

2.2020

ein blick

Data Science
und Krebs

dkfz.

DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

.....

Forschen für ein Leben ohne Krebs



Inhalt

Liebe Leserinnen und Leser,

wer einen Eindruck bekommen möchte, was Künstliche Intelligenz leisten kann, muss nur die Fotos auf dem Smartphone mit Begriffen wie „Sport“, „Fahrzeug“ oder „Strand“ durchsuchen. Das funktioniert nicht immer perfekt, aber das Ergebnis ist trotzdem beeindruckend. Auch ungewöhnliche Perspektiven oder halb verdeckte Objekte stellen offenbar keine zu große Hürde dar, um den Inhalt der Fotos zu erfassen. Neben „Rechenpower“ benötigen die Experten für solche Anwendungen vor allem große Mengen Bilder, mit denen die KI-Systeme trainiert werden können. Das ist in der Medizin nicht anders – zum Beispiel, wenn es darum geht, Algorithmen zu entwickeln, die Tumoren auf medizinischen Bildern identifizieren sollen. Wir berichten über eine IT-Infrastruktur, die Forscher des DKFZ im Deutschen Konsortium für translationale Krebsforschung (DKTK) aufgebaut haben. Sie eröffnet den beteiligten Partnern den datenschutzkonformen Zugang zu hochwertigem Bildmaterial, indem nämlich anstelle der Bilddaten die Analyse-Algorithmen ausgetauscht werden.

Nicht nur bei Bildern, sondern zum Beispiel auch bei komplexen genetischen Daten dient Künstliche Intelligenz häufig dazu, Muster zu erkennen. Gibt es Muster in solchen Daten, die sich bei gesunden Menschen und Menschen mit einer Krebserkrankung unterscheiden? Lässt die Kombination bestimmter Veränderungen vielleicht schon früh auf einen Tumor schließen? Wir stellen Wissenschaftler vor, die diese Fragen mit neuesten technischen Verfahren, mit statistischer Modellierung und maschinellem Lernen, vor allem aber auch mit viel Know-how und Leidenschaft beantworten möchten.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Frank Bensch

- 4 News
- 6 Porträt: Die Datenartistin
- 9 Schutz durch HPV-Impfung
- 10 Präventionsforschung: Das Potenzial ausschöpfen
- 12 Die Nationale Krebspräventionswoche
- 14 Die Zahl der Gene
- 15 Ein Neubau für das KiTZ
- 16 Vom Datenwust zur Partitur des Lebens
- 20 KID: Können Nahrungsergänzungsmittel vor Krebs schützen?
- 22 Kunst am Bau
- 23 NCT: Neubau am Standort Dresden
- 24 Interview: Vernetzung gestalten
- 28 Spenden: „Das Leben muss weitergehen“
- 30 Krebs – eine europäische Aufgabe
- 32 DKTK: Gemeinsam im Bilde sein
- 34 Preise und Auszeichnungen
- 35 Impressum



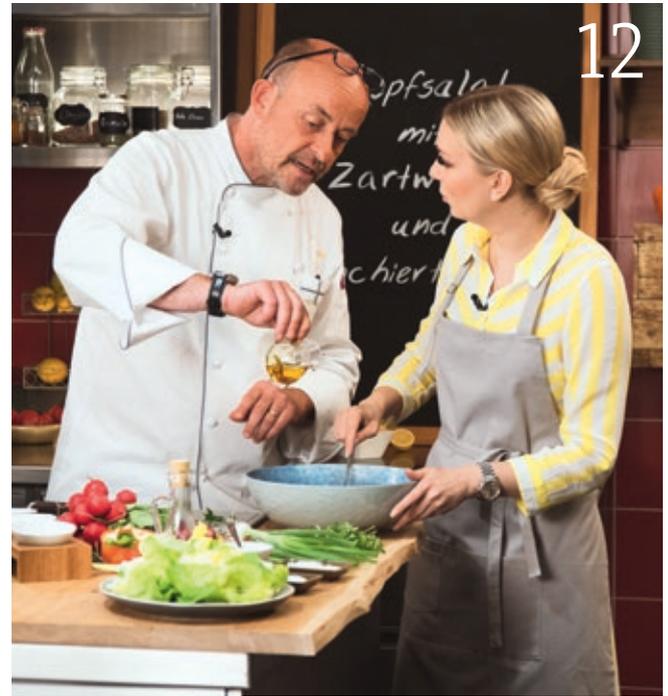
28



15



23



12

6

DIE DATENARTISTIN

Angela Goncalves nutzt Werkzeuge der Bioinformatik, um frühe Stadien der Krebsentstehung zu untersuchen. Damit möchte sie langfristig dazu beitragen, die Früherkennung zu verbessern.

16

DIE PARTITUR DES LEBENS

Wie ist die Aktivität von Genen untereinander verschaltet? Mit Hochdurchsatz-Analysen und statistischen Modellen möchten DKFZ-Forscher dieser Frage auf den Grund gehen.

24

VERNETZUNG GESTALTEN

Im Interview spricht Ursula Weyrich über ein besonderes erstes Jahr im Amt als Kaufmännischer Vorstand des DKFZ.



„Tabakatlas Deutschland 2020“ erschienen



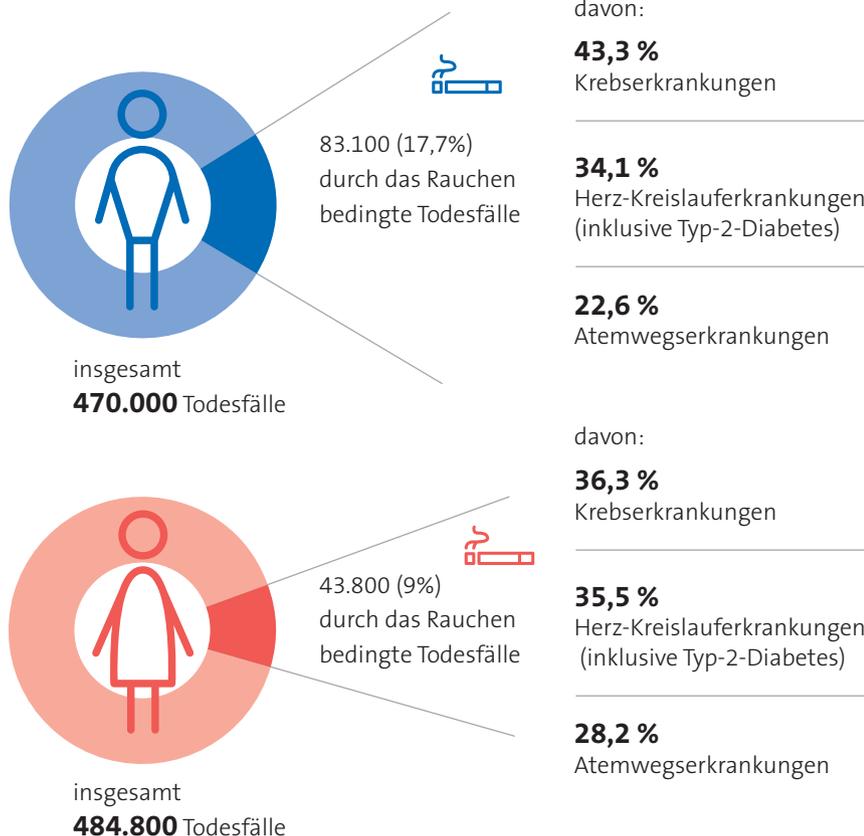
Mit der neuen Auflage des Tabakatlas legt das DKfZ zum dritten Mal eine Zusammenfassung aktueller Daten und Fakten rund um den Tabakkonsum vor.

Rauchen ist nach wie vor einer der wichtigsten vermeidbaren Krebsrisikofaktoren. Allein in Deutschland waren im Jahr 2018 rund 85.000 Krebsfälle durch das Rauchen verursacht. Etwa 127.000 Menschen starben an den Folgen der zahlreichen tabakbedingten Erkrankungen – das entspricht 13,3 Prozent aller Todesfälle. Der Tabakatlas verdeutlicht das enorme Potenzial der Krebsprävention und präventiver Gesundheitspolitik. Er gibt einen umfassenden Überblick über das Ausmaß des Rauchens, die Folgen des Tabakkonsums sowie über Lösungsstrategien, um die Schäden zu verringern, die das Rauchen der Gesellschaft zufügt. Immer noch rauchen 26,4 Prozent der Männer und 18,6 Prozent der Frauen sowie 6,0 Prozent der Jungen im Alter von 12 bis 17 Jahren und 5,2 Prozent der gleichaltrigen Mädchen. Neben den gesundheitlichen

Konsequenzen gibt der Atlas auch einen Überblick über die immensen Folgen des Rauchens für Gesellschaft und Umwelt: So belaufen sich etwa die Kosten, die das Rauchen jährlich in Deutschland verursacht, auf 97 Milliarden Euro. Gleichzeitig zeigt der Bericht Lösungsansätze auf, wie vor allem die Politik dazu beitragen kann, den Tabakkonsum zu senken.

Der „Tabakatlas Deutschland 2020“ ist als pdf-Datei abrufbar unter: www.tabakkontrolle.de

Todesfälle in Deutschland im Jahr 2018 bei Männern und Frauen



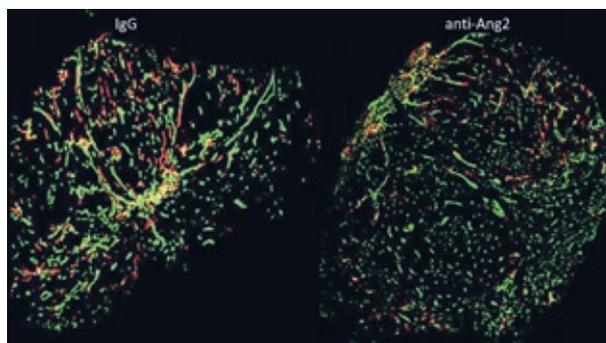
BMBF fördert vier neue NCT-Standorte

Ein internationales Gutachtergremium hat die vier Standort-Kandidaten für den Ausbau des Nationalen Centrums für Tumorerkrankungen (NCT) ausgewählt.

Im Rahmen der Nationalen Dekade gegen Krebs sollen bundesweit vier neue Standorte des NCT entstehen. Am 23. September gab Bundesforschungsministerin Anja Karliczek die Kandidaten als Ergebnis eines kompetitiven Bewerbungsverfahrens bekannt. Für den Endausbau der Zentren in Berlin, Essen/Köln, Tübingen/Stuttgart-Ulm sowie Würzburg mit den Partnern Erlangen, Regensburg und Augsburg plant das Bundesministerium für Bildung und Forschung je Zentrum bis zu 13 Millionen Euro pro Jahr zur Verfügung zu stellen. Das Ministerium folgte dabei der Empfehlung eines international besetzten Expertengremiums. Wie die bereits bestehenden NCTs in Heidelberg und Dresden sollen die neuen NCT-Standorte patientenbezogene Spitzenforschung und onkologische Patientenversorgung unter einem Dach vereinen und im Rahmen von innovativen translationalen und klinischen Studien eine maßgeschneiderte Diagnostik und Therapie auf dem neuesten Stand der Forschung anbieten.



Blockiert ein Antikörper den Botenstoff Angiopoietin 2, sterben die Lymphgefäße (grün) im Tumor ab. (rechts: nach Behandlung mit dem Antikörper).



Metastasen verhindern

Wenn sich Tumorzellen über die Lymphbahnen im Körper ausbreiten, spielt dabei offenbar ein Botenstoff des Gefäßsystems eine wichtige Rolle.

Krebszellen sind in der Lage, über Blut- und Lymphgefäße im Körper zu streuen und dann Metastasen zu bilden. Wissenschaftler vom DKFZ und der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg haben sich speziell mit der Ausbreitung über die Lymphbahnen beschäftigt. In Untersuchungen an Mäusen erforschte das Team um Hellmut Augustin insbesondere die Rolle der Lymph-Endothelzellen, die die Lymphgefäße von innen auskleiden. Es stellte sich heraus, dass der Botenstoff Angiopoietin 2 diesen Zellen das Überleben im Tumor sichert. Ein Antikörper, der Angiopoietin-2 gezielt blockiert, ließ die Lymphgefäße

im Tumor selektiv absterben. Somit war dieser Transportweg für sich ablösende Krebszellen unterbrochen. In der Folge bildeten sich weniger Tochtergeschwülste in weiter entfernten Organen, und die Mäuse überlebten signifikant länger. Grundlage für die Untersuchungen war ein neu entwickeltes Modellsystem. Es ermöglicht den Tumoren, funktionsfähige Lymphgefäße zu bilden, die dann Anschluss an das Lymphsystem der Tiere erhalten. In weiteren Untersuchungen möchten die Forscher nun klären, ob sich auf ähnliche Weise auch beim Menschen die Ausbreitung von Tumoren bremsen lässt.

DIE DATENARTISTIN

Angela Goncalves ist Bioinformatikerin und leitet seit fast drei Jahren die Nachwuchsgruppe „Somatische Evolution und Früherkennung“ am DKFZ. Ihre kreativen Ideen, eine zufällige Begegnung im Bus und nicht zuletzt ihre Zielstrebigkeit haben die 36-jährige Portugiesin in die Krebsforschung geführt. Hier fühlt sie sich jeden Tag von Neuem angespornt.

„U nmengen an Daten sortieren, vergleichen, interpretieren, analysieren und modellieren – etwas Besseres kann ich mir nicht vorstellen“, sagt Angela Goncalves lachend. Wenn man mit der Bioinformatikerin über ihre Arbeit spricht, fällt sofort auf, wie viel Spaß ihr die tägliche Daten-Jonglage macht, und wie sehr sie die herausfordernden Fragestellungen in der Krebsforschung begeistert. „Data Science ist ein unglaublich wertvolles Werkzeug, um besser zu verstehen, wie Krebs entsteht“, sagt Goncalves. Neben ihrer Arbeit am Computer spielt vor allem der Austausch mit Kollegen eine zentrale Rolle. Gemeinsam gilt es, Probleme zu lösen und neue Ideen zu entwickeln. „Das ist ein sehr kreativer und ausgesprochen wichtiger Teil meiner Arbeit“, so Goncalves.

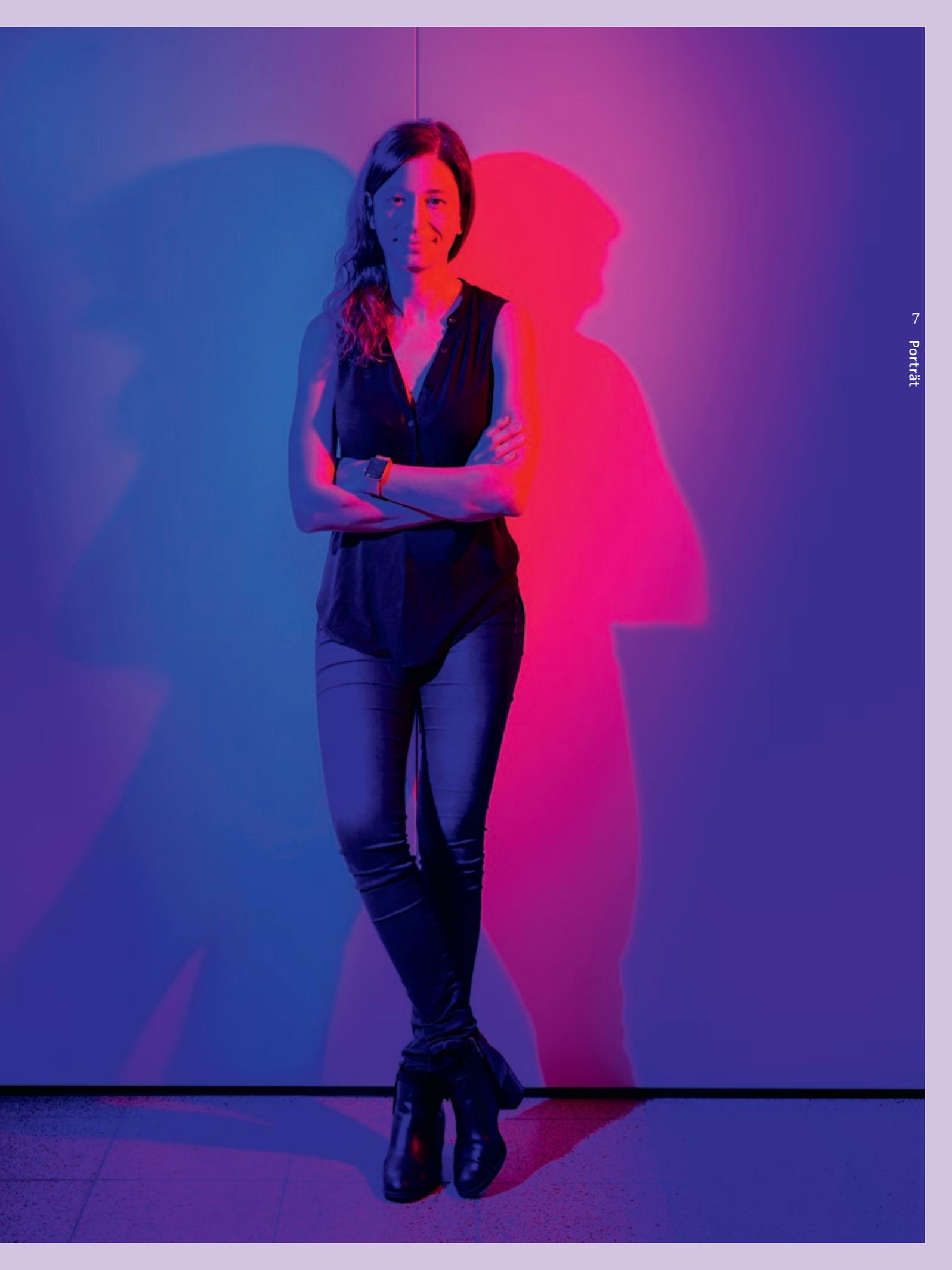
Forschen für die Früherkennung

Mit ihrem sechsköpfigen Team forscht Goncalves zu Fragen rund um die sogenannte somatische Evolution. Sie möchten herausfinden, wie sich das Erbgut somatischer Zellen – das sind alle Arten von Körperzellen mit Ausnahme von Geschlechtszellen und ihren Vorläufern – mit der Zeit verändert. Denn werden Mutationen nicht durch zelleigene Reparaturmechanismen eliminiert, können sie im Zuge der Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben werden. Dadurch entstehen in Geweben kleine oder auch größere Inseln von Zellen mit verändertem Erbgutmaterial. Im Laufe des Alterungsprozesses gibt es immer mehr solcher Inseln aus mutierten Klonen, und sie werden größer. „Die Zellen stehen miteinander in

einer Art Wettbewerb“, erklärt Goncalves. „Wir wollen besser verstehen, wie dieser Wettbewerb funktioniert, welche Mutationen einen Vorteil verschaffen und welche Zellen zu Krebsvorläufern werden. Außerdem suchen wir nach Markern, die uns zukünftig bei der Früherkennung von Krebs helfen können.“ Dafür analysieren Goncalves und ihr Team riesige Datenmengen aus Hochdurchsatz-Sequenzierungen. Neue Methoden machen es inzwischen möglich, Mutationen sogar in einzelnen Zellen nachzuweisen. Gemeinsam mit kooperierenden Forschungsgruppen gewinnt das Team die genetischen Informationen aus Hautzellen von Menschen, Mäusen und krebsresistenten Tierarten wie dem Nacktmull. Als Modellsystem nutzt die Gruppe darüber hinaus auch menschliche Zellen des weiblichen Genitaltraktes, die sich aus Menstruationsflüssigkeit gewinnen lassen.

Medizin oder Informatik?

Als Bioinformatikerin arbeitet Angela Goncalves an der spannenden Schnittstelle zwischen medizinischer Forschung und Data Science. Am Anfang ihres Berufsweges musste sie sich allerdings zunächst entscheiden: Medizin studieren oder Informatik? „Am liebsten wäre mir eine Kombination gewesen, doch Bioinformatik konnte man damals in Portugal noch nicht studieren.“ Sie entschied sich für ein Informatikstudium an der Universität ihrer Heimatstadt Coimbra und war unter 120 Studierenden eine von nur fünf Frauen in ihrem Studiengang. „Es war ein tolles, sehr praxisorientiertes Studium, ich habe





„Data Science ist ein unglaublich wertvolles Werkzeug, um besser zu verstehen, wie Krebs entsteht. Es hilft uns außerdem dabei, potenzielle Marker für eine Früherkennung zu identifizieren.“

es sehr genossen“, sagt Goncalves. Nach ihrem Abschluss im Jahr 2007 war ihr Interesse an medizinischen Fragestellungen nach wie vor da. „Als Informatikerin im Bereich Finanzen oder Marketing arbeiten? Nein, es zog mich in die biomedizinische Forschung“, sagt Goncalves. Doch zunächst ergab sich noch eine andere spannende Gelegenheit: ein einjähriges Praktikum bei der Europäischen Weltraumorganisation ESA in Rom. Dort arbeitete sie im Bereich der Bildanalyse von Satellitenaufnahmen an der Programmierung von Software mit.

Von Zahlen und Zufällen

2008 ging Angela Goncalves nach Großbritannien an das European Bioinformatics Institute und begann ihre Promotion an der Universität Cambridge. Sie war an einem interdisziplinären Forschungsprojekt beteiligt, bei dem es darum ging, herauszufinden, wie sich die Genregulation bei Säugetieren im Laufe der Evolution verändert hat. „Damals war die RNA-Sequenzierung noch eine ganz neue Technologie, und es mussten riesige Datenmengen ausgewertet werden“, sagt Goncalves. Es gelang ihr, eine der ersten bioinformatischen Methoden zur Analyse von RNA-Sequenzierungsdaten zu entwickeln.

Nach ihrer Promotion im Jahr 2012 war klar: Angela Goncalves wollte auf jeden Fall in der Forschung bleiben. Weltweit schaute sie sich nach möglichen Postdoc-Stellen um. Eine zufällige Begegnung im

Bus sorgte dann allerdings dafür, dass sie noch fünf weitere Jahre in Cambridge verbrachte. „Ich kam zufällig mit meinem Sitznachbarn ins Gespräch“, sagt Goncalves. „Es stellte sich heraus, dass er Gruppenleiter am Wellcome Trust Sanger Institute war und einen Postdoc für die Datenanalyse in einem spannenden neuen Projekt suchte. Es passte perfekt!“ Sie nahm die Stelle an dem international bekannten Genom-Forschungsinstitut an und arbeitete als eine von zwei verantwortlichen Datenanalysten im Stammzelldatenbank-Projekt HipSci.

Ihr Weg in die Krebsforschung

Während ihrer Postdoc-Zeit gab es dann ein Schlüsselmoment, das Goncalves schließlich in die Krebsforschung führte. „Wir werteten Daten aus Untersuchungen mit gesunden Hautzellen aus und stellten dabei unglaublich hohe Mutationsraten fest“, sagt Goncalves. „Was wir da auf dem Bildschirm sahen, zeigte sehr deutlich: Wir wissen noch viel zu wenig darüber, wie sich das Erbgut unserer Körperzellen im Laufe der Zeit verändert, und wie aus ehemals gesunden Zellen Krebsvorstufen hervorgehen.“ Es gelang ihr schließlich, Methoden zu entwickeln, mit denen sie somatische Zellen gesunder Probanden ohne invasiven Eingriff für ihre weiteren Analysen gewinnen konnte. „Das waren ganz wichtige vorbereitende Schritte, die grundlegend für meine heutige Forschung sind“, sagt Goncalves.

2018 kam Angela Goncalves mit ihrer Forschungs-idee ans DKFZ und baute die Nachwuchsgruppe „Somatische Evolution und Früherkennung“ auf. „Dass ich meine Arbeit hier so aktiv selbst gestalten und meiner Neugierde freien Lauf lassen kann, empfinde ich als sehr erfüllend“, sagt Goncalves. Und die Ideen werden der Bioinformatikern wohl nicht ausgehen, denn ihre kreative Ader pulsiert kontinuierlich – auch im privaten Bereich. Sie zeichnet gern und spielt Geige und Querflöte. Und wenn die Ideen doch mal nicht so fließen wollen, geht Angela Goncalves gerne in die Natur zum Klettern. „In zweihundert Metern Höhe am Berg hängend kann man sich keine Gedanken über ungelöste bioinformatische Probleme machen“, lacht Goncalves. „Doch danach merke ich, wie die Ideen wieder zu fließen beginnen.“ Man darf also weiterhin gespannt sein auf neue kreative Kunststücke der Datenartistin.

// Nicole Silbermann

DIE HPV-IMPfung SENKT DAS RISIKO FÜR GEBÄRMUTTER- HALSKREBS DEUTLICH

Schwedische Forscher haben erstmals nachgewiesen, dass die HPV-Impfung effektiv vor Gebärmutterhalskrebs schützt. Erhalten Mädchen die Impfung vor dem 17. Lebensjahr, ist ihr Erkrankungsrisiko besonders niedrig.

Bekannt war bereits, dass die Impfung effektiv vor einer Infektion mit den wichtigsten krebsverursachenden Typen des Humanen Papillomvirus (HPV) schützt. Sie sind der Hauptauslöser von Gebärmutterhalskrebs. Auch die Häufigkeit von Krebsvorstufen geht bei geimpften Frauen und Mädchen zurück. Ein Team von Wissenschaftlern aus Schweden konnte nun nachweisen, dass durch die HPV-Impfung auch die Zahl der Gebärmutterhalskrebs-Neuerkrankungen sinkt. Anhand von Daten aus schwedischen Gesundheits- und Bevölkerungsregistern erfassten sie bei 1,6 Millionen Frauen, ob diese vor dem 31. Geburtstag an Gebärmutterhalskrebs erkrankt waren und ob sie die HPV-Impfung erhalten hatten. Das Ergebnis: Im Beobachtungszeitraum von 2006 bis 2017 traten unter den etwa 1,1 Millionen ungeimpften Frauen 538 Fälle von Gebärmutterhalskrebs auf, während von den gut 500.000 geimpften Frauen nur 19 erkrankten. Anhand dieser Zahlen und weiterer Faktoren, etwa dem Alter der Teilnehmerinnen, errechneten die Forscher, wie groß die Schutzwirkung der Impfung war. Es stellte sich heraus, dass der Zeitpunkt der Impfung eine entscheidende Rolle spielte: Fand diese erst in einem Alter von 17 Jahren oder später statt, sank das Risiko,

Gebärmutterhalskrebs zu bekommen, um etwa die Hälfte. Hatten die Frauen die Impfung jedoch schon vor dem 17. Geburtstag erhalten, war ihr Risiko gegenüber ungeimpften Altersgenossinnen sogar um 88 Prozent niedriger. „HP-Viren werden hauptsächlich sexuell übertragen. Deshalb sollte die Impfung vor dem ersten Sexualkontakt erfolgen, idealerweise im Alter von 9 bis 14 Jahren“, erklärt Nobila Ouédraogo von der Stabsstelle Krebsprävention des DKFZ. Da allein in Deutschland jedes Jahr auch etwa 1.700 Männer an HPV-bedingten Krebsarten wie Mund- und Rachenkrebs erkranken und sie darüber hinaus HPV übertragen können, wird die Impfung auch für Jungen empfohlen. Ouédraogo weist darauf hin, dass es für den Erfolg der Impfung entscheidend sei, dass sie auch häufig genug in Anspruch genommen werde: „In Schweden, aber auch in anderen Ländern, ist die Durchimpfungsrate deutlich höher als in Deutschland. Dort werden Impfquoten von mehr als 70 Prozent oder teils sogar über 90 Prozent erreicht, während hierzulande weniger als die Hälfte der 15-jährigen Mädchen geimpft ist. Um daran etwas zu ändern, sind alle gefordert: Gesundheitspolitiker, Ärzte, Eltern und die Jugendlichen selbst.“

DAS POTENZIAL AUSSCHÖPFEN

Präventionsforschung als Chance für unsere Gesundheit

Krebs kann jeden treffen. Denn der Zufall spielt bei dieser Erkrankung eine wichtige Rolle. Doch jeder kann auch etwas dafür tun, sein individuelles Risiko zu senken: Auf das Rauchen verzichten, körperliche Aktivität, ausgewogene Ernährung und ein gesundes Körpergewicht sind nur einige Beispiele. Auch Impfungen gegen krebsereggende Viren senken das persönliche Krebsrisiko. Etwa zwei von fünf Krebserkrankungen könnten durch eine gesunde Lebensweise vermieden werden. Wenn es darum geht, fortgeschrittene Krebserkrankungen zu verhindern, kommt der Früherkennung eine wichtige Rolle zu: Mit ihrer Hilfe lassen sich bestimmte Tumoren

häufig schon in einem frühen und meist vollständig heilbaren Stadium entdecken. Zusammengenommen könnten Früherkennung und vorbeugende Maßnahmen bis zu drei von vier krebsbedingten Todesfällen verhindern.

Dieses enorme Potenzial gilt es in Zukunft noch besser auszuschöpfen. Welchen Beitrag die Wissenschaft dazu leisten kann, haben internationale Experten aus allen Gebieten der Krebsprävention im September im Rahmen einer vom DKFZ veranstalteten, virtuellen Konferenz diskutiert. Stellvertretend für zahlreiche neue Ansätze und Strategien stellen wir je ein Beispiel aus den drei großen Bereichen der Krebsprävention vor.

1

PRIMÄRPRÄVENTION: KREBSERKRANKUNGEN VERHINDERN



DIE ROLLE DER GESUNDHEITSPOLITIK

Um das Potenzial der Krebsprävention bestmöglich auszuschöpfen, ist es wichtig, alle Bevölkerungsschichten zu erreichen. Noch gelingt das nicht immer. So nehmen zum Beispiel in Großbritannien deutlich weniger sozial benachteiligte Menschen die Darmkrebsvorsorge in Anspruch als Menschen aus privilegierten Bevölkerungsgruppen, wie **Alison Cox** erläuterte, die bei **Cancer Research UK** für den Bereich Krebsprävention verantwortlich ist. Es gehe deshalb nicht nur darum, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, welche Maßnahmen das Krebsrisiko senken. Die Menschen müssten auch dabei unterstützt werden, diese Veränderungen tatsächlich umzusetzen. Hier kommt der Gesundheitspolitik eine wichtige Rolle zu. Ein Beispiel dafür ist das Thema Ernährung. Denn starkes Übergewicht ist ein Risikofaktor für Krebs und zahlreiche weitere Erkrankungen. Cox erklärte, dass Steuern auf zuckerreiche Getränke oder Werbebeschränkungen für ungesunde Nahrungsmittel Werkzeuge sein könnten, die dazu beitragen, insbesondere Kinder vor Fettleibigkeit zu bewahren und dadurch auf lange Sicht ihr Krebsrisiko zu senken.



2

SEKUNDÄRPRÄVENTION: KREBS FRÜH ERKENNEN

DIE FRÜHERKENNUNG ANS PERSÖNLICHE RISIKO ANPASSEN

Das Risiko, an Krebs zu erkranken, ist nicht für alle Menschen gleich hoch. So kann zum Beispiel eine familiäre Vorbelastung für Brustkrebs vorliegen. Sollten betroffene Frauen dann häufiger zur Früherkennung gehen oder anders untersucht werden als Frauen mit niedrigerem Risiko? **Suzette Delaloge** vom **Institut Gustave Roussy** in Paris stellte auf der Konferenz MyPeBs vor, eine internationale Studie, mit der Forscher diese Frage beantworten möchten. Sie vergleichen dabei das in fünf verschiedenen Ländern standardmäßig angebotene Brustkrebscreening mit einer personalisierten Früherkennung für Frauen von 40 bis 70, die das individuelle Risiko jeder Teilnehmerin berücksichtigt. Liegen bestimmte krebsfördernde Genvarianten vor? Oder sind Krebsfälle bei Verwandten aufgetreten? Diese und weitere Risikofaktoren entscheiden darüber, wie oft und mit welchem Verfahren die Frauen untersucht werden. Nach Aufnahme in die Studie findet die Mammografie in der Gruppe mit dem geringsten Risiko erst nach vier Jahren statt. Ein sehr hohes Risiko führt hingegen zu einer jährlichen Untersuchung, die dann noch durch eine Magnetresonanztomografie ergänzt wird. In dieser Gruppe sollen durch das risikoadaptierte Untersuchungsschema im Idealfall mehr Tumoren frühzeitig entdeckt werden, während bei der weitaus größeren Gruppe von Frauen mit niedrigem Risiko weniger häufige Früherkennungsuntersuchungen ausreichen.



3

TERTIÄRPRÄVENTION: KRANKHEITSFOLGEN MILDERN UND RÜCKFÄLLE VERMEIDEN



WARUM LEIDEN VIELE PATIENTEN UNTER FATIGUE?

Viele Menschen, die an Krebs erkranken, leiden während der Therapie, aber auch danach unter extremer Müdigkeit und Abgeschlagenheit. Fachleute bezeichnen diese besonders schwere Form der Erschöpfung als Fatigue. Ursache können sowohl der Tumor selbst als auch die Therapie sein. **Julienne Bower, University of California Los Angeles**, untersucht die biologischen Mechanismen hinter der krebsbedingten Fatigue. Sie möchte Risikofaktoren identifizieren und Ansätze entwickeln, mit denen sich die Symptome lindern lassen. Ihre Studien mit Brustkrebspatientinnen deuten etwa darauf hin, dass zu den Auslösern auch Entzündungsreaktionen im Körper zählen, die unter anderem infolge der Therapie auftreten können. Aber auch psychosoziale Faktoren nehmen offenbar Einfluss darauf, ob und wie schwer Krebspatientinnen von Erschöpfung betroffen sind. Hilfe versprechen demnach ganz unterschiedliche Ansätze: So bringt bei einigen Patientinnen körperliche Aktivität Linderung, aber auch Entspannungsübungen oder Meditation können entlastend wirken.

Krebsrisiko senken mit Messer und Gabel

Das Thema Ernährung stand in diesem Jahr im Mittelpunkt der Nationalen Krebspräventionswoche.

Kann das, was wir täglich essen, Krebs vorbeugen? Diese Frage beschäftigt Wissenschaftler seit vielen Jahren intensiv. Und die Antwort lautet: Ja, die Ernährung hat einen wesentlichen Einfluss auf das Risiko, an Krebs zu erkranken. Wissenschaftlich gut belegt ist beispielsweise, dass ballaststoffreiche Lebensmittel das Darmkrebsrisiko senken, während der Verzehr von rotem und verarbeitetem Fleisch das Darmkrebsrisiko erhöht. Eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit der Ernährung spielt außerdem das Körpergewicht. Studien zeigen, dass starkes Übergewicht das Risiko für mindestens 13 Krebsarten erhöht.

In der Nationalen Krebspräventionswoche drehte sich deshalb in diesem Jahr alles um die Ernährung. Um zu zeigen, dass vollwertige Ernährung keinen Verzicht bedeutet, sondern schmackhaft ist und gleichzeitig dazu beitragen kann, das

CREMIGES RISOTTO

MIT ROTER BETE, WURZELGEMÜSE UND SHIITAKE-PILZEN

Für 4 Personen ca. 60 Minuten

RISOTTO

- 1** Schalotte
- 1 kl.** Knoblauchzehe
- 1½ EL** Olivenöl
- 200 g** Rote Bete
- 200 ml** Orangensaft
- 150 g** Risottoreis (z.B. Acquerello od. Carnaroli)
- 550 ml** Gemüsebrühe
- 30 g** geriebener Parmesan
- 25 g** kalte Butter
- +** Kümmel, schwarzer Pfeffer, Piment d'Espelette (od. Cayennepfeffer), Salz, unbehandelte Orange

Schalotte, Knoblauchzehe und Rote Bete schälen und fein würfeln. Schalotte und Knoblauch im Olivenöl leicht glasieren, dann nacheinander die Rote Bete und den Reis hinzugeben und mitglasieren. Mit Orangensaft ablöschen und etwas einkochen lassen. Anschließend nach und nach unter ständigem Rühren die Gemüsebrühe zum Reis da-

zugeben. Nach etwa 18 Minuten hat der Reis die richtige Konsistenz: Er sollte noch leicht flüssig sein, da das Risotto immer noch etwas nachzieht. Zum Schluss Parmesan und Butter unterrühren, mit den Gewürzen abschmecken und mit etwas Orangenabrieb verfeinern.

SHIITAKE-PILZE

- 200 g** Shiitake-Pilze (alternativ z. B. Champignons)
- 1 kl.** Schalotte
- 1 kl.** Knoblauchzehe
- 2 EL** Rapsöl
- 20 g** Butter
- +** schwarzer Pfeffer, Salz, etw. Zitrone

Die Pilze mit Küchenpapier trockenreiben und halbieren. Knoblauch und Schalotte schälen und fein würfeln. Rapsöl in einer Pfanne erhitzen. Die Pilze darin 2 bis 3 Minuten anbraten und aus der Pfanne nehmen. Nun Butter in der Pfanne erhitzen, Knoblauchzehe und Schalotte dazugeben und bei kleiner Hitze glasig dünsten. Die angebratenen Pilze wieder in die Pfanne geben, erhitzen und mit Salz, Pfeffer und Zitrone abschmecken.

Setzen sich gemeinsam für gesunde Ernährung ein: der Berliner Meisterkoch Thomas Kammeier und die TV-Moderatorin Susanne Klehn.

Krebsrisiko zu senken, haben sich das DKFZ und die Deutsche Krebshilfe mit dem Berliner Spitzenkoch Thomas Kammeier zusammengetan. Der Chefgastronom des EUREF-Campus und Schirmherr der diesjährigen Aktionswoche hat exklusiv fünf Rezepte für gesunde Gerichte zum Nachkochen entwickelt. Die Zusammenstellung der Zutaten orientierte sich dabei an den wissenschaftlich gesicherten Empfehlungen der Internationalen Krebsforschungsagentur IARC.

An der Aktion beteiligten sich auch rund 300 Kantinen in ganz Deutschland, indem sie die fünf Gerichte auf ihren Speiseplan setzten. Denn gerade im beruflichen Alltag bleibt oft nur wenig Zeit, um sich um gesunde Ernährung zu kümmern. Umso wichtiger sei es, die Menschen in ihrem jeweiligen Lebensumfeld zu erreichen, betonen die Experten – also in der Kita oder der Schule, in der Freizeit oder im Berufsalltag.



Mit der **Nationalen Krebspräventionswoche**, die 2019 erstmals stattfand, machen die Deutsche Krebshilfe und das Deutsche Krebsforschungszentrum gemeinsam auf das große Potenzial der Prävention aufmerksam. Denn rund 40 Prozent aller Krebserkrankungen können nach Schätzungen der Experten durch eine gesunde Lebensweise vermieden werden. Jedes Jahr im September steht während der Aktionswoche ein anderer Lebensstil-Faktor, der das Krebsrisiko beeinflusst, im Fokus. Die Präventionswoche ist Teil der Aktivitäten des Nationalen Krebspräventionszentrums, das das DKFZ und die Deutsche Krebshilfe gemeinsam in Heidelberg aufbauen. Die Vision: Krebs soll gar nicht erst entstehen.



GREMOLATA

- 100 g** Petersilie
- 1 kl.** Knoblauchzehe
- 1** unbehandelte Zitrone
- 5 EL** Olivenöl
- +** Salz, schwarzer Pfeffer, etw. Zitronensaft

Die gezupfte, gewaschene Petersilie fein schneiden und in einen Mixbecher geben. Den Abrieb der Zitrone und den fein geschnittenen Knoblauch dazugeben und mit dem Olivenöl pürieren. Mit Salz, Pfeffer und Zitronensaft abschmecken. Die fertige Gremolata über Gemüse und Risotto träufeln.

WURZELGEMÜSE

- 2** Karotten
- 2 kl.** Pastinaken
- 1** Knoblauchzehe
- +** etwas Olivenöl, Meersalz, Zucker, Thymian

Karotten und Pastinaken schälen und der Länge nach halbieren, dann in einer Schüssel mit dem Olivenöl marinieren und würzen. Die Rüben auf einem Backblech verteilen und zusammen mit einer zerdrückten Knoblauchzehe und etwas Thymian vermischen. Für etwa 15 bis 20 Minuten bei 190 °C (Umluft) im Backofen garen. Die Rüben sollen leicht karamellisiert und bissfest sein. Anschließend mit den gebratenen Shiitake-Pilzen auf dem Risotto anrichten.

Die weiteren Rezepte stehen online zur Verfügung unter: www.dkfz.de/rezepte bzw. www.krebshilfe.de/rezepte und können in Form einer Rezeptbroschüre bestellt werden.

20.352 GENE

hat der Mensch – zu diesem Ergebnis kamen Forscher der John Hopkins University im Jahr 2018, nachdem sie fast 900 Milliarden Schnipsel von Genabschriften aus Hunderten von Gewebeproben ausgewertet hatten. Und doch ist damit noch keine endgültige Zahl gefunden. Denn schon allein die Kriterien für die Zählweise sorgen unter den Wissenschaftlern für Kontroversen, und so kommen andere Analysen aus den letzten Jahren zu etwas anderen Zahlen.

Fest steht jedoch, dass der Mensch über weit weniger Gene verfügt, als die Experten noch beim Start des Human Genome Projects vor etwa 30 Jahren annahmen. Sie schätzten die Zahl damals auf ungefähr 100.000. Inzwischen wissen die Forscher, dass die Komplexität eines Organismus nicht allein von der Menge der Gene abhängt. Deren Zahl ist beispielsweise beim gemeinen Wasserfloh deutlich höher als beim Menschen. Entscheidend ist das fein abgestimmte Zusammenspiel der Gene, und das ist wiederum eine sehr komplexe Angelegenheit (siehe Seite 16).

Doch was ist eigentlich ein Gen? Vereinfacht gesagt, handelt es sich dabei um den Bauplan eines Proteins. Doch die Definition lässt sich auch weiter fassen. Die John Hopkins-Forscher zählten nämlich zusätzlich zu der oben genannten Zahl an Protein-Bauplänen auch mehr als 22.000 sogenannte nicht-kodierende Gene. Das bedeutet, dass zwar eine Abschrift der DNA in das Schwestermolekül RNA erfolgt, doch dieses wird dann nicht in eine Proteinsequenz übersetzt. Welche Rolle solche RNA-Moleküle in der Zelle spielen, wird aktuell intensiv erforscht, auch am DKFZ. Viele dieser Moleküle haben eine regulatorische Funktion, so viel ist bereits bekannt. Doch die Liste der offenen Fragen ist lang. So birgt unser Erbgut auch zwei Jahrzehnte nach seiner „Entschlüsselung“ noch zahlreiche Geheimnisse – nicht nur die Frage nach der exakten Zahl der Gene.

Quelle: Pertea et al., CHES: a new human gene catalog curated from thousands of large-scale RNA sequencing experiments reveals extensive transcriptional noise, *Genome Biology* 19, 2018



Maßgeschneidert

Der Neubau des Hopp-Kindertumorzentrums Heidelberg (KITZ), den die Dietmar Hopp Stiftung GmbH und die ODWIN gGmbH errichten und dem Land Baden-Württemberg schenken werden, soll bundesweit einzigartige Voraussetzungen für Forschung und Patientenbehandlung unter einem Dach schaffen.

„Das KITZ steht exemplarisch für die Kooperation zwischen Universitätsmedizin und außeruniversitärer Forschung – und damit für die Medizin der Zukunft“, sagte Baden-Württembergs Wissenschaftsministerin Theresia Bauer im September anlässlich der Vorstellung des Gebäudekonzeptes für das Hopp-Kindertumorzentrum Heidelberg. Im Jahr 2016 hatten das DKFZ, das Universitätsklinikum Heidelberg und die Universität Heidelberg das KITZ gemeinsam gegründet. Das neue Gebäude soll nun eine noch engere Verzahnung von Forschung und Patientenversorgung ermöglichen. Bauer dankte den Spendern, deren außergewöhnliche Unterstützung dies erst möglich mache.

Die Vorstandsvorsitzenden des Universitätsklinikums Heidelberg und des DKFZ, Ingo Autenrieth und Michael Baumann, schlossen sich dem Dank der Ministerin an. Autenrieth erklärte, dass der Neubau für die Weiterentwicklung einer modernen, integrierten Krebsmedizin für Kinder stehe. Baumann betonte, dass es im KITZ durch die enge Verbindung von Wissenschaftlern und Ärzten gelinge, Forschung in maßgeschneiderte Ansätze für eine bessere Diagnostik und Behandlung zu übertragen: „Von diesen neuen Therapiemöglichkeiten profitieren die jungen Patientinnen und Patienten schon jetzt.“

Der Idee einer engen Kooperation von Forschung und Therapie folgt deshalb auch der Gebäudeentwurf des Stuttgarter Architekturbüros Heinle, Wischer und Partner. Architekt Hanno Chef-Hendriks erklärte, dass ein besonderes Augenmerk darauf gelegen habe, ein patientenorientiertes Umfeld zu schaffen. Neben großzügigen Patientenzimmern werden den

Kindern Lern-, Spiel- und Sportmöglichkeiten sowie Aufenthalts- und Rückzugsorte zur Verfügung stehen. All das bringe der Entwurf mit den Anforderungen der Hochleistungsmedizin und der Spitzenforschung in Einklang.

Die Baukosten in Höhe von insgesamt 85 Millionen Euro tragen zum überwiegenden Teil die Dietmar Hopp Stiftung und die ODWIN gGmbH. Zu den weiteren Spendern gehören Bild Hilft e.V. mit sechs Millionen Euro und der Mannheimer Unternehmer Manfred Fuchs, der das Vorhaben mit einer Million Euro unterstützt. Den Grund, auf dem der Neubau entsteht, stellt das Land zur Verfügung.

Dietmar Hopp erklärte, dass seine Stiftung schon seit 25 Jahren eng mit dem Universitätsklinikum Heidelberg und dem DKFZ verbunden sei. „Das gilt ganz besonders für die Kindermedizin und Kinderkrebsmedizin“, so Hopp. „Wenn wir jetzt durch die Errichtung dieses wegweisenden Zentrums daran mitwirken können, die Sterberate von betroffenen Kindern zu senken und damit Familien unermessliches Leid zu ersparen, erfüllt mich das mit Freude und Dankbarkeit.“

Als Stellvertreter des KITZ-Direktoriums betonte Stefan Pfister, der zugleich Abteilungsleiter im DKFZ und Oberarzt am Universitätsklinikum Heidelberg ist, wie wichtig es sei, die kideronkologische Forschung und Krankenversorgung zukünftig an einem Ort bündeln zu können: „Das wird ganz erhebliche Synergien freisetzen, die wir zum Wohle der Patienten nutzen wollen.“

VOM DATENWUST ZUR PARTITUR DES LEBENS

Wie ist die Aktivität von Genen untereinander verschaltet? Und wie wirken sich genetische Veränderungen und Umwelteinflüsse auf das Zusammenspiel aus? Mit Hochdurchsatz-Analysen und statistischen Modellen möchten Michael Boutros und Oliver Stegle diesen Fragen auf den Grund gehen.

Es ist eine chaotische Kakophonie: Zwar sitzen alle Orchestermitglieder einsatzbereit an ihrem Platz, doch statt wohltonender Musik wabert ein undefinierbarer Klangteppich durch den Saal. Kurz vor Konzertbeginn entlockt jeder Musiker seinem Instrument schnell noch ein paar Töne. Erst in dem Moment, in dem der Dirigent seinen Taktstock hebt, nimmt das Ganze Form und Struktur an. Jeder Instrumentalist spielt seinen Teil des Gesamtwerks: im richtigen Moment, die richtigen Noten; mal lauter, mal leiser, im abgestimmten Tempo. So wird aus einer Vielzahl unterschiedlicher Töne schließlich Musik. Ähnlich einer Orchestersuite, folgt auch das Leben einer ausgefeilten Partitur. Jede einzelne Zelle im Organismus übernimmt die für sie bestimmte Aufgabe. Ihre individuelle Identität erhält sie dabei durch das präzise Zusammenspiel ihrer Gene – genauer gesagt durch die exakt aufeinander abgestimmte Aktivität der Gene. „Hinter all dem stecken ausgeklügelte Schaltpläne, denn viele Gene beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Aktivität und Wirkweise“, erklärt Michael Boutros, Leiter der Abteilung Signalwege und Funktionelle Genomik im DKFZ. „Die Schaltpläne steuern das Zusammenspiel der Gene und entscheiden so darüber, ob sich eine heranreifende Zelle letztlich zur Nervenzelle oder zum Blutkörperchen entwickelt – und das bei weitestgehend identischem Erbgut.“

Auch ob eine Zelle gesund ist und ihre vorgesehene Aufgabe erfüllt, oder ob sie beispielsweise beginnt, sich als Krebszelle unkontrolliert zu vermehren, hängt vom Miteinander der Gene ab.

Wie Schaltpläne aussehen können, nach denen das Konzert des Lebens spielt, haben Wissenschaftler in der Vergangenheit bei Einzellern wie

Hefezellen erforscht. Doch was bei solch einfachen Organismen noch halbwegs übersichtlich sein mag, wird bei komplexeren Lebewesen zu einer enormen Herausforderung. So besteht etwa der Körper eines 70 Kilo-

ogramm schweren Mannes aus rund 30 Billionen Zellen, die vielen verschiedenen Aufgaben nachkommen und dementsprechend auch über sehr unterschiedliche Schaltpläne verfügen müssen. Kaum vorstellbar, wie es gelingen soll, hier den Überblick zu behalten.

Michael Boutros hat sich gemeinsam mit Oliver Stegle, Leiter der Abteilung Bioinformatik der Genomik und Systemgenetik, sowie Kooperationspartnern des European Molecular Biology Laboratory (EMBL) und der Universität Heidelberg ein ehrgeiziges Ziel gesetzt. Sie wollen im Rahmen eines vom Europäischen Forschungsrat ERC geförderten Projektes Prinzipien von genetischen Schaltplänen höherer Organismen entschlüsseln und verstehen, wie sich diese im Laufe der Entwicklung verändern oder auf Umwelteinflüsse reagieren. Sie widmen sich dabei unter anderem dem Darmgewebe eines Modellorganismus, der sich in den genetischen Laboren der Welt bereits seit vielen Jahren großer Beliebtheit erfreut: die Taufliege *Drosophila melanogaster*. Die Fliege hat den Vorteil, dass sie molekularbiologisch bereits sehr gut untersucht ist – ein guter Ausgangspunkt, um tiefergehende Fragestellungen zu bearbeiten.

Eines der wichtigsten Werkzeuge für das Unterfangen ist die Genschere

CRISPR/Cas9, mit der sich einzelne Gene ausschneiden und so aus dem Erbgut entfernen lassen. Im nächsten Schritt können die Wissenschaftler dann untersuchen, welche Konsequenzen das Fehlen des betreffenden Gens hat. Wie beeinflusst der Verlust den Schaltplan des kompletten Systems? Dieses Prozedere wollen die Wissenschaftler für hunderte Gene durchspielen, die sie einzeln oder auch paarweise ausschneiden.

Doch es wird noch kniffliger: „Wir sind heute in der Lage, die Genaktivität in einzelnen Zellen zu untersuchen“, sagt Boutros. „Auf diese Weise können wir beobachten, welchen



Effekt unser Eingriff auf das Zusammenspiel der Gene in einer einzelnen Zelle hat.“ Das ist entscheidend, denn ein Gewebe – egal ob im gesunden Organ oder in einem Tumor – ist in der Regel sehr heterogen. Das heißt, es besteht aus einem Gemisch aus Zellen mit sehr individuellen Eigenschaften, weil sie zum Beispiel unterschiedliche Aufgaben erfüllen müssen, weil sie sich in einem unterschiedlichen Entwicklungsstadium befinden oder an einem anderen Punkt im Zellzyklus.

Durch den Blick in einzelne Zellen möchten die Wissenschaftler zur Grundlage des Geschehens vordringen: Welche unmittelbaren Folgen hat zum Beispiel eine Genmutation oder die Gabe eines Medikaments? „Wenn wir die nach außen sichtbaren Effekte einer Veränderung beobachten, also ob die Zellen etwa zugrunde gehen, ob sie anfangen sich zu teilen oder neue Eigenschaften zu entwickeln, setzen wir zu spät an“, erklärt Boutros. „Das sind oftmals spätere Folgen, die das Gesamtgeschehen nach sich zieht.“ Um zum Bild des Orchesters zurückzukommen: Wenn die Flöte patzt, sind vielleicht zunächst nur die benachbarten Holzbläser irritiert. Das ist die direkte Folge. Doch bis das gesamte Orchester aus dem Takt kommt, muss sich der Fehler durch viele weitere Instrumentengruppen fortsetzen.

Tausende von Genen und deren Effekte auf Einzelzellbasis analysieren – es braucht nicht viel mathematisches Geschick, um sich vorzustellen, dass hier Unmengen an Daten an-

rauschen“, also Nebeneffekte, die durch das experimentelle Vorgehen bedingt sind?

Der Aufwand lohnt sich, davon ist Stegle überzeugt. „Zunächst geht es uns vorrangig darum, die geeigneten Werkzeuge zu entwickeln, um solche Daten zu analysieren und biologische Einsichten zu gewinnen. Wir möchten ihnen Aussagen entlocken, wie sich unterschiedliche Genvarianten und das Maß, in dem sie aktiv sind, auf andere Gene und schlussendlich auf die Eigenschaften einer Zelle auswirken“, erklärt der Wissenschaftler. „Diese Werkzeuge ebnen den Weg, um dann vergleichbare Studien auch mit menschlichen Zellen durchzuführen. Beispielsweise um zu verstehen, welche Störungen im Schaltplan bei Krebs eine Rolle spielen und wie Medikamente in das Geschehen eingreifen.“ Das eröffnet letztlich ganz neue Möglichkeiten für die Entwicklung neuer Wirkstoffe. Die Datenwerkzeuge sollen auch dabei helfen, zu verstehen, warum eine Therapie bei manchen Patienten wirkt und bei anderen nicht. Oder wie Resistenzen entstehen und weshalb manchmal auch nach vielen Jahren eine Krebserkrankung nochmals zuschlägt – lange nachdem man dachte, sie besiegt zu haben.

In einem weiteren Forschungsprojekt untersuchen die Wissenschaftler die genetischen Schaltpläne in sogenannten Organoiden, also Mini-Organen, die sie aus Darmzellen von Patienten und gesunden Probanden in der Kulturschale züchten. „Bei den Organoiden verfolgen wir außerdem einen Multi-Omics-Ansatz, das heißt, wir ziehen auch Daten aus umfas-

fallen, die analysiert werden wollen. Denn die Masse an experimentellen Ergebnissen allein erlaubt ja noch keine Aussage. Man muss sie auch verstehen und interpretieren können. An dieser

Stelle kommt Oliver Stegle ins Spiel. Er entwickelt mit seinem Team Methoden, um solche Hochdurchsatzdaten analysieren zu können. Dabei geht es um Statistik, aber auch sehr viel um maschinelles Lernen und Mustererkennung: Welche Effekte im System gehen direkt auf eine bestimmte Veränderung im Erbgut zurück? Was ist möglicherweise „Hintergrund-

senden Analysen anderer Molekülgruppen hinzu. Neben den Genen und ihrer Aktivität interessiert uns beispielsweise auch, welche Proteine in den Zellen vorhanden sind und in welchem Zustand sie sich befinden.“

Das bedeutet noch größere Datenmengen, die es sinnvoll zu verarbeiten und zu analysieren gilt. Diese Fülle von



Informationen können einzelne Forschergruppen gar nicht mehr alleine bewältigen. Um Omics-Daten bestmöglich auswerten und interpretieren zu können, müssen sie immer häufiger auch mit internationalen Partnern geteilt werden. Wie sich der enorme Datenschatz dann sinnvoll ausschöpfen lässt, ist ein Thema, das Oliver Stegle besonders am Herzen liegt. Er ist Sprecher und Co-Direktor des Deutschen Genom-Phänom-Archivs (GHGA), das vom DKFZ gemeinsam mit der Universität Tübingen initiiert wurde und an dem Wissenschaftler aus mehr als 20 Forschungsinstitutionen in Deutschland mitwirken. „Das Ziel des GHGA ist, die in Deutschland gewonnenen Omics-Daten besser nutzbar und zugänglich zu machen – für andere Forschergruppen im Land, aber auch international“, sagt Stegle. Dafür gilt es eine Infrastruktur aufzubauen, die den Austausch technisch möglich macht und dabei rechtliche und ethische Aspekte berücksichtigt. „Das stärkt nicht nur die Forschung in diesem Feld, sondern hilft auch, eine Brücke zwischen der Grundlagenforschung und einer späteren Anwendung zu schlagen.“

Denn je besser es Forschern gelingt, Zusammenhänge aus ihren riesigen Datensätzen herauszulesen, desto besser sind sie in der Lage, die Partitur des Lebens zu verstehen – ähnlich einem Dirigenten, der den Notensatz sämtlicher Orchestermitglieder überblicken muss. Und vielleicht finden Mediziner dadurch eines Tages die Schlüsselstellen, an denen sie drehen können, um zum Beispiel bei einer Krebserkrankung dem aus dem Takt geratenen „Orchester“ wieder zu einem harmonischen Zusammenspiel zu verhelfen.

// Stefanie Reinberger

ZUR PERSON



MICHAEL BOUTROS studierte Biologie und Biochemie in Aachen und Witten/Herdecke sowie in New York. Er forschte für seine Promotion am Europäischen Labor für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg und schloss daran einen Master in Public Administration an der Harvard University an.

Nach einer Station als Postdoc an der Harvard Medical School wechselte er 2003 als Nachwuchsgruppenleiter ans DKFZ. Seit 2008 ist er Professor an der Universität Heidelberg und Abteilungsleiter am DKFZ. Von 2015 bis 2016 war er kommissarischer Wissenschaftlicher Vorstand des DKFZ. Er ist Sprecher des Forschungsschwerpunkts „Funktionelle und Strukturelle Genomforschung“ des DKFZ und Direktor am Marsilius-Kolleg der Universität Heidelberg.



OLIVER STEGLE studierte Physik und Mathematik in Freiburg und Cambridge und promovierte anschließend an der University of Cambridge im Fach Physik.

Ab 2009 forschte er als Postdoc am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Tübingen. Im Jahr 2012 wechselte er zum European Bioinformatics Institute des EMBL (EMBL-EBI) in Hinxton, Cambridge (UK). Seit 2018 leitet er eine Abteilung im DKFZ sowie eine Forschungsgruppe am Heidelberger Standort des EMBL.



Können Nahrungsergänzungsmittel vor Krebs schützen?

Vitamine sind lebensnotwendig. Fehlen sie in der Nahrung, drohen Krankheiten. Doch bedeutet das im Umkehrschluss auch, dass sich Krebs durch hochdosierte Vitaminpräparate verhindern lässt?

Viele Menschen befürchten, nicht ohne zusätzliche Vitamine oder Spurenelemente auszukommen – selbst dann, wenn sie sich eigentlich ausgewogen ernähren. Etwa jeder vierte Deutsche gab bei einer Befragung an, Nahrungsergänzungsmittel einzunehmen. In den USA liegt diese Zahl sogar noch deutlich höher. Dort greift jeder Zweite auf die konzentrierte Form dieser Substanzen zurück. Die Nahrungsergänzungsmittel sollen vor Krankheiten schützen, nicht zuletzt auch vor Krebs. Doch können solche Präparate tatsächlich das Risiko für eine Krebserkrankung senken?

Immer mehr Experten sehen Antioxidantien oder „Radikalfänger“ wie die ACE-Vitamine, Multivitamine, Selen oder andere Supplemente sehr kritisch. Sie warnen vor hochdosierten Vitamintabletten oder zusätzlichen Mineralstoffen. Denn ein Mangel an Nährstoffen kommt in Deutschland nur selten vor. Die Spurenelemente Jod und Fluor sowie das Vitamin Folsäure zählen zu den wenigen Ausnahmen. Darüber hinaus bewirken Vitamin- und Mineralstoffpräparate oft nichts, wie sich in Studien zeigte. Manchmal schaden sie sogar mehr als sie nützen.

Das unabhängige, internationale Forschungsnetzwerk Cochrane hat nun in einer zusammenfassenden Analyse bewertet, ob Nahrungsergänzungsmittel vor Lungenkrebs schützen. Dazu haben die Forscher zwölf Studien mit der besten wissenschaftlichen Beweiskraft in einer sogenannten Metaanalyse zusammengefasst und neu bewertet.

Das wichtigste Ergebnis der Auswertung: Weder einzelne Nahrungsergänzungsmittel noch Kombinationspräparate verringern das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Im Gegenteil: Einige hochdosierte Vitaminpräparate erhöhen sogar das Lungenkrebs-Risiko oder verursachen Nebenwirkungen.

Im Detail hatten die Wissenschaftler herausgefunden, dass Vitamin A das Lungenkrebsrisiko bei Rauchern und Menschen, die Asbest ausgesetzt sind, erhöht. Zudem können Nebenwirkungen auftreten wie eine Gelbfärbung der Haut oder leichte Beschwerden im Magen-Darm-Trakt. Die Einnahme von Vitamin E erhöht das Risiko für einen Schlaganfall. Selen kann bei Männern das Risiko für Haarausfall und eine Entzündung der obersten Hautschicht steigern.

Fragen zu Krebs? Wir sind für Sie da!

Der Krebsinformationsdienst des DKFZ bietet unter **0800/420 30 40 täglich von 8 bis 20 Uhr** sowie unter **krebsinformationsdienst@dkfz.de** und **www.krebsinformationsdienst.de** verständliche und wissenschaftlich fundierte Informationen zum gesamten Spektrum der Onkologie: zu Vorbeugung, Früherkennung, Diagnose und Therapie, zum Leben mit Krebs, zur Krebsforschung und zu relevanten Ansprechpartnern.

Zu ganz ähnlichen Ergebnissen waren zuvor auch US-amerikanische Forscher gekommen, die den Einfluss von Vitamin B6 und B12 auf das Lungenkrebsrisiko untersuchten. Für Studienteilnehmer, die über einen längeren Zeitraum hohe Dosen eines der beiden Vitamine zu sich nahmen, erhöhte sich das Risiko zu erkranken signifikant.

Noch nicht sicher belegt ist dieser Zusammenhang für Vitamin C. Hier sind nach Meinung der Experten noch weitere Studien notwendig. Es gibt aber bereits Hinweise aus der Forschung, dass hochdosiertes Vitamin C aus Nahrungsergänzungsmitteln bei Frauen das Lungenkrebsrisiko erhöhen könnte. Als „hochdosiert“ gelten bei Vitamin C Mengen von mehr als 500 mg am Tag.

Studien zu anderen Krebsarten deuten ebenfalls darauf hin, dass Nahrungsergänzungsmittel keinen Schutz vor Krebs bieten: US-Forscher, die sich mit der Wirkung von Selen und Vitamin E beschäftigten, kamen zu dem Ergebnis, dass die beiden Substanzen weder allein noch in Kombination das Risiko für Prostatakrebs senkten. Auch hier zeigte sich letztlich sogar ein nachteiliger Effekt.

Die Mehrheit der Experten ist sich deshalb einig: Nur eine ausgewogene, vitaminreiche Ernährung kann – neben weiteren Maßnahmen – das Krebsrisiko nachweislich senken. Auch wer sich einseitig ernährt, kann dies nicht einfach durch Vitaminprä-

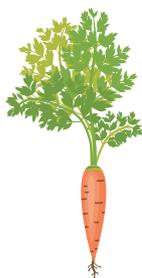
parate ausgleichen. Denn Vitamine und Mineralstoffe sind nicht die einzigen wichtigen Inhaltsstoffe natürlicher Lebensmittel. Es gibt Hunderte, wenn nicht sogar Tausende weiterer Stoffe, die vor Krebs schützen könnten. Wichtig scheint auch das Zusammenspiel all dieser Substanzen zu sein, nicht ihre Wirkung als isolierte Tablette. Deshalb sollte jeder, der dazu in der Lage ist, auf eine gesunde Ernährung statt auf Vitaminpräparate setzen. Dann erhält der Körper alles, was er braucht.

Wie hoch ist der Tagesbedarf an Vitaminen? Einige Beispiele:

Vitamin A

Empfohlene Zufuhr pro Tag (Retinolaktivitätsäquivalente, RAE):
0,7 mg für Frauen
0,8 – 0,85 mg für Männer

100 g zubereitete Karotten
enthalten 0,78 mg RAE.



Vitamin C

Empfohlene Zufuhr pro Tag:
95 mg für Frauen
110 mg für Männer

100 g roter Paprika
enthalten 140 mg Vitamin C.



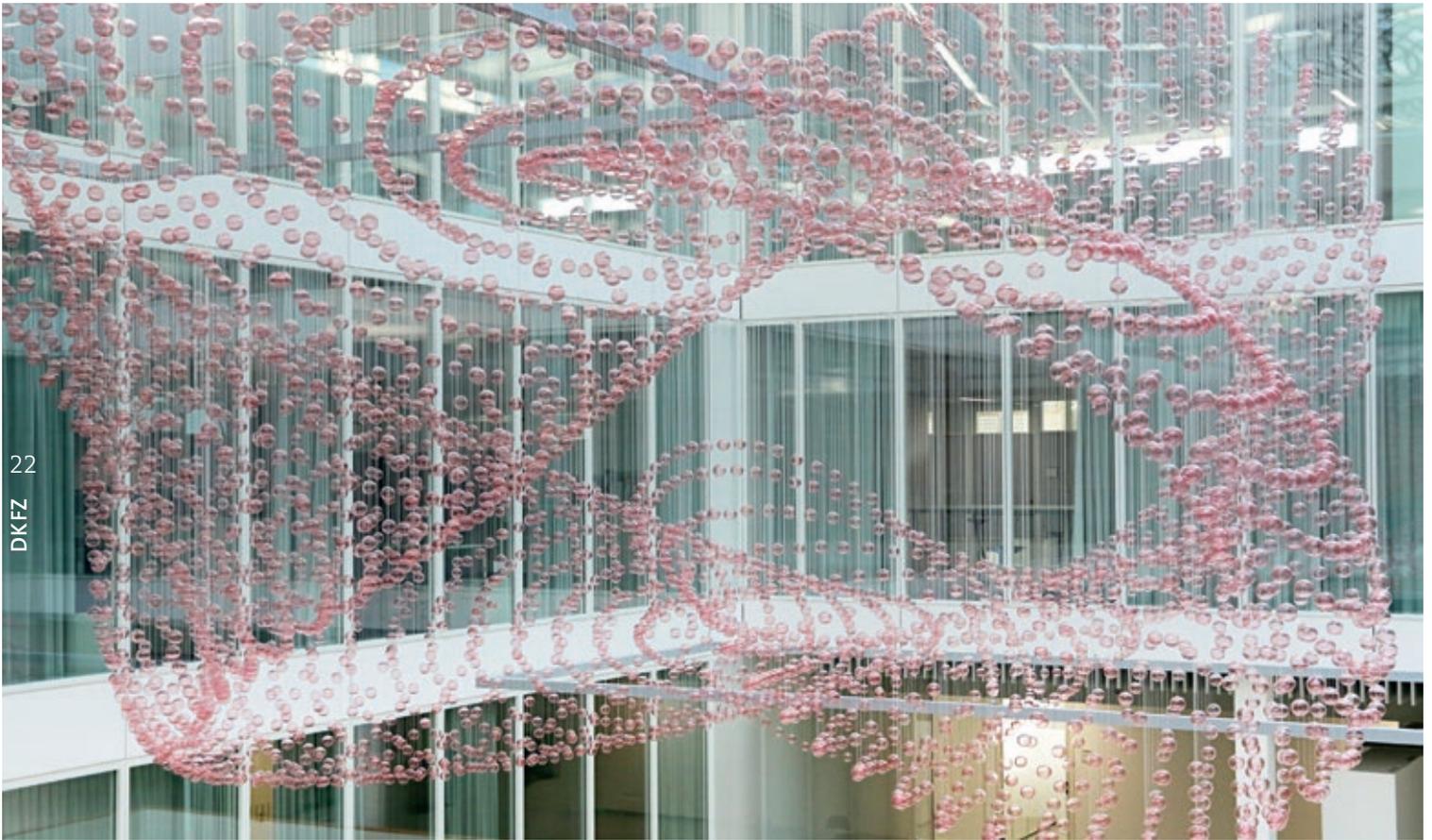
Vitamin B12

Empfohlene Zufuhr pro Tag:
4 µg (0,004 mg)

100 g Gouda
enthalten 1,9 µg Vitamin B12.



Quelle: Deutsche Gesellschaft für Ernährung. (Referenzwerte und Nährwerttabelle, Stand: 12/2020)



ORBIT

Exakt 4.464 transparent-rosafarbige Glaskugeln, mundgeblasen und jeweils sieben Zentimeter im Durchmesser, bilden gemeinsam die Installation „orbit“, die seit einigen Wochen ihren Platz im Atrium des Forschungszentrums für Bildgebung und Radioonkologie des DKFZ einnimmt. Das Kunstwerk von Heike Weber und Walter Eul setzt sich intensiv mit dem Gebäude und seiner Funktion auseinander. Die in Kreisbahnen verschlungenen Kugeln wecken Assoziationen zu rotierenden Röhren und zugleich auch zu physikalischen Teilchen. Dadurch schafft die Installation eine Verbindung zu bildgebenden und therapeutischen Verfahren, an denen hier geforscht wird. „Unser orbit umkreist spielerisch das ernste Thema Gesundheit“, erläutert Heike Weber. „Wir möchten mit unserer Arbeit ein positives, zukunftsorientiertes Gefühl sinnlich zum Ausdruck bringen und die Gedanken der Besucher und Patienten positiv in Schwingung bringen“.



Der Neubau
des NCT Dresden
vereint Wissenschaftler,
Ärzte und Patienten
unter einem Dach.



Ein großer Schritt in die Zukunft

Raum für innovative Krebsforschung: Forschern, Ärzten und Patienten steht am Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen Dresden (NCT/UCC) seit September ein hochmodernes Gebäude zur Verfügung.

Auf vier Etagen und über 3.000 Quadratmetern Nutzfläche werden im Neubau des NCT Dresden künftig rund 200 Wissenschaftler und forschende Ärzte gemeinsam Krebsforschung auf höchstem Niveau betreiben und Patienten nach dem neuesten Stand der Medizin versorgen. Zu den herausragenden Forschungsbereichen zählt der „Operationssaal der Zukunft“, in dem Instrumente und Geräte digital vernetzt sind. Wissenschaftler sammeln hier wichtige Daten zur Entwicklung roboter- und computergestützter Systeme für die Krebschirurgie. Der OP ist räumlich unmittelbar mit modernsten Bildgebungs- und Strahlentherapie-Einheiten verbunden. Mit ihrer Hilfe sollen im Rahmen klinischer Studien die Strahlentherapie verbessert, die Präzision minimalinvasiver Krebsbehandlungen erhöht und neue radioaktive Sonden für die Bildgebung mittels Positronen-Emissions-Tomografie (PET) etabliert werden. In molekularen und zellbiologischen Laboren untersuchen Forscher, wie sich Tumoren in ihrer Entstehung und in ihrem Wachstum beeinflussen lassen. Eine fächerübergreifende Tagesklinik schafft zudem Behandlungsplätze für medikamentöse Krebstherapien.

Während der Bauphase wurde das Gebäude um eine zusätzliche Etage erweitert, die bis 2022 fertiggestellt werden soll. Sie wird das ONCO-INNOVATION-LAB beherbergen. Im Sinne einer Denkfabrik werden hier Arbeitsgruppen in den

Bereichen digitale Technologien und Datenwissenschaften zusammenarbeiten und neue Strategien und Technologien gegen Krebs entwickeln. Mit einer Spende von 600.000 Euro legte die Stiftung von Beatrix und Heinz-Jürgen Preiss-Daimler die Basis für die Realisierung des Obergeschosses.

Nach rund dreijähriger Bauzeit wurde im September die Eröffnung des Neubaus gefeiert. Zu den Gästen zählten der Sächsische Ministerpräsident Michael Kretschmer und der Parlamentarische Staatssekretär im Bundesforschungsministerium Thomas Rachel. Für die Errichtung des Gebäudes stellte der Freistaat Sachsen 22 Millionen Euro bereit, weitere gut drei Millionen Euro kommen aus dem Bundeshaushalt sowie aus privaten Spenden.



Im „Operationssaal der Zukunft“ sind Instrumente und Geräte digital vernetzt.

VERNETZUNG GESTALTEN

Ursula Weyrich ist seit Januar Kaufmännischer Vorstand des Deutschen Krebsforschungszentrums. einblick sprach mit der Juristin über vernetzte Wissenschaft, neue Finanzierungsquellen, den Ausbau der Infrastruktur – und ein besonderes erstes Jahr im Amt.

Frau Weyrich, nur wenige Wochen nach Ihrem Amtsantritt hat die Corona-Pandemie zu einer weltweiten und immer noch anhaltenden Ausnahmesituation geführt. Wie blicken Sie auf das erste Jahr im DKFZ zurück?

Meine persönliche Erfahrung aus fast 20 Jahren im Wissenschaftsmanagement hat mich gelehrt, dass man beim Wechsel in eine neue Funktion eigentlich nie das findet, was man gemeinhin als „reine Routine“ bezeichnet. Das wäre ja auch langweilig. Der Wechsel zum DKFZ Anfang des Jahres bildete da zunächst keine Ausnahme. Das Auftreten der Corona-Pandemie war natürlich eine besondere Herausforderung. Für meinen Einstieg war ein echter Nachteil, dass die Beschränkung der persönlichen Kontakte das Kennenlernen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und des gesamten Netzwerks erschwert hat. Persönliche Kontakte, Besuche in den Abteilungen und auch spontane Gespräche und Austausch sind mir sehr wichtig. Das ist gar keine Frage! Trotzdem war es für mich ein sehr gutes erstes Jahr am DKFZ. Gerade der Umgang mit der pandemiebedingten Ausnahmesituation hat eindrucksvoll gezeigt, wie viele hochengagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am DKFZ tätig sind. Die Arbeit des organisationsübergreifenden Lagestabs, die rasche Umstellung der Prozesse auf die Arbeit aus dem Homeoffice, die Unterstützung der klinischen Partner vor Ort durch Kollegen des DKFZ, die Ad-hoc-Nutzung von vorhandenem Know-how und Infrastrukturen zur Bekämpfung der Corona-Pandemie oder die Arbeit des Krebsinformationsdienstes, der gerade in dieser Zeit besonders viele Betroffene mit wertvollen Informationen unterstützen konnte. Das sind



nur einige Beispiele für besondere Leistungen in dieser Zeit, für die man nur dankbar sein kann. Letztlich wurden damit ganz wesentliche Ziele erreicht: Anders als einige andere Forschungseinrichtungen konnte das DKFZ seinen Betrieb aufrechterhalten und – was besonders wichtig ist – innerhalb des DKFZ konnte der Schutz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bestmöglich sichergestellt werden.

Forschung findet überwiegend im Labor und nicht im Homeoffice statt. Was sind aktuell die größten Herausforderungen für eine Einrichtung wie das DKFZ?

Es war extrem wichtig für das DKFZ, dass weiterhin exzellente Krebsforschung ermöglicht wird. Die Bilanz unserer Forschungsaktivitäten für das Jahr 2020 kann sich deshalb durchaus sehen lassen. Die Forscherinnen und Forscher des DKFZ haben in diesem Jahr ebenso erfolgreich wie in den vergangenen Jahren Drittmittel einwerben können, darunter insgesamt vier ERC Grants. Auch in Bezug auf wissenschaftliche Veröffentlichungen konnte mit etwa 2000 Publikationen an die Bilanz der vergangenen Jahre angeknüpft werden. Dennoch haben die Pandemie und ihre Auswirkungen auf unsere Partnerinstitutionen in der ganzen Welt natürlich auch die Arbeit des DKFZ beeinträchtigt. Forschung hängt stark vom wissenschaftlichen Austausch ab, der weltweit in vielfältigen Kooperationen und Formaten stattfindet. Corona hatte und hat hier einen stark hemmenden Einfluss. Andererseits ist die beispielhafte Geschwindigkeit, in der sich Forscherinnen und Forscher weltweit vernetzt haben, um gemeinsam gegen das Virus zu kämpfen, nicht nur beeindruckend, sondern vielleicht auch beispielgebend für die Zukunft.

Abseits von Corona: Auf welchen Themen lagen im ersten Jahr die Schwerpunkte Ihrer Arbeit?

Das Jahr 2020 war natürlich davon geprägt, das DKFZ, seine Forschungsinhalte und Strukturen kennenzulernen. Ein Schwerpunktthema waren die Baumaßnahmen des DKFZ, und zwar an allen Standorten: Wir planen in den nächsten Jahren die Realisierung von mehreren, zum Teil sehr komplexen Bauvorhaben mit einem Finanzierungsvolumen von in Summe fast 200 Millionen Euro. Das ist ein beachtliches Volumen, das es zu managen gilt. Die erfolgreiche Realisierung dieser Projekte ist ein zentrales Element der DKFZ-Gesamtstrategie. Auch das Thema „NCT-Erweiterung“ stand und steht im Fokus des Vorstands. Mit der Entscheidung des internationalen Gutachtergremiums, vier weitere Standorte des Nationalen Centrums für Tumorerkrankungen zur Förderung durch das Bundesforschungsministerium und die jeweiligen Sitzländer vorzuschlagen, hat die intensive Phase der Vorbereitung dieses Netzwerks begonnen. Eine tolle Chance für die onkologische Spitzenforschung in Deutschland, und das DKFZ wird sich in diesen Verbund intensiv einbringen.

Und auch die zukünftige Finanzierung des DKFZ und die Erschließung neuer Finanzierungsquellen für unsere Forschung stehen im Fokus. Mit der Schaffung der Stabsstelle Private Forschungsförderung zum Ausbau der Fundraising-Aktivitäten und der strategischen Weiterentwicklung unseres Innovationsmanagements bieten sich Chancen, die es jetzt zu nutzen gilt.

Welche Bauvorhaben befinden sich derzeit in der Planung?

In der Tat sind aktuell eine ganze Reihe an Bauprojekten in der Planung oder sogar bereits in der Umsetzung. Die Umbau- und Neubaumaßnahmen von Gebäuden sind vor allem dadurch bedingt, dass sich Forschung naturgemäß in einem stetigen Wandel befindet und sich damit natürlich auch der Anspruch an Technik und Infrastruktur verändert.

Es freut mich besonders, dass die herausragende Forschung am DKFZ auch immer wieder durch private Zuwendungen gewürdigt wird. Viele dieser Spenden ermöglichen überhaupt erst, dass ein Bauvorhaben in die Planung gehen kann. Die Dieter Morszeck Stiftung finanziert beispielsweise den Neubau eines hochmodernen, robotischen Biorepositories, in dem ab Ende 2022 die langfristige Lagerung von qualitativ hochwertigen Bioproben möglich ist. Ein bauliches Großprojekt, auf das sich viele am DKFZ sehr freuen, ist der Gebäudekomplex an der Berliner Straße. Hier werden an exponierter Stelle drei Gebäude in zwei Bauabschnitten entstehen. Vorgesehen ist, dass in einem dieser Gebäude das Nationale Krebspräventionszentrum, eine gemeinsame Initiative der Deutschen Krebshilfe und des DKFZ, seine Heimat findet. Hier werden wir zum einen Platz für Forschung auf dem Gebiet der Krebsprävention schaffen, zum anderen wird dort aber auch eine Präventionsambulanz mit Angeboten für die Bürgerinnen und Bürger entstehen. Wir sind dankbar, dass der Neubau durch die Deutsche Krebshilfe ermöglicht wird und wichtige Elemente der Ausstattung durch die Dietmar Hopp Stiftung und die Hector Stiftung finanziert werden. Der zweite Bau, das „Schadeberg Center for Digital Oncology and Disruptive Technologies“, wird durch Spendenmittel von Bernhard Schadeberg finanziert. Forscherinnen und Forscher, die Krebs mithilfe Künstlicher Intelligenz erforschen, werden hier in einem Gebäude zusammenkommen können. Neben den zwei spendenfinanzierten Gebäuden wird es ein drittes Gebäude geben, das zunächst als Verfügungsgebäude geplant wird.

Damit etwas Neues entstehen kann, muss manchmal auch Altes weichen. So beschäftigt uns derzeit insbesondere der Abbruch der alten Radiologie, der Platz schafft für den Bau des Forschungs- und Entwicklungszentrums für Radiopharmazeutische Chemie, kurz FER. Dort sollen Radiopharmaka für diagnostische und therapeutische Anwendungen entwickelt, hergestellt und evaluiert werden.

Das DKFZ zählt auf dem Gebiet der Krebsforschung zur internationalen Spitze. Was muss das Zentrum tun, um diese Position auch weiterhin behaupten zu können?

Das ist eine wichtige Frage! Das DKFZ muss die besten Köpfe rekrutieren und ihnen hervorragende Arbeitsbedingungen bieten. Dafür müssen wir die nötigen Rahmenbedingungen schaffen: Wir müssen in die wichtigen Zukunftsfelder der Krebsforschung investieren. Erfolgreiche Wissenschaft braucht Freiraum, um sich zu entwickeln, „Blue Sky Research“ muss möglich sein und unterstützt werden. Es braucht gute Infrastruktur und es braucht auch Vernetzungsmöglichkeiten innerhalb des DKFZ und darüber hinaus. Das ist ein ganz wichtiger Punkt: Wir sind nicht allein in Deutschland und in der Welt. Forschungserfolg basiert auch darauf, sich mit anderen Partnern national und international zu vernetzen und gemeinsam an den Themen zu arbeiten. Institutionelle, langfristige Partnerschaften sind dabei ebenso wichtig wie projektbezogene Kooperationen.

Wenn es darum geht, in welche Bereiche der Forschung zukünftig investiert werden soll, steht die Krebsforschung im Wettbewerb mit zahlreichen anderen Wissenschaftsfeldern. Wie schätzen Sie die aktuelle Position der Krebsforschung ein?

Das Thema Krebs betrifft und bewegt uns alle. Wir erwarten in den nächsten zehn Jahren in Deutschland eine Zunahme der Krebsneuerkrankungen um 20 Prozent, von 500.000 auf 600.000 pro Jahr. Es gibt kaum einen Menschen, dem das Thema nicht schon einmal begegnet ist, sei es persönlich oder im Familien- oder Bekanntenkreis. Die Krebsforschung hat deshalb verdientermaßen und ohne Zweifel national und international einen sehr hohen Stellenwert, auch innerhalb der Forschungs- und der Gesundheitspolitik. Die Anfang 2019 ausgerufene Nationale Dekade gegen Krebs belegt das eindrucksvoll, und die EU hat eine ihrer „Missions“ dem Thema gewidmet. Wir wissen aber auch: Geld ist am Ende des Tages nur in begrenzter Menge verfügbar. Und wir haben dieses Jahr durch die Covid-19-Pandemie gesehen, dass sich manchmal auch sehr rasch neue Schwerpunkte entwickeln, die dann im Fokus der Öffentlichkeit und der Politik stehen. Es wird deshalb immer notwendig sein, sich im Wettbewerb um Fördermittel zu behaupten.

Welche Ziele haben Sie sich für die Zukunft gesteckt?

Mein Ziel ist es, meinen Beitrag dazu zu leisten, dass das DKFZ seine internationale Spitzenposition behält und weiter ausbaut. Das Motto des DKFZ ist „Forschen für ein Leben ohne Krebs“. Und das, finde ich, fasst den Ansporn, der uns alle im DKFZ motiviert, gut zusammen. Aber um konkreter zu werden: Neben dem erfolgreichen NCT-Ausbau und der Realisierung der Bauprojekte werden auch Themen wie die Weiterentwicklung der Digitalisierung am DKFZ von Bedeutung sein. Wir haben

uns hier für die nächsten Jahre einiges vorgenommen, um die Arbeitsabläufe zu optimieren und die Transparenz der Prozesse weiter zu erhöhen. Und schließlich wird auch der Ausbau der vielfältigen nationalen und internationalen Kooperationen Teil meiner persönlichen Zielsetzung sein.



.....
ZUR PERSON
.....

URSULA WEYRICH studierte Jura in Mainz und Clermont-Ferrand. Sie arbeitete als Rechtsanwältin mit den Schwerpunkten Arbeits-, Gesellschafts- und Steuerrecht, bevor sie als Referentin ins Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wechselte. Nach einer Zeit als Persönliche Referentin des Staatssekretärs im BMBF wurde sie 2006 Referatsleiterin. In ihre Zuständigkeit fiel unter anderem die Begleitung des Zusammenschlusses der Universität Karlsruhe mit dem Forschungszentrum Karlsruhe zum Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Ende 2008 übernahm Ursula Weyrich als Administrativer Gründungsvorstand den Aufbau des Deutschen Zentrums für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE). Im November 2014 wurde sie Administrative Geschäftsführerin der GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH und der Facility for Antiproton and Ion Research in Europe GmbH (FAIR GmbH). Seit Januar 2020 ist Ursula Weyrich Kaufmännischer Vorstand des DKFZ.

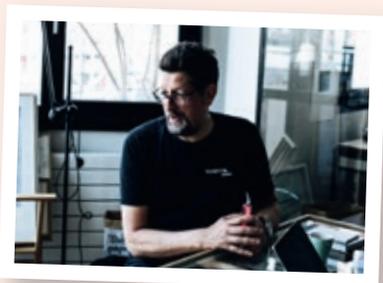
.....



„Das Leben muss weitergehen“



Am 12. September stiegen in Paris und an mehreren weiteren Orten mehr als 300 Menschen für den guten Zweck aufs Rad. Anlass war die Nicola Werner Challenge, die in diesem Jahr zum fünften Mal stattfand. Die Künstlerin Nicola Werner war im Jahr 2008 an einem durch Humane Papillomviren (HPV) verursachten Tumor erkrankt. Nach der Diagnose engagierte sie sich für die Prävention dieser Krankheit, insbesondere für die HPV-Impfung, die inzwischen die große Mehrheit solcher Fälle verhindern könnte. Seit ihrem Tod im Frühjahr 2016 führt ihr Ehemann Moritz Werner diese Mission fort: Im Andenken an Nicola Werner fuhren Freunde und Verwandte im Herbst des gleichen Jahres erstmals einen Spenden-Radmarathon. Seitdem wächst die Nicola Werner Challenge mit jeder Auflage. Moritz Werner sammelt durch das Event nicht nur Spenden für die Krebsforschung, es geht ihm auch um Aufmerksamkeit für eine Krankheit, die jeden treffen kann.



Herr Werner, die Umstände der Nicola Werner Challenge waren in diesem Jahr außergewöhnlich. Wie fällt Ihr Fazit aus?

Sehr gut! Ich bin sehr zufrieden. Wir haben uns von Corona nicht

abschrecken lassen, sondern überlegt, wie wir trotzdem eine Veranstaltung machen können. Wir haben dann an vielen Parametern geschraubt. Bisläng fand das Event in Paris statt, und die Leute sind aus verschiedenen Regionen in Frankreich, aus Deutschland, der Schweiz oder auch aus den USA angereist. Das war in diesem Jahr nicht möglich. Freunde haben dann angeboten, zusätzlich auch lokale Events zu veranstalten,

zum Beispiel in Berlin, im Schwarzwald oder auch in Seattle. Außerdem haben sich Leute unabhängig davon entschlossen, die Challenge allein oder in kleinen Gruppen zu fahren, und das hat sehr gut funktioniert.

Stand das Event zwischenzeitlich auf der Kippe?

Es stand nie zur Diskussion, dass die Challenge gar nicht stattfinden würde. Im schlimmsten Fall hätte eben jeder alleine fahren müssen. Wir mussten in der Organisation sehr lange flexibel bleiben und die Planung an die jeweiligen Vorgaben anpassen, also beispielsweise die Größe der Gruppen, in denen gefahren werden konnte. Besonders danken möchte ich den zahlreichen Firmen und Helfern, die uns auch in diesem

außergewöhnlichen Jahr unterstützt haben. Ohne sie wäre die Challenge nicht möglich gewesen.

Man darf über Corona nicht vergessen, dass es auch andere Krankheiten gibt. Und man darf auch nicht das Leben vergessen. Das war der Treiber, das Event auch in diesem Jahr durchzuführen. Das Leben muss weitergehen!

Wird die Challenge im nächsten Jahr auch wieder an verschiedenen Standorten stattfinden?

Wir werden im kommenden Jahr auf jeden Fall an verschiedenen Orten sein, wo genau, steht aber noch nicht fest. Berlin ist sicher mit dabei. Die Challenge soll auf jeden Fall noch internationaler werden, wir wollen weiterwachsen.

Die Challenge fand zum ersten Mal im Jahr 2016 statt, wenige Monate nach dem Tod Ihrer Frau. Wie ist damals die Idee zu dem Radrennen entstanden?

Meine Frau und ich hatten eine wundervolle Zeit, das Leben meinte es sehr gut mit uns. Ich wollte etwas zurückgeben. Deshalb unterstütze ich den Kampf gegen Krebs. Nicola liebte es, Rennrad zu fahren, aber im Gegensatz zu mir nicht so sehr mit dem Blick auf die Geschwindigkeit. In der Challenge geht es jetzt auch nicht darum, so schnell wie möglich zu fahren, sondern darum, zusammen unterwegs zu sein. Radfahren ist ideal, um gemeinsam die Natur zu erleben. Und außerdem senkt Sport auch das Krebsrisiko!

Welche Ziele verfolgen Sie mit der Challenge?

Die Challenge ist ein Fundraising-Event, mit dem wir die Krebsforschung unterstützen. Aber auch ein zweiter Punkt ist ganz wichtig: Wir möchten die Teilnehmer für das Thema Krebs sensibilisieren und sie dazu bringen, sich damit

auseinanderzusetzen: Was kann ich zum Beispiel in Sachen Prävention tun?

Wir haben deshalb letztes Jahr ein neues Element in die Challenge eingeführt: Bei der Anmeldung fragen wir die Leute, welcher Person sie ihre Fahrt widmen wollen – eine Person, die an Krebs erkrankt oder vielleicht auch daran verstorben ist. Statt mit einer Startnummer fahren die Teilnehmer dann mit einem kleinen Schild, auf dem dieser Name steht. Die Krankheit ist dann für die Teilnehmer zumindest an diesem Tag ganz präsent,

und sie setzen sich damit auseinander: Krebs kann auch mich betreffen.

Wie würden Sie die Stimmung bei diesem besonderen Radrennen beschreiben?

Sehr positiv! Die Leute empfinden diesen Tag als etwas ganz Besonderes. Das liegt zum einen daran, dass sie für eine andere Person fahren, und außerdem ist es ja auch kein richtiges Radrennen. Es ist zwar sehr anstrengend, mit 120 oder 210 km und einer anspruchsvollen Strecke, aber es gilt die Devise: Wir fahren zusammen los und wir kommen zusammen an! Zumindest innerhalb der einzelnen Gruppen, die jeweils mit einem bestimmten Tempo unterwegs sind.

Welche Projekte werden Sie mit den Spendengeldern unterstützen?

Wir werden die Spenden aus Deutschland in ein Projekt am DKFZ fließen lassen und die Spenden aus Frankreich in ein französisches Projekt, sodass die Teilnehmer dann auch sehr klar sehen, wofür sie einen Beitrag geleistet haben. Das ist mir sehr wichtig. Die Teilnehmer sollen wissen: Mein Geld fließt in genau dieses Projekt. Wir wollen eine möglichst enge Verbindung zwischen den Spendern und dem Projekt herstellen. Das soll greifbar sein. Im nächsten Jahr soll das Projekt, das wir unterstützen möchten, deshalb schon bei der Anmeldung feststehen. In Deutschland fließt das Geld in diesem Jahr in die Chatfunding-Aktion des KID. Das ist eine super Sache. Wenn sie dann dieses Angebot nutzen, wissen sie, dass sie es selbst mit ermöglicht haben.

Die sechste Auflage der Nicola Werner Challenge findet am 11. September 2021 statt. Weitere Information finden Sie unter www.nicolawernerchallenge.org



Engagieren auch Sie sich für die Krebsforschung. Ob eine einmalige Spende, regelmäßige Zuwendungen oder eine Spendenaktion: Gerne unterstützen wir Ihr Vorhaben und beantworten Ihre Fragen.
Kontaktieren Sie uns:
spende@dkfz.de oder **06221/42-2848**

Spendenkonto:
Sparkasse Heidelberg
IBAN: DE98 6725 0020 0005 0000 50
BIC: SOLADES1HDB



Krebs – eine europäische Aufgabe

Etwa ein Drittel aller Menschen in Europa muss damit rechnen, im Laufe des Lebens an einem bösartigen Tumor zu erkranken. Die steigenden Krebsneuerkrankungsraten stellen die europäischen Gesundheitssysteme vor große Herausforderungen. Krebs ist deshalb auch während der deutschen EU-Ratspräsidentschaft 2020 ein zentrales Thema.

Wie sich die Versorgung von Krebspatientinnen und Krebspatienten in ganz Europa verbessern und der Zugang zu innovativer Krebsmedizin sicherstellen lässt, diskutierten Politiker, Ärzte und Wissenschaftler bei dem vom DKFZ und vom Bundesgesundheitsministerium veranstalteten internationalen Expertentreffen „Improving Cancer Care in Europe“ am 3. September in Heidelberg. Mehrere Krebsexperten betonten bei der Tagung die Bedeutung von tragfähigen Netzwerken und europäischen Partnerschaftsmodellen. Sie wiesen darauf hin, dass bei der Versorgung von Krebspatienten heute noch erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen EU-Staaten bestehen. Das Ziel sei ein gerechtes, solidarisches Europa, Menschen in allen EU-Staaten müssten im gleichen Maße Zugang zu innovativen Diagnose- und Therapiemethoden erhalten. Die Tatsache, dass Krebs eine extrem heterogene Erkrankung ist, macht Forschungsprojekte oder klinische Studien zur Prüfung neuer Behandlungsansätze zunehmend schwierig, denn nur sehr wenige Patienten teilen identische Tumormerkmale. Daher gewinnt der Austausch medizinischer und wissenschaftlicher Daten über europäische Grenzen hinweg an Bedeutung. Nur durch einen effektiven europäischen Forschungs- und Datenraum lasse sich das Potenzial neuer Methoden erschließen, etwa der künstlichen Intelligenz zur Unterstützung der Krebsbehandlung.

Am 13. Oktober berieten die Forschungsminister aus Deutschland, Portugal und Slowenien sowie Experten und Patienten aus ganz Europa auf der Konferenz „Europe: Unite against Cancer“ gemeinsame Wege zur Stärkung der europäischen Krebsforschung. Bei dieser virtuellen Veranstaltung verabschiedeten sie die Deklaration „Europa: Gemeinsam gegen Krebs“. Dazu erklärte Bundesforschungsministerin Anja Karliczek: „Um die Perspektiven und die Lebensqualität von Krebspatientinnen und -patienten weiter zu verbessern, müssen wir in Europa zusammenarbeiten.“ Der Schlüssel dafür sei eine exzellente europäische Krebsforschung. Deutschland werde deshalb seinen Beitrag zum europäischen Fördernetzwerk TRANSCAN um zwei Millionen Euro auf insgesamt fünf Millionen Euro erhöhen. Mit diesem Beitrag werde die Forschung im Bereich der Immuntherapie gestärkt, heißt es in der Mitteilung des Bundesforschungsministeriums. Gleichzeitig sollen Patientinnen und Patienten stärker in die Krebsforschung eingebunden werden.

Bereits im August haben die European Academy of Cancer Sciences (EACS), die mehrere Mitarbeiter des DKFZ unter ihren Mitgliedern hat, sowie weitere europäische Organisationen und Krebszentren einen europäischen Aktionsplan für die Krebsbekämpfung vorgestellt. Für die Umsetzung raten die Experten zur Gründung von drei transeuropäischen Infrastrukturen. Diese Netzwerke sollen die enge Kooperation von Wissenschaftlern aus verschiedenen europäischen Ländern

Im Jahr 2020 werden etwa
2,7 Millionen EU-Bürger
an Krebs erkranken.

Etwa **1,3 Millionen**
EU-Bürger werden an Krebs versterben.

Die Zahl der Neuerkrankungen
in Europa wird bis 2040
voraussichtlich um **23 %** ansteigen.

Rund **zwölf Millionen** Menschen
in Europa lebten im Jahr 2018 mit
oder nach einer Krebserkrankung.

ermöglichen und ihnen Zugang zu einer kritischen Masse an Patienten, Bioproben sowie zu technologischen Ressourcen sichern.

- Das Netzwerk Translationale Forschung soll Grundlagen- sowie präklinische Forschung mit der klinischen Forschung verbinden und Forschungsansätze bis zu einem „proof of concept“-Stadium weiterentwickeln.
- Die Infrastruktur für Klinische und Präventionsstudien konzipiert weiterführende klinische Studien und verfügt über fortschrittliche Diagnostikeinrichtungen, etwa molekulare Pathologie, um Patientengruppen zu stratifizieren.
- Die Infrastruktur Outcome Research soll die Wirksamkeit von Präventionsmaßnahmen und therapeutischen Ansätzen evaluieren.

„CONQUERING CANCER“

Die Europäische Union hat in ihrem neuen Forschungsförderprogramm Horizon Europe, das von 2021 bis 2027 laufen wird, erstmals fünf „Missionen“ definiert: Diese ehrgeizigen Forschungsschwerpunkte sollen dazu beitragen, systemische Lösungen für einige der größten Herausforderungen der Zukunft zu finden. Eine der Missionen, „Conquering Cancer: Mission Possible“, hat zum Ziel, in einem multidisziplinären Forschungsansatz substanzielle Verbesserungen beim Krebsüberleben zu erzielen sowie die Neuerkrankungsrate zu senken. Die konkrete Zielvorgabe: Bis zum Jahr 2030 sollen in EU-Ländern mit einem hochentwickelten Medizinsystem mindestens 75 von 100 Patienten ihre Krebserkrankung zehn Jahre überleben.



GEMEINSAM IM BILDE SEIN

Auch in der Medizin gilt: Qualitativ hochwertige Daten sind ein kostbares Gut. Im DKTK ist deshalb mit der Joint Imaging Platform eine im DKFZ entstandene IT-Infrastruktur weiterentwickelt worden, die es den Forschern ermöglicht, Bilddaten gemeinsam zu nutzen. Eines der Ziele: Künstliche Intelligenz soll dabei helfen, medizinische Bilder zu analysieren.

Auf der Aufnahme des Magnetresonanztomografen (MRT) ist eine verdächtige Stelle zu sehen. Ein bösartiger Tumor oder eine gutartige Veränderung? Tagtäglich müssen Mediziner solche und ähnliche Fragen beantworten, wenn sie medizinische Bilder beurteilen. Hat sich die Tumorgroße verändert? Hat der Krebs in andere Organe gestreut? Radiologisches Bildmaterial auszuwerten ist zeitintensiv und setzt erfahrene Ärzte voraus. Gleichzeitig wächst die Menge an Bilddaten mit dem technologischen Fortschritt der Geräte.

Algorithmen sollen deshalb zukünftig die Mediziner bei der Diagnostik unterstützen. Mithilfe Künstlicher Intelligenz (KI) lassen sich Aufnahmen Pixel für Pixel analysieren. So kann eine KI feststellen, welcher Bildpunkt welcher Gewebeart entspricht oder wie sich ein Tumor über die Zeit verändert. Die Programme können lernen, welche Kombination aus Merkmalen eine bösartige Veränderung anzeigt. Für diesen Lernprozess braucht es große Mengen hochqualitativer Daten. „Eine KI kann nur so zuverlässig sein wie die Daten, mit denen sie trainiert wurde“ sagt Klaus Maier-Hein, der im DKFZ die Abteilung Medizinische Bildverarbeitung leitet. Gemeinsam mit Heinz-Peter Schlemmer, dem Leiter der Radiologie am DKFZ, hat er deshalb vor drei Jahren die Entwicklung einer IT-Infrastruktur für Bildanalyse und maschinelles Lernen angestoßen – die Joint Imaging Plattform, kurz JIP.

Sie vereinfacht den Wissenschaftlern an allen acht Standorten des DKTK die Arbeit mit radiologischen Aufnahmen und deren Analyse. Jeder Einzelne kann dadurch viel größere Mengen an Bildmaterial für seine Forschung nutzen. Das erhöht

die Aussagekraft einer Studie oder lässt bestimmte Fragestellungen überhaupt erst zu. „Zudem unterstützen wir so die Verbreitung neuester radiologischer Methoden im Forschungsnetzwerk“, ergänzt Schlemmer. Von all dem profitieren letztlich die Patienten.

Ein radiologisches Netzwerk

Damit der Austausch und die Analyse der Bilder reibungslos funktionieren, müssen diese an allen beteiligten Standorten einheitlich aufbereitet und verwaltet werden. „Die JIP schafft quasi einen gemeinsamen Nenner“, berichtet Maier-Hein, der mit seinem Team die technische Konzeption der Plattform entwickelt hat. „Wir haben dabei Analysemethoden implementiert, die möglichst viele Informationen aus den radiologischen Aufnahmen herausholen“, so Maier-Hein. Nutzer können verschiedene Auswertungstools anwenden oder diese über die Plattform tauschen und sogar weiterentwickeln.

Neben reinen Bildinformationen werden zusätzlich auch die sogenannten Metadaten dokumentiert. Dazu zählen zum Beispiel die Einstellungsparameter während der Aufnahme, etwa die Dosis der Röntgenstrahlung. Zusätzlich sind auch relevante Informationen über die Patienten mit den Bilddaten verknüpft. Dem Schutz der Daten kam deshalb bei der Konzeption der JIP eine wichtige Rolle zu. „Uns war zudem wichtig, dass jeder Standort die Hoheit über seine Daten behält“, sagt Maier-Hein. Über die Plattform können Forscher die Daten in ihre eigenen Analysen einbeziehen, die Bilder selbst verbleiben jedoch dort, wo sie entstanden sind.

KI erkennt Tumoren

Am DKFZ entwickelten Wissenschaftler jüngst ein künstliches neuronales Netz, das anhand einer Vielzahl von MRT-Aufnahmen lernt, woran sich verdächtige Gewebeveränderungen festmachen lassen. In Tests konnte die KI in 92 Prozent der Fälle klinisch relevanten Prostatakrebs erkennen – etwas besser, als Radiologen das schafften. „Die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines klinisch relevanten Karzinoms war dann am höchsten, wenn sowohl Radiologen als auch die KI einen verdächtigen Befund als auffällig diagnostizierten“, berichtet Schlemmer. Nun soll die JIP den nächsten Schritt ermöglichen: Gemeinsam mit Kollegen aus dem DKTK-Netzwerk möchten die Forscher die Anwendung in größeren Patientengruppen validieren. Am Ende soll dann eine Studie zeigen, ob das Programm Ärzte im klinischen Alltag sowohl bei der Diagnose als auch bei der Verlaufskontrolle von Krebserkrankungen unterstützen kann.

Während der aktuellen Corona-Pandemie sind insbesondere computertomografische Aufnahmen der Lunge in den Fokus der medizinischen Forschung geraten. Denn früh hat sich gezeigt, dass Ärzte anhand dieser Bilder den Verlauf der Erkrankung beurteilen können. Ausgehend von der JIP entwickeln die Wissenschaftler im DKTK daher momentan zusammen mit weiteren Experten eine IT-Infrastruktur, die es zulässt, radiologisches Bildmaterial von Covid-19-Patienten deutschlandweit genormt zu erfassen und auszuwerten. So soll die erste

deutschlandweite Radiologie-Plattform entstehen, an der fast alle Universitätskliniken beteiligt sind.

Eine Plattform wie die JIP sowie die entwickelten IT-Werkzeuge und KI-Anwendungen lassen sich jedoch nicht nur für die medizinische Forschung nutzen. Maier-Hein und Schlemmer sehen die JIP deshalb als Vorbild für andere Sparten, in denen es große Datenmengen auszuwerten gilt. Denn Daten sind kostbar – und geteilt können sie sogar noch wertvoller sein.

// Janosch Deeg



Neue Ergebnisse aus der Krebsforschung sollen möglichst schnell bei den Patienten ankommen. Mit diesem Ziel hat sich im Jahr 2012 das DKFZ mit Forschungseinrichtungen und Kliniken an acht Standorten zum **Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung**, kurz DKTK, zusammengeschlossen.





Mit **Mathias Heikenwälder** und **Nina Papavasiliou** erhielten zwei DKFZ-Wissenschaftler einen der begehrten „Proof of Concept“-Grants des Europäischen Forschungsrats ERC. Die Fördermittel sollen Wissenschaftler, die zuvor bereits eine ERC-Förderung erhalten haben, dabei unterstützen, das wirtschaftliche Potential ihrer Forschungsergebnisse weiterzuentwickeln. Papavasiliou plant, mithilfe hochspezifischer Antikörper die Rolle veränderter Bausteine im Erbmolekül RNA zu untersuchen. Heikenwälder war es gemeinsam mit Kollegen gelungen, ein Enzym auf Blutplättchen zu identifizieren, das die Entstehung von Leberentzündungen fördert. Nun ist sein Ziel, Antikörper zu entwickeln, die dieses Enzym hemmen.

Für seine Forschung an krebstreibenden Erbgutveränderungen wurde **Thomas Grünewald**, Abteilungsleiter am DKFZ und am Hopp-Kindertumorzentrum Heidelberg (KITZ), mit dem Rudolf-Virchow-Preis 2020 der Deutschen Gesellschaft für Pathologie (DGP) ausgezeichnet. Der Wissenschaftler konnte mit seiner Forschung unterschiedliche Krankheitsverläufe beim Ewing-Sarkom, einem bösartigen Knochentumor, erklären. Der Rudolf-Virchow-Preis gilt als renommiertester deutscher Preis auf dem Gebiet der Pathologie und ist mit 5.000 Euro dotiert.



Der Württembergische Krebspreis wurde in diesem Jahr an **Pascal Johann** für seine herausragende Forschung zu Tumorerkrankungen im frühen Kindesalter verliehen. Der Wissenschaftler des DKFZ am Hopp-Kindertumorzentrum Heidelberg (KITZ) und Kinderonkologe am Universitätsklinikum Heidelberg nutzte Einzelzell-Sequenzierungen, um die seltenen, aber sehr aggressiven Rhabdoidtumoren molekular zu charakterisieren. Die mit 20.000 Euro dotierte Auszeichnung wird jährlich von der Dres. Carl Maximilian und Carl Manfred Bayer-Stiftung verliehen.



Zwei Nachwuchsgruppenleiter des DKFZ erhielten in diesem Jahr einen Starting Grant des Europäischen Forschungsrats ERC. Die Mittel in Höhe von 1,5 Millionen Euro für bis zu fünf Jahre sollen exzellente Nachwuchswissenschaftler beim Aufbau einer eigenen Arbeitsgruppe an einer anerkannten Forschungsinstitution in der EU unterstützen. **Pei-Chi Wei** will erforschen, welche Rolle Brüche in der DNA bei der Entwicklung und bei Erkrankungen des Gehirns spielen. **Darjus Tschaharganeh** plant, mit den Fördermitteln die Bedeutung von veränderten Chromosomenzahlen in der Krebsentstehung und Krebstherapie zu entschlüsseln.

Impressum

34. Jahrgang, Ausgabe 2/2020
ISSN 0933-128X

Herausgeber

Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Verantwortlich

Dr. Katharina Gudd
Stabsstelle Strategische Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Redaktion

Frank Bernard

An dieser Ausgabe haben außerdem mitgearbeitet

Dr. Janosch Deeg, Doreen Klingler, Dr. Stefanie Reinberger, Nicole Schuster, Nicole Silbermann, Julia Thiel, Kerstin Wittenberg

Gestaltung

Bohm und Nonnen, Büro für Gestaltung GmbH, Darmstadt

Druck

Laub GmbH & Co. KG, Elztal-Dallau

Abonnement

Sie können die Zeitschrift einblick kostenlos abonnieren unter www.dkfz.de/einblick. Den digitalen einblick können Sie über die kostenlose einblick-App für iOS und Android lesen.

Nachdruck

Die Wiedergabe und der Nachdruck von Artikeln aus einblick sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion erlaubt.

Redaktionsanschrift

Deutsches Krebsforschungszentrum
Strategische Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit
Im Neuenheimer Feld 280
D-69120 Heidelberg

Telefon: +49 (0)6221 422854
Telefax: +49 (0)6221 422968
E-Mail: einblick@dkfz.de
www.dkfz.de/einblick

Bildnachweis

Titelbild: filo/iStock
Innenteil: Charlotte Lindet (S. 3 oben links, S.28/29), Heinle, Wischer und Partner (S. 3 oben rechts, S. 15), André Wirsig/NCT/UCC (S. 3 unten links, S. 23 unten), Mark Hunt/Deutsche Krebshilfe (S. 3 unten rechts, S. 13 oben), DKFZ (S. 4, S. 5 oben), Hellmut Augustin/DKFZ (S. 5 unten), Tobias Schwerdt/DKFZ (S. 7/8), Alison Cox/Cancer Research UK (S. 10), Suzette Delalogue/Gustave Roussy (S. 11 oben), Julienne Bower/UCLA (S. 11 unten), Dagmar Anders/DKFZ (S. 13 unten), Studio M1/iStock (S. 16-19), Jutta Jung/DKFZ (S. 19 oben, S. 22, S. 24/25, S. 34 oben links, S. 34 unten rechts), Oliver Stegle/DKFZ (S. 19 unten), Karotte Kazakova Maryia/shutterstock (S. 21 links), pleshko74/iStock (S. 21 Mitte), Volodymyr Kryshal/iStock (S. 21 rechts), Uniklinik Dresden/Marc Eisele (S. 23 oben), Uwe Anspach (S. 27), Monika Hunackova/shutterstock (S. 30/31), gorodenkoff/iStock (S. 33), Attmanspacher/LMU (S. 34 oben rechts), Pascal Johann (S. 34 unten links).

Viele weitere Informationen, Pressemitteilungen und Nachrichten, mehr über uns und unsere Arbeit finden Sie auf unserer Homepage www.dkfz.de

Sie finden das DKFZ auch auf Facebook, YouTube, Instagram und bei Twitter.

Für die bessere Lesbarkeit der Texte wird auf die Verwendung beider Geschlechtsformen verzichtet. Damit ist keine Bevorzugung eines Geschlechts verbunden.

dkfz. DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT
KREBSINFORMATIONSDIENST

Fragen zu Krebs?
Wir sind für Sie da.



0800 – 420 30 40 (kostenlos)
täglich von 8 bis 20 Uhr

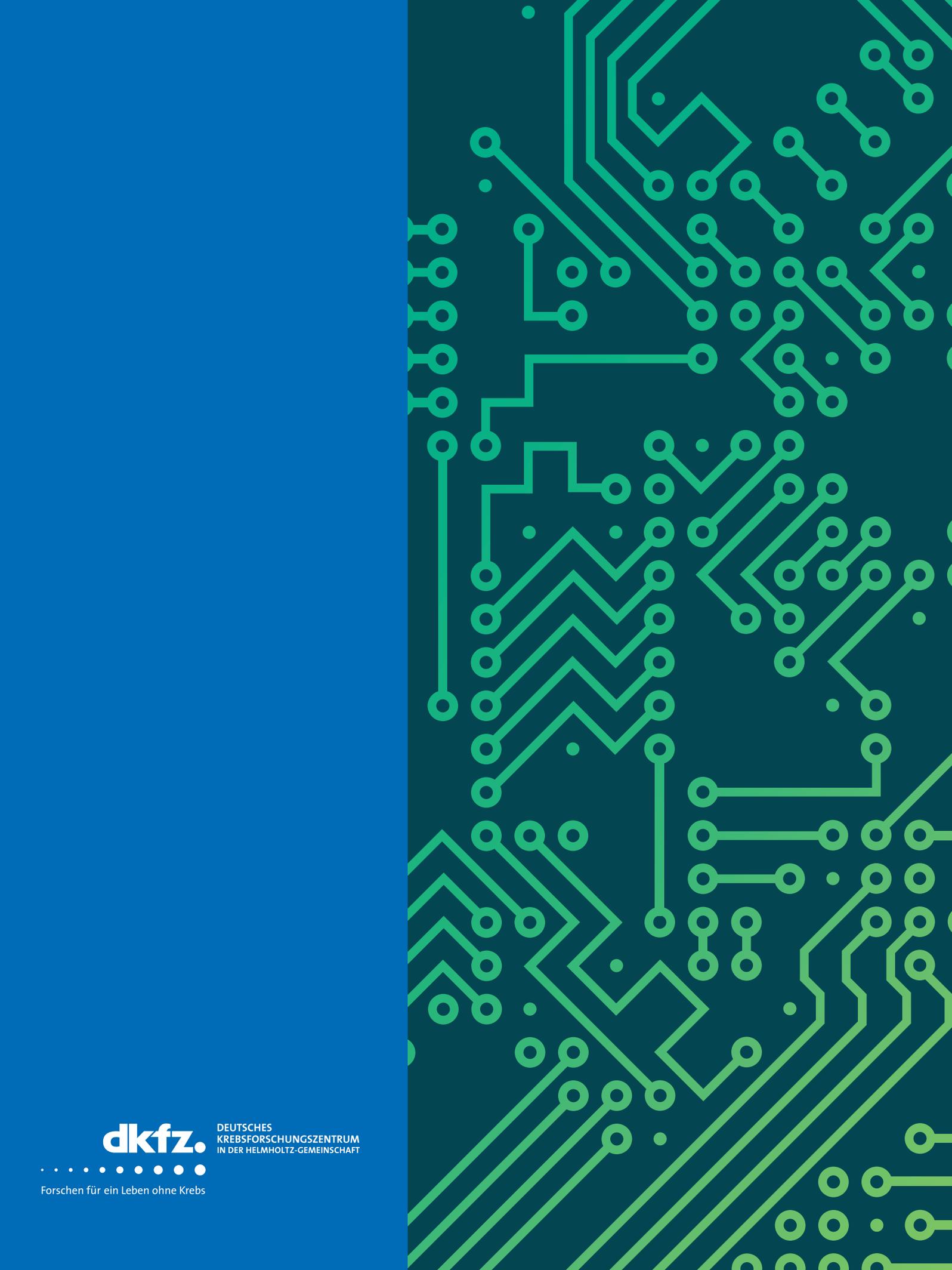


krebsinformationsdienst@dkfz.de



www.krebsinformationsdienst.de





dkfz.

DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT



Forschen für ein Leben ohne Krebs