werden kann. Hierfür werden die Ergebnisse von Pre- und Post-Test mit-

5 Die Software Artec Studio 15 sorgt durch schnelle Messungen und Polygonnetzanalyse für die Echtzeitumwandlung von einzelnen Scans in ein digitales 3D-Objekt, <https://www.artec3d.com> (27.1.2022).

einander verglichen. Im Post-Test wird neben dem anatomischen Wissen auch ein allgemeiner Fragebogen eingesetzt, in dem die Studierenden uns anhand einer Likert-Skala⁶ eine Rückmeldung zu den 3D-Scans und 3D-Modellen geben können. Mit diesem Fragebogen möchten wir eine Akzeptanzanalyse durchführen, um herauszufinden, ob die Studierenden mit den jeweiligen Modellen zurechtgekommen sind und wie sie die Qualität der 3D-Scans und 3D-Modelle bewerten.

Aufbau der ersten Studie

Die erste Studie wird mit einer Kohorte von Studierenden der Veterinärmedizin, im dritten Fachsemester (etwa 180 Studierende), im Rahmen des praktischen Anatomiekurses an einem Kurstag (180 Minuten) durchgeführt. Die Studierenden werden in zwei Gruppen geteilt. Die erste Gruppe (Kontrollgruppe) erhält das anatomische Präparat und beschriftete zweidimensionale Abbildungen, die das Präparat aus verschiedenen Perspektiven zeigen. Der zweiten Gruppe (Testgruppe) wird zum anatomischen Präparat ein annotierter 3D-Scan des Präparats, der von jedem mobilen Endgerät mittels eines QR-Codes abrufbar ist, zur Verfügung gestellt. Die Annotationen werden exakt die gleichen auf der zweidimensionalen Abbildung und auf dem 3D-Scan sein. Die Studie zum Lernerfolg wird mit einem Pre-Test/Post-Test-Design durchgeführt.

Zu Beginn wird ein Pre-Test durchgeführt, der aus einem Wissenstest am anatomischen Präparat sowie einem Mental-Rotation-Test besteht. Das räumliche Verständnisvermögen wird als Modulator in der Studie betrachtet. Der Einfluss des dreidimensionalen Vorstellungsvermögens auf den jeweiligen Lernerfolg wird somit mitberücksichtigt. Im Post-Test erfolgen erneut der Wissenstest am anatomischen Präparat sowie eine Evaluierung des jeweiligen Lernmaterials durch die Studierenden. Die Wissenstests am anatomischen Präparat werden mittels einer „Objective Structured Practical Examination“ (OSPE) durchgeführt. Dabei werden die Studierenden am anatomischen Präparat dazu aufgefordert, bestimmte Strukturen in einem begrenzten Zeitraum aufzufinden. Dieser Test ist für alle Studierenden auf die gleiche Weise aufgebaut.

Aufbau der zweiten Studie

Die zweite Studie wird mit einer Kohorte von Studierenden der Veterinärmedizin (rund 180 Studierende) im Rahmen des praktischen Anatomiekurses an einem Kurstag (180 Minuten) durchgeführt. Die Studierenden werden in zwei Gruppen geteilt. Die erste Gruppe (Kontrollgruppe) erhält ein

6 Die Likert-Skala ist eine graduelle Antwortskala, auf der die Befragten ihre Einstellung zu einem bestimmten Thema angeben.



Abb. 4: Skelett von „Condé“, Leibreitpferd von Friedrich dem Großen, als ein Beispiel aus der Gurlt'schen Sammlung am Institut für Veterinär-Anatomie der Freien Universität Berlin. Seit 1995 an der FU Berlin. Es befindet sich am Eingang unseres Gebäudes in der Koserstraße 20. Foto: Rebecca Schirone, FU Berlin

anatomisches Präparat, die zweite Gruppe (Testgruppe) ein gedrucktes 3D-Modell des anatomischen Präparats. Als weiteres Lernmaterial werden beiden Gruppen, je nach Ergebnis der ersten Studie, beschriftete Abbildungen, die das Präparat aus verschiedenen Perspektiven zeigen, oder ein annotierter 3D-Scan des Präparats zur Verfügung gestellt. Die Studie zum Lernerfolg wird auch hier mit einem Pre-Test/Post-Test-Design durchgeführt.

Der Pre-Test besteht aus einem Wissenstest (OSPE) am anatomischen Präparat. Im Post-Test erfolgen erneut der Wissenstest (OSPE) am anatomischen Präparat sowie eine Evaluierung des jeweiligen Lernmaterials durch die Studierenden.

Ausblick

Die 3D-Scans, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes entstehen werden, sollen in eine Online-Datenbank integriert werden, zu der alle Studierenden des Fachbereichs kostenlosen Zugriff erhalten. Somit dienen die Scans nicht nur der Durchführung der Studie, sondern sind Teile eines verstetigten innovativen Bausteins der hauseigenen Lehre.

Die Online-Datenbank soll dabei nach und nach erweitert werden und in naher Zukunft auch über eine Lernapplikation verfügen, die animierte 3D-Scans enthält. Der weitere große Mehrwert unserer Studie ist die Digitalisierung der Gurlt'schen (Abb. 4) und Ziegler'schen Sammlung unseres Institutes. Diese zwei medizinhistorischen Sammlungen würden somit nicht nur den Studierenden als Lehrobjekt zur Verfügung stehen, sondern in Form einer Online-Plattform auf unserer Webseite auch einer breiteren Öffentlichkeit.

Für die zweite Studie werden die digitalen 3D-Scans für die 3D-Modellierung exportiert und mit einem 3D-Drucker gedruckt. Wir werden für den 3D-Druck auf ein relativ neues und innovatives Druckverfahren zurückgreifen. Beim sogenannten Multi-Material-Printing besitzen die Drucker im Gegensatz zu herkömmlichen Geräten mehrere Düsen, die verschiedene Arten von Materialien simultan verarbeiten können. Diese können weich, hart, transparent, besonders widerstandsfähig oder sogar biokompatibel sein. Dies ermöglicht uns die Herstellung komplexerer Organe und Strukturen, die sowohl aus harten Materialien wie Knochen als auch aus weicherem Material wie etwa Muskeln bestehen.

Danksagung

Besonders bedanken wir uns bei Maximiliane Schmedding und Joëlle Pachtmann für die Unterstützung bei der Herstellung der 3D-Scans sowie bei den Organisator:innen und Teilnehmer:innen des Jungen Forums 2021 an der FAU Erlangen-Nürnberg für den Workshop und die sehr inspirierenden Gespräche.

Literatur

AGGARWAL, R.; BLACK, S. A.; HANCE, J. R.; DARZI, A.; CHESHIRE, N. J. 2006. Virtual reality simulation training can improve inexperienced surgeons' endovascular skills. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 31: 588–593

AZIZ, M. A.; MCKENZIE, J. C.; WILSON, J. S.; COWIE, R. J.; AYENI, S. A.; DUNN, B. K. 2002. The human cadaver in the age of biomedical informatics. *The Anatomical Record* 269: 20–32

BAHAR, S.; ÖZDEMİR, V.; KARAOĞLAN, İ.; NAYMAN, A.; KARAOĞLU, N.; AYDOĞDU, S.; TURGUT, N. 2022. 3D Veterinary Osteology Interactive-Comparative: A new tool for veterinary anatomy education. In: *Anatomia Histologia Embryologia*. Special Issue: *Proceedings of the 33rd Virtual Conference of the European Association of Veterinary Anatomists, 28th–30th July 2021*, Wiley Online Library, 51 (S1), 6

BEJDIĆ, P.; HADŽIOMEROVIĆ, N.; AVDIĆ, R.; TANDIR, F.; RIZVANOVIĆ, A. 2022. Evaluation of use of 3D printed neuroanatomical models as alternatives in veterinary medicine education. In: *Anatomia Histologia Embryologia*. Special Issue: *Proceedings of the 33rd Virtual Conference of the European Association of Veterinary Anatomists, 28th–30th July 2021*, Wiley Online Library, 51 (S1), 8

BÖCKERS, A.; JERG-BRETZKE, L.; LAMP, C.; BRINKMANN, A.; TRAU, H. C.; BÖCKERS, T. M. 2010. The gross anatomy course: An analysis of its importance. *Anatomical Sciences Education* 3: 3–11

CHOI, Y. F.; WONG, T. W. 2019. High-fidelity simulation training programme for final-year medical students: implications from the perceived learning outcomes. *Hong Kong Medical Journal* 25, 5: 392–398

ELIZONDO-OMAÑA, R. E.; MORALES-CÓMEZ, J. A.; GUZMÁN, S. L.; HERNÁNDEZ, I. L.; IBARRA, R. P.; VILCHEZ, F. C. 2004. Traditional teaching supported by computer-assisted learning for macroscopic anatomy. *The Anatomical Record* 278B: 18–22

KOLENC, M.; DOŠEN, S.; JOLIĆ, M.; MARIĆ, M.; PETNEHAZY, Ö.; GOMERČIĆ, T.; KORPES, K.; TRBOJEVIĆ VUKIĆEVIĆ, T.; ĐURAS, M. 2022. *Continuous development and implementation of digital 3D anatomy models at Faculty of Veterinary Medicine, Zagreb*. In: *Anatomia Histologia Embryologia*. Special Issue: *Proceedings of the 33rd Virtual Conference of the European Association of Veterinary Anatomists, 28th–30th July 2021*, Wiley Online Library, 51 (S1): 36

LITTLE, W. B.; DEZDROBITU, C.; CONAN, A.; ARTEMIU, E. 2021. Is Augmented Reality the New Way for Teaching and Learning Veterinary Cardiac Anatomy? *Medical Science Educator* 3: 723–732

OLDER J. 2004. Anatomy: A must for teaching the next generation. *Surgeon* 2: 79–90

PETERS, H. 2018. *Erstellung von dreidimensional gedruckten, anatomisch korrekten Schädeln und Unterkiefern von Canis familiaris für den Einsatz in der anatomischen Lehre*. Dissertation, LMU München: Tierärztliche Fakultät

PETERSON, D. C.; MLYNARCZYK, G. S. 2016. Analysis of traditional versus three-dimensional augmented curriculum on anatomical learning outcome measures. *American Association of Anatomists* 9: 529–536

PLENDL, J.; WEIGNER, J.; RIEGER, J.; BUDRAS, K. D. 2018. BERLIN: The Veterinary Collection of the Institute of Veterinary Anatomy, Department of Veterinary Medicine, Freie Universität Berlin. In: BECK, L. A. (Hg.). *Zoological Collections of Germany. The Animal Kingdom in its Amazing Plenty at Museums and Universities*. Cham: Springer International Publishing, 141–151

PREECE, D.; WILLIAMS, S. B.; LAM, R.; WELLER, R. 2013. „Let's get physical“: Advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy. *Anatomical Sciences Education* 6, 4: 216–224

REESE, S.; JÄGER, T.; KÖLLE, S.; MAIERL, J. 2022. *3D Scanning: a valuable tool for the creation of virtual reality in anatomy learning*. In: *Anatomia Histologia Embryologia*. Special Issue: *Proceedings of the 33rd Virtual Conference of the European Association of Veterinary Anatomists, 28th–30th July 2021*, Wiley Online Library, 51 (S1), 48

RÍOS, D. R.; LORENTE, A. O.; SÁNCHEZ, M. L.; FRANCISCO, D. C.; GARCÍA, M. I. G.; CARRILLO, N. G.; ESPINOSA, A. A.; KILROY, D.; FLORENCIANO, M. D. A.; ZARZOSA, G. R. 2022. Are anatomical 3D printing models a didactic tool for students? In: *Anatomia Histologia Embryologia*. *Proceedings of the 33rd Virtual Conference of the European Association*

of *Veterinary Anatomists*, 28th–30th July 2021, Wiley Online Library, 51 (S1), 63

SUGAND, K.; ABRAHAMS, P.; KHURANA, A. 2010. The anatomy of anatomy: A review for its modernization. *Anatomical Sciences Education* 3: 83–93

WAINMAN, B.; WOLAK, L.; PUKAS, G.; ZHENG, E.; NORMAN, G. R. 2018. The superiority of three-dimensional physical models to two-dimensional computer presentations in anatomy learning. *Medical Education* 52, 11: 1138–1146.

Zu den Autoren

Rebecca Schirone studierte von April 2016 bis März 2021 Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin. Seit Mai 2021 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Veterinär-Anatomie der Freien Universität Berlin, wo sie in Forschung und Lehre tätig ist.

Mahtab Bahramsoltani ist Fachtierärztin für Anatomie, hat einen BSc in Psychologie und ist Professorin für Veterinär-Anatomie am Institut für Veterinär-Anatomie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der veterinärmedizinischen Lehr- und Lernforschung.

Giuliano Mario Corte ist Fachtierarzt für Anatomie und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Veterinär-Anatomie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin. Er ist Betreuer von Frau Schirones Dissertationsvorhaben.

Kontakt

Rebecca Schirone med. vet.

Freie Universität Berlin, Institut für Veterinär-Anatomie
Koserstraße 20, 14195 Berlin
rebecca.schirone[at]fu-berlin.de

Univ.-Prof. Dr. Mahtab Bahramsoltani

Freie Universität Berlin, Institut für Veterinär-Anatomie
Koserstraße 20, 14195 Berlin
mahtab.bahramsoltani[at]fu-berlin.de

Dr. Giuliano Mario Corte

Freie Universität Berlin, Institut für Veterinär-Anatomie
Koserstraße 20, 14195 Berlin
giuliano.corte[at]fu-berlin.de