

# White Paper: Curriculum Radiologie für das Studium der Humanmedizin und Implementierung in den NKLM 2.0

## White Paper: Radiology Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany and Integration into the NKLM 2.0

### Autoren

Sabine Dettmer<sup>1</sup>, Jörg Barkhausen<sup>2</sup>, Erik Volmer<sup>3</sup>, Hans-Joachim Mentzel<sup>4</sup>, Sebastian Reinartz<sup>5</sup>, Florian Voigt<sup>6</sup>, Frank K. Wacker<sup>1</sup>, Bettina Baeßler<sup>7</sup> 

Konferenz der Lehrstuhlinhaber für Radiologie (KLR):

G. Adam, G. Antoch, U. Attenberger, F. Bamberg, J. Barkhausen, M. Beer, T. Bley, A. Bücker, T. Denecke, C. Düber, M. Forsting, B. Hamm, W. Heindel, R.-T. Hoffmann, N. Hosten, O. Jansen, H. U. Kauczor, G. Krombach, T. J. Kröncke, C. Kuhl, J. Lotz, A. Mahnken, D. Maintz, M. Makowski, K. Nikolaou, M. Pech, J. Ricke, E. Rummeny, S. Schönberg, A. Schreyer, C. Stroszczynski, U. Teichgräber, M. Uder, T. Vogl, F. Wacker, M.-A. Weber, W. Wohlgemuth

Vorstand der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG):

G. Antoch, F. Anton, J. Barkhausen, A. Dörfler, F. Körber, G. Layer, S. Neumann, S. Schönberg, T. Vogl, J. Wessling, M. Wucherer

Vorstandskommission der AG Lehre der DRG:

J. Barkhausen, S. Afat, B. Baeßler, F. Bamberg, S. Dettmer, A. Frisch, O. Goldschmidt, N. L. Hansen, E. Hattingen, D. Maintz, H. J. Mentzel, I. Molwitz, K. Müller-Peltzer, D. Pinto dos Santos, S. Reinartz, F. Rengier, U. Teichgräber, T. J. Vogl, M. Völker, M. Weis

### Institute

- 1 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hannover Medical School, Hannover, Germany
- 2 Department of Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital of Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany
- 3 Institute for Diagnostic and Interventional Radiology, Pediatric and Neuroradiology, Rostock University Medical Center, Rostock, Germany
- 4 Section of Pediatric Radiology, Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Jena, Germany
- 5 Department for Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Aachen, Germany
- 6 Medical Faculty, University of Leipzig, Germany
- 7 Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Zürich, Switzerland

### Key words

undergraduate medical education, curriculum radiology, National Competency-based Learning Objectives Catalogue in Medicine, competency-based teaching, innovative teaching concepts, E-learning

eingereicht 20.05.2021

akzeptiert 20.07.2021

online publiziert 22.09.2021

### Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2021; 193: 1294–1303

DOI 10.1055/a-1586-3372

ISSN 1438-9029

© 2021. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

PD Dr. Sabine Dettmer

Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hannover Medical School, Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover, Germany

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

dettmer.sabine@mh-hannover.de



Zusätzliches Material finden Sie unter <https://doi.org/10.1055/a-1586-3372>

### ZUSAMMENFASSUNG

**Ziel** Ziel war es, ein neues Curriculum für die Radiologie im Medizinstudium zu entwickeln, national zu konsentieren und in den neuen nationalen kompetenzbasierten Lernzielkatalog (NKLM 2.0) zu integrieren. In diesem Artikel soll als ein Statement der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) der Prozess der Curriculumentwicklung beschrieben und das neue Curriculum zusammen mit Vorschlägen zur praktischen Umsetzung vorgestellt werden.

**Material und Methoden** Die DRG hat ein neues Curriculum für die Radiologie erarbeitet. Dieses wurde mittels einer

Online-Umfrage national unter den Lehrverantwortlichen abgestimmt und das Ergebnis in den NKLM 2.0 eingebracht. Des Weiteren werden Möglichkeiten der praktischen Umsetzung der kompetenzbasierten Inhalte aufgezeigt und verschiedene Lehrkonzepte vorgestellt.

**Ergebnisse** Das erarbeitete Curriculum ist kompetenzbasiert und soll den Studierenden wichtige Fähigkeiten und Fertigkeiten für ihre spätere ärztliche Tätigkeit vermitteln. Der allgemeine Teil des Curriculums gliedert sich in die Themen „Strahlenschutz“, „Radiologische Methoden“ und radiologisch relevante „Digitale Kompetenzen“. Des Weiteren gibt es einen speziellen Teil zu den einzelnen Organsystemen und den spezifischen Krankheitsbildern. Um dies ressourcensparend umzusetzen, sind neue innovative Lehrkonzepte nötig, die die Vorteile des Präsenzunterrichts in kleinen Gruppen zum praktischen und fallbasierten Lernen mit digitalen Lehrangeboten zur ressourcensparenden Vermittlung theoretischer Inhalte kombinieren.

**Schlussfolgerung** Wir haben ein einheitliches radiologisches Curriculum für das Medizinstudium in Deutschland erstellt, national abgestimmt und in den NKLM 2.0 integriert. Das Curriculum bildet die Grundlage einer einheitlichen verpflichtenden radiologischen Lehre und soll Grundlage für die individuelle Lehrplanentwicklung der einzelnen Fakultäten sein sowie die Position der Radiologie im interdisziplinären Kontext stärken.

#### Kernaussagen:

- Es wurde ein Curriculum Radiologie für die studentische Lehre im Medizinstudium entwickelt.
- Das Curriculum wurde unter den Fakultäten Deutschlands abgestimmt und in den NKLM 2.0 integriert.
- Dieses Curriculum soll Grundlage der Lehrplanentwicklung sein und die Position der Radiologie stärken.
- Um die kompetenzbasierte Lehre umzusetzen, sind neue innovative Lehrkonzepte nötig.

#### Zitierweise

- Dettmer S, Barkhausen J, Volmer E et al. White Paper: Radiology Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany and Integration into the NKLM 2.0. Fortschr Röntgenstr 2021; 193: 1294–1303

#### ABSTRACT

**Objective** The aim was to develop a new curriculum for radiology in medical studies, to reach a national consensus and to integrate it into the new national competence-based learning objectives catalog (NKLM 2.0). In this statement of the German Radiological Society (DRG), the process of curriculum development is described and the new curriculum is presented together with suggestions for practical implementation.

**Materials and Methods** The DRG has developed a new curriculum for radiology. This was coordinated nationally among faculty via an online survey and the result was incorporated into the NKLM 2.0. Furthermore, possibilities for the practical implementation of the competency-based content are shown and different teaching concepts are presented.

**Results** The developed curriculum is competency-based and aims to provide students with important skills and abilities for their future medical practice. The general part of the curriculum is divided into the topics “Radiation Protection”, “Radiological Methods” and radiologically-relevant “Digital Skills”. Furthermore, there is a special part on the individual organ systems and the specific diseases. In order to implement this in a resource-saving way, new innovative teaching concepts are needed that combine the advantages of face-to-face teaching in small groups for practical and case-based learning with digital teaching offers for resource-saving teaching of theoretical content.

**Conclusion** We have created a uniform radiology curriculum for medical studies in Germany, coordinated it nationally and integrated it into the NKLM 2.0. The curriculum forms the basis of a uniform mandatory radiology teaching and should be the basis for the individual curriculum development of each faculty and strengthen the position of radiology in the interdisciplinary context.

---

## Einleitung

Die Radiologie ist ein wichtiges Querschnittsfach innerhalb des Studiums der Humanmedizin. Radiologische Inhalte werden in vorklinischen Fächern, wie beispielsweise der Anatomie (Schnittbildanatomie) und der Physik (Strahlenphysik und Gerätetechnik), vermittelt und sind in nahezu allen klinischen Fächern sowohl für die Diagnostik als auch für die radiologisch-interventionelle Therapie spezifischer Krankheitsbilder wesentlich. Auf der einen Seite ist es eine Herausforderung, als so breit vertretenes Fach die radiologischen Lehrinhalte für die Studierenden zusammenhängend zu vermitteln, dabei als eigenständiges Fach sichtbar zu bleiben und sich mit den einzelnen Fachdisziplinen abzustimmen. Auf der anderen Seite bietet dies aber auch die Chance, zusam-

men mit anderen Fachdisziplinen in einer integrativen Lehre Synergien zu nutzen, die Studierenden während ihres gesamten Studiums zu begleiten und sie mit immer wieder neuen Aspekten für das Fach zu begeistern.

Das Medizinstudium ist in den letzten Dekaden einem ständigen Wandel unterworfen gewesen und ist es auch heute noch. Während früher die wissenschaftlichen Grundlagenfächer in die medizinischen Curricula integriert waren, hat sich dies in den letzten Jahrzehnten hin zur problemorientierten und integrativen Lehre gewandelt, bei der die Trennung zwischen präklinischen und klinischen Fächern insbesondere in den Reform- und Modellstudiengängen weitgehend aufgehoben wurde [1]. Aktuell rückt zunehmend die kompetenzbasierte und digitale Lehre in den Vordergrund, bei der statt theoretischer Inhalte zunehmend

Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt werden. Initiiert wurde dieser Reformprozess durch Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Medizinstudiums in Deutschland, die 2014 durch den Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland veröffentlicht wurden [2]. Darauf basierend hat der Medizinische Fakultätentag (MFT) gemeinsam mit der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA) den Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) entwickelt und 2015 erstmalig veröffentlicht [3]. 2017 wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im „Masterplan Medizinstudium 2020“ umfangreiche Änderungen im Medizinstudium beschlossen, die insbesondere die Praxisnähe, eine stärkere Kompetenzorientierung, eine Stärkung der Allgemeinmedizin sowie eine Neuordnung der Prüfungen beinhalten und in einer neuen Approbationsordnung für Ärzte verankert werden sollen [4]. Die neue Approbationsordnung soll 2025 in Kraft treten, ein erster Entwurf wurde Anfang dieses Jahres veröffentlicht [5]. Im Zuge der Novellierung der medizinischen Ausbildung durch den Masterplan Medizinstudium 2020 wurden auch der NKLM sowie der Gegenstandskatalog Medizin (GK) grundlegend überarbeitet. Dieser NKLM 2.0, bei dessen Erstellung neben dem MFT und dem Institut für Medizinische und Pharmazeutische Prüfungsfragen (IMPP) auch Vertreter der einzelnen wissenschaftlichen Fachgesellschaften vertreten waren, wurde im Frühjahr 2021 veröffentlicht [6]. Über die im verpflichtenden Kerncurriculum enthaltenen Lernziele hinaus können die Fakultäten auch eigene Schwerpunkte setzen, die in Form eines fakultativen Curriculums im NKLM definiert sind. Das basierend auf dem NKLM 2.0 erarbeitete Curriculum soll bis 2025 weiterentwickelt werden und dann nicht mehr lediglich Empfehlungscharakter haben, sondern fester Bestandteil der neuen Approbationsordnung für Ärzte und relevanter Prüfungsinhalt des IMPP sein.

Mit dem NKLM soll theoretisches Faktenlernen zugunsten einer Vermittlung von Fähigkeiten und Fertigkeiten im Arztberuf reduziert werden. Dabei geht es insbesondere um Kompetenzen, die als übergeordnete Lernziele Haltungen und sogenannte *Soft Skills* abbilden, wie z. B. die ärztliche Gesprächsführung sowie Respekt und Empathie im Umgang mit den Patienten, ihren Angehörigen und den Kollegen ärztlicher und nichtärztlicher Berufsgruppen [7]. Für die Radiologie bedeutet dies nicht mehr nur die reine Wissensvermittlung, sondern auch die Lehre grundlegender praktischer Fertigkeiten, wie z. B. die eigenständige Bild- und Befundbeschreibung von Röntgenbildern und die praktische Durchführung orientierender Ultraschalluntersuchungen von Hals, Abdomen und Gefäßen. Dazu gehören auch der Erwerb von Kompetenzen zur Beurteilung der diagnostischen Wertigkeit, d. h. welche Methode bei welcher Fragestellung geeignet ist, der Indikationen und Kontraindikationen der verschiedenen radiologischen Modalitäten sowie die Einordnung der diagnostischen und therapeutischen Methoden im interdisziplinären Kontext inklusive einer adäquaten Kommunikation mit dem Zuweiser und dem Patienten. Zuletzt ist als wichtige zentrale Neuerung eine zunehmende Digitalisierung zu nennen. Diese betrifft sowohl Lehrinhalte an sich sowie auch zu erlernende digitale Kompetenzen für das Studium und die ärztliche Tätigkeit.

Im NKLM wird die Lertiefe in 3 verschiedenen Kompetenzebenen unterschieden, die aufeinander aufbauen. Dabei sind das Faktenwissen (Kompetenzebene 1) und das Handlungs-

Begründungswissen (Kompetenzebene 2) Voraussetzung für das Erreichen der Handlungskompetenz (Kompetenzebene 3, a: unter Anleitung und b: selbstständig) [3]. Während des Medizinstudiums kehren verschiedene Lehrinhalte in einer Lernspirale immer wieder mit jeweils aufsteigender Kompetenzebene. Ziel unserer Gremienarbeit war es, ein neues Curriculum für die Radiologie im Medizinstudium zu entwickeln, mit den Lehrstuhlinhabern und Lehrverantwortlichen der einzelnen Fakultäten zu konsentieren und letztlich in den NKLM 2.0 zu integrieren. Das Curriculum soll Leitfaden bei der praktischen Umsetzung sein und gleichzeitig als offizielles Statement der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) bei der Abstimmung der Lehrinhalte mit den Studiendekanaten der einzelnen Universitäten dienen. In dieser Arbeit möchten wir den Prozess der Curriculumentwicklung und nationalen Abstimmung vorstellen und das Ergebnis präsentieren. Des Weiteren sollen verschiedene Lehrkonzepte vorgestellt und damit Anregungen für eine effektive und ressourcensparende Umsetzung der Neuerungen gegeben werden.

## Methoden

### Mapping

Zur Curriculumerstellung erfolgte ein Mapping des gesamten NKLM in seiner Version von 2015 [3] mit den radiologischen Lehrinhalten an 3 Medizinischen Fakultäten (Hannover, Köln und Mannheim) durch die jeweiligen Lehrverantwortlichen. Dafür wurde für jedes im NKLM angegebene Lernziel dokumentiert, ob es gelehrt wird oder nicht. Auf Basis dieses Mappings sowie der Veröffentlichungen zu Lehrinhalten der *European Society of Radiology* (ESR) [8], der DRG [9] und der *Joint Commission of the Swiss Medical Schools* [10] wurde ein Modell-Curriculum Radiologie entworfen.

### Abstimmung mit den Lehrstuhlinhabern und Lehrverantwortlichen der Radiologie

Das erarbeitete Modell-Curriculum wurde an die Lehrstuhlinhaber für Radiologie und – soweit differierend und bekannt – an die Lehrverantwortlichen aller 36 medizinischen Fakultäten in Deutschland mit der Bitte um Ergänzungen, Kommentare und Zustimmung verschickt. Die Einladung erfolgte über die DRG als onlinebasierte Umfrage mittels EvaSys 7.0 (Electric Paper Evaluationssysteme GmbH, Lüneburg, Deutschland). Der Fragebogen war prinzipiell als anonyme Umfrage ausgelegt. Da mitunter eine Zuordnung zu den einzelnen Fakultäten hilfreich sein und Rückfragen ermöglichen kann, gab es jedoch auch die Möglichkeit, seinen Namen und Standort mitzuteilen.

Der Fragebogen war in 3 Teile aufgeteilt: „Strahlenschutz“, „Methoden“ und „Organsysteme“. In den Abschnitten „Strahlenschutz“ und „Methoden“ konnten in Freitextfeldern Kommentare mit Änderungen oder Ergänzungen zu den vorgeschlagenen Lehrinhalten vorgenommen werden. In dem Teil „Organsysteme“ waren die nach Auswertung des Mappings radiologisch relevanten Krankheitsbilder nach Organsystemen geordnet angegeben. Die Einschätzung bezüglich ihrer Relevanz in der radiologischen Lehre erfolgte mittels einer Ordinalskala (0 = radiologisch nicht

relevant, 1 = radiologisch eventuell relevant und soll fakultativ je nach Schwerpunkt der Fakultät gelehrt werden, 2 = radiologisch sehr relevant und soll im Kerncurriculum verpflichtend gelehrt werden). Ergänzend dienen Freitextfelder zur Erfassung weiterer Kommentare.

## Ergebnisse

### Umfrage

An der Umfrage zur Abstimmung mit den Lehrstuhlinhabern und Lehrverantwortlichen der Radiologie haben 24 Personen teilgenommen. Hinzu kommen die 3 Fakultäten Hannover, Köln und Mannheim, an denen das Mapping realisiert wurde. Aufgrund der Tatsache, dass die Umfrage anonymisiert durchgeführt und sowohl an die Lehrstuhlinhaber als auch die Lehrverantwortlichen verschickt wurde, ist unklar, wie viele Fakultäten sich tatsächlich beteiligt haben. Dennoch hatten Vertreter aller Fakultäten die Möglichkeit, eine Rückmeldung zu geben, und zusammen mit der bei 36 existierenden medizinischen Fakultäten in Deutschland recht hohen Teilnehmerzahl von 24 + 3 Personen ist der Rücklauf als ausreichend repräsentativ zu betrachten.

Insgesamt war der Konsens zu dem bereits erarbeiteten Curriculum hoch. Anhand der Umfrageergebnisse wurde das Curriculum überarbeitet und ergänzt. Freitextkommentare aus den Teilen „Strahlenschutz“ und „Methoden“ wurden integriert. Von den Wichtungen der Relevanz der unterschiedlichen Krankheitsbilder in dem Teil „Organsysteme“ wurde der Median berechnet und entsprechend in „radiologisch sehr relevant und soll im Kerncurriculum verpflichtend gelehrt werden“ und „radiologisch eventuell relevant und soll fakultativ je nach Schwerpunkt der Fakultät gelehrt werden“ unterschieden. Krankheitsbilder, die von der überwiegenden Zahl der Befragten als „radiologisch nicht relevant“ eingestuft wurden, wurden aus dem Curriculum gestrichen. Einige neue Krankheitsbilder wurden gemäß Vorschlägen der Umfrageteilnehmer ergänzt. Digitale Kompetenzen und das Gebiet der interventionellen Radiologie zeigten sich im NKLM von 2015 unterrepräsentiert, sodass in Zusammenarbeit mit der Projektgruppe „Digitale Kompetenzen“ und der Arbeitsgruppe „Therapeutische Maßnahmen“ der NKLM-/GK-Weiterentwicklung eine entsprechende Vervollständigung des Curriculums erfolgte.

### Curriculum

Der allgemeine Teil des erarbeiteten und auf nationaler Ebene konsentierten Curriculums mit den Themen „Strahlenschutz“, „Radiologische Methoden“ und radiologisch relevante „Digitale Kompetenzen“ ist in ► **Tab. 1** dargestellt. Neben der reinen Auflistung der Lernziele sind auch die zu den verschiedenen Prüfungszeitpunkten der Staatsexamina zu erreichenden Kompetenztiefen angegeben. Des Weiteren gibt es einen speziellen Teil zu den einzelnen Organsystemen und den spezifischen Krankheitsbildern der verschiedenen Kapitel des NKLM. Die mithilfe der Umfrage erarbeitete Auflistung der für die Radiologie besonders relevanten Krankheitsbilder ist mit dem Bezug zu den jeweiligen Kapiteln des NKLM in den ► **Tab. S1–S8** im Online-Supplement aufgeführt. Je nach Relevanz wird hierbei unterschieden zwischen „Kerncurriculum“ für obligate Lehrinhalte und „Fakultätscurriculum“ für optionale Lehrinhalte je nach Schwerpunkt der Fakultät.

## Diskussion

Mit unserer Arbeit konnten wir ein neues Curriculum für das Medizinstudium erstellen, mit den Lehrstuhlinhabern und deren Lehrverantwortlichen konsentieren und letztlich in den neuen nationalen kompetenzbasierten Lernzielkatalog (NKLM 2.0) integrieren. Das Curriculum soll Leitfaden bei der praktischen Umsetzung sein und gleichzeitig als offizielles Statement der DRG bei der Abstimmung der Lehrinhalte mit den Studiendekanaten der einzelnen Universitäten dienen.

Wesentliche Neuerung dieses Curriculums ist das kompetenzbasierte Lernen. Dabei geht es insbesondere um Kompetenzen, die als übergeordnete Lernziele Haltungen und praktische Fertigkeiten abbilden. In der Radiologie sind dies z. B. die eigenständige Bild- und Befundbeschreibung von Röntgenbildern, die praktische Durchführung orientierender Ultraschalluntersuchungen, die Wahl der richtigen Untersuchungsmodalität in Abhängigkeit von der Fragestellung und dem Patienten sowie die Einordnung der diagnostischen und therapeutischen Methoden im interdisziplinären Kontext inklusive einer adäquaten Kommunikation mit dem Zuweiser und dem Patienten. Hinzu kommt eine zunehmende Digitalisierung, die sowohl die Lehrinhalte als auch die zu erlernenden digitalen Kompetenzen für Studium und ärztliche Tätigkeit betrifft und sich letztlich auch in der Form unserer Lehrtätigkeit widerspiegeln sollte.

Um dieses neue Curriculum umzusetzen, werden an den allermeisten Fakultäten umfangreiche Änderungen in der Lehre erforderlich sein. Dies betrifft zum einen die Struktur und das Lehrkonzept im Gesamtkontext der jeweiligen Universität, und zum anderen die Lehrformate innerhalb der Radiologie einschließlich einer zunehmenden Digitalisierung. Hier sollen im Folgenden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt und die Vor- und Nachteile diskutiert werden.

### Lehrkonzepte in der Radiologie

In welchem Gesamtkonzept diese Lehrinhalte vermittelt werden, wird von Fakultät zu Fakultät unterschiedlich sein. Je nachdem, ob es sich um einen Regel-, Modell- oder Reformstudiengang handelt und wie die Organisation am jeweiligen Standort ist, kann die Radiologie separat als einzelnes Fach oder integrativ als Partner anderer klinischer und vorklinischer Fächer unterrichtet werden. Aus unserer Sicht ist eine Kombination aus Beidem erstrebenswert: einem modalitätenorientierten Teil (entsprechend Teile 1–3 des Curriculums), welcher überwiegend fächerspezifisch unterrichtet wird oder in einem methodischen Kurs integriert ist, und einem organsystemorientierten Teil (Teil 4 sowie Abschnitte der radiologischen Bildanalyse in Teil 2), für den sich eine integrative Lehre anbietet. Wird ausschließlich integrativ unterrichtet, besteht die Gefahr, dass die Studierenden keinen ausreichenden Überblick über die Grundlagen des Strahlenschutzes und die radiologischen Methoden bekommen und die Radiologie als eigenständiges Fach nicht sichtbar ist. Bei einer rein fächerspezifischen Lehre fehlt der interdisziplinäre Kontext der diagnostischen und

► **Tab. 1** Radiologische Methoden und Strahlenschutz: Kapitel, Lernziele und Kompetenzebenen im NKLM.

Kapitel	Kompetenz/Lernziel	GL M1 s	BK M1 m	PJ M2	WK M3
VII.2-03	Die AbsolventInnen wählen bildgebende Verfahren ohne ionisierende Strahlen mit oder ohne Kontrastmittel indikationsgerecht, patientenbezogen, geschlechtsspezifisch, altersspezifisch und situationsgerecht aus und nutzen die Ergebnisse für weitere diagnostische und therapeutische Entscheidungen.				
VII.2-03.1	Sie sind mit der Sonografie inkl. Farbduplex-, Doppler-, B-Bild-Sonografie, Dopplerverschlussdruck, Endosonografie, Echokardiografie (TTE+TEE) mit oder ohne echoverstärkendes Kontrastmittel vertraut. Sie können ...				
VII.2-03.1.1	... die Indikationen und Kontraindikationen der verschiedenen Sonografieverfahren mit und ohne Kontrastmittel erläutern und stellen und die Untersuchung (z. B. elektronisch) anfordern.	1	2	2	3a
VII.2-03.1.2	... die Grundprinzipien der Bildentstehung und der zugrunde liegenden Gewebeeigenschaften in der Sonografie verstehen und erläutern.	2			
VII.2-03.1.3	... die Bedeutung sonografischer Befunde im klinischen Kontext erläutern, Sonografiebefunde für weitere diagnostische und therapeutische Entscheidungen nutzen und entsprechende Maßnahmen ergreifen.		2	2	3a
VII.2-03.1.4	... den grundsätzlichen Ablauf einer abdominellen und zervikalen Sonografie erläutern und eine B-Bild-Sonografie durchführen.		2	3a	3a
VII.2-03.2	Sie sind mit der Röntgendiagnostik mit oder ohne Kontrastmittel vertraut. Sie können ...				
VII.2-03.2.1	... die physikalischen Grundlagen der Bildentstehung und der Gewebeeigenschaften im Röntgen und in der CT verstehen und erklären.	2			
VII.2-03.2.2	... die gesetzlichen Vorgaben und Richtlinien des Strahlenschutzes zur Anwendung ionisierender Strahlen und zum Umgang mit offenen Radionukliden erläutern und anwenden und die biologisch-physikalischen Grundlagen einsetzen, um Patientinnen und Patienten, Umwelt und sich selbst vor den Folgen ionisierender Strahlen zu schützen.		2	3a	
VII.2-03.2.3	... Indikationen und Kontraindikationen für Röntgenaufnahmen und Fluoroskopie inklusive angiografischer Diagnostik mit und ohne Kontrastmittel erläutern, darüber aufklären, dies dokumentieren und die Untersuchung (z. B. elektronisch) anfordern. Sie kennen die Risiken und Nebenwirkungen von Röntgenkontrastmitteln und beherrschen die Grundlagen des kontrastmittelassoziierten Komplikationsmanagements.	1		2	3a
VII.2-03.2.4	... relevante anatomische Strukturen in Röntgenaufnahmen benennen und differenzieren.	1		2	
VII.2-03.2.5	... relevante pathologische Veränderungen und körperfremde Strukturen in Röntgenaufnahmen erkennen und beschreiben.		1	2	2
VII.2-03.2.6	... die wichtigsten pharmakologischen und physikalischen Eigenschaften von Kontrastmitteln und anderen diagnostisch eingesetzten Arzneimitteln nennen und erklären.				
VII.2-03.3	Sie sind mit der Computertomografie (CT) mit oder ohne Kontrastmittel vertraut. Sie können ...				
VII.2-03.3.1	... relevante anatomische Strukturen in der Schnittbilddiagnostik (Sonografie, MRT, CT) erkennen und dieses Wissen beim selbstständigen Auffinden der Strukturen anwenden.	1		2	
VII.2-03.3.2	... Indikationen und Kontraindikationen für die Computertomografie mit und ohne Kontrastmittel erläutern, darüber hinaus aufklären und dies dokumentieren. Sie kennen Risiken und Nebenwirkungen von jodhaltigen Kontrastmitteln und können die Grundlagen des kontrastmittelassoziierten Komplikationsmanagements erläutern.	1	2	2	3a
VII.2-03.3.3	... relevante pathologische Veränderungen in der Schnittbilddiagnostik (Sonografie, MRT, CT) erkennen, beschreiben und in Zusammenhang mit geltenden Leitlinien einordnen.	1		2	2
VII.2-03.4	Sie sind mit der Magnetresonanztomografie (MRT) mit oder ohne Kontrastmittel vertraut. Sie können ...				
VII.2-03.4.1	... die Indikation und Kontraindikationen einer MRT mit oder ohne Kontrastmittel erläutern und die Untersuchung (z. B. elektronisch) anfordern. Sie kennen die Risiken und Nebenwirkungen von MRT-Kontrastmitteln und können die Grundlagen des kontrastmittelassoziierten Komplikationsmanagements erläutern.	1	2	2	3a
VII.2-03.4.2	... die Prinzipien der Bildentstehung und der Gewebeeigenschaften in der MRT samt den wichtigsten Sequenzen und besonderen Sicherheitsaspekten verstehen und erklären.		2		

► **Tab. 1** (Fortsetzung)

Kapitel	Kompetenz/Lernziel	GL M1 s	BK M1 m	PJ M2	WK M3
VII.2–03.4.3	... Patientinnen und Patienten für eine MRT-Untersuchung aufklären und vorbereiten.		2	3a	3b
VII.2–13	Die Absolventin/der Absolvent kennt die Bedeutung der Digitalisierung in der Medizin und in der Diagnostik.				
VII.2–13.1	Sie sind vertraut mit der Digitalisierung in der Medizin, den aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz, der personalisierten Medizin und der digitalen Bildverarbeitung. Sie können ...				
VII.2–13.1.1	... wichtige Standards der medizinischen Informatik benennen. Sie kennen den Begriff Interoperabilität und dessen Notwendigkeit, Ebenen und Erfordernisse und können diese an einem klinischen Beispiel erklären.			2	
VII.2–13.1.2	... die neuartigen Techniken von Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und computerassistierter Medizin reflektiert anwenden und bewerten.	1		2	
VII.2–13.1.3	... den Begriff personalisierte Medizin erläutern und kennen die Grundlagen sowie medizinische Anwendungen von maschinellen Lernverfahren und KI-Systemen auch im Kontext des Medizinproduktgesetzes.	1	2		
VII.2–13.1.4	... unterschiedliche Arten von wissensbasierten Systemen und medizinische Anwendungen von klinischen Entscheidungsunterstützungssystemen (Clinical Decision Support Systems; CDSS) zur Optimierung der Patientenversorgung erläutern und kennen deren Chancen und Limitationen.		2		
VII.2–13.1.5	... Einsatzszenarien für telemedizinische Anwendungen und deren Rahmenbedingungen erläutern.		2		
VII.2–13.1.6	... Verfahren zur Bildverbesserung sowie zur Visualisierung, Registrierung und Segmentierung medizinischer Bilder erläutern und anwenden.		2	3a	
VIII.2–06.3	... Auswirkungen von digitalen Anwendungen im Hinblick auf das Arzt-Patienten-Gespräch und die Arzt-Patienten-Beziehung erkennen und reflektieren.	1	2		3a
VIII.6–04.3	... spezifische Anforderungen, Herausforderungen, Chancen und Grenzen der Arzt-Patient-Beziehung durch neue technologische Verfahren erläutern und bei ihrem Handeln berücksichtigen.		2	3a	

1 = Faktenwissen: deskriptives Wissen (Fakten, Tatsachen) nennen und beschreiben. 2 = Handlungs- und Begründungswissen: Sachverhalte und Zusammenhänge erklären, in den klinisch-wissenschaftlichen Kontext einordnen und datenbasiert bewerten. 3a = Handlungskompetenz: unter Anleitung selbst durchführen und demonstrieren. 3b = Handlungskompetenz: selbstständig und situationsadäquat in Kenntnis der Konsequenzen durchführen. GL = Grundlagenkompetenz; BK = ärztliche Basiskompetenz für die Ausbildung mit unmittelbarem Patientenbezug; P = PJ-Kompetenz; WK = ärztliche Approbation und Weiterbildungskompetenz; M1s = 1. Staatsexamen (schriftlich); M1m = 1. Staatsexamen (mündlich); M2 = 2. Staatsexamen; M3 = 3. Staatsexamen.

therapeutischen Verfahren der Radiologie und die klinische Relevanz der radiologischen Inhalte rückt in den Hintergrund.

Auch der Zeitpunkt der radiologischen Lehre im Studium ist von Fakultät zu Fakultät sehr unterschiedlich. Bei Regelstudiengängen ist die Radiologie meist als eigenständiger Kurs relativ spät im Studium verankert. In Modell- und Reformstudiengängen wird die Radiologie häufig integrativ mit anderen Fächern über das gesamte Studium verteilt unterrichtet, wobei auch hier der Schwerpunkt der Radiologie meist auf den höheren Semestern liegt. Umfragen und auch unsere internen Evaluationen zeigen hingegen, dass sich Studierende eine frühere Implementierung der Radiologie im Studium wünschen, insbesondere um Fähigkeiten und Fertigkeiten wie z. B. die Röntgen-Thorax-Befundung zu erlernen [11, 12].

## Verschiedene Lehrformate und Digitalisierung in der Radiologie

Neben der prinzipiellen Struktur und dem Zeitpunkt der radiologischen Lehre im Gesamtkonzept der jeweiligen Universität ist eine Evaluation und Anpassung der Lehrmethoden vonnöten. Wenn statt theoretischer Inhalte zunehmend Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt werden, ist ein Wandel in der Didaktik unabdingbar. Zwar lassen sich theoretische Grundlagen hierfür zumindest teilweise frontal unterrichten, aber spätestens die praktische Umsetzung wird nicht mehr in einem Hörsaal mit mehreren hundert Studierenden möglich sein, sondern kleinere Gruppen und kompetenzbasierten Unterricht erfordern. Neben den neuen Lehrinhalten und einer besseren Didaktik sind aber auch die Ressourcen und der erheblich erhöhte personelle Aufwand zu adressieren. Bereits mit der vorlesungsbasierten Lehre ist es mitunter eine zeitliche Herausforderung, neben der Patientenversorgung und der

wissenschaftlichen Tätigkeit mit ausreichendem Engagement in der studentischen Lehre tätig zu sein. Das Problem wird mit kompetenzbasiertem Unterricht in kleineren Gruppen um ein Vielfaches zunehmen, wenn nicht innovative personal- und ressourcenschonende Lehrkonzepte entwickelt werden. Um solche Konzepte zu erarbeiten und synergistisch zu nutzen, wurde die Arbeitsgruppe „Implementierung des NKLM“ gegründet. Diese ist als Teil der Arbeitsgruppe „Lehre“ am MFT angesiedelt und wird – unter radiologischer Beteiligung – die Einführung und Umsetzung des NKLM an den medizinischen Fakultäten in Deutschland begleiten und unterstützen.

Durch die Digitalisierung in der Medizin sind uns die Möglichkeiten zur Implementierung des überarbeiteten NKLM gegeben und neue Konzepte für die praktische Umsetzung gefordert [13–15]. Eine verbreitete Form ist das *E-Learning*, bei dem rein computerbasiert Inhalte gelehrt werden. Wenn die Inhalte einmal erstellt sind, ist diese Form des Unterrichts sehr ressourcensparend und auch bei den Studierenden als Ergänzung zur Präsenzlehre beliebt, weil sie von Ort und Zeit unabhängig ist und ein Lernen im eigenen Lerntempo ermöglicht. Nachteile sind ein Fehlen von persönlicher Interaktion und Austausch und die mangelnde Möglichkeit zur Vermittlung praktischer Fertigkeiten [16]. Des Weiteren darf der initiale Mehraufwand beim Erstellen digitaler Lehrinhalte und der Aneignung der benötigten Medienkompetenzen und die Schaffung einer funktionierenden IT-Infrastruktur nicht unterschätzt werden, was im Gegensatz zur herkömmlichen Lehre nicht alleinig von den Dozierenden geleistet werden kann. Ein weiterer, eher organisatorischer Nachteil des *E-Learnings* ist, dass es an vielen Fakultäten sowohl bei der Vergabe leistungsorientierter Mittel als auch bei der Anerkennung der persönlichen Lehrleistung, z. B. für eine angestrebte Habilitation, nicht berücksichtigt wird. Hier gibt es einen Nachholbedarf, der mit der kompletten Umstellung der Lehrkonzepte durch die COVID-19-Pandemie vielerorts sicherlich beschleunigt wurde.

Durch die Kontaktsperre im Rahmen der COVID-19-Pandemie sind neben *E-Learning* insbesondere auch digitale Kommunikationsformen wie Videokonferenzsysteme in den Fokus gerückt. Solche Videokonferenzen können nahtlos und vorteilhaft in die Lehre integriert werden, um eine individuelle Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden zu ermöglichen. So können z. B. wie in einer Frontalveranstaltung oder einem Seminar Fragen gestellt oder Meinungsumfragen aufgerufen werden. Über die Möglichkeit der Bildschirmfreigabe kann dabei einerseits die Lehrkraft Wissen in Form einer Präsentation oder eines Tafelbildes („Whiteboard“-Funktion) in Echtzeit vermitteln; andererseits – und dies trifft insbesondere auf Seminare zu – können die Studierenden Einträge interaktiv vornehmen und auf bestimmte Bildinhalte hinweisen. Auch Kleingruppenarbeit mit Aufteilung der Videokonferenzteilnehmer in weitere Subgruppen ist möglich.

Interaktive Fallsammlungen, z. B. auf der Lernplattform conrad der DRG (UniRad, CoRad-19), unterstützen digitale Lehrkonzepte erheblich. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, sich individuell und interaktiv mit realen radiologischen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Die Kombination mit Videokonferenzen bietet hierbei die Möglichkeit, die Fälle mit Unterstützung eines Lehrenden zu bearbeiten und offene Fragen oder Probleme zu klären. Bei Präsenzveranstaltungen wie Blockpraktika, Famulaturen

oder im PJ bietet die Kombination aus fallbasiertem Lernen an Routinefällen oder speziell vorselektionierten Lehrfällen mit videobasierten Besprechungen die Möglichkeit einer realitätsnahen Lehre, vergleichbar mit der Präsenz am Arbeitsplatz.

Auf dem Gebiet von Prüfungen gestaltet sich diese Umsetzung insbesondere aus juristischen Gründen schwieriger, da Täuschungsversuchen nur durch erhebliche technische Vorkehrungen entgegenzutreten ist. Auf der anderen Seite können computergestützt höhere Kompetenzstufen leichter geprüft werden als anhand von MC-Fragen.

Die Vor- und Nachteile klassischer Lehrmethoden in Form von Präsenzveranstaltungen und *E-Learning* sind offensichtlich. Um die jeweiligen Vorteile effektiv zu nutzen und die Nachteile zu minimieren, wurden Lehrkonzepte entwickelt, in denen beide Lehrformen miteinander kombiniert werden [17]. Dazu gehören das „*Blended Learning*“ und der „*Flipped Classroom*“. Solche innovativen Lehrkonzepte wurden bereits in der Radiologie erprobt. Sie haben eine hohe Akzeptanz bei Studierenden und darüber hinaus das Potenzial, die Sichtbarkeit und Attraktivität des Faches zu verbessern [11, 18, 19]. Im Folgenden werden verschiedene Lehrformate kurz vorgestellt und Anwendungsmöglichkeiten in der Radiologie aufgezeigt.

Die **Vorlesung** ist die klassische Lehrmethode, bei der der Dozierende in einem Hörsaal in Form eines Vortrags und in der Regel mithilfe von Folien Wissen vermittelt und die Studierenden dabei eine meist passive Rolle einnehmen. Diese Lehrform ist sehr verbreitet, weil sie insbesondere bei größeren Studiengruppen ressourcenschonend ist, auch wenn sie aus didaktischer Sicht mittlerweile als veraltet gilt [1, 20]. Ein Teil der Lehre kann sicherlich noch als Vorlesung stattfinden, es sollte jedoch nicht der Großteil der Veranstaltungen mit diesem Lehrformat bestritten und eine Kombination mit Unterricht in kleinen Gruppen und innovativen Lehrmethoden zur Vermittlung von Kompetenzen angestrebt werden. Bei Vorlesungen kann eine Aktivierung der Studierenden maßgeblich zur Verbesserung beitragen. Hierfür stehen zahlreiche gut erprobte und wissenschaftlich evaluierte Methoden zum Einsatz digitaler Medien (z. B. Quiz-Tools) zur Verfügung, die zu einem verbesserten Wissenserwerb und nachhaltigeren Lerneffekt führen.

**Kleingruppenunterricht** bietet sich in der Radiologie insbesondere zum problembasierten Lernen mit eigenständigem Betrachten und Befunden von Röntgenbildern und Schnittbildern [19, 21] sowie zum Erlernen von Grundlagen in der Sonografie und interventionellen Radiologie an [22, 23]. Dabei können z. B. die anatomische Orientierung, das Erkennen und Beschreiben einer Pathologie oder das Erlernen von Fertigkeiten im Vordergrund stehen. Diese Unterrichtsform kann allein radiologisch oder aber integrativ mit anderen Fächern erfolgen. Sie ermöglicht ein hohes Maß an Interaktion und Erfahrungsaustausch und ist bei Studierenden sehr beliebt. Nachteile bestehen in einem hohen Personalaufwand sowie im Bereithalten ausreichender Räumlichkeiten mit entsprechender technischer Ausstattung wie z. B. Computern mit Bildbetrachtungssoftware oder Ultraschallgeräten. Daher wird es mit den gegebenen Ressourcen an vielen Fakultäten nur möglich sein, einen Teil der Lehre in dieser Form zu gestalten. Des Weiteren ist der Kleingruppenunterricht besonders geeignet für ausgewählte Studiengruppen, z. B. im Rahmen eines Electives

oder Wahlpflichtfaches. Neben den Ressourcen sollte hier auch bedacht werden, dass sich insbesondere sehr an der Radiologie interessierte Studierende für solche Kurse anmelden und als Nachwuchs motiviert werden können.

Wenn es die lokalen Gegebenheiten erlauben, ist praktischer Radiologieunterricht auch in größeren Studierendengruppen möglich. Dafür ist eine entsprechende Ausstattung, z. B. in Form eines Multimediaraums, nötig. An der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) findet bereits seit 2015 ein **radiologisches Befundtraining** [19] mit spezieller Befundungssoftware (Visage Imaging, Pro Medicus Limited, Richmond, Australia), die über alle für die klinische Routine erforderlichen Funktionen wie z. B. multiplanare Reformationen und *Volume Rendering* Darstellungen ermöglicht, statt. Hier bearbeiten Studierende des 4. und 5. Studienjahres radiologische Fälle eigenständig und präsentieren diese dann im Plenum; der Dozent unterstützt und gibt Hintergrundinformationen. Ähnliche Formate gibt es auch bereits an anderen Fakultäten [24, 25]. Diese Form der Lehre ermöglicht den Unterricht größerer Gruppen von bis zu ca. 30 Studierenden. Das Format ist somit etwas ressourcenschonender als der Kleingruppenunterricht und kann zumindest für einen Teil der Pflichtlehre eingesetzt werden.

Beim **E-Learning** werden computerbasiert Inhalte vermittelt. An einigen Universitäten gibt es hierfür spezielle webbasierte Programme, wie z. B. Ilias an der Medizinischen Hochschule Hannover, OLAT an der Universität Zürich oder Moodle. Nach Vorarbeiten der Universität Tübingen (TUERAD) hat die DRG in Kooperation mit MeVis die digitale Lehrplattform conrad erstellt, auf der neben zertifizierten Online-Kursen und praktischen Fallsammlungen für Ärzte und Vortragsaufzeichnungen von Kongressen auch mehrere Kurse für Studierende verfügbar sind (UniRad, CoRad-19) [26]. Je nach genutzter Software ist neben einer reinen Wissensvermittlung auch eine Interaktion in Form von Fällen und Fragen möglich. Für die Radiologie ist besonders auf die Möglichkeit der Bildbetrachtung zu achten. Neben Einzelbildern sollte auch die Betrachtung von CT-Datensätzen in implementierten DICOM-Viewern möglich sein. Auch die Integration von Videos ist mitunter hilfreich [26–28]. Anders als bei Präsenzveranstaltungen ermöglicht dieses digitale Lehrformat ein Lernen im eigenen Tempo losgelöst von Ort und Zeit. Wenn die Inhalte erst einmal erstellt sind, ist die Methode zeit- und ressourcensparend, insbesondere dann, wenn durch Kooperationen Inhalte Fakultätenübergreifend genutzt werden. Nachteile sind die fehlende Interaktion und eingeschränkte persönliche Betreuung durch die Dozierenden, was u. a. zur sinkenden Aufmerksamkeit bei den Zuhörern führen kann.

Bei **Lehrfilmen** ist im Gegensatz zum E-Learning keine Interaktion durch die Studierenden möglich. Die Art ähnelt eher einer Vorlesung oder einem Vortrag. Neben Folien mit Tonunterlegung können auch aufgezeichnete Vorträge dazu gezählt werden. Dennoch sind die Studierenden von Ort und Zeit unabhängig und können durch ein Unterbrechen des Videos oder Wiederholen bestimmter Sequenzen ihr eigenes Lerntempo wählen. Lehrvideos sind bereits weit verbreitet [29], und es gibt radiologische Lehrfilme z. B. auf YouTube [30] und conrad, die beispielsweise die Grundlagen der verschiedenen radiologischen Modalitäten erklären oder eine Einführung in die Röntgen-Thorax-Befundung

geben. Lehrfilme können eigenständig oder eingebettet in *E-Learning*-Module verwendet werden.

„**Blended Learning**“ (integriertes Lernen) bezeichnet eine Lehrform, in der klassische Lehrmethoden in Form von Präsenzveranstaltungen und *E-Learning* miteinander kombiniert werden. Ein Beispiel für die praktische Anwendung ist ein *E-Learning*-Modul zum Thema FAST-Sonografie mit einer anschließenden Präsenzveranstaltung in Kleingruppen, in der die theoretisch erlernten Inhalte praktisch trainiert werden können [22]. Weitere Berichte gibt es z. B. für den Unterricht in radiologischer Anatomie [31] und für die Mammografie [32]. Auf diese Weise können effektive und flexible elektronische Lehrformen mit praktischem Lernen in Präsenzveranstaltungen didaktisch sinnvoll kombiniert werden. Der Nachteil der mangelnden Kompetenzvermittlung im Rahmen des E-Learnings wird durch die anschließende praktische Präsenzveranstaltung gemindert und gleichzeitig bleibt der Unterricht personal- und ressourcenschonend durch den vorangegangenen eigenständigen digitalen Lernanteil. Somit zielt *Blended Learning* darauf ab, durch die geeignete Kombination verschiedener Medien und Methoden deren Vorteile zu verstärken und die Nachteile zu minimieren. Dafür müssen die Phasen von Präsenzlehre und Online-Lehre eng aufeinander abgestimmt sein. Durch die Nutzung des jeweils optimalen Mediums im jeweiligen Schritt des Lernprozesses stellt *Blended Learning* eine nahezu universell anwendbare Lernorganisationsform dar [33, 34].

Der Begriff des „**Flipped Classroom**“ wurde 2012 eingeführt [35]. Hierbei wird die übliche Reihenfolge von erst durchgeführtem Unterricht und anschließend angefertigter Hausaufgabe umgekehrt: Die Studierenden bereiten sich eigenständig vor und im nachfolgenden Unterricht wenden sie das neu erworbene Wissen direkt an. Als Hausaufgabe kann dabei neben einer eigenständigen Vorbereitung mithilfe eines Lehrbuchs auch ein *E-Learning*-Modul oder ein Lehrfilm zum Einsatz kommen [36]. Der folgende Präsenzunterricht kann dann dazu genutzt werden, das bereits vorhandene Wissen anzuwenden und in der Gruppe zu diskutieren. Der Dozierende steht hierbei nicht im Fokus des Geschehens, sondern steht den Studierenden lediglich mit Rat und Tat zur Seite und kann flexibel auf Wissenslücken und Missverständnisse eingehen. Es findet somit ein Wandel statt – weg von der Dozierenden-zentrierten, hin zur Studierenden-zentrierten Lehre [37, 38]. Die Zeit der Interaktion zwischen Studierenden und Dozierendem kann durch das vorherige Selbststudium effektiver genutzt werden, da das Erlernen der Grundlagen bereits in Eigenarbeit erfolgt ist [39, 40]. Die erlangten praktischen Fertigkeiten können dann in der Nachbereitung mithilfe von digitalen Fallsammlungen im Selbststudium weiter gefestigt werden. *Flipped Classroom* erhöht nachweislich die Zufriedenheit und Eigenverantwortung der Studierenden, durch ihre aktive Teilnahme können sie ihren Lernerfolg selbst steuern. Der hohe Praxisbezug und die unmittelbare Anwendbarkeit des Gelernten erhöhen die Motivation und das Interesse der Studierenden am Thema. Hierdurch bekommt der Lerninhalt größere emotionale Bedeutung und ermöglicht tiefgründigeres Lernen [38]. Durch die vermehrte Interaktion zwischen den Studierenden im Präsenzunterricht erhöht sich zudem der Lerneffekt bei den Studierenden [14, 40]. Dieses Lernformat wird bereits seit Jahren insbesondere im angloamerikanischen Raum in den verschiedensten Disziplinen erfolgreich eingesetzt,



mittlerweile sind auch erste Berichte für die Anwendung in der radiologischen Lehre publiziert [41–44].

## Zusammenfassung

Das neue radiologische Curriculum für das Medizinstudium wurde im Konsens mit den Lehrstuhlinhabern der Radiologie in Deutschland und ihren Lehrverantwortlichen erstellt und in den NKLM 2.0 integriert. Die hierbei im Vordergrund stehende kompetenzbasierte Lehre spiegelt sich in der Radiologie vor allem in der eigenständigen Befundung von Röntgenbildern, der Durchführung von orientierenden Ultraschalluntersuchungen, der Beurteilung der diagnostischen Wertigkeit und Indikationen der verschiedenen radiologischen Modalitäten, der Einordnung der diagnostischen und therapeutischen Methoden im interdisziplinären Kontext und der Kommunikation mit dem Zuweiser und Patienten bzw. deren Sorgeberechtigten wider. Um die Vermittlung dieser Fähigkeiten ressourcensparend umzusetzen, sind neue innovative Lehrkonzepte nötig, die die Vorteile des Präsenzunterrichts in kleinen Gruppen zum praktischen und fallbasierten Lernen mit digitalen Lehrangeboten in Form von *E-Learning* und Lehrfilmen zur ressourcensparenden Vermittlung theoretischer Inhalte kombinieren. Insbesondere bei den digitalen Inhalten bietet sich auf nationaler Ebene eine Zusammenarbeit an, die mit UniRad bereits begonnen hat und mit der Umsetzung des NKLM 2.0 neue Möglichkeiten eröffnet.

## Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Danksagung

Wir möchten uns bei allen bedanken, die an der Umfrage teilgenommen haben und damit zur Erstellung des Curriculums beigetragen haben. Des Weiteren gilt unser Dank allen Mitgliedern der Projektgruppe „Digitale Kompetenzen“ und der Arbeitsgruppe „Therapeutische Maßnahmen“ der NKLM-/GK-Weiterentwicklung für den fachlichen Austausch, Herrn Dr. Volkhard Fischer von der Medizinischen Hochschule Hannover für die Unterstützung bei der Durchführung der Online-Umfrage mit EvaSys sowie Frau Sandra Ermisch von der DRG für die Unterstützung bei der Kommunikation mit den Mitgliedern von KLR und Vorstand der DRG.

## Literatur

- [1] Frenk J, Chen L, Bhutta ZA et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *Lancet Lond Engl* 2010; 376: 1923–1958
- [2] Wissenschaftsrat. Neustrukturierung des Medizinstudiums und Änderung der Approbationsordnung für Ärzte. Empfehlungen der Expertenkommission zum Masterplan Medizinstudium 2020. <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/7271-18.pdf>. abgerufen am 11.02.2020. 2018
- [3] Medizinischer Fakultätentag 2015. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM). [http://www.nklm.de/files/nklm\\_final\\_2015-07-03.pdf](http://www.nklm.de/files/nklm_final_2015-07-03.pdf); abgerufen am 11.02.2020. 2015
- [4] Bundesministerium für Bildung und Forschung. Masterplan Medizinstudium 2020. [https://www.bmbf.de/files/2017-03-31\\_Masterplan%20Beschlussstext.pdf](https://www.bmbf.de/files/2017-03-31_Masterplan%20Beschlussstext.pdf); abgerufen am 08.07.2021. 2017
- [5] Bundesministerium für Gesundheit. Verordnung zur Neuregelung der ärztlichen Ausbildung. Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit. [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3\\_Downloads/Gesetze\\_und\\_Verordnungen/GuV/A/Referentenentwurf\\_AEApprO.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/GuV/A/Referentenentwurf_AEApprO.pdf); abgerufen am 08.07.2021. 2021
- [6] Medizinischer Fakultätentag. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin – Version 2.0. <https://nklm.de/zend/menu/index>; abgerufen am 16.05.2021. 2021
- [7] Richter-Kuhlmann E. Lernzielkatalog Medizin: Mehr als Faktenwissen. *Dtsch Arztebl International* 2015; 112: 1366–1367
- [8] European Society of Radiology. Curriculum for Undergraduate Radiological Education U-Level Curriculum Edition March 2019.
- [9] Ertl-Wagner B, Barkhausen J, Mahnken A et al. White Paper: Radiological Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany. *ROFO Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 2016; 188: 1017–1023
- [10] Bloch R, Bürgi H. The Swiss catalogue of learning objectives. *Med Teach* 2002; 24: 144–150
- [11] Nyhsen CM, Steinberg LJ, O’Connell JE. Undergraduate radiology teaching from the student’s perspective. *Insights Imaging* 2013; 4: 103–109
- [12] Kraft M, Sayfie A, Klein K et al. Introducing First-Year Medical Students to Radiology: Implementation and Impact. *Acad Radiol* 2018; 25: 780–788
- [13] Qureshi Z. Technology and medical education: change for the better? *Clin Teach* 2016; 13: 461
- [14] Sivarajah RT, Curci NE, Johnson EM et al. A Review of Innovative Teaching Methods. *Acad Radiol* 2019; 26: 101–113
- [15] European Society of Radiology (ESR). ESR statement on new approaches to undergraduate teaching in Radiology. *Insights Imaging* 2019; 10: 109
- [16] Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of E-learning in medical education. *Acad Med J Assoc Am Med Coll* 2006; 81: 207–212
- [17] Salajegheh A, Jahangiri A, Dolan-Evans E et al. A combination of traditional learning and e-learning can be more effective on radiological interpretation skills in medical students: a pre- and post-intervention study. *BMC Med Educ* 2016; 16: 46
- [18] Dettmer S, Weidemann J, Fischer V et al. Integrative teaching in radiology – a survey. *ROFO Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 2015; 187: 260–268
- [19] 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. *ROFO Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 2017; 189: 1076–1085
- [20] Mehta NB, Hull AL, Young JB et al. Just imagine: new paradigms for medical education. *Acad Med J Assoc Am Med Coll* 2013; 88: 1418–1423
- [21] 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 Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 2014; 186: 458–465
- [22] Bintaro P, Schneidewind S, Beck C et al. Erfahrungen mit der Implementierung eines interdisziplinären eFAST-Sonografie-Seminars für Studierende der Humanmedizin [Bericht über Entwicklungsprozess] 2018.
- [23] Stoehr F, Schotten S, Pitton MB et al. Endovascular simulation training: a tool to increase enthusiasm for interventional radiology among medical students. *Eur Radiol* 2020; 30: 4656–4663
- [24] Chen Y, Zheng K, Ye S et al. Constructing an experiential education model in undergraduate radiology education by the utilization of the picture archiving and communication system (PACS). *BMC Med Educ* 2019; 19: 383

- [25] Petsch I. Austausch zum Thema Befundtraining in der Radiologie, Erfahrungsbericht aus dem Uniklinikum Münster 2020.
- [26] MeVis Medical Solutions AG. UNIRAD. <https://academy.mevis.de/drg/.o.>
- [27] Pinto A, Brunese L, Pinto F et al. E-learning and education in radiology. *Eur J Radiol* 2011; 78: 368–371
- [28] Wentzell S, Moran L, Dobranowski J et al. E-learning for chest x-ray interpretation improves medical student skills and confidence levels. *BMC Med Educ* 2018; 18: 256
- [29] Kahn S. Salman Khan TED Talk 2011. <https://www.youtube.com/watch?v=gM95HHI4gLk>, abgerufen am 11.02.2020, 2011
- [30] Baeßler B. Radio-RESET. <https://www.youtube.com/channel/UCRwDz9QUWf2LcWiUbynsdmA>, abgerufen am 11.02.2020, o. J.
- [31] Shaffer K, Small JE. Blended learning in medical education: use of an integrated approach with web-based small group modules and didactic instruction for teaching radiologic anatomy. *Acad Radiol* 2004; 11: 1059–1070
- [32] Vásquez A, Palazuelos G, Pinzon BA et al. Blended Learning in Radiology: Evaluation of a Nationwide Training Program on Breast Imaging. *J Am Coll Radiol JACR* 2018; 15: 458–462
- [33] Liu Q, Peng W, Zhang F et al. The Effectiveness of Blended Learning in Health Professions: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res* 2016; 18: e2
- [34] Mahnken AH, Baumann M, Meister M et al. Blended learning in radiology: is self-determined learning really more effective? *Eur J Radiol* 2011; 78: 384–387
- [35] Young TP, Bailey CJ, Guptill M et al. The flipped classroom: a modality for mixed asynchronous and synchronous learning in a residency program. *West J Emerg Med* 2014; 15: 938–944
- [36] Green DE, McNeeley MF. Practice corner: is radiology education ready for a flipped classroom? *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 2013; 33: 533–534
- [37] Sharma N, Lau CS, Doherty I et al. How we flipped the medical classroom. *Med Teach* 2015; 37: 327–330
- [38] Ramnanan CJ, Pound LD. Advances in medical education and practice: student perceptions of the flipped classroom. *Adv Med Educ Pract* 2017; 8: 63–73
- [39] Chen F, Lui AM, Martinelli SM. A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education. *Med Educ* 2017; 51: 585–597
- [40] Hew KF, Lo CK. Flipped classroom improves student learning in health professions education: a meta-analysis. *BMC Med Educ* 2018; 18: 38
- [41] Afzal S, Masroor I. Flipped Classroom Model for Teaching Undergraduate Students in Radiology. *J Coll Physicians Surg-Pak JCPSP* 2019; 29: 1083–1086
- [42] Tan N, Bavadian N, Lyons P et al. Flipped Classroom Approach to Teaching a Radiology Medical Student Clerkship. *J Am Coll Radiol JACR* 2018; 15: 1768–1770
- [43] Belfi LM, Bartolotta RJ, Giambone AE et al. “Flipping” the introductory clerkship in radiology: impact on medical student performance and perceptions. *Acad Radiol* 2015; 22: 794–801
- [44] O’Connor EE, Fried J, McNulty N et al. Flipping Radiology Education Right Side Up. *Acad Radiol* 2016; 23: 810–822