



Bequem auf dem Sofa durch die **e-Ausgabe** der Management & Krankenhaus blättern: Registrieren Sie sich auf **www.management-krankenhaus.de/newsletter**

Newsletter & e-Ausgabe



Management & Krankenhaus

Zeitung für Entscheider im Gesundheitswesen

Mai · 5/2025 · 44. Jahrgang

Themen

Gesundheitspolitik

Compliance Management System 3
Kliniken benötigen ein Compliance Management System, um gesetzliche Vorgaben und interne Regeln zu den Sorgfaltspflichten einzuhalten.

Medizin & Technik

Künstliche Intelligenz 4
In einer wachsenden Zahl medizinischer Bereiche hat KI bereits Einzug gehalten und unterstützt Mediziner bei der Datenanalyse.

Fokus Radiologie 6
KI und Sprachmodelle 9
In Krankenhäusern gewinnen KI und große Sprachmodelle zunehmend an Bedeutung, insbesondere bei der Analyse und Strukturierung radiologischer Befunde.

IT & Kommunikation

Digitalisierungsgrad 13
Das Klinikum Darmstadt profitiert vom Krankenhauszukunftsgesetz. Andere müssen offensichtlich Rückzahlungen fürchten.

Hygiene

Hygiene und Medfluencing 18
Weg vom Image der „Hygiene-Polizei“: Der weltweit erste und bisher einzige Hygiene-Kanal verändert die Kommunikation auf Social Media.

Antibiotic Stewardship und KI 19
Kann künstliche Intelligenz bei der Optimierung von Antibiotikatherapien unterstützen? – Ein Werkstattbericht

Bauen, Einrichten & Versorgen

Klimaschutz und Nachhaltigkeit 20
Der Gesundheitssektor hat enormen Nachholbedarf bei der Reduzierung seiner CO₂-Emissionen. Warum das so ist und wo Hebel angesetzt werden können.

Labor & Diagnostik

Point-of-Care 22
Point-of-Care-Testing ermöglicht mehr Effizienz im Krankenhaus und bietet neue Chancen im ambulanten Bereich.

Impressum 23
Index 23

WILEY

Unterstützung im Klinikalltag

KI unterstützt Fachkräfte und verschafft ihnen mehr Zeit für die eigentliche Arbeit am Patienten – Kliniken erhoffen sich mehr Effizienz und Kosteneinsparungen. **Seite 2**



KI und vernetzte Datenräume

Um das Potential digitaler Lösungen nutzbar zu machen, müssen diese praxistauglich sein und sich nahtlos in bestehende Abläufe integrieren. **Seite 14**



Fokus DGKH-Tagung

Das deutsche Gesundheitswesen soll bis zum Jahr 2030 klimaneutral sein. Für Kliniken, als große Verbraucher von Energie, Wasser und Materialien, steigt damit der Druck. **Seite 16**



Gesunde Arbeitswelten sind für die Zukunft unverzichtbar

Kliniken stehen vor tiefgreifenden Herausforderungen: Fachkräftemangel, steigende Kosten und wachsende Nachhaltigkeitsanforderungen.

Charleen Grigo, Healing Architecture und New Work, Köln

Diese Faktoren beeinflussen nicht nur die wirtschaftliche Stabilität der Einrichtungen, sondern auch die Qualität der Patientenversorgung und die Arbeitsbedingungen für medizinisches Personal. Dabei entfallen rund 60% der Klinikgesamtkosten auf das Personal – ein zentraler Faktor, der nicht nur betriebswirtschaftlich, sondern auch strukturell durchdacht werden muss. Der Arbeitsalltag von Ärzten und Pflegekräften ist geprägt von hoher Verantwortung, Zeitdruck und physischer wie psychischer Belastung. Drei Viertel der Assistenzärzte verlieren, laut Umfragen vom Hartmannbund, bereits in den ersten Berufsjahren die Freude an der Arbeit. Viele reduzieren ihre Stunden, wechseln den Arbeitgeber oder verlassen den Beruf ganz. Gleichzeitig zeigt sich, dass schlechte Arbeitsbedingungen direkte Auswirkungen auf Fehlzeiten und Fluktuation haben.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) beziffert die volkswirtschaftlichen Kosten durch Arbeitsunfähigkeit im Jahr 2025 im Wirtschaftszweig Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung und Gesundheit auf einen Produktionsausfall von 48,2 Mrd. € und einen Ausfall der Bruttowertschöpfung von 59,3 Mrd. €. Kliniken verlieren im Schnitt je Fehltag und Mitarbeiter 129 € Personalkosten und 158 € Umsatz. Fluktuation kostet je nach Position zwischen drei und zwölf Monatsgehälter pro Stelle. Solche Zahlen verdeutlichen, dass Investitionen in bessere Arbeitswelten nicht nur das Wohlbefinden der Mitarbeiter fördern, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll sind.

Healing Architecture, New Work und Transformation

Die Krankenhausplanung hat in der Vergangenheit oft die Bedürfnisse der Fach-

kräfte vernachlässigt. Eine Untersuchung des Hartmannbunds zeigt, dass 66% der Assistenzärzte das Arbeiten am Limit empfinden und Pausenzeiten oft nicht einhalten werden können – ein deutliches Zeichen dafür, dass die räumlichen und organisatorischen Bedingungen in Kliniken einer dringenden Verbesserung bedürfen.

Neubauten werden primär nach wirtschaftlichen und technischen Vorgaben realisiert, jedoch ohne eine an den Arbeitsalltag angepasste Raumstruktur. Dies führt zu langen Fluren mit vielen verschlossenen Türen, die wiederum zu schlechter Kommunikation, Arbeitsorganisation und fehlendem sozialen- und fachlichen Rückhalt gerade im Alltag von Assistenzärzten führen. Hilfesteller für kurze Rückfragen haben ihr Büro meist weit weg vom Geschehen der Station, sodass Nachfragen erschwert werden. Eine Folge hiervon Unzufriedenheit, Doppeluntersuchungen und hohen Fehlzeiten. Fehlende Rückzugs- und vor allem antihierarchische Räume, zudem schlechte Belüftung, überhöhte Lärmbelastung sowie schlechte ergonomische Büroustattungen sind häufige Defizite, die sich unmittelbar auf die Arbeitsqualität und Gesundheit der Mitarbeiter auswirken. Ein zukunftsfähiges Arbeitsumfeld basiert auf drei zentralen Säulen: Healing Architecture, New Work und einer transformativen Begleitung hin zu psychologischer Sicherheit und einer offenen Fehlerkultur. Healing Architecture setzt auf der Integration von Tageslicht, natürlichen oder natürlich anmutenden Materialien und einer optimalen, natürlichen Belüftung, um eine gesundheitsfördernde Umgebung zu schaffen. Tageslicht reguliert den zirkadianen Rhythmus, beeinflusst Schlafqualität, Wohlbefinden und Konzentration positiv.

Lärmbelastung - der unterschätzte Faktor

Studien zeigen, dass biodynamisches Kunstlicht den natürlichen Tagesverlauf simulieren und damit die biologische Uhr stabilisieren kann, was stressbedingte Erkrankungen wie Depressionen reduziert. Lärm ist ein unterschätzter, aber gravierender Stressfaktor im Klinikalltag. Er führt zu



Charleen Grigo, Healing Architecture und New Work, Köln

einer erhöhten Ausschüttung von Stresshormonen, beeinträchtigt die Konzentrationsfähigkeit und kann langfristig zu Erschöpfung und gesundheitlichen Beschwerden wie Bluthochdruck oder Schlafstörungen führen.

Bereits ab 40 dB treten Konzentrationsstörungen auf, und eine Dauerbelastung über 65 dB erhöht das Risiko für Herz-Kreislauf-erkrankungen. Untersuchungen der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität zeigen, dass viele klinische Geräte und Alarmer diese Werte überschreiten – eine dauerhafte Belastung für das Personal und deren Gesundheit. Schallabsorbierende Materialien und eine Neugestaltung von Alarmtönen in Kooperation mit den Herstellern können hier deutliche Verbesserungen schaffen.

Neben einer gesunden Umgebung ist auch die Ergonomie der Arbeitsplätze entscheidend. Viele Fachkräfte teilen sich Arbeitsbereiche, daher müssen diese flexibel an die jeweiligen Körper angepasst werden können. Höhenverstellbare Arbeitsplätze, ausreichend Bewegungsspielraum und eine natürliche Körperhaltung, während des Arbeitens sind essentiell, um langfristige Belastungsschäden zu vermeiden.

Ebenso wichtig sind Rückzugsräume, in denen Mitarbeiter sich erholen und regenerieren können.

Ein gesunder Arbeitsplatz reicht jedoch nicht aus, um Fluktuation und Fehlzeiten nachhaltig zu senken. Die Struktur und Grundrisse der Arbeitswelten spielen eine wesentliche Rolle. Das Konzept des Activity-Based-Working zeigt, wie verschiedene Raumtypen optimal genutzt werden können. Während wir in unseren Wohnbereichen vom Schlafzimmer über die Küche bis hin zum Wohnzimmer für jede Tätigkeit eigene Räume haben, fehlt diese Vielfalt in vielen Kliniken. Moderne Arbeitswelten sollten ebenso für jede Tätigkeit die passende Raumsituation aufweisen. Hieraus ergibt sich ein buntes Potpourri aus Räumen mit denen wir individuelle Arbeitswelten planen können: Meetingräume, offene Einzelarbeitsplätze, Fokusräume, Dialogboxen, Einzelbüros, Fortbildungs- und Projekträume, Teeküchen, Sport- und Ruheräume sowie informelle Zonen erweitern die Qualitäten der Arbeitsmöglichkeiten für alle Mitarbeiter. Ein gezielter Mix aus diesen Bereichen verbessert die Kommunikation und Regeneration, ver-

kürzt Arbeitswege und erhöht den Wissensaustausch in interdisziplinären Teams. Nachweislich führt eine solche Arbeitswelt in Kliniken zu einer gesteigerten Mitarbeiterzufriedenheit, verringert das Risiko von Burnout und reduziert die Fehlzeiten. Gleichzeitig ermöglicht eine optimierte Flächennutzung eine wirtschaftlichere Gestaltung der Arbeitsumgebung, indem auf gleicher Fläche mehr Arbeitsplätze geschaffen werden, als mit Einzel- oder Zweierbüros.

Gesunde Arbeitswelten sind kein Luxus

Die Auswirkungen einer solchen Planung gehen weit über die Arbeitsqualität hinaus. Begleitstudien zeigen, dass sich durch eine bessere Arbeitsumgebung nicht nur die Zufriedenheit der Mitarbeiter erhöht, sondern auch positive Effekte für Patienten entstehen. So konnten durch neue Arbeitswelten Patientenneunfälle und Notfallanweisungen reduziert, Liegezeiten verkürzt und die Patientenzufriedenheit gesteigert werden.

Damit solche Veränderungen nachhaltig wirken, müssen sie von Beginn an unter aktiver Beteiligung der Mitarbeiter entwickelt werden. Nur durch einen partizipativen Planungsprozess fühlen sich Fachkräfte wertgeschätzt, identifizieren sich mit ihrer Arbeitsumgebung und reduzieren dadurch Fluktuation und Fehlzeiten. Eine Studie von Prof. Dr. Buether zur Umstrukturierung einer Intensivstation an der Uniklinik Wuppertal zeigte, dass die Fehlzeiten ein Jahr nach dem Umbau um 35% gesenkt werden konnten – eine signifikante wirtschaftliche Entlastung, die sich langfristig auszahlt.

Gesunde Arbeitswelten sind kein Luxus, sondern eine essentielle Voraussetzung für ein funktionierendes Gesundheitssystem. Wer Fachkräfte langfristig binden und die Versorgungsqualität sichern möchte, muss über klassische Planungsansätze hinausdenken. New Work, Healing Architecture und eine mitarbeiterzentrierte Gestaltung sind der Schlüssel zu resilienten, nachhaltigen Gesundheitseinrichtungen. Denn am Ende profitieren alle: die Mitarbeiter, die Patienten und die Wirtschaftlichkeit der Klinik. ■



VAH-zertifiziert
(Wirkspektrum sporizid (C.difficile))

schülke →

Wie man Sporen maximal sicher inaktiviert



Tuch entnehmen



Fläche benetzen



5 Minuten warten



Fertig



Mehr erfahren:
schuelke.com/mikrocidPAA+

Die Aufbereitung ist nach den individuellen Gegebenheiten zu validieren. Bitte beachten Sie die Aufbereitungsempfehlungen der Medizinproduktehersteller.

Willkommene Unterstützung im Klinikalltag

KI unterstützt Fachkräfte und verschafft ihnen mehr Zeit für die eigentliche Arbeit am Patienten – Kliniken erhoffen sich mehr Effizienz und Kosteneinsparungen.

Fachkräftemangel, Überlastung, Dokumentationsaufwand, Ineffizienzen und Finanzierungsfragen – die Probleme im Gesundheitswesen sind hinlänglich bekannt. Abhilfe schaffen soll die künstliche Intelligenz. Insbesondere kann Künstliche Intelligenz (KI) den Beschäftigten mehr Zeit verschaffen für die eigentliche Arbeit am Patienten und diese Arbeit bestmöglich unterstützen.

Ziel ist es, durch KI-Unterstützung die bislang zeitraubenden Verwaltungsaufgaben beim Notfallmanagement, bei der Aufnahme von Patienten sowie bei Visiten und Konsultationen zu reduzieren. KI-Tools sollen vertrauenswürdigen Fachwissen bereitstellen und Echtzeit-Feedback liefern, um Prozesse effizienter zu machen und Fehler in der Behandlung und Dokumentation zu vermeiden. Der optimierte Einsatz begrenzter personeller Ressourcen verspricht Kosteneinsparungen, indem sich Überstunden vermeiden lassen, die Mitarbeiterzufriedenheit steigt, die Fluktuation sinkt und damit auch Rekrutierungskosten minimiert werden.

Die Erwartungen, die in KI gesetzt werden, sind hoch. Der allgemeine KI-Boom, entfacht durch spektakuläre Nachrichten über ChatGPT und zuletzt DeepSeek, ist im Gesundheitswesen jedoch differenzierter zu betrachten. Experten warnen bereits vor universellen, großen KI-Modellen, die sehr unspezifisch trainiert wurden. So sind diese nicht dafür ausgelegt, die Komplexität des Gesundheitswesens mit seinen fachlichen Anforderungen sowie hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen zuverlässig zu bewältigen. Im Praxiseinsatz würde dies zusätzlichen Aufwand bedeuten, um die KI immer wieder zu korrigieren, was nicht das Ziel sein kann.

Ein entscheidender Aspekt, generell, aber gerade im Gesundheitswesen, betrifft die Kosten. Die Anzahl der Parameter bestimmt, wie komplex und teuer ein

Large Language Model (LLM) sein kann. Da die Parameter jedoch die Anzahl der arithmetischen Operationen zur Erzeugung einer Ausgabe darstellen, hat dies einen hohen Preis. Jede Operation muss auf kostenintensiven GPUs mit genügend Speicherplatz für das Modell berechnet werden. Für eine bestimmte Aufgabe ist GPT-4o mit über einer Billion Parametern aber nicht +100-mal genauer als ein kleineres LLM.

Es hat sich wiederholt gezeigt, dass kleinere Modelle mit ihren viel größeren Pendanten leicht mithalten können. Darüber hinaus können kleinere Modelle an Hardware angepasst werden, die für die Anforderungen des Anwendungsfalls optimiert ist, wodurch eine Kosten-Nutzen-Analyse zwischen Durchsatz und Kosten ermöglicht wird. Speziell entwickelte KI-Modelle für das Gesundheitswesen zielen darauf ab, die Modellleistung sowohl in Bezug auf Genauigkeit als auch auf Kosten zu optimieren. Dies geschieht durch Innovationen in den Modellarchitekturen, Parameter-Feinabstimmung, Hosting-Strategien wie z.B. Batching und Orchestrierung sowie weiteren Maßnahmen. Dadurch lässt sich jedes LLM zu deutlich geringeren Kosten für den Anwendungsfall und seine Anforderungen optimieren. Branchenspezifische, kosteneffiziente KI-Lösungen für das Gesundheitswesen, die fachlich genauere Ergebnisse liefern, gibt es bereits.

Spezialisierte Modelle statt Universal-KI

Ein Beispiel hierfür sind spezialisierte KI-Modelle, die ausschließlich für das Gesundheitswesen entwickelt wurden und mit Gesundheitsdaten, von Experten geprüften Forschungsarbeiten und Compliance als Priorität trainiert werden. Diese grundlegenden Modelle unterscheiden sich von universellen LLMs dadurch, dass sie in einem Sektor, in dem viel auf dem Spiel steht und in dem Fehler Leben kosten können, schnellere und präzisere Ergebnisse liefern. KI-Modelle dieser Art sind mehrsprachig, für verschiedene medizinische Fachgebiete konzipiert und erfüllen die strengen branchentypischen



Vorschriften. Dazu gehören das C5-Sicherheitszertifikat, das ISAE 3000-Audit für die Einhaltung der DSGVO und SOC2 Typ 2. Die einfache Integration in bestehende Systeme erleichtert die Implementierung in Klinikumgebungen.

Ziel dieser KI-Modelle ist es, Transparenz, Erklärbarkeit und Ergebnisse zu liefern, um die Arbeit von medizinischen Fachkräften zu ergänzen – und nicht zu ersetzen. Die folgenden Healthcare-KI-Modelle sind konzipiert für einen Trainingsprozess unter menschlicher Aufsicht, um schrittweise mehr Verantwortung zu übernehmen:

- Ein schnelles Modell mit Audio-Argumentation baut Expertise für Sachbearbeitung und Transkription auf, um komplexe medizinische Terminologie in mehreren Sprachen zu verarbeiten;
- Ein leistungsstarkes Modell für Dokumentation stellt Agenten bereit, die Konsultationen in die Tat umsetzen und medizinische Diskussionen in strukturierte

Dokumentation umwandeln. Dies erfolgt prägnanter und genauer im Vergleich zum Einsatz universeller KI;

- Ein schnelles Modell für Argumentation erstellt Agenten für klinische Unterstützung in Echtzeit, die deutlich schneller als GPT-4o arbeiten und während der Patientengespräche evidenzbasierte Erkenntnisse liefern.

KI als „lernendes Front-End“ des Gesundheitswesens

Zusätzlich zu diesen Kernmodellen können Entwickler in Expertenmodelle investieren, die wie Fachkräfte im Gesundheitswesen agieren und zusätzliche Fähigkeiten wie z. B. die medizinische Kodierung bereitstellen. Eine flexible Architektur bedeutet, dass Hunderte von Anwendungsfällen erfüllt werden können, ohne Kompromisse bei den kritischen Grundmodellen im Gesundheitswesen eingehen zu müssen. Kliniken können KI ohne die Störungen oder Unsi-

cherheiten nutzen, die bei Allzweck-KI-Modellen unvermeidlich sind.

Ziel dieses bereits praxisbewährten Ansatzes ist es, ein „lernendes Front-End“ des Gesundheitswesens zu etablieren. Die KI soll hierbei helfen, wichtige Herausforderungen zu bewältigen, die Versorgung der Patienten zu verbessern und die Effizienz zu maximieren. Dies bietet nicht von ungefähr ein transformatives Potential im Gesundheitswesen. Alles spricht dafür, dass die Technologie, richtig eingesetzt, in der Lage ist, die Qualität, Effizienz und Personalisierung der Gesundheitsversorgung maßgeblich zu verbessern.

So trägt eine schnellere und genauere Kodierung und Bearbeitung eingehender klinischer Korrespondenz dazu bei, administrative Engpässe zu reduzieren. Eine gestraffte Erstellung klinischer Notizen, Überweisungsschreiben und ein maßgeschneiderter Patientenratgeber beschleunigt Arbeitsabläufe und verbessert gleichzeitig die Qualität der Dokumentation. Durch

Aufzeigen wichtiger Richtlinien und relevanter Daten aus elektronischen Patientenakten stellen KI-Tools willkommene Echtzeit-Unterstützung am Behandlungsort bereit. Die Umwandlung unstrukturierter Daten in strukturierte, codierte Formate erleichtert die Segmentierung von Patientengruppen nach Bedarf, ermöglicht eine stärker personalisierte Versorgung und die Priorisierung von Interventionen je nach Risiko.

Nur spezialisierte KI-Lösungen sind branchentauglich

Klar ist: KI soll das oft überlastete Klinikpersonal bei zeitraubenden Tätigkeiten entlasten, indem sie den Verwaltungsaufwand bei Konsultationen, Patientenaufnahmen, Visiten und Notfällen reduziert. Gleichzeitig soll KI die Fehlerquote in der klinischen Dokumentation senken, was ebenfalls Kosten einspart. Das Gesundheitswesen kann es sich daher nicht leisten, universelle KI-Lösungen einzuführen, die mehr Komplexität schaffen, zeitraubende Korrekturen erfordern oder das Risiko erhöhen.

Ziel von KI-Initiativen im Gesundheitswesen muss es sein, intelligente, zuverlässige Lösungen bereitzustellen, die sich an die Bedürfnisse der medizinischen Fachkräfte anpassen können. Ein erfahrenes OP-Team würde einen Medizinstudenten nicht ohne angemessene Ausbildung eine Operation durchführen lassen. Genauso sollten Kliniken auch nicht KI-Systemen, die nicht speziell für das Gesundheitswesen geschult und validiert wurden, vertrauen. Spezialisierte Lösungen hingegen, die einem speziellen Training und einer strengen Validierung unterzogen wurden, können den Anforderungen des Gesundheitswesens auf sichere Weise gerecht werden. Nur so wird es gelingen, die erhofften Effizienzsteigerungen zu erzielen – und damit auch das chronische Problem steigender Kosten zu entschärfen. ■

Florian Schwiecker
Chief Partnerships Officer
Corti, DK-Kopenhagen
www.corti.ai

F.A.Z. Hauptstadtgespräch Gesundheit & Ressourcen – Gemeinsam die Zukunft des Gesundheitssystems gestalten

2025 wird ein Schlüsseljahr für das deutsche Gesundheitssystem. Eine neue Bundesregierung, weitreichende Reformpläne und tiefgreifende Herausforderungen verlangen mutige Entscheidungen. Digitalisierung, Fachkräftemangel, Finanzierungsdruck und Ressourcenknappheit – wer jetzt nicht handelt, riskiert Stillstand.

Prof. Dr. Heyo K. Kroemer, Vorstandsvorsitzender der Charité, bringt es auf den Punkt: „Der Gesundheitsstandort Deutschland muss sich den demografischen und geopolitischen Herausforderungen stellen – mit Innovation, Digitalisierung, KI und Prävention als Strategien. Dafür braucht es mutige Entscheidungen und strukturelle Veränderungen.“

Das F.A.Z. Hauptstadtgespräch Gesundheit & Ressourcen am 21. Mai in der Charité Berlin bietet eine zentrale Plattform für den Austausch. Entscheidungsträger aus Politik, Gesundheitswesen, Wirtschaft und Wissenschaft kommen zusammen, um tragfähige Lösungen für eine



F.A.Z.-Konferenz Gesundheit & Ressourcen #3 (2024)

zukunftsfähige Gesundheitsversorgung zu entwickeln.

In Vorträgen und Diskussionsrunden geht es um zentrale Fragen: Wie kann das

Gesundheitssystem nachhaltig finanziert werden? Welche Chancen bietet die Digitalisierung? Wie begegnen wir langfristig dem Fachkräftemangel?

Das Hauptstadtgespräch ist mehr als eine Fachdiskussion – es ist eine Gelegenheit, die Zukunft des Gesundheitswesens aktiv mitzugestalten. Seien Sie dabei, wenn Visionen zu konkreten Konzepten werden. ■



Zum Programm

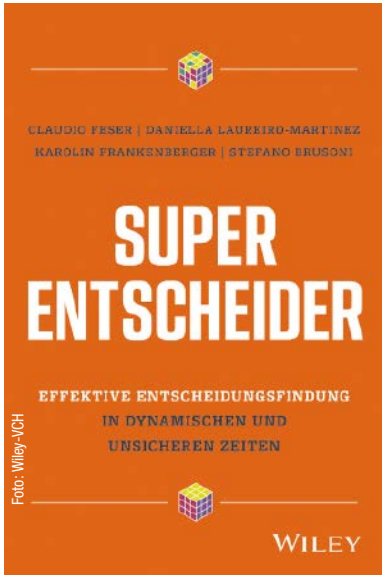
..... Termin

F.A.Z. Hauptstadtgespräch Gesundheit & Ressourcen
21. Mai, Berlin
<https://www.faz-konferenzen.de/gesundheits-und-ressourcen/>

In dem Buch „Super-Entscheider“ liefert ein Team renommierter Forscher und Unternehmensberater eine Anwendung der neuesten neurowissenschaftlichen Erkenntnisse, um die schwierigsten Entscheidungen effektiv zu treffen – nämlich diejenigen, die wir in dynamischen Umgebungen treffen, in Situationen der Ungewissheit, wenn wir Ergebnisse vorhersagen müssen, uns aber relevante Informationen fehlen, die Zeit knapp ist und sich die Umgebung ständig verändert.

Täglich treffen wir Hunderte von Entscheidungen, von kleinen – wie der Frage, was wir heute anziehen und wie wir zur Arbeit fahren – bis hin zu großen – wie Fragen nach der Unternehmensstrategie oder einem Umstrukturierungsprogramm mit Auswirkungen auf Tausende Menschen. Das sind Beispiele für Entweder-oder-Entscheidungen, ein Dilemma, mit dem sich Führungskräfte tagen, tagaus konfrontiert sehen. Ein Großteil der Führungsarbeit besteht darin, in unterschiedlichen Situationen eine Lösung zu suchen und die bestmögliche Entscheidung zu treffen, denn auf Unternehmensebene können gute Entscheidungen spielentscheidend und schlechte Entscheidungen fatal sein. Im Buch wird ein Modell für eine effektive Entscheidungsfindung in dynamischen und unsicheren Zeiten beschrieben. Der vorgestellte „Entscheidungsnavigator“ basiert auf empirisch zusammengetragenen wissenschaftlichen Erkenntnissen und bietet einen praktischen Rahmen sowie Ansätze zur Umsetzung von Entscheidungen und Vorschläge zur Verbesserung von den dafür besonders relevanten kognitiven Fähigkeiten.

Auch wenn es keine allgemein gültige Regel oder mathematische Formel gibt, um zu absolut perfekten Entscheidungen zu gelangen, hilft das hier vermittelte grundlegende Verständnis von Entscheidungsprozessen erheblich, um bessere Entscheidungen zu treffen.



Das Buch ist in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil bietet es einen praktischen Rahmen für effektive Entscheidungen unter Unsicherheit. Im zweiten Teil des Buches werden Ansätze zur effektiven Umsetzung dieser Entscheidungen erörtert, so dass der Wandel auf allen Ebenen, vom Einzelnen bis zur Organisation, bewältigt werden kann. Schließlich enthält das Buch Vorschläge, wie Führungskräfte die für die Entscheidungsfindung relevanten kognitiven Fähigkeiten bei sich selbst und bei ihren Mitarbeitern analysieren und verbessern können. ■

„Super-Entscheider - Effektive Entscheidungsfindung in dynamischen und unsicheren Zeiten“, Claudio Feser, Daniella Laureiro-Martinez, Karolin Frankenberger, Stefano Brusoni, Übersetzt von Ursula Bischoff

Hardcover, 256 Seiten, Wiley-VCH
Weinheim, 2025, ISBN: 978-3-527-51212-6, € 39,99 (D)
www.wiley-vch.de

Kosten deutscher Kliniken sind im internationalen Vergleich niedrig

Deutsche Krankenhäuser verursachen im europäischen Vergleich besonders niedrige Kosten. Die Kosten für die stationäre Patientenbehandlung liegen deutlich unter denen in vergleichbaren westlichen Ländern Europas. Das ist das Ergebnis einer Studie des Deutschen Krankenhausinstituts (DKI). Während in Deutschland pro Krankenhausfall nur gut 6.000 € an Kosten entstehen, sind es in Dänemark mehr als 7.000 € und in den Niederlanden und der Schweiz sogar über 8.000 €.

Mit jeweils 3% des Bruttoinlandsprodukts weisen Deutschland und die Niederlande den geringsten Anteil der

Krankenhauskosten an der gesamten Wirtschaftsleistung der Volkswirtschaften auf. Nur in Norwegen liegt er in der west- und nordeuropäischen Vergleichsgruppe mit 2,6% noch niedriger, was sich allerdings mit dem sehr hohen BIP des Landes erklärt. Auch ein Blick in die Ausgabenstatistik der Gesetzlichen Krankenversicherung zeigt, dass Krankenhäuser keineswegs die Kostentreiber sind. Der Anteil der Krankenhauskosten an den Gesamtausgaben der GKV ist zwischen 2010 und 2022 sogar von 36 auf 33% gesunken. Damit leisten sie einen großen Beitrag zur Effizienz der Krankenversicherung und zu stabilen Beiträgen.

„Krankenhäuser sind weder Kostentreiber der Gesundheitsausgaben, noch ist das deutsche Krankenhauswesen besonders teuer. Das Gegenteil ist der Fall“, erklärt der Vorstandsvorsitzende der Deutschen Krankenhausgesellschaft, Dr. Gerald Gaß.

Schon aufgrund der strukturellen Unterfinanzierung sind die deutschen Krankenhäuser dazu gezwungen, außerordentlich effizient zu arbeiten. Den Versicherten sparen sie damit Milliarden, indem ihr Anteil an den Gesamtausgaben der gesetzlichen Kassen kontinuierlich sinkt. „Wir sind mittlerweile aber an einem

Punkt angekommen, an dem das System beginnt zu kippen. Immer mehr Kliniken, Abteilungen und Stationen drohen aus wirtschaftlichen Gründen geschlossen zu werden. Die sechs Standorte des DRK in Rheinland-Pfalz sind dafür das aktuellste Beispiel“, so Gass. Es müsse jetzt gehandelt werden, wenn es die politisch Verantwortlichen im Bund und den Ländern mit ihrer Verantwortung für die flächendeckende Gesundheitsversorgung ernst meinen. Ansonsten drohen Wartelistenmedizin und weite Wege für die Patienten auch im Notfall. ■

www.dkgev.de

Digitale Gesundheitsversorgung gemeinsam vorantreiben

Im Vorfeld der DMEA – Europas führender Messe für digitale Gesundheit – lud Business France zur vierten Ausgabe des „French Healthcare Booster Germany“ in die Französische Botschaft nach Berlin.

Insa Schrader, Berlin

Am Vorabend der Messe trafen sich dort rund 200 Entscheidungsträger aus Kliniken, Industrie, Forschung und Politik, um Potenziale der deutsch-französischen Zusammenarbeit im Gesundheitswesen auszuloten. Für die Gesundheitswirtschaft – ob Krankenhausleitungen, medizinisch-technische

Direktorate, IT-Abteilungen und strategische Entscheider bot die Veranstaltung eine exklusive Gelegenheit, neue medizintechnologische Entwicklungen aus Frankreich kennenzulernen und direkt mit deren Anbietern in den Austausch zu treten. Der Abend stand nicht nur hinsichtlich der Location und der Videobotschaft des französischen Gesundheitsministers Frédéric Valletoux unter einem europolitischen Fokus: So wurde seitens der Moderierenden bewusst nur Deutsch sowie Französisch gesprochen.

Frankreichs Innovationsstrategie im Gesundheitswesen

Im Rahmen seines Programms „France 2030“ verfolgt Frankreich ambitionierte Ziele: Mit Investitionen in Höhe von 400 Mio. € werden gezielt digitale und

medizintechnische Innovationen gefördert – darunter Anwendungen in der chirurgischen Robotik, Implantat- und Prothesentechnologie sowie die Digitalisierung von Medizinprodukten. Das Programm „French Healthcare Booster Germany“ wurde konzipiert, um französische Start-ups und HealthTech-Unternehmen mit den zentralen Akteuren des deutschen Gesundheitswesens zu vernetzen – darunter Krankenhausverbünde, Universitätskliniken, Einkaufs- und Versorgungsnetzwerke, medizinische Fachabteilungen sowie IT- und Pflegeverantwortliche. Eine deutsch-französische Expertenjury hatte auch in diesem Jahr zehn besonders zukunftsweisende Unternehmen ausgewählt: Ackomas, Axomove, Capteur Protect, Hoppen, ID Solutions, Liaison Vocale, RDS, Valab, Cousin Surgery, Biologbook und

Unither Pharmaceuticals – mit Lösungen von patientenzentrierter Datenerfassung über sprachgesteuerte Schnittstellen bis hin zu modularen Robotiksystemen.

Schlüsselthemen für die digitale Praxis und Klinik

Ein besonderes Augenmerk lag auf zwei Panelrunden zu zentralen Herausforderungen des Alltags in der ambulanten Praxis und in der Klinik: Der erste Round Table widmete sich der elektronischen Patientenakte und diskutierte, wie Interoperabilität, sektorenübergreifender Datenaustausch und klinische Prozessoptimierung praktisch umgesetzt werden können mit Impulsen vorab von David Sainati, Co-Leiter der Delegation für digitale Gesundheit des französischen Ministerium für Gesundheit

und Prävention und Matthias Mieves, Bundestagsabgeordneter der SPD. Das zweite Panel beleuchtete den European Health Data Space und die Rolle von Künstlicher Intelligenz (KI) für eine europaweit vernetzte Gesundheitsversorgung. Hier diskutierten unter der Moderation von Melanie Wendling (bvitg) Nacim Rahal, Senior Director, Data und KI (Doctolib), Claire Biot, VP Life Sciences und Healthcare Industry (Dassault Systèmes) und Katarina Vujovi, Health Research Officer (OECD), sowie Dr. André Byrle, Geschäftsführer SpIFa (Spitzenverband Fachärztinnen und Fachärzte Deutschlands), über regulatorische Rahmenbedingungen, Datensicherheit und konkrete Einsatzszenarien in Praxis und Klinik. Im Mittelpunkt des Dialogs stand die Frage, wie digitale Lösungen die Versor-

gungsqualität verbessern und das medizinische Personal wirksam entlasten könnten. Zielrichtung sei der mündige Patient. Dabei gehe es letztlich um eine vertrauenswürdige KI. Kritisch sah die Runde aber den Fakt, dass in Deutschland aktuell nur 20% der Patientendaten verfügbar und damit nutzbar wäre. Eine These war, dass die Arzt-Patienten-Beziehung sich vertiefen lasse, wenn mit KI-Assistenz die Dokumentation automatisiert werde, wenn etwa der Arzt vorinformierter ins Patientengespräch gehen könnte und damit etwa auch einfach wieder mehr Blickkontakt aufnehmen könnte. Dass die vorgestellten Technologien sich nicht als Ersatz für ärztliches oder pflegerisches Handeln verstehen – sondern diese unterstützen werden – war einhellige Meinung.

Mindestmengen: Versorgung von Brustkrebs und Lungenkrebs

Die Anhebung der Mindestmengen für die Behandlung von Brust- und Lungenkrebs führt 2025 zu einer deutlichen Konzentration der Versorgung auf Krankenhaus-Standorte mit viel Routine bei den jeweiligen Eingriffen.

Nach der am 6. November vergangenen Jahres veröffentlichten Mindestmengen-Transparenzkarte der AOK wird die Zahl der an Lungenkrebs-Behandlung beteiligten Krankenhaus-Standorte von bundesweit 169 in diesem Jahr auf 144 im kommenden Jahr sinken. Die Zahl der Kliniken, die eine Erlaubnis zur Durchführung von Brustkrebs-Operationen erhalten, reduziert sich von 425 auf 393. Die Mindestmengen für die Behandlung von Brustkrebs (50 Fälle pro Jahr) und Lungenkrebs (40 Fälle pro Jahr) sind in diesem Jahr neu eingeführt worden. Sie werden nach den Vorgaben des Gemeinsamen Bundesausschusses (G-BA) im kommenden Jahr auf 100 Fälle pro Jahr für Brustkrebs-OPs und 75 Fälle pro Jahr für thoraxchirurgische Behandlungen von Lungenkrebs angehoben. „Die Brustkrebs-Mindestmenge liegt damit 2025 auf dem

Niveau der Mindestfallzahl, die die Deutsche Krebsgesellschaft für die Zertifizierung von Brustkrebszentren verlangt“, betont die Vorstandsvorsitzende des AOK-Bundesverbandes, Dr. Carola Reimann. „Die Konzentration der Krebsversorgung auf weniger Krankenhaus-Standorte mit höheren Fallzahlen ist eine gute Nachricht für die Patienten. Denn es ist wissenschaftlich belegt, dass Mindest-Fallzahlen zu mehr Routine und Erfahrung in den Operations-teams, weniger Komplikationen und niedrigeren Sterblichkeitsraten führen.“

Kliniken mit Ösophagus-Versorgung

Weniger Bewegung gibt es 2026 bei den komplexen Operationen an der Speiseröhre (Ösophagus): Hier sinkt die Zahl von 111 auf 107 Standorte. Allerdings hatte es in diesem Leistungsbereich bereits in den beiden letzten Entscheidungsrunden einen starken Konzentrationsprozess gegeben, nachdem die Mindestmenge für diesen Eingriff von 10 auf 26 Fälle pro Jahr angehoben worden war. So waren 2022 mehr als doppelt so viele Klinik-Abteilungen (223 Standorte) an der Versorgung beteiligt wie 2026. Eine Klage von Krankenhaus-Trägern gegen die Anhebung dieser Mindestmenge

wies im Juni 2023 das Landessozialgericht Berlin-Brandenburg ab. Den deutlichsten Rückgang von operierenden Klinik-Standorten zeigt die Übersicht der AOK bei den Stammzell-Transplantationen: Hier sinkt die Zahl der an der Versorgung beteiligten Kliniken von 72 auf 48 im kommenden Jahr. Die starke Reduktion hat mit einer Anhebung der Mindestmenge von 25 auf 40 Fälle pro Jahr zu tun. Zudem gab es eine Änderung der medizinischen Vorgaben: Die Mindestmenge, die bis 2023 für allogene (körperfremde) und autologe (körpereigene) Stammzelltransplantationen galt, bezieht sich seit diesem Jahr nur noch auf allogene Transplantationen. Bei den Lebertransplantationen gibt es dagegen keine Änderungen, hier sind weiterhin 18 Klinik-Standorte an der Versorgung beteiligt. Bei den Nieren-transplantationen ist ein kleiner Zuwachs bei den beteiligten Kliniken von 36 auf 38 Standorte zu verzeichnen. Nachdem die Zahl der Klinik-Standorte für die Implantation von Kniegelenk-Totalendoprothesen in der letzten Runde von 938 auf 907 gesunken war, gibt es 2025 erneut einen leichten Rückgang von 907 auf 892 Standorte. „In der Endoprothetik gibt es das größte Potential für eine weitere Konzentration der Versorgung“, so AOK-Vorständin Carola Reimann.



Auswirkungen der Mindestmengen-Regelungen: Aktuelle Übersicht zur Zahl der OP-berechtigten Klinik-Standorte

Die Mindestmengen-Transparenzkarte zeichnet 1.054 Krankenhaus-Standorte, die 2025 mindestmengenrelevante Operationen mit besonders hohen Risiken für Patienten durchführen dürfen. Falls es im Laufe des Jahres Änderungen gibt, wird die Liste aktualisiert. Die „Transparenzkarte“ informiert seit 2019 über die Auswirkungen der jährlichen Entscheidungen der Landesverbände der Krankenkassen zu den besonders risikoreichen Behandlungen, für die vom Gemeinsamen Bundesausschuss vorgegebene Mindestmengen gelten. Seit 2019 müssen Kliniken, die mindestmengenrelevante Eingriffe durchführen wollen, den Krankenkassen auf

Landesebene jeweils Mitte des Jahres ihre aktuellen Fallzahlen der letzten anderthalb Jahre mitteilen und eine Prognose für das Folgejahr abgeben. Die Landesverbände der Krankenkassen entscheiden auf dieser Basis, ob sie die Prognose des Krankenhauses akzeptieren und eine Behandlungserlaubnis für das Folgejahr erteilen. In der AOK-Karte sind die gemeldeten Fallzahlen für jede einzelne Klinik verzeichnet. Diese Angaben sind ein wichtiges Indiz für Patienten und einweisende Ärzten. Denn eine positive Prognose können auch Krankenhäuser erhalten, die die Mindestmenge in der Vergangenheit unterschrit-

ten haben, z.B. aus organisatorischen oder personellen Gründen.

Beratung über weitere Mindestmengen

Gesetzlich vorgegebene Mindestmengen gelten 2025 für die Implantation von künstlichen Kniegelenken (50 Fälle pro Jahr), Transplantationen von Leber (20), Niere (25) und Stammzellen (40), komplexe Operationen an der Speiseröhre (26) und an der Bauspeicheldrüse (20), die Versorgung von Früh- und Reifgeborenen mit einem Aufnahmegeicht von unter 1.250 g (25), Brustkrebs-Operationen (100) sowie für thoraxchirurgische Behandlungen von Lungenkrebs (75 Fälle). Bereits entschieden wurde zudem, dass 2026 für Herztransplantationen eine Fallzahl von zehn Transplantationen pro Jahr zu erfüllen ist. Aktuell berät der Gemeinsamen Bundesausschuss über die Einführung von zusätzlichen Mindestmengen für Darmkrebs-OPs, Major-Leberresektionen sowie zur Chirurgie bei Magenkarzinomen und bei Karzinomen des gastroösophagealen Übergangs. Zudem wird über die Aktualisierung der bestehenden Mindestmenge zur Implantation künstlicher Kniegelenke beraten. ■

| www.aok.de/pp/mindestmengen |

Compliance Management System: Kosten und Nutzen im Gleichgewicht

Kliniken benötigen ein Compliance Management System, um gesetzliche Vorgaben und interne Regeln zu den Sorgfaltspflichten einzuhalten.

Carsten Dürr, HCMnetwork, Pforzheim

Dies betrifft Unternehmenskultur, Risikomanagement und Software. Die Einführung und der Betrieb eines Compliance Management System (CMS) sind anspruchsvoll und kostspielig, weshalb professionelle Unterstützung ratsam ist. Das stark regulierte Gesundheitssystem macht ein Compliance Management System für Kliniken und Krankenhäuser erforderlich, das den Anforderungen der ISO 37301:2021 und den Prüfstandards 980 des Instituts für Wirtschaftsprüfer (28.9.2022) genügt. Diese sieben Blöcke sind die zentralen Bestandteile:

- Eine Unternehmenskultur mit Führungskräften in Vorbildrolle;
- Compliance-Strategie und -Ziele;
- Risikoanalyse;
- Ein Compliance-Programm mit internem Kontrollsystem;
- Eine Organisation mit Gremien und Beauftragten;
- Kommunikation und Hinweisgeber-system;
- Die Überwachung mit Audits und Dokumentation.

Es geht also um die Schaffung einer umfassenden Compliance-Organisation, wobei



der Aufwand von der Krankenhausgröße und der Compliance-Kultur abhängig ist. Risikoanalyse, Compliance-Beauftragter, Schulungen und der Betrieb des Hinweisgebersystems verursachen Kosten, vor allem die Erstellung der Dokumente mit den jeweiligen Compliance-Regeln ist aufwändig. Dieser zusätzliche Kostenfaktor wiegt umso schwerer, als dass rund 80% der deutschen Krankenhäuser defizitär sind.

Externe Vergabe oder Eigenleistung?

An einem CMS führt aber kein Weg vorbei: Krankenhäuser können lediglich entscheiden, ob sie es mit eigenen oder externen Ressourcen umsetzen. Für internes Personal bedeutet das eine Aufgabe, die zu einer

sowieso schon hohen Arbeitsbelastung hinzukommt. Zudem muss es fachlich und persönlich qualifiziert sein. Außerdem stellt sich angesichts von hoher Fluktuation im Krankenhausalltag die Frage, ob ihre Expertise dauerhaft erhalten bleibt. Ein reines Juristen-Team reicht oft nicht aus, da Compliance-Kommunikation entscheidend ist. Denn es fehlen oft branchenspezifische Kenntnisse: Nicht selten stößt die Einführung eines Compliance Managements auf Gegenwind, dem Branchen-fremde Partner oftmals nicht gewachsen sind. Das Problem: Verzögert sich die Einführung – beispielsweise durch fehlende Akzeptanz –, steigen die Kosten massiv. Dagegen können im Compliance Management erfahrene Partner mit hoher Branchenkenntnis den Prozess mit weitaus

weniger Aufwand aufgleisen. Sie kennen die Dynamiken im Krankenhausumfeld und können Prozesse effizient gestalten. Ihre Kosten sind oft höher, amortisieren sich aber durch gezielten Einsatz. Außerdem entfallen der Qualifizierungsaufwand, die Fehlzeiten und das Fluktuationsrisiko.

Die Kosten des CMS-Betriebes

Abhängig von der Größe des Krankenhauses und ob die Einrichtung eines CMS mit eigenem oder mit Fremdpersonal erfolgt, können die Kosten zwischen 100.000 und 900.000 € liegen. Der laufende Betrieb schlägt bei Häusern mit weniger als 200 Betten mit bis zu 40.000 € im Jahr zu Buche, Krankenhäuser zwischen 200 und 1.000 Betten müssen Kosten zwischen 70.000 und 150.000 € pro Jahr dafür kalkulieren. Schätzungen zufolge kann der Betrag bei Kliniken mit 1000 und 1500 Betten auf über 500.000 € steigen. Je nach Versorgungsauftrag reicht Einrichtungen mit weniger als 1000 Betten ein Mitarbeiter in Voll- oder Teilzeit aus. Einmal aufgegleist, sinken die Kosten des CMS auf etwa ein Viertel der Implementierung. Dann muss das System nur noch am Laufen gehalten werden. Krankenhäuser müssen ein CMS vorhalten, doch seine Implementierung und der Betrieb sind mit hohen Kosten verbunden. Sie müssen so reibungslos wie möglich verlaufen, da es kaum Möglichkeiten gibt, Ausgaben zu reduzieren. Externe Unterstützung kann mit professioneller Kommunikation die Einführung beschleunigen. ■

| <https://hcm-network.com/> |

Mutiges Management gestaltet den Wandel

Verlässliche, mutige und verbindliche politische Entscheidungen zur Weiterentwicklung der deutschen Gesundheitspolitik scheinen in die Ferne gerückt. Es fehlt einfach an Planungssicherheiten. Dabei sind die Notwendigkeiten für uns alle klar: Der Innovationsdruck der Medizin, begrenzte Fachkräfteverfügbarkeit und zunehmend begrenzte finanzielle Mittel erfordern durchgreifende strukturelle Veränderungen. Wir brauchen Anreize für strikt bedarfsorientierte Versorgungsstrukturen, für die konsequente Ambulantisierung, für die Konzentration spezieller Versorgungsangebote und für die Nutzung technischer und digitaler Innovationen zur Prozessoptimierung. Egal wie lange sich die Politik weiter Zeit lässt, die notwendigen Entscheidungen zur Beschleunigung des Wandels zu treffen: Wir sind bereits mittendrin in den größten Umwälzungen und Veränderungen der letzten Jahre. Und das Management tut gut daran, diesen Wandel in eigener Verantwortung aktiv zu gestalten, anstatt auf politische Entscheidungen zu warten oder kostbare Energie in diesem politischen Prozess zu vergeuden. Deshalb stehen die aktuellen Managementthemen wieder im Mittelpunkt des Kongresses. Noch mehr als in den letzten Jahren werden ausgewählte Themen in größerer fachlicher Tiefe aufgearbeitet. Das im letzten Jahr erfolgreich etablierte Pro und Contra-Format wird ausgeweitet. Alle Teilnehmer sind herzlich dazu eingeladen, diese umfanglichen Herausforderungen auf dem Gesundheitsmanagementkongress (GMK) im Rahmen des Hauptstadtkongresses 2025 lösungs-



Vorfreude auf interessante Themen auf dem Gesundheitsmanagementkongress 2025, der vom 25. - 27. Juni in Berlin stattfindet.

orientiert zu diskutieren. Der Umbau der Versorgungslandschaft ist in vollem Gange und erfordert unser mutiges Handeln. Die Top-Themen des GMK 2025 finden Sie unter: <https://www.hauptstadtkongress.de/gesundheitsmanagementkongress/> ■

..... **Termin**

Gesundheitsmanagement-kongress im Rahmen des Hauptstadtkongresses

25.– 27. Juni, Berlin

www.hauptstadtkongress.de

Medizinische Testergebnisse – alle Klarheiten beseitigt?

Fehldiagnosen durch falsch verstandene Statistiken lassen sich mit gezieltem Training verhindern. Doppelbäume und ganze Zahlen helfen, Testergebnisse besser zu verstehen.

Dr. Nicole Steib und Prof. Dr. Stefan Krauss, Lehrstuhl für Didaktik der Mathematik, Universität Regensburg



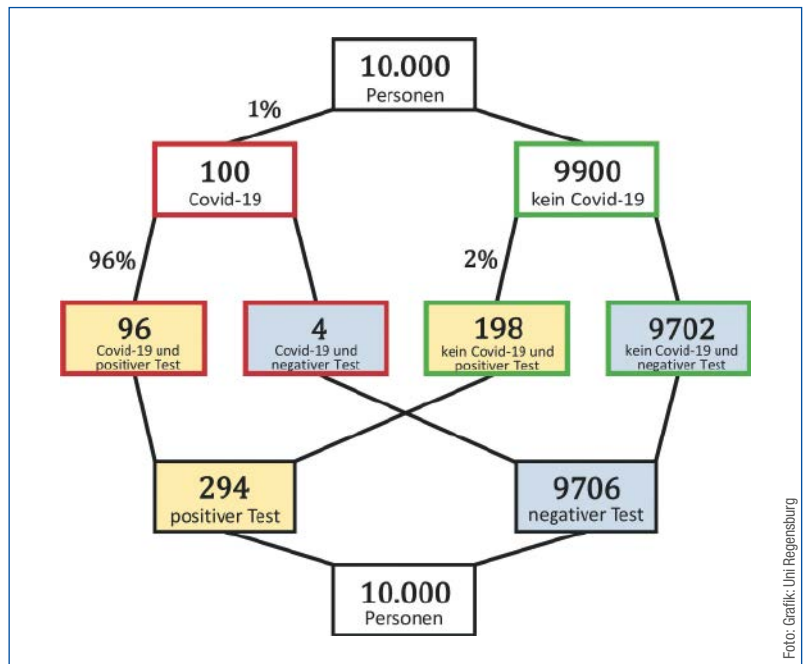
Prof. Dr. Stefan Krauss und Dr. Nicole Steib

Nicht nur Patienten, sondern auch Ärzte können Probleme bei der Interpretation medizinischer Testergebnisse wie z.B. eines positiven Coronaschnelltests haben. Eine neue Studie zeigt, wie Medizinstudenten statistische Informationen, etwa zur Sensitivität oder Falsch-Alarm-Rate medizinischer Tests, besser verstehen können. Ärzte stehen oft vor der Herausforderung, Entscheidungen auf Grundlage probabilistischer Evidenz – also von Wahrscheinlichkeitsaussagen – zu treffen. Eine fehlerhafte Einschätzung von Fragen wie „Wie wahrscheinlich ist eine tatsächliche Infektion bei einem positiven HIV-Test?“ kann zu Fehldiagnosen führen. Diese haben mitunter schwerwiegende

Folgen für Betroffene, wie unbegründete Ängste oder falsche Behandlungen.

In diesem Kontext kann eine Fehldiagnose entstehen, wenn die Sensitivität mit dem positiv prädiktiven Wert gleichgesetzt wird. Selbst ein positives Testergebnis ist mit Unsicherheit behaftet und sollte daher nicht als eindeutiger Nachweis der Krankheit gewertet werden. Dafür müssen verschiedene Parameter berücksichtigt werden.

Ein Team aus Mathematikdidaktikern der Unis Regensburg, Kassel, Freiburg, der PH Heidelberg und der LMU München hat in einer Studie mit 260 Medizinstudenten verschiedene Wahrscheinlichkeitstrainings



Ausgefüllter Doppelbaum zum Kontext "Corona-Schnelltest".



konzipiert und durchgeführt. Die Ergebnisse des von der DFG geförderten Projekts „TrainBayes“ wurden im Journal „Learning and Instruction“ veröffentlicht.

Wahrscheinlichkeiten im Kontext medizinischer Diagnosen

Im Fokus der Studie standen sieben diagnostische Situationen („Bayesianische Situationen“) mit zwei Merkmalsausprägungen, z.B. Gesundheitszustand und Testergebnis, wie folgendes Beispiel illustriert: „Stellen Sie sich vor, dass während der Corona-Pandemie zu einem bestimmten Zeitpunkt 1% der Bevölkerung mit SARS-CoV-2 infiziert war. Eine Person führt nun einen Corona-Schnelltest durch. Bei einem solchen Test erhalten in der Regel 96% der infizierten Personen auch tatsächlich ein positives Testergebnis. Aber auch 2% der nicht infizierten Personen erhalten fälschlicherweise ein positives Testergebnis (Daten aus dem AESKU SARS-CoV-2 Antigen Rapid Test aus der Pandemiezeit). Die Frage ist: Was bedeutet ein positiver Corona-Schnelltest in dieser Situation? Wie wahrscheinlich ist es nun, dass eine positiv getestete Person tatsächlich erkrankt ist?“ Ohne vorangegangene Trainingsmaßnahmen konnten weniger als ein Viertel der Medizinstudenten die richtige Antwort geben. Bemerkenswert ist,

dass die korrekte Wahrscheinlichkeit (reale Erkrankung einer positiv getesteten Person) lediglich 33% beträgt. Ein häufiges Problem bei solchen Diagnosen liegt darin, dass die Prävalenz der Krankheit – in diesem Fall „1% sind mit SARS-CoV-2 infiziert“ – oft nicht ausreichend berücksichtigt wird.

Um das überraschend niedrige Ergebnis von 33% – auch bekannt als positiv prädiktiver Wert – zu veranschaulichen, nutzten die Autoren der Studie verschiedene didaktische Ansätze. Dazu gehörten

u.a. die Umrechnung von Wahrscheinlichkeitsinformationen in ganze Zahlen sowie die Darstellung der Informationen mithilfe von Visualisierungen. Die Strategien wurden in vier verschiedenen Online-Trainingsprogrammen umgesetzt. Das erfolgreichste Training kombinierte die Arbeit mit konkreten Häufigkeiten und die Visualisierung der statistischen Informationen mittels eines Doppelbaums. Eine Sensitivität von 99% bedeutet also nicht, dass eine Person bei positivem Test zu 99% erkrankt ist. Mithilfe der Sensitivität, der Falsch-Alarm-Rate und der Prävalenz kann die Wahrscheinlichkeit, dass eine positiv getestete Person auch wirklich erkrankt ist, berechnet werden.

Von diesen Ergebnissen lassen sich Empfehlungen für die Kommunikation mit den Patienten ableiten. Ein positives Testergebnis ist nicht mit „erkrankt“ gleichzusetzen. Außerdem sollten Mediziner im Patientengespräch mit ganzen Zahlen arbeiten und eine konkrete Stichprobe für das Vermitteln von Wahrscheinlichkeiten verwenden. Dies ist leichter zu verstehen und somit sind auch falschpositive Ergebnisse besser nachzuvollziehen. Für das geschilderte Beispiel sah das wie folgt aus:

Zunächst kann man sich z.B. 10.000 getestete Personen vorstellen und die angegebenen Wahrscheinlichkeiten auf diese Stichprobe von Personen beziehen. Von

diesen 10.000 sind nur etwa 100 Personen infiziert (1%). Die gegebenen statistischen Informationen bedeuten weiterhin, dass von den 100 infizierten Personen etwa 96 ein positives Ergebnis erhalten (96%). Von den 9.900 gesunden Personen erhalten allerdings fälschlicherweise 198 ebenfalls ein positives Ergebnis (2%). Somit sind von den insgesamt 294 positiv getesteten Personen (im „Doppelbaum“ gelb gefärbt) nur 96 tatsächlich infiziert, also knapp 33%. Ein positives Testergebnis ist daher noch nicht unbedingt ein Grund zur Beunruhigung.

Die Übersetzung von Wahrscheinlichkeiten (2%) in konkrete Häufigkeiten (198 von 9.900), verbunden mit einem Doppelbaum, half den Studenten am besten, vergleichbare diagnostische Situationen zu bearbeiten. Direkt nach dem Doppelbaumtraining liegt die Lösungsrate bei 85% (im Vergleich zu 20% vor dem Training). Auch nach ca. 8 Wochen konnte eine Lösungsrate von 74% erzielt werden.

Es wurde festgestellt, dass Studenten mit höheren mathematischen Fähigkeiten grundsätzlich auch größere Lernerfolge erzielen. Allerdings zeigt sich ein Unterschied hinsichtlich der verschiedenen Trainingsgruppen: Zumindest kurzfristig schneidet das Doppelbaumtraining bei Personen mit unterschiedlichen mathematischen Kompetenzen ähnlich gut ab, wohingegen der Lernzuwachs beim schultypischen Wahrscheinlichkeitsbaum-Training besonders stark von vorherigen mathematischen Leistungen abzuhängen scheint.

Parallel zu den Medizinstudierenden wurden in dieser Studie auch 255 Jurastudierende untersucht, da bei der Wahrscheinlichkeitseinschätzung juristischer Indizien ähnliche Probleme auftreten können. Auch in dieser Gruppe war der Doppelbaum das erfolgreichste Training, wobei die Medizinstudierenden insgesamt, d.h. sowohl vor als auch nach dem Training besser abschnitten als die Studierenden der Rechtswissenschaften. ■

| www.uni-regensburg.de |



TrainBayes

KI-generiertes Netzhaut-Screening

Der Einsatz künstlicher Intelligenz beim augenärztlichen Routine-Check ermöglicht es, die Wahrscheinlichkeit für schwerwiegende kardiovaskuläre Ereignisse bei Menschen mit Typ-2-Diabetes einzuschätzen.

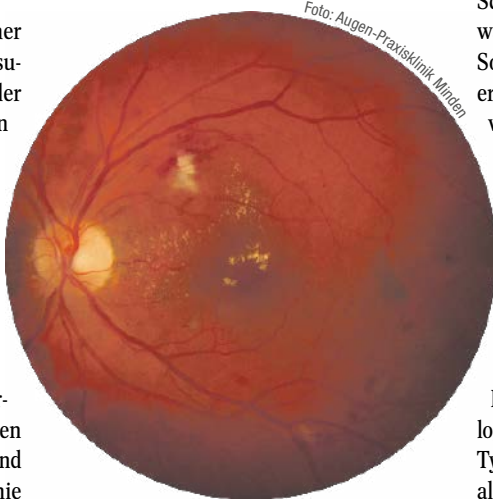
Katrin Hertrampf, Stiftung Diabetes, Herz, Gefäße, Bad Oeynhausen

te ein polygener Risiko-Score (PRS) für die koronare Herzkrankheit. Die Analyse der Netzhautaufnahmen wurde anhand eines EfficientNet-B2-Netzwerks durchgeführt, um das 10-Jahres-CVD-Risiko einzuschätzen. Primäres Studienziel war die Zeit bis zum Auftreten des ersten schwerwiegenden CV-Ereignisses (MACE), einschließlich kardiovaskulärem Tod, Myokardinfarkt oder Schlaganfall. Bei 1.241 Patienten (mittleres PCE-10-Jahres-CVD-Risiko 35%) lag eine hohe Korrelation zwischen dem retinal vorhergesagten CVD-Risiko und dem

Routine-Untersuchungen der Netzhaut, schlussfolgern die Autoren.

Eine optimistische Einschätzung zum Nutzen von KI beim Retinopathie-Screening zur Vorhersage kardiovaskulärer Ereignisse kommt von Experten der Diabetologie und Ophthalmologie. Mit KI könne es schneller gehen, als über traditionelle Wege der Risikoerfassung, so Prof. Diethelm Tschöpe von der Stiftung DHG in Düsseldorf. „Viele Instrumente, die in der klinischen Routine standardisiert eingesetzt werden, auch z.B. Framingham oder andere Scores, sind zeitraubend. Und Zeit ist das, was Ärzten fehlt, worunter nicht selten die Sorgfalt in der Diagnostik leidet“, ergänzt er. Die Studie sei ein weiteres Beispiel, welches Potential in KI stecke, meint Priv.-Doz. Hans-Joachim Hettlich von der Augenklinik am JWK Minden, der auch die Stiftung DHG fördert. Bei der Suche nach Netzhautschäden werde schon länger auf KI-gestützte Diagnostik gesetzt, um betroffene Patienten frühzeitig zu entdecken. „Ein Problem ist aber, dass wir Patienten in vielen Fällen zu spät sehen“, so der Ophthalmologe. Nur etwa die Hälfte der Menschen mit Typ-2-Diabetes ließen sich wie vorgesehen alle zwei Jahre augenärztlich untersuchen. Zudem würden Ärzte ihre Patienten oft erst schicken, wenn Krankheitsstadien weit fortgeschritten sind. „Alles steht und fällt mit dem Zeitpunkt der Diagnose und der Möglichkeit zu einer Therapie“, fassen Tschöpe und Hettlich zusammen. Hier könne KI zumindest als Add-on einen Beitrag leisten, schneller zur Diagnose zu kommen oder Risiken einzuordnen. „Das ersetzt nicht die ärztliche Leistung mit Untersuchung von Patienten, Ergebnisinterpretation und Therapieentscheidungen, die zu treffen sind.“ KI ergänze den diagnostischen Werkzeugkoffer. ■

| www.stiftung-dhg.de |



Fundusaufnahme für Netzhaut-Screening mittels KI

PCE-Risiko-Score ($r = 0,66$) vor, nicht aber mit dem PRS ($r = 0,05$). Ein höheres durch die Retina vorhergesagtes Risiko war signifikant mit einem erhöhten 10-Jahres-MACE-Risiko assoziiert (HR 1,05 pro 1% Anstieg; 95% CI 1,04-1,06, $p < 0,001$). Die Studie belegt: Mit einem Deep-Learning-KI-Modell kann MACE im Retina-Screening genau vorhergesagt werden. Das ermöglicht eine Risikobewertung für CV-Ereignisse bei

KI verbessert Bildgebung im Gehirn

Eine neue Studie von Bonner Forschern optimiert die Traktographie für chirurgische Eingriffe.

Dr. Inka Väh, Universitätsklinikum Bonn

Wie lassen sich Nervenbahnen im Gehirn besser zu planen? Ein Forschungsteam des Lamarr-Instituts und der Universität Bonn hat gemeinsam mit der Translational Neuroimaging Group an den Kliniken für Neuroradiologie und Epileptologie des Universitätsklinikums Bonn (UKB) eine KI-gestützte Methode untersucht, die diese Rekonstruktionen präziser macht. Die Ergebnisse der Studie könnten langfristig dazu beitragen, neurochirurgische Eingriffe sicherer zu gestalten.

Was ist Traktographie – und warum ist sie so wichtig?

Das Gehirn besteht aus einem hochkomplexen Netzwerk aus Nervenzellen, die über

feinste Leitungsbahnen – Nervenfasern oder Trakte – miteinander verbunden sind. Diese Verbindungen sind entscheidend für Bewegung, Sprache, Denken und viele andere Funktionen. Um solche Strukturen sichtbar zu machen, nutzen Forscher die Traktographie, ein bildgebendes Verfahren, das aus speziellen MRT-Scans berechnet, wie die Nervenbahnen verlaufen. Diese Informationen sind besonders wichtig für die Planung von Gehirnoperationen, etwa bei Epilepsiepatienten, die sich einem chirurgischen Eingriff unterziehen müssen.

Bisherige Traktographie-Methoden basieren auf mathematischen Modellen, die aus den MRT-Daten ableiten, wo sich Nervenbahnen befinden. Allerdings gibt es dabei oft Unsicherheiten – vor allem, wenn das Gehirn durch eine Krankheit oder eine Operation verändert wurde. Hier setzen moderne KI-Methoden an: Mit maschinellem Lernen kann das System Muster erkennen und auf dieser Basis genauere Rekonstruktionen erstellen.

In der Studie testeten die Forscher eine weit verbreitete KI-Methode namens TractSeg, die ursprünglich auf gesunden

Gehirnen trainiert wurde. Das Team untersuchte, ob sie auch bei Epilepsiepatienten funktioniert, die sich einer Hemisphärotomie unterzogen haben. Die Ergebnisse zeigten, dass TractSeg in vielen Fällen gut generalisiert, aber auch unerwartete Fehler produziert: Es rekonstruierte fälschlicherweise Leitungsbahnen, die aufgrund der Operation gar nicht mehr existieren dürften – ein Phänomen, das als „Halluzination“ bezeichnet wird. Gleichzeitig blieben einige tatsächlich noch vorhandene Nervenbahnen unvollständig oder fehlten ganz in der Darstellung.

Neuer Hybrid-Ansatz für präzisere Rekonstruktionen

Um diese Probleme zu lösen, entwickelte das Team eine neue Hybrid-Methode, die die Vorteile von KI mit der Datentreue traditioneller Verfahren kombiniert. Dadurch stellt die Methode sicher, dass nur solche Nervenverbindungen rekonstruiert werden, die wirklich vorhanden sind. Das Ergebnis: keine Halluzinationen mehr, eine bessere Erfassung erhaltener Bahnen und insgesamt genauere Rekonstruktionen – auch bei gesunden Gehirnen. Prof. Dr. Thomas Schultz, Principal Investigator in den Life Sciences am Lamarr-Institut, Professor am Institut für Informatik der Uni Bonn, betont die Bedeutung dieser Arbeit: „Unsere Studie zeigt sowohl das Potential als auch die Grenzen KI-gestützter Traktographie im klinischen Einsatz. Die Kombination mit traditionellen Methoden bietet eine vielversprechende Lösung für präzisere Rekonstruktionen, insbesondere bei Daten von Patienten mit pathologischen Veränderungen. Unser Ziel ist es, diese Ansätze weiterzuentwickeln, um sie langfristig für die Neurochirurgie nutzbar zu machen.“ ■

| www.ukbonn.de |

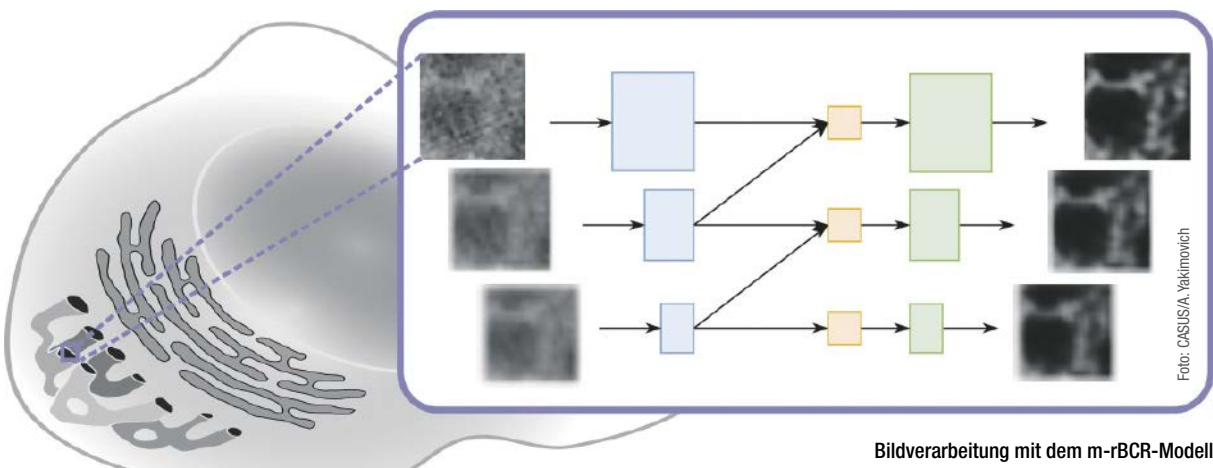


Ein Computermodell ermöglicht bessere Bilder, die Neue Deep-Learning-Architektur sorgt für eine höhere Effizienz.

Simon Schmitt, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Die Lichtmikroskopie ist ein unverzichtbares Werkzeug zur Untersuchung unterschiedlichster Proben. Details werden dabei erst mit Hilfe der computergestützten Bildverarbeitung sichtbar. Obwohl bereits enorme Fortschritte erzielt wurden, gibt es bei der digitalen Verarbeitung weiterhin Entwicklungspotenzial. Ein neues Rechenmodell, das von Forschern des Center for Advanced Systems Understanding (CASUS) am HZDR und des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin auf der Grundlage einer spezifischen Deep-Learning-Architektur entwickelt wurde, ist schneller als herkömmliche Modelle und erreicht dabei die gleiche oder sogar eine bessere Bildqualität. Das Modell nennt sich Multi-Stage Residual-BCR Net (m-rBCR) und wurde speziell für Mikroskopieaufnahmen entwickelt. Es wurde zunächst auf der alle zwei Jahre stattfindenden European Conference on Computer Vision (ECCV) vorgestellt, der wichtigsten Tagung im Bereich Maschinelles Sehen und Lernen. Das neue Modell verleiht der Bildverarbeitungstechnik der Dekonvolution (Entfaltung) einen ganz neuen Dreh. Dieses rechenintensive Verfahren verbessert Kontrast und Auflösung von digitalen Bildern optischer Mikroskope wie Weitfeld-, Konfokal- oder Durchlichtmikroskope. Die Dekonvolution reduziert die Unschärfe, die durch das

jeweils verwendete Mikroskopiesystem verursacht wird. Dafür gibt es hauptsächlich zwei Methoden: die explizite Dekonvolution (direkte Entfaltung) und die auf Deep-Learning-basierende Dekonvolution. Die direkten Entfaltungsansätze basieren auf dem Konzept der Punktspreizfunktion (PSF). Eine PSF beschreibt, wie eine unendlich kleine Lichtquelle, die von der Probe ausgeht, durch das optische System aufgeweitet und in ein dreidimensionales Beugungsmuster verteilt wird. Das heißt: In einem aufgenommenen (zweidimensionalen) Bild befindet sich immer etwas Licht von nicht im Brennpunkt gelegenen Strukturen, die die Unschärfe erzeugen. Kennt man die PSF des mikroskopischen Systems, kann man diese Unschärfe herausrechnen und erhält ein Bild, das der Realität viel näherkommt als das unbearbeitete aufgenommene Bild. „Das große Problem bei PSF-basierten Entfaltungstechniken ist, dass die PSF eines bestimmten mikroskopischen Systems oft nicht verfügbar oder ungenau ist“, stellt Dr. Artur Yakimovich, Leiter einer CASUS-Nachwuchsforschungsgruppe fest. „Seit Jahrzehnten wird bereits an einer blinden Dekonvolution gearbeitet, bei der die PSF aus dem Bild oder einem Satz von Bildern heraus geschätzt wird. Blinde Dekonvolution ist jedoch nach wie vor ein recht kniffliges Problem und die erzielten Fortschritte sind eher bescheiden.“ Das Yakimovich-Team hat bereits in der Vergangenheit bewiesen, dass das Instrumentarium zur Lösung inverser Probleme im Bereich der Mikroskopie sinnvoll eingesetzt werden kann. Bei inversen Problemen geht es darum, die Ursprungsfaktoren zu ermitteln, die zu bestimmten gemachten Beobachtungen führen. In der Regel sind große Datenmengen und Deep-Learning-



Algorithmen erforderlich, um diese Art von Problemen erfolgreich zu lösen. Wie bei den direkten Entfaltungsmethoden erhält man bei der Deep-Learning-basierenden Dekonvolution als Ergebnis Bilder mit höherer Auflösung oder besserer Qualität. Für den auf der ECCV vorgestellten Ansatz verwendeten die Wissenschaftler ein physikbasiertes neuronales Netzwerk namens Multi-Stage Residual-BCR Net (m-rBCR).

Deep Learning einmal anders eingesetzt

Ganz allgemein gibt es für eine Bildverarbeitung zwei Grundvarianten. Sie startet entweder mit der klassischen räumlichen Darstellung eines Bildes oder (nach einer Transformation dieser Darstellung) mit seiner Frequenzversion. Bei dieser wird jedes Bild als eine Sammlung von Wellen dargestellt. Beide Darstellungsformen bieten spezifische Vorteile und je nach Art der Bildbearbeitung nutzt man eher die eine oder die andere Form. Die überwiegende

Mehrheit der genutzten Deep-Learning-Architekturen arbeitet mit der räumlichen Darstellung. Sie ist für Fotos gut geeignet. Mikroskopieaufnahmen unterscheiden sich aber davon. Sie sind meist monochromatisch. Bei Techniken wie der Fluoreszenzmikroskopie kommen zum Beispiel spezifische Lichtquellen auf einem schwarzen Hintergrund zum Einsatz. m-rBCR nutzt daher die Frequenzdarstellung als Startpunkt. „Die Nutzung der Frequenzdomäne kann gerade in solchen Fällen dazu beitragen, optisch aussagekräftige Datenrepräsentationen zu erstellen – ein Konzept, das es m-rBCR ermöglicht, die Entfaltungsaufgabe im Vergleich zu anderen modernen Deep-Learning-Architekturen mit überraschend wenig Parametern zu meistern“, erklärt Rui Li, Erstautor und Referent auf der ECCV. Li schlug vor, die neuronale Netzwerkarchitektur des Modells BCR-Net weiterzuentwickeln. Dieses Modell wurde wiederum von einem frequenzdarstellungsbasierten Signalkomprimierungsschema inspiriert, das in den 1990er Jahren von Gregory Beylkin, Ronald

Coifman und Vladimir Rokhlin eingeführt wurde (daher der Name BCR-Transform). Das Team validierte das m-rBCR-Modell anhand von vier verschiedenen Datensätzen, zwei simulierten Mikroskopie-Bild-datensätzen und zwei realen Mikroskopie-datensätzen. Verglichen mit den neuesten Deep-Learning-basierten Modellen zeigt es eine hohe Leistungsfähigkeit mit deutlich weniger Trainingsparametern und einer kürzeren Laufzeit. Darüber hinaus übertrifft es auch explizite Entfaltungsmethoden deutlich.

Auf mikroskopische Aufnahmen zugeschnitten

„Diese neue Architektur nutzt einen bislang wenig beachteten Ansatz, um Darstellungen jenseits der klassischen neuronalen Faltungnetzwerke zu ermöglichen“, fasst Mitautor Prof. Misha Kudryashev, Leiter der Arbeitsgruppe „In-situ-Strukturbilogie“ am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin, zusammen. „Unser Modell reduziert potenziell redundante

Parameter erheblich. Wie die Ergebnisse zeigen, geht dies jedoch nicht mit einem Leistungsverlust einher. Das Modell eignet sich explizit für mikroskopische Aufnahmen und stellt aufgrund seiner schlanken Architektur den Trend zu immer größeren Modellen, die entsprechend höhere Rechenleistung erfordern, in Frage.“ Die Yakimovich-Gruppe hat ein Modell zur Verbesserung der Bildqualität veröffentlicht, das auf generativer KI basiert. Ihr Conditional Variational Diffusion Model (CVDm) erzielt Ergebnisse, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen und auch das hier vorgestellte m-rBCR-Modell übertreffen. „Allerdings benötigt man dafür Trainingsdaten und entsprechende Rechenressourcen, einschließlich leistungsfähiger Grafikprozessoren, die heutzutage sehr gefragt sind“, gibt Yakimovich zu bedenken. „Das leichtgewichtige m-rBCR-Modell hat diese Einschränkungen nicht und liefert trotzdem sehr gute Ergebnisse. Ich bin daher zuversichtlich, dass wir von der Forschungsgemeinschaft viel Zuspruch erhalten werden. Auch aus diesem Grund haben wir damit begonnen, die Benutzerfreundlichkeit zu optimieren.“ Die Yakimovich-Gruppe „Maschinelles Lernen in Bezug auf Ansteckung und Krankheit“ hat sich zum Ziel gesetzt, das komplexe Netzwerk molekularer Interaktionen zu verstehen, das nach der Infektion mit Krankheitserregern im Körper aktiv ist. Dabei ist die Nutzung der neuen Möglichkeiten des maschinellen Lernens zentral. Zu den Interessensgebieten gehören die Verbesserung der Bildauflösung, die 3D-Bildrekonstruktion, die automatisierte Krankheitsdiagnose und die Bewertung der Rekonstruktionsqualität von Bildern. ■ | www.hzdr.de

Mikroskopie: 10.000-mal schneller als andere Methoden

Ein computergestütztes Framework entdeckt experimentelle Mikroskopietechniken und führt Optimierungen 10.000-mal schneller durch als etablierte Methoden.

Für menschliche Forscher ist es eine jahrelange Arbeit, neue supraauflösende Mikroskopietechniken zu entdecken. Die Anzahl der möglichen optischen Konfigurationen eines Mikroskops – also die räumliche Anordnung von Linsen und Spiegeln – ist enorm. Forscher des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts (MPL) haben ein Framework für KI entwickelt, das selbstständig neue experimentelle Designs in der Mikroskopie entdeckt. Das Framework namens XLuminA führt Optimierungen 10.000-mal schneller durch als etablierte Methoden. Die Arbeit wurde in »Nature Communications« veröffentlicht. Derzeit wird die optische Mikroskopie am häufigsten in den Biowissenschaften eingesetzt. Der Einfallreichtum und die Kreativität menschlicher Forscher haben zur Entdeckung von superhochauflösenden Methoden geführt, die die klassische Beugungsgrenze des Lichts bei etwa 250 nm überwinden. Diese „Super-resolution“ (SR) Technologie ermöglicht es, die Organisation der kleinsten funktionellen Einheiten des zellulären Lebens aufzulösen. Die Entwicklung neuer Mikroskopietechniken beruht traditionell auf menschlicher Erfahrung, Intuition und Kreativität – ein anspruchsvoller Ansatz angesichts der Vielzahl möglicher experimenteller optischer Konfigurationen. Besteht z.B. ein optischer Aufbau aus nur zehn Elementen, die aus fünf verschiedenen Komponenten wie Spiegeln, Linsen oder Strahlteilern ausgewählt werden, gibt es bereits mehr als 100 Mio. einzigartige Konfigurationen. Die Komplexität dieses Raums lässt vermuten, dass viele leistungsstarke Techniken noch unentdeckt sind und die menschliche Intuition allein nicht ausreicht, um sie zu finden. Hier könnten KI-basierte Erkundungstechniken von enormem Nutzen sein, indem sie diesen Raum schnell und unvoreingenommen erkunden. „Experimente sind unsere Fenster zum Universum, im Kleinen wie im Großen. Angesichts der schier unermesslich großen Anzahl möglicher experimenteller Konfigurationen ist es fraglich, ob Forscher bereits alle außergewöhnlichen Anordnungen entdeckt

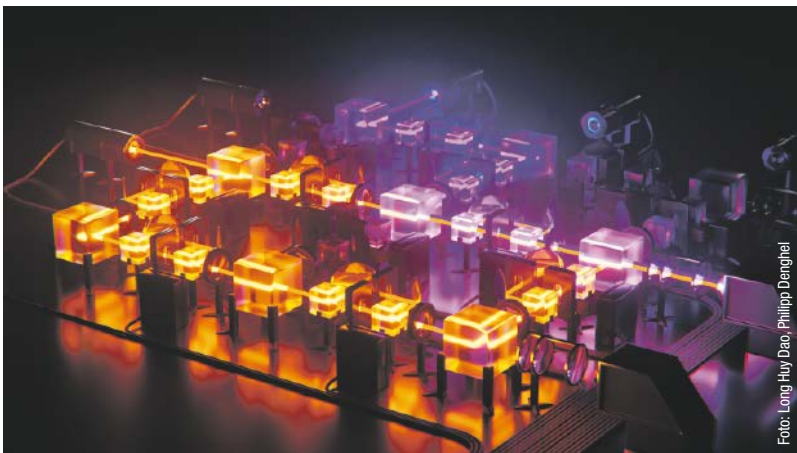


Dr. Carla Rodríguez, Wissenschaftlerin in der Forschungsgruppe von Dr. Mario Krenn am MPL

haben. Genau hier kann KI helfen“, erklärt Mario Krenn, Forschungsgruppenleiter »Labor für künstliche Wissenschaftler« am MPL. Um diese Herausforderung anzugehen, schlossen sich Wissenschaftler des »Labors für künstliche Wissenschaftler« mit Leonhard Möckl zusammen, einem Experten auf dem Gebiet der superhochauflösenden Mikroskopie und zum Zeitpunkt der Forschung Leiter der Forschungsgruppe »Physikalische Glykowissenschaften« am MPL. Inzwischen hat er die Professur für »Nanooptische Bildgebung« an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg angenommen. Gemeinsam entwickelten sie XLuminA, ein effizientes Open-Source-Framework zur Entdeckung neuer optischer Designprinzipien. Die Forscher nutzen seine Fähigkeit

ten mit besonderem Schwerpunkt auf der SR-Mikroskopie. XLuminA arbeitet als KI-gesteuerter optischer Simulator, der automatisch den gesamten Raum möglicher optischer Konfigurationen erkunden kann. Was XLuminA auszeichnet, ist seine Effizienz: Es nutzt fortschrittliche Rechenverfahren, um potenzielle Designs 10.000-mal schneller zu bewerten als herkömmliche Rechenverfahren. „XLuminA ist der erste Schritt, um KI-gestützte Entdeckungen und die superhochauflösende Mikroskopie zusammenzubringen. Die superhochauflösende Mikroskopie hat in den letzten Jahrzehnten revolutionäre Einblicke in grundlegende Prozesse der Zellbiologie ermöglicht – und ich bin überzeugt, dass XLuminA diese Erfolgsgeschichte beschleunigen und uns neue Designs mit beispiellosen Fähigkeiten bringen wird“, fügt Möckl hinzu. Die Erstautorin der Arbeit, Dr. Carla Rodríguez, und die weiteren Teammitglieder bestätigen den Ansatz, indem sie zeigen, dass XLuminA drei grundlegende Mikroskopietechniken eigenständig wiederentdecken konnte. Ausgehend von einfachen optischen Konfigurationen entdeckte das Framework erfolgreich ein System zur Bildvergrößerung wieder. Die Forscher gingen dann komplexere Herausforderungen an und entdeckten erfolgreich die mit dem Nobelpreis ausgezeichnete STED-Mikroskopie (Stimulated Emission Depletion) und eine Methode zur Erreichung von SR mithilfe optischer Wirbel wieder. Schließlich demonstrierten die Forscher die Fähigkeit von XLuminA, echte Entdeckungen zu machen. Sie beauftragten das Framework, das bestmögliche SR-Design unter Berücksichtigung der verfügbaren optischen Elemente zu finden. Das Frame-

work entdeckte eigenständig einen Weg, die zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien der oben genannten SR-Techniken (STED-Mikroskopie und die optische Wirbelmethode) in einem einzigen, bisher nicht berichteten experimentellen Design zu integrieren. Die Leistungsfähigkeit dieses Designs übertrifft die Fähigkeiten jeder einzelnen SR-Technik. „Als ich die ersten optischen Designs sah, die XLuminA entdeckt hatte, wusste ich, dass wir eine aufregende Idee erfolgreich in die Realität umgesetzt hatten. XLuminA ebnet den Weg für die Erkundung völlig neuer Gebiete in der Mikroskopie und erreicht eine beispiellose Geschwindigkeit bei automatisierten optischen Designs. Ich bin unglaublich stolz auf unsere Arbeit, vor allem wenn ich daran denke, wie XLuminA dazu beitragen könnte, unser Verständnis der Welt zu erweitern. Die Zukunft der automatisierten wissenschaftlichen Entdeckungen in der Optik ist wirklich aufregend“, sagt Carla Rodríguez, die Hauptentwicklerin von XLuminA. Der modulare Aufbau des Frameworks ermöglicht eine einfache Anpassung an verschiedene Arten von Mikroskopie- und Bildgebungsverfahren. Für die Zukunft plant das Team die Integration von nicht-linearen Wechselwirkungen, Lichtstreuung und Zeitinformation. Das ermöglicht die Simulation von Systemen wie iSCAT (interferometrische Streumikroskopie), strukturierte Beleuchtung, Lokalisationsmikroskopie und viele andere. Das Framework kann von anderen Forschungsgruppen genutzt und an ihre Bedürfnisse angepasst werden, was für interdisziplinäre Forschungskooperationen von großem Vorteil wäre. Ausführliche Bildunterschrift zu der Illustration: Künstlerische Darstellung des automatisierten optischen Entdeckungsprozesses von XLuminA. Die Anordnung zeigt Laserstrahlen, die durch ein Netzwerk optischer Elemente wie Strahlteiler, räumliche Lichtmodulatoren und Spiegel geleitet werden. Dies veranschaulicht, wie XLuminA umfangreiche experimentelle Konfigurationen untersucht, um neue SR-Mikroskopietechniken zu entdecken. Die leuchtenden Pfade zeigen die Fähigkeit des Systems, automatisch optimale Wege für die Lichtmanipulation zu finden, und ermöglichen bahnbrechende optische Designs, die bisher von menschlichen Forschern unentdeckt geblieben sind. ■ | www.mpl.mpg.de



Künstlerische Darstellung des automatisierten optischen Entdeckungsprozesses von XLuminA



Bonner Forscher analysieren die Auswirkungen von KI auf Arbeitsprozesse in der medizinischen Bildgebung.

Jana Schäfer, Universitätsklinikum Bonn

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in Krankenhäusern und der Patientenversorgung nimmt stetig zu. Besonders in Fachbereichen mit hohem Bildgebungsanteil, wie der Radiologie, ist KI längst Teil des klinischen Alltags. Jedoch bleibt die Frage, inwiefern KI tatsächlich die Arbeitsabläufe im klinischen Umfeld beeinflusst, weitgehend unbeantwortet. Forschende des Universitätsklinikums Bonn (UKB) und der Universität Bonn haben deshalb eine umfassende Analyse bestehender Studien zur Wirkung von KI vorgenommen. Sie konnten zeigen, dass KI nicht automatisch zu einer Beschleunigung der Arbeitsprozesse führt. Obwohl KI oft als Lösung zur Bewältigung von Routineaufgaben wie der Überwachung von Patienten, der Dokumentation von Pflegeaufgaben und der Unterstützung bei klinischen Entscheidungen angesehen wird, sind die tatsächlichen Effekte auf Arbeitsprozesse unklar. Besonders in datenintensiven Fachgebieten wie der Genomik, Pathologie und Radiologie, in denen KI bereits zur Mustererkennung in großen Datenmengen und zur Priorisierung von Fällen eingesetzt wird, fehlt es an belastbaren Daten zur Effizienzsteigerung. „Wir wollten herausfinden, inwiefern KI-Lösungen die Effizienz in der medizinischen Bildgebung tatsächlich verbessern“, erläutert Katharina Wenderott, leitende Autorin der Studie und Doktorandin der Universität Bonn am Institut für Patientensicherheit (iPS) des UKB. „Die weit verbreitete Annahme, dass KI automatisch Arbeitsprozesse beschleunigt, greift oft zu kurz.“

Das Forschungsteam führte eine systematische Überprüfung von 48 Studien durch, die den Einsatz von KI-Tools in klinischen Umfeldern – insbesondere in der Radiologie und Gastroenterologie – untersuchten. Von den 33 Studien, die sich mit der Bearbeitungszeit von Arbeitsprozessen befassten, berichteten zwar 67% über eine Verkürzung der Arbeitszeit, doch die Metaanalysen ergaben keine signifikanten Effizienzgewinne. „Einige Studien zeigten zwar statistisch signifikante Unterschiede, aber diese waren nicht ausreichend, um allgemeine Schlüsse zu ziehen“, so Wenderott.

Einheitliche Bewertung der Studien ist schwierig

Darüber hinaus analysierte das Team, wie gut KI in bestehende Arbeitsabläufe integriert wird. Es zeigte sich, dass der Erfolg der Implementierung stark von den spezifischen Rahmenbedingungen und Prozessen vor Ort abhängt. Aufgrund der Heterogenität der Studiendesigns und der eingesetzten Technologien war eine einheitliche Bewertung jedoch schwierig. „Unsere Ergebnisse verdeutlichen, dass der Einsatz von KI im klinischen Alltag differenziert betrachtet werden muss“, betont Prof. Matthias Weigl, Direktor des iPS am UKB, der auch an der Uni Bonn forscht. „Lokale Bedingungen haben großen Einfluss auf den Erfolg der Implementierung.“ Die Studie liefert wichtige erste Erkenntnisse darüber, wie KI-Technologien die klinischen Arbeitsprozesse beeinflussen können. „Ein zentrales Ergebnis ist die Notwendigkeit einer klar strukturierten Berichterstattung in künftigen Studien, um den wissenschaftlichen und praktischen Nutzen dieser Technologien besser bewerten zu können“, fasst Prof. Weigl abschließend zusammen. ■ | www.ukbonn.de

„W.I.R. gestalten – Wissen. Innovation. Radiologie.“

Der 106. Deutsche Röntgenkongress 2025 als Plattform für Innovation und Dialog

Die Radiologie steht im Zentrum der modernen Medizin und prägt Diagnostik und Therapie gleichermaßen. Beim 106. Deutschen Röntgenkongress 2025 wird genau dieser Aspekt hervorgehoben: Erstmal steht die bildgeführte Therapie explizit im Fokus. Damit wird unterstrichen, dass die Radiologie nicht nur für die präzise Diagnostik unerlässlich ist, sondern auch einen entscheidenden Beitrag zur Therapie von Erkrankungen leistet. Das Kongressmotto „W.I.R. gestalten – Wissen. Innovation. Radiologie.“ reflektiert diesen Gestaltungsanspruch und hebt die Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit hervor.

Hinter dem diesjährigen Motto steht die Einsicht, dass alle, die in der Radiologie arbeiten, diese tagtäglich und auf vielen Ebenen gestalten und auf vielfältigen Ebenen Einfluss nehmen – sei es im Austausch mit Patienten, mit anderen Fachrichtungen, wissenschaftlichen Fachgesellschaften oder gesundheitspolitischen Entscheidungsträgern. Sie tun dies am Arbeitsplatz in unterschiedlichen Arbeitsgruppen und natürlich auch innerhalb der Deutschen Röntgengesellschaft. Dieses Selbstverständnis als gestaltendes Fach ist essenziell für die Weiterentwicklung der Radiologie. Technologische Innovationen, neue Arbeitsmodelle und die zunehmende Digitalisierung bieten enorme Chancen, aber auch Herausforderungen, die aktiv angegangen werden müssen.

Zukunft der Arbeit

Ein zentrales Thema des Kongresses ist die Zukunft der Arbeit in der Radiologie. Der Fachkräftemangel und die sich wan-

delnden Erwartungen an den Arbeitsplatz stellen uns vor neue Herausforderungen. Work-Life-Balance, flexible Arbeitszeiten und Home-Office gewinnen an Bedeutung, während digitale Technologien wie Remote-Scanning und KI-gestützte Prozessoptimierung völlig neue Möglichkeiten eröffnen. Neue Ideen und Konzepte, wie Kliniken, Abteilungen und Praxen Mitarbeiter für sich gewinnen und langfristig binden können, sind daher notwendig, um den Beruf attraktiver zu gestalten und gleichzeitig die Versorgungsqualität für Patienten zu erhöhen.

Die Radiologie in Klinik und Praxis

Die Grenzen zwischen stationärer und ambulanter Versorgung lösen sich zunehmend auf. Eine moderne, sektorenübergreifende Radiologie kann helfen, Doppeluntersuchungen zu vermeiden, Versorgungslücken zu schließen und Ressourcen effizienter zu nutzen. Doch die Herausforderungen sind vielfältig: Wie lassen sich ambulante radiologische Leistungen sinnvoll in Klinikstrukturen integrieren? Wie kann die fachärztliche Weiterbildung gesichert werden? Welche neuen Niederlassungsmodelle bieten langfristige Perspektiven?

Die aktuelle Forderung zur Ambulantisierung beinhaltet sicher großes Potenzial für die Radiologie, wirft aber auch Fragen auf, die auf dem Kongress intensiv diskutiert werden sollen. Radiologen müssen ihr Rollenverständnis überdenken und sich den neuen Möglichkeiten und Herausforderungen aktiv stellen.



Die Kongresspräsidenten des 106. Deutschen Röntgenkongresses: Prof. Dr. Martin Mack (l.) und Prof. Dr. Michael Uder

Edutainment und Dialog

Der Deutsche Röntgenkongress 2025 setzt verstärkt auf interaktive und dialogorientierte Formate. Neben klassischen Vorträgen werden Edutainment-Elemente, Panel-Diskussionen und praxisnahe Workshops

eine zentrale Rolle spielen. Diese Neuerungen sollen nicht nur die Wissensvermittlung verbessern, sondern auch den interdisziplinären Austausch fördern. Es gilt, mit neuen Formaten das „W.I.R.“ des Mottos mit Leben zu füllen und emotional zu übersetzen.

Der Kongress bietet zwei komplementäre Formate: RÖKO Digital (5. März bis 21. Juni 2025) bietet ein umfassendes Online-Fortbildungsprogramm mit wöchentlichen Veranstaltungen. Auf dem RÖKO Wiesbaden können sich die Teilnehmenden vom 28. bis zum 30. Mai

im RheinMain CongressCenter über die „hot topics“ entlang des Kongressmottos und der Themenschwerpunkte informieren und austauschen. Selbstverständlich kommt auch die Wissenschaft nicht zu kurz und die Partner aus der Industrie freuen sich darauf, in der begleitenden Industrie-Ausstellung Einblicke in neue Entwicklungen und Techniken vorstellen zu können. Diese Kombination aus digitaler und präsenter Fortbildung ermöglicht maximale Flexibilität und eine breite Teilhabe. Zusammen bieten RÖKO DIGITAL und RÖKO WIESBADEN ein perfekt aufeinander abgestimmtes Programm zu allen relevanten Fortbildungs-, Wissenschafts- und berufspolitischen Themen.

Der 106. Deutsche Röntgenkongress ist eine Plattform für Innovation, Diskussion und interdisziplinären Austausch. Die Herausforderungen der Zukunft lassen sich nur gemeinsam bewältigen.

„W.I.R. gestalten“ bedeutet, dass jeder und jede Einzelne eine Rolle dabei spielt, die Radiologie weiterzuentwickeln. Wir laden daher alle Interessierten herzlich ein, sich aktiv einzubringen und gemeinsam die Zukunft der Radiologie zu gestalten. Weitere Informationen zum Kongress finden Sie auf der Webseite. | www.roentgenkongress.de

Wir freuen uns auf Sie! Mit herzlichen Grüßen, Ihre Kongresspräsidenten des 106. Deutschen Röntgenkongresses, Prof. Dr. Martin Mack und Prof. Dr. Michael Uder.

Multiple Sklerose und Myelin

Fortschritte in Messung und Modellierung

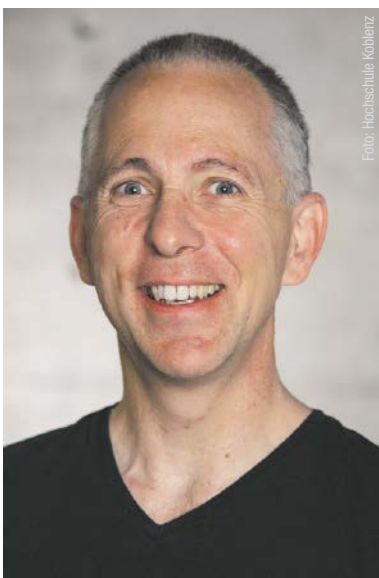
Die Messung des Myelinwasseranteils in Kombination mit biophysikalischer Modellierung stellt einen entscheidenden Fortschritt in der MS-Diagnostik dar.

Multiple Sklerose (MS) ist die häufigste neurologische Erkrankung junger Erwachsener und führt durch den Abbau der Nervenfasern umgebenden Myelinschicht zu einer Beeinträchtigung der Signalübertragung im Nervensystem. Die Zerstörung dieser aus Lipiden bestehenden Doppelschicht, die zentral für die schnelle und ungestörte Weiterleitung von Signalen verantwortlich ist, verursacht eine Vielzahl an Symptomen, die von Patient zu Patient stark variieren. Häufig treten Bewegungs- und Sehstörungen auf, auch kognitive Einschränkungen, Fatigue und neuropathische Schmerzen sind verbreitet. Die Krankheitsverläufe reichen von schubförmigen Episoden bis hin zu kontinuierlich fortschreitender Behinderung, wobei die genauen Ursachen für diese Variabilität noch nicht vollständig verstanden sind. Obwohl die konventionelle Magnetresonanztomographie (MRT) für die Erstdiagnose geeignet ist, fehlt es an Methoden zur zuverlässigen Bewertung des Krankheitsverlaufs und der Therapieerfolge.

Myelin-Wassergehalt

Hier setzen innovative MRT-Techniken und biophysikalische Modellierungen an, um den Zustand der Myelinschicht im Gehirn detailliert zu erfassen. Beim Myelin handelt es sich um eine Doppelmembran, die die Nervenfasern einhüllt und eine schnelle und wenig gedämpfte Übertragung der Signale aus dem zentralen Nervensystem hin zur Peripherie ermöglicht. Die Zerstörung der Myelinschicht durch Entzündungsprozesse und autoimmune Angriffe führt zu einer verlangsamen und abgeschwächten Übertragung der Nervenimpulse, was zu den charakteristischen und sehr variablen Symptomen bei MS-Patienten führt.

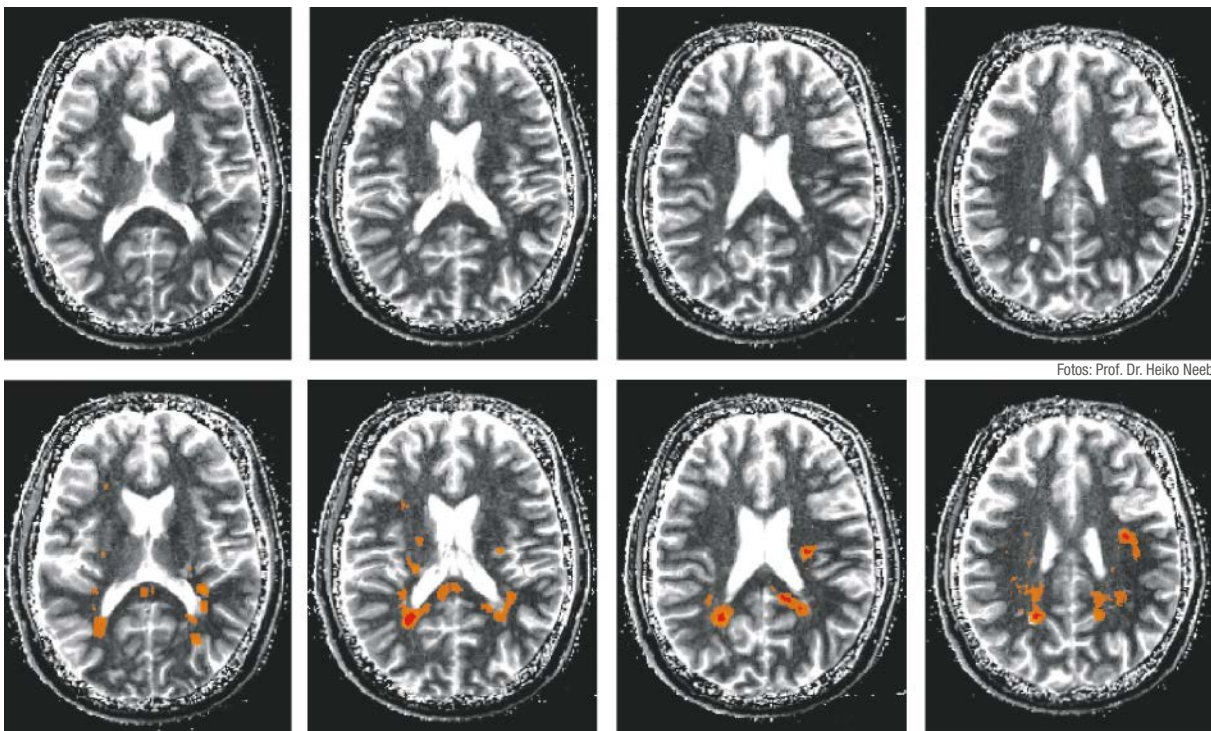
Quantitative MRT bei MS hat dabei in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, da sie Einblicke in mikroskopische Veränderungen des Myelins ermöglicht. Dieses kann allerdings aufgrund seiner extrem kleinen Abmessungen



Prof. Dr. Heiko Neeb

(im Nanometerbereich) nicht direkt abgebildet werden, so dass der diagnostische Ansatz auf der indirekten Messung des Myelinwassers beruht. Wassermoleküle, die zwischen den Myelinschichten eingeschlossen sind, weisen im Vergleich zum „freien“ Wasser in der übrigen Hirnsubstanz charakteristische MRT-Eigenschaften auf und führen zur Verkürzung der Relaxationszeiten. Diese physikalisch bedingten Unterschiede erlauben es dedizierten MRT-Aufnahme- und Rekonstruktionstechniken, indirekt Rückschlüsse auf Zustand und Integrität des Myelins zu ziehen.

Ein entscheidender Fortschritt in diesem Forschungsfeld wurde durch die Studie von Caverzasi et al. (PNAS 2023) erzielt, in der erstmals ein bildbasierter, biologisch validierter Nachweis für eine medikamentös induzierte Remyelinisierung erbracht wurde. In der doppelblinden, placebokontrollierten ReBUILD-Studie wurden 50 MS-Patienten an drei Zeitpunkten (Baseline, 3 und 5 Monate) mittels MRT untersucht. Dabei lag der spezifische Fokus auf hochmyelinisierten Regionen im menschlichen Gehirn. Besonders hervorzuheben ist, dass in normal erscheinender weißer Hirnsubstanz signifikante Anstiege des Myelinwasseranteils (MWF) festgestellt wurden, wenn Patienten mit dem remyelinisierenden Wirkstoff Clemastine behandelt wurden.



Die obere Bildreihe zeigt vier ausgewählte Protonendichte-gewichtete MRT-Aufnahmen des Gehirns eines MS-Patienten, angefertigt im Rahmen der Verlaufskontrolle der MS. Die hellen Läsionen in der weißen Hirnsubstanz sind gut erkennbar. In der unteren Bildreihe sind die Ergebnisse der Myelinwassermessung überlagert. Konkret zeigen die rot gekennzeichneten Areale die Bereiche, in denen der Myelinwassergehalt im Vergleich zu einer gesunden Kontrollkohorte signifikant reduziert ist. Man erkennt sehr gut, dass dies nicht nur die in den konventionellen Aufnahmen sichtbaren Läsionen betrifft, sondern dass es auch in „MR-unauffälligen“ Bereichen zu einer Abnahme des Myelinwassers kommt.

So stieg beispielsweise in der unmittelbar behandelten Gruppe der MWF im Bereich der Hirnbalken um etwa 4,5% – während in der Gruppe mit verzögerter Behandlung zunächst sogar ein Rückgang beobachtet wurde. Diese Ergebnisse untermauern, dass Remyelinisierung vor allem in den normal erscheinenden, aber potenziell noch reparablen Bereichen des Gehirns erfolgt, während Läsionen aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung weniger günstige Bedingungen für eine Reparatur bieten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Studie war die Korrelation der MRT-Änderungen mit funktionellen Parametern: Verbesserungen im Myelinwasseranteil gingen mit einer Verkürzung der Latenzzeiten in den visuellen evozierten Potentialen (VEP) einher, was auf eine funktionelle Wiederherstellung der Nervenleitung hindeutet.

Diese Robustheit der Methode unterstreicht ihren potenziellen Einsatz als primären Endpunkt in künftigen

klinischen Studien, die auf die Evaluierung remyelinisierender Therapien abzielen.

Biophysikalische Modellierung

Ergänzt wird dieser bildgebende Ansatz durch die biophysikalische Modellierung der MRT-Signale. Diese Modelle kombinieren quantenphysikalische Grundlagen und Molekulardynamik-Simulationen, um die Bewegung und Wechselwirkungen von Protonen innerhalb der Myelinschichten und im umgebenden Wasser zu simulieren.

Dadurch wird der Zusammenhang zwischen den gemessenen Relaxationszeiten und den zugrunde liegenden mikroskopischen Prozessen – etwa Veränderungen in der Lipidpackung oder im Wassergehalt – besser verständlich. Auf diese Weise wird es möglich, pathologische Veränderungen im Myelin, wie sie beispielsweise durch entzündliche Prozesse oder strukturelle Schädigungen hervorgerufen werden, prä-

zise zu quantifizieren. Die Kombination aus quantitativer MRT und biophysikalischer Modellierung eröffnet somit nicht nur neue Möglichkeiten in der MS-Diagnostik, sondern auch im Monitoring des Krankheitsverlaufs und des Therapieerfolgs.

Während konventionelle MRT-Aufnahmen vor allem strukturelle Veränderungen wie Läsionen sichtbar machen, ermöglicht es die MWF-Messung, subtile, frühzeitige Veränderungen in der Myelinstruktur zu detektieren. Dies ist besonders relevant, da die direkte Abbildung der Myelinschicht durch die physikalischen Limitierungen der Bildgebung nicht möglich ist.

Mithilfe moderner Bildgebungssequenzen, optimierter Protokolle und zunehmend auch mit Künstlicher Intelligenz-gestützter Analysen können bereits kleinste Veränderungen im Myelinwasseranteil aufgefangen werden – und damit eine frühzeitige Therapieanpassung unterstützt werden.

Entwicklungen und Perspektiven

Aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich zielen darüber hinaus auf die Verbesserung der klinischen Machbarkeit ab: So werden MRT-Protokolle kontinuierlich optimiert, um in kürzeren Akquisitionzeiten (weiter unter 10 Min. pro Patient) hochauflösende Myelinwasserkarten zu erstellen. Dies ist insbesondere für den Routineeinsatz in der klinischen Praxis von großer Bedeutung. Zudem werden Remyelinisierungseffekte auch bei Niederfeld-MRT-Systemen (z.B. 0,35–0,5 Tesla) untersucht, um eine breitere Anwendung in unterschiedlichen klinischen Settings zu ermöglichen. Ein weiterer Trend ist die Integration von lipid-spezifischen Analysen, die helfen könnten, nicht nur den Wasseranteil, sondern auch die molekulare Zusammensetzung des Myelins genauer zu charakterisieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Messung des Myelinwasseranteils in Kombination mit biophysikalischer Modellierung einen entscheidenden Fortschritt in der MS-Diagnostik darstellen kann. Durch indirekte Messung der physikalischen Eigenschaften von Wasser in Myelinschichten können mikroskopische Veränderungen aufgezeigt werden, die mit herkömmlichen bildgebenden Verfahren nicht erfasst werden. Die Ergebnisse der ReBUILD-Studie bestätigen, dass insbesondere der MWF in normal erscheinenden Hirnregionen als robuster Biomarker für therapieinduzierte Remyelinisierung geeignet ist – ein Befund, der auch funktionelle Verbesserungen, wie die Verkürzung von VEP-Latenzzeiten, untermauert. Diese Fortschritte eröffnen die Perspektive, in Zukunft personalisierte Therapieansätze zu entwickeln, die nicht nur die Entzündungsaktivität, sondern auch den Wiederaufbau des Myelins gezielt fördern und damit den Krankheitsverlauf nachhaltig positiv beeinflussen können.

Author:

Prof. Dr. Heiko Neeb
University of Applied Sciences Koblenz
Imaging Physics Group, Remagen

| www.researchgate.net/profile/Heiko_Neeb |
| www.hs-koblenz.de |



 febromed **get up®**
RADIODTHERAPY Edition

Das schwenkbare Haltesystem bietet individuelle Systemlösungen für nahezu alle Bereiche bei der Patientenumlagerung. Getreu dem Motto „Geht nicht - Gibt’s nicht!“ sind auch Projekte mit komplexen, räumlichen Anforderungen, wie in der Strahlentherapie umsetzbar.



ADVERTORIAL

Titelstory Radiologie

Sicher Halt geben: es kommt auf die Details an

Mit einem schwenkbaren Haltesystem für die sichere, ergonomische Positionierung der Patienten und für mehr Wirtschaftlichkeit sorgen

Egal ob MRT, CT, Röntgen oder Strahlentherapie – in der Radiologie kommt es auf die Details an. Hochspezialisierte Geräte helfen dabei, exakte Diagnosen zu stellen und präzise Therapien umzusetzen. Genau so professionell muss alles andere sein. Mit einem speziellen, schwenkbaren Haltesystem können sich die Patienten selbstbestimmt auf dem Untersuchungstisch platzieren. Das medizinische Personal wird entlastet und kann sich auf das Wesentliche konzentrieren: die Untersuchung.

Krankenhäuser und radiologische Praxen sind immer wieder mit der Herausforderung konfrontiert, offene Stellen mit qualifiziertem Personal neu zu besetzen. Eine Besserung der Situation ist leider nicht in Sicht. Die Arbeitsbedingungen für das bestehende Personal zu verbessern und personelle Lücken mit geeigneten, z.B. technischen Mitteln zu kompensieren, kann helfen. Sie können im täglichen Arbeitsablauf die körperliche Belastung für das Personals reduzieren und so wieder Kapazitäten für die Betreuung der Patienten schaffen. Ein Beispiel ist das schwenkbare Haltesystem „get up“ von Febromed, dass die Medizinischen Technologen für Radiologie (MTR) bei ihrer täglichen, oft auch körperlich anstrengenden Arbeit entlastet.

Kraftakt für Personal

Über die Hälfte der zu Untersuchenden braucht Hilfe, um beim Röntgen, der CT- oder MRT-Untersuchung die richtige Position einzunehmen. Umlagerung und Positionierung der Patienten auf dem Untersuchungstisch – ob vom Bett, aus dem Rollstuhl oder auch bei mobilen Patienten – gerät oft zum Kraftakt. Dabei müssen in der Regel die MTR aktiv körperliche Unterstützung leisten. Darüber hinaus nimmt aufgrund der steigenden Nachfrage und des zunehmenden Bedarfs an bildgebender Diagnostik die Belastung noch weiter zu. Mehr als 50 Untersuchungen täglich pro Gerät sind an der Tagesordnung, Tendenz steigend. Und immer mehr Untersuchungen in noch kürzeren Zeiten führen zu immer noch mehr Umlagerungsprozessen. Die körperliche Belastung für das radiologische Personal ist enorm. Der hohe Arbeitsaufwand übertrifft immer öfter das noch zumutbare Maß. Daher kann ein ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz eine große Entlastung sein. Vor diesem Hintergrund hat Febromed das einfach bedienbare Haltesystem „get up“ entwickelt, das es den Patienten ermöglicht, beim Aufsetzen, Umsetzen und Umlagern mitzuwirken, und das so die MTR im täglichen Arbeitsalltag unterstützt. Das System funktioniert dabei wie ein klassischer Bettaufrichter („Bettgalgen“) und hilft allen Patienten – egal ob sie mit dem Bett, dem Rollstuhl oder eigenständig zur Untersuchung kommen.

Gesundheitsförderung mit System

Das Haltesystem ist im Untersuchungsraum an der Decke oder an der Wand montiert. Es ist in einem großen Radius schwenkbar und deckt so den gesamten Arbeitsbereich ab. Bei besonderen architektonischen Gegebenheiten, z.B. beengten Platzverhältnissen oder einer zu niedrigen Deckenhöhe, kann auch auf eine extralange Standvariante zurückgegriffen werden. Sie kommt z.B. in der Strahlentherapie am Universitätsklinikum Augsburg und in der Radiologie am Katholischen Marienkrankenhaus Hamburg zum Tragen. Durch einen leichten Zug am Seil lässt sich das „get up“ entriegeln und in die gewünschte Position schwenken. Wird das Zugseil wieder losgelassen, fixiert sich das Haltesystem sicher in seiner Position. Aufgrund seiner Flexibilität kann nahezu jeder Punkt innerhalb des Schwenkradius erreicht werden. Die Haltegriffaufhängung lässt sich ohne Aufwand einhängen und verstellen. Die Nutzung wird für Personal und Patienten so zum Kinderspiel und bietet beiden die nötige Sicherheit. Das System hält bis zu 175 kg Belastung an der Basis stand, am äußersten Ende sind es noch 135 kg. Selbst bei schweren Patienten mit über 200 kg überschreiten bei der Umlagerung die tatsächlichen Belastungen des Haltegriffs einen Maximalwert von 75 kg nicht. Sicherheit ist nicht nur ein Thema bei der



Strahlentherapiebunker am Universitätsklinikum Augsburg: Durch die besonderen räumlichen Anforderungen wurde eine extralange Standvariante des „get up“ installiert.



Bei einem weiteren Projekt im Bereich CT wurde auf eine Standversion zurückgegriffen.



Strahlentherapiebunker am Universitätsklinikum Freiburg: Durch die an der Decke befestigten Trackingsysteme wurde hier ein teleskopierbarer get up installiert.



Unterstützung am CT: Das Haltesystem kann an der Decke, an der Wand oder als Bodenvariante installiert werden und erreicht fast jeden Punkt innerhalb seines Schwenkradius. Es lässt sich leicht in die gewünschte Position schwenken und dort fixieren.



Egal ob an der Decke, der Wand oder auf dem Boden: Das schwenkbare Haltesystem kann überall seinen Befestigungsplatz finden.



Bewegungseingeschränkte Patienten sind in der Radiologie kein Sonderfall und für das Personal eine Herausforderung. Das Haltesystem „get up“ hilft den Patienten, sich möglichst eigenständig auf dem Untersuchungstisch zu platzieren und so das Personal zu entlasten.

Handhabung, auch auf den Hygieneaspekt wurde geachtet. Spalten in der Oberfläche wurden auf das technische Nötige reduziert. Das Haltesystem ist leicht zu desinfizieren und erfüllt damit die hohen Hygieneansprüche des medizinischen Umfelds.

Vieleistiger Mehrwert für alle

Welchen Mehrwert bringt das System für Klinik/Praxis, Personal und Patienten? Die radiologischen Mitarbeiter, allen voran die MTR, erhalten einen sichereren und gesundheitsfördernden Arbeitsplatz: Die physische Belastung wird gesenkt, ein rückenschonenderes Umlagern der Patienten ermöglicht und damit die täg-

liche Arbeit deutlich erleichtert. Durch die Reduzierung des direkten Kontakts zu möglicherweise infektiösen Patienten können außerdem Ansteckungen vermieden werden. Die Patienten profitieren von einer sichereren und angenehmeren Untersuchung und dem Gefühl der Selbstbestimmung: Durch selbstständiges Aufrichten und Aufstehen sowie eigenständige Mithilfe bei Lagerung und Positionierung können sie aktiv mitwirken, die MRT entlasten und es sogar ohne externe Hilfe auf CT, MRT oder das Röntgengerät schaffen. Die Sturzgefahr wird deutlich minimiert, da das „get up“ vor und nach der Untersuchung Halt gibt. Vorteile ergeben sich auch für das Klinikum oder die Praxis:

Durch die besseren Arbeitsbedingungen ist das Personal motivierter und fällt nicht so häufig durch gesundheitliche Probleme aus. Aufgrund der hohen Durchsatzzahlen in der Radiologie summieren sich bereits kleine Zeitersparnisse und machen sich positiv bemerkbar. So bleibt mehr Zeit für die individuelle Betreuung der Patienten.

Neu im Fokus: die Strahlentherapie

Vermeintlich Anwendung findet das „get up“ aktuell auch im Bereich der Strahlentherapie. Die Anforderungen an ein geeignetes Hilfsmittel zur Patientenumlagerung sind dort gleich wie die in der Radiologie. Durch die teilweise besonderen räumlichen

Gegebenheiten aufgrund spezieller Vermessungs- oder Trackingsysteme kommen jedoch eher individuelle Sonderlösungen zum Einsatz. Deshalb setzt sich Febromed mit den Großgeräteherstellern und Nutzern zusammen, um jeweils individuelle und passende Lösungen umzusetzen. Beispiel Universitätsklinikum Augsburg: Erst kürzlich wurden mehrere „get up“-Systeme im Bereich der Strahlentherapie installiert. Neben einer deckenmontierten Variante für den CT wurden auch zwei Strahlentherapie-Bunker mit je einem System ausgerüstet. Aufgrund der installierten Tracking- und Vermessungssysteme sowie zahlreicher Monitore musste auf eine Standvariante des „get up“ zurückgegriffen werden. Mit dem

extra langen Ausleger (3,20 Meter) kann der Arbeitsbereich am Tisch gut erreicht werden. Bei Nichtnutzung lässt sich das System platzsparend in eine Parkposition parallel zur Wand schwenken.

Jeder Großgerätehersteller nutzt verschiedene Kamera- oder Trackingsysteme und füllt somit die entsprechenden Räumlichkeiten maximal aus, sodass für zusätzliche Installationen an der Decke schlicht kein Platz bleibt. Auch die Durchgangshöhen im Raum (<2,0m) werden hierdurch extrem limitiert. Das Personal ist somit dazu angehalten, sehr vorsichtig zu agieren, um etwaige Kollisionen mit o.g. Systemen zu vermeiden. Für genau solche Situationen hat Febromed das „get up“-Teleskopsystem entwickelt. Aufgrund der kompakten Bauweise und des geringen Schwenkradiuses bietet es die Möglichkeit einer Installation unter minimalem Platzangebot. Bei Benutzung wird dieses in den entsprechenden Arbeitsbereich geschwenkt und kann wahlweise telekopiert werden, um den Tisch und somit den Patienten zu erreichen. Um eine Kollision mit den deckenbasierten Systemen zu vermeiden, wird der Aktionsradius als auch der Teleskopierbereich limitiert und elektronisch gesichert. Eine Feilhandhabung wird dadurch ausgeschlossen und bringt für den Anwender die entsprechende Sicherheit. Mittlerweile ist das vielseitige Haltesystem in über 300 Installationen in Deutschland und Europa erfolgreich im Einsatz, weitere Projekte in verschiedenen Kliniken sind schon in Planung. Egal ob bei der Computertomographie, der Magnetresonanztomographie, der Röntgendiagnostik oder der Strahlentherapie – immer steht dabei die Entlastung des Personals klar im Fokus. ■

Kontakt:

Febromed GmbH & Co. KG

Oelde

Tel.: 02522/92019-00

vertrieb@febromed.de

www.febromed.de

LLMs zur Analyse radiologischer Befunde

Sprachmodelle datenschutzsicher einsetzen

In Krankenhäusern gewinnen Künstliche Intelligenz (KI) und große Sprachmodelle (LLMs) zunehmend an Bedeutung, insbesondere bei der Analyse und Strukturierung radiologischer Befunde.

Forscher des Universitätsklinikums Bonn und der Universität Bonn haben in einer Studie gezeigt, wie lokale LLMs datenschutzsicher eingesetzt werden können, um die Qualität der Informationsverarbeitung zu verbessern. Dr. Sebastian Nowak, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Bonn erläutert die Ergebnisse der Studie.

Dr. Jutta Jessen, Weinheim

M&K: Warum werden KI und LLMs in Krankenhäusern besonders im Bereich der Radiologie immer wichtiger? Gibt es spezifische Anwendungsfälle, bei denen besonders nützlich sein könnten?

Dr. Sebastian Nowak: Die jüngste Entwicklung von großen Sprachmodellen (LLMs) hat einen regelrechten Hype in der KI-Forschung ausgelöst, da sie das Potenzial zeigen, textbasierte Aufgaben in zahlreichen wissensbasierten Berufen automatisiert zu lösen. Die Medizin und insbesondere die Radiologie sind hiervon nicht ausgenommen. Ein charakteristisches Merkmal der Radiologie ist die enge Verbindung zwischen den textbasierten Befunden und den zugehörigen Bildern. Radiologen beschreiben in Freitextform die in den Bildern (z.B. CT oder MRT) sichtbaren Befunde und fassen dabei alle wichtigen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung zusammen.

Um das Erscheinungsbild von Erkrankungen in Bilddaten zu erforschen, ist es entscheidend, den Zusammenhang zwischen den Befunden und den entsprechenden Patientendaten herzustellen. Während es Bestrebungen gibt, Befunde zunehmend strukturiert zu erstellen, stellen bereits erhobene Daten, die überwiegend in Freitextform verfasst wurden, weiterhin eine große Herausforderung für retrospektive Studien dar. Bisher werden die für die Durchführung einer Studie erforderlichen Daten überwiegend manuell zusammengetragen, häufig beispielsweise im Rahmen einer medizinischen Promotion.

Hier kommen LLMs ins Spiel, indem sie wie ein wissenschaftlicher Assistent die Informationen in den Befunden lesen, verstehen und in eine strukturierte Form bringen, sodass die relevante Informationen strukturiert und maschinenlesbar in einer Datenbank nutzbar sind. Die strukturierten



Dr. Sebastian Nowak

Daten können dann für die epidemiologische Forschung oder die Entwicklung weiterer KI-Diagnose-Tools genutzt werden. Es ist wichtig zu betonen, dass dies nur ein potenzieller Anwendungsfall von LLMs in der Radiologie ist, welchen wir in unserer Studie näher untersucht haben. Beispiele für weitere vielversprechende „Use Cases“ für LLMs in der Radiologie umfassen:

- Die Zusammenfassung der Patientenhistorie.
- Die Übersetzung von Befunden in andere Sprachen oder eine vereinfachte Form, um die Kommunikation mit Patienten zu unterstützen.
- Das Überprüfen von Widersprüchen zwischen geschriebenen Befunden und radiologischen Leitlinien.
- Das direkte Verfassen von Befunden basierend auf radiologischen Bildern als Vorschlag für den Radiologen, wie eine spannende, kürzlich veröffentlichte Studie von Google DeepMind in Nature Medicine zeigt (<https://doi.org/10.1038/s41591-024-03302-1>)

Diese breite Palette an möglichen Anwendungen unterstreicht das erhebliche Potential von LLMs, die Effizienz in der Radiologie zu steigern und die Qualität der Patientenversorgung zu verbessern. Es ist jedoch zu betonen, dass diese potentiellen Anwendungen stand heute hypothetisch sind und es umfassender Untersuchungen unter realen Bedingungen bedarf, um die tatsächliche Leistungsfähigkeit von LLMs in Bezug auf diese Aufgaben zu evaluieren.

Welche Vorteile bieten lokale LLMs im Vergleich zu kommerziellen Modellen, insbesondere in Bezug auf den Datenschutz?



Nowak: Manche Modelle werden unter einer offenen Lizenz veröffentlicht, welche es ermöglicht, das Model herunterzuladen und auf Grafikkarten-Servern, welche sich lokal im Kliniknetz befinden, auszuführen oder sogar weiterzuentwickeln. Prominente Beispiele sind offene LLMs, wie die Llama-Modelreihe von Meta, die Gemma-Modelreihe von Google, die Phi-Modelreihe von Microsoft oder Modelle des französischen Startups Mistral AI.

Im Gegensatz dazu ermöglichen kommerzielle, geschlossene Modelle, wie die GPT-Modelreihe von OpenAI, keine lokale Anwendung und erfordert eine Übertragung der Texte auf externe Server, oft sogar außerhalb der EU, was mit hohen datenschutzrechtlichen Hürden und Risiken verbunden ist, welche durch eine lokale Anwendung von LLMs innerhalb gesicherter Kliniknetzwerke nicht gegeben sind.

Bitte erläutern Sie die Studie, die Sie durchgeführt haben, um die Effektivität verschiedener LLMs zu testen.

Nowak: Unser Forschungsteam hat eine umfassende Studie durchgeführt, in der wir 17 offene und 4 geschlossene LLMs der genannten Hersteller auf ihre Fähigkeit hin untersucht haben, tausende Röntgenberichte in Freitextform zu analysieren und zu strukturieren. Wir haben sowohl geschlossene als auch offene LLMs mit

öffentlichen, und daher ohne Datenschutzbedenken nutzbaren, englischsprachigen Befunden ausgewertet. Zusätzlich haben wir die offenen, lokalen LLMs auf datenschutzsensitive, deutschsprachige Befunde aus dem Universitätsklinikum Bonn ausgewertet und zusätzlich untersucht, wie die LLMs auf diesen weiterentwickelt werden können.

Welche Ergebnisse haben Sie bei der Analyse der verschiedenen LLMs erzielt?

Nowak: Die Auswertung der LLMs auf öffentlichen, englischen Befunde zeigt, dass die geschlossenen GPT Modelle von OpenAI keine signifikanten Vorteile gegenüber den leistungsfähigsten offenen LLMs aufwiesen. Bei der direkten Anwendung der LLMs ohne vorheriges Training schnitten große, offene LLMs besser ab als kleinere offene Modelle, sowohl auf den englischen, als auf den deutschen Befunden.

Welche Rolle spielt dabei das Training der LLMs bei der Verbesserung ihrer Leistung?

Nowak: Die Weiterentwicklung auf Basis der von uns händisch strukturierten, deutschen Befunden führte zu einer effektiven Verbesserung der LLMs, sogar mit relativ wenigen manuell bearbeiteten Befundberichten. Dies verringerte auch den Leis-

tungsunterschied zwischen großen und kleinen LLMs, welche mit weniger Rechenleistung und damit günstigerer Hardware ausgeführt werden können.

Wie haben Sie die Qualität der verschiedenen LLMs bewertet?

Nowak: Die Qualität der LLMs wurde anhand ihrer Fähigkeit bewertet, spezifische, klinisch relevante Informationen aus radiologischen Befunden von Röntgenaufnahmen der Lunge korrekt zu erkennen und zu extrahieren. Insbesondere haben wir die Leistung der Modelle untersucht hinsichtlich des Vorhandenseins von Lungeninfiltraten, Pleuraergüssen, Lungenkongestion, Pneumothorax sowie der Positionierung des Zentralen Venenkatheters (regelmäßig oder fehlplatziert).

Um die Genauigkeit dieser Erkennungen zu quantifizieren, haben wir den F1-Score als statistische Metrik verwendet. Dieser Score bietet eine ausgewogene Bewertung von Präzision und Recall, um die Gesamtleistung der Modelle zu erfassen. Zur Beurteilung von Unterschieden in der Leistung zwischen den verschiedenen LLMs haben wir 95%-Konfidenzintervalle analysiert.

Welche Herausforderungen haben Sie bei der Implementierung von LLMs in der Klinik festgestellt?

Zur Person

Anschließend an sein Studium der Angewandten Physik an der Universität und Hochschule Koblenz promovierte **Dr. Sebastian Nowak** an der Universität Bonn im Fach Experimentelle Medizin. Er erforschte als Datascientist und Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Bonn die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von bildbasierter Künstlicher Intelligenz und textbasierten LLMs in der Radiologie.

Nowak: Die Implementierung von LLMs, insbesondere der großen Modelle mit zahlreichen Parametern, stellt mehrere Herausforderungen dar. Zum einen erfordert die Ausführung und Weiterentwicklung dieser Modelle leistungsstarke Grafikkartenserver. Selbst mit der Anwendung von Techniken, um die Modellanforderungen zu reduzieren, wie die Quantisierung, der Modellparameter, lag der Euro-Wert für den erforderlichen Server für das größte lokale Modell in unserer Studie im niedrigen sechsstelligen Bereich. Im Gegensatz dazu können kleinere Modelle auf Grafikkarten-Rechnern mit einem Wert von nur wenigen Tausend Euro ausgeführt werden. Neben den hohen Hardware-Kosten erfordert die Betreibung von Grafikkartenservern IT-Fachkenntnisse und Serverräume mit geeigneter Kühlung. Für eine lokale Weiterentwicklung von offenen LLMs ist neben medizinischem Fachwissen die Expertise von Data Scientists erforderlich. Dies umfasst die Aufbereitung von Trainingsdaten, die Erstellung und Ausführung von Skripten auf dem Server sowie die Überwachung und Optimierung des Trainingsprozesses. Diese zusätzliche Hardware und Personalkompetenz kann für kleinere Kliniken oder solche mit begrenzten Ressourcen eine weitere Hürde darstellen.

Gibt es Pläne, Ihre Forschungsergebnisse und Methoden mit anderen Kliniken zu teilen?

Nowak: Ja, wir möchten andere Kliniken in die Lage versetzen, direkt von unseren Forschungsergebnissen zu profitieren. Aus diesem Grund haben wir den Programmcode und die Methoden für die Nutzung und das Training von LLMs unter einer offenen Lizenz auf GitHub (siehe QR-Code) veröffentlicht. ■

Nutzung Training von LLMs



Neuronale Prozesse sichtbar machen

Ein holografisches Endoskop eröffnet hochauflösende Einblicke in neuronale Prozesse lebender Organismen. Ein europäisches Forschungsteam aus Deutschland, Tschechien und Belgien entwickelt eine neuartige Bildgebungstechnologie, um neuronale Prozesse in lebenden Organismen mit hoher Präzision sichtbar zu machen. Das Projekt Neurogate setzt auf ein holografisches Endoskop, das mithilfe einer haarfeinen optischen Faser tief ins Gehirn blickt – minimalinvasiv und mit subzellulärer Auflösung. Der European Innovation Council fördert die Weiterentwicklung dieser Technologie mit 2,5 Mio. €, um sie für biomedizinische Anwendungen zu testen.

Hochauflösende Einblicke

Das holografische Endoskop basiert auf einer multimodalen optischen Faser, die dünner ist als ein menschliches Haar. Es ermöglicht die Langzeit-Beobachtung neuronaler Schaltkreise in tiefen Hirnregionen – selbst bei frei beweglichen Organismen. Dies eröffnet neue Perspektiven für die Erforschung von neurologischen Erkrankungen wie Alzheimer oder Epilepsie und könnte zur Entwicklung innovativer Diagnose- und Therapieansätze beitragen.

„Diese Technologie markiert einen Wendepunkt in der Neurowissenschaft“,

sagt Prof. Dr. Tomáš Čížmár, Forschungsabteilungsleiter am Leibniz-Institut für Photonische Technologien (Leibniz-IPHT) und Professor an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. „Mit Neurogate bringen wir sie auf den nächsten Entwicklungsstand, um neuronale Aktivität unter natürlichen Bedingungen mit bisher unerreichter Präzision zu untersuchen. Diese Erkenntnisse könnten unser Verständnis neurologischer Erkrankungen erheblich erweitern.“

Seit 2017 entwickelt Čížmár, die Technologie holographischer Endoskope parallel am Leibniz-IPHT und am Institut für wissenschaftliche Instrumente der Tschechischen Akademie der Wissenschaften (IASI) in Brünn. 2024 wurde seine Arbeit mit zwei bedeutenden Auszeichnungen gewürdigt: dem Preis des tschechischen Bildungsministers und dem Life-Sciences-Preis der Europäischen Gesellschaft für Mikroskopie.

„Mit Neurogate demonstrieren wir, wie Grundlagenforschung und Technologietransfer ineinandergreifen, um Lösungen für gesellschaftlich relevante Herausforderungen zu entwickeln“, so Prof. Čížmár. ■

Autor:
Lavinia Meier-Ewert
Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V.

| www.leibniz-ipht.de |





TMD Cloud: Mehr als ein DICOM-Archiv

- Digitale Bildverteilung & -import via QR-Code/Weblink (DLX)
- Orts- & geräteunabhängige Befundung per Webportal
- Notfall-PACS für eine höhere Betriebsbereitschaft (BCM)

telepaxx.de/radiologie



ADVERTORIAL

Moderne IT, wenig Aufwand: Cloud-Tools in der Radiologie

Ohne Technologie geht es in der Radiologie nicht.

Gleichzeitig ist die Wartung und Vernetzung der Systeme aufwändig. Cloud-Lösungen schaffen hier Abhilfe. Moderne Technologien sind für Radiologen entscheidend für eine effiziente Diagnostik, bringen jedoch auch Herausforderungen mit sich. Cloud-Technologie kann hier Abhilfe schaffen. Drei Beispiele:

Interoperabilität der Systeme

Die Integration von Systemen verschiedener Hersteller ist oft schwierig und mit aufwändigen IT-Projekten verbunden. Komplettsysteme eines Anbieters erhöhen die Abhängigkeit. Cloud-Software dagegen verbessert die Interoperabilität,

da sie auf offenen Standards und Schnittstellen basiert, die eine einfache Integration unterschiedlicher Systeme ermöglicht. Das beschleunigt die Digitalisierung und verbessert die Vernetzung sowohl intern als auch zwischen Einrichtungen.

Datensicherheit und Datenschutz

Patientendaten unterliegen strengen Datenschutzanforderungen und deren sichere Speicherung erfordert einen hohen Aufwand. Eine Cloud-Software kommt mit einer sicheren Infrastruktur im Backend sowie fortschrittlichen Verschlüsselungsmechanismen und regelmäßigen Updates. Sie sorgt auch für Backups und Disaster



Interoperable Cloud-Tools z.B. für das Bildmanagement haben zahlreiche Vorteile.

Recovery, um die Datenverfügbarkeit und -Integrität zu gewährleisten. Wichtig ist: Der Cloud-Anbieter muss ein C5-Testat des BSI haben, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen.

Unterstützung und Updates fehlen

Oft wird Software schlecht unterstützt oder erhält keine regelmäßigen Updates, was Sicherheitslücken zur Folge haben kann. Cloud-basierte Software hingegen wird automatisch und regelmäßig aktualisiert, sodass Radiologen stets von den neuesten Funktionen und Sicherheitsmaßnahmen profitieren. Zudem bieten professionelle Anbieter wie beispielsweise Telepaxx

persönlichen Support, der bei Problemen schnell hilft.

In einer Zeit, in der der schnelle Zugriff auf medizinische Daten entscheidend für eine effiziente Patientenversorgung ist, ist Cloud-Software eine innovative Lösung, die nicht nur das Management von Bilddaten optimiert, sondern auch höchste Sicherheitsstandards gewährleistet und die IT entlastet. ■

Kontakt:
Telepaxx Medical Data GmbH
Tel.: 09171/898180
info@telepaxx.de
www.telepaxx.de/tmd-cloud

Digitale Versäumnisse in der Radiologie?

KI als Schlüssel zur medizinischen und ökonomischen Revolution

Künstliche Intelligenz (KI) kann bereits große Mengen radiologischer Daten präzise und effizient analysieren.

Welche Potentiale der Einsatz von KI zur Verbesserung der Patientenversorgung und zur Effizienzsteigerung in der radiologischen Praxis bietet und welche Herausforderungen mit der Implementierung verbunden sind, erläutern Prof. Dr. Stephan Schmitz und Prof. Dr. Tobias Saam.

Dr. Jutta Jessen, Weinheim

M&K: Wie verbessert der Einsatz von KI in der Radiologie die Genauigkeit und Effizienz der Diagnose von Krankheiten?

Prof. Dr. Stephan Schmitz: KI standardisiert die Bildauswertung und ermöglicht eine frühzeitige Intervention durch die Erkennung subtiler Veränderungen. Sie kann entzündliche Herde bei Multipler Sklerose im MRT beispielsweise mindestens so gut erkennen wie das menschliche Auge und ihre Größe präzise messen, was für die Therapieüberwachung entscheidend ist. Die Technologie identifiziert Knochenbrüche und Lungenkrebs zuverlässig und unterstützt effizient bei der Brustkrebsvorsorge, insbesondere bei Normalbefunden im Screening. Auch bei anderen Tumorerkrankungen zeigt Künstliche Intelligenz großes Potential: Sie erleichtert die Verlaufskontrolle durch exaktes Vermessen, Lokalisieren und Vergleichen von Metastasen sowie die Erkennung kleinster Veränderungen. Diese zeitaufwendigen Aufgaben mithilfe der Technologie zu automatisieren, entlastet Radiologen ungemein. Darüber hinaus könnte sie ungenutzte Daten aus CT- und MRT-Aufnahmen prüfen und so die Prävention fördern. Beispielsweise ließe sich anhand der CT-Bilder einer Thorax-Untersuchung parallel eine Quantifizierung von Herzkranzgefäßverkalkungen durchführen, was zur Identifizierung von Patienten mit hohem Risiko für einen Herzinfarkt beitragen würde. Insgesamt kombiniert Künstliche Intelligenz Geschwindigkeit, Präzision und Datennutzung, um eine schnellere und umfassendere radiologische Diagnostik zu ermöglichen.



Prof. Dr. Stephan Schmitz

Wie werden die Qualität und Zuverlässigkeit von KI-gestützten Diagnosen sichergestellt?

Prof. Dr. Tobias Saam: Um Qualität und Zuverlässigkeit von KI-gestützten Diagnosen sicherzustellen, bedarf es technischer, regulatorischer und menschlicher Faktoren. KI-Systeme werden mit vielfältigen und hochwertigen Datensätzen trainiert, gründlich getestet und unterliegen strengen Vorgaben wie CE-Kennzeichnung oder FDA-Zulassung. Letzten Endes bleibt die Einschätzung eines Facharztes jedoch unverzichtbar. Denn KI ist nur auf spezifische Aufgaben trainiert und kann nicht über diese hinausdenken. Radiologen bringen Flexibilität, Erfahrung und breites Wissen mit, um auch indirekte Anzeichen zu interpretieren. Die Ergebnisse der KI-Analysen müssen von Radiologen überprüft und eingeordnet werden, um fundierte Entscheidungen zu treffen, diese dem Patienten zu erklären und letztlich die Verantwortung für die Diagnose zu übernehmen.

Die vergangenen Jahre haben in einer Vielzahl medizinischer Bereiche zu einer deutlichen Arbeitsverdichtung geführt. Welche Rolle spielt KI bei der Reduzierung der Arbeitsbelastung für die Radiologen?

Zur Person
Prof. Dr. Stephan Schmitz, Facharzt für Radiologie und führendes Mitglied der Radiologie Initiative Bayern, arbeitet aktuell in der BAG Radiologie und Nuklearmedizin Aschaffenburg. Seit 2010 ist er Professor an der Philipps-Universität Marburg. Neben seiner klinischen Tätigkeit hat er die Raiys GmbH gegründet, die KI einsetzt, um den Radiologen bei der Bildanalyse zu unterstützen.

Schmitz: In den letzten 15 Jahren hat sich die Bildmenge pro Patient verzehnfacht und die Bilder sind deutlich detailreicher geworden. Des Weiteren führt der demografische Wandel zu einer wachsenden Zahl älterer Patienten mit umfangreichen Krankengeschichten, was die Diagnosen zeitintensiver macht. Angesichts dieser Herausforderungen und des anhaltenden Personalmangels in der Radiologie ist die steigende Arbeitslast ohne KI kaum zu bewältigen. Indem die Technologie Routineaufgaben übernimmt, Arbeitsprozesse optimiert und so die Effizienz steigert, können Radiologen den wachsenden Anforderungen in ihrem Fachbereich besser gerecht werden.

Wie kann der Einsatz von KI nicht nur den Arbeitsalltag der Radiologen, sondern auch das Gesundheitssystem entlasten?

Saam: KI erledigt zeitaufwendige Aufgaben schneller als Menschen, beschleunigt die Bildauswertung und Berichterstellung und verkürzt so die Diagnosezeiten – all das schafft mehr Zeit für eine intensive Patientenbetreuung und ermöglicht es zugleich, mit weniger Personal mehr Fälle zu behandeln. Die Technologie ist ein unterstützendes Werkzeug, keine Konkurrenz, und bietet durch die Automatisierung und Ressourcenoptimierung auch ökonomische Vorteile. Durch präzise und effiziente Analysen lassen sich frühere und genauere Diagnosen stellen, sodass Krankheiten oft



Prof. Dr. Tobias Saam

in einem leichter behandelbaren und kostengünstigeren Stadium erkannt werden. Langfristig können so hohe Folgekosten durch späte oder falsche Diagnosen reduziert werden, wodurch die Investition in KI durch Einsparungen bei Behandlungen und aufgrund kürzerer Krankenhausaufenthalte ausgeglichen wird.

Welche Herausforderungen gibt es bei der Integration von KI in den radiologischen Workflow?

Schmitz: Bezüglich der Integration gibt es vor allem finanzielle Herausforderungen, da in der aktuellen Vergütungsordnung die Abrechnung der Nutzung von KI-Systemen nicht geregelt ist. So entsteht eine Kosten-Nutzen-Barriere. Datenschutz, ethische Fragen und die Einhaltung regulatorischer Vorgaben sind ebenfalls zentrale Herausforderungen. Schließlich müssen KI-Modelle regelmäßig überwacht und aktualisiert werden, um ihre Leistung konstant zu sichern. Auch die Akzeptanz der Technologie und die Schulung der Radiologen stellen eine Hürde dar, weil es teilweise noch immer Widerstand und Unsicherheiten in Bezug auf KI gibt.

Die Implementierung von KI-Technologien erfordert zunächst Investitionen in

Zur Person
Prof. Dr. Tobias Saam, Facharzt für Radiologie und Vorsitzender der Radiologie Initiative Bayern, arbeitet derzeit bei DIE RADIOLOGIE in Rosenheim. Bis 2015 war er Oberarzt und Leiter der Magnetresonanztomografie an der LMU München und nahm dort anschließend die Tätigkeit als außerplanmäßiger Professor an.

Software, Hardware und Schulungen. In welchem Rahmen bewegen sich die Kosten, die mit einer KI-Implementierung in der radiologischen Praxis verbunden sind?

Saam: Langfristig rentiert sich der Einsatz von KI wirtschaftlich, er ist jedoch mit erheblichen Anfangskosten verbunden. Angesichts der Vielzahl von Erkrankungen und Gerätearten müssen für radiologische Untersuchungen Hunderte bis Tausende spezialisierter Algorithmen entwickelt werden. Die Integration dieser Systeme in bestehende Arbeitsprozesse ist technisch komplex und ressourcenintensiv. Zusammengefasst fallen Kosten für Soft- und Hardware, Schulungen sowie Wartung und Support an. Daher können die Gesamtinvestitionen für eine KI-Implementierung in der radiologischen Praxis im sechsstelligen Bereich liegen, abhängig von der Größe der Praxis, den spezifischen Anforderungen und der gewählten Technologie. Die Kosten pro Analyse variieren stark und liegen je nach Verfahren im Bereich von zwei- bis dreistelligen Eurobeträgen, in Spezialfällen wie dem Heartflow-Verfahren sogar bei rund 950 €. Aufgrund dieser finanziellen Diskrepanz sind individuelle Kostenerstattungen notwendig.

Einige Länder haben spezifische Vergütungsmodelle für KI-gestützte Diagnosen entwickelt, während andere noch dabei sind, solche Modelle zu

etablieren. Wie sieht es in Deutschland damit aus?

Schmitz: In Deutschland gibt es derzeit keine angemessene Vergütung für KI-Diagnosen durch gesetzliche oder private Krankenkassenversicherungen. Bei gesetzlich Versicherten erfolgt keine gesonderte Kostenübernahme für KI-gestützte Diagnosen, während Privatpatienten einen veralteten „Zuschlag für computergesteuerte Analysen“ erhalten, der seit den 90er-Jahren nicht angepasst wurde.

Warum ist das so?

Saam: In Modellprojekten werden neue Vergütungsansätze getestet, und die Bundesärztekammer sowie die Kassenärztliche Vereinigung arbeiten an Rahmenbedingungen. Langfristig könnten spezifische Abrechnungspositionen für KI-Diagnosen entstehen, aber die Entwicklung dauert noch. Die geplante Reform der Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) hätte im § 10 „Ersatz von Auslagen“ eine Lösung für Privatpatienten bringen können, etwa eine Regelung, nach der sich KI-Diagnostik, ähnlich wie bei Ausgaben für radioaktive Stoffe in der Nuklearmedizin, gezielt abrechnen ließe. Leider wurde jedoch auf eine entsprechende Ziffer für KI-Analysen verzichtet. Selbst der Zuschlag für computergestützte Analysen wurde im Entwurf gestrichen.

Wie sehen Sie die Zukunft der Radiologie mit zunehmendem Einsatz von KI?

Schmitz: Wir appellieren dringend an die Politik, neue Abrechnungsmöglichkeiten für KI-gestützte Diagnostik zu schaffen. Eine solche Reform ist notwendig, damit sowohl Radiologen als auch Patienten von den Vorteilen des KI-Einsatzes profitieren und das deutsche Gesundheitssystem zukunftsfähig bleibt. Diese Technologie hat das Potenzial, die Radiologie sowohl medizinisch als auch wirtschaftlich zu revolutionieren – jedoch müssen jetzt die Grundlagen für ihre Integration in die Versorgung gelegt werden. ■

Zur Förderung der radiologischen Forschung hat Prof. Thomas Vogl gemeinsam mit der Goethe-Universität aus privaten Mitteln einen Stiftungsfonds gegründet.

Vogl ist Direktor der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin an der Universitätsmedizin Frankfurt, und sein Stiftungsfonds finanziert Stipendien und Preis für junge Mediziner. Jetzt hat die Auswahlkommission des Fonds einen ersten Promotionspreis vergeben: Dr. Shirin El Nemr wurde für ihre Doktorarbeit zur Behandlung einer vergrößerten Prostata mit dem Thomas Vogl-Promotionspreis ausgezeichnet. Der Preis ist mit 5.000 € dotiert.

Es ist eine Volkskrankheit der Männer: Nahezu alle jenseits der 50 haben infolge einer gutartigen Vermehrung der Prostatazellen eine vergrößerte Prostata. Häufig symptomlos führt das angewachsene Organ allerdings bei rund 40% dieser Männer

zu Problemen wie etwa einem vermehrten Harndrang, der ein Durchschlafen unmöglich macht. Gleichzeitig haben sie Probleme, die Blase zu entleeren.

Die Prostata-Arterien-Embolisation (PAE), die im Mittelpunkt der prämierten Dissertation steht, ist ein innovatives minimal-invasives Verfahren zur Behandlung der symptomatischen Prostatavergrößerung. Dabei wird die Blutzufuhr zum vergrößerten Prostatagewebe mithilfe mikroskopisch kleiner Partikel gezielt blockiert, wodurch das Gewebe schrumpft und die Symptome gelindert werden. Entscheidend ist hierfür die präzise Beobachtung von Position und Verlauf der Blutgefäße in der Prostata während des therapeutischen Eingriffs.

In ihrer Doktorarbeit verglich El Nemr, die mittlerweile an der München Klinik Bogenhausen tätig ist, eine strahlenbelastende Gefäßdarstellung während der Inter-

vention mit einem Verfahren, bei der die Gefäße zusätzlich vor dem Eingriff durch

eine strahlenfreie Magnetresonanztomographie abgebildet wurden. Dabei konnte



Die Preisträgerin Dr. Shirin El Nemr (mit Urkunde) zusammen mit den Kommissionsmitgliedern Prof. Dr. Katrin Sylvia Cremona Eichler, Prof. Dr. Thomas Vogl und Ekkehardt von Knebel Doeberitz (v.l.).

sie zeigen, dass mit der MR-Angiographie die Strahlenbelastung während des Eingriffs vermindert werden konnte. Weitere Messungen, die mit der MR-Angiographie gemacht wurden, gaben nach den Erkenntnissen von El Nemr zudem Hinweise auf einen späteren Therapieerfolg und legen die Grundlage für eine Weiterentwicklung des neuen Verfahrens.

Prof. Thomas Vogl, Stifter und Mitglied der Auswahlkommission, hebt hervor: „Die Dissertation hat uns durch ihre wissenschaftliche Tiefe und die Relevanz des Themas überzeugt. Wir freuen uns, dass wir mit dem Promotionspreis die exzellente Forschungsleistung von Dr. El Nemr würdigen können.“ Kommissionsmitglied Ekkehardt von Knebel Doeberitz meint: „Diese Arbeit zu einem „Männerthema“ ist sehr interessant und auch für Nicht-Mediziner gut nachvollziehbar.“ Weil ihm die Förde-

rung junger Mediziner auf ihrem Weg zu Promotion besonders am Herzen liegt, hat der Radiologe gemeinsam mit der Goethe-Uni den Thomas-Vogl-Stiftungsfonds ins Leben gerufen. Neben dem Promotionspreis fördert der Fonds auch drei Doktoranden pro Jahr mit einem Stipendium in Höhe von jeweils 10.000 €. Prof. Bernhard Brüne, Vizepräsident für Forschung der Goethe-Universität und Kommissionsmitglied, ist überzeugt: „Die Stiftung von Prof. Vogl, der sich mit großer Leidenschaft für die Forschung einsetzt, ermöglicht der Goethe-Uni eine solide Basis für die langfristige Unterstützung junger Mediziner der Radiologie und Nuklearmedizin. Diese Bereiche spielen – wie die prämierte Arbeit zeigt – nicht nur im Forschungsschwerpunkt „Krebs“ der Goethe-Universität eine wichtige Rolle.“ ■

| www.uni-frankfurt.de |

ADVERTORIAL

Psychiatrische Patienten stellen auf vielen Ebenen sehr spezielle Herausforderungen an ihre Behandler, weiß Dipl.-Med. Mercedes Krumpolt, Oberärztin der Radiologie im Sächsischen Krankenhaus Großschweidnitz: „Wir müssen besonders auf

„Bis auf die Aufklärungsbögen arbeiten wir in der Radiologie papierfrei.“

sie eingehen, um eine hochwertige Diagnostik sicherzustellen. Meine Mitarbeiterinnen benötigen viel Zeit, Erfahrung und Einfühlungsvermögen.“

Um den vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, hat die Klinik ihre Digitalisierung bereits 2005 mit der Einführung eines Bilddatenmanagementsystems (PACS) begonnen. Damals haben sich die Verantwortlichen für IMPAX von Dedalus HealthCare entschieden und bis heute alle Evolutionsstufen des PACS bis zu DeepUnity durchlaufen. Neben dem PACS setzt das Sächsische Krankenhaus Großschweidnitz in der Radiologie noch auf ORBIS RIS, das Dosismanagement DOSE und DeepUnity PACSonWEB. „Bis auf die Aufklärungsbögen arbeiten wir in der Radiologie papierfrei“, betont Krumpolt.

Klinikweiter Informationsfluss

„Unseren Workload könnten wir ohne IT-Systeme nicht bewältigen“, verdeutlicht die



Dipl.-Med. Mercedes Krumpolt

leitende MTR Nicole Paul die Bedeutung von RIS und PACS für ihre Arbeit. Niemand wolle mehr Worklisten an den Geräten manuell befüllen, weil es viel Zeit in Anspruch nimmt und großes Fehlerpotential birgt. Die automatische Übernahme der Patientendaten aus dem RIS und die Aufbereitung der Untersuchungsparameter für das Dosismanagement sind zu unverzichtbaren Werkzeugen für Paul und ihre Kolleginnen geworden. Aber auch Krumpolt weiß sich in ihrer Arbeit unterstützt. „Wenn ich einen Patienten zur Befundung aufrufe, werden automatisch Bilder und auf Wunsch auch Voraufnahmen geladen. Das funktioniert schnell und zuverlässig und bietet mir einen hohen Komfort“, so die Radiologin.



Nicole Paul

Genauso reibungslos wandern Aufträge und Befunde durch die Systeme. Wenn ein Stationsarzt eine radiologische Untersuchung in ORBIS KIS anfordert, wird sie automatisch an das RIS übertragen. Hier prüft Krumpolt die rechtfertigende Indikation, danach wird der Termin für den Patienten vergeben, der automatisch in den Kalender auf den Stationen eingetra-

Das Sächsische Krankenhaus Großschweidnitz ist ein psychiatrisches Fachkrankenhaus mit 502 Betten. Die Einrichtung zählt jährlich rund 3.800 psychiatrische und 850 somatische Krankheitsfälle, die Institutsambulanzen 4.600 Fälle.

gen wird. „Sobald der Patient dann in der Radiologie ankommt, setzen wir seinen Status im RIS auf ‚Gekommen‘ und die Daten werden automatisch an die Arbeitsliste der entsprechenden Modalität übertragen. Nach Abschluss der Untersuchung werden die

„Unseren Workload könnten wir ohne IT-Systeme nicht bewältigen.“

Aufnahmen zur Befundung durch die Oberärztin freigegeben und sind parallel bereits in der Patientenakte für die Behandler mittels Universalviewer sichtbar“, beschreibt Paul den weiteren Workflow

QR-Code statt CD-ROM

Ende 2024 hat das Krankenhaus PACSonWEB eingeführt und stellt den Patienten ihre Aufnahmen und Befunde seitdem zuverlässig über die Cloud zum Download bereit. Zudem bedeutet es eine wesentliche Arbeitserleichterung für die MTR, weil der Prozess automatisiert ist. Die Erstellung wird durch eine Anforderung im RIS ausgelöst. Mit einem Mausklick im PACS generiert das System dann automatisch einen QR-Code, der an die Station weitergeleitet oder dem Patienten mit dem Entlassbrief ausgehändigt wird. In DeepUnity gibt es den Button „PACSonWEB“, mit dem das fertige Dokument erstellt wird, entweder als PDF zur digitalen Weiterverarbeitung oder gedruckt auf Papier.

Zu assoziierten Kliniken in Dresden, Bautzen, Görlitz, Ebersbach und Zittau besteht über DeepUnity eine gesicherte Punkt-zu-Punkt-Datenverbindung, über die Krumpolt Voraufnahmen bekommt und auch ihre Bilder und Befunde versendet. Das kommt bei Verlegungen zwischen den Häusern zum Tragen. So ist eine schnelle und verlässliche Bildübertragung gesichert. Für sie ist aber noch ein weiterer Aspekt relevant. „Ich kann auf diesem Wege schnell einen Kollegen bitten, sich konsiliarisch eine Aufnahme anzuschauen, um beispielsweise einen Befund zu spezifizieren oder abzuklären. Das hat dem einen oder anderen Patienten bereits eine aufwendige Verlegung erspart“, weiß die Oberärztin der Radiologie. ■

| www.dedalusgroup.de |



Fotos: Dedalus HealthCare

Ein breites Spektrum von Einsatzmöglichkeiten

CT-gesteuerte therapeutische Interventionen

Die „Interventionelle Radiologie“ ist ein junger Zweig der Radiologie. Heute spielen radiologisch-gesteuerte, minimal invasive Eingriffe eine immer wichtigere Rolle in der Versorgung von Patienten und zeichnen sich durch ein deutlich geringeres periterventionelles Risiko und einen höheren Patientenkomfort gegenüber chirurgischen Eingriffen aus.

Im Laufe des technischen Fortschritts der Computertomographie hat sich die Multislice-CT in der Diagnostik und Therapie etabliert. Die Möglichkeit, mit Hilfe dieser Methodik einen dreidimensionalen Datensatz zu erhalten, in welchem jeder Punkt im Körper des Patienten schnell gezielt erfasst und objektiv im Verhältnis zu seinen Umgebungsstrukturen beurteilt werden kann, hat dazu geführt, dass diese Technik auch bei Interventionen eingesetzt wird.

Durch die überlagerungsfreie Darstellung der Umgebung des Zieles eignet sich die Computertomographie (CT) insbesondere für schwierige Zugangswege oder für kleine Herde, die durch andere Verfahren wie beispielsweise die Sonografie nicht sicher punktiert werden können. Der größte Nachteil der Computertomographie ist die dafür notwendige Strahlenbelastung für Patient und das medizinische Personal.

Spektrum CT-gesteuerter Interventionen

Das Spektrum der CT-gesteuerten Interventionen umfasst heute eine weite Palette von Anwendungen. Hierzu zählen unter anderem diagnostische Biopsien verschiedener Organsysteme, Tumorablationen mittels Mikrowellen-, Kryo- oder Radiofrequenztherapie, Schmerztherapien sowie das Einbringen von Drainagen.

Für die erfolgreiche Durchführung einer CT-Intervention ist die Instrumentenverfolgung mit sicherer Führung eines Instrumentes bis in die Zielregion sowie die Kontrolle des Eingriffes zum Ausschluss von Komplikationen wichtig.

Das aktuelle Standardverfahren ist in den meisten Kliniken die nach Markierung und Desinfektion der Einstichstelle freihändig durchgeführte Punktion. Die kutane Punktionsstelle wird hierbei mithilfe des Lichtvisiers und der auf der Haut aufgetragenen Markierungen festgelegt. Die Präzision der Nadelführung ist während der Intervention in hohem Maße davon abhängig, wie genau der geplante Zugangs-



Prof. Dr. Stephan Zangos

weg während der Intervention umgesetzt werden kann. Bei den konventionellen Punktionstechniken ist die Umsetzung der Planung fehleranfällig, da die Nadelführung vor allem von der Erfahrung des jeweils

der CT-gesteuerten Intervention liegt insbesondere bei ossären Läsionen oder Läsionen in lufthaltigen Strukturen, die mittels Computertomographie genau dargestellt werden können.

Ein sicherer Verlauf der Intervention

Die Lagerung des Patienten ist abhängig vom Zugangsweg und muss für eine sichere Durchführung der Intervention bequem und stabil sein. Nach einer lokalen Betäubung erfolgt dann das Einbringen des Interventionsdevice. Hierbei sollte ein möglichst einfacher und sicherer Zugangsweg gewählt werden und insbesondere die Querrichtung von Gefäßen oder Darm vermieden werden. Angulierte Zugangswege erschweren die Durchführung der Intervention und sollten nur von erfahrenen Untersuchern gewählt werden.

Der Verlauf der Intervention wird dann über Kontrollscans verfolgt. Häufig wird hier eine kurze Spirale zur Lagekontrolle eingesetzt.

umfassen Blutungen, Infektionen und Nervenverletzungen.

Genauigkeit von CT-gesteuerten Punktionen

Zur Erhöhung der Genauigkeit von CT-gesteuerten Punktionen können fluoroskopische CT-Aufnahmen zur Steuerung von perkutanen Punktionen unter ständiger Kontrolle der Nadelposition verwendet werden. Diese Methode erleichtert insbesondere bei atemverschieblichen Läsionen die Punktion, geht jedoch mit einer im Vergleich zu einer konventionellen CT-gesteuerten Punktion mit einer erhöhten Strahlenbelastung einher.

Die CT-gesteuerte Drainagenanlage bei pathologischen Flüssigkeitsansammlungen, wie z.B. Abszessen, Biliomem oder Hämatomen, erfolgt in analoger Technik zu den Punktionen. In der Regel werden hierbei die Drainagen in Seldinger-Technik eingebracht. Hierdurch ist eine schnelle Entlastung der Verhalte möglich und es kann bei Bedarf eine Spülung der Verhalte erfolgen.

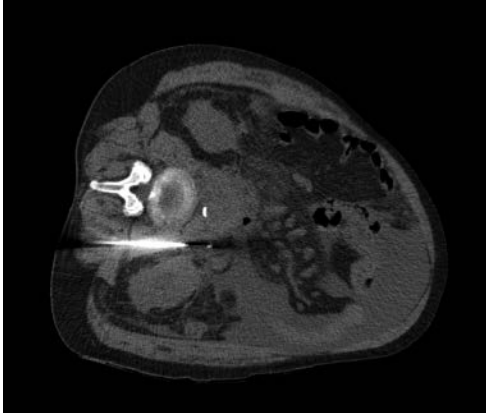
enten. Hierbei werden nadelförmige Sonden unter CT-Steuerung im Tumor positioniert, über die die thermische Energie zur lokalen Gewebedestruktion eingebracht wird. Um eine vollständige Tumor-Ablation zu gewährleisten, muss neben der vollständigen Destruktion des Tumors ein zusätzlicher Sicherheitssaum ablatiert werden. Bei Temperaturen von über 60 °C kommt es zu einem irreversiblen Zelltod, während Temperaturen von mehr als 100 °C zu einer Carbonisierung führen, wodurch die Wärmeübertragung erschwert wird.

Verwendete thermische Verfahren im Einsatz

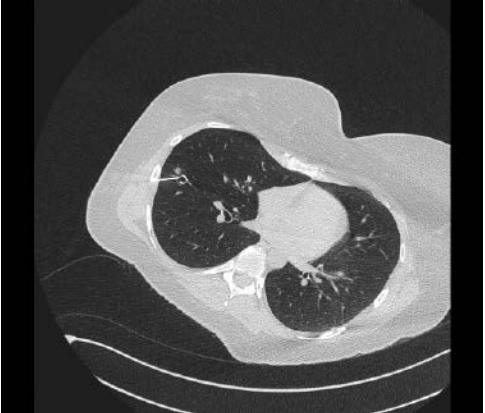
Von den heute noch verwendeten thermischen Verfahren ist die Radiofrequenzablation (RFA) am längsten etabliert. Hierbei wird durch ein elektronisches Wechselfeld Reibungsenergie erzeugt, die zu einer Erwärmung des Gewebes führt. Demgegenüber wird bei der Mikrowellenablation (MWA) durch eine Oszillation der Wassermoleküle um die eingebrachte

intrazellulären Eisbildung, die den Zelltod zur Folge hat. Die Eisausbildung kann mittels CT sehr gut dargestellt werden. In der Regel besteht eine Kryoablation aus mehreren Gefrier- und Auftau-Zyklen. Weitere onkologische Verfahren sind die irreversible Elektroporation (IRE) und die Elektrochemotherapie (ECT).

In den letzten Jahren wurden verschiedene Geräte und Methoden entwickelt, um die Genauigkeit und Geschwindigkeit bei Interventionen zu verbessern. Hierzu zählen Roboter, elektromagnetische Systeme sowie Laser-gestützte Systeme. Es werden aber auch Techniken mit Einsatz von virtueller Realität (VR) und augmentierter Realität (AR) für die Biopsien evaluiert. Neben der Beschleunigung der Intervention und der geringeren Strahlenexposition erleichtern diese Techniken zusätzlich auch die Ausbildung von unerfahrenen Kollegen. Leider sind diese Systeme aber häufig mit hohen Kosten verbunden, sodass sich diese Investitionen nur in Kliniken mit vielen Interventionen rentieren. Zusammenfassend stellt die inter-



CT-gesteuerte Punktion eines paraaortalen Lymphknotens in Linksseitenlage. Die Histologie ergab ein follikuläres Lymphom.



Drahtmarkierung eines sehr kleinen Herdbefundes im Oberlappen. Bei der video-assistierte atypischen Keilresektion zeigte sich ein nicht-muzinöses Adenokarzinom.



Drainagenanlage bei einer postoperativen Lymphozele mit fast vollständiger Entleerung des Verhalts am Ende der Intervention.



Fotos: Zangos

behandelnden Arztes abhängig ist.

Im Verlauf der Intervention müssen daher in Abhängigkeit von der jeweiligen Punktionstechnik, der Komplexität des Punktionsverfahrens sowie der Erfahrung des Arztes unterschiedlich viele Kontrollaufnahmen erstellt werden, um eine präzise Platzierung der Nadel zu erreichen.

Treffsicherheit und Komplikationsraten sind abhängig von der Größe und Lokalisation des Herdes. Hierbei stellen vor allem atembewegliche Läsionen eine Herausforderung dar. Ein weiterer Vorteil

Bei Biopsien zur Gewinnung von Gewebeprobe werden meist koaxiale Biopsiedevice verwendet, die auch eine einfache Entnahme mehrerer Proben in der Regel mit Tru-Cut Technik erlauben. Für die Punktion von Knochenläsionen stehen heute spezielle Knochenbohrersysteme zur Verfügung, die eine problemlose Probenentnahme bei osteoblastischen Läsionen erlauben.

In Abhängigkeit von den punktierten Regionen besteht ein unterschiedliches Risikoprofil mit organspezifischen Risiken. Typische Risiken der CT-Interventionen

Wenn ein sicherer Zugang zu den Flüssigkeitsverhalten möglich ist, sollte eine CT-gesteuerte Drainagenanlage einer operativen Revision vorgezogen werden.

Ebenfalls werden zunehmend thermische, lokal ablativ Verfahren zur Behandlung von malignen Tumoren, insbesondere in der Leber, Lunge, Niere und dem Skelettsystem eingesetzt. Heute erfolgt die Entscheidung zur Durchführung einer Thermoablation in der Regel in einem multidisziplinären Tumorboard unter Berücksichtigung des onkologischen Gesamtkonzepts für den Pati-

Nadel Wärme erzeugt. Bei der Mikrowellenablation können höhere Temperaturen im Zielgewebe erreicht werden, wodurch die Interventionsdauer verkürzt und der Hitzeabtransport insbesondere in gut durchbluteten Organen über die Gefäße reduziert wird. Aus diesem Grunde findet die Mikrowellenablation eine zunehmende Verbreitung.

Bei der Kryoablation wird eine Destruktion der Tumorzellen durch Kälte erreicht. Bei Temperaturen zwischen -20 und -40 °C kommt es um die Ablationssonde zu einer

ventionelle Computertomografie eine heute aus der klinischen Routine nicht mehr wegzudenkende Methode mit einem breiten Spektrum von Einsatzmöglichkeiten dar. ■

Autor:
Prof. Dr. Stephan Zangos
Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
Alb Fils Klinikum GmbH, Göppingen

| www.alb-fils-klinikum.de |

ADVERTORIAL

Die Anforderungen an die moderne Radiologie steigen kontinuierlich: Mehr Patienten, komplexere Fragestellungen und ein zunehmender Mangel an qualifiziertem Fachpersonal stellen Radiologen tagtäglich vor neue Herausforderungen. Gleichzeitig wächst der Druck, wirtschaftlich und nachhaltig zu arbeiten – ohne Kompromisse bei der diagnostischen Qualität einzugehen. Zwei technologische Entwicklungen eröffnen hier neue Perspektiven: Heliumfreie MRT-Systeme und KI-gestützte Bildrekonstruktion mit SmartSpeed Precise.

Heliumfrei* – wirtschaftlich, sicher, zukunftsfähig

Die Heliumversorgung ist nicht nur teuer, sondern zunehmend unsicher. Lieferengpässe, steigende Preise und die Tatsache, dass Helium eine endliche Ressource ist, machen die Abhängigkeit davon zu einem echten Risiko für den Klinikbetrieb. Der von Philips entwickelte BlueSeal-Magnet mit geschlossenem Heliumsystem bietet eine nachhaltige Lösung: Mit lediglich sieben Litern Helium – im Vergleich zu bis zu 1.500 Litern bei herkömmlichen Systemen – arbeitet das Gerät nahezu heliumfrei und eliminiert das Risiko kostspieliger Ausfälle durch Heliumverlust.

Für Radiologen bedeutet das: mehr Planungssicherheit, geringere Betriebskosten und weniger technische Komplexität. Dank seines deutlich geringeren Gewichts und dem Wegfall einer Quenchleitung lässt sich



Klassische Magnet-Technologie mit ca. 1.500 Liter flüssigem Helium.

das System zudem einfacher und flexibler installieren – selbst in älteren Gebäuden oder auf oberen Etagen.

KI-gestützte Präzision mit SmartSpeed Precise

Entscheidend für den klinischen Alltag ist, was auf dem Bildschirm ankommt: Bildqualität, Geschwindigkeit und diagnostische Genauigkeit. Hier setzt SmartSpeed

Precise neue Maßstäbe. Basierend auf modernen Deep-Learning-Algorithmen mit dual AI verkürzt die Technologie nicht nur die Scanzeiten um bis zu 60 %, sondern verbessert zugleich die Bildqualität deutlich – durch reduzierte Artefakte, höheres Signal-Rausch-Verhältnis und feinere Darstellung anatomischer Details.

Besonders bei anspruchsvollen Untersuchungen – etwa in den Bereichen Neuro, MSK, Kardio oder Abdomen – spielt die



BlueSeal Mikro-Kühltechnologie mit sieben Litern flüssigem Helium.

Kombination aus Schnelligkeit und Präzision ihre Stärken aus. Auch unruhige Patienten profitieren, denn Bewegungsartefakte werden effektiv korrigiert. So können Wiederholungsaufnahmen oft vermieden werden – ein echter Zeitgewinn und eine Entlastung für das gesamte radiologische Team. SmartSpeed Precise ist mehr als ein technisches Upgrade – es ist ein strategisches Werkzeug zur Optimierung des gesamten Workflows.

Intelligenter Workflow, bessere Versorgung

Mit dem Zero-Klick Workflow werden außerdem automatisch Segmentierungen vorgenommen, klinische Berichte erstellt und die gesamte Bildverarbeitung beschleunigt. Radiologen erhalten schneller verwertbare Bilder, was nicht nur die Befundung effizienter macht, sondern auch die Wartezeiten für Patienten deutlich reduziert.

In Kombination mit dem heliumfreien BlueSeal-System und SmartSpeed Precise entsteht ein leistungsstarkes Gesamtpaket für die Radiologie der Zukunft: technisch innovativ, wirtschaftlich tragfähig und konsequent auf die Bedürfnisse des klinischen Alltags zugeschnitten.

Angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels bietet die Kombination aus Automatisierung und zusätzlichen Remote-Technologien zudem ein Plus an Flexibilität. Untersuchungen lassen sich aus der Ferne überwachen und steuern, Befunde ortsunabhängig erstellen. Das eröffnet nicht nur neue Arbeitsmodelle, sondern sichert auch die Kontinuität der Patientenversorgung – selbst bei personellen Engpässen.

Für Radiologen, die ihr Fach zukunftsicher aufstellen wollen, sind heliumfreie MRT-Systeme und KI-gestützte Lösungen wie SmartSpeed Precise weit mehr als technische Innovationen. Sie sind der Schlüssel zu einer Radiologie, die schneller, präziser und wirtschaftlicher arbeitet – und dabei nie das Wichtigste aus dem Blick verliert: den Menschen im Zentrum der Diagnostik. ■

* MR-Betrieb mit versiegeltem und austrittsfreiem BlueSeal Magneten mit sieben Litern Helium

| www.philips.de |

KI in der Mammographie

Chancen und Herausforderungen für die wichtigste Methode zur Früherkennung von Brustkrebs

Die Mammographie ist seit vielen Jahren eine der wichtigsten Methoden zur Brustkrebs-Früherkennung und hat maßgeblich dazu beigetragen, die Überlebensraten bei zu verbessern. Jedoch ist die Interpretation der Bilder anspruchsvoll, zeitaufwendig und fehleranfällig. Das Übersehen von Tumoren oder falsch-positive Befunde ist auch bei erfahrenen Radiologen nicht auszuschließen. Angesichts dieser Herausforderungen bietet der KI-Einsatz ein enormes Potential, die Mammographie nicht nur effizienter, sondern auch präziser zu gestalten.

Mit KI können große Mengen an Bilddaten systematisch und präzise analysiert werden. Und das nicht nur schneller, als jeder Mensch es könnte, sondern auch präziser, da subtilste Muster erkannt werden, die auf bösartige Veränderungen hindeuten könnten. Diese Präzision hilft, Tumoren in einem früheren Stadium zu identifizieren, was die Heilungschancen für die Betroffenen erheblich erhöht. Gleichzeitig kann KI dazu beitragen, die Zahl falsch-positiver Befunde zu reduzieren, die ansonsten unnötige Biopsien und zusätzliche diagnostische Maßnahmen nach sich ziehen würden.

Es gibt zahlreiche Studien, die das Potential von KI in der Mammographie unterstreichen. Eine davon ist die MASAI-Studie, eine randomisierte kontrollierte Untersuchung, die traditionelle Doppelbefundung mit KI-gestützter Einzel- und Doppelbefundung kombiniert. Die Ergebnisse zeigen eine bemerkenswerte Steigerung der Krebs-

entdeckungsrate um 29 %. Eine weitere interessante Studie ist die ScreenTrustCAD-Studie. Sie bestätigt, dass durch den Einsatz von KI die Arbeitsbelastung der Radiologen um 36% gesenkt werden kann. Die retrospektive Auswertung von Real-World-Daten zeigt zudem, dass KI nicht nur die Effizienz erhöht, sondern auch die Entdeckungsrate klinisch relevanter Tumoren steigert.

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse stehen der breiten Einführung von KI in die Mammographie mehrere Herausforderungen entgegen. Eine der größten Hürden ist die Verfügbarkeit großer, qualitativ hochwertiger und repräsentativer Datensätze. Viele der derzeit verfügbaren Datensätze sind unzureichend annotiert oder decken nur einen begrenzten Querschnitt der Bevölkerung ab. Initiativen wie das europäische Forschungsprojekt ODELIA setzen genau an diesem Punkt an. Mithilfe des Schwarmlernens können große, dezentrale Datenmengen genutzt werden, ohne die Datensicherheit zu gefährden. Dieser Ansatz ermöglicht es, leistungstärkere Algorithmen zu entwickeln, die auf breiterer Datenbasis basieren, während gleichzeitig die Privatsphäre der Patientinnen gewahrt bleibt.

Auswahl geeigneter Technologien

Die erfolgreiche Einführung von Künstlicher Intelligenz in der Mammographie hängt auch entscheidend von der Aus-



In der Mammographie wurde ein Karzinom entdeckt.

wahl geeigneter Technologien ab. Diese müssen nicht nur hochpräzise arbeiten, sondern auch nahtlos in bestehende Arbeitsabläufe integriert werden können. Besonders wichtig ist die Kompatibilität mit PACS-Systemen. Zudem muss die verwendete Technologie auch eine zuverlässige Triage-Funktion zur Risikoeinstufung der Befunde bieten. So können Mammographieaufnahmen mit unauffälligen Befunden aussortiert werden und Radiologen sich auf komplexere Fälle konzentrieren. Dies führt nicht nur zu einer effizienteren Arbeitsweise, sondern auch zu einer Entlastung der Fachkräfte. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Gestaltung klarer Befundprotokolle. Diese legen fest, wie KI-gestützte Analysen in den Diagnoseprozess integriert werden. Erste Studien legen nahe, dass ein gut abgestimmtes Protokoll nicht nur die diagnostische Genauigkeit erhöht, sondern auch unnötige Zusatzuntersuchungen.

Personalisierte Brustkrebsvorsorge

Ein besonders vielversprechendes Einsatzgebiet der KI ist die personalisierte Brustkrebsvorsorge. Durch die Analyse großer Datenmengen können KI-Systeme individuelle Risikoprofile erstellen, die auf den spezifischen Merkmalen und der Krankengeschichte der Patientinnen basieren. Dies ermöglicht es, die Screening-Frequenz und -Methoden gezielt an die Bedürfnisse jeder

Frau anzupassen. Frauen mit dichtem Brustgewebe, bei denen herkömmliche Mammographien oft weniger aussagekräftig sind, könnten besonders von diesen personalisierten Ansätzen profitieren. Durch die Personalisierung des Screenings können unnötige Untersuchungen vermieden und Ressourcen effizienter genutzt werden. Gleichzeitig wird der Fokus auf jene Frauen gelegt, die ein höheres Risiko für Brustkrebs aufweisen.

Obwohl die Vorteile von KI offensichtlich sind, bestehen oft Vorbehalte hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Transparenz der Algorithmen – sowohl bei Patientinnen als auch bei Radiologen. Es ist daher entscheidend, KI als ein unterstützendes Werkzeug zu positionieren, das die Expertise der Radiologen ergänzt, anstatt sie zu ersetzen. Die kontinuierliche Überwachung der KI-Systeme und regelmäßige Schulungen der Anwender können dazu beitragen, das Vertrauen in die Technologie zu erhöhen.

Die Integration von KI in die Mammographie steht erst am Anfang, doch die bisherigen Ergebnisse sind vielversprechend. KI hat das Potential, die Brustkrebsvorsorge effektiver und effizienter zu gestalten. Um dieses Potential voll auszuschöpfen, sind sorgfältige Planung, eine klare Protokollierung und kontinuierliche Forschung erforderlich. ■

Autor:
Sonja Buske, Essen

Ein starkes Zeichen für die Kindermedizin

MRT-System für Babys und Kleinkinder an Universitätsmedizin Halle installiert

Die Universitätsmedizin Halle (Saale) hat das weltweit erste neuentwickelte Magnetresonanztomographie-System (MRT) für Babys und Kleinkinder installiert. Das hochmoderne Medizingerät Neo315 wurde von einem Magdeburger Start-up entwickelt und wird künftig in den pädiatrisch-radiologischen Fachbereichen eingesetzt. Mit der Neuanschaffung setzt die Universitätsmedizin auch überregional ein starkes Zeichen für die Kindermedizin.

Ein Ultraschall ist für eine gesicherte Diagnose oft nicht ausreichend und eine Untersuchung in einem herkömmlichen MRT-Gerät für Erwachsene ist für Babys und Kinder mit einer hohen Belastung verbunden. Das speziell für Neugeborene

und Kleinkinder entwickelte MRT-System bietet eine strahlungsfreie Bildgebung aller Organe inklusive Weichteilkontrast, wodurch Erkrankungen wie angeborene Fehlbildungen, akute Hirnblutungen oder Tumore frühzeitig erkannt werden können. Im Vergleich zu herkömmlichen Geräten ermöglicht die Hochtemperatur-Supraleiter-Technologie eine kompaktere und leichtere Bauweise. Daher kann Neo315 direkt auf der Kinderintensivstation installiert werden, was bisher erforderliche Transporte vermeidet und Untersuchungen in vertrauter Umgebung erlaubt. „Dank der räumlichen Nähe können wir die Untersuchungen nun an den natürlichen Schlafrythmus der Babys und Kleinkinder

anpassen und auf die bisher notwendige Sedierung möglichst verzichten“, sagt Prof. Dr. Roland Haase, Direktor der Universitätsklinik und Poliklinik für Pädiatrie II, der das Projekt „Neo315“ gemeinsam mit Prof. Dr. Dr. Walter Wohlgemuth, Direktor der Universitätsklinik und Poliklinik für Radiologie, leitet.

Neuartige Magnetabschirmung

„Aufgrund einer neuartigen Magnetabschirmung am Gerät können sich medizinisches Personal oder Angehörige während des Einsatzes im selben Raum befinden. Das bedeutet weniger stressbedingte Belastung für die Säuglinge oder Kleinkinder und

auch die Eltern“, so Haase. „Mit der Installation dieses weltweit ersten, neuentwickelten pädiatrischen MRT-Systems setzt das Entwickler-Unternehmen einen neuen Standard in der medizinischen Bildgebung und stärkt die Diagnostik in der Pädiatrie nachhaltig“, sagt Prof. Dr. Thomas Moesta, Ärztlicher Direktor und Vorstandsvorsitzender des Universitätsklinikums Halle. „Dass wir das Medizingerät Neo315 als erstes Klinikum einsetzen, spricht für die hohe Innovationskraft der Universitätsmedizin Halle und unserer Region.“

Ein weiterer Meilenstein für die technologische Innovation ist die geplante Integration des neuen Geräts in die Infrastruktur der Halle MR-Imaging Core

Facility (HMRICF), des interdisziplinären, wissenschaftlichen Bildgebungszentrums zur Entwicklung und Anwendung moderner MR-Bildgebungsverfahren der Universitätsmedizin Halle. „Die HMRICF verfügt über eine exzellente Expertise in der MR-Anwendung und MR-Physik und betreibt bereits ein Forschungs-MRT“, erklärt Prof. Wohlgemuth. „Im Rahmen einer Forschungsk Kooperation mit dem Hersteller erhält die HMRICF auch Zugang zur Entwicklungsumgebung, was die anwendungsorientierte Implementierung und Weiterentwicklung von MR-Messmethoden auf höchstem Innovationsniveau ermöglicht.“ „Das hochmoderne Kinder-MRT, das künftig

an der Universitätsmedizin in Halle zum Einsatz kommt, ist ein wichtiger Meilenstein für den weiteren Ausbau der Kindermedizin in Halle“, betont Wissenschaftsminister Prof. Dr. Armin Willingmann. „Das Kinder-MRT wurde überdies nicht irgendwo entwickelt, sondern bei uns im Lande vom Magdeburger Medizintechnik-Unternehmen Neoscan. ■

Autor:
Christina Becker
Universitätsmedizin Halle (Saale)

| www.umh.de |

IT&Kommunikation

Nicht nur Darmstadt freut sich über seinen Digitalisierungsgrad

Das Klinikum Darmstadt profitiert vom Krankenhauszukunftsgesetz. Andere müssen offensichtlich Rückzahlungen fürchten.

Dr. Lutz Retzlaff, Neuss

„Ich freue mich sehr, dass der Fortschritt, den wir im Klinikum Darmstadt in der Digitalisierung machen, auch im Vergleich mit anderen Krankenhäusern deutlich sichtbar ist“, sagt Gerhard Ertl, CIO und Leiter der IT-, Kommunikations- und Medizintechnik. Der Digital Score des Klinikums beim aktuellen Digitalradar habe sich von 51 auf 62 Punkte erhöht und liege damit weit über dem Durchschnitt anderer Krankenhäuser der gleichen Größe, die sich von 41 auf 52 Punkte verbessert haben. Das Klinikum Darmstadt sei mit einem Reifegrad von 90% im Bereich Strukturen und Systeme schon sehr weit gekommen, der Reifegrad der anderen Häuser liegt hier durchschnittlich bei 66%. Auch in allen anderen Bereichen habe es seinen Reifegrad erhöht. Im Segment „Informationsaustausch“ liege das Klinikum beispielsweise mit 63% deutlich vor der Vergleichsgruppe, die bei 36% liegt.

Die positive Entwicklung spiegelt sich nicht nur in den Punktzahlen wider, sondern auch in konkreten Projekten, die im Rahmen des Krankenhauszukunftsgesetzes (KHZG) umgesetzt wurden. Insgesamt investiert das Klinikum 11,2 Mio. €, wobei 9 Mio. € durch Fördermittel abgedeckt werden können. Sechs zentrale Projekte wurden realisiert, darunter ein digitales Patientenportal und ein modernes Operationsrobotersystem. Bislang konnten bereits mehr als 1.500 Patienten damit behandelt werden, was aus Sicht des Klinikums

Darmstadt sowohl die Effizienz als auch die Qualität der medizinischen Versorgung erheblich steigert. Es ist dabei nur eines, das vom KHZG profitiert.

Die Wirkung von 4,3 Mrd. € Investitionen

Tatsächlich ist die Digitalisierung laut Erfassung des digitalen Reifegrads im Digitalradar dank der Investitionen von 4,3 Mrd. € in deutschen Krankenhäusern ziemlich flächendeckend angekommen. So viel Geld stand und steht im Rahmen des KHZG den Krankenhäusern zur Verfügung, um die Digitalisierung voranzutreiben.

Gegenüber der ersten Erhebung 2021 des Digitalradars ist die durchschnittliche Punktzahl tatsächlich um 9,1 auf 42,1 Punkte von insgesamt hundert erreichbaren Punkten gestiegen, das entspricht einem Plus von 27,3%. Dieser rund 25-prozentige Zuwachs verteilt sich auf alle erfassten Dimensionen. Wie 2021 hatten nahezu 1.600 Krankenhäuser an der Erfassung des digitalen Reifegrads teilgenommen, wobei einige der initiierten Projekte noch in der Umsetzung der finanzierten Projekte stecken, also noch keinen Einfluss auf die Digitalisierung haben konnten. Andererseits drohen Rückzahlungen, wenn entsprechende Fördergelder nicht in die Digitalisierung gesteckt wurden. Ein gewisser Fortschritt war also erwartbar.

Ausreißer im Digitalradar nach oben sind mit einem Plus von rund 40% der Informationsaustausch, außerdem die Patientenpartizipation. Insbesondere in den Dimensionen „Strukturen und Systeme“, „Klinische Prozesse“ und dem digitalen „Informationsaustausch“ konnten Steigerungen um rund elf Punkte Fortschritte gezeigt werden. Sogar das flexible Arbeiten



Foto: Kristian Dowling/pexels.com - stock.adobe.com

bei Geräte- und Ortsunabhängigkeit soll sich gebessert haben.

Projektleiterin Prof. Sylvia Thun, Berlin Institute of Health, wies bei der Vorstellung der Ergebnisse daraufhin, dass diese Fortschritte auch im internationalen Vergleich des EMRAM messbar sind. Der Anteil der nicht oder kaum digitalisierten Krankenhäuser – EMRAM-Stufe 0 – sei signifikant von 68,7 auf 56,0% gesenkt worden, berichtet das Digitalradar-Konsortium. Andererseits verharrten im Sommer 2024 immer noch 92% der Krankenhäuser auf den beiden untersten Stufen 0 und 1 – im Gegensatz zur Situation in Darmstadt. Das Digitalradar zeigt zudem im Bereich Telehealth

lediglich einen Anstieg von 18,0 auf 22,5 von hundert möglichen Punkten – und das, obwohl einige Experten in der Telemedizin einen wichtigen Baustein sehen, eventuelle negative Folgen der Krankenhausreform abzufedern.

Die Angst vor Rückzahlungen geht um

Nicht jedes Krankenhaus hat offensichtlich so viel mit den zur Verfügung stehenden Mitteln anfangen können wie die Darmstädter. Das aktuelle Krankenhaus Barometer des Deutschen Krankenhausinstituts (DKI) belegt nämlich die Größer der Herausforderungen in der breiteren

Krankenhauslandschaft. Von 366 befragten Einrichtungen gaben dort 87% an, Fördermittel für ein Patientenportal beantragt zu haben, jedoch hatten im Befragungszeitraum Mitte Mai bis Anfang August 2024 nur 50% die Mittel bereits erhalten. Im Krankenhaus-Barometer des DKIs schätzten immerhin 20% der Krankenhäuser das Risiko, Abschläge auf Basis der Digitalisierungsabschlagsvereinbarung hinnehmen zu müssen, als hoch ein, und 18% der Krankenhäuser befürchten, Rückzahlungen im Rahmen des Fördermittelbescheids leisten zu müssen. Lediglich 15% der befragten Krankenhäuser hatten die als MUSS-Kriterien definierten Funktionen „Schnittstelle zu bestehenden KIS/ ERP-

Systemen, damit Patientendaten auch für nachgelagerte Prozesse interoperabel zur Verfügung stehen“ und „Nachversorgungs-Plattformen zur Koordinierung von Kapazitäten bzgl. ambulanter und stationärer Pflege- oder Rehabilitationsanbieter“ zum Befragungszeitpunkt erfüllt. Bei den mittleren und kleineren Häusern planten darüber hinaus fünf Prozent bzw. sieben Prozent nicht einmal, eine elektronische Patientenakte einzuführen.

Digitalisierung als Managementaufgabe

„Wir haben früher als andere die Digitalisierung als Managementaufgabe aufgefasst und direkt in der Geschäftsführung angesiedelt“, freut sich dagegen Clemens Maurer, Sprecher der Geschäftsführung. „Das frühe Engagement zahlt sich jetzt aus und kommt sowohl Mitarbeitenden als auch Patienten zugute.“ Diese proaktive Herangehensweise zeigt sich auch in der Implementierung neuer Systeme, die dazu führen, dass die Dokumentation von Vitalparametern und Laborwerten nun elektronisch erfolgt. Dies entlaste das medizinische Personal erheblich.

Die digitale Spracherkennung und das neue digitale Medikationsmanagement befinden sich ebenso in der Umsetzungsphase. „Ich habe schon immer viel Herzblut in die Digitalisierung gesteckt, weil sie extreme Vorteile für alle bringt“, so Ertl. „Eine verbesserte Behandlungsqualität ist garantiert, wenn auf Patientendaten jederzeit zugegriffen werden kann.“

Insgesamt sieht sich das Klinikum Darmstadt als ein Beispiel für die erfolgreiche digitale Transformation im Gesundheitswesen – nicht nur in der Region, sondern auch im bundesweiten Vergleich. Flächendeckend bleibt aber noch viel zu tun. ■

Assistenzroboter für Krankenhäuser

Forscher aus Kiel und Dänemark arbeiten an Assistenzrobotern für Krankenhäuser, um Pflegekräfte zu entlasten.

Kleine, flexible Roboter sollen einfache Aufgaben übernehmen. In enger Zusammenarbeit mit Kliniken werden drei Einsatzszenarien getestet: Begrüßen und Begleiten, Patrouillieren und Transportieren von Proben. Die Roboter sollen eine freundliche und einladende Präsenz haben und interaktiv sein. Ein „Empfangs-Roboter“ begrüßt bereits in einer Kinderklinik in Odense die jungen Patienten, um Ängste zu nehmen und wertvolle Erkenntnisse für die weitere Entwicklung zu sammeln. Erste patrouillierende Roboter sind bereits seit Herbst 2024 im Einsatz

Forscher entwickeln Assistenzroboter für Krankenhäuser

Der Fachkräftemangel in der Pflege ist groß, die Arbeitsbelastung von Pflegekräften hoch. Ein deutsch-dänisches Forschungsprojekt unter der Leitung der Universität Süddänemark (SDU) möchte Pflegekräfte entlasten. Die acht Projektpartner, darunter die Fachhochschule (FH) Kiel und die Universität zu Lübeck (UzL) sowie fünf Krankenhäuser in Süddänemark und Norddeutschland, wollen eine Reihe Assistenzroboter entwickeln und in der Praxis erproben. Die Roboter sollen triviale Aufgaben übernehmen, damit das Personal mehr Zeit für die Pflege und Behandlung der Patienten hat. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „HospiBot“ läuft über drei Jahre und erhält im Rahmen des Interreg-Programms 1,6 Mio. €.

Sie müssen klein und flexibel sein und sich in lauten und hektischen Umgebungen zurechtfinden: Die Anforderungen an die Assistenzroboter, die im Rahmen des Forschungs- und Transferprojekts „HospiBot“ entwickelt werden sollen, sind hoch. Schließlich sollen die Roboter Pflegekräfte



Foto: Dirk Kiel

Sie wollen Pflegepersonal in Krankenhäusern mit Assistenzrobotern entlasten: Die Mitglieder des transdisziplinären Forschungsprojekts „HospiBot“ bei einem Treffen in Aabenraa, Dänemark.

und medizinisches Fachpersonal entlasten helfen. Damit dies gelingen kann, stimmen sich die Forscher eng mit den beteiligten Kliniken ab, betont Projektleiter Oskar Palinko. Der außerordentliche Professor für Robotik an der Universität Süddänemark koordiniert das HospiBot-Projekt. Zu Projektbeginn haben Kliniken und Hochschulen drei Einsatzszenarien identifiziert, erklärt Palinko: „Das Szenario ‚Begrüßen und Begleiten‘ wollen wir in Odense in der Kinderklinik erproben. Beim Szenario Patrouillieren geht es um Fragen der Sicherheit. Und unser Transport-Roboter soll Proben, Dokumente und ähnliches an vorgegebene Orte bringen.“

Für ihre Arbeit greifen die Forscher auf Erfahrungen aus dem Projekt „HandiRob“ zurück. SDU, FH Kiel und UzL hatten einen Roboter entwickelt, der zum Desinfizieren der Hände auffordert. Aktuell nutzt ihn die Projektgruppe, um die Reaktion von Menschen auf die „Mimik“ eines Roboters zu erforschen. Die größte Herausforderung liege in der Interaktion mit dem Menschen, betont Prof. Franziska Uhing von der FH Kiel. Uhing verantwortet die Gestaltung

der Benutzeroberfläche und möchte u. a. mithilfe von Eye-Tracking die Nutzerreaktionen erfassen: „Die Gestaltung der Körperform, der Augen, Sprache, Bewegungen, Licht und Ton sind entscheidend für den Gesamteindruck, der möglichst eine menschliche Note haben soll. Schließlich wollen wir, dass alle Beteiligten gerne mit den Robotern interagieren.“

Notsituationen erkennen und Hilfe rufen

Die Universität zu Lübeck realisiert das Konzept eines patrouillierenden Roboters. Dieser soll nicht nur abhanden gekommene Gegenstände auffinden, sondern auf seinen Kontrollgängen auch Notsituationen erkennen können. Robert Wendlandt arbeitet mit seinem Team an der kommunizierenden Sensoreinheit des Roboters. „Der Roboter soll über Display, Lautsprecher und Mikrofon Kontakt zu den Menschen aufnehmen, die über ihn Hilfe herbeirufen können“, erklärt Wendlandt. Dabei arbeite der Roboter datensparsam: „Das heißt, er nimmt keine Videos von Personen auf, sondern

verarbeitet reduzierte Formmodelle oder Wärmedaten.“

Die ersten patrouillierenden Assistenzroboter sollen im Herbst 2024 durch die Krankenhausflure der Kooperationspartner in Süddänemark und Schleswig-Holstein rollen. Bereits jetzt versieht der erste „Empfangs-Roboter“ seinen Dienst: In der Kinderklinik in Odense begrüßt er winkend die jungen Patienten, plaudert mit Besuchern, zeigt den Weg. Den Kindern soll er die Angst vorm Krankenhaus nehmen und den Forschern wichtige Erkenntnisse verschaffen: Die Reaktionen von Patienten, Besuchern und Pflegepersonal fließen in die weitere Entwicklung ein, betont Projektleiter Palinko: „Wir können die perfekte technische Lösung finden, aber wenn die Menschen den Roboter nicht benutzen, wird er nur in der Ecke stehen und ein Flop sein.“ ■

| www.fh-kiel.de |

HospiBot ist ein Projekt der University of Southern Denmark (SDU), der Universität zu Lübeck (UZL), der Fachhochschule Kiel (FH Kiel), dem Fraunhofer IMTE, dem Sygehus Sønderjylland in Aabenraa, dem Zealand University Hospital in Køge, dem Odense University Hospital und dem Universitätsklinikum Schleswig-Holstein. Hinzu kommen fünf Netzwerkpartner aus der Wirtschaft: die Robotik-Unternehmen Blue Ocean Robotics aus Odense und Giobotics aus Kiel, der deutsche Produkt- und Softwareentwickler UXMA, das BG Klinikum in Hamburg sowie das Softwareentwicklungsunternehmen assono aus Kiel. Das Projekt wird von Interreg Deutschland-Danmark mit einem Zuschuss von fast 1.700.000 € unterstützt. Das Gesamtbudget für das Projekt beträgt rund 2.600.000 €. Oskar Palinko, außerordentlicher Professor für Robotik und Mensch-Roboter-Interaktion an der University of Southern Denmark, ist der Projektkoordinator.

Mit einer feierlichen Abschlussveranstaltung wurden kürzlich am Technologie Campus (TC) Grafenau der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) die Ergebnisse des Projekts „SMART FOREST 5G Clinics“ präsentiert. Prof. Dr. Florian Wahl und Sebastian Schmidt, wissenschaftlicher bzw. operativer Leiter des dreijährigen Projekts, stellten die Resultate und Handlungsempfehlungen vor. Erfolgreich untersucht wurden die Potenziale von 5G-Technologie und Servicerobotik in der Gesundheitsversorgung an Kliniken im ländlichen Raum.

Inwiefern können in Kliniken errichtete 5G-Campusnetze die gesundheitliche Versorgung stärken? Unter anderem dieser Frage gingen die Forschenden des TC Grafenau in dem vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderten Verbundprojekt an den Arberlandkliniken Viechtach (Landkreises Regen) und den Kliniken am Goldenen Steig (Landkreises Freyung-Grafenau) nach. Außerdem sollten skalierbare Handlungsempfehlungen aus fünf Anwendungsfällen gewonnen werden: Sturzerkennung, Televisite, Orientierungshilfe, Transport und Zugangskontrolle. Zentrale Erkenntnis: Das Potenzial von 5G zeigte sich vor allem im Bereich der Televisite, wo die hohe Bandbreite und geringen Latenzzeiten der Technologie zum Tragen kommen. In weiteren Forschungsprojekten soll daran gearbeitet werden, das festgestellte Potenzial zu heben und im Klinikalltag nutzbar zu machen.

Als besonders hilfreich erwies sich auch der Einsatz von Robotern für Transport- und Begleitzwecke. Diese konnten im Projekt Transporte von Gütern, wie z.B. Blutproben, effizient und sicher übernehmen. Ebenso nützlich erwiesen sich die Roboter als Wegweiser zu schwer auffindbaren Orten im Klinikum und begleiteten Menschen z.B. zur Radiologie. Die Übernahme solcher Tätigkeiten durch Roboter gibt den Pflegekräften Zeit zurück, die sie für die eigentliche Pflege an den Patienten sinnvoller nutzen können.



Foto: THD/TC Grafenau

Stolzes SMART FOREST Team: (von links) Sebastian Schmidt (TC Grafenau), Dr. Ronny Raith (Landrat Landkreis Regen), Christian Schmitz (Arberlandkliniken), Marcus Plaschke (Kliniken am Goldenen Steig), Prof. Dr. Florian Wahl (TC Grafenau). (In der Mitte) Helga Weinberger, stellvertretende Landrätin von Freyung-Grafenau.

Das Fazit der Abschlussveranstaltung war für die Vertreter der Konsortialpartner, darunter der Landrat des Landkreises Regen, Dr. Ronny Raith, die stellvertretende Landrätin von Freyung-Grafenau, Helga Weinberger, sowie die Geschäftsführer der beteiligten Kliniken Christian Schmitz (Arberlandkliniken) und Marcus Plaschke (Kliniken am Goldenen Steig) eindeutig: Sowohl 5G-Mobilfunkstandard als auch Robotik bieten erhebliche Potenziale für die Entlastung und Effizienzsteigerung in ländlichen Kliniken.

Die Ergebnisse sollen nun mit dem Robot-Management-System „hospOS“ in die Praxis überführt werden. Das System bietet Kliniken eine Plattform zur effizienten Steuerung und Verwaltung von Robotern im Krankenhausalltag. Der Forschungstransfer wird dann im Rahmen des Projekts „Athequs“ geschehen, welches bereits in den Startlöchern steht. ■

| www.th-deg.de/de/tc-grafenau |

KI und vernetzte Datenräume

Um das Potential digitaler Lösungen nutzbar zu machen, müssen diese praxistauglich sein und sich nahtlos in bestehende Abläufe integrieren. Nur so entlasten sie das medizinische Personal.

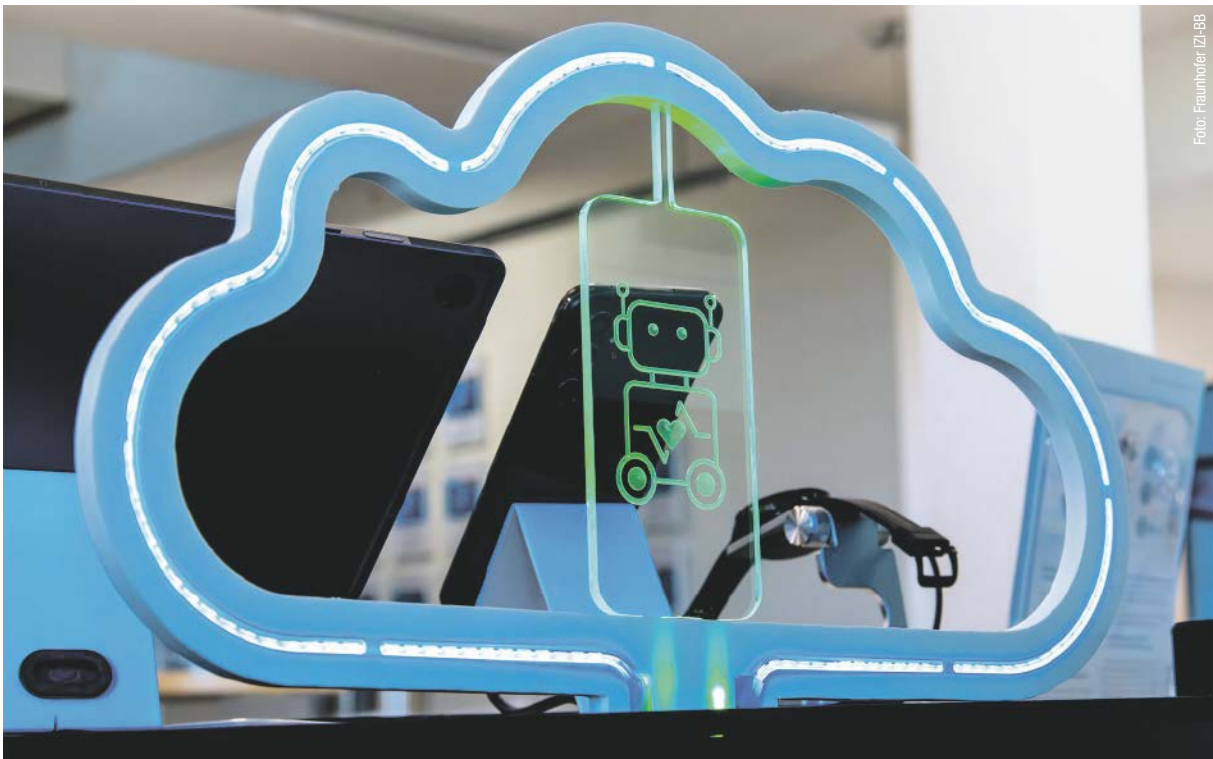
Gleichzeitig braucht es vertrauenswürdige KI-Systeme, die den sicheren Austausch sensibler Gesundheitsdaten gewährleisten. Lösungen für diese Herausforderungen präsentierten acht Fraunhofer-Institute gemeinsam vom 8. bis 10. April auf der DMEA 2025 in Berlin.

An Stand D-109 in Halle 2.2 gaben die Forschenden anhand von Exponaten und Demonstratoren spannende Einblicke in die Gesundheits-IT der Zukunft und standen für Gespräche zur Verfügung.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist mit ihren interdisziplinären Forschungsansätzen und praxisnahen Lösungen ein zentraler Ansprechpartner für zukunftsweisende Technologien im Gesundheitswesen. Von KI-gestützter Diagnostik über vernetzte Gesundheitsdatenräume bis hin zu Assistenzrobotik – Fraunhofer gestaltet die digitale Transformation effizient, sicher und alltagstauglich.

KI-Modelle für mehr Transparenz bei Entscheidungen

Künstliche Intelligenz (KI) wird zunehmend in Diagnostik und Therapie eingesetzt, doch Black-Box-Modelle, die nicht nachvollziehbar sind, stoßen auf Skepsis. Auf der DMEA zeigte das Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS vertrauenswürdige KI-Modelle, die aus EKG-Daten oder medizinischen Bildern fundierte Erkenntnisse ableiten. Diese Modelle sorgen nicht nur für mehr Transparenz bei medizinischen Entscheidungen, sondern liefern auch interpretierbare Vorhersagen.



Am Exponat des Projekts Neighborhood Diagnostics zeigt das Fraunhofer ZDD smarte Medizintechnik: mit vernetzten Datenräumen die Gesundheitsversorgung revolutionieren.

Ebenfalls auf der DMEA präsentierte das Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS seine Lösungen zur Risikobewertung und Entscheidungsunterstützung. Ein Exponat zeigt, wie KI mit klinischen Daten kombiniert wird, um digitale, bildbasierte Biomarker zu entwickeln und damit die Diagnostik zu verbessern.

Entlastung durch multifunktionale Assistenzsysteme

Ein weiteres Exponat demonstrierte das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS: Sein Arztbriefgenerator, basierend auf generativen Sprachmodellen, zeigt, wie KI die zeitraubende, aber essenzielle medizinische

Dokumentation effizienter machen kann. Die Lösung ermöglicht die automatisierte Erstellung von Arztbriefen aus strukturierten und unstrukturierten medizinischen Datenquellen.

Roboter könnten künftig eine tragende Rolle in der Gesundheitsversorgung spielen – nicht nur beim Materialtransport, sondern auch bei der Dokumentation und Diagnostik. Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA demonstrierte auf der DMEA mit einem multifunktionalen Assistenzroboter eine Lösung, die verschiedene Aufgaben in der Pflege kombiniert und so eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung ermöglicht. KI-gestützte Assistenzsysteme, wie der sprach- und touchgesteuerte Pfl-

geassistent LUKAS oder das sensorbasierte Monitoring von Herzerkrankungen, werden vom Fraunhofer MEVIS entworfen und integriert.

Personalisierte Patientenbehandlung durch Datenanalyse

Eine Grundlage der personalisierten Behandlung von Patienten ist die Kombination verschiedenster Patientendaten für die Entscheidungsfindung sowie die Erstellung und Analyse von Kohorten. Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD entwickelt Werkzeuge für die visuell-interaktive Datenanalyse in enger Abstimmung mit klinischen Partnern. Das Analytics-Dashboard Anylytics unterstützt

dabei eine Self-Service-Analyse in der medizinischen Forschung und der Pharma-Forschung. Die Fraunhofer-Forschenden präsentieren am Gemeinschaftsstand Ergebnisse aus Projekten in den Bereichen Rheumatologie, Nephrologie und chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen.

Föderierte Datenräume für eine vernetzte Versorgung

Gesundheitsdaten sind oft in verschiedenen Systemen isoliert, sodass wichtige Informationen zwischen Krankenhäusern, Arztpraxen und Pflegeeinrichtungen verloren gehen. Das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST entwickelt Health Data Spaces Konzepte für föderierte und interoperable Datenräume, die ein sicheres und transparentes Teilen medizinischer Daten über Einrichtungsgrenzen hinweg ermöglichen. Auf der DMEA wurden Datenraum-Projekte zur Infrastruktur, zur Datennutzung und zu Services sowie Anwendungen präsentiert.

Mehr Transparenz und Kontrolle über Gesundheitsdaten

Die elektronische Patientenakte (ePA) soll den Zugriff auf medizinische Daten erleichtern, doch viele Patienten haben Schwierigkeiten, ihre eigenen Gesundheitsdaten zu überblicken und gezielt zu nutzen. Das Fraunhofer IGD arbeitet in Kooperation mit dem Nationalen Forschungszentrum für angewandte Cybersicherheit ATHENE an sicheren, interaktiven Plattformen, die einen intuitiven und verständlichen Zugriff auf medizinische Daten ermöglichen. Damit können Patienten ihre Gesundheitsinformationen visuell aufbereitet einsehen, gezielt freigeben und für Behandelnde nachvollziehbar aufbereiten. Am Stand D-109 in Halle 2.2 präsentierten die Experten diese neuen interaktiven Möglichkeiten

und erläuterten den zugrundeliegenden Datensicherheitsansatz.

Digitale Gesundheitsversorgung für ländliche Regionen

Das Fraunhofer-Zentrum für Digitale Diagnostik ZDD zeigt, wie digitale Gesundheitsversorgung in ländlichen Regionen verbessert werden kann. Das Exponat „Neighborhood Diagnostics“ bietet eine interaktive Demonstration der Projektziele und simuliert verschiedene Szenarien von Gesundheitszuständen. Gezeigt wird, wie Gesundheitsdaten über Smartphones und Wearables erfasst und nach Freigabe an behandelnde Instanzen übertragen werden. Zudem wird veranschaulicht, wie das Ökosystem die aggregierten Gesundheitsdaten nutzt, um den Gesundheitszustand von Patienten besser einzuschätzen und Ärzten bei der Behandlungsentscheidung zu unterstützen. Darüber hinaus zeigt das Projekt SODIAPH, wie Datenbrüche in digitalen Patientenpfaden innerhalb eines Krankenhauses entstehen und wo sinnvoll angesetzt werden kann, um eine direkte Verbesserung der Datendurchgängigkeit zu erzielen.

In diesem Zusammenhang gewinnt auch die kontaktlose Erfassung von Vitaldaten in der Telemedizin und im betrieblichen Gesundheitsmanagement an Bedeutung. Das Fraunhofer IGD präsentierte auf der DMEA die Technologien CareCam und Guardio, die eine kontinuierliche und diskrete Gesundheitsüberwachung ermöglichen – sowohl im häuslichen Umfeld als auch in Notfallsituationen. CareCam erfasst Vitalparameter wie Puls, Atmung und Körperhaltung und erkennt Stress anhand subtiler Veränderungen in Mimik und Blinzelverhalten. Guardio verwandelt ein Smartphone in ein mobiles EKG-Messgerät. ■

| <https://www.fraunhofer.de/de/veranstaltungen-messen/messen/2025/dmea.html> |

ADVERTORIAL

Innovationen aus Frankreich zu Gast in Berlin

Zum zweiten Mal in Folge hat Business France am Vortag der DMEA ein Event in der französischen Botschaft organisiert. Was steckt dahinter und wie ist es verlaufen?

Business France begleitet französische Unternehmen im Bereich Healthcare bei der Ansiedlung in Deutschland. Eines der intensivsten Programme ist ein Förderprogramm, im Business France' Jargon: der FHBG (French Healthcare Booster Germany).

Fünf-Acht-Neun

Den FHBG im Bereich Gesundheitswesen in Deutschland findet schon zum fünften Mal statt.

Es sind acht Unternehmen, die 2025 durch eine deutsch-französische Jury von Branchenexperten ausgewählt wurden, um an dem Programm teilzunehmen.

Neun Monate lang werden die Unternehmen von lokalen Partnern und dem Team von Business France unterstützt auf dem Weg nach Deutschland. Das beginnt mit Informationen zur Gesundheitsbranche und Market Access in Deutschland, da beide Länder, trotz ihrer Nachbarschaft, doch sehr unterschiedlich sind. Zu einem späteren Zeitpunkt im Jahr folgen Kontakte mit Entscheidungsträgern und anderen wichtigen Akteuren des Bereichs, die Interesse an den Produkten der Preisträger haben könnten.

So innovativ sind die Preisträger

Ob Geräte, Sensoren oder Software, im Bereich Strahlenschutz steht die Firma Biomedica weit vorne. Ärzte, medizinisches Personal und Patienten sollen dank ihrer Lösungen vor Röntgenstrahlen sicher sein. Ein Diagnostic-Tool, um Stimmungstörungen zu erkennen? Eine DTx, die auf dem Handy im Hintergrund läuft, um Stimmung und andere Symptome zu überwachen und analysieren ist das, was die Firma Emobot auf den deutschen Markt bringen möchte. Rhesusfaktor vom Foetus bestimmen? Dank Genotropy geht es jetzt schneller und früher! Ein PCR-Test macht es möglich, ein Resultat schon in der 11. Schwangerschaftswoche bekannt zu machen.

Viele Brustkrebsfälle sind leider Intervallkarzinome. Dank einer „Digital Clinic“ möchte die Erfinderin von Hope Valley AI dafür sorgen, dass Frauen ihr „Normal“ kennen, um durch eine regelmäßige Kontrolle gesund und sicher zu bleiben.

Eine Software, die Tumoren in drei Stufen der genomischen Instabilität klassifiziert, um dem Patienten die optimale Behandlungsoption anzubieten? Das schafft Magic Genomix!

PI Install konzipiert und installiert maßgeschneiderte Reinräume und begleitet deren Kunden, vom Projekt bis zu der Wartung mit angepassten Sauberkeitslösungen, je nach Bedürfnis.

Welche medizinische Einrichtung wünscht sich keine Lösung, die die medizinische Zusammenarbeit erleichtert? Einen einzigen Kanal benutzen und die Daten sicher haben?

Rofim Doctor macht es möglich und ist schon auf dem französischen Markt sehr etabliert.

When Your Eyes Speak. Dafür steht WYES, der Name des letzten Preisträgers dieses Jahres. Dieses dynamische Start-Up hat eine Brille entwickelt, die es vollständig gelähmten Patienten ermöglicht, durch die Bewegung ihrer Augen zu kommunizieren. Die neue Technologie, um die Augenbewegungen zu messen, ermöglicht es, die Brillen erschwiegend zu machen.

Die Unternehmen dürfen ihre Produkte auch über den neu definierten Marketplace von Business France anbieten. Eine Plattform zum einfachen Überblick für die neuesten französischen Innovationen.

Warum die Botschaft im April?

Als ein Stück Frankreich mitten in Berlin bot sich die französische Botschaft an, um französische Unternehmen, die sich in Deutschland ansiedeln wollen, bei ihren ersten Schritten in einem neuen Land zu begleiten. Nach einem Fortbildungsnachmittag mit lokalen Partnern fand eine Podiumsdiskussion zum Thema Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen in beiden Ländern statt. Anschließend wurde zu einem Networking-Dinner in der Residenz der Botschaft geladen. Die französischen Unternehmen hatten so die Gelegenheit sich mit wichtigen Akteuren der Branche austauschen. Eine hochkarätig besetzte Veranstaltung mit über 140 Gästen, die sich über die Zukunft des Gesundheitswesens in beiden Ländern ausgetauscht haben. ■ | <https://world.businessfrance.fr/deutschland> |

Gesundheitsdaten sind besonders sensibel und müssen gleichzeitig einfach und sicher nutzbar sein.

Patienten sowie medizinisches Fachpersonal benötigen daher Lösungen, mit denen sie gezielt steuern können, wer auf welche Informationen zugreifen darf. Genau hier setzt das Fraunhofer IGD an und stellt auf der DMEA in Berlin seine aktuellen Forschungsergebnisse zu sicheren digitalen medizinischen Zwillingen vor.

Medizinische Digitale Zwillinge sind virtuelle Abbilder eines Patienten, die auf anatomischen, physiologischen, diagnostischen und behandlungsbezogenen Informationen aus verschiedenen Quellen basieren. Sie können nicht nur existierende Daten zusammenführen, sondern auch neue Informationen ableiten, indem sie bekannte Zusammenhänge zwischen medizinischen Parametern nutzen. Aufgrund der hohen Sensibilität dieser Daten unterliegen sie allerdings den strengen Anforderungen der EU-Datenschutz-Grundverordnung.

Sichere Speicherung dank attributbasierter Schlüssel

Für die sichere Speicherung und Verarbeitung medizinischer Daten entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT neue Konzepte. Beim Projekt MeDiTwin am Forschungszentrum ATHENE steht – anders als am Markt üblich – die dezentrale Speicherung mit feingranularer Zugriffskontrolle im Mittelpunkt. „Der Zugriff erfolgt über attributbasierte Schlüssel, sodass nur berechtigte Personen die jeweils relevanten Informationen einsehen können“, erläutert Prof. Dr.-Ing. Jörn Kohlhammer, Abteilungsleiter Informationsvisualisierung und Visual Analytics am Fraunhofer IGD. Statt zentral gespeicherte Gesundheitsdaten in einem einzelnen System wie einer Cloud zu bündeln, das bei einem Cyberangriff vollständig kompromittiert werden könnte, bleiben die Daten verschlüsselt und verteilt gespeichert.



Medizinische Digitale Zwillinge ermöglichen eine sichere und gezielte Steuerung von Gesundheitsdaten – für eine effizientere Diagnose und Behandlung sowie mehr Selbstbestimmung der Patienten

Neben der Datensicherheit spielt die Benutzerfreundlichkeit eine zentrale Rolle im MeDiTwin. Patienten sollen leicht nachvollziehen können, welche Daten sie freigeben und welche Konsequenzen dies hat. So können sie besser informiert Entscheidungen treffen und ihre Gesundheitsdaten selbstbestimmt verwalten. Dabei spielt eine intuitive Visualisierung eine entscheidende Rolle. „Unsere Dashboards zeigen übersichtlich, welche Daten gespeichert sind, wer darauf aktuell zugreifen kann und welche Informationen für medizinische Entscheidungen relevant sind“, erklärt Prof. Kohlhammer.

Intuitive Visualisierung für ein besseres Datenverständnis

Ärzte haben im MeDiTwin die Möglichkeit, gezielt bestimmte Datentypen – etwa Laborwerte oder Bildaufnahmen – anzufragen und sich anzeigen zu lassen. Diese können in MeDiTwin nicht nur als einzelne Datenpunkte dargestellt, sondern grafisch als Kurven, die ihren zeitlichen Verlauf sichtbar machen. Diese Darstellungsform erleichtert es auch Patienten, Trends auf einen Blick zu erkennen und frühzeitig auf Veränderungen zu reagieren. Künftig sollen auch medizinische Bilddaten mit Zusatzinformationen versehen dargestellt

werden und damit für ein individuell besseres Verständnis einer Erkrankung sorgen.

Auf der DMEA präsentierte das Fraunhofer IGD den aktuellen Entwicklungsstand des MeDiTwin als Proof-of-Concept und in einer prototypischen Umsetzung. Anhand eines Demonstrators zeigten die Wissenschaftler, wie medizinische Digitale Zwillinge in verschiedenen Szenarien eingesetzt werden können – z.B. bei nephrologischen Fragestellungen, chronisch entzündlichen Darmerkrankungen (CED) oder Parkinson. „Langfristig wollen wir eine Lösung entwickeln, die sich flexibel an neue regulatorische Vorgaben und technische Entwicklungen anpasst“, erklärt Dr.-Ing. Stefan Wesarg, Abteilungsleiter Visual Healthcare Technologies am Fraunhofer IGD. Geplant sind Optimierungen der Benutzeroberflächen sowie neue Visualisierungsmöglichkeiten, um die Daten noch übersichtlicher darzustellen. ■

| <https://fh-igd.de/dmea25-pi-medikitwin> |



v.l.: Die Preisträger vom FHBG 2025 und Business France (Karine Moryoussef und Adeline Noël-Grautmann)



Telemedizin kann Versorgungslücken schließen

Der Bosch Health Campus hat eine Machbarkeitsstudie zur Telemedizin in Baden-Württemberg beauftragt. Sie zeigt: Durch die geplante Krankenhausreform werden deutliche Versorgungslücken entstehen.

Die gute Nachricht: Die Telemedizin kann diese Defizite nahezu vollständig schließen. Wie groß werden die Versorgungslücken nach der geplanten Krankenhausreform in Baden-Württemberg sein? Und welches Potenzial hat die Telemedizin, Lücken zu schließen? Diesen Fragen ist die Machbarkeitsstudie Telemedizin Baden-Württemberg nachgegangen, die das Softwareunternehmen BinDoc im Auftrag des Bosch Health Campus durchgeführt hat. Eine halbe Stunde Fahrtzeit oder mehr zu einem Krankenhaus, das die Leistungsgruppen Allgemeine Innere Medizin oder Allgemeine Chirurgie anbietet – aktuell müssen das jeweils mehr als 300.000 Patienten in Baden-Württemberg einplanen. Das bedeutet im Rahmen der Studie eine Unterversorgung für die beiden Leistungsgruppen. Wie eine modellhafte Simulation der Versorgungslandschaft in Baden-Württemberg zeigt, wird sich die Unterversorgung im stationären Bereich nach der Umsetzung der geplanten Krankenhausreform für diese beiden Bereiche mindestens verdoppeln.

Ländlicher Raum am meisten unterversorgt

In den in der Studie fokussierten Leistungsgruppen Allgemeine Innere Medizin und Allgemeine Chirurgie steigt eine nicht ausreichende Versorgung von jeweils drei Prozent in den beiden Bereichen nach der Krankenhausreform auf sechs bzw. acht Prozent an. Demnach müssten 686.252 bzw. 860.559 Bewohner in Baden-Württemberg

zu lange Fahrtzeiten in Kauf nehmen, um eine angemessene Behandlung zu erhalten. Die längsten Fahrtzeiten identifiziert die Machbarkeitsstudie im ländlichen Raum wie beispielsweise dem Schwarzwald oder der Schwäbischen Alb. Patienten in städtischen Regionen wie Stuttgart oder Heidelberg sind dagegen am kürzesten unterwegs.

Telemedizin als Schlüssel für künftige Versorgungssicherheit

Des Weiteren wurde untersucht, inwieweit der Einsatz von Telemedizin eine mögliche Lösung für die gestiegene Unterversorgung durch die geplante Krankenhausreform sein kann. Die Auswertung macht deutlich, dass die nicht ausreichende Versorgung in beiden Leistungsgruppen durch telemedizinische Unterstützung jeweils nahezu vollständig kompensiert werden könnte. So verbessert sich die Fahrtzeit im Bereich Allgemeine Innere Medizin für 364.092 Personen, die Unterversorgung sinkt von sechs auf 3,28%. Für die Allgemeine Chirurgie sind es 420.071 Personen und eine Verringerung der Unterversorgung von acht auf 3,78%. Eine telemedizinische Kompensation liegt dabei vor, wenn beispielsweise Ärzte eines Krankenhauses bei komplexen Behandlungen digital von Spezialisten eines anderen Krankenhauses im Sinne von Telekonsilen beraten werden. Besonders der ländliche Raum profitiert von der Aktivierung einer solchen telemedizinischen Unterstützung. „Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Telemedizin ein fester Bestandteil in der Versorgung werden sollte, damit eine patientengerechte, wohnortnahe Behandlung auch in Zukunft möglich sein wird. Das Potenzial, durch Telemedizin Versorgungslücken in Baden-Württemberg fast vollständig zu schließen und dabei noch Ressourcen einzusparen, dürfen wir nicht ungenutzt lassen“, sagt Prof. Dr. Mark Dominik Alscher, Geschäftsführer des Bosch Health Campus.

Die Studie verzeichnet außerdem einen geringeren Ressourcenbedarf an den untersuchten Klinikstandorten durch telemedizinische Unterstützung. So sind für die Allgemeine Innere Medizin beispielsweise 20 Krankenhausstandorte weniger für eine vergleichbare Versorgungssituation notwendig, bei der Allgemeinen Chirurgie sogar 22. „Es ist an der Zeit, Telemedizin in Baden-Württemberg flächendeckender einzusetzen, die Einrichtungen telemedizinisch untereinander zu vernetzen und so das enorme Potenzial für die Gesundheitsversorgung auszuschöpfen. Dazu gehört auch, solche digitalen Ansätze den Menschen näher zu bringen und greifbarer zu machen“, sagt Prof. Dr. Oliver G. Opitz, Leiter des Bosch Digital Innovation Hub am Bosch Health Campus. Für die restlichen Leistungsgruppen zeichnet sich ein noch deutlicheres Ergebnis ab, die Lücken in der stationären Versorgung durch den Einsatz von Telemedizin erheblich verringern zu können. ■

Hintergrund zur Studie

Betrachtet wurde die Versorgung in der baden-württembergischen Krankenhauslandschaft vor (ex ante) und nach (ex post) der Krankenhausreform. Untersucht wurden insgesamt 269 Krankenhausstandorte und 60 Leistungsgruppen (LG) mit Fokus auf die Allgemeine Innere Medizin und die Allgemeine Chirurgie. Diese beiden Gruppen machen laut Analysen der Firma BinDoc zusammen circa 40% der stationären Fälle in Deutschland aus. Die Ergebnisse aus den beiden Leistungsgruppen wurden dazu verwendet, modellhaft mögliche Lösungsansätze zur Vermeidung von Versorgungslücken durch Telemedizin aufzuzeigen.

| <https://www.bosch-health-campus.de/de> |

Baden-Württembergische Kliniken vernetzen sich mit neuer Infrastruktur

Das Projekt PC3-AIDA ermöglicht Universitätskliniken einen umfangreichen Wissens- und Datenaustausch mithilfe von Künstlicher Intelligenz.

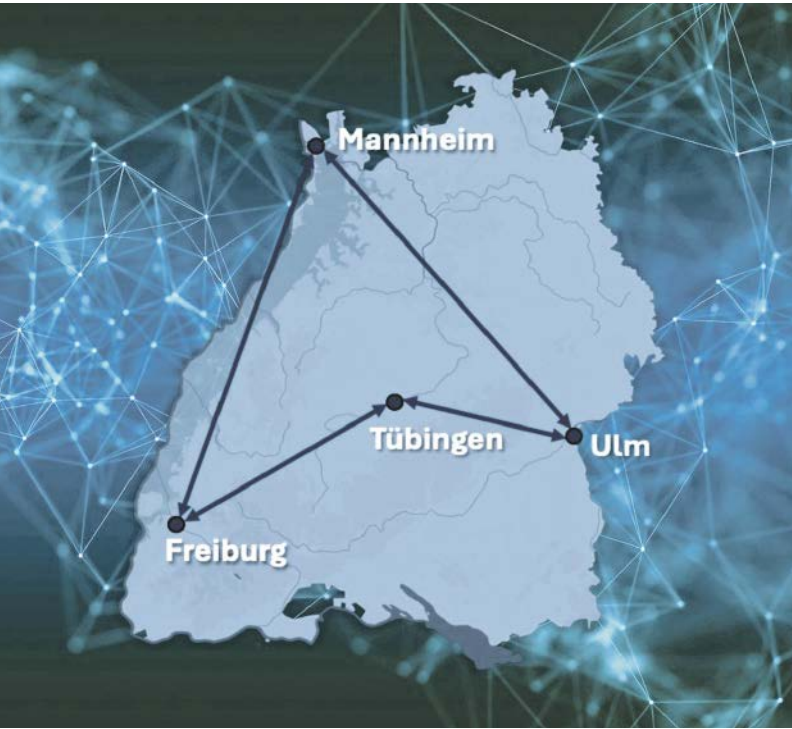
Der erste Grundstein einer Zukunftsvision: An den baden-württembergischen Unikliniken Freiburg, Tübingen und Ulm sowie der Universitätsmedizin Mannheim wird eine neue Dateninfrastruktur etabliert, die alle Projektstandorte miteinander vernetzt. Die neue Struktur erlaubt einen unkomplizierten und sicheren Austausch von Patientendaten, insbesondere radiologischer Bildgebung, unter den Projektstandorten in Echtzeit und stellt einen reichen Pool an Wissen und Informationen für alle Beteiligten zur Verfügung. Vergangenen

Dezember wurde der erste hochauflösende Photon-Counting-CT-Datensatz erfolgreich zwischen zwei Standorten übertragen und ausgewertet und damit die neue Struktur für den Betrieb vorbereitet. Im Klinikalltag wird die Datenaustauschplattform zahlreiche Abläufe für das klinische Personal und die Patient*innen erleichtern und die Grundlage für weitere Dienste wie Terminmanagement oder ärztliche Unterstützungssysteme schaffen. „Für Baden-Württemberg, aber vor allem für unsere vielen Patienten ist das ein großer Schritt, da wir nun nicht nur einfache radiologische Bilddaten hin- und herschicken, sondern auch andere medizinische Informationen wie Laborwerte integrieren und vor allem mit KI-Analysen im System die Wertigkeit der Bilddaten für die Behandlung weiter erhöhen“, sagt Prof. Dr.

Fabian Bamberg, Ärztlicher Direktor der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Freiburg.

Multifunktionale Dateninfrastruktur für einen sicheren Austausch

Im Vorläuferprojekt von PC3-AIDA – dem Projekt PC3 – wurden an allen beteiligten Kliniken neuartige Computertomographen mit der „Photon-Counting“-Computertomographie-Technologie (PC-CT) etabliert. Nun hat das Projekt PC3-AIDA einen neuen Meilenstein erreicht: Die multifunktionale Dateninfrastruktur tdhp – kurz für “teamp lay digital health platform connect” – wird die Universitätskliniken Freiburg, Tübingen und Ulm sowie die Universitätsmedizin Mannheim digital miteinander vernetzen. Somit ist es den Kliniken möglich, untereinander Patientendaten, aber auch Wissen auszutauschen und auf einen reichen Pool an Informationen für weitergehende KI-gestützte Analysen zuzugreifen. Der erste Austausch eines PC-CT-Datensatzes zwischen den klinischen Standorten in Freiburg und Mannheim über die neu implementierte Daten-Infrastruktur tdhp ist nun offiziell erfolgt. Im weiteren Verlauf des Projekts soll mit Unterstützung der Landesagentur BIOPRO Baden-Württemberg, Stuttgart, das Potential der tdhp und der angeschlossenen Software-Mehrwertdienste aufgezeigt und damit ein Grundstein für die Weiterverarbeitung von hochkomplexen Gesundheitsdaten mit erhöhtem Nutzen für Patienten verbunden mit einer Wertschöpfung in der digitalen Gesundheitsindustrie des Landes gelegt werden. Dazu gehören unter anderem KI-gestützte Software-Dienste, welche beispielsweise die tiefergehende Analyse von Bilddaten und die Erstellung von Arztbriefen erleichtern oder laborinterne Prozesse optimieren. ■ | <https://pc3-aida-bw.de> |



Digitale Vernetzung der PC3-AIDA-Standorte Foto: BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

secunet hat 'n TIG – ein TIG einfacher.

Ihr digitaler Vertrauensraum für kompromisslosen Schutz Ihrer Daten.

Als IT-Sicherheitspartner der Bundesrepublik Deutschland und Marktführer unter den Konnektor-Herstellern bieten wir mit dem TI-Gateway die sichere und flexible Alternative zum lokalen Konnektor – und ermöglichen damit einen bequemen Einstieg in die TI sowie eine schnelle und einfache Migration.

secunet.com protecting digital infrastructures

secunet

Zielkonflikte zwischen Hygiene und Nachhaltigkeit

Innovative Ansätze ermöglichen Vereinbarkeit von Patientensicherheit und nachhaltiger Versorgung in Krankenhäusern.

Dr. Patrick Ziech und Marisa Alpers, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Hannover

Das deutsche Gesundheitswesen soll bis zum Jahr 2030 klimaneutral sein, so hat es der 125. Deutsche Ärztetag (2021) gefordert. Für Krankenhäuser, als große Verbraucher von Energie, Wasser und Materialien, steigt damit der Druck. Folglich dominieren Ansätze zum Klimaschutz und zur Nachhaltigkeit zunehmend auch den Krankenhausalltag. Die Herausforderung, höchste Hygienestandards sicherzustellen und gleichzeitig eine nachhaltige Versorgung anbieten zu können, suggeriert zunächst einen Zielkonflikt. So wird die Hygiene oft als Verhinderer von Nachhaltigkeitsprojekten angesehen. Diese Erkenntnis wurde auch im Abschlussbericht „Ressourcenschonung im Gesundheitssektor“ festgestellt.

Um diesem Eindruck entgegenzuwirken, wurden bereits diverse Beiträge von Krankenhaushygienikern verfasst sowie Forschungsprojekte initiiert. Die Grundaussage hierin ist: Patienten- und Personalsicherheit muss durch hygienische Aspekte sichergestellt werden. Strenge Hygieneprotokolle, der Einsatz von Desinfektionsmitteln und die Einhaltung von Sterilisationsverfahren sind demnach unerlässlich, um die Gesundheit der Patienten und des Personals zu schützen. Diese Maßnahmen sind jedoch oft mit einem hohen Verbrauch von Ressourcen und Chemikalien verbunden, der die Umweltbelastung erhöht. Gleichzeitig haben sich im praktischen Alltag Arbeits-



Dr. Patrick Ziech

weisen etabliert, die aus Sicht der Krankenhaushygiene unbegründet sind, aber selten hinterfragt werden.

Indikationsgerechten Handschuh-Einsatz beachten

Ein Beispiel dafür ist die übermäßige Verwendung von medizinischen Einmalhandschuhen in vielen Bereichen der Pflege und Medizin wie etwa beim Impfen. Experten sprechen vom „Universellen Tragen“ oder „Universal Gloving“ medizinischer Einmalhandschuhe, wenn Mitarbeiter Handschuhe auch ohne eine konkrete Indikation tragen. Dabei kann die Einhaltung der Indikationen für Handschuhe ein erhebliches Einsparpotential bringen. Einige Kliniken haben ihre Handschuhverbräuche bereits veröffentlicht und konnten davon berichten, dass die Anzahl der Handschuhe jährlich um 3 % oder mehr reduziert werden könnte. Die Nachhaltigkeitsaspekte liegen



Marisa Alpers

dabei wortwörtlich auf der Hand. Aber auch aus Sicht der Krankenhaushygiene stellt „Universal Gloving“ ein Problem dar, weil aus einem falschen Sicherheitsgefühl heraus die Händedesinfektion vernachlässigt wird. Daher hat die Kommission für Infektionsprävention in medizinischen Einrichtungen und in Einrichtungen und Unternehmen der Pflege und Eingliederungshilfe (KRINKO) 2024 einen Kommentar zum indikationsgerechten Einsatz medizinischer Einmalhandschuhe veröffentlicht. Auch die



Foto: Robert Poortien - stock.adobe.com

sowie interne Audits durch die krankenhaushygienische Abteilung voraus.

Wischtücher und Flächen-desinfektion in den Blick nehmen

In anderen Bereichen ist wiederum die Industrie gefragt. So hat sich seit einigen Jahren die Verwendung von vorgetränkten Einmal-Wischtüchern bspw. zur Flächen-desinfektion oder zur Grundpflege der Patienten etabliert. Die Hersteller stellen bereits ihre Produkte so um, dass eine anschließende Verwertung bzw. Verrottung in der Abfallwirtschaft möglich ist. Die Wahl der Desinfektionsmittel und Reinigungsmethoden spielt auch darüber hinaus eine große Rolle. Während herkömmliche Produkte oft effektiver gegen Keime sind, können sie schädliche Chemikalien enthalten, die sowohl die Umwelt als auch die Gesundheit der Mitarbeiter beeinträchtigen. Umgekehrt können umweltfreundliche Alternativen

in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt sein, was potenziell das Risiko von Infektionen erhöht.

Der Klimawandel verlangt nach einem Umdenken und unser aller Bereitschaft, neue Wege zu gehen, wobei die Patientensicherheit immer an erster Stelle stehen sollte. Durch innovative Lösungen und einen interdisziplinären Ansatz können Krankenhäuser eine Balance finden, die beiden Zielen gerecht wird und somit einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigeren Zukunft leisten. Dazu gibt es bereits spannende Ansätze, über die wir uns austauschen und von denen wir lernen sollten, um Doppelarbeit zu vermeiden – und unsere Ressourcen zu schonen.

Vernetzung aller Akteure zur Stärkung der Nachhaltigkeit

Diesen Ansatz verfolgt das Land Niedersachsen seit Februar 2024 mit dem Niedersächsischen Aktionsforum Gesundheit und Klima, das im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung gegründet wurde und vom Niedersächsischen Landesgesundheitsamt (NLGA) koordiniert wird. Ziel ist es, Akteure des Gesundheitswesens auf Landesebene zu vernetzen und Synergien zu identifizieren. Die Arbeitsgruppe für stationäre Versorgung hat deswegen eine kurze Abfrage unter den niedersächsischen Krankenhäusern erarbeitet, um Best Practice-Beispiele in Bezug auf Klimaanpassung und Nachhaltigkeit sichtbar zu machen und um denjenigen Einrichtungen Impulse zu geben, die noch nicht so weit sind. Weitere Informationen gibt es unter klima@nlga.niedersachsen.de. ■

| www.nlga.niedersachsen.de |

Nicht-tuberkulöse Mykobakterien im Wasser von Medizinprodukten

Steigende Infektionszahlen sowie die hohe Resistenz gegen Biozide und gegen Austrocknung stellen besondere Anforderungen an das Hygienemanagement.

Prof. Dr. Lutz Jatzwauk, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der TU Dresden

Nicht-tuberkulöse Mykobakterien sind nahe Verwandte der Tuberkulosebakterien. Um sie von den Bakterien des Mycobacterium tuberculosis-Komplexes abzugrenzen, werden sie als „Nicht-tuberkulöse Mykobakterien“ kurz NTMs bezeichnet. Annähernd 200 verschiedene Arten und Unterarten sind bekannt. NTM sind fakultativ pathogen. NTM können pulmonale Infektionen auslösen. Betroffen sind vor allem Patienten mit Bronchiektasen. Bei Patienten mit Mukoviszidose stellen NTM gegenwärtig die am häufigsten in der Lunge gefundenen Erreger dar. NTM können jedoch auch andere Organe infizieren. Knochen- und Weichteilinfektionen treten immer wieder auf. Nach Operationen können NTM Haut- und Weichteilinfektionen verursachen. Bei immunsupprimierten Patienten können sie systemische Manifestationen mit generalisierter Lymphknotenschwellung auslösen. Katheter-assoziierte Infektionen bei Patienten mit einer Peritonealdialyse wurden beschrieben. Anders als bei Tuberkulose sind direkte Mensch-zu-Mensch-Übertragungen bei den NTM selten, vor allem aber bei Patienten mit Mukoviszidose beschrieben. Regelmäßig kommt es zu chronischen Verläufen der Infektion.

Mikrobiologische Diagnostik von NTM

Die diagnostizierte Anzahl von Infektionen durch NTM ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Regional gibt es inzwischen mehr Erkrankungen durch NTM als durch Tuberkulosebakterien. NTM besitzen eine besondere Zellwand, an die verschiedene langkettige Lipide gebunden sind. Diese



Prof. Dr. Lutz Jatzwauk

Besonderheit hat zur Folge, dass NTM eine hohe Resistenz gegen Biozide aufweisen und gegen Austrocknung weitestgehend resistent sind.

Die Methoden der mikrobiologischen Diagnostik von NTM entsprechen prinzipiell denen zum Nachweis von Tuberkulose. Mikroskopisch ist ein Nachweis mit Hilfe der Ziehl-Neelsen-Färbung möglich, die dem Nachweis von säurefesten Stäbchen dient. Eine Bakterienanzucht ist nur auf Spezialnährböden (z.B. Löwenstein-Jensen-Agar) oder in bestimmten Flüssigmedien möglich. Allerdings sind für den Nachweis lange Inkubationszeiten von teilweise bis zu sechs Wochen notwendig. Als molekularbiologische Nachweismethoden dienen die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) sowie die DNA-Sequenzierung.

In der Natur besiedeln NTM feuchte Areale (Gewässer, Boden). In Wasserreservoir sind NTM Bestandteil von Biofilmen. Biofilme sind Lebensgemeinschaften von Bakterien, ggf. auch Pilzen oder Algen, die sich an Oberflächen anheften und dort aufwachsen. Sie sind an die jeweilige Umgebung angepasst und verfügen über eine höhere Resistenz gegenüber Umgebungsbedingungen und Bioziden als freischwimmende Zellen.



Foto: Robert Poortien - stock.adobe.com

Der Stoffwechsel von in Biofilmen organisierten Individuen unterscheidet sich von den planktonischen Zellen. Biofilme sind dadurch charakterisiert, dass die Zellen von einer mikrobiell induzierten Matrix meist aus Lipopolysacchariden umgeben sind, die von wässriger Lösung durchströmt wird. Sie können aus Individuen einer einzigen Spezies oder aus Mischpopulationen verschiedener Organismenarten zusammengesetzt sein. Die in Biofilmen organisierten Mikroorganismen nutzen Stoffwechselprodukte der anderen Spezies oder deren Schutzmechanismen oder metabolisieren in Biofilmen Zellen oder Zellteile anderer Mikroorganismen.

NTM im Wasser von Hypothermie-Geräten

NTM wurden weltweit im Trinkwassernetz gefunden. Die Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) 2023 berücksichtigt den Nachweis von NTM nicht. Gleiches gilt für die Richtlinie 98/83/EG des Rates vom

3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Im Jahr 2015 sorgten die Ergebnisse einer Untersuchung einer Häufung von Infektionen durch Mycobacterium chimaera nach Herz-Operationen für Aufmerksamkeit. Die Ergebnisse der Ausbruchuntersuchungen führten zu dem Schluss, dass die Quelle für die Infektionen die bei den Operationen verwendeten Heizkühler waren, die im Operationssaal den extrakorporalen Blutkreislauf temperierten. Mycobacterium chimaera konnte trotz Zusatz von Bioziden im Wassertank dieser Geräte Biofilme bilden. Beim Nachfüllen des Wassertanks kontaminierten die Bakterien auch dessen Außenseite, trockneten dort an und wurden in Folge der Resistenz gegen Austrocknung durch die im Gerät verbauten Lüfter über die OP-Luft bis in die Wunde oder auf den Instrumententisch verteilt. Mit Hilfe der DNA-Sequenzierung wurden weltweit 250 Mycobacterium chimera-Isolate in Zusammenhang mit offenen Herz-Operationen untersucht. Dabei zeigte sich, dass der gleiche Genotyp in den Proben der betroffenen Patienten, in den Heizkühlern, aber auch

in der Produktionsstätte der Geräte nachweisbar war. Da der vor allem betroffene Gerätetyp von einem weltweit marktdominierenden Hersteller produziert wurde und der Bakterienstamm in dessen Produktionsstätte nachgewiesen wurde, war es am wahrscheinlichsten, dass das die Infektionen auslösende NTM von dort in Umlauf geriet. Auch in Deutschland wurde über derartige Infektionen berichtet. Infektionspräventive Maßnahmen betrafen sowohl die Minimierung der NTM im Wasser der Heater-Cooler-Units, deren Aufstellung außerhalb der Operationssäle bzw. die Absaugung der von den Lüftern im OP-Saal emittierten NTM.

NTM im Prozesswasser von Dentaleinheiten

Sofern zahnärztliche Behandlungseinheiten an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen sind, werden diese durch NTM kontaminiert. Auch in Deutschland wurden NTM-Isolate aus Wasser von zahnärztlichen Behandlungseinheiten in hohen Koloniezahlen von 10³ bis 10⁵ KBe/100 ml nachgewiesen. Berichte über Infektionen

durch NTM nach zahnärztlichen Behandlungen wurden weltweit wiederholt publiziert, wobei meist immunsupprimierte Patienten betroffen waren. Daher wird vom Deutschen Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnheilkunde gefordert, für die Behandlung von Patienten mit stark erhöhtem Infektionsrisiko zur Kühlung und Spülung sterile Medien (z.B. Chirurgie-Winkelstücke mit außen geführten Medien, Kühlung mit steriler Kochsalzlösung) zu verwenden.

NTM in Reinigungs- und Desinfektionsgeräten für Endoskope

Im Jahr 2012 wurden nach Bronchoskopen aus der bronchoalveolären Lavage von drei Patienten einer Klinik scheinbar identische NTM isoliert. Bei der Suche nach einer Infektionsquelle wurden keine NTM an den aufbereiteten Bronchoskopen gefunden. Allerdings gelang der Nachweis im letzten Spülwasser des Gerätes zur Reinigung und Desinfektion der Bronchoskope. Die maschinelle Reinigung und Desinfektion von thermolabilen flexiblen Endoskopen erfolgt häufig mittels Reinigungs- und Desinfektionsgeräten für Endoskope (RDG-E) mit chemothermischen Desinfektionsverfahren bis maximal 60°C. Durch diese Verfahren wird eine Ausbildung von Biofilmen in den RDG-E, speziell durch NTM, nicht verhindert. Moderne RDG-E müssen daher über ein Selbstdesinfektionsprogramm verfügen, mit welchem einer Biofilmbildung in der Maschine vorgebeugt werden soll. Normalerweise ist dies ein Programm mit thermischer Desinfektion. ■

| www.uniklinikum-dresden.de |



DR. WEIGERT
Hygiene mit System

Reduced to the Max!

neodisher® MediClean advanced steht für eine neue Leistungsstufe. Weiterzudenken und für unsere Kunden neue Lösungen zu finden, ist eben typisch Dr. Weigert.

www.drweigert.de



Hoch-konzentrierte Leistung



Erhöhte Wirtschaftlichkeit



Reduzierter Energie- & Wasserverbrauch



Service vor Ort inklusive



Scannen und mehr erfahren:



ADVERTORIAL

Wirksame Barriere oder nur Kosmetik? Gram-negative Bakterien und ihre Resistenzen rücken zu Recht immer mehr in den Fokus der Aufmerksamkeit.

Veröffentlichungen, z. B. im Lancet, prognostizieren für das Jahr 2050 jährlich 10 Mio. Todesfälle durch Infektionen mit resistenten Bakterien. Damit läge die Sterblichkeitsrate in der Größenordnung der jährlichen Krebssterblichkeit. Doch den rund 4.000 in der Entwicklung befindlichen Krebsmedikamenten stehen nur etwa 40 alternative Antibiotika gegenüber.

Diese Zahlen zeigen, wie wichtig es ist, der Bedrohung durch resistente Bakterien entschlossen zu begegnen. Neben einer besseren Kontrolle des Einsatzes der verbleibenden wirksamen Antibiotika sind Multi-Barrieren-Systeme derzeit die einzige verfügbare Lösung, um die Ausbreitung resistenter Bakterien zu verhindern.

Wasserfilter als Teil des Multi-Barrieren-Systems?

Wasserfilter, Bakterienfilter, Legionellenfilter, Sterilfilter – es gibt viele Bezeichnungen für die auf Membrantechnologie basierenden Geräte, die direkt als Duschkopf oder am Wasserhahn eingesetzt werden. Die Anwendungsdauer ist zum Teil frei wählbar zwischen 30 Tagen und 120 Tagen. Doch sind diese Produkte als Teil eines Multi-Barrieren-Systems geeignet?

Um diese Frage zu beantworten, muss man sich verdeutlichen, dass Wasserhygiene ein sehr komplexes Thema an der Schnittstelle zwischen Sanitärtechnik und Infektionsprävention ist. Dabei sind zwei Bereiche zu unterscheiden, die jeweils unterschiedliche Standards erfordern:

1. Schutz der allgemeinen Bevölkerung
Die Trinkwasserverordnung dient der Gesundheit der allgemeinen Bevölkerung. Sie definiert eindeutige Grenzwerte für obligat pathogene Keime, die bei jedem Menschen zu Erkrankungen führen können. Die Grenzwerte für Legionellen wurden Mitte der 2010er Jahre in 15 % der Sportstätten, 28 % der Schulen und 25 % der Alten- und Pflegeheime überschritten (DGKH 2016). Es ist anzunehmen, dass sich die Situation aufgrund unzureichender Gebäudeinvestitionen weiter zugespitzt hat.

Wasserfilter mit definiertem Keimrückhalt für Legionellen sind in diesem Bereich sinnvoll, sollten jedoch laut Deutschem Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) nur temporär eingesetzt werden, bis die betroffenen Gebäude ausreichend saniert sind. Außerdem müssen die Filter der Kunststoff-Trinkwasser-Empfehlungen (KTW)-Bewertungsgrundlage entsprechen. Das bedeutet, dass die Filter keine Stoffe enthalten dürfen, die die Biofilmbildung behindern. Wird den Kunststoffen von außen (retrograd) ein wirksames Additiv gegen Bakterienwachstum zugesetzt, ist eine Zulassung nach KTW-Bewertungsgrundlage nicht möglich. Sinn dieser



Endständige Sterilfilter für den wirksamen Einsatz im medizinischen Bereich

Regelung ist es, chemische Additive vom Trinkwasser fernzuhalten.

2. Schutz von Patienten in Kliniken
Deutlich komplexer wird es, wenn es um den Schutz von Patienten in Krankenhäusern geht. Hier spielen eine ganze Reihe weiterer fakultativ pathogener Keime eine Rolle. Zu den sechs wichtigsten resistenten Erregern gehören Klebsiellen, Pseudomonaden und Acinetobacter. Solche Keime

führen nicht bei jedem zu einer Infektion, gefährden jedoch immungeschwächte Patienten. Sehr resistenzbildend sind vor allem die Keime im Siphon.

Die Kommission für Krankenhaushygiene am RKI (KRINKO) weist in ihren Empfehlungen für immungeschwächte und immunsupprimierte Patienten (z. B. Transplantationspatienten, Neugeborene) auf endständige Sterilfilter als Maßnahme zur Infektionsprävention hin und macht

explizit darauf aufmerksam, dass bei Biofilmbildung die Gefahr einer Verkeimung von außen und ein damit verbundenes Infektionsrisiko besteht. Endständige Filter können zum Bumerang werden, wenn darauf bei langer Anwendungsdauer ein Bewuchs mit z. B. Pseudomonas aeruginosa entsteht und diese in großen Mengen emittiert werden. Eine Studie aus Großbritannien (2023) zeigt dies eindrucksvoll (Literatur beim Verfasser erhältlich).

Sinnvolle Anforderungen an endständige Sterilfilter

Für den wirksamen medizinischen Einsatz von endständigen Sterilfiltern sind folgende Qualitätsmerkmale entscheidend:

1. Definierte Anwendungsdauer mit klinischem Nachweis;
2. Biozide Eigenschaften des Gehäuses zur Verhinderung der Biofilmbildung;
3. Kein direkter Kontakt des Wasserstrahls mit dem Abfluss des Waschbeckens;
4. Kompakte Bauweise für die barrierefreie Nutzung insbesondere auf Intensivstationen;
5. Laminarer (weicher) Wasserstrahl, um das Rückspritzen des Wassers von kontaminierten Flächen zu minimieren;
6. Qualitätsmanagement zur Sicherstellung der Fertigungsqualität und Rückverfolgbarkeit.

Diese Anforderungen schaffen Klarheit in Bezug auf den sinnvollen und wirksamen Einsatz endständiger Sterilfilter in medizinischen Einrichtungen. Damit werden endständige Sterilfilter zu einem wirksamen Teil des so dringend benötigten Multi-Barrieren-Systems, um die Ausbreitung resistenter Bakterien zu bekämpfen und das Leben von Klinikpatienten zu schützen. ■

i3 Membrane GmbH, Hamburg
mkt@i3membrane.de
www.i3membrane.com

ADVERTORIAL

Ganzheitliches Händehygienekonzept für die Pflege

Die Händehygiene spielt in stationären Pflegeeinrichtungen eine zentrale Rolle.

Sie ist essenziell für den Infektionsschutz, steht jedoch häufig begrenzten personellen und wirtschaftlichen Ressourcen gegenüber. Das neue Ganzheitliche Händehygienekonzept (GHK) von Dr. Schumacher bietet hier eine Lösung: Es vereinfacht Prozesse, erhöht die Anwendersicherheit, senkt Hygienrisiken und optimiert den Ressourceneinsatz. Dabei basiert das GHK auf drei zentralen Komponenten: dem neuen ESH Vacu-Bag, dem innovativen Produktspeicher Spe Alu Flex und den hochwertigen Wasch-, Desinfektions- und Pflegeprodukten im neuen farbkodierten Etikettendesign für eine intuitivere Benutzerführung.

Einfach, Sicher, Hygienisch

Das Herzstück des Konzepts ist der ESH Vacu-Bag, ein Einweg-Vakuumbuteleensystem, das eine mikrobielle Kontamination der Produkte weitestgehend verhindert. Durch die hermetisch abgeschlossene Einheit aus Beutel und Pumpe entfällt zugleich die zeitaufwendige Pumpenaufbereitung – und die damit verbundene Dokumentationspflicht. Auch das Anbruchdatum muss bei den Beuteln nicht mehr



Das Ganzheitliche Händehygienekonzept GHK von Dr. Schumacher.

erfasst werden: Maßgeblich ist allein das auf dem Produktetikett abgedruckte Mindesthaltbarkeitsdatum. Die nahezu restlose Entleerung des Beutels optimiert zudem die Produktausnutzung und da sich der Beutel leer ganz flach zusammenlegt, sinkt auch das Abfallvolumen deutlich.

Flexibler Spender Spe Alu Flex

Der neue Spe Alu Flex Spender wurde speziell für den anspruchsvollen Pflege-

alltag neu entwickelt. Er ist sowohl mit den 700 ml fassenden ESH Vacu-Bags als auch den klassischen 500- und 1000-ml-Flaschen kompatibel, sodass eine flexible Nutzung und ein schrittweiser Systemwechsel möglich sind. Die wischdesinfizierbaren Oberflächen, die werkzeuglose Bestückung und die robuste Bauweise machen ihn zur praktischen Lösung für den Pflegealltag.

Häufiges Händewaschen und Desinfizieren kann die Haut belasten – umso wich-



Vakuumentechologie schützt vor mikrobieller Kontamination. Die integrierte Einwegpumpe macht die Aufbereitung überflüssig.

tiger ist es, im Pflegealltag Produkte mit guter Hautverträglichkeit zu verwenden.

Produkte für sensible Haut

Alle im Rahmen des Ganzheitlichen Händehygienekonzepts angebotenen Produkte sind frei von Quartären Ammoniumverbindungen (QAV), Duft- und Farbstoffen und damit für sensible Haut geeignet. Sowohl das Händedesinfektionsmittel Aseptoman Med als auch die

hypoallergene Hautschutz- und Pflegecreme Descolind Expert Protect Cream tragen zudem das Logo „getestet und empfohlen“ des Deutschen Allergie- und Asthmabund. (DAAB).

Bessere farbliche Benutzerführung

Die klare Farbkodierung des Etikettendesigns sorgt für eine intuitive Produktunterscheidung. Das neue Design wurde entwickelt, um die Benutzerführung und

Hygiene mit Herz, Humor – und Strategie: Medfluencing

Weg vom Image der „Hygiene-Polizei“: Der weltweit erste und bisher einzige Hygiene-Kanal verändert die Kommunikation auf Social Media.

Dr. Elena Dorn und Michaela Waldbauer, Vivantes Netzwerk für Gesundheit, Berlin

Wenn Krankenhaushygiene zum viralen Hit wird, dann steckt dahinter viel Humor, Herzlichkeit und ein durchdachtes Konzept. Als Mitarbeiterinnen des Vivantes Instituts für Hygiene und Umweltmedizin in Berlin möchten sie zeigen, wie sich Infektionsprävention zeitgemäß, niedrigschwellig und gleichzeitig professionell kommunizieren lässt – auf Social Media.

Was im Jahr 2022 als mutiges Pilotprojekt begann, hat sich mittlerweile zu einer etablierten und mehrfach ausgezeichneten Kommunikationsplattform entwickelt. @viva_hygiene auf Instagram, TikTok und

YouTube kombiniert medizinische Fachkompetenz mit strategischer Content-Planung, moderner Visualität – und einer ordentlichen Prise Humor! Die beiden Medfluencerinnen wollen damit vorrangig Fachpersonal, aber auch Patienten und Interessierte erreichen. Ihr Ziel: Hygiene nahbar machen, Berührungspunkte abbauen und ein Bewusstsein für Prävention schaffen – nicht mit erhobenem Zeigefinger, sondern mit Empathie, Charme und Herz.

Einzigartiger Hygiene-Kanal

Die Mission ist das Bild der Hygiene als Kontrollinstanz aufzubrechen. Dazu wurde die mittlerweile legendäre Kunstfigur „Hygiene-Heidi“ auf den sozialen Medien ins Leben gerufen. In grellem Make-up, weißem Kittel und blonder Perücke zeigt sie auf ironische Weise, wie man es nicht machen sollte – und anschließend natürlich, wie es richtig geht. So wird Händehygiene unterhaltsam, ohne an Relevanz zu verlieren. Denn bei aller



Leichtigkeit ist die Botschaft immer ernst: Hygiene schützt Leben.

Medfluencing mit Plan

Was auf den ersten Blick spontan und spielerisch wirkt, ist in Wahrheit Teil einer klar durchdachten Strategie. Hinter jedem Beitrag stehen Planung, Themenre-

daktionssitzungen, Skripte, Abstimmungen, Koordination, Kooperationen und – ganz wichtig – Hygienefachwissen auf höchstem Niveau. Beschrieben werden kann der Prozess als „strukturierte Kreativität“. Neben der technischen Umsetzung geht es auch darum, neue Zielgruppen zu erreichen – insbesondere junge Menschen, die klassische Kanäle kaum noch nutzen. Der

Erfolg spricht für sich: Der Kanal erreicht regelmäßig mehrere Hunderttausend Nutzer über verschiedene Plattformen hinweg. Posts erzielen über 200.000 Views, und das Format wurde nicht nur mit dem ersten Platz im DGKH-Wettbewerb 2024 „Hygiene medial vermitteln“ ausgezeichnet, sondern erhielt auch einen Vivantes Ausgezeichnet-Preis 2025 in den Kategorien Soziales sowie Forschung & Lehre.

In ihrem Vortrag bei der diesjährigen DGKH-Fachtagung geben die Autorinnen Einblicke in ihre Arbeit und präsentieren die von genutzten Tools, die Entstehungsprozesse der Inhalte sowie die Themen, die besonders gut angenommen werden. Es werden Strategien erläutert, um Reichweite und Relevanz in Einklang zu bringen und es wird verdeutlicht, dass moderne Hygiene-Kommunikation nicht nur möglich, sondern dringend notwendig ist – insbesondere in einer Zeit, in der ein Imagewechsel der Krankenhaushygiene wichtiger denn je ist. Der Kanal dient nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zu klas-

sischen Schulungsformaten wie Präsenzunterricht, Printmedien oder E-Learning. Vor allem das Patienten-Empowerment liegt den Entwicklerinnen am Herzen. Informierte Patienten können aktiv zur Infektionsvermeidung beitragen – ein Ziel, das sich nur erreichen lässt, wenn die Botschaft auch dort ankommt, wo sie gebraucht wird.

Es ist der Glaube an die Kraft der Kommunikation und die Resonanz zeigt: Das Konzept geht auf. Der Kanal hat nicht nur Reichweite, sondern auch Wirkung. ■

| www.vivantes.de |

ADVERTORIAL

Warum die Herkunft von Einmalhandschuhen mehr über Versorgungssicherheit verrät, als man denkt. Heute liegt die Lösung näher als gedacht.

Die Pandemie hat uns vieles gelehrt – unter anderem, dass ein unscheinbares Produkt wie ein Einmalhandschuh zur kritischen Ressource werden kann. Als plötzlich Lieferungen aus Asien ausblieben, wurde sichtbar, wie abhängig unser Gesundheitssystem von globalen Märkten ist. In einer Branche, in der Hygiene, Schutz und Verlässlichkeit keine Option, sondern Grundvoraussetzung sind, war das ein ernüchterndes Signal.

Dabei ging es nicht nur um Verfügbarkeit. Auch Fragen nach Qualität, fairen Produktionsbedingungen und ökologischer Verantwortung rückten verstärkt in den Fokus. Wer heute Einmalhandschuhe

beschafft, muss mehr im Blick haben als den Preis – gefragt sind stabile Prozesse, eine bestmögliche CO₂-Bilanz, sichere Standards und ein gutes Gefühl bei jeder Entscheidung.

Ein Neuanfang
direkt aus Deutschland

Von Bison Polymers wird erstmalig in Deutschland produziert, was lange ausschließlich aus dem Ausland kam: hochwertige Nitril-Einmalhandschuhe. Das hat viele Vorteile – nicht nur für Beschaffer, sondern für alle, die im Alltag auf sicheren Schutz angewiesen sind. Kürzere Transportwege und hochmoderne Anlagen reduzieren nicht nur Risiken, sondern auch Emissionen. Letztere sogar um mehr als 80 % im Vergleich zu asiatischen Importprodukten. Die Nähe zum Hersteller ermöglicht zudem echte Partnerschaft auf Augenhöhe – auch



Jeder Handgriff zählt: Ein sicherer Schutz beginnt mit einer bewussten Entscheidung.

in schwierigen Zeiten. Die neue Produktlinie Bison Pentaguard ist speziell für die Bedürfnisse von Kliniken und Praxen sowie

für die Pflege und Labore und deren Mitarbeitende entwickelt worden. Damit steht erstmals eine lokal hergestellte Lösung zur

Verfügung, die den hohen Anforderungen des Gesundheitswesens in puncto Verlässlichkeit, Schutz und Komfort gerecht wird.

Als deutscher Hersteller mit eigener Forschung und Entwicklung kann Bison Polymers zudem flexibel auf besondere Anforderungen reagieren – etwa bei Materialeigenschaften oder spezifischem Bedarf. Das ermöglicht individuelle Lösungen, wo Standardprodukte an ihre Grenzen stoßen.

Verantwortung zeigen –
mit jeder Bestellung

Interessant ist auch: Der Bedarf an lokal produzierter Schutzausrüstung ist nicht nur eine Lehre aus der Vergangenheit, sondern Teil einer langfristigen Strategie. In einem global volatilen Umfeld bedeutet Nähe auch Kontrolle, Planbarkeit und Vertrauen – Werte, die im Gesundheitswesen an Bedeutung gewonnen haben.

Immer mehr Einrichtungen erkennen: Neben Qualität sind auch Nähe und Verlässlichkeit nicht verhandelbar. Lokale Hersteller bieten mehr als ein Produkt – sie bieten stabile Partnerschaften. Heute geht es mehr denn je um bewusste Entscheidungen. Einmalhandschuhe sind Verbrauchsprodukte, ja – aber eben keine beliebigen. Wer lokal beschafft, entscheidet sich für eine bessere CO₂-Bilanz und ein Produkt, das nachvollziehbar unter fairen Bedingungen entsteht. Auch soziale Aspekte wie faire Löhne, Arbeitsbedingungen und Arbeitsplatzhalt in Deutschland spielen zunehmend eine Rolle in der öffentlichen Diskussion – und auch im Einkauf.

Die Umstellung auf lokal produzierte Handschuhe mag ein kleiner Schritt im Sortiment sein. Doch sie sendet ein starkes Signal: für Verantwortung und Weitblick. ■

l <https://bison-polymers.com> l

Artificial Intelligence und Antibiotic Stewardship

Kann künstliche Intelligenz bei der Optimierung von Antibiotikatherapien unterstützen? – Ein Werkstattbericht

Prof. Dr. Michael Wilke, inspiring-health GmbH und Jessica Kuhl, Medical School Hamburg

Antibiotic Stewardship (ABS) hat den rationalen Einsatz von Antibiotika im Krankenhaus, um Resistenzen niedrig zu halten und unerwünschte Wirkungen von Antibiotika zu minimieren zum Ziel. Die Aufgaben von ABS-Experten lassen sich in zwei Bereiche unterteilen:

- Praktisches ABS umfasst direkte Anwendung von Wissen bei Visiten, Konsilen und in Schulungen.
- Strategisches ABS mit Schwerpunkt auf Datengenerierung, Analyse, Interpretation und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung.

Praktisches ABS wird in Kliniken gelebt und ist breit etabliert. Schulungen benötigen Ergebnisse aus Datenanalysen, ebenso das strategische ABS. Bislang liegen diese Informationen allerdings oft unzusammenhängend vor. In der Zusammenschau lassen sich meist nur grobe Trends erkennen. Soll die Verordnungsqualität konkret gemessen und komplexe Fragen beantwortet werden, z.B. ob leitliniengerechte Substanzen gewählt wurden, die Therapiedauer stimmt oder Responsekontrollen erfolgten, erfordert dies Fallreviews von Akten oder Punktprävalenzanalysen. Diese Methoden sind sehr zeitaufwändig und geben jeweils nur eine Momentaufnahme wieder. Die systematische, regelmäßige Analyse aller Verordnungen auf diesem Weg ist zu aufwändig, denn jeder vierte Krankenhauspatient erhält ein Antibiotikum.

Hier stellt sich die Frage, ob Künstliche Intelligenz (KI) das ABS-Team wirkungsvoll unterstützen kann. Dieser Werkstattbericht aus der Forschergruppe der Autoren berichtet den aktuellen Stand der Erkenntnis.

Prüfregeln aus Therapieleitlinien generieren

KI imitiert menschliche kognitive Fähigkeiten, indem sie Informationen aus Eingabedaten erkennt und sortiert. Diese Intelligenz kann auf programmierten Abläufen basieren oder durch maschinelles Lernen erzeugt werden (www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html). Bei KI mit



Prof. Dr. Michael Wilke

maschinellern Lernen wurden zuletzt große Fortschritte erzielt und generative Systeme, z.B. ChatGPT, hervorgebracht. Therapieleitlinien liegen meist nicht als strukturierte Information vor, aus der man „Prüfregeln“ für die Datenanalyse leicht ableiten kann. In einem Vorprojekt wurde die aktuelle S3 Leitlinie „ambulant erworbene Pneumonie“ analysiert und Prüfregeln extrahiert, die auf Daten aus dem KIS anwendbar sind. Hier wurde deutlich, dass die Extraktion von Prüfregeln ein zeitaufwändiger Prozess ist und mehrere Wochen Arbeitszeit in Anspruch nehmen kann.

Im aktuellen Projekt wird deshalb eine generative KI eingesetzt, um aus dem Text einer Leitlinie Prüfregeln zu generieren (regelbasierte KI), die dann auf die Daten angewendet werden können. Damit ergibt sich der in Abbildung 1 gezeigte Ablauf.

Die Leitlinienanalyse erfolgt mittels generativer KI. Dazu werden Prompts erstellt, die u.a. ein maschinenlesbares Format der Regeln als Ergebnis generieren. Die so erstellten Prüfregeln können im nächsten Schritt auf die tatsächlichen Behandlungsinformationen angewendet werden.

Dazu werden Patientendaten aus dem Krankenhausinformationssystem (KIS) extrahiert:

- Demographische und Prozessinformationen (Alter, Geschlecht, Ablauf des Aufenthalts);
- Infektionsdaten (Art, Erreger, Genese);
- Antibiotikatherapie (Substanzen, Dosierung, Applikation, Beginn, Ende);
- Laboraten (CRP, Leukozyten, PCT).

Die algorithmische KI erzeugt pro Patient die Regel (SOLL) mit den extra-



Jessica Kuhl

hierten Daten (IST) und nimmt eine vollautomatische Bewertung der Antibiotikatherapie vor. Die Ergebnisse der Bewertung werden dann in einer Datenbank gespeichert und in einem handelsüblichen Business Intelligence Tool aufbereitet.

KI überprüft Validität des leitliniengerechten ABS

Das vorgestellte Projekt ist noch nicht beendet. Erste Zwischenergebnisse liegen vor. Die Methoden wurden auf einem Krankenhausdatensatz angewendet (7.427 Fälle/Jahr, davon 2.676 mit Infektionen, 36 %). Die häufigste Einzelerkrankung war die ambulante erworbene Pneumonie (CAP). Sie wurde für die Erstanalyse ausgewählt.

In 2023 wurden 529 CAP-Patienten identifiziert und analysiert. Nur 36 % der Therapien wurden als korrekt bewertet. Responsekontrollen nach 48 Stunden sind häufig, nach 72 Stunden nicht mehr (oft wurde dafür am Entlasstag eine „Endkontrolle“ durchgeführt). Das Haus hat eine penicillinbasierte Strategie bei der CAP. Die Kombination mit einem Makrolid in den ersten drei Tagen (wie in der Leitlinie vorgesehen) wird häufig vergessen. 16,4 % der Patienten sind verstorben bei einem Altersmedian von 80 Jahren (nicht adjustiert, Rate enthält noch Patienten mit Therapiebegrenzungsverfügung).

Datenmenge und Prozesskomplexität

Die KI-gestützte Analyse der Antibiotikaverordnungen hat für die CAP in einem typischen kleinen Krankenhaus funktioniert. Die größte Herausforderung ist das Promptdesign für die Regelerzeugung aus Leitlinien mittels generativer KI. Die regelbasierte, algorithmische KI erzeugt dann sehr gute Ergebnisse. Bei Stichprobenkontrollen wurde eine Richtigkeit (im Vergleich zur Analyse durch ABS-Experten) von 99 % gesehen. Im nächsten Schritt werden die Kontrollen mit repräsentativ gezogenen Stichproben durchgeführt, um die Validität sicher zu bestätigen.

Auffällige Verordnungen gehen in die Einzelfallprüfung. Sie ist noch nicht abgeschlossen. 13 Cotrim-Verordnungen wurden bereits geprüft. Dies waren sämtlich COVID-19 Pneumonien. Die Künstliche Intelligenz hat diese Fälle korrekt als „falsch“ erkannt. 60 Fälle ohne AB-Verordnung werden gerade analysiert. Insgesamt erscheint die Bewertung der KI

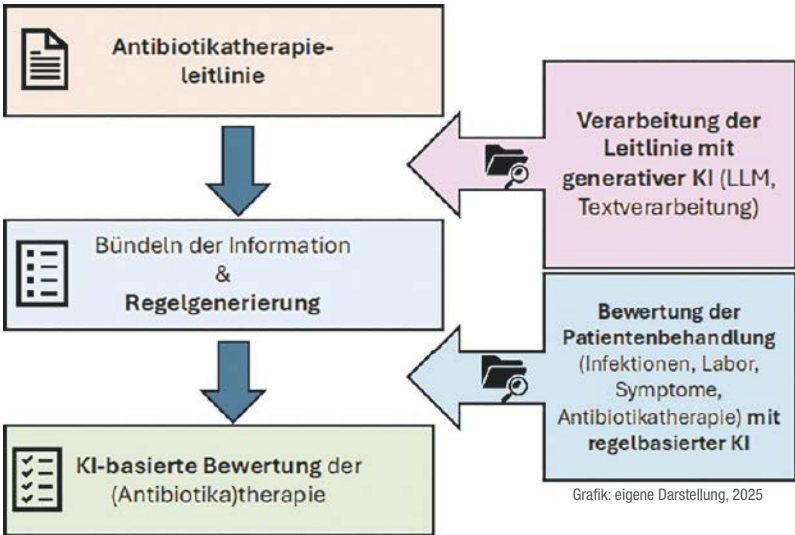


Abb. 1: Schematischer Ablauf der KI-gestützten Antibiotikatherapiebewertung

Dr. Schumacher

Wir schützen Deine Gesundheit.

Händehygiene

ganzheitlich gedacht!

Produkt + Gebinde + Spender = Ganzheitliches Händehygienekonzept

Das Ganzheitliche Händehygienekonzept optimiert den Ressourceneinsatz, erhöht die Anwendersicherheit, senkt Hygienisrisiken – und schafft mehr Zeit für das, was wirklich zählt: die Pflege.

HÄNDE WASCHEN

HÄNDE DESINFIZIEREN

HÄNDE PFLEGEN

HÄNDE SCHÜTZEN

700 ml ESH Vacu-Bag

1.000 ml Flaschen

500 ml Flaschen

+

=

Desinfektionsmittel vorsichtig verwenden. Vor Gebrauch stets Etikett und Produktinformationen lesen.

Dr. Schumacher GmbH · Am Roggenfeld 3 · 34323 Malsfeld · T 05664 9496-0 · info@schumacher-online.com

www.schumacher-online.com

+++ Alle Inhalte plus tagesaktuelle Informationen auf www.management-krankenhaus.de +++

Mehr CO₂ als der Flugverkehr: Das Gesundheitswesen

Der Gesundheitssektor hat enormen Nachholbedarf bei der Reduzierung seiner CO₂-Emissionen. Warum das so ist und wo Hebel angesetzt werden können.

Elke Ruppert, SBK Siemens-Betriebskrankenkasse, München

Ausgerechnet das Gesundheitswesen hat einen großen ökologischen Fußabdruck. 2019 entfielen 68 Mio. CO₂-Äquivalente und 6% der deutschen Gesamtemissionen auf den Sektor, wie das Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung ermittelt hat. Beim Flugverkehr waren es im gleichen Jahr 31 Mio., also weniger als die Hälfte. Selbst die Stahlindustrie reichte mit 54 Mio. nur knapp an das Niveau heran. Und anders als Branchen wie die Energiewirtschaft und die Industrie konnte das Gesundheitswesen seine Emissionen bisher nicht reduzieren. Damit wird der Ressourcenverbrauch bei Operationen, Medikamenten oder Fahrten in Praxis und Krankenhaus zum Treiber der Klimaerwärmung – mit erheblichen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen.

Krankenhäuser sind die größten Emittenten

Beim CO₂-Ausstoß des Gesundheitswesens machen die direkten und indirekten Emissionen durch Heizen oder Stromverbrauch in den medizinischen Einrichtungen rund 20% aus. Dies geht aus den Berechnun-

gen des Potsdamer Instituts hervor. 80% werden durch den Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen verursacht. Dazu gehört z.B. auch die Produktion eines Medikaments in einer indischen Fabrik, das schließlich nach Deutschland transportiert wird.

Aufgeschlüsselt nach den Sektoren des Klimaschutzgesetzes sieht die CO₂-Bilanz folgendermaßen aus: 42% der Emissionen fallen im Bereich Energiewirtschaft an, also durch die Beheizung mit fossilen Brennstoffen oder den Stromverbrauch. 21% beziehen sich auf Herstellungsprozesse in der Industrie, z.B. für Medizintechnik oder Verpackungen. Weitere 17% des Ausstoßes werden in der Gebäudewirtschaft durch Baumaßnahmen erzeugt. Hinzukommen 14% im Verkehr, z.B. beim Betrieb von Rettungsfahrzeugen. Vergleicht man den Ausstoß nach der Art der Einrichtung, erweisen sich Krankenhäuser als die größten Emittenten. Sie erzeugen über 15 Mio. t Tonnen CO₂. Dahinter folgen Apotheken, Arztpraxen und Pflegeeinrichtungen.

Hebel 1: Von der Mengen- zur Qualitätsorientierung

Das ambitionierte Ziel des GKV-Spitzenverbandes ist es, die Gesundheitsversorgung bis 2045 klimaneutral umzugestalten. Jedoch werden in den nächsten Jahren aufgrund des demografischen Wandels vor allem mehr ältere Menschen zu versorgen sein. „Die kommenden Herausforderungen kann das Gesundheitswesen nur bewältigen, wenn es seine knapper werdenden Ressourcen zielgerichteter als bisher einsetzt“, folgert Dr. Gertrud



Demmler, Vorständin der SBK Siemens-Betriebskrankenkasse. „Das ganze Gesundheitssystem ist heute inputorientiert. Es gilt das Motto „viel hilft viel“ und entsprechend

fließt das Geld. Das setzt Anreize für Überversorgung also für zu viele Behandlungen. Sie verursachen Kosten, binden Personal und schaden der Umwelt. Im Mittelpunkt

der finanziellen Anreize sollten ressourcenschonende Behandlungsprozesse und das Behandlungsergebnis stehen. Um Letzteres zu erfassen, muss die Perspektive der

Patienten mit einbezogen werden.“ Dabei kommt auch der Digitalisierung eine wichtige Rolle zu, um Prozesse zu vereinfachen und besser zu steuern. Helfen wird dabei z.B. die elektronische Patientenakte (ePA).

Hebel 2: Gesundheitsförderung

Um den CO₂-Fußabdruck zu verbessern, ist auch Prävention ein wichtiger Hebel. „Jede Erkrankung, die im Vorfeld vermieden wird, spart Ressourcen im System“, erläutert Gertrud Demmler. „Das gilt vom Medikamentenverbrauch über die Medizintechnik bis hin zum notwendigen Gesundheitspersonal.“ In der Gesundheitsförderung liegt ein doppelter Vorteil: Wer sich gesund ernährt und viel bewegt, verbessert nicht nur die Klimabilanz, sondern auch seine Lebensqualität. Versicherte können heute auf ein breites Präventionsangebot zugreifen, z.B. mit Gesundheits-Apps.

Hebel 3: Ökologische Prozesse

Die Prozesse und Behandlungen, auf die es ankommt, sollten ökologischer durchgeführt werden. In Kliniken wird z.B. noch zu oft ungefährlicher Hausmüll weggeworfen statt recycelt. Einweg-Plastikhandschuhe wären durch Modelle aus biologisch abbaubarem Material ersetzbar. Erste Schritte im Klinikalltag sind einfach: Werden nicht benötigte Medizingeräte nicht im Stand-by-Betrieb gehalten, sinkt der Stromverbrauch. Bei den Medizinprodukten schließlich sind Arzneimittelhersteller gefordert: sie müssen ihre Lieferketten überprüfen, um die CO₂-Emissionen bei Produktion und Transport zu senken. ■ | www.sbk.org |

Klimaschutz: Die Sozialwirtschaft hat noch viel Potential

Diakonische Unternehmen haben in ihren Wertschöpfungsketten noch viel Potential, um die CO₂-Emissionen zu senken. Für die Umsetzung brauchen sie jedoch Unterstützung und geeignete Rahmenbedingungen.

Elisabeth Illius, Bank für Kirche und Diakonie eG - KD-Bank, Dortmund

Bei der 5. Strategietagung Nachhaltigkeit von Diakonie Deutschland, der Bank für Kirche und Diakonie (KD-Bank) und dem Verband diakonischer Dienstgeber in Deutschland (VdDD) werden am 22. und 23. Mai in Berlin Best Practices vorgestellt und Forderungen mit der Politik diskutiert. Im Fokus der diesjährigen Strategietagung stehen die Bereiche Ernährung, Beschaffung und Mobilität. Diese werden in der Emissionsbilanzierung zu einem großen Teil den sogenannten Scope 3-Emissionen zugerechnet. 50 bis 80% der CO₂-Emissionen von Sozialunternehmen entstehen entlang der Wertschöpfungskette von der Beschaffung über die Nutzung



von Produkten bis hin zu Transport und Dienstreisen.

Nachhaltigkeitsstrategie muss finanziert werden

„Die Einführung einer verpflichtenden Nachhaltigkeitsberichterstattung erhöht den Druck auch auf diakonische Unternehmen, alle Prozesse nachhaltig zu gestalten – vom Einkauf über die Verpflegung

bis zum Fuhrpark“, so Rüdiger Schuch, Präsident der Diakonie Deutschland. Das könne nur gelingen, wenn auch der Gesetzgeber die notwendigen Rahmenbedingungen schaffe.

„Aus Sicht der Diakonie Deutschland liegt die Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie im Interesse aller. Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, sind die gemeinnützigen Sozialunternehmen darauf angewiesen, dass entstehende Zusatzkos-

ten von den Kostenträgern übernommen werden. Dafür muss der Begriff der Nachhaltigkeit in die Sozialgesetzbücher aufgenommen werden“, so Schuch. Es brauche sowohl Investitionen in Innovationen als auch Unterstützung bei der Umsetzung, etwa bei der Beschaffung ökofairer Güter.

Diakonische Unternehmen gehen voran

Die Diakonie verfolgt das Ziel, bis 2035 klimaneutral zu werden – zehn Jahre früher als vom Gesetzgeber verlangt. Bereits in fünf Jahren will die Evangelische Heimstiftung – die zu den größten Betreibern von Pflegeheimen in Deutschland zählt – ihren CO₂-Ausstoß um 70% verringert haben. Hauptgeschäftsführer Bernhard Schneider, der auch im Vorstand des VdDD sitzt, sieht

noch viel Potential: „Auf Basis von Energieberatungsgutachten steuern wir für jede einzelne Einrichtung gezielt die notwendigen Maßnahmen aus, um die Emissionen zu senken. Hinzu kommen die konsequente Umrüstung auf E-Autos und die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energiequellen.“

Auch in anderen Bereichen setzen diakonische Unternehmen auf Nachhaltigkeit: So hat die Diakonie Stetten damit angefangen, Mitarbeiter mit nachhaltiger Dienstkleidung auszustatten. Das Augustinum verfolgt in seinen 23 Residenzen ein gezieltes Food-waste Management und will damit bis 2030 die Lebensmittelabfälle um 50% zu reduzieren. „Den größten Impact haben wir durch eine datenbasierte Produktionsmengenkalkulation erreicht“, sagt Christoph Specht, Geschäftsführer der Augustinum Gastronomie und weist darauf hin, dass die

eingesparten finanziellen Mittel zum Ausbau des Bioanteils genutzt werden sollen.

Soziale Taxonomie auf den Weg bringen

Neben der grünen müsse in Europa endlich auch eine soziale Taxonomie auf den Weg gebracht werden, so Dr. Ekkehard Thiesler, Vorstandsvorsitzender der KD-Bank. „Ein entsprechendes Regelwerk ist nötig, um soziale Leistungen als nachhaltig anzuerkennen und damit investierbar zu machen. Ohne entsprechende Regelungen gerät die Sozialwirtschaft gegenüber den als ökologisch-nachhaltig eingestuften Unternehmen ins Hintertreffen.“ Das gefährde ihre gesellschaftlich dringend benötigten Angebote und bremse den nachhaltigen Umbau der Branche aus. ■ | www.KD-Bank.de |

Klimawandel als Risiko für den Gesundheitssektor

Der Klimawandel wird den Gesundheitssektor aus Sicht der Bevölkerung in den kommenden Jahren spürbar gefährden. Dies geht aus einer bevölkerungsrepräsentativen Umfrage zum Thema „Klimaneutraler Gesundheitssektor“ hervor. Das F.A.Z. Institut führte die Erhebung im September vergangenen Jahres im Auftrag der Barmer unter mehr als 1.500 Männern und Frauen ab 16 Jahren durch. Demnach rechnen 45% der Befragten bis zum Jahr 2030 mit längeren Wartezeiten beim Arzt wegen gesteigerter Krankheitsraten durch den Klimawandel. Jeweils 40 % befürchten Probleme bei der Versorgung bislang unbekannter Krankheiten und Medikamentenengpässe. „Der Klimawandel ist aus Sicht der Bevölkerung ein Risiko für die Gesund-

heitsversorgung. Es herrscht Handlungsbedarf bei allen Akteuren, die Treibhausgase verursachen. Doch ist bislang nur den wenigsten klar, dass auch das Gesundheitswesen bei der Transformation zur Klimaneutralität seinen Beitrag leisten muss“, sagt Prof. Dr. Christoph Straub, Vorstandsvorsitzender der Barmer. Aktuell befürworte das nur etwa jeder Siebte. Dabei verursache der deutsche Gesundheitssektor rund 6% der nationalen Treibhausgasemissionen.

Versorgungsprobleme durch Klimawandel befürchtet

Laut Umfrage der Barmer wären die Befragten an verschiedenen Stellen zu

Veränderungen in der Gesundheitsversorgung bereit, um Treibhausgase zu verringern. Mehr als jeder Zweite könnte sich damit anfreunden, dass Rezepte nur noch digital ausgestellt und Verpackungen umweltfreundlicher werden. 30% befürworten die Abgabe von Medikamenten nach dem tatsächlichen Bedarf. Nur etwa 10% sind jedoch für höhere private Zuzahlungen für nachhaltig produzierte Medikamente. 41% lehnen es ab, zugunsten des Klimas auf Gesundheitsleistungen zu verzichten. Fast genauso viele, nämlich 40%, glauben jedoch, dass auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gesundheitssektor die medizinische Versorgungsqualität leiden wird. ■

| www.barmer.de |

Campuslogistik durch E-Cargobike erweitert

Das Universitätsklinikum Schleswig-Holstein setzt ein neues E-Cargobike in die interne Logistik am Campus Kiel ein. Mit dieser nachhaltigen Lösung verstärkt das UKSH seine Bemühungen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz und so lässt sich zugleich die Effizienz auf dem Klinikgelände steigern.

Ermöglicht wurde die Anschaffung durch eine Kooperation mit der Firma Sprotten-Werbung. Diese organisiert die Finanzierung des E-Cargobikes durch 18 regionale Sponsoren, deren Logos auf dem Fahrzeug sichtbar sind. Das Bike bleibt im Besitz der Firma, während die Service Stern Nord, eine Tochtergesellschaft des UKSH, das Fahrzeug betreibt. „Mit dem Einsatz des E-Cargobikes unterstreichen wir unsere Verantwortung für nachhaltiges Wirtschaften und setzen ein sichtbares Zeichen für den Klimaschutz“, sagt Peter Pansegrau, Geschäftsführer von Service Stern Nord. Auch für den Campus Lübeck wird derzeit geprüft, ob ein Bike des gleichen Modells in die Logistik integriert werden kann.

Das Bike, ein Modell des Typs Antric ONE, bietet ein Ladevolumen von 2,2 cbm



Gemeinsam für Nachhaltigkeit: Das neue E-Cargobike des UKSH, umrahmt von Vertretern des UKSH, der Service Stern Nord, der Sprotten-Werbung und der engagierten Sponsoren.

und kann bis zu 291 kg transportieren. Mit seiner elektrischen Unterstützung bis 25 km/h und einer Reichweite von 50 km mit vollständig geladenen Akkus ermöglicht es eine emissionsfreie Beförderung von Gütern auf dem Campus. Die Ausstattung umfasst moderne Sicherheitsmerkmale wie

hydraulische Bremsen, eine Rückfahrkamera und LED-Beleuchtung. Hergestellt wird das Antric ONE von der deutschen Firma Antric, die 2020 als Ausgründung der Hochschule Bochum entstand und sich auf die Entwicklung innovativer Lastenräder spezialisiert hat. ■ | www.uksh.de |

Erweiterung und Sanierung

Das Krankenhaus Martha-Maria Nürnberg steht vor einer bedeutenden Erweiterung und Sanierung. Sweco wurde beauftragt, die baulichen Maßnahmen zu planen und umzusetzen und übernimmt die Objektplanung Architektur in den Leistungsphasen 1-9 sowie die Innenraumgestaltung. Ziel ist es, die medizinische Versorgung durch modernste Infrastruktur und innovative architektonische Lösungen auf ein neues Niveau zu heben.

Intelligente Raumkonzepte

Das Krankenhaus Martha-Maria Nürnberg und das St. Theresienkrankenhaus haben

sich 2024 zusammengeschlossen. Diese Fusion erfordert eine umfassende bauliche Sanierung und Erweiterung des Standorts Martha-Maria, um alle Fachabteilungen an einem Ort zu vereinen. Zu den geplanten Abteilungen gehören u.a. die Kliniken für Orthopädie, Unfallchirurgie, Urologie, Frauenheilkunde und Geburtshilfe sowie die Kliniken für Akutgeriatrie, allgemeine Innere Medizin, Radiologie, Anästhesiologie und Intensivmedizin.

Über eine Schwachstellenanalyse und Machbarkeitsstudie wurde eine Zielplanung für die neuen baulichen Strukturen entwickelt. Diese sieht vor, einen Großteil der nach der Fusion benötigten Nutzflä-

chen in neu zu errichtenden Baukörpern abzubilden. Durch modernste Technologien und intelligente Raumkonzepte werden die vorhandenen Flächen optimal genutzt. Aktuell ist geplant, die Flächen in zwei Bauabschnitte aufzuteilen. Das traditionsreiche Nürnberger Krankenhaus im Wald erhält damit eine neue und moderne Identität mit Räumen, in denen Menschlichkeit und Fürsorge gelebt werden können.

Heilungsförderndes Design

„Unser übergeordnetes Ziel für das neue Krankenhaus Martha-Maria ist es, ein

neues, positives und zeitloses Erscheinungsbild mit einer heilungsfördernden Umgebung zu entwickeln. Dazu zählt eine sensible Einbettung in den bestehenden Campus unter respektvollem Umgang mit der zentralen Kirche, die Einbeziehung der Bestandsbauten und eine angemessene Architektursprache. Blickbeziehungen in die Natur sollen den Innenraum strukturieren, Orientierung bieten und so das Wohlbefinden von Patienten, Besuchern und Personal verbessern“, sagt Claudia Specht, Architektin und Projektleiterin bei Sweco in München. ■

| www.sweco-gmbh.de |

ADVERTORIAL

Kautschuk am Boden und der Wand



Ästhetik und Funktion perfekt kombiniert – Noraplan Wall Wandbeläge.

Für eine durchgängig harmonische Optik – Nora erweitert sein Bodenbelagsportfolio um Wandbeläge aus Kautschuk. Durch die Verbindung von Boden und Wand entsteht ein ebenso einheitliches wie ästhetisches Raumgefühl. Der zwei Millimeter dicke Kautschukbelag Noraplan Wall ist in verschiedenen Designs erhältlich und zeichnet sich durch eine hohe Stoß-, Abrieb- und Kratzfestigkeit aus. So bleiben die Wände über lange Zeit in gutem Zustand, ohne regelmäßig renoviert werden zu müssen.

Stilvolle Gestaltung mit Mehrwert

„Mit den Noraplan Wandbelägen können unsere Kunden dank der vielfältigen Design- und Farbauswahl individuelle Raumkonzepte realisieren“, so Bettina Haffelder, Vice President DACH Nora. „In Kombination mit der bewährten Nora Funktionalität bietet Noraplan Wall die ideale Lösung für den Schutz und die stilvolle Gestaltung von Wandflächen.“

Hygienisch und langlebig

Die Wandbeläge punkten nicht nur durch ihr attraktives Design, sondern auch durch

ihre hygienischen Eigenschaften und die geringen Unterhaltskosten: Die robuste, einfach zu reinigende Oberfläche reduziert den Pflegeaufwand im Vergleich zu Tapeten oder verputzten Wänden erheblich. Zudem sind die Noraplan Wall Beläge vollständig desinfizierbar und beständig gegen Hand- und Flächendesinfektionsmittel gemäß VAH- und RKI-Liste. Ein weiterer Vorteil ist ihre Umweltverträglichkeit: Die Wandbeläge sind frei von PVC, chlorhaltigen Polymeren sowie Phthalat-Weichmachern und tragen das Umweltzeichen „Blauer Engel“. Darüber hinaus erfüllen sie die Anforderungen der EN 15102 und entsprechen der Brandklasse E nach EN 13501-1. Für eine erfolgreiche Verlegung muss der Wanduntergrund sauber, trocken und frei von Rissen oder Unebenheiten sein. Für einen harmonischen Übergang von Wand und Boden durch saubere und stabile Anschlüsse an Türen und Fliesen sorgt Nora Fugenmasse.

Raumgestaltung aus einer Hand – mit ästhetischen, funktionalen und ökologischen Vorteilen sind Noraplan Wandbeläge die ideale Lösung für ganzheitliche Designkonzepte. ■

| www.nora.com |



Ästhetik und Funktion perfekt kombiniert – Noraplan Wall Wandbeläge in der Kita Hucky Bucky.

Active Aging & Mobilität im Alter

Die Lebenserwartung steigt, doch mit dem Alter wächst auch die Herausforderung, aktiv und selbstständig zu bleiben. Studien zeigen, dass regelmäßige Bewegung das Risiko für Stürze um bis zu 30% reduzieren kann, während Musiktherapie kognitive Funktionen stärkt und Depressionen vorbeugt. In der Geriatrie des Helios Klinikums Emil von Behring sind interdisziplinäre Teams und ganzheitliche Behandlungskonzepte im Einsatz, um Patienten ein selbstbestimmtes Leben zu ermöglichen. Unter dem Motto „Mit 70+ noch fit – Warum Bewegung und Musik die beste Medizin sind“ wurden am 26. und 29. März im Pop-up-Store „Hallo Behring“ im Einkaufszentrum „Das Schloss“ in Berlin-

Zehlendorf die vielfältigen Therapieangebote der Klinik für Geriatrie präsentiert. In interaktiven Workshops wurde gezeigt, wie gezielte Programme aus Musik-, Physio- und Ergotherapie dabei helfen, die Lebensqualität und Selbstständigkeit zu erhalten. „Hallo Behring“ schafft eine offene und einladende Atmosphäre, in der sich Interessierte nicht nur über medizinische Themen informieren können, sondern auch direkten Zugang zum Pflegerecruiting-Team erhalten. Dabei stehen dort Experten jederzeit für persönliche Gespräche bereit – sei es zu Karrierechancen, Ausbildungsprogrammen oder den vielfältigen Möglichkeiten einer Tätigkeit im Gesundheitsbereich. ■

| www.helios-gesundheit.de/berlin-behring |

Vielseitige Zutrittslösungen

salto**systems**.de

Mehr Kostensicherheit bei Sanierungsprojekten

Neu bauen oder instand setzen und modernisieren? Seit die Kosten in der Pflege rasant gestiegen sind, entscheiden sich viele Senioreneinrichtungen für eine Sanierung. Doch auch hier stellt sich die Frage, wie Bedarf und Finanzierung gut unter einen Hut gebracht werden können. Gemeinsam mit exklusiven Netzwerkpartnern aus dem Bauprojektmanagement unterstützt Wibu ObjektPlus die Leitungen von Einrichtungen im Pflegemarkt mit ganzheitlicher Beratung und umfassender Expertise.

Lange bevor der Architekt mit seiner Arbeit beginnt, sind elementare Punkte zu klären: Was brauchen wir? Was kommt auf uns zu? Und wie kann die Sanierung im laufenden Betrieb funktionieren? Diese Phase Null ist für die solide Vorbereitung eines Sanierungsprojekts unabdingbar und muss mit eingeplant werden.

Kostensicherheit nur mit tragfähiger Planungsgrundlage

Eine Sanierung so zu planen, dass die Kosten nicht aus dem Ruder laufen, erfordert spezielle Kenntnisse – und eine gute Planungsgrundlage. Um diese zu schaffen, sind einige wichtige Schritte nötig, die auch in der Phase 0 zusammengefasst werden, wie eine Machbarkeitsstudie und das Erzielen aktueller Förderprogramme.

Aus zahlreichen Projektbegleitungen kennen die spezialisierten Sanierungspartner aus dem Wibu Netzwerk den gesamten Planungsablauf. So können Pflegeeinrichtungen auf dem Weg zu einer Bedarfsermittlung mit solider Kosteneinschätzung umfassend unterstützt und von der ersten Ideenphase bis zur Abstimmung mit Behörden und Banken begleitet wer-

den. Auch das Projektmanagement für die Möblierung ist eine wichtige Aufgabe. Hier kann das Unternehmen von der Koordination der Lieferanten bis zur Abstimmung

Wibu Expertentag „Kosteneffizienz bei Sanierungsprojekten“

Zur Einführung in das komplexe Sanierungsthema veranstaltet Wibu ObjektPlus eintägige, regionale Expertentage. Referenten mit langjähriger, tiefgreifender Expertise im Pflege- und Baumanagement vermitteln einen intensiven, praxisnahen Überblick im kleinen Kreis. Vor allem aber erhalten die Teilnehmer konkrete Aussagen und Anleitungen, wie sie die Kosteneffizienz- und Kostensicherheit von Sanierungsprojekten sicherstellen können. | www.wibu.care/sanierung |

| www.wibu.care/sanierung |

Arzneimittelsicherheit wird weiter ausgebaut

Das Universitätsklinikum Würzburg nahm vor etwa fünf Monaten den Neubau für die Klinikapotheke in Betrieb. Seitdem sind verschiedene aseptische Herstellungsbereiche der Apotheke an einem Standort zusammengeführt.

Gemeinsam investierten das UKW und der Freistaat Bayern rund 20 Mio. € in den Neubau und die nötige Ausstattung der Klinikapotheke. Der Neubau auf dem „Luitpold-Campus“ des UKW umfasst zwei Geschosse, eine Techniketage und hat eine Bruttogrundfläche von etwa 1.900 qm. Das UKW errichtete den Neubau in Eigenregie.

Gemäß Terminplan in Betrieb gegangen

In dem Gebäude werden u.a. patienten-individuelle Ernährungslösungen und Zytostatika, also Arzneimittel die etwa bei einer Krebstherapie eingesetzt werden, hergestellt. „Damit verfügen wir über optimale räumliche Voraussetzungen auf dem neuesten Stand der Technik. Davon profitieren unsere Patientinnen und Patienten unmittelbar“, so Prof. Dr. Stefan Frantz, stellvertretender Ärztlicher Direktor der Würzburger Uniklinik.

Das Projekt wurde durch den Geschäftsbereich „Technik und Bau“ des UKW entwickelt und umgesetzt. Im August 2022 starteten die Bauarbeiten in Modulbauweise. Insgesamt waren für den Neubau 44 vorgefertigte Bauelemente nötig. Das Besondere: Die grundlegende Ausstattung für die hochspezialisierten Arbeitsbereiche



Mit dem „Unit-Dose“-System erhalten Patienten des UKW individuell ihre Arzneimittel in kleinen abgepackten Tütchen. Erst nach der pharmazeutischen Prüfung und Freigabe startet die Abgabe.

war bereits montiert, das ermöglichte die schnelle Bauphase. Ende 2023 konnten die Bauarbeiten abgeschlossen werden. Darauf folgten vor dem Start der Produktion zunächst ein intensiver Probetrieb und entsprechende Qualitätsprüfungen und behördliche Freigaben des Neubaus. Bereits im Sommer 2024 konnte dann schrittweise der Betrieb in dem Neubau gemäß Terminplan aufgenommen werden.

Unit Dose-Versorgung erfolgreich gestartet

Mit der Inbetriebnahme konnte das UKW als zweite Klinik in Bayern überhaupt ein vollautomatisches Verpackungs- und Ausgabesystem für die Medikamentenversorgung auf den Stationen einführen. Mit dem neuen „Unit-Dose“-System erhalten Patienten individuell ihre Arzneimittel

in kleinen abgepackten Tütchen. Aktuell sind bereits zwölf Stationen angeschlossen, weitere Stationen folgen etappenweise in den kommenden Monaten. Derzeit werden wöchentlich über 20.000 Medikationstüchen produziert.

Dr. Mareike Kunkel, Leiterin der Apotheke am UKW, erklärt den Ablauf: „Bei der Unit Dose-Versorgung werden Tabletten, Kapseln oder Dragees mithilfe eines Automaten individuell für jede Patientin und jeden Patienten hygienisch und sicher in kleine Tütchen verpackt, beschriftet und anschließend elektronisch durch einen Datenbankabgleich kontrolliert. Diese Tütchen werden dann durch die Pflegefachkräfte auf den Stationen verteilt.“. Das bisherige Zusammenstellen der Medikation durch den Pflegedienst auf den Stationen entfällt daher künftig zu einem Großteil.

Auf den Unit-Dose-Tütchen ist ersichtlich, für welchen Tag und welche Tageszeit bzw. welchen Einnahmezeitpunkt das Arzneimittel gedacht ist. Zusätzlich finden sich weitere Informationen auf den Tütchen, wie etwa der Name und das Geburtsdatum des Patienten, die Anzahl der enthaltenen Tabletten oder ggf. weitere Hinweise zur Einnahme des Medikamentes. Aktuell können bis zu 750 feste orale Arzneimittel in die Unit-Dose-Versorgung am UKW integriert werden. Erst nach der pharmazeutischen Prüfung und Freigabe startet die automatische Abgabe in die Tütchen.

Parenterale Krebsmedikamente zentral zubereiten

Im Neubau ist auch der klinikeigene Produktionsbereich für Zytostatika, also spezielle Medikamente für eine Krebsbehandlung, integriert. Über 62.000 dieser Infusionslösungen werden hier jährlich zubereitet. „Damit leistet die Klinikapotheke einen enorm wichtigen Beitrag für die hochmoderne Krebstherapie am UKW. Mit dem Neubau sind wir zudem auch sehr gut aufgestellt für die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet, etwa in der Zubereitung von speziellen Arzneimitteln für neuartige Therapien. Die UKW-Apotheke ist daher von großer Bedeutung für die künftige Innovationskraft bei der Medikamentenversorgung am UKW“, so Philip Rieger, Kaufmännischer Direktor der unterfränkischen Uniklinik. Ein Beispiel hier seien z.B. Zelltherapeutika, so Kunkel.

In der UKW-Klinikapotheke arbeiten fast 90 Menschen an zwei Standorten. 25 davon sind Apotheker, ein Großteil des übrigen Personals sind pharmazeutisch-technische Assistenten. ■

| www.ukw.de |

Labor&Diagnostik

Point-of-Care-Testing für mehr Effizienz

Deutschlands Krankenhäuser stehen vor enormen Herausforderungen. Point-of-Care-Testing ermöglicht mehr Effizienz im Krankenhaus und bietet neue Chancen im ambulanten Bereich.

Dr. Martin Walger, VDGH - Verband der Diagnostica-Industrie, Berlin

Zunehmender Fachkräftemangel, demografischer Wandel, chronische Unterfinanzierung und unsichere Planungsgrundlagen setzen die Kliniken unter Druck. Die Deutsche Krankenhausgesellschaft berichtet, dass 80 % der Krankenhäuser im zurückliegenden Jahr ein negatives Finanzergebnis ausweisen. Ein kalter Strukturwandel wird befürchtet. Das Krankenhausversorgungsverbesserungsgesetz (KHVVG), von der Ampelkoalition noch durchgesetzt und am 12. Dezember 2024 in Kraft getreten, ist an Komplexität kaum zu überbieten. Die Auswirkungen des Gesetzes werden erst dann klarer erkennbar sein, wenn die Rechtsverordnungen zur weiteren Konkretisierung und Umsetzung – beginnend mit der Krankenhausstrukturförderungsfonds-Verordnung – verabschiedet sind.

Als übergeordnete Ziele werden im Kontext des KHVVG die Verbesserung der Versorgungsqualität im Krankenhaus, eine Reform der Vergütungsstrukturen und die Stärkung sektorenübergreifender Versorgung genannt. Schnelle und präzise Diagnosen sind maßgeblich für die Wahl der richtigen Therapie und für den Behandlungserfolg. Darüber hinaus sind sie ein entscheidender Faktor, um Versorgungsabläufe zu steuern und zu optimieren. Dies gilt für Abläufe innerhalb des Krankenhauses genauso wie für die Schnittstellen zwischen der Klinik und vor- bzw. nachgelagerten Gesundheitsversorgern. Eine zentrale Rolle spielt hierbei das Point-of-Care-Testing (POCT), das patientennahe Diagnostik ermöglicht und Abläufe in Kliniken nachhaltig verbessern kann. Mit der unmittelbaren Verfügbarkeit von



Dr. Martin Walger, Geschäftsführer des Verbands der Diagnostica-Industrie

Messergebnissen können Therapieoptionen direkt gewählt werden. Darüber hinaus fördert POCT auch neue Versorgungsoptionen, bei denen die sektorenübergreifende Versorgung noch stärker Hand in Hand geht.

Schnelle Diagnosen

Point-of-Care-Testing, auch als patientennahe Sofortdiagnostik bezeichnet, umfasst labordiagnostische Verfahren, die in unmittelbarer Nähe zum Patienten durchgeführt werden. Sie zeichnen sich durch eine besonders kurze Zeitspanne zwischen der Anforderung des Tests und dem Erhalt des Ergebnisses („Turnaround Time“) aus, denn Zwischenschritte wie die Probenvorbereitung, Probentransport, Annahme im Labor, Befundübermittlung sind stark vereinfacht oder können ganz entfallen. Das Ergebnis liegt innerhalb weniger Minuten vor, so dass diagnostische und therapeutische Konsequenzen unmittelbar abgeleitet werden können. Dabei grenzt sich POCT klar von Selbsttests ab, die von Laien durchgeführt werden. POCT wird von Angehörigen der Gesundheitsberufe durchgeführt („professional use“), außerhalb eines Zentral- oder



Satellitenlaboratoriums, aber gleichwohl klaren Regulierungen und Qualitätsanforderungen unterliegend.

Seinen Ursprung und eine überragende Bedeutung hat das POCT im stationären Bereich und zwar dort, wo jede Minute zählt. In der Anästhesie, in der Intensivmedizin, in der Notaufnahme und im OP hat die patientennahe Sofortdiagnostik ihren Ursprung. Die Bestimmung von Laborparametern ist hier in der Regel besonders dringlich. Eine wichtige Rolle spielt das POCT auch bei der Überwachung von (Vital-)Parametern bei Operationen und danach sowie bei der Verlaufs- und Therapiekontrolle am Patientenbett. Auch bei der Erkennung und Eindämmung von Infektionen, etwa durch mikrobiologische Schnelltests, hat sich POCT als unverzichtbar erwiesen.

Ein kürzlich veröffentlichtes Whitepaper des VDGH beschreibt, wie das Point-of-Care-Testing Klinikabläufe nachhaltig verbessern kann, indem klinische Entscheidungen beschleunigt und Patientensicherheit erhöht wird. Gleichzeitig können erhebliche Kosten eingespart werden, indem stationäre Aufnahmen auf das Notwendige begrenzt bleiben und der Aufenthalt in der Notauf-

nahme fokussiert erfolgt. Zu dem zuletzt genannten Effekt trägt bei, wenn der Rettungsdienst entsprechend ausgestattet ist und eine präklinisches POCT die Notfallanalytik im Krankenhaus entlastet. Das Potential von POCT wird derzeit allerdings nicht voll ausgeschöpft, da regulatorische Rahmenbedingungen – insbesondere im Hinblick auf Qualitätssicherung, Dokumentation und die Vorgaben der europäischen IVD-Verordnung – noch nicht ausreichend auf den wachsenden Einsatz des POCT zugeschnitten sind.

Erfolgsfaktoren für den Klinikalltag

Drei wesentliche Faktoren bestimmen den Erfolg von POCT im Klinikalltag: geschultes Personal, technische Infrastruktur und die nahtlose Integration in bestehende Krankenhausinformationssysteme. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologien – geprägt von Miniaturisierung und Digitalisierung – macht es heute einfacher denn je, POCT effizient einzusetzen. Moderne Geräte zeichnen sich durch intuitive Bedienbarkeit und unkomplizierte Schnittstellenanbindung aus. Dadurch sinkt nicht nur die

Fehlerquote bei der Datenübertragung, sondern auch der Schulungsbedarf des medizinischen Personals. Aus ökonomischer Sicht sind zwar Anfangsinvestitionen in Geräte und Schulungen erforderlich, langfristig überwiegen jedoch eindeutig die Vorteile: Einsparungen bei den Personalkapazitäten, effizientere Abläufe und eine Entlastung der Zentrallabore rechtfertigen die anfänglichen Kosten bei weitem. Zudem wird das Krankenhauspersonal von administrativen Tätigkeiten entlastet, da z. B. der Probentransport entfällt. Dies ermöglicht es den Ärzten und Pflegekräften, sich stärker auf die direkte Patientenbetreuung zu konzentrieren.

Neben dem Einsatz in Kliniken bietet POCT auch im ambulanten Bereich große Chancen. Gerade Haus- und Facharztpraxen, medizinische Versorgungszentren und Apotheken profitieren von schnellen diagnostischen Ergebnissen direkt vor Ort. Dies ermöglicht eine zielgerichtete Versorgung, reduziert unnötige Überweisungen und hilft, Patientenströme besser zu lenken. Gerade vor dem Hintergrund der jüngsten Laborreform, die ambulante labordiagnostische Leistungen stark reglementiert, bietet es eine sinnvolle Alternative. Ein Umbau der

Vergütungsstrukturen könnte helfen, POCT stärker im ambulanten Sektor zu verankern und seine Vorteile flächendeckend verfügbar zu machen.

Die Digitalisierung als Treiber

Der technologische Fortschritt durch die Digitalisierung eröffnet neue Dimensionen für das POCT. Vernetzte Geräte, die in digitale Infrastrukturen eingebunden sind, ermöglichen eine noch effizientere Nutzung diagnostischer Daten. Diese lassen sich direkt in elektronische Patientenakten integrieren, was die Kommunikation zwischen ambulanten und stationären Bereichen verbessert und den Therapieerfolg optimiert. Die zunehmende Integration künstlicher Intelligenz könnte zudem helfen, Diagnosen weiter zu präzisieren und die Behandlung weiter zu verbessern.

Ein weiterer Vorteil der Digitalisierung ist die Möglichkeit, Testergebnisse direkt für epidemiologische Analysen zu nutzen. So könnten Gesundheitsämter schneller über Krankheitsausbrüche informiert und gezielte Maßnahmen ergriffen werden. Auch die personalisierte Medizin könnte durch den Einsatz smarter POCT-Geräte weiter vorangetrieben werden, indem individuelle Risikofaktoren und Krankheitsverläufe besser erfasst und ausgewertet werden können.

Point-of-Care-Testing stellt eine Innovation für das moderne Krankenhausmanagement dar und bietet gleichzeitig große Chancen für eine ganzheitliche Versorgungslandschaft. Kurzfristig bedeutet POCT eine Entlastung der Kliniken und Zentrallabore, langfristig steht es für eine effiziente, ressourcenschonende und patientenfreundliche Gesundheitsversorgung. Um die Potenziale auszuschöpfen, setzt sich der VDGH als Industrieverband für die Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen für diese richtungsweisende Entwicklung der Labordiagnostik ein. Die im VDGH vertretenen Hersteller stehen den Kliniken dabei beratend und unterstützend zur Seite. ■

| www.vdgh.de |

Vollautomatisierter Proteinnachweis mit Lab-on-Chip-System

Eine Analyseplattform zur automatisierten und effizienten Antigenmessung eignet sich für vielseitige Anwendungen – von der Lebensmittelanalytik bis zur klinischen Diagnostik.

M.Sc. Benedict Martens, Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme, Mainz

Das Konzept der personalisierten Medizin hat sich in den letzten Jahrzehnten stark weiterentwickelt und bietet nun die Möglichkeit, Therapien auf die spezifischen Umstände und Bedürfnisse eines Patienten abzustimmen. Ein zentraler Aspekt dabei ist die Verwendung von Biomarkern. Diese sind messbare Indikatoren biologischer Prozesse, die als Referenz für Krankheitszustände dienen. Sie können helfen, Erkrankungen frühzeitig zu diagnostizieren, den Krankheitsverlauf vorherzusagen und die Therapie zu überwachen. Proteine stellen eine wesentliche Gruppe von diagnostischen Biomarkern dar. Für deren Nachweis gibt es eine Reihe von Analyseformen. Dazu gehören chemische und spektroskopische Verfahren sowie immunologische Methoden wie der Enzyme-linked-immunosorbent Assay (ELISA). Diese sind präzise, erfordern jedoch spezialisierte Ausrüstung und müssen von Fachpersonal durchgeführt werden, sodass die Durchführung betreffender Analysen in spezifisch ausgelegten Laboren einschließlich damit verbundener Verzögerungen unumgänglich ist.

Ein Ansatz, der eine flexiblere Testung erlaubt, sind einfach zu bedienende und schnelle immunologische Verfahren wie der Lateral-Flow-Test. Dieser ist allerdings nicht so sensitiv wie andere Verfahren und

schlägt erst bei erhöhten Proteinkonzentrationen an. Das ist insbesondere im Hinblick auf diagnostische Anwendungen kritisch, da eine Erkennung früher Stadien einer Krankheit oft nur schwer möglich ist und die aus falsch-negativen Ergebnissen abgeleiteten Konsequenzen folgeschwer sein können. Aus diesem Grund ist es weiterhin wichtig, nach einfach zu bedienenden, schnellen und sensitiven Lösungen für den Nachweis von Proteinen zu suchen.

Hier setzt das vom BMBF geförderte Projekt PhoTox an und entwickelt eine innovative Lösung: eine vollautomatische Analyseplattform, die den Chemilumineszenz-Immunoassay (CLIA) zuverlässig und voll automatisch durchführt. Der CLIA ermöglicht eine selektive und sensitive Proteindetektion, da er Licht direkt misst, anstatt sich auf eine visuelle Beurteilung oder die Extinktionsmessung wie bei ELISAs zu stützen. Dadurch wird eine deutlich höhere Empfindlichkeit erreicht. Die Pilotanwendung des PhoTox-Projekts konzentriert sich auf den Nachweis von bakteriellen Toxinen in Lebensmitteln. Auch für Lebensmitteltoxine gilt, dass derzeitige Methoden zur Erkennung zeitaufwendig sind und eine komplexe Laborinfrastruktur erfordern. Die im Verbund aus Industrie und akademischer Forschung im Projekt erarbeitete vollautomatische Analyseplattform bietet eine anwendungsübergreifende, effiziente und zuverlässige Lösung für dieses Problem.

Das Herzstück der im Rahmen des PhoTox-Projekts erarbeiteten Analyseplattform ist ein mikrofluidischer Chip, welcher am Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme entwickelt wurde. Dieser ist ein „Lab-on-a-Chip“, ein miniaturisiertes Labor auf einem einzigen Chip, das verschiedene Laborfunktionen ausführen kann. Dies ermöglicht die Analyse von flüssigen

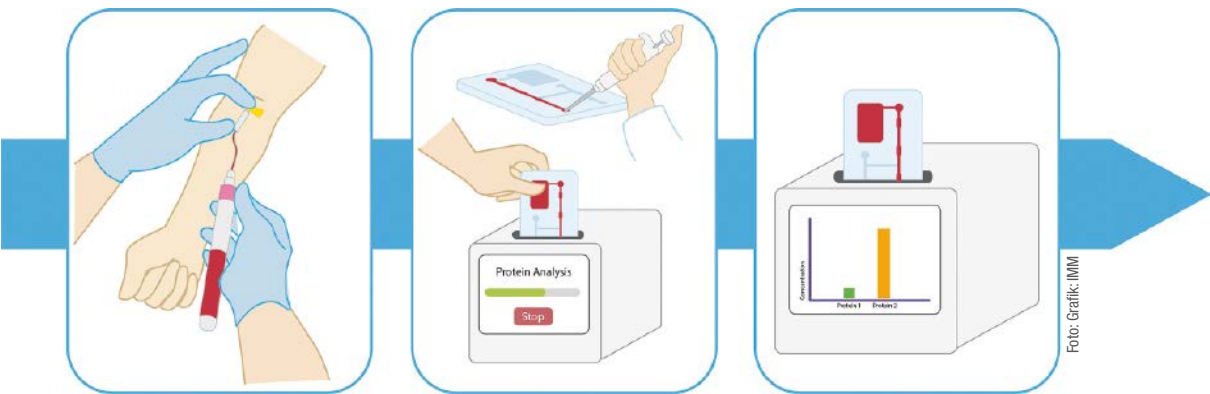


Abb. 1: Ablauf einer Proteinanalyse aus venösem Vollblut. Die Überführung der Probe in den mikrofluidischen Chip stellt den einzigen manuellen Arbeitsschritt dar. Anschließend wird die Analyse vollautomatisch mit der Analyse-Plattform durchgeführt.

Proben auf Proteine mittels eines CLIA. Der Ablauf eines Sandwich-CLIA ist ein mehrstufiger Prozess, der in Abb. 2 schematisch für eine Analyse in einem Mikrokanal dargestellt ist. Ein auf der Oberfläche der Detektionszone immobilisierter Antikörper bindet spezifisch das Antigen aus der Probe. Danach bindet ein zweiter Antikörper, der sekundäre Antikörper, an das Antigen. Dieser ist mit einem Enzym konjugiert, welches Luminol umsetzen und dabei Licht

emittieren kann. Dies stellt zugleich den letzten Schritt des Assays dar. Integrierte Waschschritte erhöhen die Spezifität der Reaktion zusätzlich. Der Chip enthält bereits alle für den Test erforderlichen Reagenzien, einschließlich Sekundärantikörper, Waschpuffer und Luminol. Der Chip des Fraunhofer IMM ist universell für flüssige Proben unterschiedlichster Beschaffenheit ausgelegt, sodass er unabhängig von den physikochemischen Eigenschaften, wie

zum Beispiel dem Benetzungsgrad, funktioniert. Durch die Miniaturisierung können die eingesetzten Reagenzien reduziert und Kosten gespart werden. Darüber hinaus ist die Kartusche so konzipiert, dass sie leicht zu handhaben ist, was wiederum die Zeiten für Einarbeitung und Bedienung minimiert. Dies ist besonders wichtig in Zeiten von Personalmangel und trägt dazu bei, den Druck auf Fachkräfte zu verringern und schnelle Analyseergebnisse zu gewährleisten.

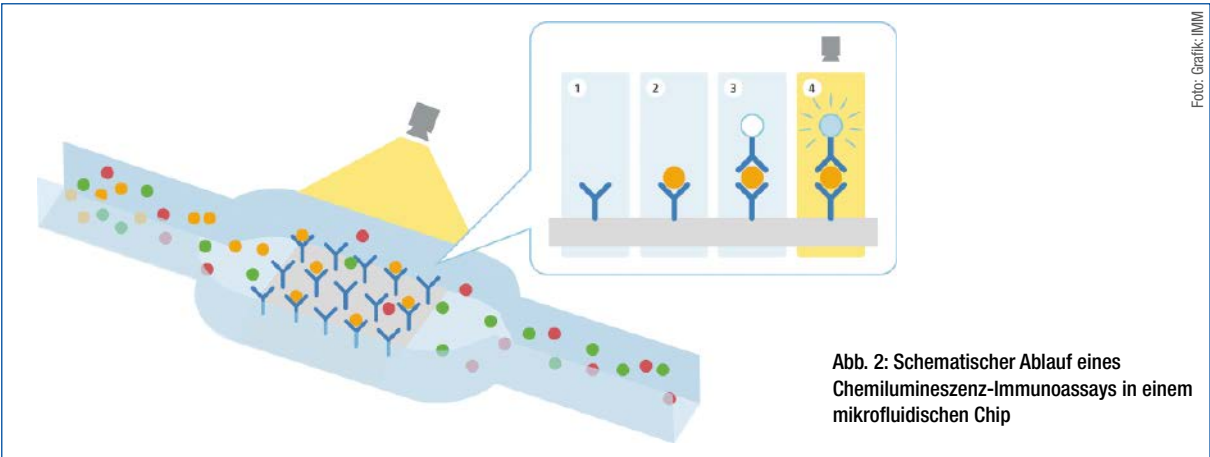


Abb. 2: Schematischer Ablauf eines Chemilumineszenz-Immunoassays in einem mikrofluidischen Chip

Assayintegration ohne Grenzen

Dank des Plattform-Charakters des Analyse-systems ist die universelle Übertragbarkeit auf andere Anwendungen, z. B. die Diagnostik, gegeben. Die Vielseitigkeit des Chips ermöglicht die Untersuchung einer Vielzahl von Analyten, wie Toxine oder Biomarker, in einer einzigen Kartusche. Dies erhöht die Flexibilität des Systems und ermöglicht es, effizient auf unterschiedliche Anforderungen zu reagieren, sei es in der Lebensmittelanalytik oder in der klinischen Diagnostik.

In der nächsten Entwicklungsphase wird die Integration medizinischer Anwendungen in Zusammenarbeit mit interessierten Partnern aus Klinik und Industrie angestrebt. Die Analyse-Plattform könnte zur schnellen und automatisierten Detektion von wichtigen Biomarkern in Notfallsituationen verwendet werden, z. B. zur Bestimmung von C-reaktivem Protein, Troponin und Myoglobin bei kardiologischen Notfällen oder Procalcitonin bei Verdacht auf einen septischen Schock. Die Automatisierung der Proteinanalyse hat auch das Potential, die Effizienz der Patientenversorgung zu verbessern. Durch die Verkürzung der Zeit bis zur Diagnose können sowohl Besuche bei niedergelassenen Ärzten, als auch das Management in stationären Einrichtungen, effektiver gestaltet und therapeutische Maßnahmen schneller eingeleitet werden. In Notfallsituationen ist dies von entscheidender Bedeutung, um die besten Ergebnisse für die Patienten zu gewährleisten. Das Vorhaben wird gefördert durch das BMBF im Förderprogramm Photonik Forschung Deutschland („PhoTox“, FKZ 13N15836). ■

| www.imm.fraunhofer.de |

Das Post-Sepsis-Syndrom – Langzeitfolgen nach Sepsis

Ähnlich wie nach einer überstandenen COVID-19 Erkrankung (Long-COVID, Post-COVID) leiden auch Überlebende einer Sepsis oftmals an Langzeitfolgen.

Priv.-Doz. Dr. Matthias Gründling, Klinik für Anästhesie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin, Universitätsmedizin Greifswald, Priv.-Doz. Dr. Carolin Fleischmann-Struzek, Institut für Infektionsmedizin und Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum Jena und Julia Schiedermaier, Aying

Dieses Phänomen ist schon lange bekannt, jedoch bleibt es oft unbeachtet oder zu spät erkannt und therapiert. Die Langzeitfolgen nach überlebter Sepsis werden oftmals auch unter den Begrifflichkeiten Long-Sepsis oder Post-Sepsis-Syndrom zusammengefasst. Es gibt deutliche Überschneidungen zum Post-Intensive-Care-Syndrom (PICS), daher werden die beiden Begriffe oft subsummiert.

Die Sepsis und der damit verbundene notwendige Intensivaufenthalt ist eine Extremsituation für die Betroffenen und deren Familien: „Eine Krankenschwester wäscht einen ausgemergelten blassen Körper ... Die Hüftknochen ragen aus dem Becken wie zwei Elchschaufeln. Daneben liegt eine dünne adrige Hand. Wer ist das? ... und überall piepst es elektronisch. Legt man hier Leute zum Sterben hin? Ich weine. Die Düsterei kommt und zieht mich weg.“ (Anika Decker, Sepsisüberlebende und Drehbuchautorin: „Wir von der anderen Seite“, Roman).

Häufigkeit der Langzeitfolgen

Jährlich überleben in Deutschland ca. 250.000 Patienten eine Sepsis. Durch früheres Erkennen der Erkrankung, Qualitätsmanagement, verbesserte therapeutische Ansätze und die Zunahme der Sepsisfälle insgesamt, nimmt auch die Zahl der Überlebenden stetig zu. Die auftretenden Probleme gliedern sich in seelische (Angst, Anpassungsstörung, Posttraumatische Belastungsstörung, Depressionen), kognitive (Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Erfassungsgeschwindigkeit) und physische (Schmerz, Critical Illness Neuro-/Myopathie (CIP/CIM), Kachexie, Fatigue, Organdysfunktionen) Beeinträchtigungen, die individuell in unterschiedlicher Ausprägung bei den Patienten auftreten können (Abb. 1). Die Folgen schränken die Lebensqualität der Betroffenen erheblich ein, zudem kommt es häufig zur Notwendigkeit einer erneuten Hospitalisierung, anhaltender Erwerbsunfähigkeit und hohen Versorgungskosten. Im Rahmen des Innovationsfondsprojekts „SEPFROK“ fanden die Untersucher bei ¾ der Sepsis-Überlebenden neue Folgeerkrankungen und bei 32% eine neue Pflegebedürftigkeit im Jahr nach Sepsis. Bei 71% fanden sich neue medizinische Probleme, bei 19% neue kognitive Störungen und bei 18% neue psychologische Belastungen; neue Einschränkungen in diesen drei Bereichen überlappten zudem häufig.



Priv.-Doz. Dr. Matthias Gründling



Priv.-Doz. Dr. Carolin Fleischmann-Struzek



Sepsis-Überlebende Julia Schiedermaier

Ursachen und Risikofaktoren

Die Gründe für Langzeitfolgen sind vielschichtig. Es werden langanhaltende Störungen der Immunabwehr, zerebrale Inflammation und Minderperfusion, oxydativer Stress und andere Faktoren (zum Teil unbekannt) verantwortlich gemacht. Risikofaktoren sind ein höheres Alter mit vielen Nebenerkrankungen, für einzelne Folgen konnten darüber hinaus psychiatrische Vorerkrankungen, das weibliche Geschlecht, lange und invasive medizinische Prozeduren, ein durchgemachter Schock, ein besonders schwerer Verlauf, ein durchgemachtes Delir und Intensivaufenthalte mit einer langen Sedierungs- und Beatmungsdauer sowie langer Immobilisation als Risikofaktoren identifiziert werden.

Prävention auf der Intensivstation

Entsprechend der genannten Faktoren gilt es schon während der Intensivbehandlung Risiken möglichst zu minimieren. Dabei spielt die Aufklärung und Einbindung der Angehörigen in das Behandlungskonzept eine wichtige Rolle. Ein Intensivtagebuch, in dem Ereignisse während der akuten Phase der Erkrankung durch die Angehörigen und das medizinische Personal dokumentiert werden, kann hilfreich sein, das Erlebte besser zu verarbeiten. Folgende Aspekte dienen der Prophylaxe des Post-Sepsis-Syndroms:

- Vermeidung langer Sedierungs- und Beatmungszeiten;
- Reduktion störender Belastungen und Beachtung des Tag-Nacht-Rhythmus;
- Delirprophylaxe und Unterstützung bei der Reorientierung;
- Frühmobilisation, Physiotherapie und Logopädie;
- Psychologische Betreuung;
- Aktive Einbeziehung des Patienten in Visiten.

Ambulante Nachsorge

Für die Nachsorge nach überlebter Sepsis gibt es bisher keine strukturierten sektorenübergreifende Abläufe, so dass erhebliche Defizite in der optimalen Versorgung dieser Patienten nach der Intensivbehandlung bestehen. Bei der Entlassung von der Intensivstation sollten Patienten und Angehörige über das Krankheitsbild der Sepsis und Hilfeangebote informiert werden. So sollte das Entlassmanagement um einen laienverständlichen Patientenbrief ergänzt und Infomaterialien verteilt werden. Nach der akut stationären Behandlung sollte eine am jeweiligen Bedarf des Patienten orientierte Rehabilitation eingeleitet werden. Leider mangelt es aktuell noch an Reha-Angeboten, die der Komplexität des Krankheitsbildes gerecht werden. Oftmals erfolgt eine Rehabilitation daher nur mit Fokus auf einzelne Diagnosen, wie z.B. die der Amputation. Zudem sollte der Hausarzt durch Informationen über den Krankheitsverlauf und Besonderheiten nach einer Sepsis schon früh in die Weiterbehandlung involviert werden. Dabei ist es entscheidend, dass Patienten so früh wie möglich auf das Vorhandensein von Langzeitfolgen untersucht werden, um sie einer spezifischen Nachsorge zuzuführen. Bisher existieren in Deutschland nur wenige Ambulanzen für die Nachsorge nach Intensivstation (Post-Intensiv- oder PICS-Ambulanzen), die zukünftig in der Versorgung dieser Patienten eine wichtige Rolle spielen könnten. Aufgaben einer derartigen Ambulanz sind beispielhaft die interdisziplinäre Diagnostik intensivmedizinisch assoziierter Beeinträchtigungen, die Entwicklung individueller, multidisziplinärer Behandlungspläne, die Verordnung ambulanter Therapien und die psychosoziale Beratung. Darüber hinaus sollten chronische Erkrankungen der Betroffenen adäquat therapiert und Impfungen entsprechend Vorgaben der

Ständigen Impfkommission am Robert-Koch-Institut aufgefrischt oder vervollständigt werden, was einen Schutz vor erneuter Sepsis und Herz-Kreislaufkrankungen – beides häufige Gründe für Rehospitalisierungen nach Sepsis – bieten kann.

Familiäre Belastung

Nicht nur die Patienten selbst, auch deren Angehörigen befinden sich während der Akutphase der Erkrankung in einer extremen Belastungssituation. Auch nach der Intensivbehandlung, während der Rehabilitationsphase und darüber hinaus ergeben sich zahlreiche Besonderheiten, die eine besondere Belastung für die Familienangehörigen darstellen können. Zu den zahlreichen Aspekten zählen z.B. der Umgang mit neuen körperlichen Einschränkungen bis hin zur Pflegebedürftigkeit, nachlassende Leistungsfähigkeit und psychische Belastung, finanzielle Belastungen, neue Arbeitsunfähigkeit oder Berentung, neue Aufgabenverteilung innerhalb der Familie, veränderte Sexualität, Änderungen der gesellschaftlichen und sozialen Kontakte und Probleme mit Behörden, Versicherungen und Krankenkassen. Hinzu kommen Einschränkungen im Wohnumfeld durch mangelnde Barrierefreiheit (z.B. Türschwellen, Treppen, zu schmale Türen / Laufwege, keine ebenerdige Dusche etc.), die die körperliche, aber auch psychische Belastungssituation der Betroffenen und der pflegenden Angehörigen erhöhen. Dadurch können auch bei Angehörigen insbesondere psychische Folgen resultieren (PICS-Family), die einer entsprechenden therapeutischen Behandlung bedürfen. Mit der Deutschen Sepsis-Hilfe existiert eine Betroffenenvertretung, die Beratungen für Betroffene und deren Angehörige anbietet, eine Sepsishotline (0700 7377 4700) und Infomaterialien bereitstellt (www.sepsis-hilfe.org). Im Rahmen der vom Bundesministerium für Gesundheit geförderten

Kampagne #DeutschlandErkenntSepsis wurden Aufklärungsmaterialien erstellt und Hilfeangebote ausgeweitet. ■

Sepsis: Informationen für Patienten und Angehörige <https://sepsis-hilfe.org/de/unterstuetzung>



ADVERTORIAL

ePA kommt auch für die Laboratorien!



Herausforderungen und Chancen bietet die ePA-Einführung auch für die Labore. Gefordert ist eine Anpassung bestehender IT-Systeme und Prozesse, um einen nahtlosen und sicheren Datenaustausch zu gewährleisten. Dabei ist es essenziell, dass Laboratorien eng mit anderen Akteuren des Gesundheitssystems zusammenarbeiten, um Interoperabilität sicherzustellen. Vorteile: Durch die digitale Verfügbarkeit von Laborergebnissen können Doppeluntersuchungen vermieden und die Patientenversorgung verbessert werden. Zudem ermöglicht die ePA eine schnellere Kommunikation zwischen Laboren und behandelnden Ärzten, was insbesondere bei zeitkritischen Diagnosen von großer Bedeutung ist.

Eine Verbesserung der Versorgungsqualität und Patientensicherheit ist zu erwarten. => Fokusthema der DELAB-Fachtagung AKTIV!

Wichtige Termine zu Ihrer Unterstützung:
DELAB-Fachtagung AKTIV:
ePA – Status aktuell und next Steps für die Labore
22./23.05.2025 in Mainz
Programm und Anmeldeinfo finden Sie auf www.DELAB.de
Fachkräfte finden: www.LABOR-KARRIERE.de

IMPRESSUM

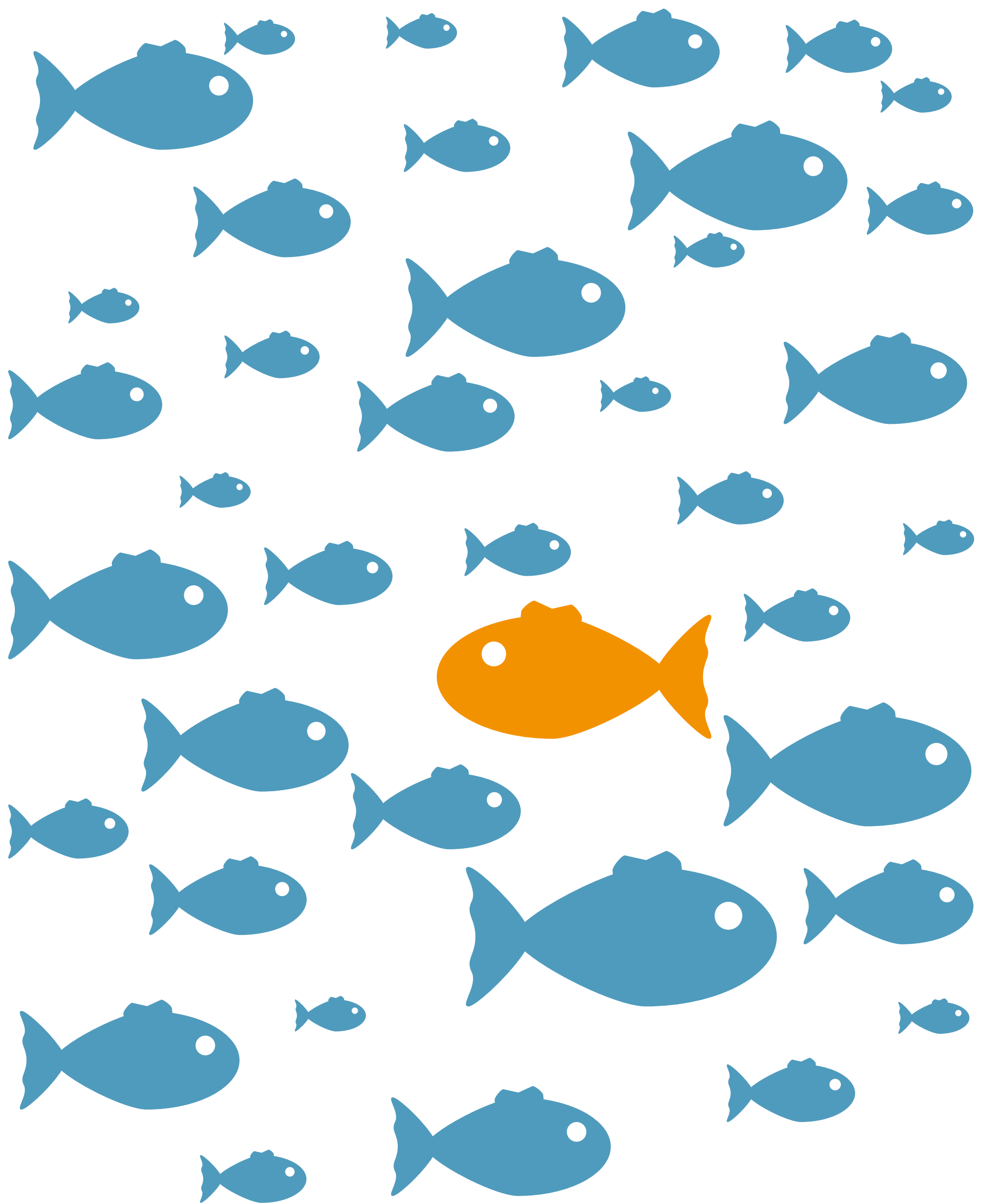
Herausgeber: Wiley-VCH GmbH Geschäftsführung: Dr. Guido F. Herrmann Directors: Dr. Katja Habermüller, Steffen Ebert Chefredakteurin/Produktmanagerin: Ulrike Hoffrichter M.A. (Gesundheitsökonomie, Gesundheitspolitik, Bauen, Einrichten & Versorgen) Tel.: 06201/606-723, uhoffrichter@wiley.com Redaktion: Dr. Julia Jessen (Labor & Diagnostik, Medizintechnik) Tel.: 06201/606-726, jessen@wiley.com Carmen Teutsch (Hygiene, IT & Kommunikation, Pharma) Tel.: 06201/606-238, cteutsch@wiley.com Freie Redakteure: Sonja Buske, Essen Nina Passoth, Berlin Dr. Lutz Retzlaff, Neuss Claudia Schneebecker, Saarouis Jana Schrader, Berlin Redaktionsassistent: Christiane Rothermel Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-790, mk@wiley.com Redaktion: mk@wiley.com Wiley GIT Leserservice 65344, 09 6123 9238 246 - Fax: +49 6123 9238 244 E-Mail: WileyGIT@vu-solutions.de Unser Service ist für Sie da von Montag bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr Anzeigenleitung: Bettina Willnow Tel.: 0172/399829, bwillnow@wiley.com Mediaberatung: Medizin & Technik, Hygiene, Labor & Diagnostik, Pharma Bettina Willnow Tel.: 0172/399829, bwillnow@wiley.com IT & Kommunikation, Bauen, Einrichten & Versorgen, Personal Dr. Michael Leising Tel.: 0173/5119517, mleising@wiley.com Anzeigenverteilung: Dr. Michael Leising Tel.: 0173/5119517, mleising@wiley.com	Herstellung: Jörg Stenger (Herstellung); Melanie Radtke (Anzeigenvermittlung); Oliver Haja (Satz, Layout); Ramona Scherich (Litho) Sonderdruck: Christiane Rothermel Tel.: 06201/606-746, crothermel@wiley.com Fachbeirat: Peter Bechtel, Bad Krozingen (Gesundheitspolitik + Management) Prof. Dr. Peter Haas, Dortmund; Prof. Dr. Roland Trill, Flensburg; Prof. Dr. H. Lemke, Berlin (IT - Kommunikation) Prof. Dr. M. Hansis, Karlsruhe (Medizin + Technik) Prof. Dr. Ansgar Berlis, Augsburg (Medizin + Technik) Dipl.-Ing. Gerd G. Fischer, Hamburg (Präventionsmanagement) Publishing Director: Steffen Ebert Wiley-VCH GmbH Boschstraße 12, 69469 Weinheim Konto-Nr. 6161517443 BLZ: 251 108 00 BIC: CHAS DE 33 IBAN: DE5501108006161517443 Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 37 vom 01.10.2024 2025 erscheinen 9 Ausgaben „Management & Krankenhaus“ 44. Jahrgang 2025 Auflage: siehe iwv geprüft I/VW Auflagenmeldung (I. Quartal 2025) Bankkonten J.P. Morgan AG, Frankfurt Konto-Nr. 6161517443 BLZ: 251 108 00 BIC: CHAS DE 33 IBAN: DE5501108006161517443 Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 37 vom 01.10.2024 2025 erscheinen 9 Ausgaben „Management & Krankenhaus“ 44. Jahrgang 2025 Auflage: siehe iwv geprüft I/VW Auflagenmeldung (I. Quartal 2025) Abonnement 2025: 9 Ausgaben 139,60 € zzgl. MwSt., incl. Versandkosten. Einzelheft 16,50 € zzgl. MwSt. + Versandkosten. Schüler und Studenten erhalten unter Vorlage einer gültigen Bescheinigung 50 % Rabatt. Abonnementbestellungen gelten bis auf Widerruf; Kündigungen 6 Wochen vor Jahresende. Abonnementbestellungen können innerhalb einer Woche schriftlich widerrufen werden, Versandreklamationen sind nur innerhalb von 4 Wochen nach Erscheinen möglich.	Im Rahmen ihrer Mitgliedschaft erhalten die Mitglieder der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, des VDGH, des Bundesverbandes Deutscher Pathologen e.V. sowie der DGKL und der DGKH diese Zeitung als Abonnement. Der Bezug der Zeitung ist für die Mitglieder durch die Zahlung des Mitgliedsbeitrags abgegolten. Originalarbeiten Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet. Für unangeforderte 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 & Co. KG Flomersheimer Straße 2-4, 67071 Ludwigshafen Printed in Germany ISSN 0176-055 X EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) Der Schutz von Daten ist uns wichtig: Sie erhalten die Zeitung M&K Management & Krankenhaus auf der gesetzlichen Grundlage von Artikel 6 Absatz 1 lit. f DSGVO („berechtigtes Interesse“). Wenn Sie diesen Zeitschriftentitel künftig jedoch nicht mehr von uns erhalten möchten, genügt eine kurze formlose Nachricht an Fax: 06123/9238-244 oder wileygit@vuser-service.de . Wir werden Ihre personenbezogenen Daten dann nicht mehr für diesen Zweck verarbeiten. Wir verarbeiten Ihre Daten gemäß den Bestimmungen der DSGVO. Weitere Infos dazu finden Sie auch unter unseren Datenschutzhinweis: http://www.wiley-vch.de/de/ueber-wiley/impressum#datenschutz Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Substantiven die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.
--	--	---

INDEX

i3 Membrane	18, 24	Fachhochschule Kiel	13	Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin	5	Stiftung DHG (Diabetes I Herz I Gefäße) in der Deutschen Diabetes Stiftung	4
Alb Fils Kliniken	11	Febromed	7, 8	Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts	5	Sweco	21
AOK Bundesverband	3	Fraunhofer-Gesellschaft	14	Medical School Hamburg	19	Technische Hochschule Deggendorf	13
Bank für Kirche und Diakonie	20	Fraunhofer IGD	14	Medizinische Hochschule Hannover	23	Telepaxx Medical Data	9, 10
Barmer	20	Fraunhofer-Institut für Mikroelektronik und Mikrosysteme	22	Narcoscience	4	Thomas-Vogl-Stiftungsfond	10
Bison Polymers	19	Goethe-Universität Frankfurt am Main	9	Narcotrend	4	Universitätsmedizin Frankfurt	10
Bosch Health Campus	15	Halle MR-Imaging Core Facility	12	Neoscan	12	Universitätsklinikum Freiburg	15
Business France	3, 14	HCMnetwork	3	Niedersächsisches Landesgesundheitsamt	16	Universitätsmedizin Greifswald	23
Chem. Fabrik Dr. Weigert	17	Helios Kliniken	21	Nora Systems	21	Universitätsmedizin Halle	12
Corti	2	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	5	Office of Healing Architecture	1	Universitätsklinikum Bonn	4, 5, 9
Dedalus HealthCare	11	Hochschule Koblenz/Remagen	6	Philips	12	Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden	16
Delab	23	Inspiring-health	19	Radiologie Initiative Bayern	10	Universitätsklinikum Freiburg	4
Deutsche Krankenhausgesellschaft	2	Klinikum Darmstadt	13	Salto Systems	20	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein	20
Deutsche Röntgengesellschaft	6	Krankenhaus Martha-Maria Nürnberg	21	SBK Siemens-Betriebskrankenkasse	20	Verband der Diagnostica-Industrie	22
Deutsches Krankenhausinstitut	2	Leibniz-Institut für Photonische Technologien	9	Schülke & Mayr	1	Verband diakonischer Dienstgeber in Deutschland	20
Diakonie Deutschland	20	Mammographie-Screening-Zentrum Münster-Süd	12	Secunet Security Networks	15	Vivantes Netzwerk für Gesundheit	18
Dr. Schumacher	18, 19	St. Theresienkrankenhaus	21				
F.A.Z. Business Media	2						



Typische Symptome des Post-SEPSIS-Syndroms Grafik: SepsisDialog



Wir denken anders.
Sterilfilter mit **einer** definierten Anwendungsdauer.

www.i3membrane.com

Your Companion
Life Science Separation