

# Management & Krankenhaus

M&K kompakt ist das regelmäßige Sonderheft von Management & Krankenhaus – zu besonderen Themen oder Events.



Ausgabe 4/2018  
**kompakt**  
Sonderheft



## RADIOLOGIE

### MR- Neurographie

Direkte Darstellung  
von Nerven

### Radioonkologie

Behandlung von  
Hirnmetastasen

### Revolution

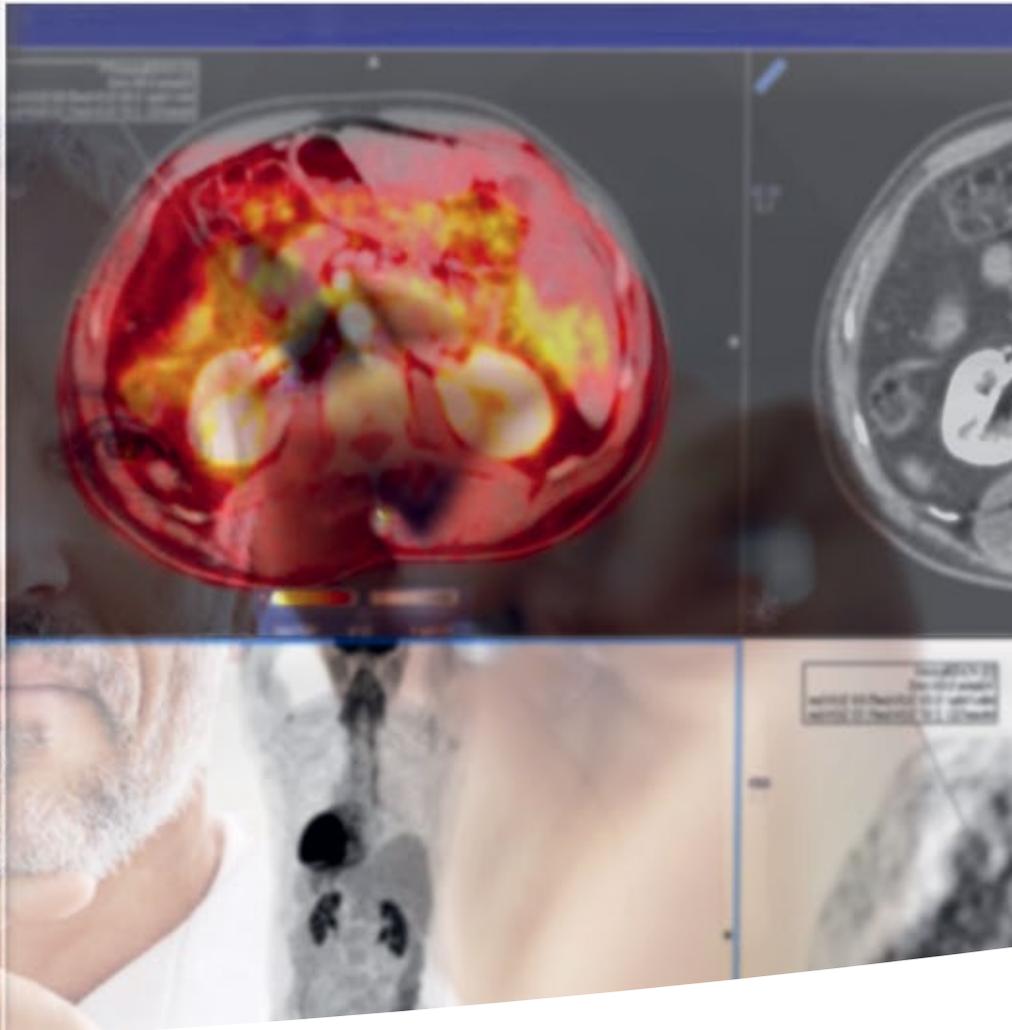
Künstliche Intelligenz  
in der Radiologie

### Personalplanung

Leistungsorientierte  
Bedarfsplanung

**WILEY**

# Inspiring the future of healthcare together



Als Siemens Healthineers unterstützen wir weltweit Gesundheitsversorger in ihrem stetig wachsenden Geschäftsumfeld. Dabei vertrauen unsere Kunden – und jährlich etwa fünf Millionen Patienten\* – auf unsere Spitzentechnologie und die hohe Qualität unseres breiten Produkt- und Serviceportfolios. Gleichzeitig helfen unsere Lösungen, die klinischen, betrieblichen und finanziellen Ergebnisse unserer Kunden kontinuierlich zu optimieren.

\*Siemens AG, "Sustainable healthcare strategy – Indicators in fiscal 2014", Seite 3–4

So nutzen wir etwa das ständig wachsende Volumen an Daten und Erkenntnissen, um für Sie digitale, ganzheitliche Services zu entwickeln – für weniger Risiken und mehr Chancen.

Kurz: Wir stehen Ihnen als engagiertes und vernetztes Team und als Partner bereit, um Ihren Erfolg gemeinsam mit Ihnen konsequent zu sichern.

**Siemens Healthineers.**

**Engineering success. Pioneering healthcare. Together.**

# „RADIOLOGIE VERBINDET“

■ Dies ist das Motto des diesjährigen Deutschen Röntgenkongresses, der vom 9. bis 12. Mai in Leipzig stattfindet. Der Kongress fokussiert auf die drei Schwerpunktthemen Herz und Gefäße, Neuroradiologie und Digitale Kommunikation, zu denen Sie auch Artikel in unserem Kompakt finden.

In keinem anderen Fach der Medizin tritt die Verknüpfung der verschiedenen Fachbereiche so deutlich hervor wie in der Radiologie. Allein die Kombination aus diagnostischer Kompetenz und klinisch-therapeutischem Fachwissen ermöglicht eine optimale Patientenversorgung. Die Bildgebung mit ihren unterschiedlichen bildgebenden Verfahren und Techniken spielt dabei eine entscheidende Rolle. In den letzten Jahren ist in vielen Bereichen eine Verschiebung von der rein Diagnostischen Radiologie zur Interventionellen Radiologie zu beobachten.

Ein sehr interessantes, aktuelles Beispiel dafür lesen Sie im Artikel zum „Einsatz der optischen Kohärenztomografie in der interventionellen Kardiologie“ von Priv.-Doz. Dr. Leistner und Dr. Steiner auf S. 4. Die optische Kohärenztomografie ermöglicht eine hochauflösende Darstellung der Koronarstruktur und -morphologie und fokussiert als kardiologisches Thema auf eines der drei Schwerpunktthemen des Röntgenkongresses.

Ein weiterer Themenschwerpunkt des Kongresses ist der Bereich Neuroradiologie. Im Artikel von Prof. Dr. Combs von der TU München (S. 20) können Sie sich bei uns über die Radio-onkologische Behandlung von Hirnmetastasen informieren. Dr. Ranft aus dem Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke erläutert in seinem Beitrag die komplexe Behandlung von Aneurysmen (S. 18).

Die Radiologie nimmt mit ihren technischen Weiterentwicklungen auch in den Bereichen Digitalisierung, Big Data und künstliche Intelligenz eine führende Rolle ein. Auf welche Art und Weise die Ergebnisse der bildgebenden Diagnostik mit klinischen Daten verknüpft und für eine verbesserte Prognoseabschätzung herangezogen werden können, lesen Sie im Beitrag „Radiomics – Diagnostischer Schlüssel zur personalisierten Medizin“ von Prof. Dr. Schönberg et al. auf S. 8.

Welche Verbesserungen Künstliche Intelligenz für die Patientenversorgung bringt, wo Herausforderungen liegen und welche Rolle der Mensch in verschiedenen Zukunftsszenarien einnimmt erläutert Prof. Dr. Forsting in seinem Beitrag auf S. 10.

Ich wünsche Ihnen ein spannendes Lesevergnügen und bleiben Sie gesund! ■■

*Dr. Jutta Jessen*



## INHALT

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <b>3 Radiologie verbindet</b>  | <b>12 Effizientere Interpretation von Farb- und Graustufen-aufnahmen</b> | <b>16 Optimierung bildgebender Verfahren</b>                       |
| <b>4 Optische Kohärenztomographie in der interventionellen Kardiologie</b> | <b>13 Informationen aus Tumoren mit bisher unerreichter Präzision</b>    | <b>17 Strategische Partnerschaften stärken kommunale Versorger</b> |
| <b>6 Leistungsorientierte Personalbedarfsplanung im Krankenhaus</b>        | <b>13 Moderne Ultraschall-technik</b>                                    | <b>18 Komplexe Behandlung von Aneurysmen</b>                       |
| <b>8 Radiomics – Diagnostischer Schlüssel zur personalisierten Medizin</b> | <b>14 Direkte Darstellung von Nerven</b>                                 | <b>20 Radioonkologische Behandlung von Hirnmetastasen</b>          |
| <b>10 Künstliche Intelligenz revolutioniert die Radiologie</b>             | <b>15 Eiszeit für Tumore</b>   | <b>22 Mixed-Reality in der Medizin</b>                             |
|  | <b>16 Bei unwirksamen Therapien früher gegensteuern</b>                  | <b>22 Index, Impressum</b>   |



# OPTISCHE KOHÄRENZTOMOGRAFIE IN DER INTERVENTIONELLEN KARDIOLOGIE

Die optische Kohärenztomografie (OCT) ist eine innovative, auf der Emission von Infrarotlicht basierende, intrakoronare Bildgebungstechnik, die erstmals eine hochauflösende Darstellung der Koronarstruktur und -morphologie ermöglicht.

Priv.-Doz. Dr. David M. Leistner und Dr. Julia K. Steiner, Medizinische Klinik für Kardiologie, Charité Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin

■■ Dadurch werden eine genaue Darstellung der Koronargefäßwand und eine differenzierte Festlegung des interventionellen Behandlungsziels im Herzkatheterlabor möglich.

Die optische Kohärenztomografie (englisch: optical coherence tomography [OCT]) ist ein innovatives, auf der Reflexion von Infrarotlicht basierendes bildgebendes Verfahren, das in der Kardiologie für die intravaskuläre Darstellung von Koronargefäßen verwendet wird. Aufgrund der hohen optischen Auflösung, die etwa 10-mal höher ist als beim intrakoronaren Ultraschall (IVUS), wird erstmals eine zuverlässige Beurteilung von Mikrostrukturen innerhalb der Gefäßwand möglich. In der täglichen Praxis im Herzkatheterlabor sind sowohl die Evaluation angiografisch unklarer Koronarveränderungen als auch die Planung und die Kontrolle des Interventionsergebnisses vor, während und nach perkutaner Koronarintervention (PCI) im Sinne einer OCT-geführten PCI Hauptanwendungsgebiete der OCT-Bildgebung. Dies hat die OCT zu dem



Priv.-Doz. Dr. David M. Leistner, Charité Universitätsmedizin Berlin



Dr. Julia K. Steiner, Charité Universitätsmedizin Berlin

intravaskulären Bildgebungsverfahren der klinischen Routine gemacht.

## Morphologie der Koronargefäße

In unauffälligen Koronarien lässt sich mithilfe der optischen Kohärenztomografie OCT die klassische Dreischichtung der Gefäßwand darstellen: Intima, Media und Adventitia mit den vasa vasorum (siehe Abb. 1).

Bei der Morphologie von atherosklerotischen Koronarläsionen unterscheidet man stabile und instabile Plaques. Stabile Plaques sind atherosklerotische Läsionen, die durch eine fokale Verdickung der Gefäßwand charakterisiert sind, und lassen sich je nach Gewebzusammensetzung in die Unterformen lipidreiche Plaques, fibröse Plaques und fibrokalzifizierte Plaques unterteilen.

Instabile oder vulnerable Plaques lassen sich mittels OCT vor allem bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom (ACS) nachweisen. Hierzu zählen sowohl das Thin-cap-fibroatheroma (TCFA), vergleiche Abb. 2a sowie auch die klassischen pathomorphologischen koronaren Veränderungen beim Infarkt: Plaquerosion, siehe Abb. 2b und Plaqueruptur (siehe Abb. 2c).

## Evaluation von Koronarläsionen

Die OCT ermöglicht ebenso eine detaillierte Querschnittsanalyse von Gefäßlumen und Gefäßwand innerhalb des geschnittenen Abschnitts des Zielgefäßes (siehe Abb. 3). Neben der genauen morphologischen Beurteilung der Gefäßwand kann so die genaue Länge der Zielläsion ermittelt werden. Dies kann dabei helfen, vor Koronarintervention (PCI) die adäquate Länge des Stents zu wählen und so sicherzustellen, dass die gesamte Läsion vollständig abgedeckt werden kann.

Auch die exakte Positionierung des Stents kann mittels OCT millimetergenau geplant werden, um ein unvollständiges Abdecken der Läsion zu vermeiden.

Außerdem ermöglicht die Messung der Referenz-Querschnittsfläche und des Referenz-Diameters im distalen und proximalen Referenzsegment die Berechnung des optimalen Stentdurchmessers. Nach erfolgter Stentversorgung lässt die hohe Auflösung der OCT eine sehr genaue Beurteilung des PCI-Ergebnisses zu und ermöglicht sogar die Visualisierung einzelner Stent-Strahlen (siehe Abb. 4a). Durch

eine inadäquate Adaption des Stents an die Gefäßwand können Stent-Struts im Gefäßlumen ohne Kontakt zur Gefäßwand liegen („Malapposition“). Dies kann angiografisch nicht identifiziert werden, aber ist mittels OCT einfach zu erkennen. Während geringe Stent-Malappositionen klinisch meist folgenlos blieben, erhöht eine signifikante Stent-Malapposition von  $>200 \mu\text{m}$  das Risiko von In-Stent Thrombosen. Auch eine Stent-Unterexpansion (siehe Abb. 4a) ist prognostisch bedeutsam, mit dem OCT einfach und zuverlässig zu identifizieren und kann unbehandelt potentiell tödliche Folgen nach sich ziehen. Ferner werden durch das OCT Akut-Komplikationen der durchgeführten Stentimplantation erkennbar und behandelbar. Hierbei sind vor allem Kantendissectionen („edge dissection“; (siehe Abb. 4a)), also der Einriss in die Gefäßwand am proximalen oder distalen Ende eines Stents, bedeutsam, die mit der hochauflösenden OCT-Technik erkennbar werden und ggf. durch zusätzliche Stentimplantation behandelt werden müssen (siehe Abb. 4a).

## Routine-Anwendungsmöglichkeit

Für den klinischen Routine-Gebrauch ist das wichtigste Anwendungsgebiet für die OCT heute die Planung einer Koronarintervention (PCI) mit anschließender Kontrolle und gegebenenfalls Optimierung des interventionellen Resultats, gerade bei komplexen Koronarläsionen. Vor allem bei schwieriger angiografischer Läsionseinschätzung in schwer zu projizierenden Lokalisationen ist die Verwendung des OCT zu empfehlen, um eine möglichst differenzierte interventionelle Therapie mit gutem Ergebnis erreichen zu können. Dies trifft insbesondere für Patienten mit akutem Koronarsyndrom (ACS) zu, bei welchen im Angiogramm keine klare Gefäßläsion ausgemacht

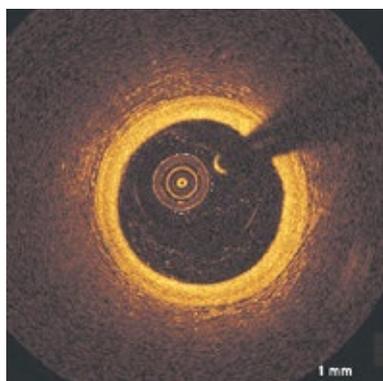


Abb. 1: OCT-Bildgebung einer gesunden Koronargefäßwand Foto: Leistner, Charite 2017

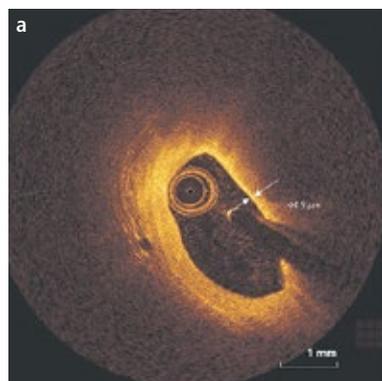
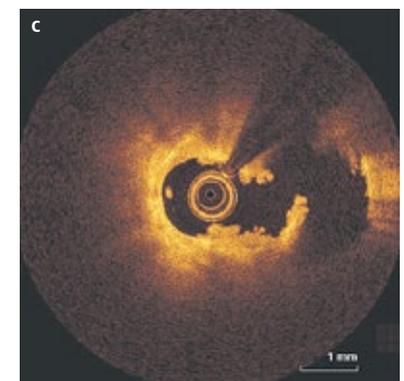
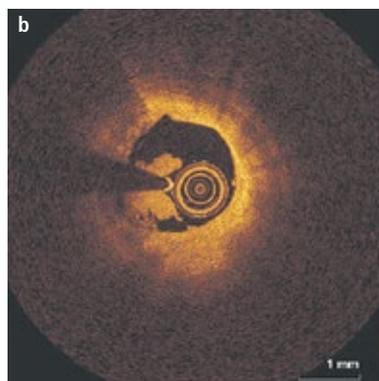


Abb. 2: Darstellung verschiedener koronarer Plaqueformationen und Gefäßpathologien im OCT: A: Thin-cap-fibroatheroma (TCFA; Kappendicke= 44.9  $\mu\text{m}$ ), B: Plaquerosion und C Plaqueruptur



Fotos: Leistner, Charite 2017

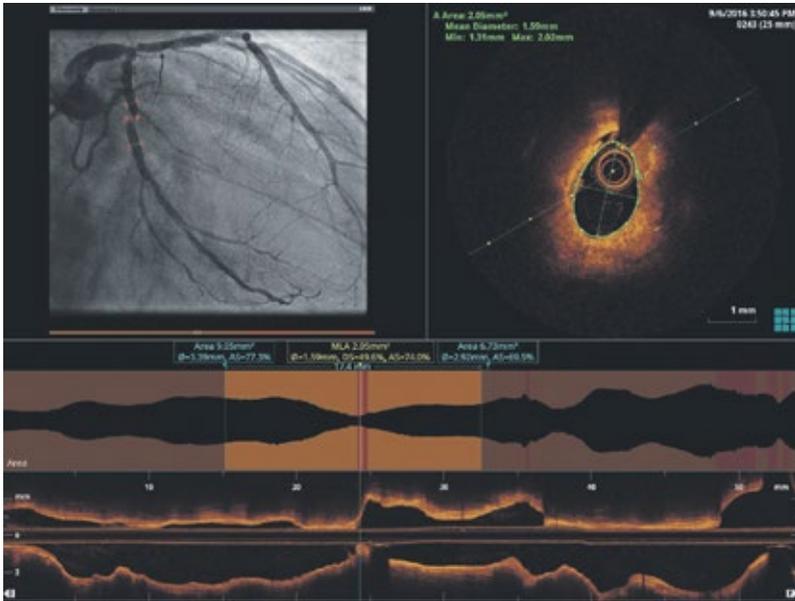


Abb. 3: OCT-Auswertetool eines modernen OCT-Systems mit Option zur angiografischen Co-Registrierung: Parallele Darstellung des Angiogramms mit Cursor, der das dazugehörige OCT-Querschnittsbild anzeigt. Ferner OCT-Querschnittdarstellung der Rückzugsstrecke sowie der daraus automatisch errechneten Gefäßdiameterdarstellung.

Foto: Leistner, Charite 2017

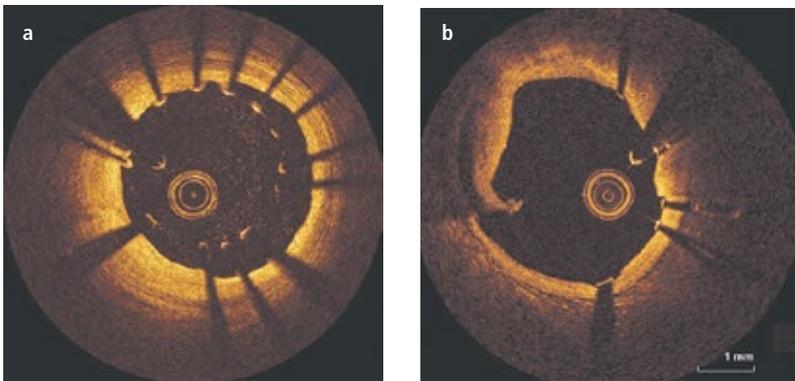


Abb. 4: a: OCT-Darstellung einer circumferenten Stent-Malapposition, sowie 4b: OCT-Darstellung einer Kantendissektion am distalen Stentende

Foto: Leistner, Charite 2017

werden kann und mittels OCT eine präzise Beurteilung der Gefäßwand und damit Infarktpathologie möglich ist. Eine hervorgehobene Stellung kommt der OCT bei der Klärung der Ursache von Stentthrombosen zu, um z. B. eine Stent-Malapposition, eine relevante Unterexpansion, eine Dissektion oder ein positives Remodelling bei Neo-Atherosklerose zu identifizieren. Diese Indikation zur OCT-Anwendung ist bereits in den gültigen Behandlungsleitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) mit einer IIa-Empfehlung vermerkt. Wissenschaftlich bestehen Bestrebungen, mittels OCT Plaquecharakteristika zu identifizieren, die für zukünftige Komplikationen prädisponieren und diese therapeutisch durch interventionelle oder medikamentöse Maßnahmen zu beeinflussen. So konnte beispielsweise bereits durch eine intensiviertere Statin-Therapie eine Plaquestabilisierung im OCT nachgewiesen werden. Die kürzlich abgeschlossene randomisierte Illumien-3-Studie untersuchte den Stellenwert der OCT zur Optimierung des PCI-Ergebnisses und konnte für

eine optimale Stentexpansion als Zielparameter eine Nicht-Unterlegenheit des OCT zum intrakoronaren Ultraschall (IVUS) zeigen. Prospektive randomisierte klinische Outcome-Studien, die den OCT-Einsatz im Vergleich zur angiografisch geführten Intervention untersuchen, stehen noch aus: Eine kürzlich die vorhandenen OCT-Registerstudien zusammenfassende Metaanalyse wies nach, dass bei der OCT-geführten PCI im Vergleich zur angiografisch geführten PCI weniger Folge-Komplikationen (kardialer Tod, Myokardinfarkt, erneute Revaskularisation) auftraten. Die in Kürze weltweit beginnende Illumien-4-Studie wird bei mehr als 3.000 Patienten mit komplexen klinischen (Diabetes mellitus) oder läsionalen Kriterien (lange oder stark verkalkte Läsionen, Bifurkations-Läsionen/chronische Koronarverschlüsse) evaluieren, inwieweit eine OCT-geführte im Vergleich zu einer rein angiografisch geführten Interventionsstrategie die Prognose beeinflusst. ■■

| www.charite.de |

Canon

Made For life

# GENESIS

## Transforming CT



### PURE VISION Optics

- Nächste Generation der 320-Zeilen-Volumen-CTs
- FIRST modellbasierte iterative Rekonstruktion
- Neue PURE VISION Optik
- Neuer PURE VISION Detektor
- 3D-Laser-Kollimator
- Rekonstruktion von 80 Bildern pro Sekunde mit AIDR 3D
- 30° Gantryneigung
- Laterale Tischverschiebung
- Patientenschonende Untersuchungen

CANON MEDICAL SYSTEMS GMBH

<https://de.medical.canon>

# LEISTUNGSORIENTIERTE PERSONALBEDARFSPLANUNG IM KRANKENHAUS

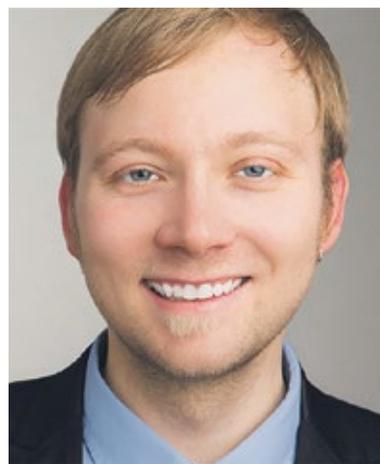
Die moderne Krankenhaus-Radiologie erstellt eine leistungsorientierte Personalbedarfsplanung auf Grundlage automatisiert erhobener Prozessdaten und ermöglicht damit auch eine krankenhausspezifische interne Leistungsverrechnung nach dem Verursachungsprinzip.

Felix V. Güttler, Andreas Heinrich und Prof. Dr. Ulf K-M. Teichgräber, Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena und Prof. Dr. Rainer Sibbel, Institute for International Health Management, Frankfurt School of Finance & Management

Das statistische Bundesamt weist die Personalkosten, ohne Kosten der Ausbildungsstätten und Ausbildungsfonds, für 2016 mit 61,3% der Gesamtkosten der Krankenhäuser aus. Insgesamt liegen ca. 85,7% der Personalkosten im medizinischen Bereich (Ärztlicher und Medizinisch-Technischer Dienst, Pflege- und Funktionsdienst). Unter den stetig wachsenden wirtschaftlichen Anforderungen wie auch einem zunehmenden Anspruch an die Quantität und Qualität der bildgebenden medizinischen Versorgung ist die Personalbedarfsplanung in der Radiologie von besonderer Bedeutung. Die Herausforderung für die Verantwortlichen liegt darin, die Effektivität und Effizienz der Leistungserbringung zu steigern, ohne dabei die medizinischen Rahmenbedingungen zu verletzen oder eine hohe Personalfuktuation aufgrund einer Überlastung der Mitarbeiter hervorzurufen. Praktische Empfehlungen zum konkreten Vorgehen, wie sie beispielsweise für Krankenhäuser in Österreich durch das „Handbuch für die Personalplanung“ auf Bundesebene formuliert werden, existieren in Deutschland nicht. Es gibt daher in deutschen Krankenhäusern eine Vielzahl von Methoden zur Personalbedarfsermittlung. Anhaltspunkte und -zahlen für die eher qualitativen Aspekte der Personalbedarfsplanung in der Radiologie finden sich in Deutschland in der Röntgenverordnung (RöV), dem Arbeitszeitgesetz (ArbZG) und



Felix V. Güttler, Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena



Andreas Heinrich, Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena



Prof. Dr. Ulf K-M. Teichgräber, Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena



Prof. Dr. Rainer Sibbel, Institute for International Health Management, Frankfurt School of Finance & Management

sources wie die Anzahl der erbrachten Leistungen der Mitarbeiter des Ärztlichen Dienstes (ÄD) oder des Medizinisch-Technischen Dienstes (MTD) sowie die Anzahl der Arbeitsplätze und Modalitäten. Die Effektivität und Effizienz einer radiologischen Einrichtung hängt dagegen auch von diversen weiteren Faktoren ab, wie der Qualifikation und das Zusammenwirken des ÄD mit dem MTD, der Qualität der Geräteausstattung und IT-Infrastruktur, betriebsorganisatorischer Aspekte, der baulichen Gegebenheiten, der zu behandelnde Patientenklientel sowie des diagnostischen und therapeutischen Angebots. In Universitätskliniken sind zudem auch im klinischen Betrieb zusätzlich primäre Aufgaben im Bereich der Lehre (bspw. Supervision) und Forschung (bspw. zusätzliche MRT-Sequenzen) zu erfüllen, die sich ebenso auf die Effizienz der Leistungserbringung auswirken.

Die große Anzahl der Faktoren und individuell zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen erschweren die Definition einer allgemeingültigen Formel zur Berechnung und Planung personeller Ressourcen. Aus diesem Grund basiert eine moderne leistungsorientierte Personalbedarfsplanung auf maschinell erhobenen Prozesszeitstempeln, welche im Radiologischen Informationssystem (RIS) und Picture Archiving and Communication System (PACS) hinterlegt sind. Die radiologischen Prozesse mit den größten Personalbindungsminuten stellen die bildgebenden Untersuchungen für den MTD bzw. die Befundung, Interventionen und Sonografien für den ÄD dar. Für jede dieser in der Radiologie erbrachten Leistungen können automatisiert individuelle Prozesslaufzeiten für die Untersuchungsdauer aus den RIS- und PACS-Datenbanken ermittelt oder berechnet werden. Das Resultat ermöglicht die Definition eines hausinternen Leistungskatalogs bestehend aus Prozesszeiten für jede durch die Zuweisung zu beauftragende Untersuchungsart (siehe Abb. 1).

Die leistungsorientierte Personalbedarfsplanung setzt sich letztlich aus einem analytischen (kalkulierten) und einem argumentativen Anteil zusammen. Die analytische Berechnung des leistungsorientierten Anteils ist nur bei Modalitäten sinnvoll, bei denen die klinische Leistungserbringung in maximaler und vergleichbarer Effizienz (Kernarbeitszeit) erfolgt. Andernfalls sollten Tätigkeiten des MTD wie bspw. die durchgehende Besetzung der

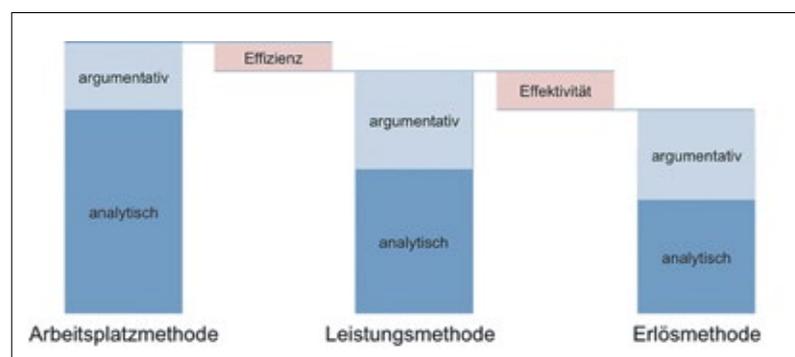


Abb. 1: Schematische Einordnung der Leistungsmethode im Vergleich zu der Arbeitsplatz- und Erlösmethode: Der Vergleich der Resultate (bspw. in VK) lässt eine Bewertung der Effizienz und Effektivität der Leistungserbringung zu.

den Leitlinien der Bundesärztekammer sowie der medizinischen Fachgesellschaften. Für quantitative Aspekte können bspw. die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ), der einheitliche Bewertungsmaßstab (EBM), der Normaltarif der Deutschen Krankenhausgesellschaft (DKG-NT) oder die deutschen

Diagnosebezogenen Fallgruppen (G-DRG) bzw. die Kostenmatrix des Instituts für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK) mit Einschränkungen herangezogen werden.

Die Produktivität ergibt sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht primär aus den quantitativ zu bemessenden Res-

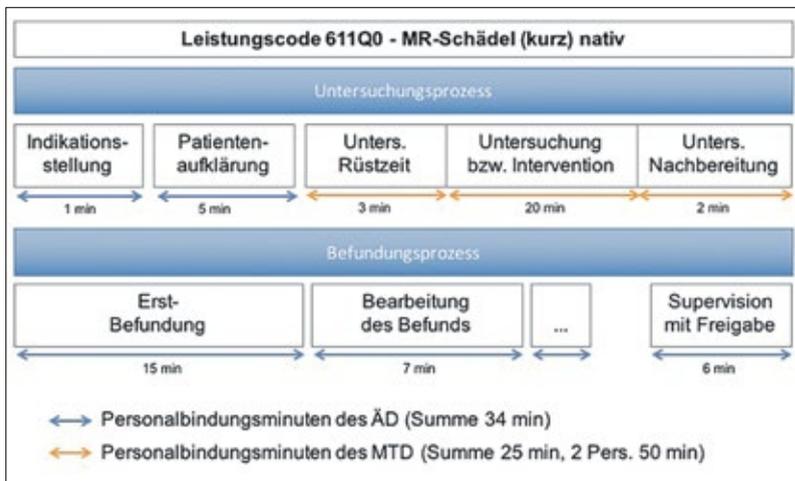


Abb. 2: Schematische Darstellung der Personalbindungsminuten in einem Universitätsklinikum am Beispiel einer MRT-Untersuchung. Nicht durch Zeitstempel nachweisbare Personalbindung (hier bspw. Befundbesprechung, Terminkoordination, etc.) muss im argumentativen Anteil pauschal ergänzt werden.

Notaufnahme, Leitstellen- und Schreibdienste als argumentativer Anteil in die Kalkulation einfließen. Dieses kann bspw. durch Anwendung der Arbeitsplatzmethode erfolgen. Zudem sind weitere Vollkräfte (VK) für zusätzliche Aufgaben, wie Leitungsaufgaben und Qualitätsmanagement, sowie der Freizeitausgleich für Rufbereitschaftsdienste, welche sich nicht in Dienste und Leistungen abbilden lassen, zu berücksichtigen.

Für die analytische Berechnung werden die Personalbindungsstunden des ÄD und MTD anhand des hausinternen Leistungskatalogs bzw. der tatsächlichen Personalbindungsstunden summiert. Dabei werden für den ÄD bspw. die Teilprozesse Indikationsstellung, Patientenaufklärung, Intervention, Sonografie und der Befundungsprozess berücksichtigt. Die Personalbindungsminuten des MTD ergeben sich bspw. aus der Rüstzeit, Bildgebung und Nachbereitung der Untersuchung. Die gesamten Personalbindungsstunden werden durch die Nettoarbeitsstunden einer VK des ÄD bzw. des MTD dividiert, um ein leistungsorientiertes Ergebnis zu erhalten. Die Nettoarbeitsstunden einer VK können aus der Bruttoarbeitszeit (Arbeitstage im Jahr ohne Wochenenden und Feiertage) berechnet werden, indem die durchschnittlichen Urlaubs- und Krankentage pro Person sowie weitere Fehltag, welche bspw. durch Dienstreisen oder Freistellungen für Forschungstätigkeiten entstehen, subtrahiert und das Ergebnis mit den Arbeitsstunden pro Tag multipliziert wird.

Die Leistungsmethode ermöglicht bei gleichzeitiger Betrachtung der Arbeitsplatzmethode und Erlösmethode Rückschlüsse auf die Effizienz und Effektivität der Leistungserbringung (siehe Abb. 2). Es können auch betriebsorganisatorische Faktoren (bspw. räumliche Trennung durch mehrere

Standorte) in die Berechnung einbezogen werden.

### Fazit

Jede Berechnung zur Personalplanung muss im Ergebnis nachvollziehbar bleiben. Die Festlegung von Bestimmungsfaktoren ist zu begründen; möglichst durch Berechnungen auf Basis aktueller Daten. Alle Berechnungsgrundlagen müssen dem Prinzip der White-Box entsprechen, auch wenn im Zusammenhang mit der Berechnung grundlegender Parameter nur das äußere Verhalten des Leistungssystems und der Mitarbeiter betrachtet werden soll. Der unreflektierte Einsatz von unspezifischen oder intransparenten Benchmark-Daten innerhalb der Berechnung ist prinzipiell kritisch zu bewerten, da eine Konsentierung des Ergebnisses dadurch erschwert wird. Der Erhebungsaufwand muss nach Möglichkeit gering gehalten werden. Daher gilt es nach den individuellen technischen und ablauforganisatorischen Voraussetzungen und Gegebenheiten des Hauses die bestmögliche Balance zwischen einem korrekteren Ergebnis und einem geringeren Arbeitsaufwand zu finden. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass eine leistungsorientierte Personalbedarfsplanung auf Grundlage automatisiert erhobener Prozessdaten unter Berücksichtigung der individuellen Umstände ein realistisches Ergebnis ermöglicht. Auf dieser Grundlage können dann auch die tatsächlichen Personalkosten mittels der krankenhausspezifischen internen Leistungsverrechnung nach dem Verursachungsprinzip verrechnet werden. ■■

| www.uniklinikum-jena.de |

**Canon** *Made For life*

# Zeiten ändern sich. Wir uns auch.

Dt. Röntgenkongress 2018  
vom 9. bis 12. Mai in Leipzig  
**Halle 2, Stand C32**

Mit unserer innovativen Produktpalette stellen wir uns den Anforderungen der Zeit.

Wir bei Canon Medical Systems, ehemals Toshiba Medical, entwickeln Lösungen für die medizinischen Herausforderungen, die jede Generation mit sich bringt.

Durch unsere Erfahrung in allen Bereichen der bildgebenden Diagnostik sind wir ein verlässlicher Partner für Ihre tägliche Routine und Spezialanforderungen. Ob Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Angiographie oder diagnostischer Ultraschall – mit Canon Medical Systems sind Sie der Zeit immer einen Schritt voraus.

**CANON MEDICAL SYSTEMS GMBH**  
<https://de.medical.canon>

# RADIOMICS – DIAGNOSTISCHER SCHLÜSSEL ZUR PERSONALISIERTEN MEDIZIN

Die Vervielfachung von Bildinformationen verbesserte die Prognoseabschätzung.

Prof. Dr. Stefan O. Schönberg, Deutsche Röntgengesellschaft, und Joshua Gawlitza, Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin, Universitätsmedizin Mannheim, Prof. Dr.-Ing. Horst Karl Hahn, Institute for Medical Image Computing, Jacobs University Bremen und Fraunhofer Mevis, und Dr. Hans-Georg Stavginski, Deutsche Röntgengesellschaft, Berlin



Joshua Gawlitza



Prof. Dr. Stefan O. Schönberg



Prof. Dr.-Ing. Horst Karl Hahn



Dr. Hans-Georg Stavginski

■ Seit Jahrzehnten fußt die radiologische Diagnostik auf der visuellen Befundung von Organen und den entsprechenden Pathologien. Subjektiv werden Auffälligkeiten wie z.B. Rundherde beschrieben und, basierend auf der Expertise des Radiologen, einer entsprechenden Entität zugeordnet. Um subjektive Fehlerkomponenten zu minimieren, wird seit Anfang der 2000er Jahre der Größenprogress von soliden Tumoren mithilfe von veröffentlichten Regeln wie z.B. RECIST (Response Evaluation Criteria In Solid Tumors) quantifiziert. Die entsprechenden Tumoren werden ausgemessen und mit den Voraufnahmen verglichen. Nehmen beispielsweise die Läsionen in der Summe über 20% bzw. mehr als 5 mm zu, spricht man von einer fortschreitenden Erkrankung (progressive disease).

## Kumulative Informationen

Schnell wurde jedoch deutlich, dass der reine Größenvergleich nicht der Komplexität von Tumoren und den mittlerweile molekular-spezifischen Therapien gerecht wird. Um Tumoren von ihrer Erstdiagnose über die posttherapeutische Erfolgskontrolle bis hin zur Nachsorge adäquat und objektiv beschreiben zu können, bedarf es neuer funktioneller wie molekularer Bildparameter. An diesem Punkt setzt „Radiomics“ an. Radiomics steht für die kumulative Information in Form von Parametern, die man aus akquirierten Bilddaten über eine entsprechende Zielstruktur erhalten kann, für die systematische Kombination mit weiteren Daten sowie für klinisch relevante Vorhersagen auf Basis dieser kombinierten Signatur. Wurde bisher beispielsweise ein Rundherd der Lunge lediglich nach seiner Größe und seiner Lokalisation beschrieben,

ist der Radiomics-Ansatz ungleich komplexer: Der tumorverdächtige Lungenrundherd wird zunächst im Schnittbild lokalisiert und als solide Struktur segmentiert (Abb. 1). Diese singuläre Struktur kann nun entlang unterschiedlicher Parameter quantifiziert werden (Abb. 1). Hierzu zählen beispielsweise die histogrammische Darstellung der Grauwertverteilung innerhalb des Tumors, deren Regel- bzw. Unregelmäßigkeit (Entropie), die Textur inklusive ihrer Größe und Form sowie die Beschaffenheit des Tumorrandes (z.B. spikuliert, glatt). Unzählige weitere mehrdimensionale, diskrete und Surrogatparameter können auf diese Weise für die detaillierte Tumorkarakterisierung semi- und vollautomatisiert aus den Bilddaten extrahiert werden.

## Datenbank als Basis

Um aus diesen Radiomics-Parametern auch klinisch relevante Informationen extrahieren zu können, bedarf es umfangreicher Datenbanken. In diesen Datenbanken werden objekti-

vierte Bilddaten, genetische Informationen von Tumoren, Labor- und Behandlungsparameter sowie klinische Outcomes zusammengeführt. Von entscheidender Bedeutung sind dabei eine große Zahl erfasster Untersuchungen, die Abbildung unterschiedlicher Krankheitsstadien sowie eine strenge Homogenisierung und Kuratierung, d.h. systematische Zuordnung der Daten. Je höher die Heterogenität der abzubildenden Effekte, desto größer muss die Trainingsdatenmenge sein.

Nur strukturierte bzw. standardisierte Daten können miteinander verglichen und zur Erstellung eines mathematischen Modells herangezogen werden. Zu den Initiativen, die sich derzeit um den Aufbau derartiger Datenbanken mit multizentrischer, internationaler Tragweite bemühen, zählen beispielsweise die European Registration of Congenital Abnormalities and Twins (EUROCAT) oder das Cancer Imaging Archive (TCIA). Diese Datenbanken bilden jedoch lediglich die Basis für den Radiomics-Ansatz.

## Clustering von Parametern

Mithilfe von mathematischer Clustering (k-Nearest-Neighbor – KNN, Principal Component Analysis – PCA), Entscheidungsbäumen (z.B. XGBoost) oder auch selbstlernenden Algorithmen im Sinne tiefer neuronaler Netzwerke (z.B. TensorFlow, Keras, PyTorch) lassen sich Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Informationen innerhalb der Datenbanken finden. So konnte 2016 von Coroller et al. in Radiotherapy and Oncology gezeigt werden, dass radiometrische Parameter für die Prädiktion des Therapieerfolges nichtkleinzelliger Lungentumore herangezogen werden können. Bereits ein Jahr zuvor wurde von Shah et al. in Circulation belegt, dass ein unüberwachter maschineller Lernansatz eine endpunktrelevante Clustering quantifizierter, echokardiografischer Parameter von Patienten mit speziellen Formen der Herzinsuffizienz vornehmen kann. Dies sind nur zwei Beispiele für das Potential von Radiomics. Langfristig werden Radiomics-Parameter die Prädiktion molekularer Beschaffenheiten von Tumoren, wie beispielsweise unterschiedliche genetische Subtypen innerhalb eines soliden Rundherdes, erlauben und eine Prognoseabschätzung für Metastasie-

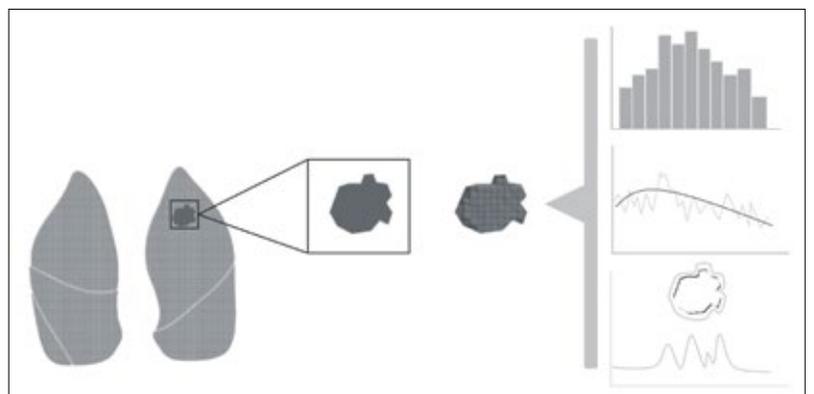


Abb. 1: Segmentierung des Rundherdes und Quantifizierung der Tumorparameter

rungen oder auch für das Ansprechen von gezielten Krebstherapien (targeted therapies) ermöglichen.

### Wendepunkt der Radiologie

Aktuell stehen wir dank optimierter CT- bzw. MRT-Technologien sowie hochkomplexer Analysewerkzeuge an einem Wendepunkt der Radiologie. Mit Radiomics werden die bis dato akquirierten Bildinformationen vervielfacht und aufgewertet. Auf der Grundlage von CT- bzw. MRT-Bildgebung können Patienten individualisierten Therapieregimen zugeführt, eine invasive Diagnostik gegebenenfalls vermieden und letztendlich die Überlebensrate bei malignen Erkrankungen verbessert werden (Abb. 2). Radiomics ist der Schlüssel für mehr Versorgungsqualität und Kosteneffizienz in der personalisierten Medizin. Die große Aufgabe unserer Zeit besteht nun darin, das immense Potential von Radiomics durch interdisziplinäre Zusammenarbeit in

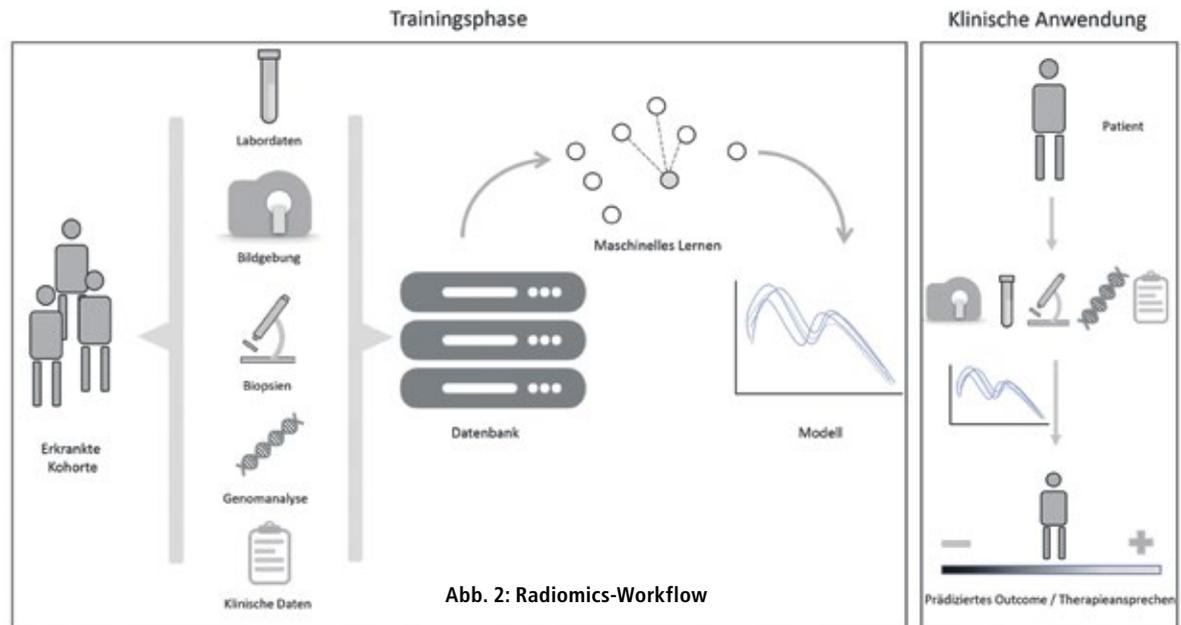


Abb. 2: Radiomics-Workflow

die klinische Routine zu überführen. In der Deutschen Röntgengesellschaft hat sich deshalb bereits ein Konsortium formiert, das gemeinsam eine Bilddaten- und Radiomicsplattform

aufbaut, um das Potential von maschinenbasiertem Lernen für die Korrelation unterschiedlicher Daten und die Vorhersage klinischer Endpunkte zu evaluieren und damit neue Wege der

integrativen Informationsvermittlung zu eröffnen.

| www.ikrn.de |  
| www.mevis.fraunhofer.de |

## JAHRESTAGUNG DER BAYERISCHEN RÖNTGENGESELLSCHAFT

Die 71. Jahrestagung und MTRA-Tagung der Bayerischen Röntgengesellschaft findet in diesem Jahr vom 27. bis 29. September in Augsburg statt. Damit ist dieser Kongress 19 Jahre nach der letzten Jahrestagung wieder in die Stadt der Renaissance zurückgekehrt. Die Jahrestagung offeriert ein breitgefächertes Fortbildungsprogramm, das aktuelle Themen mit einem vielseitigen Refresherprogramm und Hands-on-Kursen verbindet. Es soll sowohl junge Radiologen/-innen als auch erfahrenen Kolleginnen und Kollegen aus Klinik und Praxis, aber auch MTRAs auf den neuesten Stand des medizinischen und technischen Fortschritts bringen. Aktuelles zur Be-

rufspolitik und die mittlerweile schon zur Tradition gewordenen Abrechnungsseminare runden das Programm ab. Die Verbindung von Diagnostischer und Interventioneller Radiologie und Neuroradiologie soll einen tieferen Einblick in das Fachgebiet, das neben der immer differenzierter werdenden Diagnostik zunehmend stärker auch therapeutisch ausgerichtet ist, geben.

Der Bayerische Röntgenkongress ist mittlerweile der drittgrößte Radiologiekongress in Deutschland, und das Kongresszentrum im Zentrum Augsburgs in der Nähe des Bahnhofs bietet genügend Raum für Fort- und Weiterbildung, für Diskussionen und Austausch mit der Industrie. „Nutzen

sie drei intensive Tage für Fortbildung, fachlichen Austausch und networking“, laden die diesjährigen Tagungspräsidenten Prof. Dr. Ansgar Berlis und Prof. Dr. Thomas Kröncke vom Klinikum Augsburg ein. Die Bayerische Röntgengesellschaft ist eine wissenschaftliche Gesellschaft zur Förderung der Röntgendiagnostik, der Strahlentherapie, des Strahlenschutzes und der Nuklearmedizin. Anlässlich ihrer Jahrestagung werden aktuelle Themen aus allen Bereichen der Radiologie diskutiert und interessante Einblicke in Untersuchungsverfahren und Forschungsperspektiven geboten. Jedes Jahr wird ein spezielles Programm für medizinisch-technische Röntge-

nassistenten (MTRAs) angeboten. Das Fortbildungsprogramm spiegelt den kontinuierlichen medizinischen und technischen Fortschritt des Fachbereiches wider. Der Kongress wird von einer umfassenden Industrieausstellung begleitet, die über den aktuellen Stand der Technik informiert.

| www.brg-kongress.de |

### Termin:

**71. Jahrestagung und MTRA-Tagung der Bayerischen Röntgengesellschaft**  
27.–29. September, Augsburg  
[www.brg-kongress.de](http://www.brg-kongress.de)

## Healthcare goes Digital – Video bringt Experten zusammen



Mit der Aufhebung des Fernbehandlungsverbotes erhält die **Telemedizin** mehr Bedeutung. Schon jetzt arbeiten Krankenhäuser und Hausärzte erfolgreich per Video zusammen. Stationäre und ambulante Behandlung funktionieren reibungslos miteinander und **Experten** können standortunabhängig zurate gezogen werden. Das dient dem Wohl von Patienten, erleichtert die Ressourcen-Planung und schont knappe Budgets.

Gerne zeigen wir Ihnen, wie **moderne Healthcare IT** von der digitalen Transformation profitieren kann. Die Lösungen von Avaya begleiten Seniorenheime, Kur- und Rehakliniken sowie Krankenhäuser und Arztpraxen auf dem Weg in die digitale Zukunft.

[www.avaya.com/de](http://www.avaya.com/de) | 0800 4628292

**AVAYA**

# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ REVOLUTIONIERT DIE RADIOLOGIE

Von Diagnose und Therapieempfehlung bis hin zum umfassenden Überblick über mögliche Komplikationen: Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) wird die Patientenversorgung grundlegend verändern.

**Prof. Dr. Michael Forsting, Leiter des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Neuroradiologie des Universitätsklinikums Essen**



Prof. Dr. Michael Forsting

■ KI verändert in einigen Bereichen der Medizin schon heute die Patientenversorgung – vor allem in der Radiologie. Im Mittelpunkt steht dabei das Deep Learning. Die intelligenten Programme und Maschinen werden dabei anhand des Erfolgs programmiert, um anschließend selbst zu lernen, einen Algorithmus zu definieren und eigenständige Diagnosen zu erstellen. Die Systeme vergleichen dafür binnen Se-

kunden unzählige Aufnahmen, strukturieren Informationen und erkennen Muster. Doch eine schnellere Auswertung bei einer gleichzeitig höheren diagnostischen Trefferquote kann nur dann gelingen, wenn die KI anhand valider Daten trainiert werden kann.

Die KI hat sich ihren Platz in der medizinischen Forschung, Diagnose und Therapie eines modernen Klinik-Alltags gesichert. Auf dem Weg zum

Krankenhaus der Zukunft zählen der Einsatz von selbstlernenden Systemen und Maschinen und infolgedessen der notwendige Aufbau einer validen Datenbasis derzeit zu den wichtigsten Meilensteinen. Denn nicht zuletzt vor dem Hintergrund des virulenten Fachkräftemangels in der Medizin müssen Universitätskliniken die große Anstrengung unternehmen, die Beschäftigten durch das Delegieren von ermüdenden, administrativen oder routinemäßig zu verrichtenden Tätigkeiten an KI-Software zu entlasten und dadurch andererseits mehr Zeit für die Arbeit mit dem Patienten zu verschaffen.

## Software kann Ärzte von monotonen Screeningaufgaben entlasten

Die Nutzung dieser innovativer Technologien ist ein unverzichtbarer Beitrag auf dem Weg zum Smart Hospital, den die Universitätsmedizin Essen Ende 2015 eingeschlagen hat. Insbesondere die klinische Radiologie ist stark von der KI geprägt. Warum gerade hier die Digitalisierung des Gesundheitswesens so schnell Fuß fassen konnte, lässt sich vor allem mit der Verfügbarkeit der benötigten Daten erklären. Be-

reits 2001 hatte das UK Essen als erste Universitätsklinik in Deutschland seine Radiologie vollständig digitalisiert. Dies ebnete gleichzeitig den Weg, in Bezug auf den Einsatz von Machine Learning und KI eine Vorreiter-Rolle einzunehmen. Die Anwendungen werden im Alltag im Rahmen wissenschaftlicher Studien bereits effektiv genutzt, um die Abläufe in der Radiologie grundlegend zu verbessern. So entlastet die lernfähige Software die Ärzte von monotonen Screeningaufgaben – beispielsweise das Zählen des vernarbten Gliagewebes im Gehirn beim Verdacht auf eine multiple Sklerose. Die Praxis zeigt hier, dass Computer dem Menschen überlegen sind, wenn es darum geht, Muster oder Systematiken auf Bildern zu erkennen und dadurch Routinearbeiten zu übernehmen. Dies wird letztendlich auch dazu beitragen, den in der Radiologie sogenannten und häufigen „Satisfaction of search error“ zu reduzieren. Bislang besteht das Risiko, dass nach der Identifizierung eines primären Merkmals, beispielsweise einem Schlüsselbeinbruch nach einem Unfall, die Analyse der Aufnahmen vorzeitig beendet wird. Die anfängliche Erkennung einer Anomalie erfüllt einerseits den „Search for



©peshkova - stock.adobe.com



Zur Anwendung der Künstlichen Intelligenz in der Radiologie besonders erwähnenswert sind die Forschungen von Priv.-Doz. Dr. Felix Nensa (vorne) aus der Arbeitsgruppe um Prof. Forsting. Nensa befasst sich mit Verbesserungen der radiologischen Diagnostik bei Lungenerkrankungen, Leberregenerationen, Knochenwachstum und Metastasierungswege und -wahrscheinlichkeiten.

Foto: Universitätsklinikum Essen



Prof. Dr. Michael Forsting (l.), zwischenzeitlich auch Medizinischer Direktor der Zentralen Informationstechnologie, hat nach Umsetzung der digitalisierten Bildgebung auch den nächsten wegweisenden Entwicklungsschritt in der Radiologie vollzogen: Die Einführung von Maschinellen Lernen und künstlicher Intelligenz in die radiologische Bildgebung.

Foto: Universitätsklinikum Essen

meaning“. Darüber hinaus fehlt aufgrund stundenlanger Routineaufgaben häufig schlichtweg die Zeit für die Suche nach weiteren abnormalen Merkmalen, bei der in solch einem Fall womöglich das Lungenkarzinom auf den gleichen Aufnahmen identifiziert worden wäre.

Für diese Entlastung von Aufgaben ist es aber entscheidend, dass der Software valide Daten zur Verfügung stehen, um Systematiken auf Bildern zu erkennen. Hierfür greifen Universitätskliniken auf die große Menge heterogener Daten zurück, die täglich aus Röntgen-, CT- oder MRT-Bildern generiert wird. Verbunden mit den Diagnosen der Mediziner werden die KI-Systeme beim Deep Learning anhand zahlreicher Aufnahmen angelernt und trainiert, bis sie in der Lage sind, eigenständige Schlussfolgerungen abzuleiten – und zwar viel schneller, als ein Mensch dazu in der Lage wäre und mit einer Fehlerquote von nahezu null Prozent. Das gelingt schon mit verhältnismäßig wenig Referenzdatensätzen wie eine aktuelle wissenschaftliche Studie am UK Essen zeigt. Hierbei wurden in dem intelligenten System rund 100 valide Datensätze eines metastasierenden Gebärmutterhalskrebs eingelese, um es auf den Erfolg zu trainieren. Die KI lernte also vom Ergebnis und suchte anschließend selbst knapp 2.000 Parameter und definierte einen sich daraus ableitenden Algorithmus. Die Folge: Dank der KI-unterstützten Analyse des Tumors können Radiologen mit einer 97-prozentiger Wahrscheinlichkeit feststellen, ob das Zervixkarzinom bei den Patientinnen Metastasen entwickeln wird oder nicht. Denn in heutigen CT- und MRT-Aufnahmen stecken viel mehr Details, als der Medizin lange Zeit bewusst war. Um dies sichtbar zu machen, benötigte es jedoch erst eine intelligente Software, die Informati-

onen sekundenschnell strukturiert, Muster erkennt und die gleichzeitige Analyse von tausenden Parametern durchführt, die das menschliche Auge längst nicht mehr wahrnehmen kann.

Denn allein rein physikalisch ist der Computer besser in der Lage, kleinste und subtilste Veränderungen voneinander zu unterscheiden. Erstmals wurde das bei der Analyse von Schlaganfall-Aufnahmen in der Radiologie deutlich: Ein Mensch kann nur eine bestimmte Anzahl an Grauwerten quantifizieren. Die Software kann jedoch winzigste Nuancen wahrnehmen und messen.

### Künstliche Intelligenz hilft, seltene Erkrankungen zu erkennen

Dank des Machine Learning kann die Medizin daher schon heute Diagnosen und Therapieempfehlungen allein anhand der Aufnahmen stellen. Zudem hilft die KI, seltene Erkrankungen besser zu erkennen – weil der Computer anders als der Mensch das einmal Gelernte nicht mehr vergisst. Das Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie in Essen hat hierfür beispielsweise eine Applikation zur Früherkennung bestimmter und seltener Lungenfibrosen entwickelt. Eine weitere neue Software wird derzeit bei der Nachbehandlung von Patienten erprobt, denen die Leber teilweise entfernt werden musste. Die KI ermittelt anhand von radiologischen Bildern und Labordaten, ob das verbleibende Gewebe ausreichend nachwächst.

Die KI ist zwar noch nicht in allen Bereichen der Medizin angekommen. Doch sie wird die Fächer mit Aufgaben in der Musteranalyse grundlegend revolutionieren und eine Diagnostikoptimierung auch ohne eine Gewebentnahme für die Patienten ermöglichen. Denn einen Aspekt müssen die Beschäftigten im Gesundheitswesen

dabei stets im Blick behalten: Die innovativen Technologien werden sich nur dann durchsetzen, wenn sie einerseits die Patientenversorgung nachhaltig verbessern und dadurch z.B. riskantere Untersuchungen vermieden werden können. Andererseits müssen sie die richtigen Diagnosen stellen – das ist und bleibt der wichtigste Aspekt. In welcher Weise die Menschen profitieren werden, lässt sich unter anderem an der sog. optimistischen Grundannahme ablesen. In der Medizin ist damit Folgendes gemeint: Ärzte neigen bei der Anamnese zu der Annahme, dass zu behandelnde Beschwerden in ihr Fachgebiet fallen. Hat ein Patient etwa Schmerzen in der Schulter, wird der Kardiologe tendenziell von einer Koronar-Erkrankung ausgehen, der Orthopäde von einem Schulterproblem, der Neurochirurg von einem Bandscheibenvorfall. Am Ende wird wahrscheinlich die richtige Diagnose gestellt werden, jedoch erst, nachdem wertvolle Zeit verstrichen ist. Diese Zeit könnte durch den Einsatz von intelligenter Software gespart werden. Sie nimmt Informationen nicht selektiv wahr, hat also keinen durch die Fülle der eigenen Erfahrungen und Kenntnisse getrübbten Tunnelblick. Emotionslos und vollständig objektiv würde sie den Patienten durch eine Liste von Fragen führen und anschließend den passenden Fachbereich für die Behandlung vorschlagen.

### Innovative Technologien brauchen das Vertrauen der Patienten

Emotionen beziehungsweise die Empathie und Hinwendung seitens der Ärzteschaft und des Pflegepersonals rücken für die Patienten aber dafür künftig an anderer Stelle in den Mittelpunkt. Nämlich dann, wenn es darum geht, Vertrauen gegenüber den inno-

vativen Technologien auf-beziehungsweise Ängste und Skepsis abzubauen. Zudem ist der Einsatz der intelligenten Systeme oft noch vergleichbar mit den aktuellen Fortschritten beim autonomen Fahren. Auch in der Medizin fährt die KI noch nicht komplett eigenständig. Vielmehr fungieren die eingesetzten Systeme oft wie ein elektronisches Lehrbuch, was anhand des Bildes die richtige Seite für den Arzt aufschlägt. Früher musste sich diese selbst einen Überblick über große Mengen an Fachliteratur verschaffen, über mögliche Neben- oder Wechselwirkungen informieren und auf diese Weise Risiken minimieren. Dabei spielte auch die Erfahrung und Erinnerung des Arztes eine entscheidende Rolle. Heute kann die Technik die Arbeit und Behandlung dadurch entscheidend verbessern.

Die Handlungshoheit, eine Plausibilitätsprüfung und die endgültige Diagnose obliegen aber weiterhin den Radiologen. Das ist auch sinnvoll, denn nicht jedes Bild ist 1:1 in eine Krankheit übertragbar. So können CT-Aufnahmen unter Umständen systematisch auf mehrere Krankheiten passen. Nur ein ausgebildeter Arzt kann aber die bisherigen Symptome, den Krankheitsverlauf und die äußere Einflüsse miteinbeziehen. So kann er beispielsweise einen Tumor aufgrund der anderen Faktoren ausschließen, obwohl die Aufnahme eine solche Diagnose nahelegt. Doch um hierfür genügend Zeit für jeden einzelnen Patienten und die täglich zahlreichen Aufnahmen aufbringen zu können, ist die Entlastung durch intelligente Systeme in der heutigen Medizin- und Gesundheitslandschaft und einer alternden Gesellschaft unabdingbar. ■■

| www.uk-essen.de |

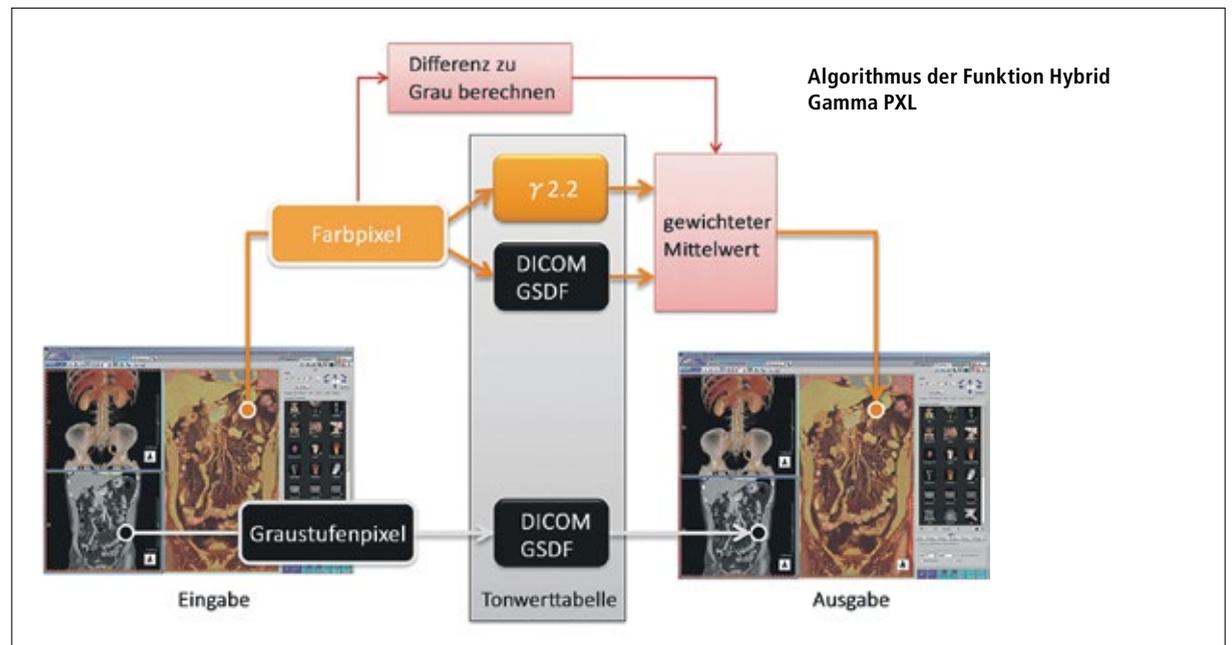
# EFFIZIENTERE INTERPRETATION VON FARB- UND GRAUSTUFENAUFNAHMEN

Dank immer fortschrittlicherer medizinischer Bildgebungstechnologie können Mediziner mit einer zunehmend größeren Bandbreite an Bilddaten arbeiten.

■ Grund dafür ist der Einsatz unterschiedlicher Farb- und Graustufenmodalitäten zur Aufnahme von Bildern. Fortschrittliche Anzeigentechnologien wie LCD-Farbmonitore mit hoher Helligkeit und hohem Kontrast ermöglichen es, diese Bilder von verschiedenen Farb- und Graustufenmodalitäten auf nur einem Monitor anzuzeigen. Es ist jedoch eine technische Herausforderung, sowohl Graustufen- als auch Farbbilder auf einem Bildschirm zu zeigen und dabei optimale BildDarstellungsbedingungen für jede Modalität zu bieten. Mit anderen Worten: Graustufenbilder müssen mit einer standardisierten Leuchtdichtekennlinie angezeigt werden, die sich sehr stark von der für Farbbilder benötigten Gammacharakteristik unterscheidet. Im DICOM-Standard (Digital Imaging and Communications in Medicine) ist die Leuchtdichtekennlinie für Graustufenbilder definiert – Stichwort „GSDF“ (Grayscale Standard Display Function). Die GSDF-Kennlinie wird allgemein als Kriterium bei Qualitätssicherung für die Bildwiedergabe auf Monitoren herangezogen und wird durch internationale Standards wie AAPM, DIN, JIRA und IEC verwendet.

Die durch sRGB definierte Gammacharakteristik von 2,2 wird in der Regel für die Darstellung von Farbbildern in medizinischen Bildgebungsverfahren verwendet, von der Aufnahme der Bilder bis zu deren Anzeige. Derzeit gibt es mehrere Technologien für medizinische Monitore, die das Umschalten zwischen DICOM-Graustufenbildern und farbigen Gamma-2,2-Werten ermöglichen, um sowohl Graustufen- als auch Farbbilder mit einer präzisen, passenden Gammakurve abzubilden. Jedoch muss die Bedienung hierbei meist manuell erfolgen, und eine gleichzeitige Anzeige von Graustufen- und Farbbildern auf demselben Bildschirm ist nicht möglich.

Die Funktion Hybrid Gamma PXL löst dieses Problem. Mit ihrer Hilfe können Graustufen- und Farbbilder mit den passenden Gammacharakteristiken angezeigt werden, ohne dass



ein manuelles Eingreifen erforderlich ist. Hybrid Gamma PXL unterscheidet automatisch und pixelgenau zwischen Graustufen- und Farbbildern und erzeugt eine hybride Wiedergabe, bei der jedes Pixel mit der optimalen Kennlinie dargestellt wird. Dies sorgt für höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

## Optimale Darstellung

Anhand von Ergebnissen einer aktuellen Studie des Kumamoto Chuo Hospital in Japan kann aufgezeigt werden, dass Hybrid Gamma PXL im Einklang mit dem DICOM-Standard für eine optimale Darstellung medizinischer Farbbilder sorgt.

## Hybrid Gamma PXL im Überblick

Herkömmliche medizinische Farbmonitore können zwar zwischen GSDF und Gamma 2,2 umschalten, werden aber hauptsächlich mit der GSDF-Gammakurve verwendet, da die manuelle Bedienung recht umständlich ist.

Deshalb werden Farbbilder in einigen Fällen nicht optimal dargestellt. Bei der GSDF-Gammakurve sind mittlere Töne von Farbbildern dunkler, wodurch die Erkennbarkeit unter Umständen beeinträchtigt wird. Hybrid Gamma PXL behebt dieses Problem. Die Funktion erkennt Graustufen- und Farbbilder pixelgenau und weist die passende Leuchtdichtekennlinie in Echtzeit zu. Ist die Funktion Hybrid Gamma PXL aktiviert, besitzen alle auf dem Monitor angezeigten Graustufenpixel präzise die GSDF-Charakteristik, während auf die übrigen Pixel,

die als Farbpixel erkannt wurden, eine Kurve auf Basis von Gamma 2,2 angewendet wird.

Hybrid Gamma PXL wirkt auch auf Farbbilder, die Graustufenpixel enthalten. Auf diese Weise wird störendem Rauschen entgegengewirkt und für eine natürliche Darstellung der Farbbilder gesorgt.

## Effektivität und Sicherheit

Dr. Kazuhiro Katahira, M.D., Radiologe im Kumamoto Chuo Hospital, hat in einer Studie die Effektivität und Sicherheit von Hybrid Gamma PXL untersucht und beurteilt. Die Funktion Hybrid Gamma PXL wurde im Hinblick auf drei Aspekte bewertet:

- 1) Einhaltung des DICOM-Standards bei der Betrachtung von Graustufenbildern
- 2) Effektivität der Diagnosestellung bei Verwendung der Gamma-2,2-Kurve zur Betrachtung von Farbbildern
- 3) Auswirkungen bei Verwendung der auf Gamma 2,2 basierten Mischkennlinie im Vergleich zur echten 2,2-Gammakurve

## Studienergebnisse zur Sicherheit

Hybrid Gamma PXL wendet wie erforderlich die DICOM-GSDF-Kennlinie auf alle auf dem Monitor angezeigten Graustufenbilder an und liefert ein genauso gutes Ergebnis wie ein nach GSDF kalibrierter Monitor. Dies ist der Beweis dafür, dass Hybrid Gamma PXL bei Graustufenbildern die Anforderungen des DICOM-Standards erfüllt. Beim Betrachten von Farbaufnahmen konnte im Hinblick auf die

Diagnosestellung kein nennenswerter Unterschied zwischen der auf Gamma 2,2 basierten Kurve und der echten 2,2-Gammakurve festgestellt werden.

## Effektivität

Bei Farbbildern gibt es einen deutlichen Unterschied bei der Diagnosestellung mit dem Hybrid-Gamma-PXL-Modus im Vergleich zur GSDF-Kennlinie. Die Darstellung wird als besser empfunden. Dies deutet darauf hin, dass die Betrachtung von Farbbildern mit Hybrid Gamma PXL eine effektivere Diagnosestellung ermöglicht als eine GSDF-Kennlinie allein.

Das bedeutet, dass die Hybrid-Gamma-PXL-Funktion für die Diagnosestellung dasselbe Maß an Konformität mit DICOM GSDF bietet, gleichzeitig aber ohne jegliches Risiko effektivere Diagnosen anhand von Farbbildern ermöglicht. ■■

Kontakt:  
EIZO Europe GmbH  
Mönchengladbach  
Tel.: 02161 8210-120  
kontakt@eizo.de  
www.eizo.de

## Info

Die American Association of Physicists in Medicine (AAPM) und das International Color Consortium (ICC) arbeiten derzeit an der Standardisierung von Kriterien für die Darstellung von medizinischen Farbaufnahmen, da bislang dafür noch keine Kriterien oder Standards definiert sind.

# PRÄZISE INFORMATIONEN AUS TUMOREN

Forscher der Universität Tübingen kombinieren leistungsstarke Verfahren zur Bildgebung und zur Stoffwechselanalyse, um das Krankheitsgeschehen in hoher räumlicher Auflösung festzuhalten.

Antje Karbe, Eberhard Karls Universität Tübingen

■ Forschern der Universität Tübingen ist es gelungen, Tumordaten aus bildgebenden Verfahren und Hochdurchsatzverfahren mit hoher Präzision zu kombinieren. Ziel der Wissenschaftler ist es, Stoffwechselvorgänge in Tumoren in ihrer Gesamtheit sichtbar zu machen und dadurch besser zu verstehen. Dazu wurden Bilddaten aus der Positronenemissionstomografie (PET) und Computertomografie (CT) mit Protein- und Stoffwechseldaten zusammengeführt. Das Forscherteam unter der Leitung von Prof. Bernd Pichler vom Werner Siemens Imaging

Center der Universität Tübingen veröffentlichte seine Studienergebnisse in der Fachzeitschrift PNAS.

„Wir dürfen uns einen Tumor nicht als homogene Einheit vorstellen“, erklärt Pichler. „Vielmehr weist das erkrankte Gewebe häufig eine große Heterogenität auf.“ In verschiedenen Bereichen eines Tumors stoße man auf unterschiedliche Signalwege und Rezeptoren oder auch auf unterschiedliche Proteine, die für die Signalübertragung in Zellen von fundamentaler Bedeutung seien. „Vor diesem Hintergrund ist es unzureichend, lediglich eine Biopsie zu machen, wenn man den Tumor in seiner Gesamtheit verstehen will“, betont der Forscher. Denn bei der Biopsie eines Tumors werde in der Regel nur eine winzige Gewebeprobe entnommen und anschließend analysiert. Das neue Verfahren setzt darauf, den Tumor exakt zu lokalisieren, komplett zu entnehmen und für die anschließende Analyse einzufrieren. Mit sog. multimodalen Bildgebungstechnologien, die bei zeitgleicher Messung mehrere Verfahren kombinieren, wie z. B. PET-CT, können Wissenschaftler die verschiedenen Gewebearten darstellen, ohne in das Gewebe einzudringen. „Dabei erhalten wir einen genauen Einblick und

können auch die Aktivierung verschiedener Stoffwechselwege innerhalb des Tumors beobachten“, sagt Dr. Marcel Krüger, einer der Erstautoren der Studie. „Doch über die molekularen Ursachen der Gewebeveränderungen und die Auswirkungen auf den weiteren Verlauf des Tumorwachstums wissen wir noch sehr wenig. Darüber können die Hochdurchsatzverfahren besser Aufschluss geben.“

Bei Verfahren wie der Proteom- oder Metabolomanalyse werden jeweils der ganze Proteinbestand einer Probe, das Proteom, oder alle vorhandenen Stoffwechselprodukte, das Metabolom, systematisch erfasst. „Dadurch erhalten wir einen detaillierten Einblick in die molekularen Prozesse in den Gewebeprobe, aber ohne Zusammenhang zur räumlichen Information“, ergänzt der weitere Erstautor Dr. Jonathan Disselhorst. So entstand die Idee, die Vorteile beider Methoden zusammenzubringen. „Voraussetzung ist, dass wir auf Basis der Bilder die Proben für die Proteom- und Metabolomanalyse räumlich präzise entnehmen können“, erklärt Bernd Pichler. Außerdem spiele der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle. Denn die Stoffwechselprozesse in einem Tumor ändern sich nach chirurgischer Ent-

fernung in kürzester Zeit, sodass bei einer herkömmlichen Probennahme wertvolle Informationen über das Tumorgewebe verlorengehen. Schnelles Einfrieren hält den Stoffwechsel in der Momentaufnahme fest. Die Wissenschaftler konnten die Wirksamkeit des neuen Verfahrens im Tierversuch demonstrieren.

Um eine räumlich präzise Probenentnahme zu ermöglichen, werden die für die Untersuchung wesentlichen Tumorbereiche in den PET- und CT-Daten definiert und an eine Maschine übertragen. Diese wiederum legt die entsprechenden Gewebereiche frei, sodass diese entnommen werden können. „Die Gewebeprobe bleiben während der gesamten Prozedur gefroren und eignen sich somit für die anschließende Analyse mit verschiedenen Hochdurchsatzmethoden“, sagt Pichler. Die Forscher können die Proteom- und Metabolomdaten auf diese Weise räumlich präzise bestimmten Abschnitten des Tumors zuordnen. Das neue Kombinationsverfahren könnte so zu einem besseren Verständnis des Krankheitsverlaufs beitragen. ■■

| [www.uni-tuebingen.de](http://www.uni-tuebingen.de) |

## MODERNE ULTRASCHALLTECHNIK

Herzfehler und Tumore mit 3-D-Ultraschall noch gezielter aufspüren.

Friederike Gehlenborg, Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin, Berlin

■ Herzfehler bei Ungeborenen finden, Tumore in der Brust entdecken, Operationen an Herzklappen durchführen – all das ist dank modernster 3-D-Ultraschalltechnik mittlerweile möglich. Die neuen Geräte erzeugen mehrere Hundert Bilder pro Sekunde. In welchen medizinischen Gebieten die moderne Ultraschalldiagnostik eingesetzt wird und wie diese funktioniert, erläutern Experten aus verschiedenen Fachbereichen der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM).

Bei den bisher verbreiteten mechanischen 3-D-Sonden wurden die einzelnen Ultraschallaufnahmen im Nachhinein rekonstruiert – und so zu einem 3-D-Bild zusammengesetzt.

Dank eines hochentwickelten Schallkopfes werden bei den modernen Geräten hingegen alle echogebenden Strukturen des kompletten dreidimensionalen Raumes unterhalb der Sonde simultan erfasst. „Dadurch ist es möglich geworden, Ultraschallaufnahmen mittlerweile in Echtzeit abzubilden“, sagt Heiko Dudwiesus, Leiter des DEGUM-Arbeitskreises Ultraschallsysteme. „Diese 3-D-Bilder stehen also sofort nach dem Aufsetzen der Sonde zur Verfügung.“ Der Vorteil dieser Methode lässt sich an einem Beispiel aus der Pränataldiagnostik verdeutlichen: „Bei Ultraschalluntersuchungen in der Schwangerschaft können die Mimik und Gestik des ungeborenen Kindes sowie die Pulsationen von Herz und strömendem Blut in ihrem natürlichen Bewegungsablauf sowie dreidimensional und in fotorealistischer Anmutung dargestellt werden“, so Dudwiesus. Das sei bei Verdacht auf eine Fehlbildung, Wachstumsstörungen oder einem Risiko für bestimmte Chromosomenstörungen hilfreich. Die 3-D-Ultraschalltechnik eignet sich auch für Herzuntersuchungen beim ungebore-

nen Kind, da sie es dem Arzt ermöglicht, alle vier Herzkammern sowie die umliegenden Gefäße zu kontrollieren. „Dank der Untersuchung können wir gut einschätzen, wie riskant die vorliegenden Herzfehler bei dem Fötus sind“, so Prof. Dr. Renaldo Faber, Leiter der DEGUM-Sektion Gynäkologie und Geburtshilfe. „Anhand der Ultraschallbilder entscheiden wir dann, ob das Kind kurz nach der Geburt operiert werden muss, oder ob die Korrektur auf ein späteres Lebensalter verschoben werden kann.“ In der Kardiologie konnten dank der 3-D-Ultraschalltechnik ebenfalls starke Fortschritte erreicht werden. Die neuste Gerätetechnologie ermöglicht die Echtzeitdarstellung des bewegten Herzens. So können z. B. Herzklappenfehler gut erkannt und eingeschätzt werden. Wenn der behandelnde Arzt eine OP für sinnvoll erachtet, ist die 3-D-Ultraschalltechnik am Herzen, inklusive der transösophagealen 3-D-Echokardiografie, ebenfalls hilfreich. Vor dem Eingriff führt der untersuchende Arzt eine Sonde in die Speiseröhre des Patienten bis in die Nähe des Herzens. „Mit den exakten

Ultraschallaufnahmen bekommen wir direkt vor und nach den OPs einen direkten Einblick auf die Herzstrukturen – und auf Instrumente und Katheter, die sich im Herzen befinden. So kann z. B. auch bei Kathetereingriffen an den Herzklappen die Therapie besonders gezielt durchgeführt werden“, sagt Prof. Dr. Andreas Hagendorff, der in der Abteilung Kardiologie am Universitätsklinikum Leipzig die Echokardiografie-Labore leitet. Auch zur Erkennung von Brustkrebs kann die 3-D-Technologie eingesetzt werden. „Neue Beurteilungskriterien stehen dem Untersucher mit dieser dreidimensionalen Betrachtung zur Verfügung, die die Unterscheidung von gut- zu bösartigen Befunden noch differenzierter ermöglichen. Die besondere Stärke der 3-D-Technologie besteht aber in der Möglichkeit, den Tumor im Gesamtvolumen abbilden zu können. Dadurch lässt sich die Tumorgöße valide beurteilen und Therapieverläufe, z. B. während einer Chemotherapie, sehr gut überwachen“, so Prof. Dr. Werner Bader, Leiter des DEGUM-Arbeitskreises Mammasonografie. ■■

| [www.degum.de](http://www.degum.de) |

# DIREKTE DARSTELLUNG VON NERVEN

Die MR-Neurografie ist ein wichtiger Baustein bei der Diagnostik von Erkrankungen des peripheren Nervensystems.

Dr. Tobias Boppel, Institut für Neuroradiologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck



Dr. Tobias Boppel

■ Bei der MR-Neurografie handelt es sich um die direkte Darstellung von Nerven des peripheren Nervensystems (PNS) mittels Kernspintomografie. In den letzten Jahren hat sich diese spezielle Untersuchung zu einem wichtigen Baustein in der Diagnostik von Erkrankungen des peripheren Nervensystems entwickelt. Zusätzlich zur klinischen Untersuchung und der Neurophysiologie können bildgebende Verfahren wie der Nervenultraschall und die MR-Neurografie wertvolle lokalisatorische und ätiologische Informationen liefern. Insbesondere für tiefer liegende und proximale Nerven kann die MR-Neurografie in sehr hoher Bildauflösung Nerven darstellen, die dem Nervenultraschall schlecht zugänglich sind.

Bis zu 10 % der zu einer stationären Aufnahme führenden neurologischen Krankheiten sind Erkrankungen des peripheren Nervensystems. Das Spektrum dieser Erkrankungen ist groß; dazu gehören unter anderem Kompressionsneuropathien, Neuritiden, Polyneuropathien, Neoplasien des Nervensystems sowie traumatische Nervenverletzungen. Viele dieser Erkrankungen schränken die Patienten in Ihrer Lebensqualität ein und führen häufig zu langwierigen Verläufen mit entsprechend hohen Krankheitskosten. Eine schnelle und sichere Diagnosefindung ist für die Prognoseabschätzung, die Therapie und den weiteren Krankheitsverlauf wichtig. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von 3T-MR-Tomografen wurde eine hochauflösende Bildgebung der peripheren Nervenstrukturen in vertretbarer Untersuchungszeit technisch möglich und ist heute bei diesen neuroradiologischen Fragestellungen die Untersuchungsmethode der Wahl. Aufgrund der Anatomie des Nervensystems und des daraus resultierenden großen Untersuchungsfelds unterscheidet sich die MR-Neurografie von neuroradiologischen Untersuchungen des Gehirns oder des Rückenmarks. Die peripheren Nerven sind lange Faserbahnen, die sich vom Rückenmark ausgehend bis zum

Zielorgan in die Peripherie erstrecken. Sie bestehen aus Ausläufern von Axonen, die parallel verlaufen. Mit einem maximalen Durchmesser von etwa 1,6–2 cm ist der Nervus ischiadicus der größte Nerv des menschlichen Körpers. Er besteht aus Nervenfaserguppen, den Faszikeln, mit jeweils 500–1.000 Axonen. Diese Faszikel stellen mit einem Durchmesser von bis zu einem Millimeter die kleinsten mit klinisch eingesetzten MRT-Geräten darstellbaren Untereinheiten der Nerven dar. Um mit einer MR-Neurografie den genauen Schädigungsort an einem Nerven zu bestimmen, ist es zum einen wichtig den Verlauf der Nerven möglichst komplett abzubilden, zum anderen ist es essenziell, die Nerven mit einer möglichst hohen Bildauflösung zu untersuchen. Beide zuvor genannten Aspekte gehen mit einer Zunahme der MRT-Messzeit einher, weswegen man sich bei der MR-Neurografie meist auf eine Darstellung des Nerven in einer fettgesättigten T2-Wichtung beschränkt, um die gesamte Untersuchungszeit in einem vertretbaren Rahmen zu halten. In Abhängigkeit des zu untersuchenden Abschnitts beträgt die Auflösung zwischen 200 µm in der Peripherie und um die 500 µm im Bereich der Plexus (Nervengeflechte). Der Hauptgrund für die reduzierte Auflösung im proximalen Verlauf der Nerven sind Bewegungsartefakte durch Atmung beim Plexus brachialis (Arm-Nervengeflecht) und durch Darmbewegungen beim Plexus lumbosacralis (Lenden-Kreuz-Nervengeflecht).

## Neuropathische Veränderungen als Signalsteigerung

Neuropathische Veränderungen stellen sich in der MR-Neurografie typischerweise als eine Signalsteigerung in T2 gewichteten Aufnahmen einzelner oder mehrerer Nervenfaszikel dar. In

Abhängigkeit von der Ausprägung der Schädigung können diese Faszikel im Bereich der Läsion zudem verdickt sein (Abb. 3).

Mithilfe der MR-Neurografie lassen sich aufgrund der hohen Auflösung und der großflächigen Abdeckung Schädigungen genau lokalisieren, auch wenn diese kurzstreckig sind oder nur einzelne Faszikel betreffen. Hier liefert die MR-Neurografie entscheidende Zusatzinformationen zur klassischen Elektroneurografie. Bei dieser wird mittels eines elektrischen Impulses unter anderem die Leitgeschwindigkeit der Nerven bestimmt und die resultierenden elektrischen Potentiale beurteilt. Methodenbedingt kann sie typischerweise den Schädigungsort nur auf Nervenabschnitte einschränken und Schädigungen nur dann nachweisen, wenn eine substanziale Anzahl an Faszikeln von einem Nerven betroffen sind. Die MR-Neurografie liefert nicht nur Informationen über den Nerven selber, sondern zeigt auch Veränderungen der mit abgebildeten Muskeln wie z.B. Atrophien oder Denervationsödem. Somit ist die MR-Neurografie nicht nur eine Ergänzung zur Elektroneurografie, sondern auch eine komplementäre Untersuchung zur Elektromyografie, einer Untersuchung, bei der die

elektrische Muskelaktivität gemessen und beurteilt wird. Die Beurteilung der Muskulatur in der MR-Neurografie kann durch den Nachweis der Beteiligung von einzelnen Muskeln oder Muskelgruppen indirekte Hinweise auf eine Schädigung der versorgenden Nerven geben. Dies ist unter anderem bei der Auswahl der Zielmuskulatur für die Elektromyografie hilfreich und kann zu Identifikation einer Nervenschädigung führen auch ohne direkten Nachweis am Nerven. Dies ist z.B. wichtig bei durch Bewegungsartefakte überlagerten Aufnahmen oder nicht vollständig erfassten Nerven. Zu den Vorteilen der MR-Neurografie gehört, dass sie im Gegensatz zu den elektrofografischen Verfahren nicht invasiv ist und sämtliche Nerven und Muskeln im Untersuchungsbereich abbildet.

## Nerven-Ultraschall als dynamische Untersuchung

Oberflächlich verlaufende Nerven können auch mittels Ultraschallverfahren abgebildet werden, in diesen Fällen sind die MR-Neurografie und der Nervenultraschall jedoch komplementäre Verfahren. So ist der Nervenultraschall eine dynamische Untersuchung, die Zusatzinformationen z.B. über Faszi-

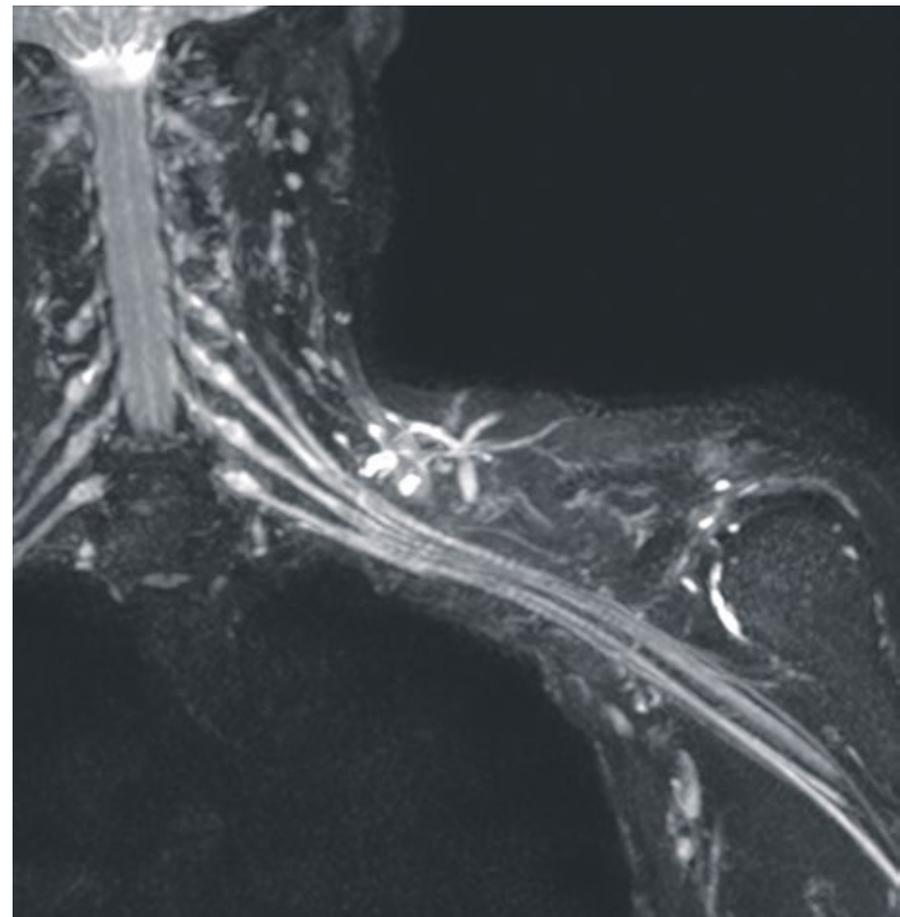


Abb. 1: Darstellung des Plexus brachialis mit speziell hierfür optimierten Sequenz, die für eine sehr gute Abgrenzbarkeit des Plexus gegenüber den umgebenden Geweben sorgt.

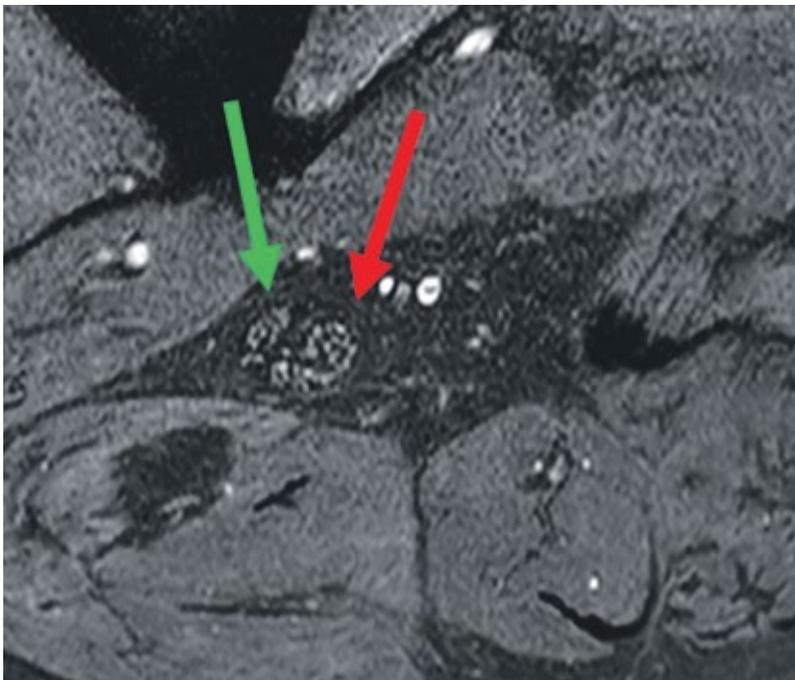


Abb. 2: Hochaufgelöste orthogonale Darstellung des Nervus ischiadicus auf Höhe des Oberschenkels. Die Pfeile markieren den tibialen (rot) und den peronealen (grün) Anteil. Die einzelnen Faszikel entsprechen den einzelnen punktförmigen Strukturen in den beiden Anteilen.

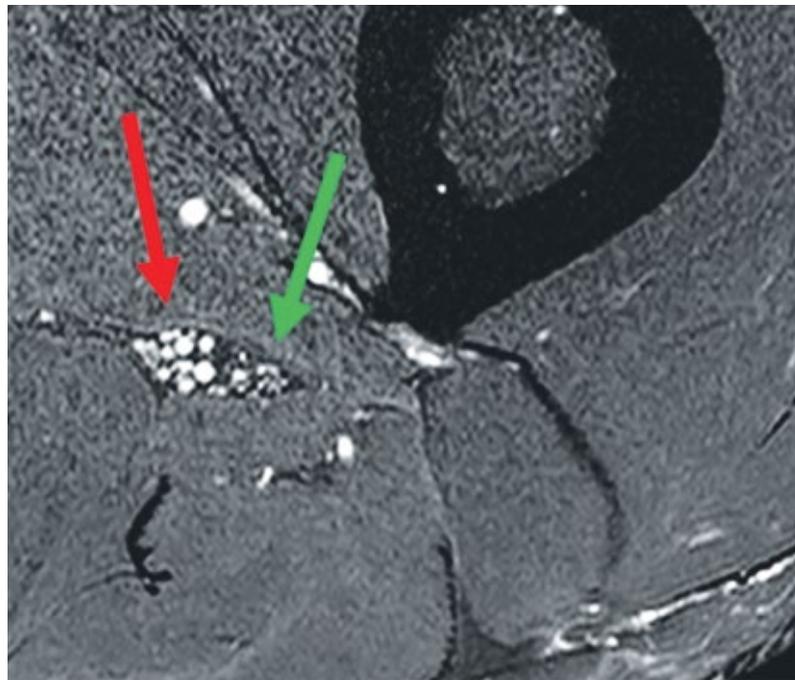


Abb. 3: Hochaufgelöste orthogonale Darstellung des Nervus ischiadicus bei einem Patienten mit deutlichem Neuropathiesignal auf Höhe des Oberschenkels. Die neuropathischen Veränderungen entsprechen den kräftigen T2-Signalsteigerungen und den unterschiedlich stark ausgeprägten Auftreibungen der Faszikel (roter Pfeil stark und grüner Pfeil gering ausgeprägt).

kulationen der Muskulatur liefert oder mit der man eine stellungsabhängige Nervenkompression direkt darstellen kann. Neuropathische Veränderungen, die zu keiner Verdickung der Faszikel oder der Nerven geführt haben, sind im Ultraschall jedoch kaum zu detektieren.

Aufgrund des hohen technischen Aufwands und der zu Beurteilung nötigen Expertise wird dieses Untersuchungsverfahren noch nicht flächendeckend angeboten. Überwiegend wird die MR-Neurografie an Zentren durchgeführt, die einen interdisziplinären klinischen und wissenschaftlichen Schwerpunkt für die Diagnostik

und Therapie von Erkrankungen des peripheren Nervensystems haben und deshalb in der Lage sind neue Methoden und Erkenntnisse zügig in die klinische Routine zu integrieren. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist die MR-Neurografie bereits ein nützlicher Baustein in der Diagnostik von Erkrankungen des peripheren Nervensystems. Der Erkenntnisgewinn über Verteilungsmuster und bildliche Manifestation der Erkrankungen des peripheren Nervensystems wird in den nächsten Jahren mit zunehmender Verbreitung wahrscheinlich rasant zunehmen. Die klinische Implementierung neuer MRT-Methoden, die aktuell

Gegenstand der Forschung sind, wird die Bedeutung der MR-Neurografie für die Klinik noch zusätzlich steigen. Hierzu zählen z.B. Techniken der diffusionsgewichteten Nervendarstellung, die Informationen über die strukturelle Beschaffenheit und Integrität liefert, sowie die Perfusionsbildgebung die Veränderungen an Spinalganglien aufzeigen kann.

#### Fazit:

Mit der MR-Neurografie steht ein wichtiger nicht invasiver Baustein in der Diagnostik von Erkrankungen des peripheren Nervensystems zur Verfü-

gung. Bei diesen Erkrankungen, die Patienten häufig in Ihrer Lebensqualität stark einschränken und zu langwierigen Verläufen mit entsprechend hohen Krankheitskosten führen, ist die MR-Neurografie eine hilfreiche Methode zur frühzeitigen Diagnosefindung und -sicherung. In naher Zukunft wird dieses Verfahren durch zusätzlichen Erkenntnisgewinn und weitere MR-Methoden noch an Bedeutung gewinnen. ■■

| [www.uksh.de](http://www.uksh.de) |

## EISZEIT FÜR TUMORE

Schneller und noch präziser als zuvor ist die neue Gerätegeneration für die Behandlung von Tumoren mittels Kryotherapie am Universitätsklinikum Marburg.

Das Verfahren der Vereisung von Tumoren kann für beinahe jede Körperregion angewendet werden. Erste Ergebnisse der Behandlung des fokalen Prostatakarzinoms präsentierte das Team von Prof. Dr. Andreas H. Mahnken, Direktor der Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie,

auf dem European Congress of Radiology (ECR) in Wien.

Die in den USA gängige Methode der MR-gesteuerte Kryotherapie ist seit eineinhalb Jahren auch ein Bestandteil der verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten am Universitätsklinikum Marburg. In Tumorkonferenzen beraten sich Experten der jeweiligen Disziplinen zur für die Patienten am besten geeigneten Therapie.

Im zertifizierten Prostatakarzinomzentrum werden bei einem Tumor der Prostata die leitliniengerechten Therapieoptionen besprochen. Dazu gehören – neben der Kryotherapie – chirurgische Eingriffe, die roboterassistierte Operationsmethode Da Vinci sowie alle Strahlentherapiemöglichkeiten, inklusive Brachytherapie (interne Strah-

lenthherapie) und Ionenstrahltherapie. „Die interdisziplinäre Arbeit über die medizinischen Fachgrenzen hinweg ist die wesentliche Grundlage für die bestmögliche Behandlung unserer Patienten“, unterstreicht Dr. Gunther K. Weiß, Vorsitzender der Geschäftsführung. Prof. Dr. Harald Renz, Ärztlicher Geschäftsführer des Universitätsklinikums Marburg, erklärt: „Die Kryotherapie ist eine weitere Alternative für bestimmte Tumorerkrankungen wie z. B. dem Prostatakarzinom und zeigt ganz eindrücklich die Innovationskraft unseres Universitätsklinikums im Sinne einer Verbesserung der Patientenversorgung in der Onkologie.“

Prof. Andreas H. Mahnken berichtete auf dem ECR in Wien über seine ersten Erfahrungen mit der MR-gesteu-

erten Kryotherapie: „Es ist ein komplikationsarmer Eingriff. Der PSA-Wert (prostataspezifisches-Antigen) konnte im Durchschnitt um über 70% auf Normalwert reduziert werden. Das Organ wird mit seinen Funktionen erhalten und so die Lebensqualität unserer Patienten gesichert.“ Kryotherapie – auch Kryoablation genannt – mithilfe der MRT-Steuerung gibt es bundesweit bislang einmalig in der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie am UKGM in Marburg unter der Leitung von Prof. Andreas Mahnken. „Wir sind sehr froh, dass wir unseren Patienten nun diese schonende, schmerzfreie und punktgenaue Therapie anbieten können“, so Mahnken.

| [www.radiologie-marburg.de](http://www.radiologie-marburg.de) |

# BEI UNWIRKSAMEN THERAPIEN FRÜHER GEGENSTEUERN

Im Verbundprojekt Panther arbeitet das Fraunhofer Mevis daran, CT-Bilder effektiver als bisher für die Verlaufskontrolle von Tumorbehandlungen einzusetzen.

Bianka Hofmann, Fraunhofer Mevis – Institut für Bildgestützte Medizin, Bremen

■ Wie gut wirkt ein Krebsmedikament bei einem Patienten, wie schlägt eine Strahlentherapie an? Um das herauszufinden, nehmen Mediziner CT-Aufnahmen zu Hilfe und schauen, ob ein Tumor im Laufe der Behandlung schrumpft oder nicht. Mit dem Verbundprojekt Panther (Patientenorientierte onkologische Therapieunterstützung) versucht ein Expertenteam, weitere wertvolle Informationen aus den Bildern zu gewinnen. Dadurch könnten Ärzte künftig früher erkennen, wie gut eine Krebsbehandlung anschlägt und ob man die Therapie wechseln sollte. Maßgeblich beteiligt ist das Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin Mevis mit seinen Standorten in Bremen und Lübeck. Zur Projekthalbzeit in diesem Frühjahr präsentiert das Projektteam nun die ersten Zwischenresultate.

Momentan überprüfen Mediziner den Verlauf einer Tumorthherapie, indem sie den Allgemeinzustand ihrer Patienten beobachten, Laborwerte aus Blutuntersuchungen analysieren

und in regelmäßigen Abständen CT-Aufnahmen der betroffenen Organe machen. Bislang orientieren sich die Ärzte auf diesen Bildern an der Größenentwicklung des Tumors: Ist er infolge einer Strahlenbehandlung oder einer Chemotherapie geschrumpft? Oder wächst er womöglich weiter, sodass ein Therapiewechsel sinnvoll erscheint, z. B. die Wahl eines anderen Medikaments?

Hier setzt das Verbundprojekt Panther an. „Bislang ist die Größenentwicklung des Tumors das wichtigste Kriterium bei der Beurteilung der CT-Bilder“, sagt Jan Hendrik Moltz, Informatiker bei Fraunhofer Mevis. „Doch in den Aufnahmen stecken noch viel mehr Informationen, die aber bislang kaum genutzt werden.“ So zeigen die Bilder zusätzlich zum Größenverlauf, ob und wie sich die Form eines Geschwürs im Laufe der Zeit verändert. Außerdem können sie Details über die Textur liefern, also die Beschaffenheit des Tumors: Besteht er aus verschiedenen Gewebearten, und verändert sich seine Zusammensetzung im Laufe der Therapie?

Das Problem: Mit bloßem Auge sind viele dieser Zusatzinformationen nicht zu sehen. „Um diese Merkmale erkennen und vor allem quantifizieren zu können, braucht man eine Computerunterstützung“, betont Moltz. „Genau das ist das Ziel von Panther.“ Das Verbundprojekt wird seit Oktober 2016 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und umfasst ein Projektvolumen von knapp 2,8 Mio. Euro. Neben Fraunhofer Mevis sind das Klinikum der Universität

München, MeVis BreastCare sowie als Projektkoordinator Siemens HealthCare beteiligt.

In einem ersten Schritt stellten Radiologen der Uniklinik München große Mengen an CT-Bilddaten von Darmkrebs- und Lymphom-Patienten zusammen. In diesen Daten haben die Kliniker die relevanten Strukturen mithilfe eines Webtools segmentiert, also eingegrenzt. Dadurch sind Größe und Form der Tumoren bzw. Organe in den Aufnahmen klar zu erkennen und quantitativ zu vermessen. Im späteren Projektverlauf soll diese Segmentierung automatisch durch einen Algorithmus erfolgen.

Ferner stellten Onkologen aus der Münchener Klinik umfangreiches Datenmaterial darüber zur Verfügung, wie die Patienten auf eine Therapie angesprochen haben und wie sich ihre Blutwerte im Laufe der Behandlung entwickelten. Diese Daten wollen die Experten nun mit bestimmten Merkmalen in den CT-Bildern abgleichen, etwa wie sich Form und Textur eines Tumors im Laufe einer Therapie verändern. Umfangreiche statistische Analysen sollen verraten, ob und an welchen Stellen es verlässliche Zusammenhänge zwischen Bild- und Therapiedaten gibt. „Im Idealfall ließe sich anhand der CT-Bilder früher als bislang abschätzen, ob die eingeschlagene Therapie Erfolg hat oder nicht“, meint Julian Holch, Onkologe am Klinikum der Universität München.

Demnächst wird das Panther-Team Halzeitbilanz ziehen. „Wir haben den Großteil der Daten zusammengetragen und wesentliche Teile der

Software geschrieben, etwa für die automatische Segmentierung der Milz“, berichtet Moltz. „Außerdem haben wir die Merkmale in den CT-Bildern identifiziert, die wir nun mit statistischen Analysen untersuchen wollen.“ Bei Darmkrebspatienten etwa könnte die Veränderung von Lebermetastasen einen Fingerzeig auf den Therapieerfolg bringen. Bei Lymphom-Erkrankten geben möglicherweise Formänderungen der Milz Hinweise auf das Therapieansprechen.

„Zum Projektende im Herbst 2019 sollte klar sein, welchen Nutzen unser Ansatz für die Medizin bringen kann“, sagt Jan Hendrik Moltz. „Der nächste Schritt wäre dann die Entwicklung eines computerbasierten Expertensystems, das die Ärzte bei der Suche nach der besten Therapie unterstützt.“

Das Verbundprojekt ist ein Beispiel für einen neuen Ansatz in der Medizin, Radiomics genannt – ein Kunstwort aus „Radiology“ und „Genomics“. Ausgefällte Algorithmen sollen helfen, zusätzliche Informationen aus radiologischen Bildern zu ziehen und mit Daten aus Klinik und Labor zu korrelieren – mit dem Ziel, spezifisch wirkende Therapien zu entwickeln. „Radiomics hat das Potential, die Medizin effizienter zu machen und somit Vorteile für den Patienten zu bewirken“, sagt Horst Hahn, einer der beiden Leiter von Fraunhofer Mevis. „Dadurch lassen sich tief gehende Analysen einer Erkrankung gewinnen, mit deren Hilfe wir herausfinden können, welcher Patient auf welche Therapiemethodik anspricht.“ ■■

| [www.mevis.fraunhofer.de](http://www.mevis.fraunhofer.de) |

## OPTIMIERUNG BILDGEBENDER VERFAHREN

■ Vom 19.–22. September 2018 findet in der Nürnberger Meistersingerhalle die 49. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP) gemeinsam mit der 21. Jahrestagung der Deutschen Sektion der International Society for Magnetic Resonance in Medicine statt. Im Lichte der wachsenden Bedeutung der Magnetresonanztomografie für die Strahlentherapieplanung soll dies den fachlichen Austausch ermöglichen. Dies ergänzt auch die gemeinsame Sitzung mit der DPG, die thematisch auf neue Detektoren für medizinisch-physikalische Anwendungen eingehen wird. Ein weiterer Schwerpunkt soll in der Optimierung der bildgebenden Verfahren in Radiologie und Nuklearmedizin

liegen und durch Fort- und Weiterbildungsangebote unterstrichen werden. Neben der Kür wird auch die Pflicht zu ihrem Recht kommen: „Wir stehen an der Schwelle zu einem neuen Strahlenschutzrecht (StrlSchG und neue StrlSchV), in dem neue Aufgaben und Verantwortungen für Medizinphysiker definiert werden. Dieses hochaktuelle Thema wird in einer Plenarsitzung aufgegriffen, behandelt und intensiv diskutiert werden“, erklären die Tagungsleiter Prof. Dr. Christoph Bert, Dr. Michael Wucherer und Prof. Dr. Frederik B. Laun.

Der Tagungsort Nürnberg hat eine große Vielfalt an medizinisch-physikalischen Unternehmen und Forschungsstätten im „Medical Valley“ zu bieten.

Es ist geplant, dorthin Exkursionen als zusätzliches wissenschaftliches Rahmenprogramm zu unternehmen.

Neben Diskussionen zu aktuellen wissenschaftlichen Ergebnissen bieten die jeweiligen wissenschaftlichen Fachgesellschaften mit der Vorstellung neuer technologischer Trends Weiterbildungs- und Informationsmöglichkeiten auf höchstem technischem Niveau. Begleitend finden wieder eine umfangreiche Industrieausstellung und die für die Medizinphysik-Experten wichtige Aktualisierung von Strahlenschutzkursen statt. Hochkarätige Wissenschaftler stellen auf der interdisziplinären Tagung aktuellste Information über die Fächergrenzen hinweg vor – beste Grundlagen für einen fruchtbaren

wissenschaftlichen Austausch zwischen den Mitgliedern der einzelnen Fachgesellschaften. ■■

| [www.dgmp-kongress.de](http://www.dgmp-kongress.de) |

### Termin:

**49. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik**  
**21. Jahrestagung der Deutschen Sektion der International Society for Magnetic Resonance in Medicine**  
19.–22. September, Nürnberg  
[www.dgmp-kongress.de](http://www.dgmp-kongress.de)

# STRATEGISCHE PARTNERSCHAFTEN STÄRKEN KOMMUNALE VERSORGER

Kommunalen Kliniken kommt eine essenzielle Rolle in der Patientenversorgung zu. Sie sind integraler Bestandteil der Versorgungslandschaft und decken einen Großteil der Grund- und Notfallversorgung ab.

Roman Lovenfoss-Gehrt, Kliniken der Stadt Köln, und Heiko Borwieck, Health Systems Philips, Deutschland

Im Sinne des Patientenwohls und eines leistungsfähigen Gesundheitssystems ist es deshalb wichtig, gerade hier die Voraussetzungen für eine effiziente, nutzenorientierte und wirtschaftliche Versorgung zu schaffen. Allerdings arbeitet ein Großteil der Krankenhäuser in Deutschland in gewachsenen Strukturen, die effizientes Arbeiten und optimale Prozesse erschweren, wenn nicht unmöglich machen. Auch die Finanzierung von notwendigen Modernisierungen ist häufig ein Problem. Laut Krankenhaus Rating Report 2017 steht dem jährlichen Investitionsbedarf der deutschen Krankenhäuser (exkl. Universitätskliniken) von mind. 5,4 Mrd. € eine Investitionslücke von mindestens 2,6 Mrd. € gegenüber. Nur 63% der Kliniken sind investitionsfähig.

## In strategischen Partnerschaften Effizienzreserven heben

In diesen Rahmenbedingungen wirtschaftlich zu arbeiten und gleichzeitig medizinische Spitzenqualität abzuliefern, ist keine leichte Aufgabe. Es gilt Effizienzreserven zu heben und in eine Optimierung der Patientenversorgung zu investieren. Weit effektiver als klassische Outsourcing-Optionen wie Küche, Facility Management oder Wäscherei ist dabei die Verbesserung der klinischen und administrativen Ablauforganisation insgesamt. Hierbei handelt es sich allerdings um eine hochkomplexe Aufgabe, bei der die klassischen Einkaufsstrukturen auch aufgrund des zergliederten Vergaberichts schnell an ihre Grenzen stoßen. In strategischen Partnerschaften können Krankenhäuser auf externes Expertenwissen zurückgreifen, und Industrieunternehmen haben die Möglichkeit, neben der Bereitstellung von

Geräten gemeinsam mit den Anwendern effiziente Prozesse zu entwickeln und kontinuierlich zu verbessern. Dadurch werden die eingesetzten Technologien optimal genutzt und klinische Herausforderungen ganzheitlich gelöst.

## Prozessprobleme gemeinsam identifizieren

Wenn Krankenhäuser und Industrieunternehmen sich auf gemeinsame strategische Ziele einigen, kommt es zu neuen Geschäftsmodellen, die es ermöglichen, trotz knapper Ressourcen eine exzellente Ergebnisqualität zu gewährleisten.

Dabei werden Verbesserungen anhand von Kennzahlen gemessen und über eine Laufzeit von zehn oder mehr Jahren nachgehalten. Das ist aufwendig, bringt aber ein klares Nutzenversprechen und ein Ertragsziel mit sich. Umso wichtiger ist es, alle relevanten Stakeholder im Vorfeld zusammenzubringen und gemeinsam mit ihnen aktuelle Probleme und eventuelle Schwachstellen in der Prozesskette zu identifizieren und gemeinsam an den entsprechenden Lösungen zu arbeiten. Als Industriepartner unterstützt Philips solche Abstimmungsprozesse mit den sog. HealthSuite Labs. Dabei handelt es sich mehrstufigen Design-Thinking-Workshops, die neben Vertretern des Krankenhauses nationale und internationale Experten aus dem Philips-Netzwerk – intern wie extern – einbeziehen.

## Die Radiologie als Treiber von Effizienz im Krankenhaus

Die Radiologie hat innerhalb des Krankenhauses die meisten Kontaktpunkte und Schnittstellen zu anderen Abteilungen und Disziplinen. Strukturierte Prozesse in der Radiologie und ein gutes Management dieser Schnittstellen sind Treiber für Effizienz und Wirtschaftlichkeit des gesamten Klinikums. Häufig ist die Radiologie einer der ersten und einer der letzten Kontaktpunkte des Patienten auf seinem Weg durch das Krankenhaus. In Notfallsituationen ist eine schnelle CT-Bildgebung Grundlage für zielgerichtete Therapieentscheidungen. Vor Entlassungen wird der Therapieerfolg nochmals durch Befunde aus der Radiologie bestätigt. Effiziente Abläufe in der Radiologie



Roman Lovenfoss-Gehrt, Kaufmännischer Geschäftsführer der Kliniken der Stadt Köln



Heiko Borwieck, Health Systems Leader Deutschland, Philips GmbH Market DACH

sind also entscheidend für die medizinische Qualität, sie tragen aber auch dazu bei, verlängerte Liegezeiten zu vermeiden und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Das macht sie zu einer Schlüsseldisziplin für Prozessoptimierung in Krankenhäusern.

## Im wettbewerblichen Dialog zu bedarfsgerechten Lösungen

Mit 1.500 Betten sind die Kliniken Köln eines der größten kommunalen Krankenhäuser in Deutschland. In den drei Standorten Holweide, Merheim und Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße werden jedes Jahr über 65.000 stationäre und mehr als doppelt so viele ambulante Patienten behandelt. Hier ist man mit möglichen Partnern in einen wettbewerblichen Dialog eingetreten und hat sich in einem intensiven Auswahlverfahren für eine Zusammenarbeit mit Philips entschieden. Damit ist der Weg frei für eine strategische Partnerschaft, die dauerhafte Leistungs- und Wettbewerbsvorteile für die Kliniken Köln erreichen soll. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Identifizierung von Einsparpotentialen und der Berücksichtigung der Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität. Im Bereich der bildgebenden Diagnostik geht es in der Kooperation um alle Bestandteile bis zur IT, RIS, PACS, Wartung etc. Ebenso wird die wachsende Bedeutung von interventionellen Eingriffen in der Radiologie in den Planungen berücksichtigt. Im Rahmen der Partnerschaft bietet Philips neben einem Technologie- und Servicekonzept auch strategische und operative Beratungsleistungen und

ein auf die Bedürfnisse des Klinikums zugeschnittenes Finanzierungsmodell an. Des Weiteren übernimmt Philips als Partner des Klinikums einen Teil der Risiken im Rahmen des angebotenen Lösungskonzeptes.

## Synergien durch Bauplanungen und Prozessoptimierung

Die optimale Lage der Radiologie in einem Krankenhaus ist gekennzeichnet durch eine räumliche Konzentration, eine gute Anbindung an die Notaufnahme sowie kurze Wege für Personal und Patienten. In den gewachsenen Strukturen am Standort Köln Merheim liegt die Radiologie allerdings in einem separaten Gebäude und ist über einen Tunnel angebunden. In einem Bauprojekt, das Teil der Partnerschaft mit Philips ist, wird nun mit einem Anbau an das Haupthaus eine zentrale Anlaufstelle für die bildgebende Diagnostik geschaffen. Die frühe Einbeziehung der Prozess- und Technologieexpertise von Philips ermöglicht es dabei, bereits in der Bauplanung die Voraussetzungen für eine übersichtliche Patientenführung und eine klare Organisation der Betriebsabläufe zu schaffen. So entsteht eine gute Ausgangsbasis, um die gemeinsamen strategischen Ziele der Partnerschaft zu erreichen: Steigerung von Qualität und Effizienz in der Radiologie und an den Schnittstellen mit anderen Klinikabläufen, um eine bedarfsgerechte, qualitativ hochwertige und wirtschaftliche Versorgung der Patienten in Köln sicherzustellen. ■

| www.philips.com |

# KOMPLEXE BEHANDLUNG VON ANEURYSMEN

Ein Großteil der intrakraniellen Aneurysmen kann endovaskulär behandelt werden.

Dr. Alexander Ranft, Abteilung für Radiologie und Neuroradiologie, Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke

■ Dank der hochmodernen Zweiebenen-Angiografieanlage Infinix-i Biplane von Canon Medical Systems (ehemals Toshiba Medical Systems) ist am Neurozentrum am Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke jetzt die Diagnostik und komplexe Behandlung von Aneurysmen möglich. So z.B. die Therapie der Subarachnoidalblutung (SAB).

Trotz modernster und sich stetig verbessernder Behandlungsmethoden bleibt die Subarachnoidalblutung (SAB) eine lebensbedrohliche Erkrankung. In bis zu 15% aller Fälle versterben die Patienten in den ersten Stunden nach der Blutung innerhalb des Subarachnoidalraums. Bei mehr als der Hälfte der Überlebenden bleibt eine dauerhafte Schädigung zurück. Für Patienten mit geringeren Beschwerden ist die Prognose gut. Eine schnelle Verlegung von SAB-Patienten in ein Haus mit entsprechendem

Schwerpunkt entscheidet über das klinische Ergebnis. Hauptsymptom der SAB ist ein akut auftretender heftiger Kopfschmerz, der Vernichtungskopfschmerz. Je nach Ausprägung der Blutung treten lokale neurologische Symptome auf, bei starken Blutungen wird der Patient komatös. Die Subarachnoidalblutung ist die schwerste Komplikation eines Aneurysmas. In rund 85% der Fälle ist die Ruptur eines Aneurysmas die Ursache für eine Subarachnoidalblutung.

## Operatives Clipping oder endovaskuläres Coiling?

Grundsätzlich gibt es zwei Therapiemöglichkeiten nach einer Ruptur des Aneurysmas: Die Neurochirurgie setzt bei einer offenen Schädel-OP eine Gefäßklammer (operatives Clipping) auf das Aneurysma. Die Neuroradiologie hingegen implantiert mithilfe eines Mikrokatheters eine oder mehrere Platinspiralen (Coils) von innen in das Aneurysma und stopft es damit aus (endovaskuläres Coiling).

Nach dem Aneurysmenverschluss ist eine intensive Patienten-Überwachung durch einen neurologisch ausgebildeten Intensivmediziner notwendig. Denn in den ersten zwei Wochen besteht das Risiko einer erneuten Verschlechterung durch einen vasospasmusbedingten Hirninfarkt. Diese

Komplikation tritt bei rund 10–20% der SAB-Patienten auf. Die Computertomografie ist die erste diagnostische Maßnahme, wenn ein Patient mit akutem Kopfschmerz eingewiesen wird und der Verdacht auf SAB besteht. Auf dem Schädel-CT ist die Subarachnoidalblutung gut nachweisbar: Die Blutung ist weiß im Sulcusrelief sichtbar, während der Liquor auf dem CT dunkel erscheint.

## Hochauflösende 3-D-Darstellung der Gefäße

Im nächsten Schritt geht es in die CT-Angiografie. Dort wird die Gefäßaus-sackung dreidimensional untersucht und aufgearbeitet. Für den Fall, dass der Zustand des Patienten nicht durch starke Hirndruckkrisen oder raumfordernde intrakranielle Blutungen akut lebensbedrohlich ist, wird eine diagnostische Angiografie durchgeführt.

Bei der Untersuchung in der biplanaren Angiografie Infinix-i Biplane mit Rotationseinrichtung wird das Aneurysma hochauflösend und farblich geplottet dargestellt: Dabei können die Ärzte sehen, ob kleinste hirnversorgende Gefäße noch aus dem Aneurysma abgehen. Der 3-D-Datensatz der Angio lässt auch Rückschlüsse auf die Wand des Aneurysmas zu: Ist sie glatt oder unre-



Dr. Alexander Ranft, Abteilung für Radiologie und Neuroradiologie, Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke

gelmäßig? Hat das Aneurysma einen schmalen oder einen weiten Hals?

## Neuroradiologen, Neurochirurgen und Neurologen zusammen

Durch die Angio können wichtige Detailinfos über das Aneurysma gewonnen werden. Diese Details helfen bei der Entscheidung, mit welchem Verfahren die SAB/Aneurysma weiter behandelt wird, ob eine Schädelöffnung mit Clipping notwendig ist oder ob das wenig invasivere Coiling durchgeführt werden kann. Grundsätzlich gilt: Coiling vor Clipping, was auch die internationale ISAT Studie gezeigt hat. Diese empfiehlt, Aneurysmen unter bestimmten Voraussetzungen bevorzugt endovaskulär zu behandeln. Am Neurozentrum arbeiten Neuroradiologie, Neurologie und Neurochirurgie eng interdisziplinär zusammen. So wird eine optimal auf den Patienten zugeschnittene Behandlung ermöglicht.

## 3-D-Datensatz liefert wichtige Informationen für den Operateur

Auch für den Fall, dass das Aneurysma dennoch geclippt werden muss, liefert der 3-D-Datensatz den operierenden Neurochirurgen wichtige Zusatzinformationen: Das Aneurysma kann für den Neurochirurgen auf dem Angiogramm entsprechend gedreht werden, so dass die anatomischen Verhältnisse dem operativen Situs entsprechend dargestellt werden können. Die zuführenden und abführenden Gefäße können sichtbar gemacht werden, so liefert die digitale Subtraktionsangiografie (DSA) Vorteile für die operative Zugangslage.



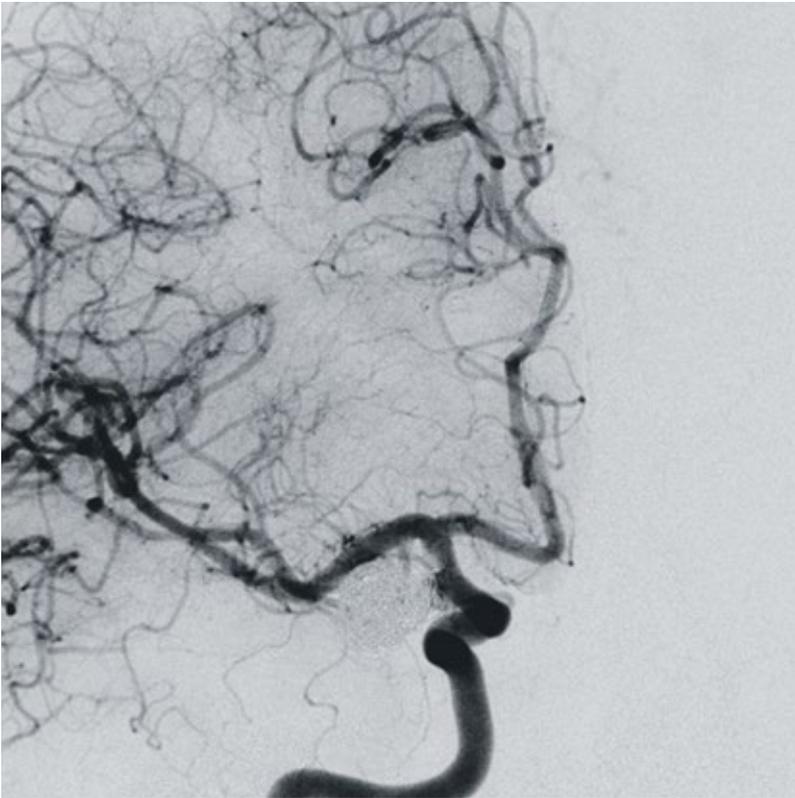


Abb. 1: Coilembolisation des ACl Aneurysmas rechts



Abb. 2: Digitale Subtraktionsangiografie mit Darstellung eines A. carotis interna Aneurysma rechts

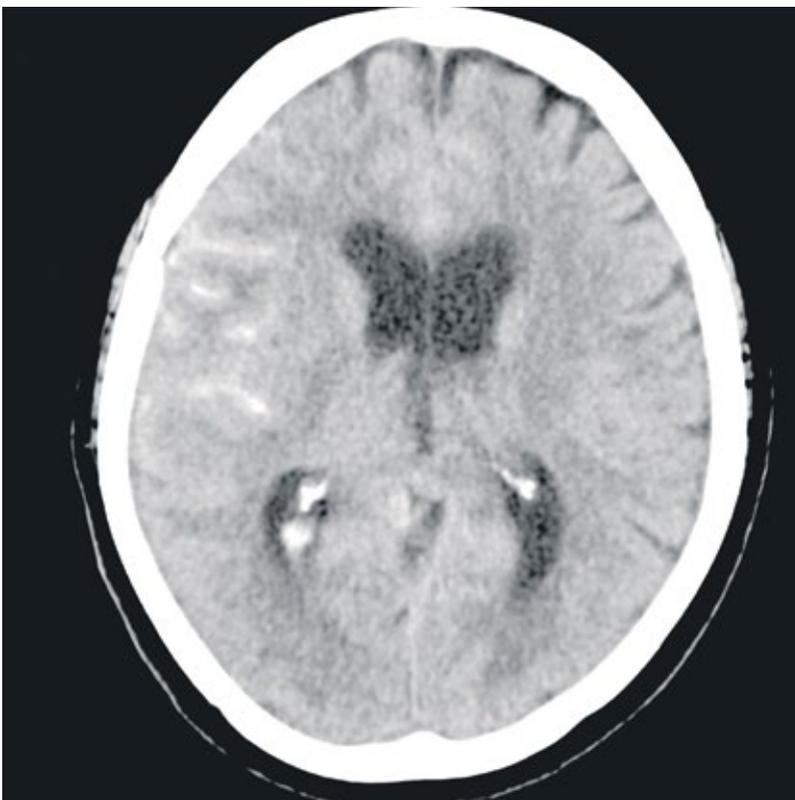


Abb. 3: Computertomografie in der Aufnahmesituation mit SAB-Nachweis rechts

Dadurch ist eine optimale und individuell abgestimmte Therapie möglich.

Nach der diagnostischen Angiografie werden die Aufnahmen von Neuroradiologen und Neurochirurgen gemeinsam begutachtet. Am Ende wird interdisziplinär über den weiteren Verlauf der Behandlung entschieden. Falls das Aneurysma neuroradiologisch behandelt werden kann, gelangt der Neuro-radiologe mit dem Katheter in der Angiografieanlage direkt von der Leiste

über die Halsarterien aus bis ins Hirn und führt das Coiling durch.

#### Hintere Zirkulation ist für die Neurochirurgen schwierig

Vor allem bei einer schwierigen Anatomie für die Neurochirurgie, wie bei Basilariskopfaneurysmen, supraophthalm. Aneurysmen oder fusiforme Aneurysmen sind neuroradiologische Therapieverfahren dem Clipping vor-

zuziehen. Grundsätzlich ist es sinnvoll, bei SAB-Patienten mit allen beteiligten Fachdisziplinen zu kooperieren. Wichtig ist, dass interdisziplinär über den Behandlungspfad entschieden wird. Mittlerweile ist es möglich, einen Großteil der intrakraniellen Aneurysmen endovaskulär mit einem Coiling zu behandeln. Das liegt auch an der Möglichkeit des Stent-assistierten Coilings im Falle von breitbasigen Aneurysmen, bei dem zunächst ein Stent in das Gefäß eingesetzt und über dem Aneurysma platziert wird. Die Gefäßstütze verhindert dabei, dass der Coil herausfällt. Das Stent-assistierte Coiling senkt die Rezidivrate. Gleichzeitig steigt aber auch die Komplikationsrate. Daher ist diese Methode nur unter bestimmten Bedingungen sinnvoll: nur nach intensiver interdisziplinärer Diskussion mit Neurologen und Neurochirurgen. Außerdem muss das peri- und postoperative Management genau definiert und eingehalten werden. Sicherheitshalber wäre eine vorherige Anlage einer externen Ventrikeldrainage mit

Ableitung des Liquors und zur Hirndruckkontrolle wünschenswert.

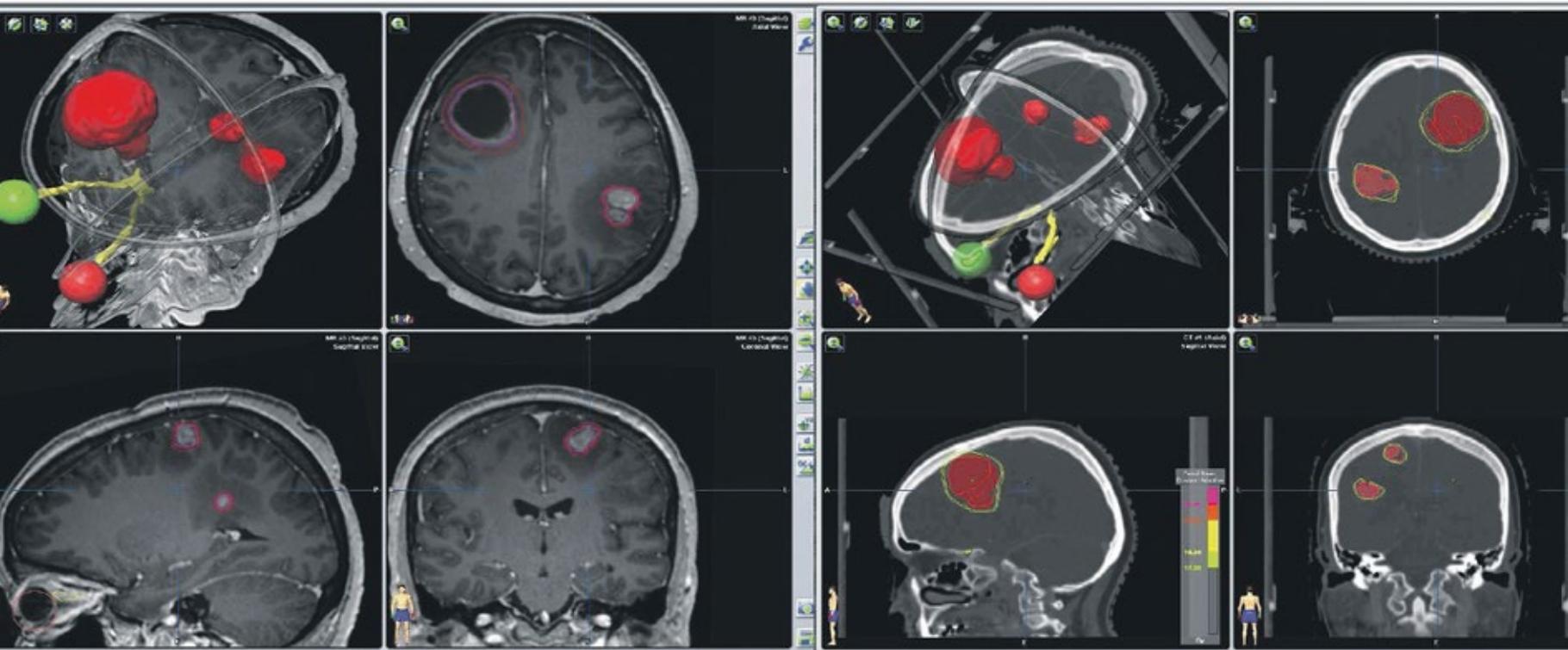
#### Fallbeschreibung zu den Bildern

Eine 71-jährige Patientin erlitt in der Nacht einen akuten Kopfschmerz mit anschließender Bewusstseinsstörungen, in der Aufnahmesituation war sie wach, jedoch deutlich verlangsamt und zeigte kein neurologisches Defizit. Der neurologische Aufnahmearzt konnte ein Meningismus feststellen. An Vorerkrankungen sind eine Herzrhythmusstörung bekannt. Die Medikation bei Aufnahme war ASS 100 und Antihypertensiva bei einem Bluthochdruck. Postinterventionell konnten wir das Aneurysma mit einer Coilembolisation vollständig verschließen, die Patientin bot nach der OP kein neurologisches Defizit und konnte nach Hause entlassen werden. ■■

| [www.gemeinschaftskrankenhaus.de](http://www.gemeinschaftskrankenhaus.de) |

#### Referenzzentrum von Canon Medical Systems in Herdecke

Im Herbst 2016 wurde am anthroposophischen Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke ein neues Neurozentrum unter Beteiligung von zehn Fachabteilungen eröffnet. Mit 309 Betten ist es das größte Zentrum seiner Art in Deutschland. Unter Leitung von Dr. Alexander Ranft ist dort unter anderem die interventionelle Neuroradiologie ausgebaut worden. Bei Diagnose und Therapie setzt der anerkannte Spezialist für Katheterbehandlungen von Schlaganfällen auf einen Highend-Gerätepark von Canon Medical Systems, bestehend aus dem 320-Zeilen-Volumen-CT Aquilion ONE, dem 3-Tesla-MRT Vantage Titan 3T und der Zweiebenen-Angiographieanlage Infinix-i Biplane, mit der auch Thrombektomien und Aneurysma-Coilings durchgeführt werden.



Personalisierte Hochpräzisionsstrahlentherapie einer Patientin mit Brustkrebs und Hirnmetastasen. Die größere Läsion wurde mit mehreren Fraktionen behandelt, die drei kleineren Läsionen mit einer Radiochirurgie.

# RADIOONKOLOGISCHE BEHANDLUNG VON **HIRNMETASTASEN**

Die interdisziplinäre und personalisierte Behandlung ist mit gutem Erhalt von Lebensqualität verbunden.

Prof. Dr. Stephanie E. Combs, Klinik und Poliklinik für RadioOnkologie und Strahlentherapie, Technische Universität München

Die interdisziplinäre Behandlung von Hirnmetastasen hat sich in den letzten Jahren entscheidend verbessert. Einhergehend mit den technischen Fortschritten in der RadioOnkologie konnten personalisierte Behandlungskonzepte erarbeitet werden, die sich nach einer Reihe von Faktoren richten. Hierzu gehören unter anderem die Anzahl der Hirnmetastasen, die Art der Tumorerkrankungen, die Symptomatik sowie andere patientenspezifische Faktoren. Insgesamt sind Hirnmetastasen die häufigsten intrakraniellen Neoplasien und treten bei 20–40% der Patienten mit bösartigen Erkrankungen auf. Hirnmetastasen machen sich oft durch Kopfschmerzen, motorische oder sensible Ausfälle wie beispielsweise Lähmungen, Bewegungsstörungen oder Gefühlsstörungen, manchmal aber auch durch epileptische Anfälle bemerkbar. Für die diagnostische Auf-

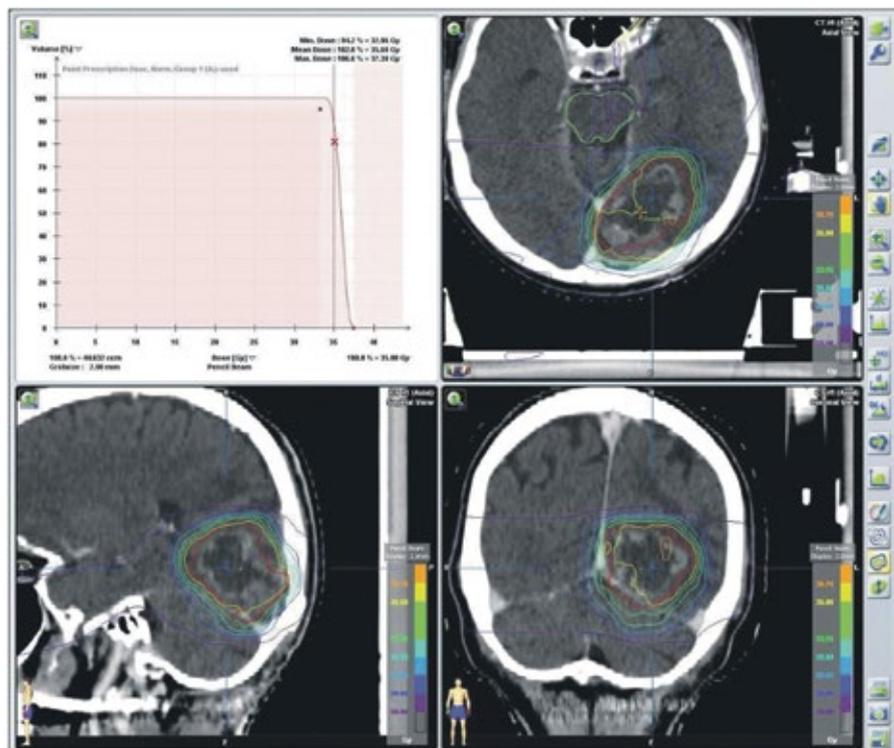
arbeitung sowie die Nachsorge nach einer Behandlung ist heute eine Kernspintomografie (MRT) Standard.

## Einteilung in prognostische Gruppen

Ohne Therapie liegt das mediane Überleben über alle Tumorarten gemittelt bei etwa einem Monat; bei symptomatischer medikamentöser Therapie, z. B. mit Steroiden bei etwa zwei Monaten. Bei Patienten, die mittels Operation und nachfolgender Bestrahlung behandelt werden, erhöht sich das mediane Überleben auf ca. 20 Monate. Entscheidend für die Prognose der Patienten sind die Kontrolle der systemischen Erkrankung, der Karnofsky Index, das Alter und die Anzahl der intrakraniellen Metastasen. Anhand dieser Faktoren können Patienten mit Hirnmetastasen über der Recursive Partitioning Analysis (RPA) und das Graded Prognostic Assessment (GPA) in unterschiedliche prognostische Gruppen eingeteilt werden. Die vorhandenen Therapiemöglichkeiten umfassen eine neurochirurgische Operation, die lokalisierte Hochpräzisionsstrahlentherapie (Stereotaxie) oder Ganzhirnstrahlentherapie sowie die medikamentöse Tumortherapie. Insbesondere große und symptomatische Metastasen sollten operiert werden. Bei einzelnen

Läsionen ist eine Radiochirurgie gleich effektiv zu einer Operation, wobei durch die operative Entfernung auch eine histologische Aufarbeitung möglich ist und somit die Diagnose nochmals gesichert werden kann. Zudem ergeben sich durch die Analyse des Ge-

webes oft Informationen über mögliche systemische Therapiemöglichkeiten. Das Risiko eines Lokalrezidivs ist bei der alleinigen Operation im Vergleich zur Radiochirurgie erhöht (>50% vs. 10–13%). Aus diesem Grund ist eine adjuvante Bestrahlung nach Operati-



Hochpräzisionsstrahlentherapie der Resektionshöhle nach operativer Resektion einer Hirnmetastase

on sinnvoll. Hierbei kann beispielweise mit Techniken der Hochpräzisionsstrahlentherapie die Operationshöhle bestrahlt werden.

### Verabreichung hoher Einzeldosen

Die stereotaktische Bestrahlungstechnik zeichnet sich durch eine präzise Lagerung (<1 mm) und einen steilen Dosisabfall aus. Dies ermöglicht die Verabreichung hoher Einzeldosen im Bereich der Metastase bei gleichzeitiger Schonung des umliegenden gesunden Gewebes. Die Bestrahlung kann via Linearbeschleuniger, Cyberknife oder Gammaknife erfolgen. Die stereotaktische Bestrahlung kommt vorwiegend bei Oligometastasierung (wenige Metastasen, in der Regel bis zu vier Metastasen) des Hirns zum

Einsatz. Wichtig nach einer lokalen Behandlung ist immer eine engmaschige Nachsorge, damit neu auftretende Metastasen früh entdeckt und behandelt werden können. Die lokale 1-Jahres-Kontrollrate nach Radiochirurgie liegt zwischen 73–94 %. Eine zusätzliche Ganzhirnradiatio führt zu einer signifikanten Reduktion des Auftretens von neuen Hirnmetastasen und erhöht die lokale Kontrolle, ohne das Überleben zu beeinflussen. Der verbesserten lokoregionären Kontrolle steht jedoch eine erhöhte Rate an Neurotoxizitäten gegenüber.

Die fraktionierte Ganzhirnradiatio ist die Standardtherapie für Patienten mit disseminierten Hirnmetastasen (viele Metastasen, z. B. >4) und in der Therapie zerebraler Metastasen des kleinzelligen Bronchialkarzinoms und von Keimzelltumoren. Sie kann alleinig oder in Kombination mit operativer Resektion und Radiochirurgie erfolgen. Zu den gängigen Fraktionierungsschemata zählen 30–36 Gy à 3 Gy sowie 35–37,5 Gy à 2,5 Gy. Für Patienten mit schlechter Prognose sind auch 20 à 4 Gy eine Option. Mehrere Studien beschäftigen sich mit der potentiellen Reduktion neurokognitiver Nebenwirkungen durch Hippocampus-schonende Bestrahlungstechniken. Mehrere prospektive randomisierte Studien widmen sich derzeit dieser Fragestellung.

### Wer profitiert von Ganzhirnbestrahlung?

Angesichts der kurzen Überlebenszeit von Patienten mit multiplen Hirnmetastasen stellt sich die Frage, welche Pa-

tientengruppen von einer Ganzhirnbestrahlung profitieren. Prinzipiell wird eine Therapie nur bei Patienten mit einer Lebenserwartung von <3 Monaten empfohlen. Die 2016 publizierte QUARTZ-Studie zeigte keinen signifikanten Überlebens- oder Lebensqualitätsvorteil durch die Ganzhirnbestrahlung bei optimaler Supportivtherapie in einer Population von 538 Patienten mit nicht-operablen Hirnmetastasen eines nicht-kleinzelligen Bronchial-

karzinoms. Subpopulationsanalysen zeigten jedoch eine Verbesserung des Gesamtüberlebens durch die Ganzhirnbestrahlung für Patienten unter 60 Jahren sowie einen Trend zu einem verbesserten Überleben bei Patienten mit gutem Allgemeinzustand (Karnofsky Index ≤70). Zusammenfassend ist die Therapieentscheidung bei Patienten mit Hirnmetastasen immer eine individuelle Entscheidung in die eine Reihe von Faktoren einfließt. Mit mo-

deren Techniken der Strahlentherapie ist die Behandlung nebenwirkungsarm und daher auch bei Patienten in reduziertem Allgemeinzustand gut durchführbar. Durch die Schonung von gesundem Gewebe können kurz- und langfristige Nebenwirkungen hinsichtlich der Neurokognition vermieden werden. ■■

| [www.radonc.med.tum.de](http://www.radonc.med.tum.de) |

WILEY

**JETZT  
EINREICHEN  
ANMELDESCHLUSS  
31. JULI 2018**

**M&K sucht die besten  
Produkte oder Lösungen  
aus den Kategorien A-C.**

**1. Sieger** in der Kategorie...

**A - Medizin & Technik**

**B - IT & Kommunikation**

**C - Bauen, Einrichten & Versorgen**

Teilnahmebedingungen und Produkt  
einreichen per Internet:

[www.PRO-4-PRO.com/mka](http://www.PRO-4-PRO.com/mka)



[www.management-krankenhaus.de](http://www.management-krankenhaus.de)

# IMPRESSUM

**Herausgeber:**  
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, GIT VERLAG

**Publishing Director:**  
Steffen Ebert

**Regional Commercial Director:**  
Dr. Katja Habermüller

**Chefredakteurin:** Ulrike Hoffrichter M.A.,  
Tel.: 06201/606-725, ulrike.hoffrichter@wiley.com

**Anzeigenleiter:** Dipl.-Kfm. Manfred Böhrer,  
Tel.: 06201/606-705, manfred.boehrer@wiley.com

**Redaktion:**  
Dr. Jutta Jessen,  
Tel.: 06201/606-726, jutta.jessen@wiley.com

**Freie Redakteure:**  
Claudia Schneebeuer, Tuttingen

**Wiley GIT Leserservice:** 65341 Eltville  
Tel.: +49 6125 9238 246 - Fax: +49 6125 9238 244  
E-Mail: WileyGIT@vusevice.de  
Unser Service ist für Sie da von Montag bis Freitag  
zwischen 8:00 und 17:00 Uhr

**Mediaberatung:**  
Dipl.-Kfm. Manfred Böhrer,  
Tel.: 06201/606-705, manfred.boehrer@wiley.com

Sibylle Möll, Tel.: 06201/606-225, smoell@wiley.com

Miryam Reubold, Tel.: 06201/606-127,  
miryam.reubold@wiley.com

**Anzeigenvertretung:** Dr. Michael Leising  
Tel.: 03603/8942800, leising@leising-marketing.de

**Redaktionsassistent:** Christiane Rothermel  
Tel.: 06201/606-746, christiane.rothermel@wiley.com

**Herstellung:** Jörg Stenger (Herstellung);  
Kerstin Kunkel (Anzeigenverwaltung);  
Ruth Herrmann (Satz, Layout);  
Ramona Kreimes (Litho)

**Sonderdrucke:** Christiane Rothermel  
Tel.: 06201/606-746, christiane.rothermel@wiley.com

**Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**  
Boschstraße 12, 69469 Weinheim,  
Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-790,  
mk@gitverlag.com, www.gitverlag.com

**Bankkonten**  
J.P. Morgan AG, Frankfurt  
Konto-Nr. 6161517443, BLZ: 501 108 00  
BIC: CHAS DE 33, IBAN: DE55501108006161517443  
Druckauflage: 32.000 (4. Quartal 2017)



M&K kompakt ist ein Sonderheft von  
Management & Krankenhaus

**Originalarbeiten**  
Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der  
Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit  
Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet.  
Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Abbildungen  
übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich  
eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/den redaktionellen  
Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter Form für alle  
Zwecke beliebig oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu denen  
gesellschaftsrechtliche Beteiligungen bestehen, sowie Dritten zur  
Nutzung zu übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich sowohl  
auf Print- wie elektronische Medien unter Einschluss des Internets  
wie auch auf Datenbanken/Datenträger aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten  
Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken oder eingetragene  
Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

**Druck:** DSW GmbH,  
Flomersheimer Straße 2-4, 67071  
Ludwigshafen  
Printed in Germany

ISSN 0176-053 X



# MIXED-REALITY IN DER MEDIZIN

Das Kath. Marienkrankenhaus in Hamburg setzt seit Anfang 2018 erstmalig eine hoch innovative Technologie bei Operationen ein.

■ Diese ist bislang eher aus Kino oder Videospiele bekannt, als dass sie in der Medizin zum Einsatz kommt: Mixed-Reality projiziert dabei ein virtuelles Bild in die reale Umgebung.

Durch die intelligente Software eines Assistenzsystems – Virtual Surgery Intelligence (VSI) – können so u. a. MRT- und CT-Bilder des Patienten in beeindruckender Qualität über eine Spezialbrille dreidimensional auf den zu operierenden Teil des realen Patienten projiziert und vom Operateur in realer Umgebung visualisiert werden. Dies unterstützt Ärzte und auch Nachwuchsärzte während ihrer Operationen.

Die Aufnahmen werden in den echten Raum projiziert, sodass die reale Umgebung weiterhin sichtbar und die Hände frei zum Agieren bleiben.

## Intelligente Software

Oberarzt Dr. Hans-J. von Lücken und seine Kollegin Dr. Kathrin von Usslar, Klinik für HNO-Heilkunde, Kopf-, Hals- und plastische Gesichtschirurgie am Marienkrankenhaus Hamburg, entwickeln den VSI-Assistenten zusammen mit dem Hamburger Start-up-Unternehmen apoQlar.

„Nach ersten Pretests der verschiedenen Modi im Sommer 2017 haben wir diesen innovativen Assistenten ein knappes halbes Jahr später im Marienkrankenhaus Hamburg im Einsatz. Mit dem VSI können wir u. a. die CT/MRT-Bilder unserer Patienten aufrufen, virtuell ansehen und direkt auf ihnen fixieren (Mixed-Reality).

Der VSI ist eine intelligente Anwendung, die dabei durch anatomische Landmarken den Patienten erkennt und die 3-D-Aufnahmen virtuell auf



Ausbildung am VSI: Interaktion an einem Modell

Foto: ApoQlar

ihm ablegt“, so Dr. von Lücken. Ein manueller Abgleich mit der zuvor erstellten 3-D-Darstellung über einen Bildschirm z. B. von Tumorgewebe auf das zu operierende Objekt entfällt und wird durch den VSI wesentlich erleichtert und vor allem präzisiert.

„Wir haben festgestellt, dass wir dadurch einen viel tieferen und detaillierteren Einblick in die anatomischen Strukturen erhalten.

Aber auch für unsere Assistenzärzte ist der VSI eine große Hilfe. So können sie sich schneller orientieren, und der erfahrenere Arzt kann ihnen Operationszugänge und -abläufe besser vermitteln“, berichtet der Oberarzt und Initiator. Gesteuert wird der VSI über Sprache und Gestik. Neben den MRT- oder CT-Bildern können auch andere wichtige Daten des Patienten wie OP-Berichte und Laborwerte aufgerufen und dargestellt werden. Datenschutz inklusive:

Mit Beendigung der Operation werden die auf der Brille geladenen Daten gelöscht, sie verbleiben auf den Servern des Krankenhauses.

## Vorteil für Operateure

Eine Erleichterung und zusätzliche Unterstützung bietet die neue Technologie nicht nur den Operateuren und bei der

Ausbildung von Ärzten, auch Patienten profitieren von neuen Assistenten. Die Aufklärung über bevorstehende Operationen ist durch die visuelle Darstellung neuerdings verständlicher und intuitiver. Zu berücksichtigen bleibt, dass dieser Assistent unterstützend eingesetzt wird. Die Operationsleistung bleibt beim behandelnden Arzt und Operateur.

## Einsatzgebiete

Die technologische Entwicklung hat anfänglich im Kopf-Hals-Bereich begonnen und wird stetig auf andere Gebiete ausgeweitet. Der VSI eignet sich für alle chirurgischen Fachgebiete wie zum Beispiel in der HNO-Heilkunde bei Nasennebenhöhlenoperationen, der Tumor- und Bauchchirurgie, aber auch in der Radiologie zur Diagnostik und für interventionelle Eingriffe.

Mit dem praxisnahen Know-how im Krankenhaus und der Expertise für Hard- und Software des Unternehmens apoQlar werden stetig neue Anforderungen und Funktionen sowie weitere Einsatzmöglichkeiten des VSI-Assistenten entwickelt und verbessert.

■

| [www.marienkrankenhaus.org](http://www.marienkrankenhaus.org) |

# INDEX

Avaya Deutschland	9	Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke	18
Charité Berlin	4	Kath. Marienkrankenhaus Hamburg	22
Canon Medical Systems	5, 7	Klinikum der Philipps-Universität Marburg	15
Conventus Congressmanagement & Marketing	9, 16	Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München	20
Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin	13	Philips	4, US
Deutsche Röntgengesellschaft	8	Siemens Healthcare	17, 2, US
Eberhard Karls Universität Tübingen	13	Universitätsklinikum Essen	10
Eizo Europe	12	Universitätsklinikum Jena	6
Fraunhofer Mevis	8, 16	Universitätsklinikum Mannheim	8
Frankfurt School of Finance & Management	6	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein	14

# ERFOLG HAT DREI BUCHSTABEN:



Johann Wolfgang von Goethe



Seien Sie dabei in der  
**M&K kompakt**

# Erfolgsstory Krankenhaus

M&K kompakt: 32.000 Exemplare  
als Sonderheft / Vollbeilage

in M&K 05/2018 zum **Hauptstadtkongress**  
**Berlin, 06.-08.06.2018**

**Ihre Mediaberatung**

**Manfred Böhler** +49 6201 606 705  
**Miryam Reubold** +49 6201 606 127  
**Sibylle Möll** +49 6201 606 225  
**Dr. Michael Leising** +49 3603 8942800

manfred.boehler@wiley.com  
miryam.reubold@wiley.com  
sibylle.moell@wiley.com  
leising@leising-marketing.de

**Termine**

**Erscheinungstag:** 09.05.2018  
**Anzeigenschluss:** 06.04.2018  
**Redaktionsschluss:** 23.03.2018

**PHILIPS**

Grenzenlos



## Keine Grenzen. Bessere Versorgung.

Für Philips hört Gesundheit nicht an Abteilungs- oder Sektorengrenzen auf. Das muss auch für die Versorgung gelten. Deshalb entwickeln wir integrierte Lösungen, die Menschen, Technologien und Daten zusammenbringen.

Es gibt immer einen Weg, das Leben besser zu machen.

So überwindet Philips Grenzen in der Gesundheitsversorgung:  
[philips.de/grenzenlos](https://philips.de/grenzenlos)

innovation  you

