



MEDIZIN DER ZUKUNFT

PILLE AUS DEM DRUCKER

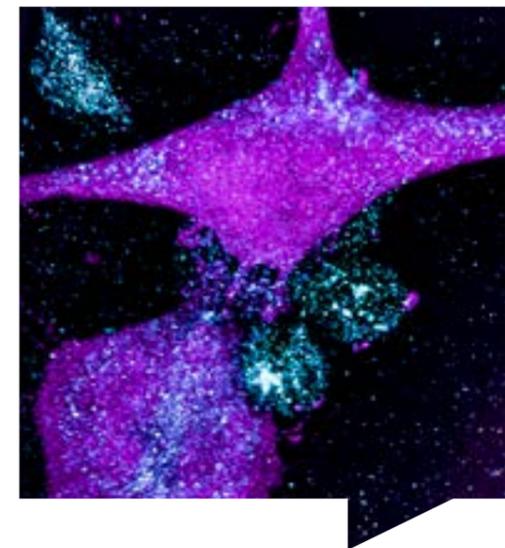
Was fürs Herz, gegen Hochdruck und Diabetes, individuell dosiert – alles in einer Tablette. Per 3D-Druck bald Wirklichkeit.

LEBENDE MEDIKAMENTE

Krebszellen tarnen sich und täuschen, wollen unerkannt bleiben. Doch Immunzellen lassen sich nicht so leicht austricksen.

SCIENCE-FICTION IM OP

Virtuelle Realität: Durch die Brille des Operators kann eine Herz-OP live auch am anderen Ende der Welt verfolgt werden.



Ganz ehrlich: Denken Sie nicht auch an Raumschiff Enterprise, unendliche Weiten und ferne Galaxien, wenn Sie dieses Bild sehen? Weit gefehlt! Nicht unendlich, sondern Mikrometer groß, besser klein, sind die beiden pinkfarbenen Tumorzellen, die von den blauen Immunzellen attackiert werden, sich verformen, auslaufen und letztlich absterben. Dr. Antonio Failla und UKE-Fotografin Eva Hecht haben zahlreiche Objektträger unter dem Mikroskop geprüft, bis ihnen der spektakuläre Fund gelungen ist. Was es mit den Zellen auf sich hat, lesen Sie ab Seite 40.

FORSCHUNG IST AUFWÄNDIG, SIE KÖNNEN HELFEN.

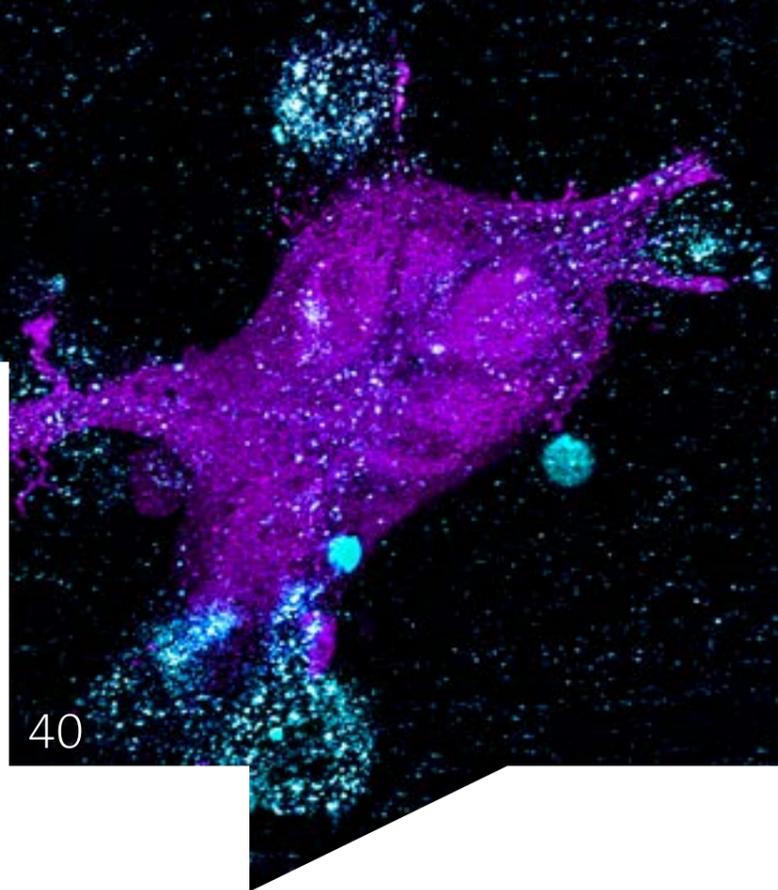
Wie das geht: Seite 62. Danke für Ihre Unterstützung!



wissen + forschen im Internet:
www.uke.de/w+f



16



40



52



26

10 DIE MEDIZIN DER ZUKUNFT BEGINNT HEUTE

Sie entwickelt sich schnell, dynamisch, dramatisch – besonders auf dem UKE-Campus mit den vielen begeisterten Forschenden, sagt der UKE-Vorstand im Interview.

16 DIE PILLE AUS DEM DRUCKER

Für jede Patientin und jeden Patienten eine individuelle Dosierung: Die Tablette aus dem 3D-Drucker macht's möglich.

22 PASSGENAU WIE EIN LEGOSTEIN

Ein Bruch der Augenhöhle ist schmerzhaft und schwer zu behandeln. Künstliche Intelligenz und 3D-Druck schaffen innovative Lösungen.

24 BEGREIFEN, UM ZU VERSTEHEN

Auch in der Unfallchirurgie bietet der 3D-Druck großes Potenzial. Knochen aus dem Drucker erleichtern die OP-Planung.

26 HANNES LÄSST TIEF BLICKEN

Per Katheter ins Gehirn – das geht nur mit viel Übung. HANNES, das 3D-Modell, optimiert die Feinarbeit.

30 FREUND UND HELFER

Wenn Informatiker:innen „ihren“ Computern medizinische Zusammenhänge erklären, profitieren die Patient:innen.

34 DER BESSERE BLICK

Winzige Zellveränderungen sind in der Radiologie mit bloßem Auge kaum wahrnehmbar – Künstliche Intelligenz optimiert die Diagnose.

40 LEBENDE MEDIKAMENTE

Sie sind die große Hoffnung im Kampf gegen den Krebs: Immuntherapien wie die CAR-T-Zelltherapie. Was können sie leisten?

46 DER PREIS DES ÜBERLEBENS

Dank intensiver Therapien überleben die meisten Kinder eine Krebserkrankung. Die Folgen bekommen sie oft erst später zu spüren.

48 RESET DES IMMUNSYSTEMS

Multiple Sklerose schädigt das Nervensystem. Schwerkranken Patient:innen hoffen jetzt auf eine Therapie aus der Krebsmedizin.

52 SCIENCE-FICTION IM OP

Aus dem OP ins WWW – mit Virtueller Realität und 5G geht der Blick des Operateurs um die Welt.

58 DEN TUMOR HÖRBAR MACHEN

Prostatakrebs ist heimtückisch, wird oft nicht erkannt. Eine neue Methode lässt aufhorchen.

60 DER FORSCHUNGSKREISLAUF

Wissen - Forschen - Heilen: Mit dem Leitmotiv des UKE lässt sich der Forschungskreislauf hin zu einer besseren Medizin erklären.

28, 38, 52 NEWS

Von Genfährten, Phantomen, Datenschätzen und mehr.

62 SPENDEN SIE FÜR DIE FORSCHUNG

63 IMPRESSUM

Lebensretter aus Stahl

Als der amerikanische Ingenieur Philip Drinker die Eiserne Lunge erfand, ahnte er nicht, wie vielen Mädchen und Jungen die Beatmungsmaschine aus 400 Kilo schwerem Stahl das Leben retten würde. Bis zur Einführung der Polio-Schutzimpfung Ende der 50er Jahre gab es regelmäßig weltweite Kinderlähmungs-Epidemien. Viele Kinder erstickten, weil ihre Atemmuskulatur gelähmt war. 1928 kam dann erstmals die Eiserne Lunge zum Einsatz und ermöglichte einem Mädchen das Luftholen, indem durch Erzeugung von Über- und Unterdruck ihre Atembewegungen imitiert wurden. An das Gerät knüpften sich lange Zeit große Hoffnungen.



Die Eiserne Lunge ist im Medizinhistorischen Museum des UKE zu sehen – derzeit im Rahmen der Sonderausstellung „Pandemie. Rückblicke in die Gegenwart“





Highspeed im Labor

Die Corona-Pandemie kam mit Wucht. Sie forderte nicht nur die medizinische Versorgung, sondern auch die Labor- diagnostik auf bislang kaum gekannte Art und Weise. Waren es anfangs eine Handvoll sogenannter PCR-Tests, die zum sicheren Nachweis einer SARS-CoV-2-Infektion im Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene durchgeführt wurden, wuchs deren Zahl in den Hochzeiten der Pandemie auf bis zu 5000 täglich im UKE. Voraussetzung hierfür sind moderne, extrem leistungsstarke Analysegeräte, die die Probenröhrchen schnell und automatisiert ohne Unterlass bearbeiten.

4,39 m lang, 1,29 m breit, 2,16 m hoch, 2455 kg schwer -
eindrucksvolle Dimensionen des Hightech-Geräts, das
zeitgleich bis zu 470 Proben aufnehmen kann und einen
eigenen Server für die Prozesssteuerung benötigt



Die Medizin der Zukunft beginnt heute

Komplexe Gehirnoperationen per Telemedizin; Tabletten, die aus dem 3D-Drucker kommen; Avatare, die Krankheitsdaten speichern und Therapien vorschlagen – die Medizin der Zukunft wird Realität.

Von Uwe Groenewold



PROF. DR. BLANCHE SCHWAPPACH-PIGNATARO

ist Dekanin der Medizinischen Fakultät und UKE-Vorstandsmitglied. Zuvor war die Molekularbiologin und gebürtige Hamburgerin auf verschiedenen Stationen im In- und Ausland sowie Institutsleiterin und Forschungsdekanin in Göttingen.

“
Die Medizin entwickelt sich – dramatisch, schnell, dynamisch; ganz besonders hier auf dem Campus mit den vielen begeisterten Forschenden.

Was bedeutet Medizin der Zukunft für Sie?

Prof. Schwappach-Pignataro: Darunter verstehe ich eine daten- und evidenzbasierte Medizin, die die Patient:innen selbstbestimmt über ihre Behandlungen mitentscheiden und die Gesundheit des Planeten nicht außer Acht lässt.

Prof. Göke: Wir verstehen immer besser, wie Krankheiten entstehen und sich entwickeln und welche Schäden sie bei den betroffenen Menschen anrichten können. Dieses immer präzisere und genauere Verständnis der Krankheitsentstehung muss einmünden in neue Therapien. Die Medizin der Zukunft bereitet den Weg, dass wir individuell mit neuen Möglichkeiten behandeln, die wir im Moment nur erahnen können.

Prof. Gerloff: Das Wichtigste für mich an der Medizin der Zukunft sind die Patient:innenzentriertheit und die Präzisionsmedizin, das heißt, die individualisierte Durchführung von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen. Da kommen wir nur hin, wenn wir große Datenmengen systematisch auswerten. Dafür brauchen wir Digitalisierung.



WISSEN Im UKE arbeiten viele kluge Köpfe

FORSCHEN Verständnis vieler Erkrankungen nimmt dank Forschung rasant zu

HEILEN Digitalisierung und Präzisionsmedizin als Schlüssel für neue Therapien

Heute ist jedes medizinische Gerät Teil der IT-Infrastruktur, die Digitalisierung ist verschmolzen mit der Medizin.

Inwiefern ist die Digitalisierung wichtig für eine bessere Versorgung der Patient:innen?

Prof. Gerloff: Digitalisierung ist zu einem essenziellen Instrument der Medizin geworden, sie ist Bindeglied und auch Quelle von Informationen. Bei vielen Erkrankungen sind keine klinischen Studien mit zehntausenden Patient:innen mehr erforderlich. Bei der Spinalen Muskelatrophie etwa wissen wir dank digital unterstützter molekularbiologischer Analyse genau, welches Gen geschädigt ist und welche Konsequenzen dies hat. Hieraus ist eine Gentherapie entstanden. Es reichen dann relativ kleine Fallzahlen für eine klinische Studie, um die Anwendbarkeit und Verträglichkeit in der Praxis zu beweisen. Das ist Präzisionsmedizin. Aus der täglichen Diagnostik und Therapie sammeln wir Milliarden Datenpunkte, deren Auswertung ohne digitale Prozesse nicht denkbar ist.

Welche Bedeutung kommt der Forschung zu?

Prof. Schwappach: Der sogenannte Translationszyklus umfasst verschiedene Arten der Forschung. Klinisch tätige Ärzt:innen machen ihre Beobachtungen am Krankenbett und artikulieren aus dem Verständnis ihres Fachgebiets heraus neue Bedarfe. Daraus entstehen Forschungsfragen, etwa wie Krankheiten sich entwickeln, was sie verursacht. Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich bestenfalls klinische Studien, in denen bestimmte Interventionen – pharmakologische, therapeutische, bewegungsbasierte oder psychotherapeutische – getestet werden können. Dann kann man sehen, was sich davon in die Klinik überführen lässt. Und daraus entstehen wieder neue Fragen.

Brauchen wir also künftig nicht mehr Mediziner:innen, sondern mehr IT-Expert:innen?

Prof. Gerloff: Es muss sich die Balance halten. Die Versorgung der Patient:innen erfolgt selbstverständlich weiterhin durch Menschen, die in der Medizin ausgebildet sind. Doch es ist naive Utopie zu glauben, dass man mit einer kleinen Gruppe von Fachkräften im Bereich elektronischer Datenverarbeitung in das neue Zeitalter kommen kann – in den IT-Bereich muss kräftig investiert werden. Heute ist jedes medizinische Gerät Teil der IT-Infrastruktur, die Digitalisierung ist verschmolzen mit der Medizin.

In welchen Bereichen der Zukunftsforschung hat das UKE seine Stärken?

Prof. Schwappach: Eine grundsätzliche Stärke des UKE liegt darin, dass Bereiche und Personen, die am beschriebenen Translationszyklus arbeiten, sich eng und fächerübergreifend austauschen. Das zeigt sich zum Beispiel daran, dass in dem im Bau befindlichen Hamburg Center of Translation Immunology die Interaktionen zwischen Immunsystem, Entzündungsreaktionen und verschiedenen Organen intensiv beforscht werden. Das ermöglicht uns ein besonderes Verständnis davon, wie sich ein Entzündungszustand in verschiedenen Organen als ähnliche Krankheit des ganzen Körpers äußert. Diese Vogelperspektive ist nur durch intensives Zusammenwirken von molekular orientierten Grundlagengruppen, klinisch Forschenden und weiteren Wissenschaftler:innen wie Data Scientists zu erreichen.

Prof. Göke: Das UKE hat Ziele und bestimmte ethische Vorstellungen davon, wie wir Medizin betreiben. Diese lassen sich zusammenfassen unter dem Begriff „patient first“. Wir haben die Patient:innen im Blick, alle neuen Methoden wie 3D-Drucker, Künstliche Intelligenz und Robotik sind letztlich nur sinnvolle und nützliche Werkzeuge. In der Zukunft kann mit ihrer Hilfe eine Art persönlicher *Avatar** entstehen, in dem Diagnosen, Bildgebung und weitere Daten hinterlegt sind. Mit dieser modernen Technologie lassen sich sehr passende, zielgenaue und rasche Behandlungsmöglichkeiten für viele Erkrankungen finden. Diese Avatarisierung der Patient:innen kann ein unterstützendes Element sein, damit alle Menschen in diesem Prozess optimal versorgt und auch mitgenommen werden.

Prof. Gerloff: Im UKE werden Wissen und Technik sehr schnell praktisch umgesetzt. Seit 2009 steuern Roboterwagen unterirdisch die Versorgung im Klinikum, seit vielen Jahren arbeiten wir mit OP-Robotern, unsere Neuroradiolog:innen unterstützen Kolleg:innen in vielen Ländern der Welt per Telemedizin bei komplexen Eingriffen.



PROF. DR. BURKHARD GÖKE

ist seit dem 1. Januar 2015 Ärztlicher Direktor und Vorstandsvorsitzender des UKE. Der Gastroenterologe war zuvor Klinikleiter an der LMU München, zum 31. Dezember 2022 geht Prof. Göke in den Ruhestand.

*AVATAR

Ein Avatar ist eine künstliche Person oder eine Grafikfigur, die Internetbenutzer:innen in der virtuellen Welt zugeordnet wird.





PROF. DR. CHRISTIAN GERLOFF

leitet seit 2006 die Klinik für Neurologie im UKE und ist seit 2013 Stellvertretender Ärztlicher Direktor. Prof. Gerloff folgt am 1. Januar 2023 auf Prof. Göke und übernimmt die Leitung des UKE.

Gibt es weitere konkrete Projekte?

Prof. Gerloff: Unter Leitung unserer Apotheke steht ein Projekt zum 3D-Druck von Medikamenten. Bei Patient:innen variieren jeden Tag Gewicht, Nieren- oder Leberwerte, sie benötigen eigentlich täglich eine angepasste Dosis. Tabletten mit individuellem Wirkstoffgehalt können jetzt mit dem 3D-Drucker hergestellt werden. In einer klinischen Studie prüfen wir die Effektivität und Wirksamkeit bei Parkinsonpatient:innen – das ist praktisch ein Muster für die Präzisionsmedizin von morgen. Ein weiteres Beispiel: Mithilfe Künstlicher Intelligenz haben wir ein Prognoseprogramm entwickelt, das bei neurologischen Intensivpatient:innen bis zu 24 Stunden im Voraus erkennen kann, ob schwerwiegende Komplikationen für das Gehirn drohen.

In welcher Verbindung stehen Bautätigkeiten und Medizin der Zukunft?

Prof. Göke: Die Medizin entwickelt sich – dramatisch, schnell, dynamisch; ganz besonders hier auf dem Campus mit den vielen begeisterten Forschenden. Wir wollen neue Gebäude bauen, die ermöglichen, dass die Zukunft der Medizin auch in diesen Bauten stattfinden kann. Was wir da bauen, sind nicht einfach nur neue Gebäude, sondern das sind Beton gewordene Konzepte, mit denen wir in der Lage sind, all den jungen Leuten, die auf den Campus kommen, in der Zukunft beste Arbeitsmöglichkeiten zu garantieren, so dass sie den großen Wechsel in der Medizin nicht nur mitmachen, sondern aktiv gestalten können.

Geht's denn schnell genug voran?

Prof. Göke: Als Bauherr ist man immer unzufrieden und denkt, das müsste alles schneller gehen. In Wahrheit sind wir ziemlich zügig vorangekommen. Wir haben das Kinder-UKE fertiggestellt, die neue Martini-Klinik ist demnächst fertig, ebenso das Herz- und Gefäßzentrum und der zweite Forschungscampus. Ich kenne keinen Campus in Deutschland, der mit dieser Geschwindigkeit so eine Entwicklung durchgemacht hat. Dass jetzt gesellschaftliche und politische Krisen dazu führen, dass Stahl, Bitumen oder andere Baustoffe fehlen, dafür kann hier am Campus niemand etwas.

Welche besonderen Chancen bietet das UKE?

Prof. Schwappach: Das UKE hat in den vergangenen Jahren eine große Breite an klinischer Forschung, Grundlagenforschung und Gesundheitssystemforschung erreicht. Wenn wir diese auf bestimmte Fragestellungen und Erkrankungen fokussieren, sollte relativ schnell ein deutlicher Fortschritt für große Patient:innengruppen mit Krankheiten, die in der modernen Gesellschaft häufig auftreten, zu erreichen sein. Eine besondere Chance bietet der Mehrwert, den die Metropolregion wissenschaftlich aufzuweisen hat, etwa mit den außeruniversitären Partnern aus der Grundlagenforschung wie dem DESY und den beiden Leibniz-Instituten im Bereich der Infektionsforschung. Mit diesen Einrichtungen arbeiten wir eng und vertrauensvoll zusammen und wollen den Mehrwert sowohl für das UKE als auch für die Metropolregion künftig weiter stärken.

Prof. Göke: Hamburg ist eine attraktive Stadt, die viele helle Köpfe anzieht. Das gilt für das UKE umso mehr, als die Infrastruktur, die wir entwickelt haben, für Forschungsarbeit und für moderne klinische Arbeit hervorragend ist. Wer Interesse hat, etwas zu entwickeln, zu entdecken, und wer etwas bewegen will, der sollte ans UKE kommen.



MEHR INFORMATIONEN?

Mehr zu den Forschungsaktivitäten im UKE unter www.uke.de/forschung

Und welche Herausforderungen gilt es zu meistern?

Prof. Gerloff: Es gibt einen enormen Wettbewerb um die klügsten Köpfe und um die enthusiastischsten und begeistertsten Mitarbeiter:innen. Hamburg ist eine attraktive Metropolregion und das UKE eine dynamische und sich schnell entwickelnde Gemeinschaft. Wir haben uns in den vergangenen 20 Jahren schon einmal komplett neu erfunden, uns seitdem klinisch – gemessen am Patient:innenaufkommen – verdoppelt und wissenschaftlich – gemessen an den Drittmitteln – vervierfacht. Jeder Euro, der in Gesundheit und Lebensqualität investiert wird, ist ein guter. Und jeder in diesem Bereich weiß: Es fühlt sich gut an, etwas Sinnvolles getan zu haben. Diese Botschaft müssen wir nach außen tragen.



www.uke.de/karriere

Wer Interesse hat, etwas zu entwickeln, zu entdecken und zu bewegen, sollte ans UKE kommen.

Die Pille aus dem Drucker

Im Zeitraffer wirkt das Gerät wie eine High-tech-Nähmaschine. Doch eine individuelle Medikation braucht ihre Zeit: Schicht für Schicht presst die Druckerspitze die aufgeschmolzene Pulvermischung mal quer, mal längs aufeinander, bis die formvollendete Tablette aus dem 3D-Drucker fertig ist.

Von Berit Waschatz

DIE VISION NOCH GRÖßERE PATIENT:INNENSICHERHEIT

WISSEN	Parkinson-Medikamente müssen individuellem Gesundheitszustand angepasst werden
FORSCHEN	Herstellen von Medikamenten im 3D-Druck-Verfahren in der Klinikapotheke
HEILEN	Individuelle Dosis verbessert Wirksamkeit und erhöht Patient:innensicherheit



DR. MICHAEL BAEHR

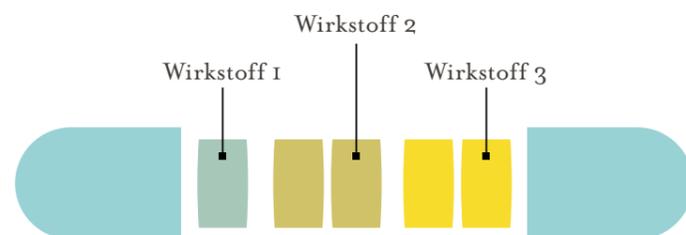
leitet seit 1991 die UKE-Klinikapotheke. Im gleichen Jahr promovierte er auf dem Gebiet der Pharmazeutischen Technologie. Er hat langjährige Erfahrungen in der Einführung elektronischer Verordnungssysteme, patient:innenbezogener Arzneimittelversorgung und klinisch-pharmazeutischer Dienstleistungen.

Bei schwer kranken Patient:innen ist die Medikation manchmal schwer zu dosieren; industriell gefertigte Medikamente bieten hier keine Lösung. Mit dem 3D-Druck-Verfahren können wir digital und automatisiert eine patient:innenindividuelle Dosis herstellen“, erklärt Dr. Michael Baehr, Leiter der Klinikapotheke des UKE. Auch ältere Menschen, die mehrere Medikamente einnehmen müssen, oder Kinder, für die es häufig keine altersgerecht dosierten Medikamente gibt, könnten von dem neuen Verfahren profitieren. „Mithilfe von Medikamenten aus dem 3D-Drucker können wir künftig verschiedene Wirkstoffe in nur einer Tablette, einer *Polypill**, kombinieren oder die Medikationen für Kinder viel präziser steuern. Das erhöht die Patient:innensicherheit.“

Jeden Tag stellen Mitarbeitende der Krankenhausapotheke für die Patient:innen auf den Stationen rund 18.000 Arzneimittel zusammen. Einige davon müssen sie händisch anfertigen. Das neue Forschungsprojekt könnte das Leben zahlreicher Patient:innen und den Arbeitsalltag der Klinikapotheker:innen erleichtern. In einer von der Europäischen Union geförderten Machbarkeitsstudie wollen die Wissenschaftler:innen der Klinikapotheke zeigen, dass der 3D-Druck von Arzneimitteln möglich ist, in den bestehenden, digitalen Medikationsprozess des UKE integriert werden kann und sich zudem mit algorithmusgestützten Patient:innendaten kombinieren lässt.

*POLYPILL

In Polypills können mehrere Wirkstoffe kombiniert werden. Patient:innen müssen dann nur eine Tablette einnehmen.



Der 3D-Drucker produziert die zuvor definierte Menge an Tabletten, deren Dosis individuell auf die Patient:innen abgestimmt ist

DIGITALER MEDIKATIONSPROZESS

Im UKE wird in allen Klinikbereichen ein digitaler Medikationsprozess genutzt. Ärztliche Anordnungen werden in der elektronischen Verordnungssoftware erfasst, von Apotheker:innen auf den Stationen geprüft und an die Klinikapotheke übertragen. Dort werden die verschriebenen Arzneimittel computergesteuert einzeln verpackt und beschriftet. Auf der Station verabreichen die Pflegenden die Medikamente nach der Kontrolle des Patient:innenarmbandes. So wird ein Höchstmaß an Patient:innensicherheit im Medikationsprozess sichergestellt.

Im ersten Schritt haben die Forschenden bereits einen geeigneten 3D-Drucker identifiziert, mit dem Arzneimittel nach pharmazeutischen Qualitätskriterien hergestellt werden können. Er beherrscht verschiedene Druckverfahren. „Wir verarbeiten im Vorfeld die Hilfsstoffe und den Wirkstoff zu einer homogenen Mischung, der 3D-Drucker erhitzt diese Mischung und druckt daraus Tabletten in der Größe und Menge, die wir ihm vorgeben“, erklärt Adrin Dadkhah, Apotheker im Projektteam.

WIRKSTOFF LEVODOPA ZUR PARKINSONBEHANDLUNG

Den Wirkstoff, mit dem in der Studie gearbeitet wird, haben die Wissenschaftler:innen der Klinikapotheke gemeinsam mit Ärzt:innen verschiedener Fachrichtungen in einer UKE-weiten Online-Umfrage und in Interviews ausgewählt. Ihre Wahl fiel auf die Substanz Levodopa, mit der Patient:innen mit einer Parkinsonerkrankung therapiert werden. „Levodopa eignet sich gut für den 3D-Druck und ist zudem auch klinisch relevant. Der Wirkstoff kann mit verschiedenen Komponenten kombiniert werden,



WISSEN	Parkinson-Medikamente müssen individuellem Gesundheitszustand angepasst werden
FORSCHEN	Herstellen von Medikamenten im 3D-Druck-Verfahren in der Klinikapotheke
HEILEN	Individuelle Dosis verbessert Wirksamkeit und erhöht Patient:innensicherheit

Wir haben uns Schritt für Schritt an die richtige Zusammensetzung herangetastet und auch verschiedene Hilfsstoffe ausprobiert.

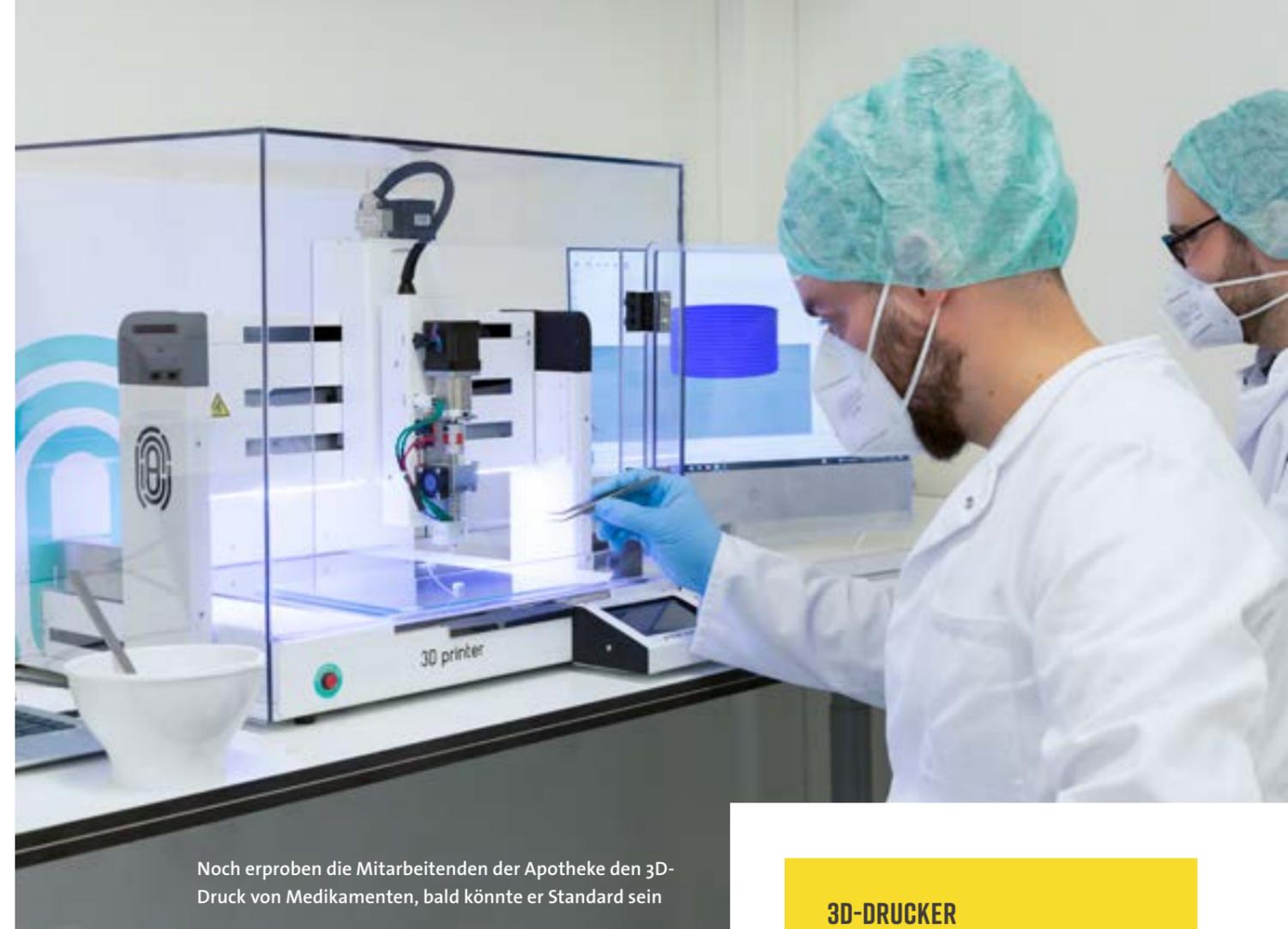
Adrin Dadkhah

Bei der Bestimmung der patient:innenindividuell optimalen Dosis soll ein computerbasierter Lösungsplan (Algorithmus) unterstützen, der Daten aus intelligenten elektronischen Geräten verwendet, die nahe an der Hautoberfläche getragen werden (Smart Wearable Devices), wo sie unter anderem Bewegungsdaten messen. Hierfür arbeiten die Wissenschaftler:innen der Klinikapotheke eng mit denen des von Prof. Dr. Frank Ückert geleiteten Instituts für Angewandte Medizininformatik des UKE zusammen. „Patient:innen mit einer Parkinson-Erkrankung leiden unter verschiedenen Bewegungsstörungen und müssen je nach Gesundheitszustand unterschiedliche Dosen einnehmen, um den Tremor in den Griff zu bekommen. Um die Dosis besser zu adjustieren, können Bewegungsdaten der Patient:innen helfen. Diese Daten sollen vom Algorithmus mittels Künstlicher Intelligenz ausgewertet werden“, erklärt Dr. Sylvia Nürnberg, Teamleiterin im Institut für Angewandte Medizininformatik.

SENSOREN ZEICHNEN BEWEGUNGSMUSTER AUF

Bevor das Team um Prof. Ückert den Algorithmus aber verlässlich entwickeln kann, muss er trainiert werden; er muss wissen, welches Bewegungsmuster zu welchem Gesundheitszustand gehört. Aus diesem Grund sollen in einer klinischen Studie Patient:innen mit einer Parkinsonerkrankung, die von Priv.-Doz. Dr.

und die benötigten Dosen variieren je nach Gesundheitszustand der Patient:innen“, erklärt Prof. Dr. Christian Gerloff, Direktor der Klinik für Neurologie des UKE. Die Forschenden der Klinikapotheke haben bereits eine passende Rezeptur entwickelt, mit der das Arzneimittel mit dem 3D-Drucker hergestellt werden kann. „Wir haben uns Schritt für Schritt an die richtige Zusammensetzung herangetastet und auch verschiedene Hilfsstoffe ausprobiert. Hier haben wir uns im Milligramm-Bereich bewegt“, erklärt Dadkhah.



Noch erproben die Mitarbeitenden der Apotheke den 3D-Druck von Medikamenten, bald könnte er Standard sein

Monika Pötter-Nerger in der Klinik für Neurologie behandelt werden, mit einer elektronischen Armbanduhr mit Sensoren (Smart Watches) ausgestattet werden, die diese Bewegungsmuster unter klinischen Bedingungen aufnehmen. Liegen diese Daten vor, können die Medizininformatiker:innen den Algorithmus entsprechend mit Vergleichsdaten „füttern“ und ihn so in die Lage versetzen, eine patient:innenindividuelle Dosisempfehlung zu generieren. Danach wollen die Wissenschaftler:innen den 3D-Druck-Prozess noch an den digitalen Medikationsprozess des UKE anschließen. Mit ihrer Studie gehen die Forschenden der Klinikapotheke neue Wege. Bislang gibt es erst ein gedrucktes Arzneimittel, das eine Marktzulassung in den USA erhalten hat. „Dass es noch keine weiteren Zulassungen gibt, liegt vor allem an den komplizierten regulatorischen Prozessen. Außerdem scheitert die Integration des 3D-Drucks in die Gesundheitsversorgung aktuell auch an den Erfordernissen eines digitalen Umfelds“, sagt Dr. Baehr. „Wir als UKE wollen mit dem von der EU geförderten Forschungsprojekt zeigen, wie die Integration des 3D-Drucks in das digitale klinische Umfeld gelingen kann.“

3D-DRUCKER

- maximale Größe der Druckplatte: 200 x 200 x 100 mm
- Druckobjekt: Tabletten in verschiedenen Farben, Formen und Größen
- Druckverfahren: FDM (Fused Deposition Modelling), DPE (Direct Powder Extrusion), SSE (Semi-Solid Extrusion)
- Druckgeschwindigkeit: 28 Tabletten in 8 Minuten



MEHR INFORMATIONEN?
Online finden Sie eine Filmsequenz zum 3D-Druck von Medikamenten: www.uke.de/3d-medikamente

Passgenau wie ein Legostein

Digitaler Datensatz, 3D-Druck und Künstliche Intelligenz – das sind Zutaten für die rekonstruktive Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Zukunft. Im UKE forscht Prof. Dr. Dr. Ralf Smeets zu gedruckten Gesichtsimplantaten.

Von Ingrid Kupczik

Im Mittelpunkt seiner aktuellen Studie: die Augenhöhle, Fachbegriff Orbita. Sie wird aus sieben Schädelknochen gebildet, ist stellenweise sehr dünn – und bricht vergleichsweise häufig. „Die Fraktur des Orbitabodens ist eine typische Verletzung bei Schlägereien, Stürzen und Unfällen“, sagt Prof. Smeets, stellvertretender Leiter der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Bei kleineren Defekten wird der Bruch mit einer resorbierbaren Folie rekonstruiert, bei umfangreicheren Schäden ein individuelles Gitter aus Titan gedruckt und implantiert.

Zur Herstellung dieses patientenspezifischen Implantats (PSI) wird anhand einer dreidimensionalen CT-Aufnahme im Vorfeld ein digitales Modell des knöchernen Defekts erzeugt. Mittels Künstlicher Intelligenz (KI) wird ein Datensatz erstellt, das Implantatdesign definiert und im Anschluss durch 3D-Druck hergestellt. Das Ergebnis? „Einwandfrei. Wir müssen das Implantat nicht mehr anpassen, die Platte nicht mehr biegen – es passt wie ein Legostein.“ Dadurch verkürze sich die OP-Zeit, und die Patient:innen erholen sich schneller.

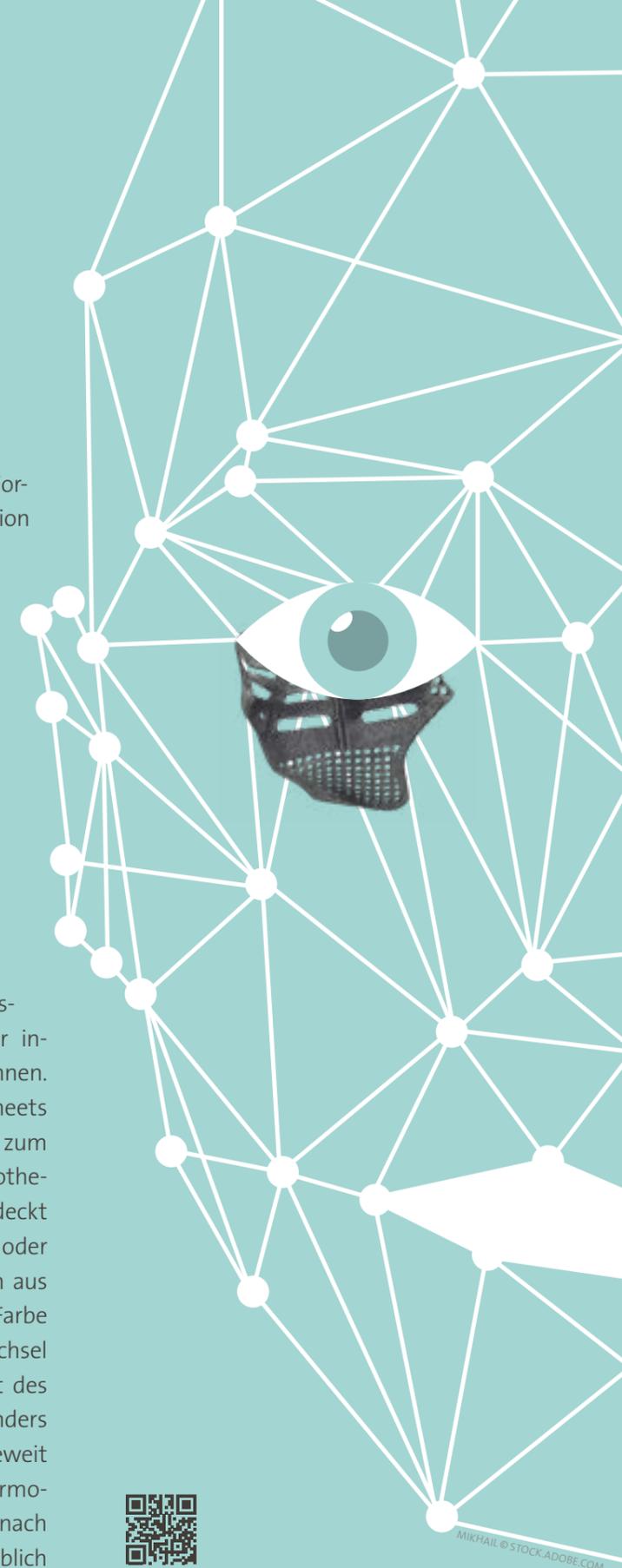
3D-DRUCK FÜR DIE KLEINSTEN

Kaum auf der Welt, gleich gescannt: Bei Kindern, die mit einer Spalte im Lippen-Kiefer-Gaumenbereich geboren werden, wird der Spaltbereich kurz nach der Geburt mit einer winzigen Spezialkamera (Intraoralscanner) digital erfasst. Die Daten sind Grundlage für die Herstellung individueller Trinkplatten im Rahmen des Projekts 3D-Druck in der Kieferorthopädie. „Die Versorgung mit Trinkplatten hat sich bewährt. Mit modernster Bildgebung und 3D-Druck wird sie aber noch schonender, effektiver und sicherer“, sagt Dr. Lisa-Marie Northoff aus der Poliklinik für Kieferorthopädie. Infos: www.uke.de/3d-lippenspalte



Das Ziel des aktuellen, von der EU geförderten Forschungsprojekts „DigiMed“ des UKE in Kooperation mit der Hamburger Fraunhofer-Einrichtung IAPT und der Helmut-Schmidt-Universität ist es, eine durchgängige KI-basierte digitale Wertschöpfungskette zu etablieren. „Wir wollen gemeinsam Methoden entwickeln, um das Design für Gesichtsimplantate automatisiert aus CT-Daten zu erstellen und diese Designs dann in 3D-Druckdaten umzuwandeln“, erläutert Smeets. Langfristiges Ziel sei die nachhaltige Sicherung der Patient:innenversorgung mit individuell angepassten Implantaten.

Die moderne rekonstruktive Chirurgie macht es möglich, dass auch Menschen mit schwersten Knochendefekten nach einem Unfall oder infolge von Tumoren wieder „Gesicht zeigen“ können. Für die Betroffenen ist es ein Segen, für Prof. Smeets ein Ansporn, weiter zu forschen, unter anderem zum Thema Epithesen. Es handelt sich dabei um Prothesen, mit denen ein Gesichtsdefekt optisch abgedeckt wird, um einen ästhetischen Anblick zu erhalten oder wiederzuerlangen. Die 3D-gedruckten Epithesen aus Silikon haben allerdings einen Nachteil: „Ihre Farbe bleibt immer gleich, auch bei Temperaturwechsel oder Sonneneinstrahlung – anders als der Rest des Gesichts“, sagt Smeets. Dadurch fallen sie besonders auf. Smeets möchte herausfinden, ob und inwieweit sich die Epithese etwa durch Beimischung thermochromer oder photochromer Gruppen, die sich je nach Temperatur oder UV-Strahlung verändern, farblich anpassen würde. „Das könnte die Zukunft darstellen, und genau dafür sind wir ja auch am UKE.“



MEHR INFORMATIONEN?

Forschung in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: www.uke.de/3d-psi

WISSEN Kürzere Operationszeiten reduzieren die Infektionsgefahr

FORSCHEN Mit 3D-Modellen Knochendefekte ersetzen

HEILEN Optimierte Versorgung, höhere Compliance, besseres Therapieergebnis

Begreifen, um zu verstehen

Auch in der Unfallchirurgie bietet der 3D-Druck enormes Potenzial. Operationen lassen sich besser planen, Eingriffe kürzer und schonender gestalten, Ergebnisse werden präziser.

Von Ingrid Kupczik

Mit dem 3D-Druck können wir hochkomplexe Frakturen und Achsfehlstellungen deutlich besser als bisher darstellen“, sagt Dr. Tobias Dust und nennt als Beispiel die Versorgung eines komplizierten Bruchs des Schienbeinkopfs oder des Ellenbogengelenks. Das gedruckte 3D-Modell der Fraktur ermöglicht dem Operateur ein haptisches Verständnis für die Pathologie, das bisher nur zweidimensional mit Röntgen oder CT möglich war. „Dadurch steigt das Verständnis der Chirurg:innen für das Ausmaß der Verletzung, und sie können die Operation viel genauer planen.“ Mit 3D-Druck lassen sich zudem individuelle Bohr- und Sägelehren für die Führung der OP-Instrumente herstellen.

„Die Operation wird dreidimensional digital geplant; jeder Schnitt und jede Schraube stehen im Vorfeld fest. Die Gefahr, beim Eingriff Blutgefäße und Nerven zu verletzen, wird somit deutlich verringert, die Ergebnisse werden genauer.“

Ein weiteres Plus: „Die Operationszeit wird verkürzt, damit sinkt das Patient:innenrisiko ebenfalls“, so Experte Dust. Er verweist auf entsprechende Erfahrungen bei komplexen Achsumstellungen am Ellenbogengelenk, die bisher schwierig zu planen waren und häufige Anpassungen während des Eingriffs erforderlich machten. In einem vielfach geförderten Projekt

ALLES EINZELSTÜCKE

Beim 3D-Druck werden auf Grundlage dreidimensionaler Bilddatensätze aus CT oder MRT patient:innenspezifische Modelle hergestellt. So kann die Pathologie originalgetreu nachgebildet werden. Je nach Drucktechnik wird das Modell zum Beispiel Schicht für Schicht mit einem thermoplastischen Kunststofffaden, einem Filament, aufgebaut. Nach dem Aushärten steht der künstliche Gelenkknochen als Anschauungs-, Planungs- und Lehrobjekt zur Verfügung.

Priv.-Doz. Dr. Konrad Mader, Prof. Dr. Johannes Keller und Dr. Tobias Dust (v.l.) inspizieren einen Unterarm mit Ellenbogen-Fehlstellung aus dem 3D-Drucker



Die Operationszeit wird verkürzt, damit sinkt das Risiko für Patient:innen ebenfalls.

Dr. Tobias Dust

wird nun untersucht, in welchem Maß die Planungsgenauigkeit und das funktionelle Ergebnis gesteigert und die OP-Zeit verringert werden können – zum Wohle der Patient:innen: „Je länger eine Wunde offen ist, desto größer die Infektionsgefahr“, so Dust. Bei den Patient:innen kommen die 3D-Nachbildungen ohnehin gut an: „Sie können ihren Defekt oder ihre Fehlstellung buchstäblich begreifen und entwickeln eine bessere Vorstellung, warum sie wie operiert werden. Das erhöht die Compliance.“

3D-Modelle von komplexen Knochenbrüchen könnten in Zukunft auch jungen Assistenzärzt:innen und Medizinstudierenden als Trainingsobjekte dienen: Wie muss ich die Patient:innen lagern? Welchen Zugang nehme ich am besten? Wo setze ich welche Schraube? Der Nutzen dieses Probehandelns wird aktuell in einer weiteren Forschungsarbeit ergründet. Fachübergreifend wurde im UKE das Universitäre Centrum für 3D-Druck gegründet. Hier tauschen sich Disziplinen aus und bündeln ihre Expertise.



MEHR INFORMATIONEN?
Auf den Forschungsseiten der Klinik gibt's mehr Details:
www.uke.de/3d-unfallchirurgie

- WISSEN** Für Katheterbehandlungen im Gehirn ist Fingerspitzengefühl und Übung nötig
- FORSCHEN** Wie lässt sich per 3D-Druck ein realitätsnahes Modell menschlicher Gefäße erzeugen?
- HEILEN** Patient:innen profitieren von der am Modell erprobten Katheterbehandlung

HANNES lässt tief blicken

Präzision ist bei einer Behandlung im Gehirn lebenswichtig. Erlangt wird sie durch regelmäßiges Üben. HANNES, das Modell aus dem 3D-Drucker, ist für die Feinarbeit der Expert:innen ausgesprochen wertvoll.

Von Katja Strube

Ein Aneurysma der Hirnarterien kann zu einer lebensgefährlichen Hirnblutung führen. Häufig werden solche ausgesackten Gefäße durch einen Katheter behandelt, der von der Leiste aus durch die Hauptschlagader bis ins Gehirn geschoben wird. „Es bedarf Fingerspitzengefühl, einen derartigen Eingriff routiniert durchzuführen“, erläutert Priv.-Doz. Dr. Marie Teresa Nawka, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie. Um den Katheter durch die filigranen Gefäße zu führen, ohne sie zu beschädigen, müssen die behandelnden Ärzt:innen genau wissen, wie sie das Röhrchen von außerhalb des Körpers dirigieren können. Früher wurde die Methode an Schweinen geübt. Auf Tierversuche wollen UKE-Wissenschaftler:innen so oft wie möglich verzichten. In diesem Fall hat ein Projektteam aus Neuroradiolog:innen des UKE, Medizintechniker:innen sowie IT-Expert:innen der TU Harburg einen künstlichen Patienten entwickelt: HANNES (Hamburger ANatomisches NeuroEndovaskuläres Simulationsmodell) heißt der Prototyp. Grundlage für das Gefäßmodell ist ein aufwendig entwickeltes Computer-

SCHLAGANFALL AUS DEM DRUCKER

Auch Schlaganfallbehandlungen können mit dem Patientenmodell erprobt werden: Das Projektteam COSY-SMILE (Completely SYNthetic Stroke Model for Interventional DeveLopment and EduCation) hat dafür künstliche Hirnblutgefäße mit Gefäßengstellen und synthetischen Thromben entwickelt. „Damit können wir eine realistische Simulationsumgebung für die Schlaganfallbehandlung erzeugen, zu der beispielsweise synthetische Blutgerinnsel mit unterschiedlichen Härtegraden und komplexe Gefäßanomalien gehören“, erläutert die Neuroradiologin Dr. Helena Guerreiro.

programm, das aus Angiographie-Bildern dreidimensionale Druckvorlagen erzeugt. Die beste Behandlungsmethode, je nach Lage des Aneurysmas und Größe der Aussackung, kann nun vor der tatsächlichen OP mit einem Modell aus dem 3D-Drucker erprobt und geübt werden.

Inzwischen gibt es rund 30 verschiedene Gehirnmodelle für HANNES. „Wir berücksichtigen dabei nicht alle Gefäße, das wäre drucktechnisch nicht möglich, sondern konzentrieren uns auf die Hauptabzweige. Am Auge etwa muss man besonders vorsichtig sein, um keine Blutgefäße zu verletzen“, so die Ärztin. Das Material für die künstlichen Gefäße und die Substanz, die bei HANNES das Blut ersetzt, wurden lange getestet, um eine realitätsnahe Situation zu schaffen.

Bis heute wurde HANNES rund 100 Mal zur ärztlichen Schulung eingesetzt. Das Ziel, Tierversuche bei der katheterbasierten Behandlung von Hirnaneurysmen zu vermeiden, ist damit bereits umgesetzt. Adaptationen für andere Gefäßerkrankungen wie Stenosen, Engstellen von Gefäßen am Hals, die aber auch im Gehirn auftreten können, oder Gefäßverstopfungen, die zu Schlaganfällen führen können, sind bereits erfolgt. Für HANNES gibt es weitere Einsatzmöglichkeiten: Individuelle Modelle etwa für komplexe Gefäßanomalien sind denkbar.

Ein Simulationsmodell aus dem 3D-Drucker mit dem Katheter im Vordergrund



Seit 2017 haben wir rund 100 Schulungen an HANNES durchgeführt – 100 Eingriffe, für die kein Tier sterben musste.“

Priv.-Doz. Dr. Marie Teresa Nawka



MEHR INFORMATIONEN?
Besuchen Sie die Klinikseite www.uke.de/forschung-neuroradiologie



Wenn wir das Krankheitsrisiko Neugeborener schon vor der Geburt anhand mütterlicher Immunzellen erkennen, haben wir die Chance, sie fürs Leben zu schützen.“

www.uke.de/prince



Prof. Dr. Petra Arck, Zentrum für Geburtshilfe, Kinder- und Jugendmedizin; Forschungsdekanin



Zukunftspreis IM KREIS DER BESTEN

Für ihre Entwicklung einer neuartigen Strahlentherapie bei Lungentumoren sind Prof. Dr. Cordula Petersen, Klinik für Strahlentherapie, und Brainlab München für den Deutschen Zukunftspreis nominiert worden. Bei der innovativen Technik wird die Position eines Tumors exakt erfasst, auch wenn er sich bewegt, und das Krebsgewebe treffsicher attackiert. Zum Gewinn hat es leider nicht ganz gereicht, ein Forschungsprojekt aus Jena ist mit dem Zukunftspreis ausgezeichnet worden.

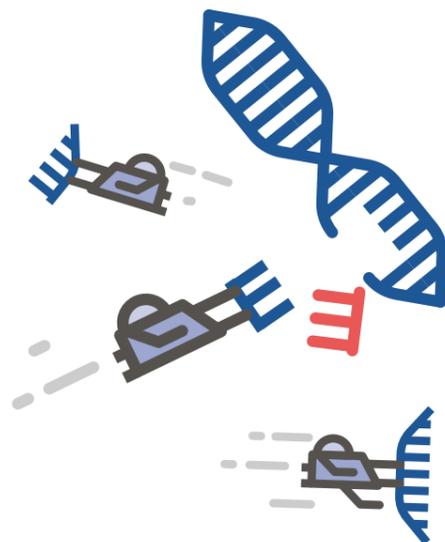
www.deutscher-zukunftspreis.de/de/team-3-2022



Virale Genfähren

Gentherapie gilt als großer Hoffnungsträger in der Medizin. Zur Einschleusung von DNA in den Körper der Patient:innen werden virale Vektoren als Genfähren benötigt. An ihrer Entwicklung und Optimierung für den Einsatz in Grundlagenforschung und Gentherapie forschen Dr. Jakob Körbelin und sein Team vom ENDOmics Lab.

www.uke.de/genfaehre



IKONSTUDIO @STOCK.ADOBE.COM

Phantom AUS DEM DRUCKER

Neueste Entwicklungen in der experimentellen Bestrahlung von Kleintieren ermöglichen die schnellere Übertragung von Forschungsergebnissen in die Klinik. Im Fokus stehen dabei 3D-gedruckte „Maus-Phantome“: physische Modelle mit realistischer Anatomie und aus Materialien, die dem Mausgewebe und seinen Eigenschaften entsprechen. Mit den Phantomen aus der Klinik für Strahlentherapie werden Tierversuche eingespart und es wird die Qualitätssicherung in der medizinischen Bildgebung unterstützt.

www.uke.de/graduierntenkolleg



Software unterstützt Krebsdiagnose

Forscher:innen des Instituts für Angewandte Medizininformatik sowie des Universitären Cancer Center Hamburg (UCCH) sind an der Entwicklung einer Softwarelösung beteiligt, mit der eine Krebsdiagnose noch umfassender bestimmt werden kann. Die Daten sind Basis einer maßgeschneiderten Krebstherapie für Patient:innen, bei denen gängige Behandlungen nicht wirken.



Befreiung VOM ZWANG

Rund zwei Millionen Menschen in Deutschland leiden unter Zwangsstörungen. Diese lassen sich wirksam behandeln, doch viele Betroffene scheuen vor der bewährten „kognitiven Verhaltenstherapie mit Exposition“ zurück. In einer Studie an der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie wird untersucht, ob die Hemmschwelle durch den Einsatz „Gemischter Realität“ gesenkt werden kann.

www.uke.de/zwangsstoerungen



Freund und Helfer

Computer sind zu lernenden Geräten geworden. Für die Medizin haben sie immer größere Bedeutung und erkennen anhand gespeicherter Daten frühzeitig schwere Erkrankungen. Institutsdirektor Prof. Dr. Frank Ückert erklärt, was es mit Begriffen wie Semantik, Data Warehousing und Deep Learning auf sich hat.

Von Berit Waschatz

Womit beschäftigen sich Medizininformatiker:innen?

Prof. Ückert: Wir befassen uns mit dem kompletten Prozess der Digitalisierung. Das beginnt mit der Organisation der Datenerhebung; also wer Daten wie erfasst, auf welcher Rechtsgrundlage dies erfolgt und mit welcher ethischen Motivation. Dann beschäftigen wir uns aber auch mit dem Verständnis der Daten, also der Semantik. Was Semantik bei der Datenverarbeitung bedeutet? Mediziner:innen wissen, was ein Blutdruck ist, wie hoch er in der Regel sein sollte, und können ihn mit dem Puls in Verbindung bringen: Sie wissen, wenn der systolische Wert steigt, wird der diastolische in der Regel auch steigen. Der Computer sieht lediglich mehrere unabhängige Zahlenwerte. Damit er die Zusammenhänge verstehen und die Daten interpretieren kann, muss er entsprechend programmiert werden. Erst dann kann er Schlussfolgerungen ziehen und intelligent warnen.



PROF. DR. FRANK ÜCKERT

wechselte Anfang 2021 vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg ans UKE. Er leitet das neu gegründete Institut für Angewandte Medizininformatik.

Worum geht es bei der Datenerfassung noch?

Wir müssen dem Computer nicht nur Zusammenhänge erklären, sondern auch sagen, wann ein Wert nicht stimmen kann. Bevor er zum Beispiel bei niedrigem Blutdruck warnen kann, muss er wissen, dass die Werte zwischen 100 und 180 liegen sollten, eine Zahl unter 50 oder über 280 aber so gut wie nie in Normalsituationen vorkommt. Der Computer muss sich oder die Nutzer:innen fragen, ob hier eventuell ein Eingabefehler vorliegt. Dazu bezieht er andere Messwerte in die Analyse ein.

Was passiert am Ende mit den Daten?

Da kommen wir zum sogenannten Data Warehousing. Wir bauen Systeme, im Grunde Software, in denen die Daten nicht nur gespeichert, sondern auch miteinander verknüpft werden. Es geht für die Anwender:innen um Analysen, beispielsweise durch sogenannte *Dashboards**. Ein Beispiel aus der bereits bestehenden Praxis: Ich melde mich als Ärztin oder Arzt an einem System an und sehe auf möglichst nur einen Blick den Zustand der 20 Patient:innen, für die ich gerade zuständig bin.

***DASHBOARD**

Als Dashboard wird eine grafische Oberfläche, die zur Visualisierung von Daten dient, bezeichnet.



DIE VISION KRANKHEITEN FRÜHER ALS BISHER ERKENNEN

WISSEN	Eine frühzeitige Behandlung erhöht die Heilungschancen
FORSCHEN	Computer so programmieren, dass sie die richtigen Schlüsse ziehen
HEILEN	Künstliche Intelligenz (KI) in Diagnose und Behandlung integrieren



Heute forscht niemand mehr für sich allein.

Prof. Dr. Frank Ückert

Was macht Ihre Tätigkeit so wichtig?

Heute forscht niemand mehr für sich allein. Wissenschaftler:innen arbeiten gemeinsam an einem Projekt, auch virtuell, verteilt über verschiedene Institutionen und Länder. Aber alle Forschenden arbeiten mit unterschiedlichen Systemen und verschiedenen Geräten, die verschiedene Sprachen sprechen – und damit meine ich nicht die Landessprachen. Wir arbeiten daran, die Daten zusammenzubringen und zu integrieren, damit man sie überhaupt miteinander in Beziehung setzen und damit verwerten kann. Im UKE wird die lokale Vernetzung durch das Center for Biomedical Artificial Intelligence (bAlome) vorangetrieben. bAlome bringt auf einzigartige Weise Forschungsgruppen, Kliniken und IT-Ressourcen zusammen, um direkt einsetzbare KI-Methoden zu entwickeln.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Im Deutschen Zentrum für Kinder- und Jugendgesundheit, einem neu gegründeten nationalen Netzwerk an Kliniken und Forschungseinrichtungen, koordiniert das UKE die Arbeiten am Standort Hamburg. Die Klinik für Kinder- und Jugendmedizin untersucht in diesem Rahmen unter anderem die Übergewichtigkeit von Kindern und Jugendlichen. Um verlässlich herausfinden zu können, was Übergewichtigkeit zum Beispiel mit dem Stoffwechsel zu tun hat und was auf molekularer Ebene passiert, kooperiert das UKE mit anderen Institutionen aus dem Netzwerk, auch um notwendige zusätzliche Daten zu generieren. Doch jede dieser Einrichtungen verfügt über unterschiedliche Systeme und Semantiken, also „Datensprachen“, die zunächst verknüpft werden müssen, um sie überhaupt gemeinsam analysieren zu können. Erst am Ende des Prozesses kommen die gewonnenen Daten und mit ihnen die Erkenntnisse, die Ärzt:innen und Wissenschaftler:innen daraus ziehen, den Patient:innen zugute.

Was sind weitere Tätigkeitsfelder Ihres Instituts?

Wir arbeiten auch mit Künstlicher Intelligenz, hier ganz speziell mit den Methoden Machine Learning oder Deep Learning. Ein Beispiel: Gemeinsam mit dem Institut für Computational Neuroscience leiten wir Features aus Bildern ab. Zunächst wandeln wir das Bild sozusagen in Zahlen um. So wird etwa jeder Graustufe eine andere Zahl zugeordnet. Diese Zahlen kombinieren wir dann mit klinischen Parametern wie Vordiagnosen oder Vortherapien und molekularen Parametern, zum Beispiel genetischen Befunden.

Was bringt das den Patient:innen?

Mithilfe von maschinellem Lernen wollen wir Vorhersagen treffen können. Aus alten Fällen wollen wir ableiten können, was das für den Fall einer neuen Patientin oder eines neuen Patienten bedeuten könnte. Noch haben die Patient:innen davon nichts. Aber in ein paar Jahren werden uns vielfältige Datensätze zur Verfügung stehen und Mediziner:innen werden entscheidende Hinweise von Computern erhalten, welche – mitunter seltene – Therapie sie in bestimmten Fällen anwenden könnten. Das gehört entscheidend mit zur Medizin der Zukunft, die deutlich personalisierter ist als heute. Ein konkretes Beispiel: Wir arbeiten eng mit der Augenklinik zusammen, werten Augenhintergrundbilder und weitere Patient:inneninformationen aus – natürlich nur mit deren Einverständnis. Schon jetzt können anhand des Augenhintergrundes Durchblutungsstörungen und Diabetes erkannt werden. Ärzt:innen sehen diese oft erst, wenn sie schon fortgeschritten sind, Computer erkennen sie viel früher.

Und Ihr früherer Schwerpunkt Onkologie?

Am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg habe ich mit meinen Kolleg:innen Ärzt:innen dabei unterstützt, molekulare Tumorboards vorzubereiten. Wir haben ein System entwickelt, das sich aus den weltweit zehn wichtigsten Datenbanken bedient und danach Literatur vorauswählt. Das Computersystem kennt die genetischen Besonderheiten des jeweiligen Tumors und kann den Ärzt:innen relevante Studien, Therapien und Publikationen vorschlagen. Das möchte ich auch im UKE einführen, denn eine einzelne Person kann die unzähligen Veröffentlichungen kaum noch lesen und auf Relevanz prüfen.

Gibt es weitere Projekte?

Mit der Kardiologie starten wir ein Projekt zum Vorhofflimmern. Anhand bestimmter Parameter kann vorhergesagt werden, wann und in welcher Ausprägung es auftritt. Auch hier müssen wir aber zunächst Datensätze miteinander kompatibel machen.

KI-GESTÜTZTE MEDIZIN ENTWICKELN

Magnetresonanz- oder Computertomographien sowie Gesundheitsdaten von lernenden Maschinen auswerten lassen: Damit Künstliche Intelligenz (KI) in naher Zukunft Diagnosen und Behandlungen erkrankter Patient:innen optimieren kann, hat das UKE vor drei Jahren mit Unterstützung des Dekanats der Medizinischen Fakultät das Center for Biomedical Artificial Intelligence (bAlome) gegründet. Die Webseite www.baiome.org vernetzt Wissenschaftler:innen in verschiedenen Anwendungsbereichen.



MEHR INFORMATIONEN?

Hier geht's zu den Seiten des Instituts für Angewandte Medizininformatik: www.uke.de/iam

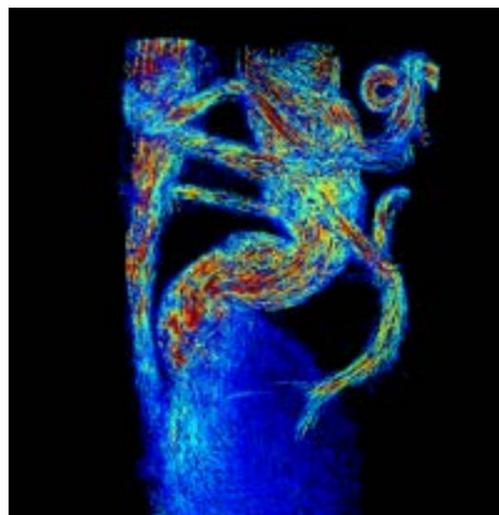
Der bessere Blick

Gesund oder entartet? Bei Gewebeaufnahmen achten Ärzt:innen auf kleinste Veränderungen. Künftig können intelligente Maschinen sie dabei unterstützen, etwa Krebszellen auf Magnetresonanz- (MRT) oder Computertomographien (CT) noch präziser vom gesunden Gewebe zu unterscheiden.

Von Katja Strube

*NEUROFIBROMATOSE

Seltene chronische, vererb-
bare Erkrankung, die zu
Tumorbildungen entlang der
Nervenstränge führt.



Eindrucksvoll: Ein 4D-Fluss-MRT stellt die großen Blutgefäße im Bauchraum dar

Vielen Dank für Ihre Geduld, wir lassen noch kurz die Künstliche Intelligenz auf Ihre Bilder schauen.“ Dass ein solcher Satz in der Radiologie etwa gegenüber Patient:innen mit **Neurofibromatose*** fällt, ist noch Zukunftsmusik. Die Instrumente, um sie erklingen zu lassen, werden allerdings bereits gestimmt. „Wir überwachen Patient:innen mit Neurofibromatose engmaschig, um bösartige Entwicklungen innerhalb bestehender Tumore frühzeitig zu erkennen“, sagt Dr. Inka Ristow, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin. „Zurzeit trainieren wir eine eigens entwickelte Künstliche Intelligenz (KI) darauf, spezifische Bildmerkmale und ihre quantitativen Ausprägungen so zu identifizieren, dass sich die Vorhersage verbessert, ob für diese Zellen ein erhöhtes Krebsrisiko besteht.“ Minimales Anwachsen von Zellansammlungen, winzige Unterschiede in den Grauwerten, dreidimensionale Veränderungen der Gewebestruktur – „für das menschliche Auge und selbst für radiologische Expert:innen sind diese Informationen oftmals kaum zu erkennen“, verdeutlicht Dr. Ristow, die zusammen mit Dr. Lennart Well an dem Projekt arbeitet.



Dr. Inka Ristow und Prof. Dr. Peter Bannas steuern das Projekt von radiologischer Seite

„Radiomics“ heißt die Methode, die in einer Kooperation zwischen der Radiologie und dem Institut für Computational Neuroscience nicht nur für die Klassifizierung von Nervenscheidentumoren trainiert wird. Auch Veränderungen bei der Entwicklung von gefährlichen Gefäßerkrankungen wie etwa Aussackungen der Hauptschlagader im Bauchbereich, sogenannte Bauchaortenaneurysmen, könnten zukünftig Radiomics-basiert noch präziser diagnostiziert werden. „Im zeitlichen Verlauf sehen wir per **4D-Fluss-MRT***, wie lange eine solche Aussackung oder auch ein Gerinnsel in der Bauchaorta bereits besteht und welche Auswirkungen sich daraus ergeben“, erläutert Dr. Ristow. Im akuten Fall können das Informationen sein, von denen das Leben der Patient:innen abhängt. „Durch die computergestützte Auswertung definieren wir neue Biomarker, die bei den bisherigen Risikobewertungen noch nicht berücksich-

Für das menschliche Auge sind diese Informationen kaum zu erkennen.“

Dr. Inka Ristow

*4D-FLUSS-MRT

Radiologisches Aufnahmeverfahren, bei dem der Blutfluss im Körper der Patient:innen durch das Anfertigen von Filmen genau untersucht werden kann.



DIE VISION BESSERE THERAPIE DANK COMPUTER-UNTERSTÜTZUNG

WISSEN	Winzige Zellveränderungen sind mit bloßem Auge auf radiologischen Bildern kaum wahrnehmbar
FORSCHEN	Wie lassen sich Bildauswertungen durch Künstliche Intelligenz (KI) unterstützen?
HEILEN	KI verbessert Vorhersagen von Krankheitsverläufen



DR. INKA RISTOW

gehört zur AG Kardiovaskuläre Bildgebung und zur AG Neurofibromatose, die spezielle MRT-Techniken entwickeln wollen. Enge Kooperationen bestehen zum Herz- und Gefäßzentrum und zum Institut für Computational Neuroscience.

*GLIOBLASTOM

Häufigster bösartiger Hirntumor. Betrifft meist Menschen im Alter zwischen 50 und 70 Jahren.

tigt werden konnten.“ Dabei geht es nicht nur um hochpräzise Analysen visueller Kriterien, sondern auch etwa darum, zulässige Werte der Wandschubspannung zu bestimmen. Diese lassen sich aus der Flussgeschwindigkeit des Blutflusses errechnen und lassen Rückschlüsse darauf zu, wie schnell mit einem Anwachsen des Aneurysmas – und damit einer lebensbedrohlichen Gefährdung der betroffenen Person – zu rechnen ist.

Bei der Untersuchung von Hirnmetastasen und *Glioblastomen** sowie bei Krebserkrankungen, bei denen unklar ist, wo die Krankheit ihren Ausgang nahm, wird der Einsatz von Künstlicher Intelligenz bei der Bildauswertung gleichfalls erprobt. „Das Computersystem ‚lernt‘ anhand von Bildern und Daten, die wir ihm zur Verfügung stellen, welche Bereiche besonders intensiv analysiert werden sollten“, erläutert

Priv.-Doz. Dr. René Werner, Wissenschaftlicher Arbeitsgruppenleiter im Zentrum für Experimentelle Medizin. „Je nach Grunderkrankung und Tumorart sind sehr viele verschiedene Charakterisierungen möglich, die relevant für ein bestimmtes Erkenntnisinteresse sein können, etwa eine Diagnose oder eine Entwicklungsvorhersage.“

Möglichkeiten der künftigen Interaktion zwischen behandelnden Ärzt:innen und Künstlicher Intelligenz gibt es eine ganze Reihe. „Ich kann mir einen produktiven Austausch gut vorstellen“, sagt Dr. Werner. „In unserer jetzigen Forschungsphase füttern wir die KI nicht

“**Das Computersystem ‚lernt‘ anhand von Bildern und Daten, die wir ihm zur Verfügung stellen.“**

Priv.-Doz. Dr. René Werner



Bilddaten, die im MRT oder CT gewonnen werden, bilden die Basis für die KI-Analyse

einfach mit Bildern und Daten, sondern grenzen die Bereiche ein, die von ärztlicher Seite besonders relevant sind, und gehen dann genau an diesen Stellen in die Tiefe.“ Die Datenmenge beim Training des Systems, verdeutlicht der Informatiker und Physiker, sei immens. Damit bei der Forschung mit KI die strengen Datenschutzrichtlinien jederzeit erfüllt sind, arbeiten alle Beteiligten in „Radiomics“-Projekten ausschließlich mit anonymisierten Informationen und Bildern. „Vom Prinzip lassen wir klar definierte Mengen an Bildern und Informationen einfließen und schauen im nächsten Schritt, ob sich erzielte Ergebnisse im Abgleich mit größeren Kollektiven bestätigen“, so Dr. Werner. Im Austausch mit anderen klinischen Partner:innen können Annahmen und Ergebnisse dann überprüft werden, ohne dass dafür die jeweiligen geschützten Daten ausgetauscht werden müssen.

Bis behandelnde Ärzt:innen im Klinikalltag tatsächlich KI-gestützte Diagnosen und Prognosen tätigen können, wird es noch ein wenig dauern. Doch schon bald wird am Einsatz von KI bei der Bildanalyse kaum ein Weg mehr vorbeiführen.



MEHR INFORMATIONEN?
Auf den Forschungsseiten der Klinik gibt's mehr Details: www.uke.de/forschung-radiologie



Alleskönner Mit einem neu entwickelten Instrument, genannt 3D-MiTi-Lab, werden im Institut für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin Gewebeproben mittels Bildgebung dreidimensional kartografiert, winzige Gewebesteilchen automatisiert mit Laserablation entnommen und anschließend direkt analysiert – ohne vorherige Pulverisierung, wie dies bisher üblich ist. www.uke.de/bioanalytik



Mit unserem KI-Prognoseprogramm lässt sich eine kritische Erhöhung des Hirndrucks lange im Voraus feststellen.



Dr. Nils Schweingruber, Klinik und Poliklinik für Neurologie
www.uke.de/ki-prognose



Genauer als die **EXPERT:INNEN**

Das Institut für Medizinische Systembiologie (IMSB) entwickelt KI-basierte Algorithmen in der klinischen Genomik und Bildanalyse – mit dem Ziel, Krankheiten noch besser zu verstehen und vorherzusagen. Diese Algorithmen liegen im direkten Vergleich mit klinischen Expert:innen gleichauf oder besitzen sogar eine höhere Genauigkeit, wie eine aktuelle Studie zeigt. www.ims.bio



ZAURRAHIMOV © STOCK.ADOBE.COM

Screening mit EKG

KI kann medizinisches Personal bei der Entscheidungsfindung unterstützen, aber auch eingesetzt werden, um ein Screening für Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit vergleichsweise einfachen diagnostischen Mitteln wie dem EKG durchzuführen, wie ein Projekt in der Klinik für Kardiologie am Universitären Herz- und Gefäßzentrum zeigt. www.uke.de/herzscreening

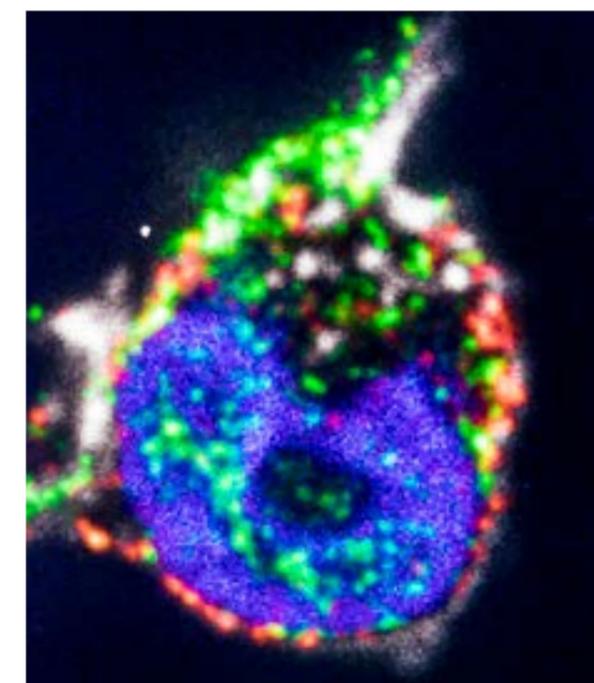


Datenschatz heben

Diagnostische Labordaten spielen eine große Rolle bei ärztlichen Entscheidungen und bleiben danach weitgehend ungenutzt. Ziel eines Projekts am Institut für Klinische Chemie und Labormedizin ist es, den Datenschatz zu heben und mit Methoden der Datenanalyse die Qualität der Messungen zu verbessern, um beispielsweise Daten aus verschiedenen Zeiträumen vergleichen und Trends ablesen zu können.



TULIPAIN © STOCK.ADOBE.COM



Immunabwehr **IM LIVESTREAM**

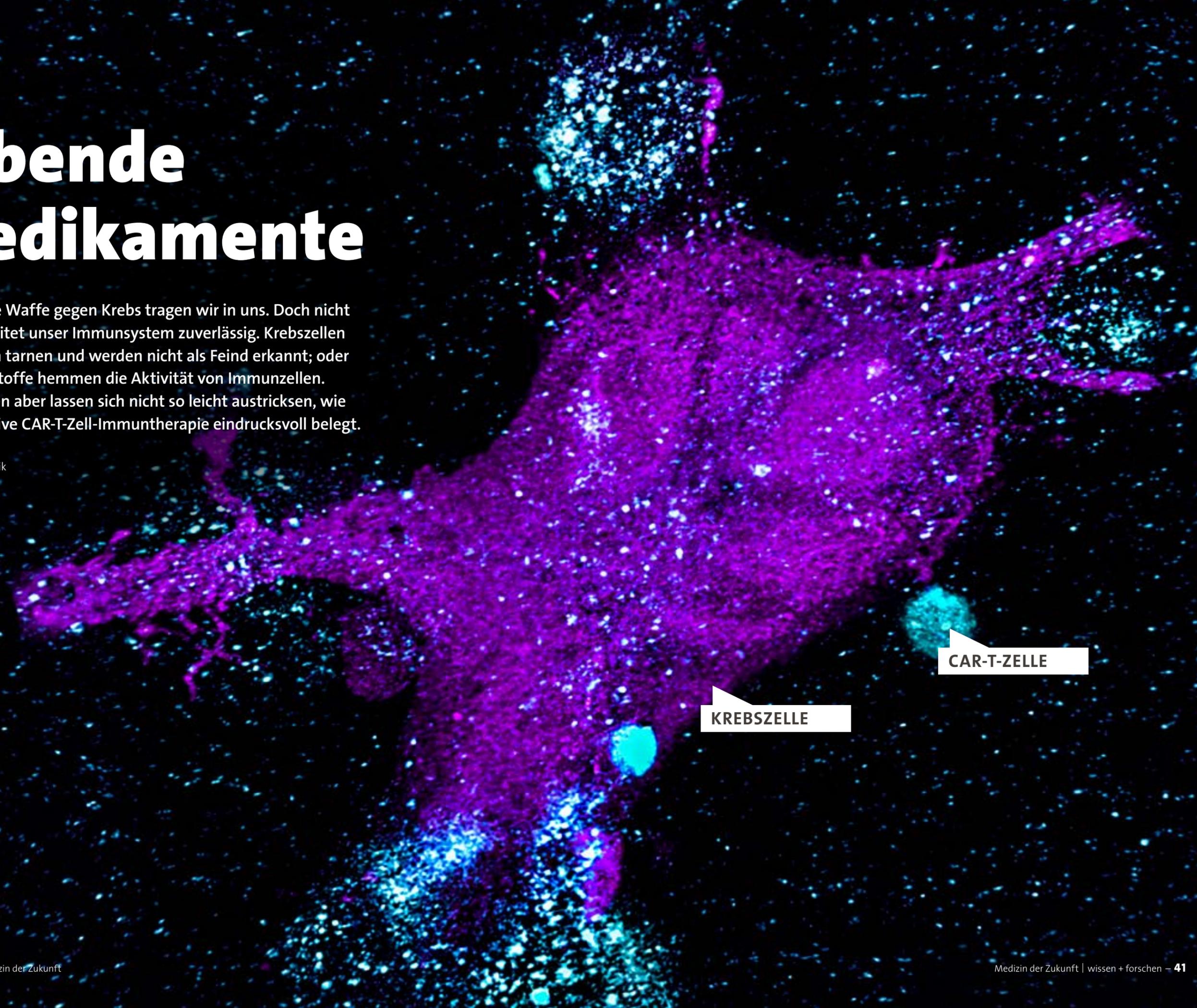
Der Arbeit menschlicher T-Zellen durchs Superresolution-Mikroskop zusehen: Per digitaler Aufnahmetechnik in Hyper-Zeitlupe sowie KI-gestützten Bildanalyseverfahren generieren Forscher:innen der Institute für Biochemie und Molekulare Zellbiologie sowie für Computational Neuroscience neue Informationen über körperliche Reaktionen auf entzündliche und infektiöse Prozesse. www.sfb1328.de



Lebende Medikamente

Die stärkste Waffe gegen Krebs tragen wir in uns. Doch nicht immer arbeitet unser Immunsystem zuverlässig. Krebszellen können sich tarnen und werden nicht als Feind erkannt; oder ihre Botenstoffe hemmen die Aktivität von Immunzellen. Immunzellen aber lassen sich nicht so leicht austricksen, wie die innovative CAR-T-Zell-Immuntherapie eindrucksvoll belegt.

Von Ingrid Kupczik



KREBSZELLE

CAR-T-ZELLE

DIE VISION DAUERHAFTES IMMUNREAKTION GEGEN KREBSZELLEN

- WISSEN** Immunzellen attackieren Krebszellen
- FORSCHEN** Synthetische Rezeptoren optimieren den Angriff
- HEILEN** Neue Hoffnung für schwerkranke Patient:innen

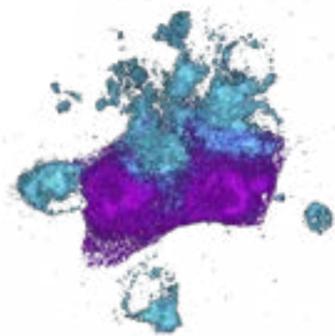
1 LEUKAPHERESE
Aus dem Blut der Krebspatient:innen werden T-Zellen gewonnen und stimuliert

2 GENTRANSFER
Die T-Zellen werden mit der genetischen Bauanleitung für den künstlichen Rezeptor ausgestattet

3 ENGINEERING
Die aufgerüstete T-Zelle bildet den Rezeptor (CAR) aus. Dieser kann Krebszellen erkennen

4 VERMEHRUNG
Die mit dem CAR aufgerüsteten T-Zellen werden auf Dutzende Millionen vermehrt

5 INFUSION
Die aktivierten CAR-T-Zellen werden per Infusion ins Blut zurückgegeben. Sie können die entarteten Blutzellen gezielt angreifen



*CAR-T-ZELLTHERAPIE

CAR steht für Chimärer Antigen-Rezeptor. Er erkennt spezifische Strukturen (Antigene) auf der Oberfläche von Krebszellen.

Der Mittvierziger, dem Prof. Dr. Francis Ayuk kürzlich auf dem UKE-Gelände begegnete, war eilig zu Fuß unterwegs, er hatte einen Routine-Check beim Kardiologen wegen einer länger zurückliegenden Herzklappen-OP. Seine schwere Krebserkrankung, die ihn vor drei Jahren beinahe das Leben gekostet hätte, liefert keinen Grund mehr zum Besuch im UKE. Der Mann steht mitten im Leben, arbeitet längst wieder. Und er gehört zu den ersten von mittlerweile rund 80 Patient:innen mit Krebserkrankungen des Bluts oder Lymphsystems, die seit 2019 im UKE mit der **CAR-T-Zelltherapie*** behandelt wurden. Weder Bestrahlung noch wiederholte Chemotherapien hatten das aggressive B-Zell-Lymphom des

Hamburgers zurückdrängen können. Dennoch gilt er heute als geheilt. Prof. Ayuk, der ihn behandelt hat, staunt nach wie vor über die Wirkung der innovativen Therapie: „Sie erreicht bei Patient:innen Erfolge, die wir uns nicht hätten erträumen können“, sagt der Leiter des CAR-T-Zellprogramms der Interdisziplinären Klinik und Poliklinik für Stammzelltransplantation.

ENORMES POTENZIAL

Das Verfahren birgt großes Behandlungspotenzial. „Man kann den CAR für alle Menschen nutzen, die unter

der gleichen Krankheit leiden. Dadurch ist eine breite Anwendung möglich“, erläutert Prof. Dr. Boris Fehse, wissenschaftlicher Laborleiter der Klinik für Stammzelltransplantation, wo die klinische Anwendung von einem umfangreichen Forschungsprogramm begleitet wird. „Gleichzeitig handelt es sich um eine höchst personalisierte Medizin.“ Alle Patient:innen werden mit den eigenen, gentechnisch „getunten“ T-Zellen behandelt. Dafür wird ihnen zunächst Blut entnommen, die weißen Blutkörperchen werden herausgesammelt, die verbleibenden Blutbestandteile in den Körper zurückgeleitet. Anschließend werden die T-Zellen gefiltert und mit einem zugelassenen CAR ausgestattet; nun können sie den Antigenrezeptor auf ihrer Oberfläche selbst herstellen. Diese CAR-T-Zellen werden den Patient:innen **zurückinfundiert*** und vermehren sich im Körper.

„Die CAR-T-Therapien sind zum Teil mit völlig neuen Risiken und Nebenwirkungen verbunden – ihr Erfolg erfordert daher die enge Zusammenarbeit in einem großen Team“, erläutert Prof. Ayuk. Beim Aufbau des klinischen CAR-T-Programms hat er ein Netzwerk von Kolleg:innen verschiedener Fachrichtungen wie der Transfusionsmedizin, Intensivmedizin, Neurologie und Hämatologie/Onkologie etabliert, damit die Patient:innen schnell und optimal versorgt werden. „Wir sind auf mögliche Nebenwirkungen sehr gut vorbereitet“, betont er.

Die CAR-T-Zelltherapie erreicht Erfolge, die wir uns nicht hätten erträumen können.

Prof. Dr. Francis Ayuk

*ZURÜCKINFUNDIERT

bedeutet, dass die Patient:innen ihre eigenen, mit CAR gentechnisch ausgerüsteten T-Zellen per Infusion in die Blutbahn erhalten.

T-ZELLEN

sind weiße Blutkörperchen, die zur adaptiven („lernenden“) Immunabwehr gehören. Sie erkennen fremde Strukturen auf Körperzellen, etwa Viren oder krebsbedingte Veränderungen, und zerstören sie. CAR perfektioniert die Freund-Feind-Erkennung der T-Zellen. Das Kürzel steht für Chimärer Antigen-Rezeptor, ein gentechnisch hergestelltes Molekül, das auf eine spezifische Zielstruktur (Antigen) auf der Krebszelle gerichtet ist. Wenn die genetische Information des CAR in das Erbgut einer T-Zelle integriert wird, wird diese in die Lage versetzt, bestimmte Krebszellen zu erkennen und auszuschalten.

- WISSEN** Immunzellen attackieren Krebszellen
- FORSCHEN** Synthetische Rezeptoren optimieren den Angriff
- HEILEN** Neue Hoffnung für schwerkranke Patient:innen

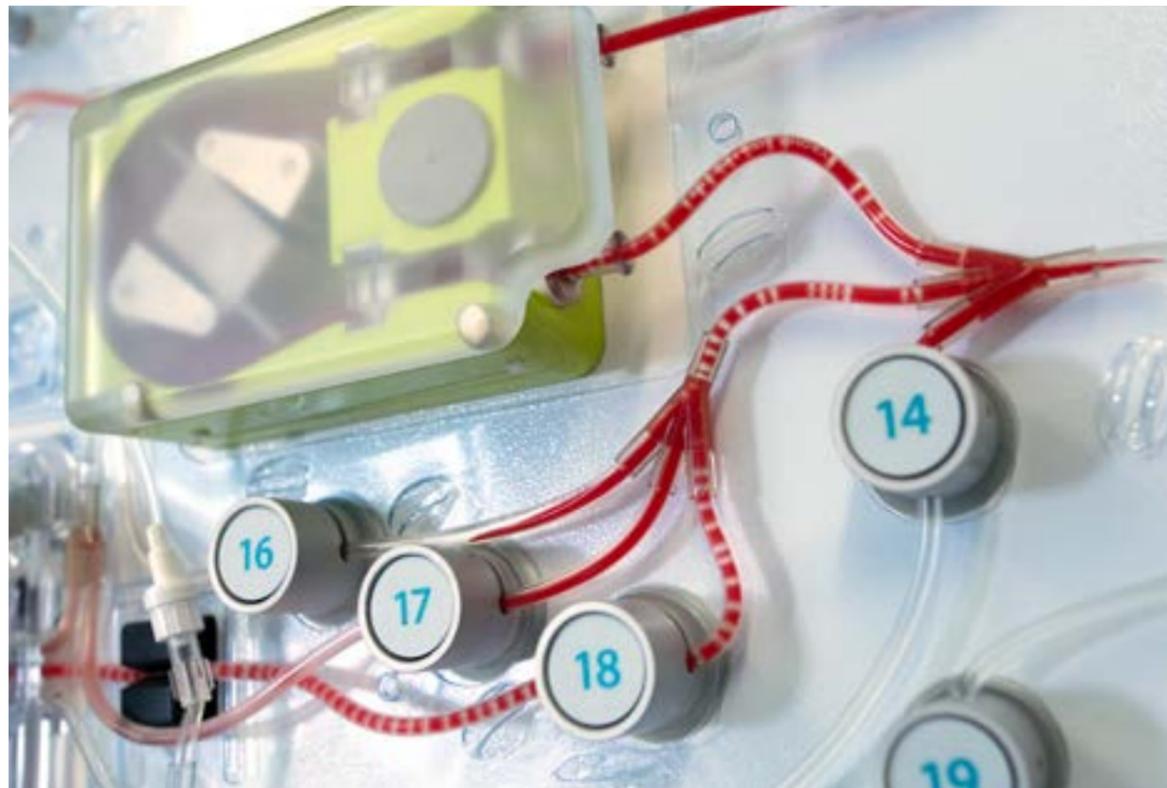
INTERNATIONALE ERFOLGE

Spektakuläre Therapieerfolge geben Anlass zu dieser Hoffnung: Doug Olson und Bill Ludwig, die vor zehn Jahren mit Mitte 60 an der University of Pennsylvania eine CAR-T-Zelltherapie gegen ihren Blutkrebs im Endstadium erhielten, sind bis heute krebsfrei. Die Amerikanerin Emily Whitehead war fünf, als sie an einer aggressiven Variante der Akuten

Lymphatischen Leukämie (ALL) erkrankte. Zwei Jahre Chemotherapie konnten dem todkranken Mädchen nicht helfen; als erstes Kind weltweit erhielt Emily die innovative Immuntherapie. Im April veröffentlichte die 17-Jährige, wie jedes Jahr um diese Zeit, ein neues Foto auf ihrer Homepage. Sie hält darauf eine Tafel: 10 years cancer free!

Die enge Verzahnung von Forschung und Klinik ist essenziell für den Behandlungserfolg.

Prof. Dr. Boris Fehse



Hightech im Labor: Herstellung der CAR-T-Zellen auf der CliniMACS Prodigy Plattform im Forschungslabor der Klinik für Stammzelltransplantation. Sämtliche Schritte der Zellverarbeitung sind automatisiert



PROF. DR. BORIS FEHSE

ist wissenschaftlicher Laborleiter in der Klinik und Poliklinik für Stammzelltransplantation und CAR-Experte. Seine Forschung umfasst die Bereiche Gentherapie, Stammzelltransplantation, Biomedizin, Molekular- und Zellbiologie.



PROF. DR. FRANCIS AYUK

ist Stellvertretender Klinikdirektor der Interdisziplinären Klinik und Poliklinik für Stammzelltransplantation. Der Internist behandelt Krebspatient:innen im UKE mit der vielversprechenden CAR-T-Zelltherapie.

SEIT 20 JAHREN FÜR EIN GEMEINSAMES ZIEL

Francis Ayuk und Boris Fehse arbeiten seit rund 20 Jahren zusammen, seit dem Start der CAR-T-Zelltherapie im UKE intensiver als je zuvor. „Die enge Verzahnung von Forschung und Klinik ist essenziell für den Behandlungserfolg“, sagt Fehse. Und für die Klärung offener Fragen: Warum profitieren nicht alle Patient:innen von CAR? Wie lassen sich die klinisch verfügbaren CAR-Produkte verbessern? Wie muss ein CAR beschaffen sein, um auch **solide Tumore*** wie Brust- oder Darmkrebs zu knacken? Für welche Erkrankungen jenseits von Krebs eignet sich das Verfahren? Die Entwicklung neuer CAR-Effektorzellen ist eines der großen Ziele der klinikbegleitenden Forschung, die vom Förderverein für Knochenmarktransplantation in Hamburg, von der Deutschen Krebshilfe sowie der Barbara und Wilfried Mohr-Stiftung finanziell gefördert wird.

Ein weiteres Ziel liegt greifbar nahe: die Herstellung der CAR-T-Zellen direkt vor Ort. Bisher werden die T-Zellen an einen Hersteller von zugelassenen kommerziellen CARs, zumeist in den USA, geschickt, dort präpariert und zurückgesandt. „Das kostet Zeit, in der sich der Zustand der Patient:innen oft verschlechtert“, so Prof. Fehse. Eine In-house-Produktion würde eine schnellere Behandlung erlauben und auch die Behandlungskosten deutlich senken.

***SOLIDE TUMORE**

Damit wird die Neubildung von Gewebe bezeichnet, etwa bei Brust- oder Prostatakrebs. Zu den nicht soliden Tumoren gehören Leukämien und Lymphome.



MEHR INFORMATIONEN?
Besuchen Sie die Klinikseite www.uke.de/forschung-stammzellen

WISSEN	Jeder Tumor hat unterschiedliche molekulare Merkmale
FORSCHEN	Therapien personalisiert und risikoadaptiert einsetzen
HEILEN	Überlebenschancen verbessern, Spätfolgen reduzieren

Der Preis des Überlebens

Wenn ein Kind den Krebs besiegt hat, scheint das Schlimmste überstanden. Doch die Therapie im Kindesalter fordert meist ihren Tribut. Mehr als die Hälfte der Betroffenen leidet später an den Folgen.

Von Nicole Sénégas-Wulf

MEHR NUTZEN, WENIGER RISIKEN

So lautet das Ziel in der Behandlung der akuten lymphatischen Leukämie (ALL). Zur Reduzierung von Spätfolgen forscht die deutschlandweite COALL-Therapiestudie unter Leitung von Priv.-Doz. Dr. Gabriele Escherich an risikoadaptierten und alternativen Therapien mit Hilfe der Molekulargenetik sowie an immuntherapeutischen Verfahren. 2019 schlossen sich die fünf führenden europäischen Studiengruppen auf dem Gebiet zum Konsortium ALL Together-ATC zusammen und erarbeiteten ein gemeinsames Behandlungsprotokoll.

Rund 2000 Kinder und Jugendliche erkranken jährlich an Krebs. Am häufigsten sind Leukämien und Hirntumoren. Glücklicherweise haben sich die Heilungschancen in den letzten Jahren deutlich verbessert, doch die Problematik gravierender Spätfolgen durch Strahlen- und Chemotherapien bleibt. Herz, Lunge, Hormonhaushalt und zentrales Nervensystem sind – je nach Behandlung – besonders oft geschädigt. „Wir müssen langfristig den Preis des Überlebens senken“, sagt Prof. Dr. Stefan Rutkowski, Direktor der Klinik für Pädiatrische Hämatologie und Onkologie.

Der Schlüssel für effektive und gleichzeitig schonende Therapien liegt im genauen Verständnis der jeweiligen Krebserkrankung. „Wurden in den 90er Jahren noch fast alle bösartigen Hirntumoren ähnlich behandelt, können wir heute innerhalb der Medulloblastome dank biologischer Forschungsergebnisse unterschiedliche Risikogruppen definieren. Mit variierenden Überlebenschancen zwischen 20 und 90 Prozent“, sagt Prof. Rutkowski, der auch die bundesweite HIT-MED Studienzentrale (MED = Medulloblastome, Ependyome und Diverse) leitet, die seit mehr als 30 Jahren Daten

Die moderne und präzise Krebsdiagnostik auf Basis molekularer Merkmale ist der Türöffner für eine personalisierte Medizin.

Prof. Dr. Stefan Rutkowski

von Kindern mit Hirntumoren sammelt und auswertet. Doch wie lernt man, eine Krebsart besser zu verstehen? Indem man die Tumorzellen auf charakteristische molekulare Merkmale hin untersucht, die Auskunft über die Aggressivität und Prognose der Tumorart geben. „Dadurch können wir die Kinder heute je nach Risikogruppe mit auf den Tumor zugeschnittenen Therapien behandeln“, erklärt der Kinderonkologe.

So viel wie nötig, so wenig wie möglich – das ist die Richtschnur für jede Behandlung. Wie sich Therapien individuell ausbalancieren lassen, untersuchte Prof. Rutkowski zuletzt in der europaweit angelegten und durch die Deutsche Kinderkrebsstiftung geförderten PNET 5-Studie mit mehr als 360 Patient:innen. Kinder mit biologisch günstigem Risikoprofil erhielten eine reduzierte Therapie aus weniger Bestrahlung und Chemotherapien. Bei Kindern mit biologisch mittlerem Risikoprofil wurde eine randomisierte Therapieintensivierung durchgeführt, um die Überlebensrate von derzeit 70 Prozent zu verbessern. Alle drei Monate durchlaufen die Kinder medizinische Check-ups. In zwei Jahren soll die PNET 5-Studie erste Ergebnisse liefern.



MEHR INFORMATIONEN?

Über die aktuellen Studien informiert die Seite www.uke.de/studien-kinderkrebs

Reset des Immunsystems

Was tun, wenn fehlgesteuerte Abwehrzellen permanent das Zentrale Nervensystem attackieren und keine Medikamente die Multiple Sklerose (MS) aufhalten kann? Dann ist es Zeit für einen Neustart des Immunsystems.

Von Silvia Dahlkamp

Zittrige Finger, taube Füße, Sprech- und Schluckstörungen, Gleichgewichtsprobleme – zunächst hat Multiple Sklerose keine typischen Symptome“, sagt Prof. Dr. Christoph Heesen, Leiter der MS-Ambulanz und -Tagesklinik im UKE. Wie alle Autoimmunerkrankungen, bei denen das Immunsystem körpereigene Strukturen angreift, gilt auch die „Krankheit der tausend Gesichter“ als nur schwer heilbar. In den vergangenen Jahren sind zwar Hightech-Medikamente auf den Markt gekommen, die die Angriffe auf das Nervensystem abbremsen und stoppen sollen. Doch nicht immer schlagen Immuntherapien und Therapeutika an.

MULTIPLE SKLEROSE

Allein in Deutschland leiden mehr als 250.000 Menschen an der chronischen Erkrankung, bei der fehlgesteuerte Immunzellen die Isolierschicht (Myelin) der Nervenfasern (Axone) attackieren und diese am Ende ungeschützt freiliegen. Gesunde Fasern leiten bis zu 1000 Signale in der Sekunde an das Zentrale Nervensystem (ZNS). Von dort gehen in rasender Geschwindigkeit Befehle an Muskeln und Organe. Entzünden sich jedoch immer wieder sensible neuronale Schaltstellen im Körper, werden Reize nur noch verzögert und schließlich gar nicht mehr übertragen.

„Jede:r zwanzigste MS-Kranke hat einen fortschreitenden, sogenannten progredienten, Verlauf, der hochaggressiv ist“, so Neurologe Heesen. Für diese Patient:innen kommt ein anderer Behandlungsansatz, der ursprünglich für die Krebsmedizin entwickelt wurde, in Frage. Dabei wird in einer Art „Reboot“ das fehlgesteuerte Immunsystem zunächst komplett heruntergefahren und anschließend neu gestartet. Dabei spielen körper-



eigene, autologe Stammzellen eine besondere Rolle. Die sogenannten Mutterzellen sind in der Lage, neue Blutkörperchen und Blutplättchen zu bilden. Deshalb werden sie zu Beginn der Behandlung aus dem Knochenmark ins Blut mobilisiert, dort gesammelt und dann zunächst eingefroren. Anschließend wird mit einer hochdosierten Chemotherapie das falsch programmierte Immunsystem ausgeschaltet, die Stammzellen werden aufgetaut und zurückgegeben. Es entsteht ein neues blutbildendes System mit einer neuen körpereigenen Abwehr, die bestenfalls auch keine Nerven mehr attackiert. Prof. Heesen: „Die Stammzelltransplantation kann besonders jungen Menschen mit heftigen Verläufen große Chancen eröffnen, die Krankheit für Jahre in den Griff zu bekommen.“

Im UKE wird das Verfahren seit einigen Jahren bei MS-Patient:innen angewandt. „Wir haben die Behandlung stetig weiterentwickelt, schwerwiegende Komplikationen hat es in keinem Fall gegeben“, sagt Prof. Dr. Nicolaus Kröger, Leiter der Interdisziplinären Klinik für Stammzelltransplantation im UKE. Das liege auch an der guten Zusammenarbeit zwischen Neurologie und Hämatologie, so Kröger. Über ein Medical Board planen die Mediziner:innen gemeinsam jeden Schritt: Aufnahmegespräche, Krankengeschichte, Medikamente, Blutspiegelwerte – jede:r ist über alles informiert. „Gute Kommunikation ist extrem wichtig für den Behandlungserfolg“, so Kröger. Und sie schafft Vertrauen bei den Patient:innen, die noch Jahre später zur Nachsorge kommen. Die Bilanz bisher: „Bei 15 von 20 Transplantierten kam die Krankheit zum Stillstand, vier Patient:innen sind beschwerdefrei. Nur in einem Fall ließ sich die Krankheit gar nicht aufhalten“, sagt Heesen.

“
Wir haben die Behandlung stetig weiterentwickelt, schwerwiegende Komplikationen hat es in keinem Fall gegeben.

Prof. Dr. Nicolaus Kröger



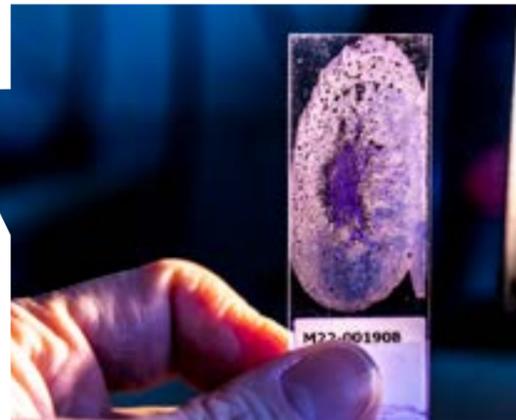
MEHR INFORMATIONEN?
MS-Therapien im UKE:
www.uke.de/ms

Im neuen Forschungscampus entsteht erstmals im UKE ein Labor der biologischen Sicherheitsstufe 3. Hier können hochpathogene Erreger, wie zum Beispiel SARS-CoV-2, ohne Risiko erforscht werden.“

www.uke.de/2050



Prof. Dr. Martin Aepfelbacher,
Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene



Diagnostik INTERAKTIV LERNEN

Erstmals ist eine umfassende Sammlung hochwertiger Zellpräparate digitalisiert worden. Knochenmark, Blut oder Hirnwasser. Die Aufnahmen im Rahmen des Projekts eLCH (eLearning Curriculum Hämatologie) unter Leitung von Dr. Anne Marie Asemissen, II. Medizinische Klinik, dokumentieren krankhafte und Normalbefunde und liefern wertvolles Anschauungsmaterial für die Diagnostikvermittlung. Die Präparate sind auf einer interaktiven Lernplattform zugänglich.

www.uke.de/elearning



Wie viel Stress haben künftige Hebammen?

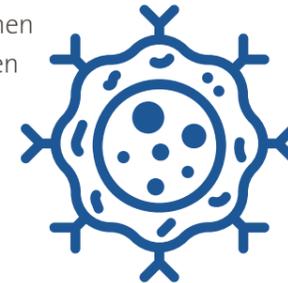
Seit 2020 ist der Hebammenberuf in Deutschland akademisch und wird nach dualem Studium mit dem Bachelor abgeschlossen. Wie steht es bei angehenden Hebammen um Gesundheitsverhalten und -kompetenz, Stresserleben und Bewältigungsstrategien? Das ermittelt Prof. Dr. Birgit-Christiane Zyriax mit ihrem Team in der Studie „Healthy MidStudents“ in Kooperation mit Universitäten, Hochschulen und Fachinstituten. Bis zu 600 Studierende an neun Standorten wurden bisher befragt. Die Ergebnisse können Ressourcen und Defizite in der Gesundheitsförderung aufdecken, die auch für das Verbleiben in diesem Beruf relevant sind.

www.uke.de/hebammenwissenschaft



3D-Tumormodell DIREKT AUS DEM OP

Bösartige Weichteiltumoren (Sarkome) sind eher selten, aber mit mehr als 100 Arten eine medizinische Herausforderung. Um individuelle Therapieansätze wie die Immuntherapie zu bewerten, erstellt das Team um Priv.-Doz. Dr. Anna Duprée, Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie, 3D-Modelle aus patient:inneneigenen Sarkomzellen. Sie werden im Rahmen einer Tumor-OP gewonnen, wachsen als Verbund weiter und geben als Minitumor Aufschluss über die Interaktionen von Tumor und Immunsystem.



Unterstützung für da Vinci

Roboterassistierte Operationen mit dem da Vinci-System sind bei Darmkrebs Standard, aber kompliziert. Schon ein minimal falscher Schnitt kann erhebliche Auswirkungen haben. Das Chirurgie-Team um Prof. Dr. Oliver Mann und Priv.-Doz. Dr. Nathaniel Melling will eine intelligente Software entwickeln, die automatisch warnt, wenn sich das Skalpell sensiblem Terrain, etwa Nerven oder Blutgefäßen, nähert. www.uke.de/viszeralchirurgie





Science-Fiction im OP

Ein Eingriff am schlagenden Herzen, nur mit örtlicher Betäubung, war vor einigen Jahren noch undenkbar. Doch die Medizintechnologie entwickelt sich rasend schnell und wird zunehmend digital.

Von Silvia Dahlkamp

DIE VISION MIT VR, KI UND ROBOTIK KRANKE HERZEN REPARIEREN

WISSEN	Kathetergestützte Verfahren sind eine Alternative zu offenen Herzoperationen
FORSCHEN	Hightech-Methoden auf dem Prüfstand
HEILEN	Maßgeschneiderte Therapien für alle Herzpatient:innen



PRIV.-DOZ. DR. ANDREAS SCHÄFER

leitet zusammen mit Priv.-Doz. Dr. Moritz Seiffert das TAVI-Programm. Nach seiner Promotion an der Berliner Charité 2015 absolvierte Schäfer den „Master of Health Business Administration“ an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 2016 und habilitierte sich fünf Jahre später am UKE.

Ein Hightech-Hybrid-OP im Herz- und Gefäßzentrum im Mai 2022: Ein Team um Herzchirurg Priv.-Doz. Dr. Andreas Schäfer und Kardiologe Priv.-Doz. Dr. Moritz Seiffert bereitet einen Herzklappenersatz vor. Soweit Routine. Doch dieser Eingriff wird anders verlaufen, das sieht man auf den ersten Blick. Denn Schäfer trägt eine Virtual-Reality-Brille, wie man sie von Computerspielen und aus Science-Fiction-Filmen kennt. Sie wird jeden seiner Handgriffe an Kolleg:innen in ganz Deutschland übertragen, die während der Prozedur live zugeschaltet sind. Eine Premiere im UKE.

Homeoffice und Herzoperationen, wie passt das zusammen? Vor Corona war Telearbeit die Ausnahme. Im Lockdown sind Meetings per Video-Call nicht nur in der Wirtschaft immer selbstverständlicher geworden. Inzwischen vernetzen sich auch Chirurg:innen während einer OP. Kolleg:innen stehen im Livestream mit Rat und Hilfe zur Seite, verschicken Daten per Mausclick, passen auf, damit nichts übersehen wird, während eine oder einer das Skalpell am OP-Tisch führt.

„Wie können wir auf dem neusten Stand der Technik bleiben?“, fragte sich auch Herzchirurg Schäfer, als die Corona-Inzidenzen stiegen und Außenstehende Kliniken kaum noch betreten konnten, um größtmöglichen Patient:innenschutz zu gewähren. Gleichzeitig wurden Kongresse abgesagt, auch Fortbildungen für Operateure fanden kaum noch statt, Medizintechniker:innen konnten aktuelle Neuentwicklungen nicht mehr vor Ort vorführen. „Wir wollten selbstverständlich trotzdem up to date bleiben und keine Fortschritte verpassen“, sagt Schäfer. So entstand die Idee von der VR-Konferenz live aus dem Operationsaal. Bei dem Eingriff im Mai setzte das Hamburger Team ein neues Verschlusssystem in eine Arterie ein, das die Wundheilung weiter verbesser

soll. Da es sich um die erstmalige Anwendung des Systems handelte, war das Interesse bei den Kolleg:innen anderer Kliniken groß, viele verfolgten den Eingriff an Bildschirmen fernab des UKE.

Computerbrillen sind selbstverständlich nicht neu. Die Idee kommt ursprünglich aus der Industrie. Dort werden sie eingesetzt, etwa um große Maschinen zu reparieren. Da ein:e Spezialist:in mitunter jedoch viele Flugstunden entfernt ist, setzen Techniker:innen vor Ort die Brille auf und schalten mit ihrer Hilfe weitere Expert:innen per Internet zu. Diese können sehen, was die Kolleg:innen zeigen, und aus der Ferne helfen, das jeweilige Problem zu lösen. So oder ähnlich soll es künftig auch bei hochkomplexen Operationen funktionieren. Internationale Hard- und Software-Unternehmen arbeiten seit einiger Zeit an der Weiterentwicklung sogenannter *HoloLens-Brillen**, über die sich Spezialist:innen über eine superschnelle 5G-Leitung vernetzen und gegenseitig unterstützen können – etwa bei schwierigen chirurgischen Eingriffen. Schäfer: „Auf diese Weise können Komplikationen verringert werden.“



Priv.-Doz. Dr. Andreas Schäfer (r.) und Priv.-Doz. Dr. Moritz Seiffert im Hybrid-OP des Herz- und Gefäßzentrums

Auf diese Weise können Komplikationen verringert werden.

Priv.-Doz. Dr. Andreas Schäfer

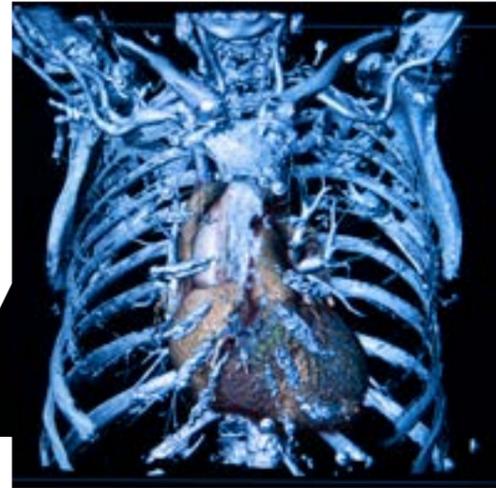
*HOLOLENS-BRILLEN

Mixed-Reality-Brillen, die es den Nutzer:innen erlauben, interaktive 3D-Projektionen in der direkten Umgebung darzustellen.



DIE VISION MIT VR, KI UND ROBOTIK KRANKE HERZEN REPARIEREN

- WISSEN** Kathetergestützte Verfahren sind eine Alternative zu offenen Herzoperationen
- FORSCHEN** Hightech-Methoden auf dem Prüfstand
- HEILEN** Maßgeschneiderte Therapien für alle Herzpatient:innen



Das Herz in der CT-Rekonstruktion: Die winzigen Verästelungen auf der Oberfläche zeigen die Kranzgefäße

Beim UKE-Versuchslauf im Mai trug Chirurg Schäfer eine Art Helm, in der eine hochauflösende Kamera eingebaut war. Sie war auf seine Blickachse ausgerichtet und filmte seine Hände. Die Aufnahmen wurden unmittelbar auf eine Art Desktop im Inneren übertragen, an dessen linkem Seitenrand gleichzeitig die Monitore aus dem OP eingeblendet wurden: mehrdimensionale CT- und Röntgenbilder und sämtliche Vitalfunktionen des Patienten wie Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffsättigung. „Es ist, als schaue man auf einen Computerbildschirm, auf dem gleichzeitig mehrere Fenster geöffnet sind“,

sagt Schäfer. Die externen Zuschauer:innen konnten sich jederzeit zuschalten und mit dem Operateur Face-to-Face chatten.

Priv.-Doz. Schäfer ist Spezialist für den Austausch defekter Herzklappen. Während der chirurgische Aortenklappenersatz die Therapie der Wahl bei jüngeren Patient:innen ist und größtenteils minimalinvasiv, mit einer nur teilweisen Öffnung des Brustbeins, durchgeführt wird, werden Herzklappen bei älteren Patient:innen zunehmend kathetergestützt und unter örtlicher Betäubung eingesetzt. Dabei schiebt der Implanteur eine biologische Prothese von der Oberschenkelarterie über die Hauptschlagader bis in das Herz, wo sie die kranke Klappe ersetzt. Nach 30 Minuten ist die schonende und komplikationsarme Prozedur beendet.



www.uke.de/karriere

DAS NEUE UNIVERSITÄRE HERZ- UND GEFÄSSZENTRUM

Künstliche Intelligenz, Bildfusion, Robotik, Augmented und Virtual Reality spielen auch im neuen Universitären Herz- und Gefäßzentrum eine besondere Rolle. Anfang 2024 geht das hochmoderne Gebäude, das gerade für rund 200 Millionen Euro auf dem UKE-Campus errichtet wird, in Betrieb. Es enthält bis zu 388 Betten, neun Hightech-OP-Säle, neun hochmoderne Herzkatheterlabore und ein kardiovaskuläres Bildgebungszentrum unter anderem mit CT- und MRT-Geräten. Das Ziel: Eine hochspezialisierte Versorgung für alle Altersgruppen, vom Baby bis zum alten Menschen, unter Einsatz von innovativen Spitzentechnologien. Bereits heute arbeiten Kardiolog:innen, Herz- und Gefäßchirurg:innen in interdisziplinären Teams eng zusammen, entwickeln maßgeschneiderte Therapien für rund 10.000 stationäre und 18.000 ambulante Patient:innen pro Jahr. www.uke.de/2050



Auf dem Monitor kann das zu behandelnde Areal aus verschiedenen Perspektiven begutachtet werden

„2007 haben wir das **TAVI*** genannte Verfahren erstmals im UKE durchgeführt“, sagt Andreas Schäfer. Das ist in Zeiten der Digitalisierung eine Ewigkeit, die Methode wurde in der Zwischenzeit technisch vielfach optimiert. Die Operation mit der Virtual-Reality-Brille jetzt war zwar nur ein Probelauf, vielleicht aber auch der Start in eine neue Zukunft. „Alle Kolleg:innen waren begeistert von den gestochen scharfen Live-Bildern. Ich kann mir vorstellen, dass die Brille Schule machen wird“, so Schäfer, der auch in die studentische Lehre eingebunden ist. „Künftig könnten Operationen wie diese per VR-Brille in Echtzeit in Hörsäle übertragen werden, damit Studierende virtuell mit am Tisch stehen.“ Und auch den ökologischen Aspekt hat der Herzchirurg im Blick: „Lange Reisen zum Zweck der OP-Demonstration oder des Kennenlernens neuer Techniken könnten zum Teil unnötig werden, wenn den Spezialist:innen im Operationssaal per Laptop auf die Finger geschaut werden kann.“

STICHWORT TAVI

Rund 500 künstliche Herzklappen jährlich werden im Herz- und Gefäßzentrum des UKE mittels TAVI (Transcatheter Aortic Valve Implantation) ersetzt. Das kathetergestützte Verfahren ist besonders schonend, weil auf die Öffnung des Brustkorbs und den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine verzichtet werden kann. Vor allem ältere und alte Patient:innen mit defekten Herzklappen profitieren von dem Verfahren, sind nach dem Eingriff schneller wieder fit.



MEHR INFORMATIONEN?
Auf den Forschungsseiten der Klinik gibt's mehr Details:
www.uke.de/herzforschung

WISSEN Prostatakrebszellen tragen auf ihrer Oberfläche ein spezifisches Antigen

FORSCHEN Auch kleinste Metastasen bei Rückfällen sichtbar machen

HEILEN Befallenes Gewebe punktgenau entfernen und Folgetherapien vermeiden

Den Tumor hörbar machen

Ruhig lässt der Chirurg die Gammasonde über das Operationsfeld gleiten. An einer Stelle fängt sie plötzlich lautstark an zu vibrieren. Enttarnt! Genau hier sitzt die Metastase eines Prostatakarzinoms.

Von Nicole Sénégas-Wulf

Die Schwierigkeit bei Rückfällen nach einer Prostatakrebserkrankung ist, herauszufinden, wo genau sich die Krebszellen im Körper aufhalten. „Unser Ziel ist es, befallenes Gewebe jederzeit sicher zu entfernen“, erklärt Prof. Dr. Tobias Maurer, Ärztlicher Leiter der Martini-Klinik des UKE. Wird Prostatakrebs frühzeitig entdeckt und behandelt, stehen die Heilungschancen zwar sehr gut, doch erkranken drei von zehn Patienten Monate, teils auch Jahre nach ihrer Therapie erneut. Regelmäßige Kontrollen des PSA-Werts, der beim Prostatakarzinom rasch ansteigt, liefern hier den entscheidenden Hinweis. „Wir haben es häufig mit Metastasen zu tun, die nur

wenige Millimeter groß sind und im Körper sehr gut verborgen liegen“, berichtet Prof. Maurer. Zum Beispiel, wenn die Krebszellen ins Lymphgewebe wandern und sich dort vermehren.

Gut versteckt, ja. Unsichtbar sind sie jedoch nicht. Mit neuen Methoden können heute selbst sehr kleine von Tumorzellen befallene Lymphknoten identifiziert werden. Der Schlüssel liegt im Prostata-spezifischen Membranantigen PSMA – einer besonderen Eiweißstruktur, die bis zu 1000fach vermehrt auf Prostatakrebszellen vorkommt. Künstlich hergestellten Molekülen gelingt es, das PSMA zu erkennen

OPERATION PER JOYSTICK

In der Martini-Klinik ist die PSMA-radioguided Surgery auch minimalinvasiv mit dem roboterassistierten Operationssystem da Vinci möglich. Dabei wird eine Gammasonde durch einen kleinen Kanal in den Bauch eingeführt. Der vom Operateur gesteuerte Roboterarm erfasst die Sonde und kann sie in alle Positionen drehen, um den radioaktiv markierten Tumor aufzuspüren. Vorteile für den Patienten sind kleinere Schnitte und weniger Blutverlust, für Operateure ist die verbesserte Sicht auf das Operationsfeld vorteilhaft.



Höchste Konzentration bei der Suche nach radioaktiv markierten Prostatakrebszellen

und es zu kapern. „Zuvor versehen die Kolleg:innen der Nuklearmedizin die Moleküle mit einem Kontrastmittel, das die Prostatakrebszellen radioaktiv markiert. In der bildgebenden Untersuchung lässt die Strahlung die befallenen Zellen dann aufleuchten, sodass wir ihren Aufenthaltsort genau bestimmen können“, erklärt der Urologe.

Doch wie gelingt es, die so gut versteckten Metastasen ebenso zielgenau operativ zu entfernen? „Auch hier leiten uns die PSMA-gerichteten Moleküle sicher zu den befallenen Lymphknoten“, sagt Prof. Maurer. Hierfür erhält der Patient am Tag vor der Operation das minimal radioaktiv geladene Molekül als Injektion, das sich wie ein Puzzlestück an die Krebszelle heftet und sie so enttarnt. Während der OP gehen die Chirurg:innen mit einer Gammasonde – ähnlich wie ein Geigerzähler – über das Operationsfeld. Beginnt die Sonde zu vibrieren, befinden sich darunter Krebszellen, die punktgenau entfernt werden.

Für Patienten mit Prostatakrebs-Rezidiv bedeutet die junge Methode einen Lichtblick: Erste Untersuchungen zeigen, dass ihr PSA-Wert nach der OP dauerhaft reduziert werden konnte und im Folgejahr keine weiteren Maßnahmen wie Hormon- oder Strahlentherapien notwendig waren.

„**Unser Ziel ist es, befallenes Gewebe jederzeit sicher zu entfernen.**“

Prof. Dr. Tobias Maurer



MEHR INFORMATIONEN?
Hier wird das Verfahren ausführlich erläutert:
www.uke.de/martini-psma

Erkenntnisse gewinnen, Wissen vermitteln

„From bench to bedside and back“: Was auf Deutsch etwa „Vom Labor ans Krankenbett und zurück“ bedeutet, skizziert den Prozess der heutigen Forschung; er wird auch als Translationszyklus bezeichnet. Dahinter steckt die fachübergreifende Zusammenarbeit von Grundlagen- und patient:innennaher Forschung, Krankenversorgung sowie von Gesundheits- und Versorgungsforschung. Translation ist viel mehr als reiner Wissenstransfer. Es geht darum, neu gewonnenes Wissen anzuwenden, die daraus entwickelten Behandlungsmethoden zu überprüfen und zum Wohle der Patient:innen zu optimieren.

FORSCHEN

Fragen, die während der Krankenversorgung entstehen, werden von den Wissenschaftler:innen überprüft und analysiert. Bestenfalls untersuchen sie daraus entstandene Thesen in Grundlagenforschungen oder klinischen Studien.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit wird im UKE groß geschrieben. Nur so sind Fortschritte in der Behandlung zu erzielen.

Prof. Dr. Blanche Schwappach-Pignataro,
Dekanin der Medizinischen Fakultät

WISSEN

Das UKE basiert auf der Erfahrung von über 130 Jahren und dem Wissen von aktuell 14 400 Mitarbeitenden verschiedenster Berufe. In drei Studien- sowie zahlreichen Ausbildungsgängen wird Know-how vermittelt, das insbesondere in der Krankenversorgung genutzt wird.

Unser Ziel ist
die Gesundheit und das
Wohlergehen unserer
Patient:innen.
Für sie forschen wir.
Für sie lehren wir.
Für sie lernen
wir stetig dazu.

Auszug aus dem
Leitbild des UKE

HEILEN

Das neu gewonnene Wissen wird in die Klinik überführt und bei der Versorgung der jährlich rund 500 000 Patient:innen angewandt. Daraus resultieren neue Erkenntnisse und Fragen.

Jede Spende hilft!

Stärken Sie die Spitzenmedizin



PETRA GILB-JULIE



GABRIELE HOLST

Die Synergie aus Spitzenforschung und Spitzenmedizin im UKE ermöglicht die Entwicklung neuer Therapieansätze und verbessert die Versorgung schwerkranker Patient:innen. Diesen erfolgreichen Weg wollen wir weitergehen: mit Ihnen, Ihrem Engagement, Ihrer Spende. Denn viele Projekte können erst mit Unterstützung großzügiger Spender:innen realisiert werden. Deshalb bitten wir Sie: Unterstützen Sie die Arbeit des UKE. Wo wir Ihre Hilfe einsetzen, entscheiden Sie: für ein ganz besonderes Herzensprojekt, oder in Forschung, Lehre oder Klinik.

„Wir freuen uns darauf, mit Ihnen in Kontakt zu kommen:“

SO KÖNNEN SIE UNS UNTERSTÜTZEN

Ob groß oder klein – stärken Sie einmalig oder regelmäßig mit Ihrer Spende die Spitzenmedizin im UKE.

Spenden statt schenken Geburtstage und Firmenfeiern sind gute Gelegenheiten, Gutes zu tun. Bitten Sie Ihre Gäste um eine Spende zugunsten des UKE.

Spenden im Trauerfall In Gedenken an einen lieben Menschen können Sie anstelle von Blumen um eine Spende zugunsten des UKE bitten und ein Zeichen für das Leben setzen.

Vererben: über Ihre Zeit hinaus Gesundheit spenden Mit Ihrem letzten Willen in Ihrem Testament können Sie das UKE als Vermächtnisnehmer oder Erben bedenken und über das Leben hinaus Gutes tun.

Stiften: Die Gesundheit von morgen schaffen Helfen Sie heute, den medizinischen Fortschritt von morgen möglich zu machen. Nehmen Sie aktiv teil, bestimmen Sie mit, welche medizinischen Projekte durch die UKE Stiftung gefördert werden. Unterstützen Sie uns: UKE-Stiftung. Forschung stark machen.

040 7410-583 84
spenden@uke.de
www.ukede.de/spenden



UNSER SPENDENKONTO:
UKE gemeinnützige GmbH
Hamburger Sparkasse
DE54 2005 0550 1234 3636 36
HASPDEHHXXX
Verwendungszweck: w+f22



Großes bewegen. Auf Station und im Labor.

Seit 2019 ist Dr. Dimitra Zazara-Giannou im Kinder-UKE als Ärztin tätig und erfüllt sich damit nicht nur ihren Kindheitstraum. Auch der gewachsene Wunsch zu forschen geht hier in Erfüllung. Als Clinician Scientist arbeitet sie aktuell auch im Bereich Feto-Maternale Medizin. Hier beschäftigt sie sich beispielsweise mit Lungenentwicklung und der Frage, wie pränatale Faktoren das Leben nach der Geburt beeinflussen. Die Forschungsergebnisse kann sie dann als Ärztin auf Station anwenden und damit ihren eigenen und vielen weiteren Patient:innen helfen.

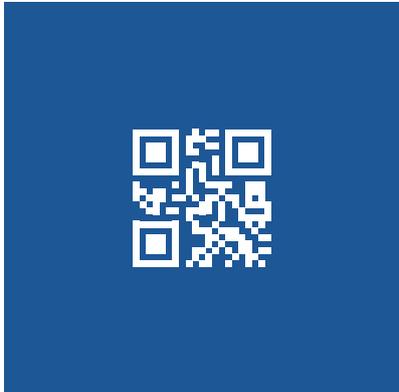
Wenn Sie auch Großes bewegen wollen: www.ukede.de/karriere



IMPRESSUM Herausgeber: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), Martinistraße 52, 20246 Hamburg | Verantwortlich: Friederike Schulz, Leitung Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation | Redaktionsleitung: Uwe Groenewold | Autor:innen: Silvia Dahlkamp, Ingrid Kupczik, Nicole Sénégas-Wulf, Katja Strube, Berit Waschatz | Bildredaktion: Eva Hecht | Fotos: Axel Kirchhof | Lektorat: Monica Estévez, Silke Hilgemeier | Konzeption: Sina Hofmann, Doreen Martens | Gestaltung: Britt Hansen | Schlussredaktion: Saskia Lemm | Druck: Lehmann Offsetdruck GmbH, Norderstedt | Auflage: 5000 Exemplare | Stand: 1. Dezember 2022

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Onlinedienste und Internet sowie Vervielfältigung auf Datenträgern nur mit Genehmigung des Herausgebers. Die veröffentlichten Fotos sind entweder vor Beginn der Corona-Pandemie entstanden oder entsprachen zum Zeitpunkt der Aufnahme den jeweiligen Corona-Richtlinien.





wissen + forschen
im Internet:
www.uke.de/w+f