

Kompetenzbasierte radiologische Lehre – Implementierung und Evaluation von interaktivem Unterricht an Workstations zur Vermittlung von NKLM- basierten Inhalten

Competency-Based Teaching in Radiology – Implementation and Evaluation of Interactive Workstation-Based Learning to Apply NKLM-Based Content

Autoren

Wolfgang Koestner¹, Wiebke Otten², Till Kaireit¹, Frank K Wacker¹, Sabine Dettmer¹

Institut

- 1 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hannover Medical School, Hannover, Germany
- 2 Department of Diagnostic and Interventional Neuroradiology, Hannover Medical School, Hannover, Germany

Key words

medical education, radiological teaching, curriculum, competency-based learning, national competency-based catalogue of learning objectives for undergraduate medical education, dicom viewer

eingereicht 29.01.2017

akzeptiert 24.06.2017

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-117888>

Online-Publikation: 21.9.2017

Fortschr Röntgenstr 2017; 189: 1076–1085

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York

ISSN 1438-9029

Korrespondenzadresse

Herr Dr. Wolfgang Koestner

Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie,
Medizinische Hochschule Hannover, Carl-Neuberg-Straße 1,
30625 Hannover, Germany

Tel.: ++49/5 11/5 32 34 21

Fax: ++49/5 11/5 32 94 21

koestner.wolfgang@mh-hannover.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel Für die Umsetzung kompetenzbasierter Lehre in der Radiologie sind neuartige Lehrformate erforderlich. Wir haben im Rahmen eines Modellstudiengangs zwei praktische kompetenzbasierte Kurse eingeführt und evaluiert.

Material und Methoden Der interaktive Unterricht fand in einem mit 25 Computern ausgestatteten Multimediaraum statt. Die Studierenden nutzten eine professionelle Befundungssoftware (BS), erlernten Grundlagen der radiologischen Bildanalyse und präsentierten unter Anleitung eines Dozenten radiologische Fälle vor der Gruppe mittels Desktop-Monitoring-Software. Die Evaluation der Kurse (Wahlkurs, WK und Pflichtkurs, PK) erfolgte mittels anonymisierter Onlineumfrage der Studierenden (n = 160 und n = 100) und Dozenten (n = 9).

Ergebnisse Beide Kurse wurden von Studierenden und Dozenten positiv bewertet. Aus Studierendensicht habe sich das Verständnis von Schnittbildanatomie (WK/PK: 97%/95%) und radiologischen Befunden (97%/98%) verbessert, das Interesse am Fach Radiologie sei geweckt worden (61%/65%) und der Kurs wurde als relevant für die zukünftige Tätigkeit eingeschätzt (PK: 92%). Insbesondere die gesteigerte Interaktion zwischen Studierenden und Dozent und die Möglichkeit der eigenständigen Bildbetrachtung und Bilddemonstration wurden positiv hervorgehoben. Die Mehrheit der Dozenten sah keine vermehrte Ablenkbarkeit durch die Computer (67%) und keine schlechtere Vorbereitung auf IMPP-Prüfungen (56%). Allerdings gaben 56% der Dozenten einen erhöhten Vorbereitungsaufwand an.

Schlussfolgerung Praktische radiologische Lehre mittels BS ist ein innovativer Ansatz mit hoher Akzeptanz bei den Studierenden und Dozenten und guter praktischer Durchführbarkeit. Dabei werden die im Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) und im Modell-Curriculum der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) geforderten Handlungskompetenzen gefördert.

Kernaussagen

- Praktischer kompetenzbasierter Radiologieunterricht hat bei Studierenden und Dozenten eine hohe Akzeptanz.
- Aus Studierendensicht verbessert sich das Verständnis für Schnittbildanatomie und radiologische Befunde.
- Interaktiver Unterricht mit Befundungssoftware fördert die im NKLM geforderten Handlungskompetenzen.

Zitierweise

- Koestner W, Otten W, Kaireit T et al. Competency-Based Teaching in Radiology – Implementation and Evaluation of Interactive Workstation-Based Learning to Apply NKLM-Based Content. *Fortschr Röntgenstr* 2017; 189: 1076–1085

ABSTRACT

Purpose New teaching formats are required to implement competency-based teaching in radiology teaching. Therefore, we have established and evaluated two practical competency-based radiological courses.

Materials and Methods The courses were held in a multimedia room with 25 computers and a professional DICOM viewer. Students were taught basic image analysis and presented clinical cases with a DICOM viewer under supervision of an instructor using desktop monitoring software. Two courses (elective course and obligatory course) were evaluated by the students (n = 160 and n = 100) and instructors (n = 9) using an anonymized online survey.

Results Courses were evaluated positively by the students and instructors. From the perspective of the students, the courses increased understanding of cross-sectional anatomy (elective/obligatory course: 97%/95%) and radiologic findings (97%/99%). Furthermore, the course increased the students' interest in radiology (61%/65%). The students considered this way of teaching to be relevant to their future occupation (92% of students in the obligatory course). The higher incidence of teacher-student interaction and the possibility of independent image analysis were rated positively. The majority of instructors did not observe increased distractibility due to the computers (67%) or notice worse preparation for MC tests (56%). However, 56% of instructors reported greater preparation effort.

Conclusion Practical competency-based radiological teaching using a DICOM viewer is a feasible innovative approach with high acceptance among students and instructors. It fosters competency-based learning as proposed by the model curriculum of the German Radiological Society (DRG) and the National Competency-based Catalogue of Learning Objectives for Undergraduate Medical Education (NKLM).

Einleitung

Das Medizinstudium hat sich im letzten Jahrhundert stark gewandelt. Nach der Implementierung der wissenschaftlichen Grundlagenfächer in die medizinischen Curricula Anfang des 20. Jahrhunderts folgten Mitte des 20. Jahrhunderts das problemorientierte Lernen sowie die integrative Lehre, bei der die Trennung zwischen Grundlagenfächern und klinischen Fächern weitestgehend aufgehoben wurde [1]. Die aktuellste Reform legt den Fokus auf kompetenzbasiertes Lernen. Der dazu im Juni 2015 veröffentlichte Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin (NKLM) definiert unterschiedliche Kompetenzen, die den Medizinstudierenden vermittelt werden sollen [2]. Nach Weinert sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ [3]. Die „Lerntiefe“ wird dabei durch die Kompetenzebenen (KE) gekennzeichnet. Im NKLM werden drei verschiedene Ebenen unterschieden, die aufeinander aufbauen (► **Abb. 1**). Dabei setzt das Erreichen einer Handlungskompetenz (KE 3) den Erwerb von Faktenwissen (KE 1) bzw. Handlungs- und Begründungswissen (KE 2) voraus.

Um die Empfehlungen zu kompetenzbasierter Lehre des NKLM in die radiologische Lehre zu implementieren, wurden von der European Society of Radiology (ESR) und von der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) Modell-Curricula entwickelt [4, 5]. In welcher Form diese Änderungen im Alltag umgesetzt werden können, ist jedoch noch nicht klar.

Folienbasierte Vorlesungen haben sich für die Vermittlung vieler Lehrinhalte bewährt, stoßen aber an Grenzen, wenn Kompe-

tenzen der KE 2 oder 3 vermittelt werden sollen. Es fehlen die aktive Beteiligung der Studierenden und das praktische Training. Ein solcher praktischer Unterricht ist in Fächern wie Anatomie oder Pathologie seit Langem ein fester Bestandteil der Lehre. Mit der zunehmenden Digitalisierung sind heute auch in der Radiologie die technischen Voraussetzungen für einen praktischen Unterricht gegeben. Es liegt daher nahe, radiologische Befundungssoftware (BS) in die Lehre zu integrieren und diese damit praktischer zu gestalten. Bisher ist diese Form der studentischen Lehre nicht verbreitet, und es wurde nur in wenigen Studien davon berichtet [6–12].

Wir haben zwei interaktive kompetenzbasierte Radiologiekurse etabliert, in denen die Studierenden an Computern mit radiologischer BS unter Anleitung durch einen Dozenten eigenständig radiologische Untersuchungen systematisch betrachten, beurteilen und präsentieren.

Ziel dieser Studie war es, die neu etablierten Kurse bezüglich der praktischen Umsetzbarkeit, der Akzeptanz bei den Studierenden und den Dozenten und der Umsetzung der im Modell-Curriculum der DRG und im NKLM geforderten kompetenzbasierten Lehre zu evaluieren.

Material und Methoden

Die beiden evaluierten Kurse wurden im Rahmen des Modellstudiengangs Hannibal (Hannoveraner integrierter, berufsorientierter und adaptiver Lehrplan) der Medizinischen Hochschule Hannover durchgeführt. Ab dem Studienjahr 2015/16 wurde ein Wahlkurs (WK) eingerichtet, der an die reguläre radiologische Vorlesung im 5. Studienjahr angegliedert wurde. Die Gruppengröße betrug im Durchschnitt ca. 20 Studierende pro Kurs. Der Kurs umfasst jeweils 90 Minuten an drei Terminen pro Tertial. Aufgrund der gu-

Kompetenzebenen (NKLM)

1. **Faktenwissen**

2. **Handlungs- und Begründungswissen**

3. **Handlungskompetenz**

3a. **unter Anleitung durchführen und demonstrieren**

3b. **selbstständig situationsadäquat und in Kenntnis der Konsequenzen durchführen**

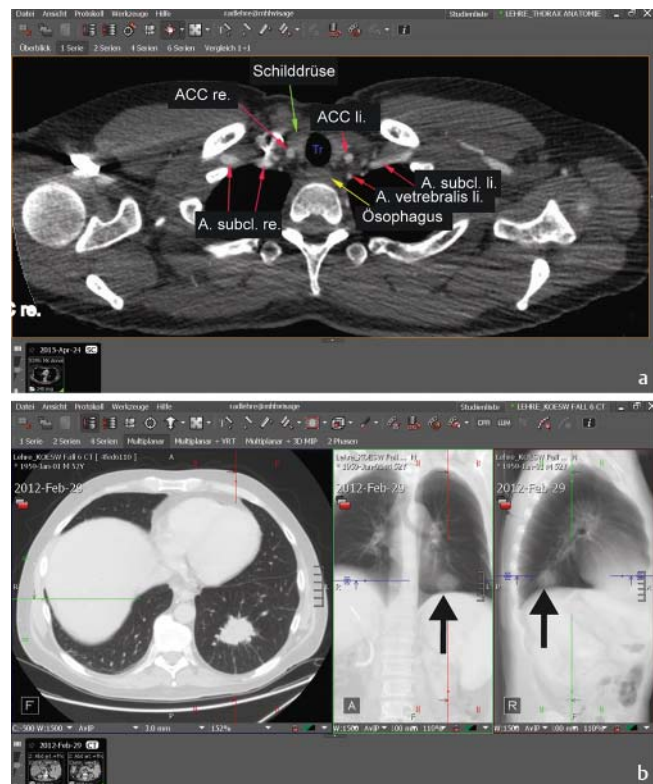
► **Abb. 1** Kompetenzebenen nach NKLM.

ten Erfahrungen wurde dieser Kurs ab dem Studienjahr 2016/17 als reguläre Lehrveranstaltung fest in das Curriculum integriert und zusätzlich im 4. Studienjahr ein Pflichtkurs (PK) für alle Studierenden eingerichtet. Dabei beträgt die Gruppengröße 25 Studierende pro Kurs an zwei Terminen von je 180 Minuten. Beide Kurse werden in einem mit 25 PCs ausgestatteten Multimedia-Raum durchgeführt (► **Abb. 2**). Die von uns verwendete serverbasierte radiologische BS (Visage Imaging®, Pro Medicus Limited, Richmond, Australia) wird auch in der klinischen Routine eingesetzt. Sie ermöglicht es, alle einem klinisch tätigen Radiologen zur Verfügung stehenden Techniken wie z. B. interaktive multiplanare Reformation, Längenmessungen, Messungen der Hounsfield-Einheiten und Maximum/Minimum-Intensity-Projektionen einzusetzen (► **Abb. 3**). Mit einem speziellen Login haben die Studierenden nur zu den anonymisierten Lehrfällen und nicht zum gesamten PACS Zugang. Die Überführung von Fällen in diesen beschränkten Lehrbereich und die Anonymisierung erfolgten direkt mit der BS. Da es sich um eine Server-Client-Lösung handelt, sind umständliche Transfers oder Importe der Fälle nicht notwendig. Neben den pathologischen Fällen wurden beschriftete Lehrfälle für die Darstellung der normalen Anatomie verwendet (► **Abb. 3a**). Während des Kurses war es durch eine Desktop-Monitoring-Software (Netop Vision®, Netop, Birkerød, Dänemark) möglich, den jeweiligen PC eines Studierenden über einen Beamer für alle sichtbar zu projizieren und so den Fall gemeinsam in der Gruppe zu diskutieren.

Im WK wurden projektionsradiografische Bilder und/oder CT-Untersuchungen von Schädel, Thorax, Abdomen und Skelett, im PK CT-Untersuchungen des Thorax und des Abdomens mittels BS



► **Abb. 2** Der Kurs wurde in einem mit 25 PCs ausgestatteten Multimedia-Raum durchgeführt.



► **Abb. 3** Oberfläche der eingesetzten BS Visage Imaging® **a** Beschriftete Normalanatomie eines CT Thorax. **b** Multiplanare Reformation zur Darstellung eines „virtuellen“ Röntgenthorax. Links: axiale Darstellung eines Bronchialkarzinoms im linken Unterlappen (3 mm Schichtdicke). Coronale (mittleres Bild) und sagittale (rechtes Bild) Reformationen (100 mm Schichtdicke). Die Pfeile zeigen den Befund eines Bronchialkarzinoms im linken Unterlappen.

erarbeitet. Um das Prinzip des praktischen kompetenzbasierten Unterrichts darzustellen, wurde eine exemplarische Auswahl behandelter Themen mit den entsprechenden KE und den Lernzielen von Modell-Curriculum und NKLM in ► **Tab. 1** zusammengestellt. Pro Kurs wurden 5 bis 8 Fälle (WK) und 5 bis 6 Fälle (PK) interaktiv mit BS und Desktop-Monitoring-Software von den Stu-

► **Tab. 1** Ausgewählte Themen des praktischen kompetenzbasierten radiologischen Unterrichts mit Verweis zu den Lernzielen des Modell-Curriculums Radiologie der DRG und des NKLM.

Themen	PS	BS	DMS	KE	Lernziele DRG-Curriculum	Lernziele NKLM
Anatomie Thorax:						
▪ Röntgen Thorax Anatomie	x	–	–	1	R-1.2 – Tiefgreifende Kenntnis der normalen Anatomie verschiedener Organe und Strukturen in Röntgenaufnahmen – Kenntnis der normalen Schnittbildanatomie in der CT- Sichere Abgrenzung der normalen anatomischen Strukturen in Röntgen und CT R-2.2 – Kenntnis der normalen Anatomie des Herzens und der Gefäße in Röntgenuntersuchungen und CT – Sichere Abgrenzung der normalen anatomischen Strukturen im Röntgenbild des Thorax R-2.3 – Kenntnis der normalen Anatomie von Atemwegen und Lunge, Herz, großen Gefäßen, Mediastinum und Thoraxwand auf Röntgenuntersuchungen des Thorax und in der CT – Abgrenzung der folgenden Strukturen auf posterior-anterioren (p. a.) und seitlichen Röntgenuntersuchungen des Thorax: Fissuren und lobäre Begrenzungen der Lunge, Trachea, Hauptbronchien, Vorhöfe und Kammern des rechten und linken Herzens, Lungenarterien, Aorta, mediastinale Anteile und Zwerchfell	15.4.1.6 – die Absolventin und der Absolvent können relevante anatomische Strukturen in Röntgenaufnahmen erkennen und benennen (Lungenlappen und -grenzen, Trachea und Carina, Herz mit grenzdefinierenden Strukturen, Pulmonalarterien, Aorta, V. cava sup., V. azygos, Wirbelsäule, Rippen, Claviculae, Scapulae, Humeri, Sternum, Recessus) 15.4.1.10 – die Absolventin und der Absolvent können relevante anatomische Strukturen in computertomografischen Schnittbildern erkennen und benennen.
▪ Systematische Befundung Thorax	x	–	–	1		
▪ Funktionsweise BS	–	x	–	1, 2		
▪ Normalanatomie CT-Thorax	–	x	–	1, 2		
▪ Fenstereinstellungen im CT	x	x	–	1, 2		
▪ multiplanare Reformationen	–	x	–	1, 2		
Aortendissektion						
▪ Klinik	x	–	–	1	R-1.3 – Verständnis der Akquisitionszeiten nach Bolusgabe von Kontrastmittel und ihrer Relevanz für die jeweilige Fragestellung – Erkennen, ob eine CT-Untersuchung kontrastverstärkt ist oder nicht R-2.2 – Kenntnis der normalen Maße der Aorta und der Klassifikation von Aortenaneurysmen und -dissektionen	15.4.1.7 – die Absolventin und der Absolvent können relevante pathologische Veränderungen in Röntgenaufnahmen erkennen und beschreiben (Mediastinalverbreiterung) 15.4.1.11 – die Absolventin und der Absolvent können relevante pathologische Veränderungen in computertomografischen Schnittbildern erkennen und beschreiben (Aortendissektion,)
▪ Pathogenese	x	–	–	1		
▪ Einteilung Aortendissektionen	x	–	–	1		
▪ Darstellung im Röntgen	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ Darstellung im CT	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ Kontrastmittelphasen im CT	x	x	x	1, 2, 3a		
▪ Therapieoptionen	x	–	–	1		

► Tab. 1 (Fortsetzung)

Themen	PS	BS	DMS	KE	Lernziele DRG-Curriculum	Lernziele NKLM
Mediastinale Tumoren					R-1.2 – Verständnis der Hounsfield Einheiten und ihrer Skalierung – Kenntnis der normalen Schwächungswerte in Hounsfield Einheiten für wichtige Gewebe und Pathologien – Messung der Hounsfield Einheiten in der CT und Erkennen der entsprechenden Gewebeeigenschaften R-2.3 – Kenntnis der Darstellung unterschiedlicher mediastinaler Raumforderungen in Röntgenuntersuchungen des Thorax und in der CT	15.4.1.7 – die Absolventin und der Absolvent können relevante pathologische Veränderungen in Röntgenaufnahmen erkennen und beschreiben (Mediastinalverbreiterung) 15.4.1.11 – die Absolventin und der Absolvent können relevante pathologische Veränderungen in computertomografischen Schnittbildern erkennen und beschreiben (mediastinale Lymphknoten)
▪ Röntgen Thorax Thymom	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ CT Thymom mit Messung der Hounsfield Einheiten	x	x	x	1, 2, 3a		
▪ CT Bronchogene Zyste mit Messung der Hounsfield Einheiten	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ Röntgen Thorax med. Lymphom	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ CT med. Lymphom	–	x	x	1, 2, 3a		
▪ Differentialdiagnose mediastinaler Tumoren	x	–	–	1		
Intrazerebrale Blutungen					R-2.9 – Verständnis der typischen radiologischen Veränderungen beim hämorrhagischen Schlaganfall in der CT – Erkennen und Differenzieren der unterschiedlichen Arten der intrakraniellen Blutung im CT	15.4.1.11 – die Absolventin und der Absolvent können relevante pathologische Veränderungen in computertomografischen Schnittbildern erkennen und beschreiben (EDH, SDH, SAB, ICB im CT differenzieren)
▪ Einteilung der intrazerebralen Blutungen	x	-	-	1		
▪ Stammganglienblutung CCT	-	x	x	1, 2, 3a		
▪ Pathogenese und Klinik	x	-	-	1		
▪ subdurale Blutung CCT	-	x	x	1, 2, 3a		
▪ Pathogenese und Klinik	x	-	-	1		
▪ epidurale Blutung CCT	-	x	x	1, 2, 3a		
▪ Pathogenese und Klinik	x	-	-	1		
▪ Subarachnoidale Blutung CCT	-	x	x	1, 2, 3a		
▪ Pathogenese und Klinik	x	-	-	1		

PS Präsentationssoftware (PowerPoint), BS Befundungssoftware (Visage Imaging®), KE Kompetenzebene nach NKLM, DMS Desktop-Monitoring-Software.

dierenden bearbeitet. Das Verhältnis von Frontalunterricht zu praktischem Unterricht betrug ca. 1 : 1. Exemplarisch soll am Beispiel des Röntgen-Thorax erläutert werden, wie vorgegangen wurde: Initial wurden mittels PowerPoint Grundlagen zur Aufnahmetechnik sowie zur systematischen Befundung eines Röntgenthorax vermittelt (► **Tab. 1**, KE 1). Es folgte eine kurze Einführung in die BS mit Vermittlung grundlegender Funktionen (► **Tab. 1**, KE 2). Zum Erlernen der Schnittbildanatomie betrachteten die Studierenden eigenständig mit BS ein Thorax-CT, in dem die anatomischen Strukturen beschriftet waren (► **Tab. 1**, KE 2, ► **Abb. 3a**). In der anschließenden Demonstration pathologischer Fälle wendeten die Studierenden die erlernte Befundungssystematik an und demonstrierten mit BS auffällige Befunde im Röntgenthorax. Dabei präsentierte jeweils ein Studierender den Fall über die Desktop-Monitoring-Software der Gruppe (► **Tab. 1**, KE 3a). Mit Hilfe des Dozenten erfolgte direkt im Rahmen der Falldemonstration die Evaluation von Differenzialdiagnosen und letztlich die Diagnosestellung. Anschließend präsentierte der Studierende das korrespondierende CT (► **Tab. 1**, KE 3a) und wendete vorher vermittelte Fertigkeiten wie die Messung von Hounsfield-Einheiten praktisch an (► **Tab. 1**, KE 3a). Um das Prinzip der Projektionsradiografie besser verstehen zu können, wurden zusätzlich von allen Studierenden koronare und sagittale Reformationen durchgeführt, um „virtuelle“ Röntgenbilder aus dem CT zu erzeugen (► **Tab. 1**, KE 2, ► **Abb. 3b**). Im Anschluss an die gemeinsame Erarbeitung der Fälle vermittelte der Dozent mittels PowerPoint weitere theoretische Lerninhalte zum Krankheitsbild (► **Tab. 1**, KE 1).

Unmittelbar nach den Kursen wurde eine anonyme Onlineevaluation durchgeführt (SurveyMonkey®, Dublin, Irland). Auf einer Skala von 1 bis 6 konnten die Studierenden angeben, wie gut ihnen der Kurs insgesamt gefallen habe. Ferner wurde auf einer Skala von 1 bis 5 abgefragt, wie praktikabel der Umgang mit der BS gewesen sei, ob der Kurs zur Verbesserung der Schnittbildanatomie und radiologischer Befunde beigetragen habe, ob die Kombination aus BS und Frontalunterricht der alleinigen Lehre mittels PowerPoint überlegen gewesen sei und ob das Interesse am Fach Radiologie durch den Kurs geweckt worden sei. Außerdem konnten die Studierenden Freitextkommentare zum Kurs geben und Anregungen und Kritik äußern. Im WK wurde zusätzlich gefragt, ob das Einrichten eines neuen praktischen und kompetenzbasierten Kurses zu befürworten sei, und im PK, ob der Kurs als relevant für die zukünftige Tätigkeit erachtet wurde.

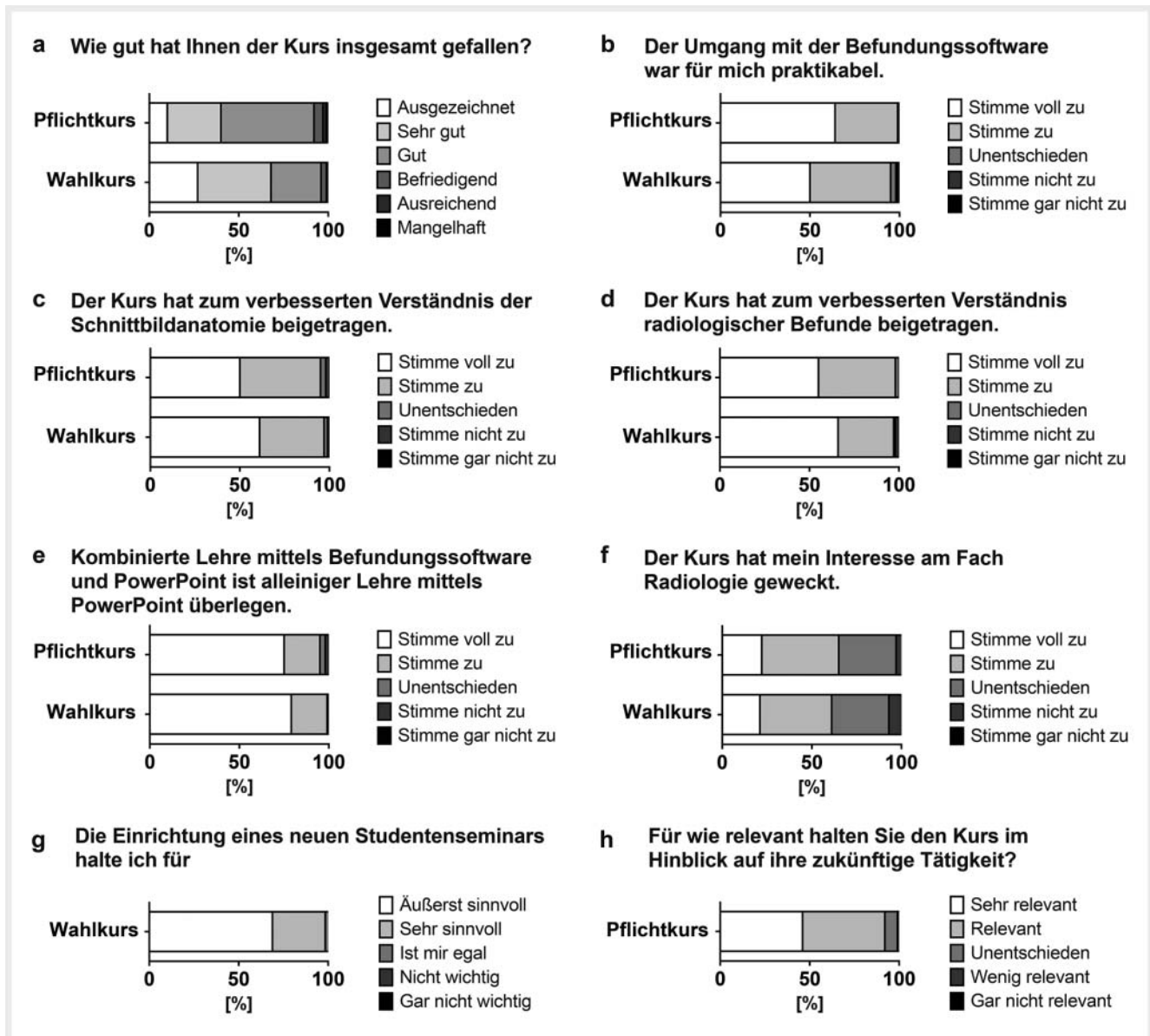
Die Evaluation durch die beteiligten Dozenten erfolgte retrospektiv mittels Onlineumfrage (SurveyMonkey®). Die Gesamtbewertung des Kurses erfolgte analog zur Befragung der Studierenden auf einer Skala von 1 bis 6. Des Weiteren sollten die Dozenten auf einer Skala von 1 bis 5 angeben, wie sehr mögliche Vor- und Nachteile des praktischen kompetenzbasierten Unterrichts für sie zuträfen. Als Vorteile wurden eine verbesserte Interaktion, ein besserer Umgang mit der BS und mit Schnittbildern, ein besseres Verständnis radiologischer Befunde, ein besseres Verständnis für Lerninhalte, ein erhöhter Lernerfolg durch aktive Mitarbeit und gesteigerte Motivation der Studierenden, als Nachteile eine aufwendigere Vorbereitung, eine unzureichende Zeit für theoretische Inhalte, eine zu große Ablenkung durch die Computer, eine schlechtere Vorbereitung auf die IMPP-Prüfung sowie eine schlechtere Vermittlung strukturierter Inhalte abgefragt. Ferner

sollte der Umgang mit der BS in der Lehre auf einer Skala von 1 bis 5 bewertet werden.

Ergebnisse

An der Umfrage nahmen insgesamt 260 Studierende teil, 160 Studierende im WK und 100 Studierende im PK. Da die Anwesenheit nur im PK dokumentiert wurde, konnte nur hier der Rücklauf bestimmt werden, dieser betrug 86 %. Die Gesamtwertung der Kurse fiel positiv aus: der WK bzw. der PK wurde von 27 % bzw. 10 % als ausgezeichnet, von 41 % bzw. 30 % als sehr gut und von 28 % bzw. 52 % als gut bewertet (► **Abb. 4a**). 94 % (WK) und 99 % (PK) der Studierenden gaben an, dass der Umgang mit der BS im Rahmen des Kurses für sie praktikabel gewesen sei (► **Abb. 4b**). Fast alle Studierenden waren der Meinung, dass der Kurs das Verständnis für Schnittbildanatomie (97 % im WK, 95 % im PK) und radiologische Befunde (97 % im WK, 98 % im PK) verbessert habe (► **Abb. 4c, d**). Kombinierte Lehre aus PowerPoint und BS sei alleiniger Lehre mittels PowerPoint überlegen (98 % im WK und 95 % im PK, ► **Abb. 4e**). 61 % der Studierenden im WK und 65 % der Studierenden im PK gaben an, dass ihr Interesse am Fach Radiologie durch den Kurs geweckt worden sei, wohingegen 32 % in beiden Kursen in diesem Punkt unentschieden waren (► **Abb. 4f**). Die Einrichtung eines praktischen kompetenzbasierten Radiologiekurses mit BS hielten 98 % der Studierenden im WK für äußerst oder sehr sinnvoll (► **Abb. 4g**). 92 % der Studierenden im PK hielten den Kurs für sehr relevant oder relevant für ihre zukünftige Tätigkeit (► **Abb. 4h**). In den Freitextkommentaren wurden die Interaktion mit dem Dozenten, das eigenständige Betrachten und das Vorstellen der Fälle als positiv hervorgehoben. Verbesserungsvorschläge betrafen mehr Zeit in die Einführung des Programms, eine größere Zahl von Fällen und die Möglichkeit der eigenständigen Vor- und Nachbearbeitung der Fälle an geeigneten Computearbeitsplätzen.

An der Dozentenumfrage nahmen 9 Dozenten teil (Rücklaufquote 75 %). Auch aus Sicht der Dozenten wurde der kompetenzbasierte Radiologieunterricht mittels BS positiv bewertet, 44 % bewerteten ihn als ausgezeichnet, 33 % als sehr gut und 23 % als gut (► **Abb. 5a**). Die Mehrzahl der Dozenten (89 %) gab an, dass der Umgang mit der BS im Rahmen des Kurses für sie praktikabel gewesen sei, ein Dozent (11 %) stimmte dem nicht zu, wobei er dies vor allem mit einmaligen und vorübergehenden technischen Schwierigkeiten (Netzwerkausfall) begründete (► **Abb. 5b**). Als Vorteile des Befundtrainings nannten die Dozenten insbesondere die Interaktion mit den Studierenden (100 %) und das bessere Verständnis von radiologischen Befunden (89 %) (► **Abb. 5c**). Der Redeanteil der Dozenten im Rahmen des Kurses wurde mit etwa 50 % der Gesamtzeit angegeben, verglichen mit 90 % bei einer herkömmlichen Vorlesung (nicht dargestellt). Als Nachteile des Kurses gab die Mehrheit (56 %) der Dozenten an, dass die Vorbereitung aufwendiger gewesen sei als bei einer herkömmlichen Vorlesung. 44 % der Dozenten waren nicht dieser Auffassung (► **Abb. 5d**). Nur ein Dozent hielt die Vermittlung theoretischer Inhalte für unzureichend. Keiner der Dozenten war der Ansicht, dass die Vermittlung strukturierter Lerninhalte schlechter sei als bei einer herkömmlichen Vorlesung. Die überwiegende Zahl der



► **Abb. 4** Evaluation der Studenten im WK (n = 160) und im PK (n = 100): Ergebnisse der MC-Fragen a–h.

Dozenten (67 %) hatte nicht den Eindruck, dass die Studierenden durch die Arbeit am Computer zu sehr abgelenkt sind, 33 % der Dozenten waren unentschieden in diesem Punkt. Die Mehrheit der Dozenten (56 %) war nicht der Meinung, dass der Kurs zu einer schlechteren Vorbereitung auf die IMPP-Prüfung führen könnte (33 % unentschiedene), ein Dozent (11 %) befürchtete eine schlechtere Vorbereitung.

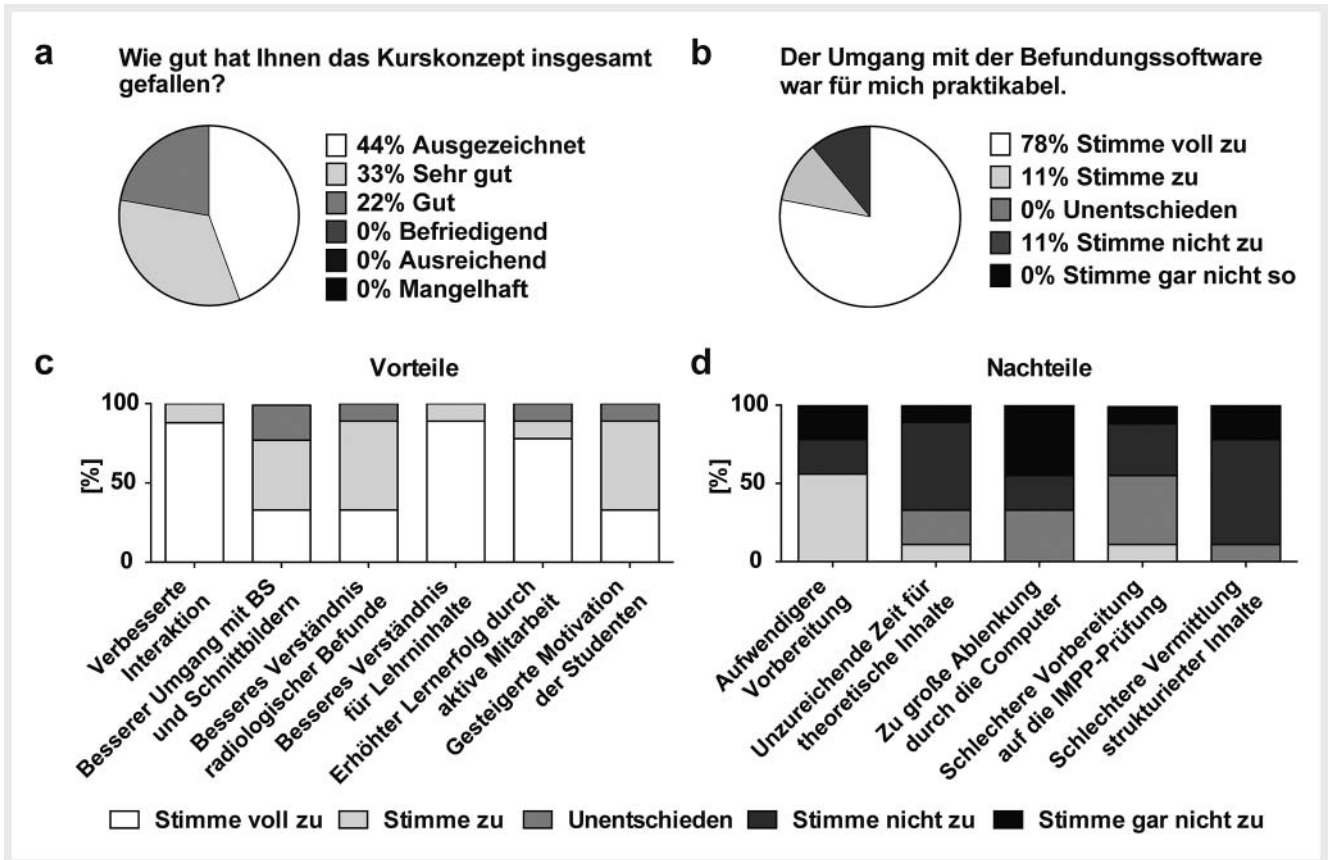
Diskussion

Ziel unserer Arbeit war es, den neu etablierten praktischen kompetenzbasierten Radiologiekurs bezüglich der praktischen Umsetzbarkeit, der Akzeptanz bei den Studierenden und den Dozenten und der Vermittlung radiologischer Kompetenzen im

Hinblick auf das Modell-Curriculum der DRG und den NKLM zu evaluieren.

Wir konnten zeigen, 1) dass praktischer kompetenzbasierter Radiologieunterricht gut umsetzbar ist und bei Studierenden und Dozenten eine hohe Akzeptanz hat, 2) dass das Interesse am Fach Radiologie bei der Mehrheit der Studierenden geweckt werden konnte, 3) dass sich aus Studierendensicht das Verständnis für Schnittbildanatomie und radiologische Befunde verbessert hat und 4) dass diese Form des Unterrichts eine Möglichkeit ist, die im Modell-Curriculum der DRG und im NKLM geforderte kompetenzbasierte Lehre umzusetzen.

Während die Lernziele in NKLM und Modell-Curriculum der DRG klar definiert sind, bleibt offen, wie die kompetenzbasierte Lehre in der Radiologie effizient umgesetzt werden kann. Eine Möglichkeit könnte der in dieser Studie vorgestellte praktische



► Abb. 5 Evaluationsergebnisse der Dozentenbefragung (n = 9, a–d).

kompetenzbasierte Unterricht sein. Die Studierenden erlernen den Umgang mit einer radiologischen BS, wenden erlerntes Faktenwissen praktisch an und präsentieren Fälle mittels Desktop-Monitoring-Software unter Anleitung des Dozenten vor der Gruppe. Dadurch werden unterschiedliche Kompetenzebenen gefördert. Die Studierenden müssen neben reinem Faktenwissen (KE 1) Handlungs- und Begründungswissen (KE 2) einbringen, und sie demonstrieren unter Anleitung eigenständig pathologische und nichtpathologische radiologische Befunde (KE 3a). Dabei wird von den im NKLM definierten ärztlichen Rollen insbesondere die Rolle des Medizinischen Experten adressiert.

Bisher gibt es nur wenige Studien, die interaktive Bildbetrachtung mittels BS im Rahmen von studentischer Lehre untersucht haben, obwohl mittlerweile einfache DICOM-Viewer als Freeware für alle Betriebssysteme zur Verfügung stehen und in fast allen Kliniken auch für Nichtradiologen verfügbar sind. Strickland verwendete die frei verfügbare Mac-basierte BS Osirix, um für Studierende einen virtuellen Befundungsarbeitsplatz einzurichten, an dem eigenständig Fälle aus dem muskuloskelettalen Bereich betrachtet werden konnten [6]. Die gute Nutzbarkeit von Osirix als Lehrplattform für Radiologen wurde auch von Rojas betont, der eine Fallsammlung interstitieller Lungenerkrankungen generierte und dabei Pathologieberichte, klinische Befunde und radiologische Befunde in den DICOM-Datensatz implementierte [10]. Weitere Studien verwendeten BS, um das Verständnis für Anatomie und Schnittbildanatomie zu verbessern [7–12]. Alvarez führ-

te einen Einführungskurs in die radiologische Anatomie mithilfe der frei verfügbaren BS iPACS durch, wobei in Kleingruppen anatomische Strukturen im CT-Datensatz beschriftet und die Ergebnisse mittels Desktop-Monitoring-Software in der Gesamtgruppe besprochen wurden [7]. In einer weiteren Studie wurden Körperspender, bevor sie im makroskopischen Anatomiekurs von den Studierenden seziiert wurden, im CT untersucht [8]. An mehreren medizinischen Fakultäten in Deutschland werden in der Vorklinik integrative Kurse von Anatomie und Radiologie angeboten, in denen auch Schnittbilder interaktiv betrachtet werden [13]. Dabei verwendeten Schober et al. die auch für iPad verfügbare kostenlose BS Osirix [12]. Eine Studie aus Japan nutzte die gleiche Methode, um während des Präparierens im Anatomiekurs die Leichenanatomie mit der CT-Anatomie zu vergleichen [11].

In der ärztlichen Weiterbildung ist die interaktive Vermittlung mit BS etablierter als in der studentischen Lehre. In mehreren Studien wurden DICOM-basierte standardisierte Testverfahren evaluiert, um die Diensttauglichkeit angehender Radiologen mittels simulierter CT-Notfälle messbar zu machen [14–17]. Dabei wurde insbesondere die Möglichkeit, die Notfallsituation vor Beginn der Nachdiensttätigkeit simulieren zu können, von den Teilnehmern als sinnvolle Vorbereitung erachtet [17]. Als wesentlicher Vorteil werden in diesen Studien wie auch in unseren Ergebnissen die Interaktion beim Betrachten der DICOM-Datensätze [7, 10, 16] und die hohe Akzeptanz durch die Studienteilnehmer genannt.

Warum ist die Anwendung von BS in der studentischen Lehre nicht weiter verbreitet? Dies dürfte am ehesten historisch bedingt sein. Fehlende technische Infrastruktur, unflexible, Ressourcenfordernde Systeme für den Betrieb der BS und Sorge vor mühsamer Vorbereitung sind hier zu nennen. Digitale Bildspeichersysteme in der Radiologie sind erst seit ca. 15 Jahren verbreitet, und lange Zeit waren der Bildexport und die Anonymisierung zu Lehrzwecken aufwendig. Inzwischen sind BS in der Radiologie gängig und durch den Einsatz von Client-Server-Lösungen flexibel. Bei der bei uns eingesetzten BS ist die Anonymisierung und Zuweisung zum Lehrarchiv in einem Schritt und ohne großen Aufwand möglich. Über die Einbindung von iOS-basierten mobilen Geräten können auch PDFs und Fotos (Operationsbilder, pathologische Präparate) einfach und intuitiv integriert werden. Ein weiterer Vorteil ist die Nutzung derselben BS wie in der klinischen Routine, sodass zum einen die Dozenten nicht extra geschult werden müssen und zum anderen die Studierenden in Famulatur und praktischem Jahr einen leichteren Zugang haben.

Eine Alternative zu der von uns verwendeten Software stellt die frei verfügbare Mac-basierte BS Osirix dar. Das Potenzial dieser Software für die Lehre wird z. B. von Radiologen in Großbritannien genutzt. Dort gibt es eine User-Group von ca. 265 eingetragenen Usern, die anonymisierte DICOM-Lehrfälle mittels Osirix austauscht und für Lehr- und Prüfungszwecke verwendet [18].

Um praktischen kompetenzbasierten Unterricht sinnvoll etablieren zu können, müssen aus unserer Sicht mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. So muss ein Multimediaraum mit einer ausreichenden Zahl von PCs zur Verfügung stehen. Zusätzlich ist eine Desktop-Monitoring-Software erforderlich, die eine Fallpräsentation durch einzelne Studierenden ermöglicht. Des Weiteren muss die BS gängige Funktionen wie multiplanare Reformationen sowie eine schnelle und unkomplizierte Generierung von Lehrfällen ermöglichen, um den Vorbereitungsaufwand im Rahmen zu halten.

Durch die im NKLM angestoßenen Reformen werden sich auch die Prüfungsformen wandeln. An einigen Universitäten wurden bereits *objective structured clinical examination* (OSCE)-Prüfungen etabliert, in denen insbesondere Fähigkeiten und Fertigkeiten bei Anamneseerhebung und klinischer Untersuchung geprüft werden. Die Radiologie ist bei diesen Prüfungen bisher nur selten vertreten. Die in dieser Arbeit beschriebene interaktive Plattform bietet optimale Voraussetzungen, um radiologische OSCE-Prüfungen unter standardisierten Bedingungen durchzuführen. Denkbare sinnvolle Weiterentwicklungen des Kurskonzepts stellen Ansätze wie Blended Learning oder Flipped Classroom dar, bei denen sich die Studierenden eigenständig vorab theoretische Inhalte aneignen, z. B. unterstützt durch Onlinematerial, um optimal auf den praktischen Unterricht vorbereitet zu sein.

Bemerkenswert ist, dass die Studierenden sich trotz des zeitlichen Mehraufwands mehrheitlich für die Einrichtung eines neuen verpflichtenden Studierendenseminars aussprachen – ein klares Statement für das Lehrformat. Aufgrund des positiven Feedbacks wurde das Befundtraining seit dem Studienjahr 2016/17 fest und als Pflichtveranstaltung in das Curriculum aufgenommen.

Unsere Studie hat einige Limitationen. Die wesentlichste ist, dass prospektiv keine Vergleichsgruppe untersucht wurde. Allerdings waren ein zweiarmiges prospektives Design aufgrund der

Ungleichbehandlung und ein Crossover-Design aufgrund zeitlicher Einschränkungen im radiologischen Curriculum nicht möglich.

Zusammenfassend zeigen unsere Ergebnisse, dass praktische radiologische Lehre an PCs mittels BS und Desktop-Monitoring-Software ein innovativer Ansatz mit hoher Akzeptanz bei Studierenden und Lehrenden und guter praktischer Durchführbarkeit ist. Die im NKLM und im Modell-Curriculum der DRG geforderte kompetenzbasierte Lehre kann auf diese Weise umgesetzt werden.

Interessenkonflikte

Die MHH hat grants von Siemens Healthineers, von Promedica Ltd. und von Delcath Systems, Inc. erhalten. Prof. Wacker hat ein Honorar der Novartis Pharma GmbH und Delcath Systems, Inc. erhalten.

Literatur

- [1] MD PJF, MD DLC, PhD PZAB et al. The Lancet Commissions Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet* 2010; 376: 1923 – 1958
- [2] Kooperation der Gesellschaft für medizinische Ausbildung (GMA) dMFeVMudVdHfZ-, Mund- und Kieferheilkunde (VHZMK). Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) Medizinischer Fakultätentag 2015; Online Publikation. Abgerufen aus dem Internet am 6.1.2017 von der URL <http://www.nklm.de/download.html>
- [3] Weinert FE (Hg.) Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim u. Basel: Beltz; 2001: 27
- [4] http://www.myesr.org/sites/default/files/ESR_2017_ESR-EuropeanTrainingCurriculum_U-LEVEL-web.pdf Web-Seite. Abgerufen aus dem Internet am 20.4.2017
- [5] Ertl-Wagner BB], Mahnken AH et al. White Paper: Radiological Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2016; 188: 1017 – 1023
- [6] Strickland CD, Lowry PA, Petersen BD et al. Introduction of a virtual workstation into radiology medical student education. *Am J Roentgenol* 2015; 204: W289 – W292
- [7] Alvarez A, Gold GE, Tobin B et al. Software tools for interactive instruction in radiologic anatomy. *Academic radiology* 2006; 13: 512 – 517
- [8] Lufler RS, Zumwalt AC, Romney CA et al. Incorporating radiology into medical gross anatomy: does the use of cadaver CT scans improve students' academic performance in anatomy? *Anatomical sciences education* 2010; 3: 56 – 63
- [9] Tam MD, Hart AR, Williams SM et al. Evaluation of a computer program ('disect') to consolidate anatomy knowledge: A randomised-controlled trial. *Medical teacher* 2010; 32: e138 – e142
- [10] Rojas CA, Jawad H, Chung JH. The new era of radiology teaching files. *Am J Roentgenol* 2012; 198: 773 – 776
- [11] Murakami T, Tajika Y, Ueno H et al. An integrated teaching method of gross anatomy and computed tomography radiology. *Anatomical sciences education* 2014; 7: 438 – 449
- [12] Schober A, Pieper CC, Schmidt R et al. "Anatomy and imaging": 10 years of experience with an interdisciplinary teaching project in preclinical medical education – from an elective to a curricular course. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2014; 186: 458 – 465
- [13] Dettmer S, Schmiedl A, Meyer S et al. Radiological anatomy – evaluation of integrative education in radiology. *RöFo : Fortschritte auf dem*

Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 2013; 185: 838 – 843

- [14] Ganguli S, Camacho M, Yam C-S et al. Preparing first-year radiology residents and assessing their readiness for on-call responsibilities: results over 5 years. *Am J Roentgenol American journal of roentgenology* 2009; 192: 539–544
- [15] Ganguli S, Pedrosa I, Yam C-S et al. Part I: preparing first-year radiology residents and assessing their readiness for on-call responsibilities. *Academic radiology* 2006; 13: 764 – 769
- [16] Towbin AJ, Paterson B, Chang PJ. A computer-based radiology simulator as a learning tool to help prepare first-year residents for being on call. *Academic radiology* 2007; 14: 1271 – 1283
- [17] Towbin AJ, Paterson BE, Chang PJ. Computer-based simulator for radiology: an educational tool. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2008; 28: 309–316
- [18] [Anonym]. <http://www.osirix-ukusergroup.org/> Web-Seite. Abgerufen aus dem Internet am 7.1.2017