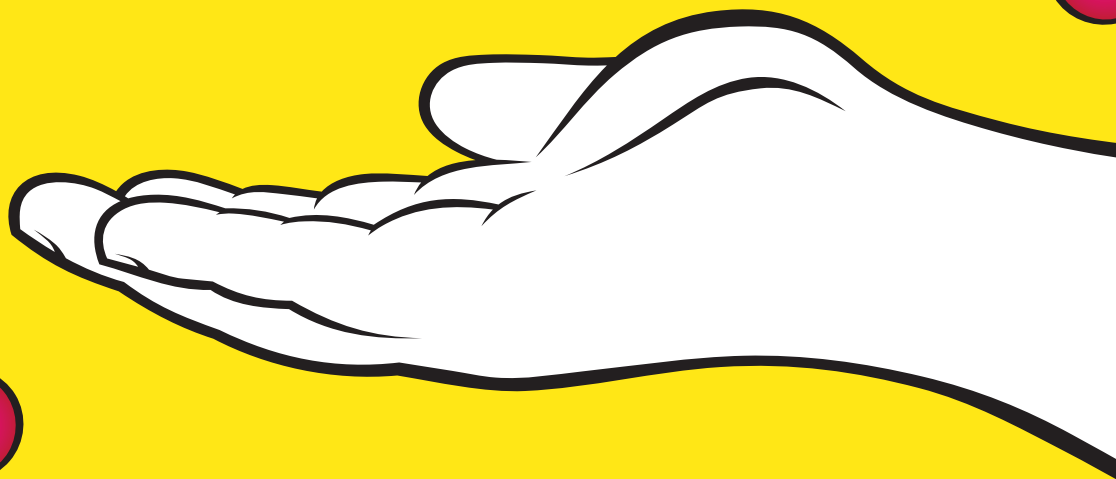
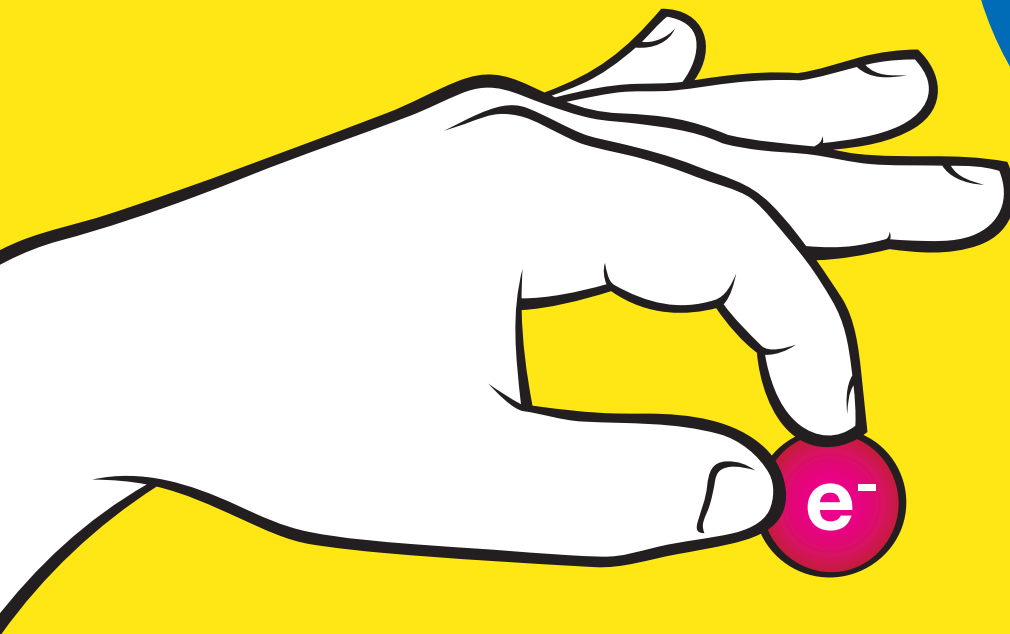


3 | 2021
ein
blick

Die Zeitschrift des Deutschen
Krebsforschungszentrums



Aggressiv oder kommunikativ?

Reaktive Sauerstoffmoleküle gelten gemeinhin als gesundheitsschädlich. Doch sie können Zellen auch von Nutzen sein

Von der Zahl zur Information

Erst mit den richtigen statistischen Werkzeugen lassen sich den Daten aus Labor und Klinik wertvolle Erkenntnisse entlocken

dkfz.

DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Liebe Leserinnen und Leser,

das Attribut „reaktionsfreudig“ klingt positiv, beschreibt aber nicht immer eine vorteilhafte Eigenschaft. Denn im Innern einer Zelle wirken reaktionsfreudige Substanzen mitunter wie der sprichwörtliche Elefant im Porzellanladen. Reaktive Sauerstoffmoleküle wie die sogenannten freien Radikale können wichtige Zellbestandteile schädigen, wenn sie schneller entstehen, als die Zelle sie beseitigen kann. Deshalb stehen diese Moleküle unter dem Verdacht, das Altern oder auch die Entstehung von Krebs zu fördern. Doch das ist nur die eine Seite der Medaille: Zellen nutzen beispielsweise Wasserstoffperoxid als Signalmolekül und steuern damit unter anderem ihr Wachstum. Wie genau sie das tun und welche Rolle diese Signalwege bei Krebs spielen, untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am DKFZ. Ihre Forschung ist einer der Schwerpunkte dieser Ausgabe, in der wir unter anderem auch der Frage nachgehen, welche mathematischen Werkzeuge es braucht, um den stetig wachsenden Datenmengen in Forschung und Medizin sinnvolle Informationen zu entlocken.



Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen
Frank Bernard, Redakteur des Einblick.

18

Aggressiv oder kommunikativ?

Titelbild: Ein Reaktionspartner überträgt Elektronen auf den anderen – das ist das Prinzip sogenannter Redoxreaktionen. Sie spielen unter anderem im Energiehaushalt der Zelle eine zentrale Rolle, sind aber auch ein wichtiger Bestandteil der zellulären Kommunikation.





16

Im Interview: Sternekoch Bernhard Reiser



08

Von der Zahl zur Information



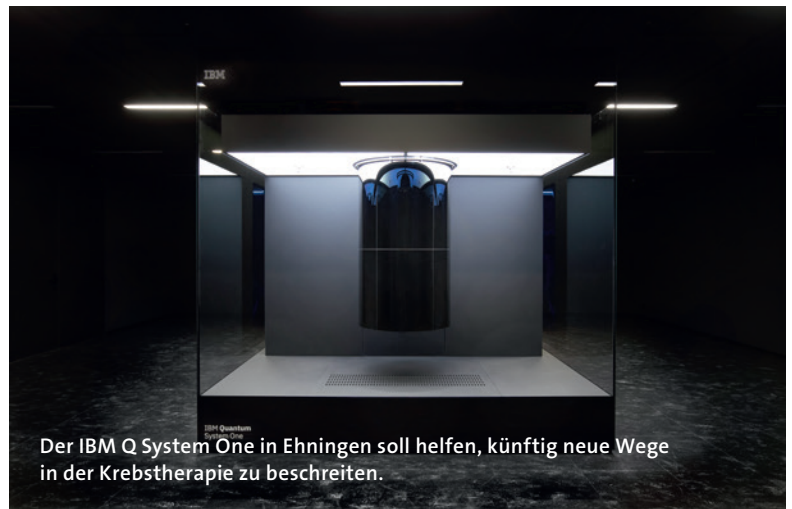
- 2 Editorial
- 4 News
- 6 Das Werkzeug
Die Positronen-Emissions-Tomographie (PET)
- 8 Von der Zahl zur Information
Forschende des DKFZ entwickeln neue statistische Methoden, damit auch für wachsende Datenmengen oder neue Fragestellungen immer das richtige Werkzeug zur Verfügung steht.
- 13 Spenden
- 14 Ist Krebs vermeidbar?
- 16 Sternekoch Bernhard Reiser im Interview
„Das Essen muss die Wertigkeit erhalten, die es verdient.“
- 18 Aggressiv oder kommunikativ?
Reaktive Sauerstoffverbindungen gelten gemeinhin als gesundheitsschädlich. Doch sie können Zellen auch von Nutzen sein.
- 24 Die Publikation
- 26 Daten nützen – Daten schützen
- 28 Frag die Patienten!
Die Umfrage-Plattform fragdiepatienten.de soll einen einfachen Meinungs-austausch zwischen Betroffenen und Forschenden ermöglichen.
- 30 Krebsinformationsdienst
Methoden jenseits der „Schulmedizin“
- 32 Kooperationen & Netzwerke
- 34 Preise & Auszeichnungen
- 35 Impressum

Mit Quantencomputing zur personalisierten Therapie

In Partnerschaft mit der Fraunhofer-Gesellschaft will das DKFZ den Quantenrechner in Ehningen nutzen, um künftig individuell wirksame Therapien gegen Krebs zu entwickeln.

Wie kann welcher Patient von welcher Therapie profitieren? Das ist die zentrale Frage, der Forschende des DKFZ nun mithilfe von Quantencomputing auf den Grund gehen möchten. Dazu kann ein Team um Niels Halama vom DKFZ und vom Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg künftig den IBM Q System One in Ehningen nutzen – einen Quantencomputer, auf den die Fraunhofer-Gesellschaft und ihre Partner exklusiven Zugriff haben. Da Quantenprozessoren Daten parallel statt hintereinander verarbeiten können, haben sie das Potenzial, auch große Datenmengen in einem Bruchteil der Zeit zu analysieren, die normale Computer dafür benötigen. Bis zu 100 Terabyte an individuellen, meist sehr heterogenen Daten fallen bei Krebspatienten im Laufe ihrer Krankheitsgeschichte an. Bislang können diese Informationen in ihrer Fülle kaum effizient genutzt werden. Vielversprechende personalisierte Therapieansätze blieben deshalb bei vielen Krebserkrankungen bislang noch Theorie. Als Partner des Fraunhofer-Kompetenznetzwerks Quantencomputing möchten die Forschenden nun ergründen, wie sich solche heterogenen Daten mit

einem Quantencomputer systematisch aufbereiten und nutzen lassen. Neben seiner Schnelligkeit bietet der Ehninger Quantencomputer einen weiteren großen Vorteil: Das System läuft unter deutschem Datenschutzrecht, wodurch Patientendaten lokal vor Ort bleiben.



Der IBM Q System One in Ehningen soll helfen, künftig neue Wege in der Krebstherapie zu beschreiten.

Gezielter Angriff auf Brustkrebszellen

Spezielle Antikörper können Krebszellen mit Zellen des Immunsystems koppeln und dadurch die körpereigene Immunabwehr gezielt mobilisieren.

Ein Team um Frank Momburg vom DKFZ und Dirk Jäger vom Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg hat Antikörper entwickelt, die einen gezielten Angriff des Immunsystems auf Brusttumoren auslösen sollen. Die „bispezifischen“ Antikörper verfügen über zwei Bindestellen, mit denen sie einerseits an tumorspezifische Moleküle auf den Krebszellen und andererseits an einen speziellen Typ von Immunzellen, die T-Zellen, binden

können. So kommen Krebs- und Abwehrzelle in physischen Kontakt, und die T-Zelle wird aktiviert. Im Kampf gegen Blutkrebs hat sich diese Art von Antikörpern in bestimmten Erkrankungssituationen bereits als hochgradig wirksam erwiesen. Bei soliden Tumoren hingegen war der Ansatz bislang weniger erfolgreich. In Experimenten mit millimetergroßen kugeligen Zellverbänden aus Brustkrebszellen, sogenannten Organoiden, gelang es den Heidelberger

Forschenden mithilfe der „Brückenantikörper“ nun, die Immunabwehr gezielt zu aktivieren und die Tumorzellen zu zerstören. Zusätzlich kamen dabei weitere bispezifische Antikörper zum Einsatz, die das Signal an die Immunzellen verstärken sollten. Die neue Methode könnte möglicherweise zukünftig in der Krebsimmuntherapie angewandt werden, muss aber zunächst noch weiter erprobt werden, bevor sie in klinische Studien Eingang findet.

Online-Veranstaltungsreihe des Krebsinformationsdienstes



„Verständlich informiert zu Krebs: Ihre Fragen – unsere Antworten“ – unter diesem Motto hat der Krebsinformationsdienst des DKFZ eine Online-Veranstaltungsreihe für die breite Öffentlichkeit gestartet. Ziel ist es, wissenschaftlich fundiert über relevante Aspekte einer Krebserkrankung zu informieren und sich mit Betroffenen, Angehörigen und Interessierten auszutauschen.

Die Teilnahme ist kostenfrei.
Weitere Informationen finden Sie auf der Website des Krebsinformationsdienstes:



Folgende Online-Veranstaltungen sind für die nächsten Monate geplant:

26. JANUAR – Leben mit Krebs:
Was kann ich selbst für mich tun?
Was schadet mir?

3. MÄRZ – Diagnose Krebs:
Unterstützung durch Angehörige und Freunde

17. MÄRZ – Was steht Krebsbetroffenen zu? Unterstützung und Hilfen

28. APRIL – Krebs überstanden – was nun? Nachsorge und Survivorship

Darmflora im Gleichgewicht

Das Immunsystem hält die zahlreichen gutartigen Bakterienarten, die den Darm besiedeln, mithilfe von Antikörpern in einem fein austarierten Gleichgewicht.

Die Darmflora spielt eine zentrale Rolle bei der Verdauung und auch bei der Abwehr von Infektionen. Das Immunsystem toleriert deshalb gutartige Bakterien, muss aber zugleich dafür sorgen, dass einzelne Arten nicht überhandnehmen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Andrew Macpherson vom Inselspital Bern und Hedda Wardemann vom DKFZ haben nun herausgefunden, dass Immunglobuline vom Typ A, sogenannte IgA-Antikörper, dabei eine wichtige Rolle spielen. Diese natürlichen Abwehrstoffe werden von Immunzellen in den Schleimhäuten ausgeschüttet und erkennen spezifisch körperfremde Strukturen, etwa Moleküle auf der Oberfläche von Bakterien. Die IgA-Antikörper beeinträchtigen die „Fitness“ der Bakterien über verschiedene Mechanismen, wie sich nun in Versuchen mit Mäusen zeigte. Sie schränken zum Beispiel die Beweglichkeit der Bakterien ein oder beeinflussen deren Stoffwechsel. Dadurch ist es dem Immunsystem möglich, das mikrobielle Gleichgewicht im Darm zu regulieren. Das grundlegende Verständnis darüber, wie und wo genau die Antikörper die Mikroorganismen im Darm erkennen, könnte zukünftig auch dabei helfen, Impfstoffe gegen Krankheitserreger gezielter zu designen.



38 Billionen Bakterien beherbergt ein 70 kg schwerer Mann nach Berechnungen israelischer Wissenschaftler. Die meisten Mikroben leben im Darm und beeinflussen dort nicht nur die Verdauung, sondern auch viele andere gesundheitliche Aspekte.



Die Positronen- Emissions- Tomographie (PET)

Bei der Positronen-Emissions-Tomographie dienen spezielle radioaktiv markierte Substanzen dazu, die besondere Stoffwechselaktivität des Krebsgewebes sichtbar zu machen. Das lässt sich nutzen, um Tumoren und Metastasen aufzuspüren.

Die Positronen-Emissions-Tomographie kann Stoffwechselfvorgänge im Körper sichtbar machen. So lässt sich beispielsweise darstellen, wo große Mengen Zucker umgesetzt werden – ein Aspekt, der gerade für die Krebsmedizin relevant ist. Denn Tumorzellen haben meist einen sehr aktiven Stoffwechsel und verbrauchen unter anderem viel Zucker.

RADIOAKTIVE SPUREN

Notwendig ist dazu ein geeigneter Radiotracer – eine radioaktiv markierte Substanz, die je nach Fragestellung variiert werden kann. Um Tumorherde aufzuspüren, kommt meist Fluor-Deoxyglukose zum Einsatz. Das Molekül ähnelt dem Traubenzucker, ist aber durch das Radioisotop Fluor-18 markiert. Dessen Atomkern gibt das für die Methode namensgebende Positron ab. Trifft ein Positron auf sein Antiteilchen, das Elektron, löschen sie sich gegenseitig aus und setzen dabei zwei hochenergetische Photonen in entgegengesetzter Richtung frei, die vom PET-Scanner detektiert werden können. Der Radiotracer wird dem Patienten injiziert, verteilt sich zunächst über den Blutstrom und sammelt sich dann in Arealen mit erhöhtem Zuckerstoffwechsel an. In der PET-Aufnahme grenzen sich Tumoren und Metastasen dann als leuchtende Areale von der Umgebung ab.

KOMBINIERTE BILDGEBUNG

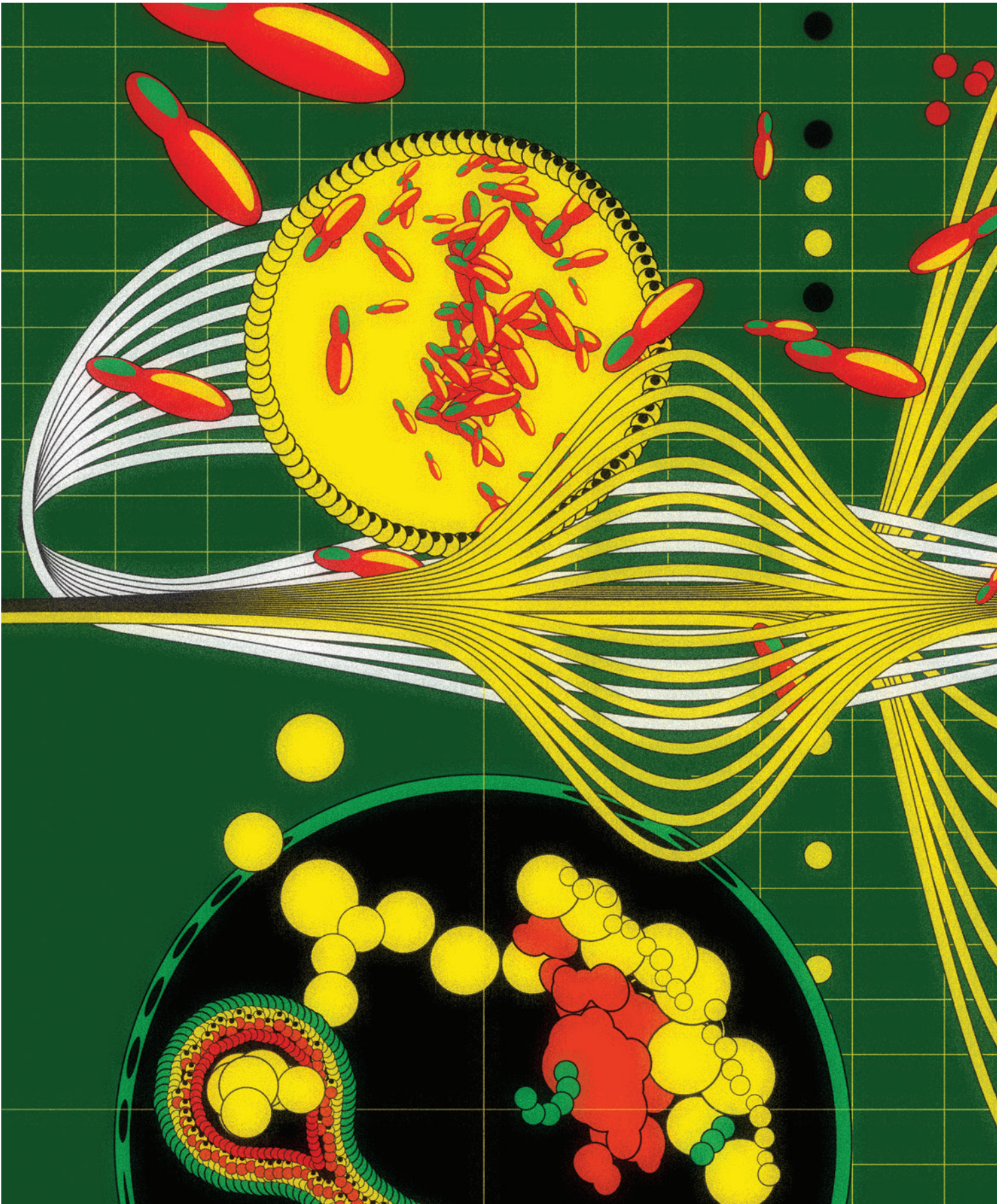
Nutzen lässt sich dieses sehr sensitive Verfahren in der Krebsdiagnostik oder auch bei der Kontrolle des Therapieverlaufs. Meist wird die PET in ein und demselben Gerät mit der Computertomographie (CT) kombiniert, aber auch die Kombination mit der Magnetresonanztomographie (MRT) ist möglich. Dadurch lassen sich in nur einer einzigen Untersuchung Informationen zum Stoffwechsel und gleichzeitig detailreiche Aufnahmen anatomischer Strukturen gewinnen. Die PET ist allerdings vergleichsweise teuer, da zur Herstellung der Radiotracer ein Teilchenbeschleuniger und eine Radiopharmazie notwendig sind. Wegen der geringen Halbwertszeit der radioaktiven Substanzen muss sich diese Einheit in räumlicher Nähe zum Ort der Untersuchung befinden.

Der rasche Zerfall der Tracer trägt allerdings auch

dazu bei, dass die Strahlenbelastung für die Patienten schon nach kürzester Zeit abnimmt. Ohnehin kommen nur geringe Mengen der strahlenden Substanzen zum Einsatz. Ein Großteil davon wird zudem schnell über den Urin ausgeschieden. Mit Strahlenschäden durch eine PET-Untersuchung ist deshalb nach bisherigem Wissensstand nicht zu rechnen.

NEUE MÖGLICHKEITEN

Das DKFZ verfügt seit kurzem über ein hochmodernes PET-CT, mit dem sich der Körper vom Kopf bis zum Oberschenkel in nur fünf Minuten untersuchen lässt. „Diese neue Generation von PET-CT-Scannern ermöglicht eine bessere Bildauflösung und Empfindlichkeit sowie schnelleres Scannen bei gleichzeitig geringerer Strahlenbelastung“, erklärt Antonia Dimitrakopoulou-Strauss, Nuklearmedizinerin am DKFZ. „Diese Geräte werden deshalb die molekulare Bildgebung weiter vorantreiben.“ Das PET-CT wird aktuell in klinischen Studien eingesetzt und ist auch für viele Forschungsprojekte eingeplant. „Wir möchten zum Beispiel herausfinden, ob sich neue Radiopharmaka in ausreichender Menge im Tumor anreichern, um dort ihre Wirksamkeit entfalten zu können“, erklärt die Forscherin. Ein Beispiel dafür sind Wirkstoffe, die spezifisch an PSMA binden, ein Molekül, das in großer Zahl auf Prostatakrebs-Zellen vorkommt. An diese Wirkstoffe kann eine radioaktive Substanz gekoppelt werden, mit der sich Krebszellen aufspüren und gegebenenfalls auch von innen heraus bestrahlen lassen. Es gibt noch zahlreiche weitere Ansätze, die PET-Bildgebung für neue, zielgerichtete Therapien zu nutzen. So könnte die Technologie zukünftig auch dabei helfen, Patienten zu identifizieren, die mit großer Wahrscheinlichkeit von einer bestimmten Behandlung, zum Beispiel einer Immuntherapie, profitieren werden.





Von der Zahl zur Information

Daten alleine sind wertlos – erst durch eine sinnvolle Auswertung können Ergebnisse aus Laborexperimenten oder klinischen Studien wichtige Erkenntnisse liefern. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des DKFZ entwickeln neue statistische Methoden, damit auch für stetig wachsende Datenmengen oder ganz neue Fragestellungen immer das richtige Werkzeug zur Verfügung steht.

Texte: **Janosch Deeg**

Illustrationen: **Petra Péterffy**



Es liegt in der Natur der Dinge, dass Wissenschaftler den Ausgang ihrer Experimente nicht schon vorher kennen. Denn auch wenn Vorarbeiten und Logik ein bestimmtes Ergebnis nahelegen, lassen sich viele Hypothesen im Labor nicht bestätigen. Das ist Teil des Forscheralltags. Gute Planung kann aber verhindern, dass die Wissenschaftler am Ende des Experiments gar kein Ergebnis erhalten – also nicht einmal eines, das die ursprüngliche Theorie nicht unterstützt. Ist beispielsweise die Zahl der Messpunkte von Anfang an zu gering gewählt oder fehlen bestimmte Kontrollexperimente, lässt sich anschließend auch keine belastbare Aussage treffen. Die Statistik spielt deshalb bei vielen wissenschaftlichen Fragestellungen eine ganz entscheidende Rolle – von der Planung bis zur Auswertung.

Je nach Art und Umfang der Experimente ist dabei oftmals sehr viel Erfahrung notwendig. Die Abteilung Biostatistik am DKFZ verfügt über diese Expertise und stellt sie anderen Abteilungen des Hauses zur Verfügung. „Wir haben ein offenes Ohr für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des DKFZ und seiner Partnerinstitutionen“, sagt Annette Kopp-Schneider, die die Abteilung seit neun Jahren leitet. Das können Ärzte sein, die eine umfangreiche klinische Behandlungsstudie planen, genauso wie Doktoranden oder Studenten, die ihre Laborexperimente für ihre Abschlussarbeit statistisch auswerten möchten.

„Wir werden mit einer großen Vielfalt an Anfragen konfrontiert“, erzählt die Biostatistikerin, die genau deshalb ihre Arbeit am DKFZ so interessant und abwechslungsreich findet. Manchmal reiche es, allgemeine Tipps zu geben, wie die Versuche geplant werden sollten, oder ein passendes statistischen Testverfahren zu empfehlen. Nicht selten kommt es aber vor, dass sich im umfangreichen Repertoire der Statistik nichts findet, mit dem sich ein konkretes Problem lösen lässt. Wie geht man beispielsweise mit „fehlenden Werten“

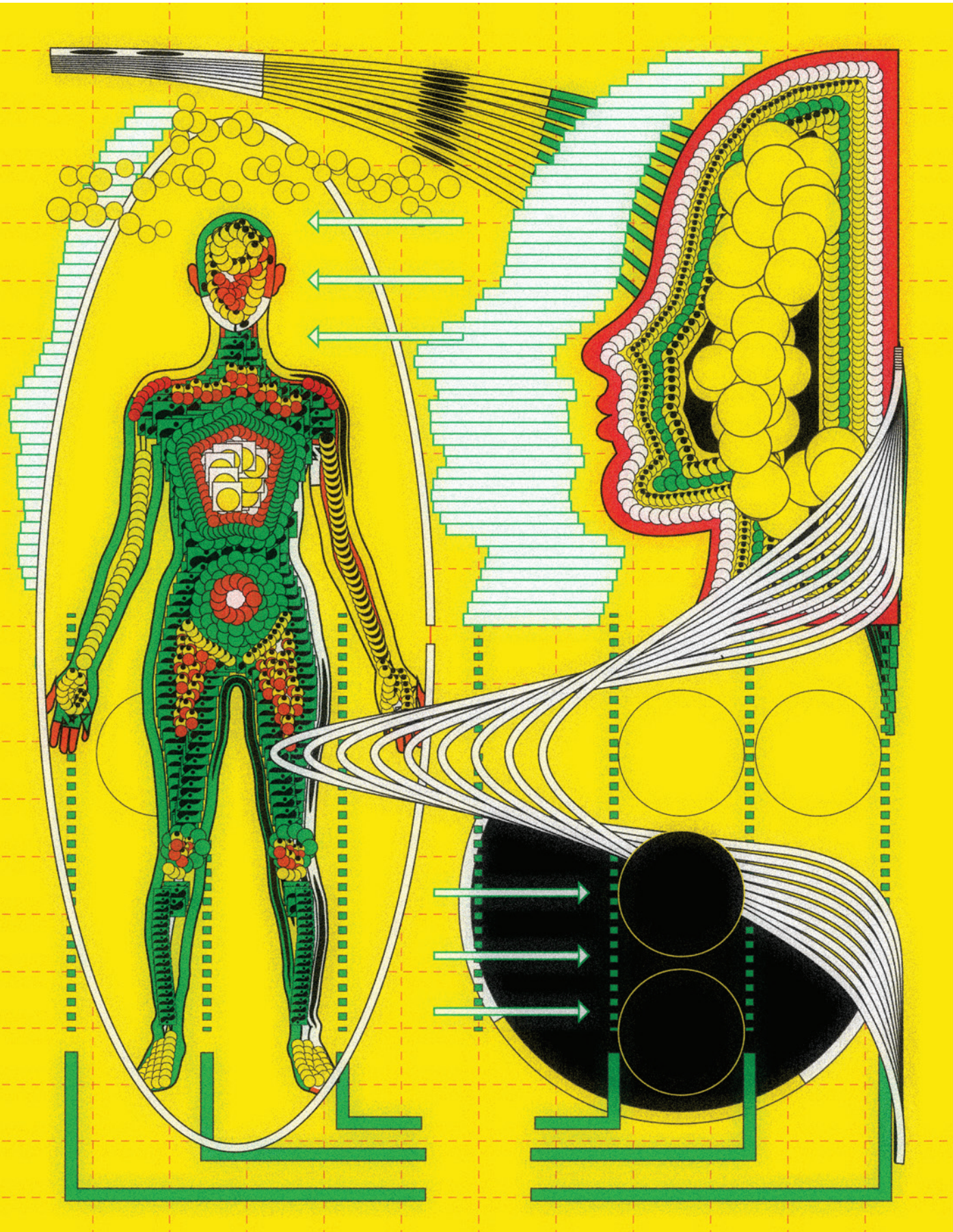
um? Diese Frage tritt etwa dann auf, wenn Proteine in ihrer Gesamtheit untersucht werden sollen, in einigen Proben aber Proteine gemessen werden, die in anderen Proben gar nicht vorkommen. In Fällen wie diesen beginnen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung, statistische Verfahren an die individuelle Fragestellung oder die neue Messmethode anzupassen oder sogar ganz neue Methoden zu entwickeln. Hier vermischen sich dann die beiden Funktionen der Abteilung – also Dienstleistung mit Forschung.

Bei den meisten klinischen Studien und auch bei vielen Laborstudien, die am DKFZ durchgeführt werden, sind die Biostatistiker von der Planung bis hin zur Auswertung involviert. Das Team von Kopp-Schneider sorgt etwa dafür, dass das grundlegende Versuchsdesign so angelegt ist, dass die wissenschaftlichen Fragen am Ende auch sinnvoll statistisch beantwortet werden können. Bei klinischen Studien müssen außerdem spezielle statistische Qualitätsstandards bei der Datenerhebung und Auswertung eingehalten werden.

Je nach Experiment gilt es auch, konkrete Probleme zu lösen – etwa: Welche Dosis eines Wirkstoffs und wie viele unterschiedliche Dosispunkte testet man idealerweise? Ein Mitarbeiter der Abteilung forscht dazu und erarbeitet nach statistischen Gesichtspunkten optimale Versuchsdesigns. Seine Ergebnisse fließen dann sowohl in die Planung als auch in die Auswertung entsprechender Experimente ein.

WACHSENDE DATENMENGEN

Besonders die statistische Analyse der Daten ist bei vielen Experimenten herausfordernd. Das liegt immer häufiger auch daran, dass man es mit riesigen Datenmengen zu tun hat. Moderne Analysegeräte können teilweise in kurzer Zeit Unmengen an Informationen sammeln. „Bei Big Data besteht die Schwierigkeit oftmals darin, relevante Daten zu finden, ohne sich von scheinbaren Zusammenhängen fehlleiten zu lassen“, erklärt Kopp-Schneider. Daher ist hier eine



unabhängige Validierung, die bei allen datenbasierten Verfahren gemacht wird, besonders wichtig: „Ergebnisse, die auf bestimmten molekularen Daten beruhen, müssen sich auch mit einem externen Datensatz reproduzieren lassen. Sonst besteht die große Gefahr, dass es sich um einen Zufallsbefund handelt, der letztlich ohne Wert ist.“

Extrem große Datenmengen fallen etwa in Studien an, in denen die molekularen Eigenschaften von Tumormaterial umfangreich untersucht werden:



Bei Big Data besteht die Schwierigkeit oftmals darin, relevante Daten zu finden, ohne sich von scheinbaren Zusammenhängen fehlleiten zu lassen.

Welche Gene sind in den Krebszellen verändert? Finden sich ganz bestimmte Proteine im Tumor? Solche molekularen Besonderheiten können unter Umständen als Biomarker dienen und dabei helfen, die Krebserkrankung genauer zu charakterisieren und dann zielgenau zu behandeln. Sie können auch dazu beitragen, den weiteren Verlauf der Erkrankung besser abzuschätzen. Doch welche der unzähligen molekularen Merkmale sind letztlich geeignete Biomarker? Klassische statistische Methoden können diese Frage nicht beantworten. Hier kommen computergestützte Methoden wie das

statistische Lernen zum Einsatz, mit dem sich Muster in den Daten identifizieren lassen. Die Methode ist eine Art des maschinellen Lernens aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI), bei der sich die Algorithmen gewissermaßen selbstständig verbessern.

Die Übergänge zwischen Biostatistik und Bioinformatik seien in diesem Bereich fließend, sagt Kopp-Schneider. Während die Entwicklung der KI-Algorithmen eher von Informatikern erledigt wird, vergleichen Biostatistiker unter anderem die Leistung von KI-Programmen. In einer Kooperation mit der Abteilung von Lena Maier-Hein am DKFZ bewertet das Team zum Beispiel, welcher Algorithmus bestimmte biologische Strukturen auf medizinischen Bildern am besten erkennen kann, etwa einen Tumor auf einer MRT-Aufnahme. „Wir haben ein Software-Tool entwickelt, das eine automatische statistische Analyse zu solchen ‚Wettbewerben unter KI-Algorithmen‘ liefert“, sagt Kopp-Schneider.

Neben Big Data gibt es hingegen auch die Situation, dass Daten Mangelware sind. „In klinischen Studien zur personalisierten Krebsmedizin sind die Fallzahlen sehr klein“, sagt Kopp-Schneider, „beispielsweise, weil nur solche Patienten teilnehmen, die eine ganz spezielle Mutation aufweisen.“ Herkömmliche Methoden aus der Statistik kommen hier schnell an ihre Grenzen. Kopp-Schneider und ihr Team forschen daher an neuen Ansätzen, mit denen sich trotz kleiner Stichproben belastbare Aussagen treffen lassen. Das funktioniert zum Beispiel, indem man bereits bekannte Informationen aus anderen Studien einfließen lässt.

Die unterschiedlichen Beispiele verdeutlichen, wie vielfältig die Arbeit einer Biostatistikerin heutzutage ist. Rund 30 Jahre forscht Kopp-Schneider nun in ihrer Disziplin. Währenddessen sei die Zahl der statistischen Methoden permanent gewachsen, wie sie erzählt. Auf neue Fragen braucht es eben auch immer neue Antworten.

„Das hat mich sicher glücklicher gemacht“

Kirsten Gerlach gewann einen Wettbewerb ihres Arbeitgebers. Das Preisgeld spendete sie für die Krebsforschung.

S Stellen Sie sich vor, Sie erhalten unverhofft einen größeren Geldbetrag, der Ihnen zur freien Verfügung steht: Was würden Sie damit machen? Eine Reise? Ein Smartphone der neuesten Generation kaufen? Oder vielleicht Schmuck? „Tatsächlich war mein allererster Gedanke, eine schöne Handtasche zu kaufen,“ erzählt Kirsten Gerlach. Die junge Stuttgarterin entschied sich dann aber anders und spendete 2.500 Euro für die Krebsforschung des DKFZ. Das Geld war jedoch nicht einfach vom Himmel gefallen. Bei ihrem Arbeitgeber, dem Personaldienstleister DIS AG, war Kirsten Gerlach in ihrer Tätigkeit als Recruiterin überaus erfolgreich und hatte einen unternehmensinternen, deutschlandweiten Wettbewerb gewonnen. Einen Teil des Preisgeldes spendete sie dann.

Dass sie bei ihren Überlegungen, wie der Betrag sinnvoll eingesetzt werden könnte, sehr schnell beim Thema Krebs landete, hat allerdings einen traurigen Hintergrund: Ihre Mutter ist vor einigen Jahren an einem Multiplen Myelom, einer Form von Knochenmarkkrebs, verstorben. Bereits damals setzte sie sich gemeinsam mit ihrem Vater für die Krebsforschung ein. Zur Beerdigung riefen die beiden dazu auf, anstelle von Blumen und Kränzen ans DKFZ zu spenden. „Mein Vater hatte gezielt nach einem Institut gesucht, das sich auf die Krebsforschung spezialisiert hat“, erinnert sich Gerlach. „Unser Wunsch war, dass sich Familien irgendwann nicht mehr so mit dieser Krankheit auseinandersetzen müssen, wie wir es mussten.“

Für ihr erneutes Engagement erhielt Kirsten Gerlach nun viele positive Rückmeldungen, sowohl von ihren Kollegen als auch aus dem Bekanntenkreis: „Alle waren begeistert von der Idee und

haben es zu 100 Prozent unterstützt.“ Denn als selbstverständlich habe es niemand empfunden, das Geld zu spenden und sich nicht doch einen persönlichen Wunsch zu erfüllen. Kirsten Gerlach bereut diese Entscheidung aber keinesfalls: „Die Spende hat mich sicher glücklicher gemacht, als es eine Handtasche je getan hätte.“



Engagieren auch Sie sich für die Krebsforschung.

Spenden Sie oder rufen Sie im Rahmen einer Spendenaktion zu Spenden auf.

Falls Sie Fragen haben:

Kontaktieren Sie uns unter

spende@dkfz.de oder **06221/42-2848**

Spendenkonto: Sparkasse Heidelberg

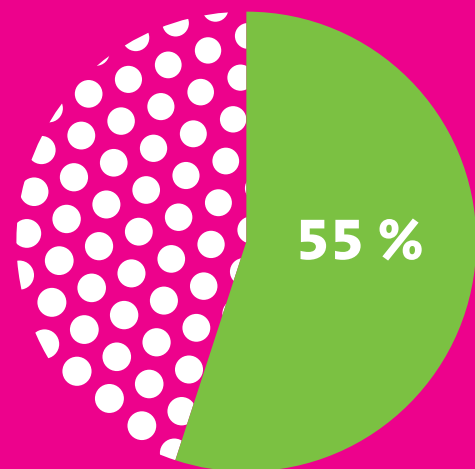
IBAN: DE98 6725 0020 0005 0000 50

BIC: SOLADES1HDB

GEBÄRMUTTERHALS


 4.320

 HPV-Infektion, Rauchen



DARM

 26.710 |  33.920

 Rauchen, Übergewicht, Bewegungsmangel, ballaststoffarme Ernährung, viel rotes oder verarbeitetes Fleisch

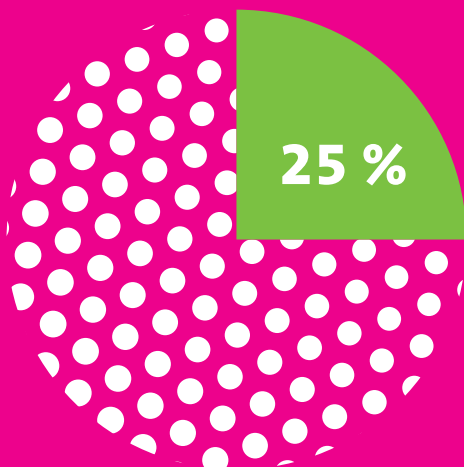
Ist Krebs vermeidbar?

Lässt sich das Krebsrisiko senken, wenn man möglichst gesund lebt, sich ausgewogen ernährt, Sport treibt, nicht raucht und nicht trinkt? Die Antwort lautet: Ja. Sicher verhindern kann man eine Krebserkrankung aber auch mit einem gesunden Lebensstil nicht. Denn es gibt Faktoren, auf die niemand Einfluss hat. So kann es bei jeder Zellteilung zu zufälligen Fehlern im Erbgut kommen, die sich im Laufe des Lebens ansammeln. Mit dem Alter steigt deshalb für jeden Menschen die Wahrscheinlichkeit, an Krebs zu erkranken. Trotzdem lohnt es sich, etwas für seine Gesundheit zu tun. Experten schätzen, dass sich vier von zehn Krebserkrankungen auf Risikofaktoren zurückführen lassen, die jeder und jede Einzelne beeinflussen kann. Dabei gibt es jedoch große Unterschiede zwischen den verschiedenen Krebsarten, wie unsere Beispiele zeigen.

LUNGE

 21.930 |  35.290

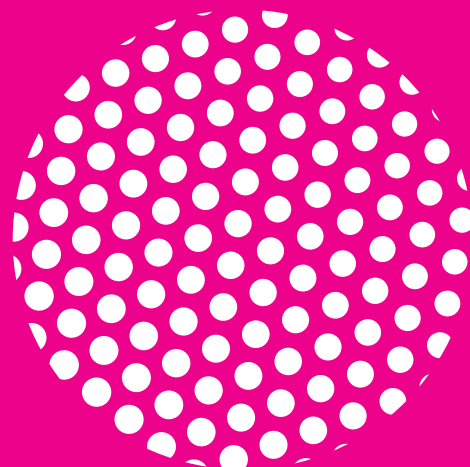
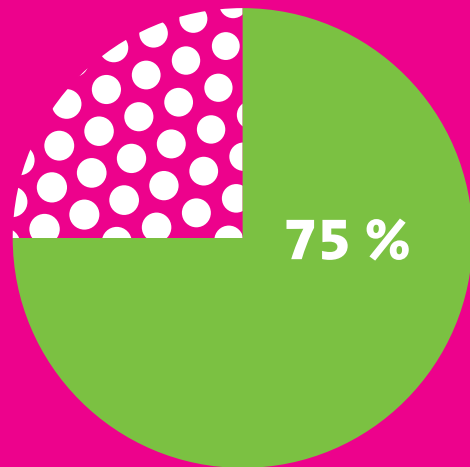
 Rauchen



MELANOM

 10.880 |  12.010

 UV-Strahlung



BRUST

 69.900 |  720




 Übergewicht, Bewegungsmangel, Alkohol, Hormonbehandlung, Rauchen

PROSTATA

 65.200

 ?

Quellen: Cancer Prevention Europe, Forman et al. J Cancer Policy 2018, Robert Koch-Institut

-  Anteil der Krebsfälle, die durch vermeidbare Risikofaktoren verursacht werden
-  Neuerkrankungen in Deutschland im Jahr 2018
-  wichtigste vermeidbare Risikofaktoren



„Das Essen muss die Wertigkeit erhalten, die es verdient.“

Für viele Menschen, die an Krebs erkrankt sind, stellt die Ernährung eine echte Herausforderung dar. Wie lässt sich etwa der teils sogar erhöhte Bedarf des Körpers decken, wenn man unter Appetitverlust leidet? Der Würzburger Sternekoch Bernhard Reiser, der sich in Zukunft auch für das DKFZ engagieren will, widmet sich solchen Fragen. Im Rahmen eines vom Universitätsklinikum Würzburg initiierten Projektes bietet er Kochkurse speziell für Krebspatientinnen und -patienten an. Dabei stehen nicht nur Lebensmittel und Nährstoffe im Mittelpunkt, sondern insbesondere auch die Freude am Essen.

Herr Reiser, der Genuss spielt beim Essen eine große Rolle, doch bei vielen Krebspatientinnen und -patienten geht er durch die Krankheit oder die Therapie verloren. Lässt sich die Lust am Essen zurückgewinnen?

Die Gründe dafür können ja ganz unterschiedlich sein: Manche Patienten riechen oder schmecken nichts mehr, andere sind „down“ und haben deshalb einfach keine Lust zu essen. Da kann man schon sehr viel kognitiv, also mit dem Gehirn machen: Wenn etwas schön angerichtet ist, wenn man mit Farben spielt, wenn man mit Liebe spielt, dann kommt das Leben so ein bisschen zurück in den Körper. Jeder hat ja ein Lieblingsgericht. Jemand mag beispielsweise gerne Wiener Schnitzel mit Bratkartoffeln, kann das aber aufgrund von Schluckbeschwerden in dieser Konsistenz nicht mehr essen. Dann kann man es trotzdem technisch und auch visuell so zubereiten, dass es schön angebraten dasteht und Sie es sehen und riechen. Und anschließend bekommen Sie das Gleiche in einer anderen Konsistenz zu essen. Aber Sie haben erstmal das Bild im Kopf: Heute gibt es Wiener Schnitzel mit Bratkartoffeln. Und das löst dann ein Glücksgefühl aus und Erinnerungen, die Sie gespeichert haben.

Haben Sie sich mit solchen Fragen schon vor dem gemeinsamen Projekt mit dem Universitätsklinikum Würzburg beschäftigt?

Ich hatte einen Bruder, der sehr jung an Krebs erkrankt und auch verstorben ist. Obwohl ich zu der Zeit noch weniger von der Thematik wusste, habe ich damals schon intuitiv mit ihm Sachen durchlebt. Als ich zum Beispiel gemerkt habe, dass er sehr stark abnimmt, habe ich ihm Vanillepudding mit Butter gekocht. Ohne sein Wissen habe ich ihm also viele Kalorien untergemischt, damit die zwei oder drei Löffel, die er gegessen hat, wenigstens kalorienreich waren. Genau darum geht es auch: Die Ernährung bietet Möglichkeiten, den Patienten zu helfen, und das sollte man auch nutzen.

Passiert das in Krankenhäusern aktuell schon?

Die Kliniken tun sich noch schwer damit, die Bedeutung des Essens wahrzunehmen, geschweige denn umzusetzen. Es gibt keine eigenen Küchen dafür und auch keine Köche, die sich damit beschäftigen und die das auch können. Außerdem spielen Hygienemaßnahmen eine Rolle und natürlich der Kostendruck – wobei ich den am wenigsten gelten lasse. Man muss dem Essen die Wertigkeit geben, die es braucht. Wir haben die besten Mediziner und die teuersten Geräte, aber wir kochen noch wie vor 50 Jahren. Das kann ich so nicht akzeptieren. Es gibt einige Kliniken, die auf frische Kost umgestellt haben, aber meist wird das Thema Ernährung noch nicht so ernst genommen, wie es wünschenswert wäre. Da ist im Moment noch sehr viel Initiative aus dem Umfeld der Patienten gefragt.

Wie sind Sie selbst das Thema angegangen?

Ich habe mir erstmal die Produkte angeschaut, die derzeit angeboten werden, zum Beispiel hochkalorische Shakes. Die habe ich auch probiert und mir dann überlegt, wie man das auf natürlicher Basis machen kann. Die Industrieprodukte sind gut handhabbar, aber meist lieblos. Wir wollten das attraktiver gestalten: mit Geschichten, mit Bildern, mit Frische und auch mit Farben. Ein verkochter Brokkoli schaut halt nicht so schön aus wie ein tiefgrüner. Klar kann man auch mit einem Döschen Pillen fast alles zu sich nehmen, was der Körper braucht. Aber ist es das, was ich wirklich brauche? Habe ich dann die Emotionen beim Essen? Habe ich das Lebensgefühl? Habe ich die soziale Komponente?

Welche Rückmeldungen haben Sie von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Kochkurse erhalten?

Die erste Rückmeldung war meist, dass sie eine schöne und unbeschwertere Zeit hatten. Aber natürlich auch, dass jeder

für sich etwas mitgenommen hat, was er im Alltag anwenden kann. Es geht in den Kursen nicht darum, fünf Gerichte vorzustellen, die dann hundertmal nachgekocht werden. Ich möchte Tipps und Tricks zeigen, mit denen sich die Patienten im Alltag leichter tun.

Wie kann so ein Tipp lauten?

Neben denjenigen Patienten, die durch die Therapie an Gewicht verlieren, gibt es auch solche, die zunehmen. Was sollte ich dann reduzieren – aber so, dass ich trotzdem gesättigt bin und dass es mir schmeckt? Hier spielen Fette und Öle eine wichtige Rolle. Ich brauche Fett, aber gutes Fett. Ein anderes Beispiel: Patienten, die Muskelmasse verlieren, müssen genug Proteine zu sich nehmen. Wir arbeiten deshalb viel mit pflanzlichen Proteinen. Der Tipp ist, das zu verwenden, was keimt, denn darin steckt das wertvollste Eiweiß, also zum Beispiel in Bohnen, Erbsen oder Lupinen. Ich zeige den Teilnehmern, was inhaltlich wirklich wertvoll ist.

Wenn es die Pandemie zulässt, ist im kommenden Jahr eine gemeinsame Aktion mit dem DKFZ zugunsten der Krebsforschung geplant. Wie ist der Kontakt zustande gekommen?

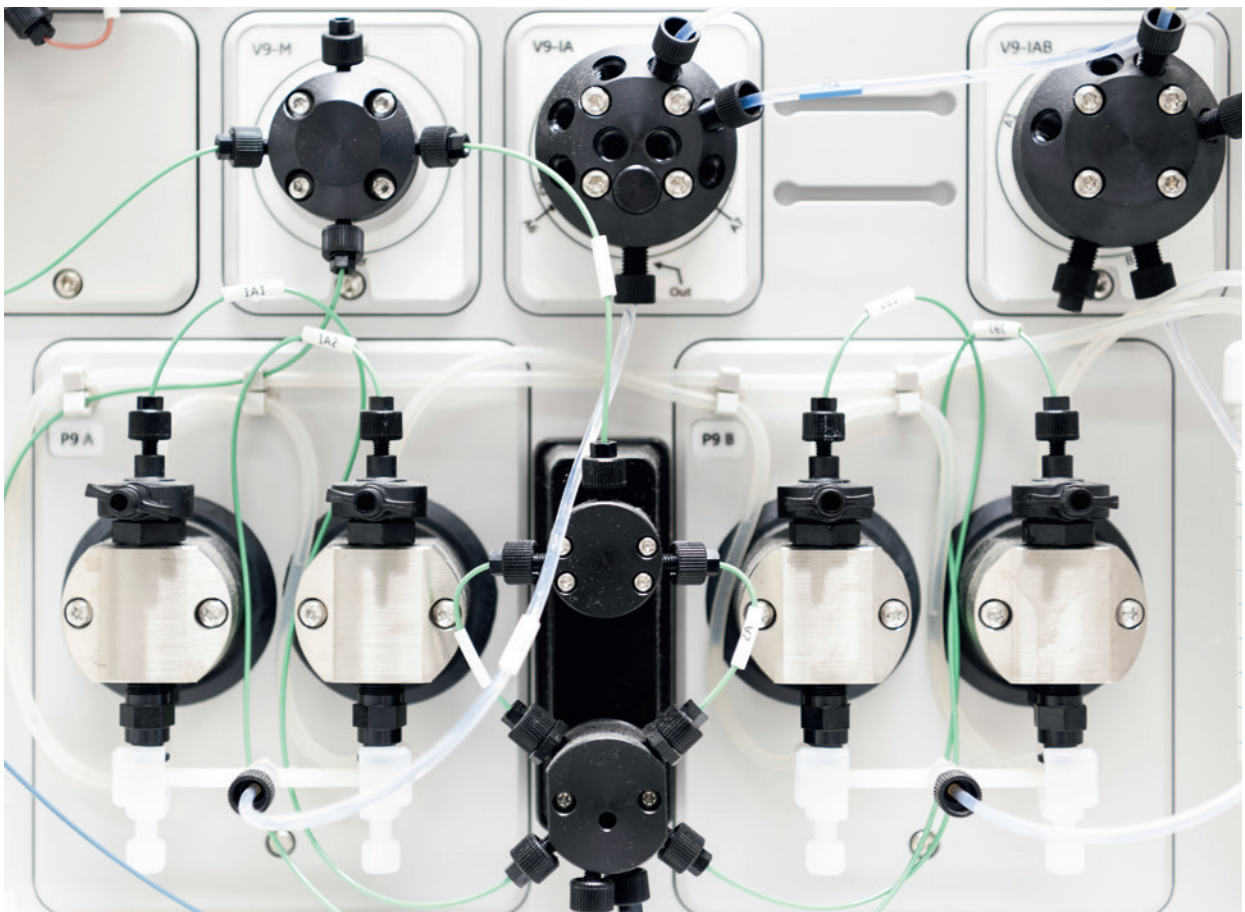
Ein Krebspatient wollte bei mir einen Kochkurs machen. Seine Situation hat sich aber sehr schnell verschlechtert. Er hatte zwei Gutscheine für den Kurs und fragte mich noch kurz vor seinem Tod, ob ich das Geld der Krebsforschung spenden könnte. Das habe ich getan und an das DKFZ gespendet. Über die Spende kam dann auch der Kontakt zustande, und wir überlegen gerade, was man gemeinsam unternehmen kann, um die Krebsforschung zu unterstützen.



Bernhard Reiser führt in Franken drei Restaurants, darunter das mit einem Stern im Guide Michelin ausgezeichnete „Restaurant Reisers am Stein“ in Würzburg. Bereits 1998 gründete er „Reisers Kochschule“, die im Jahr 2017 von Gault & Millau zur Kochschule des Jahres gekürt wurde. Der gebürtige Allgäuer ist zudem als Dozent an der DHBW Mosbach sowie als Ernährungskoach für Unternehmen und Profisportler tätig. Seit 2018 bietet Bernhard Reiser in Zusammenarbeit mit Ernährungsexpertinnen des Universitätsklinikums Würzburg Kochkurse für Krebspatienten und deren Angehörige an.



Aggressiv — oder



———— **kommunikativ?**

Reaktive Sauerstoffverbindungen gelten gemeinhin als gesundheitsschädlich. Doch sie können Zellen auch von Nutzen sein.



Oxidantien, darunter auch die sogenannten „freien Radikale“, sind schädlich – Antioxidantien fangen diese ab, entschärfen die Übeltäter und dienen damit der Gesundheit. So liest man es häufig. Kein Wunder: Manche reaktive

Sauerstoffverbindungen können Zellbestandteile und das Erbgut schädigen und dadurch potenziell Krebs auslösen. Doch ganz so einfach ist die Sache nicht. Denn hinter den reaktiven Sauerstoffverbindungen steckt weit mehr als landläufig angenommen. Sie sind wichtige Bestandteile der Kommunikation innerhalb der Zelle. „Endogene Oxidantien, die natürlicherweise im Rahmen des Stoffwechsels entstehen, insbesondere Wasserstoffperoxid, dienen gesunden Zellen als Botenstoffe und spielen daher eine wichtige regulatorische Rolle“, sagt Tobias Dick. Als Leiter der Abteilung Redoxregulation geht er mit seinem Team dieser besonderen Funktion der endogenen Oxidantien auf den Grund. Und er untersucht, welche Bedeutung sie möglicherweise für die Krebsmedizin haben.

Tobias Dick hatte sich ursprünglich mit einem ganz anderen Thema beschäftigt – nämlich mit dem Immunsystem. Dabei stellte er fest, dass endogene Oxidantien und sogenannte Redoxreaktionen für die körpereigene Abwehr eine wichtige regulatorische Rolle spielen können. Bei Redoxreaktionen werden Elektronen von einem Reaktionspartner auf den anderen übertragen. Dabei werden reaktive Sauerstoffspezies entweder gebildet, also der Sauerstoff in einen reaktionsfreudigen Zustand versetzt, oder durch weitere Elektronenübertragungen wieder entschärft. „Ich wollte wissen, ob solche Reaktionen möglicherweise auch für andere regulatorische Vorgänge in der Zelle eine Rolle spielen“, sagt Dick. Damit hatte er sein neues Forschungsfeld gefunden, dem er bis heute treu geblieben ist.

KOMMUNIKATIVE OXIDANTIEN

Tatsächlich hat sich herausgestellt, dass Redoxreaktionen als regulatorische Mechanismen ein weit verbreitetes Phänomen in den Zellen des Körpers sind. Und die reaktiven Sauerstoffspezies bedeuten bei weitem nicht nur Gefahr und Schaden für den Körper. Sie sind

*

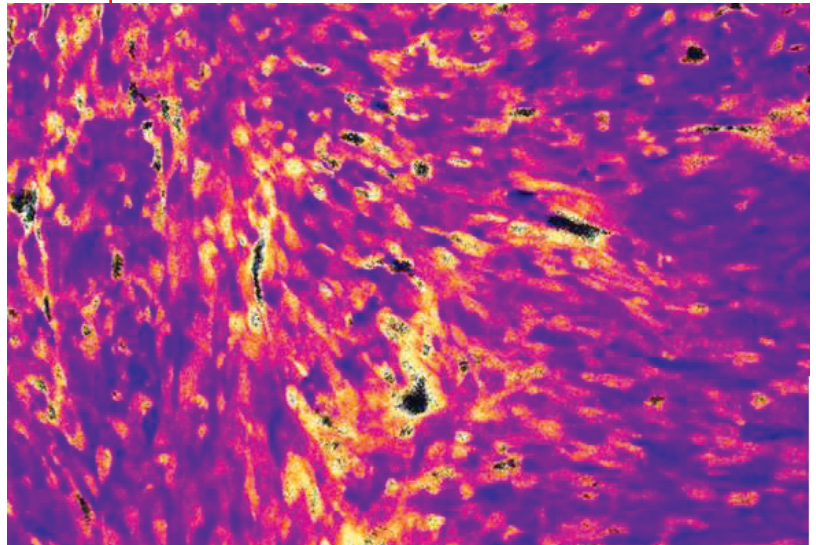
Reaktive Sauerstoffspezies bedeuten bei weitem nicht nur Gefahr und Schaden für den Körper. Sie sind wichtige Kommunikatoren und dienen der Zelle zum Beispiel als Indikator dafür, ob bestimmte Stoffwechselwege eher angekurbelt oder herunterreguliert werden müssen.

wichtige Kommunikatoren und dienen der Zelle etwa als Indikator dafür, wie effizient ein Stoffwechselweg abläuft und ob er eher angekurbelt oder herunterreguliert werden muss.

„Nehmen wir zum Beispiel Wasserstoffperoxid, also H_2O_2 “, sagt der Biochemiker Dick. H_2O_2 kennen viele als Desinfektions- oder Bleichmittel, das etwa beim Friseur zum Einsatz kommt, um Haare zu blondieren. Aber Wasserstoffperoxid ist viel mehr als das: „ H_2O_2 ist ein natürliches Molekül, das bei vielen Stoffwechselprozessen als zusätzliches Produkt entsteht.“ Unter anderem bildet sich H_2O_2 bei der Zellatmung, einem zentralen Stoffwechselweg, über den Zellen Energie gewinnen. H_2O_2 entsteht zum Beispiel dann, wenn das Angebot an energiereichen Nahrungsbestandteilen größer ist als der Bedarf an Energie. Das freigesetzte H_2O_2 verändert die Aktivität der beteiligten Enzyme ganz spezifisch, was dem Ungleichgewicht entgegensteuert. So passen sich Organismus und Zelle dank der oxidativen Signale sehr schnell an sich ständig ändernde Nahrungs- und Umweltbedingungen an.

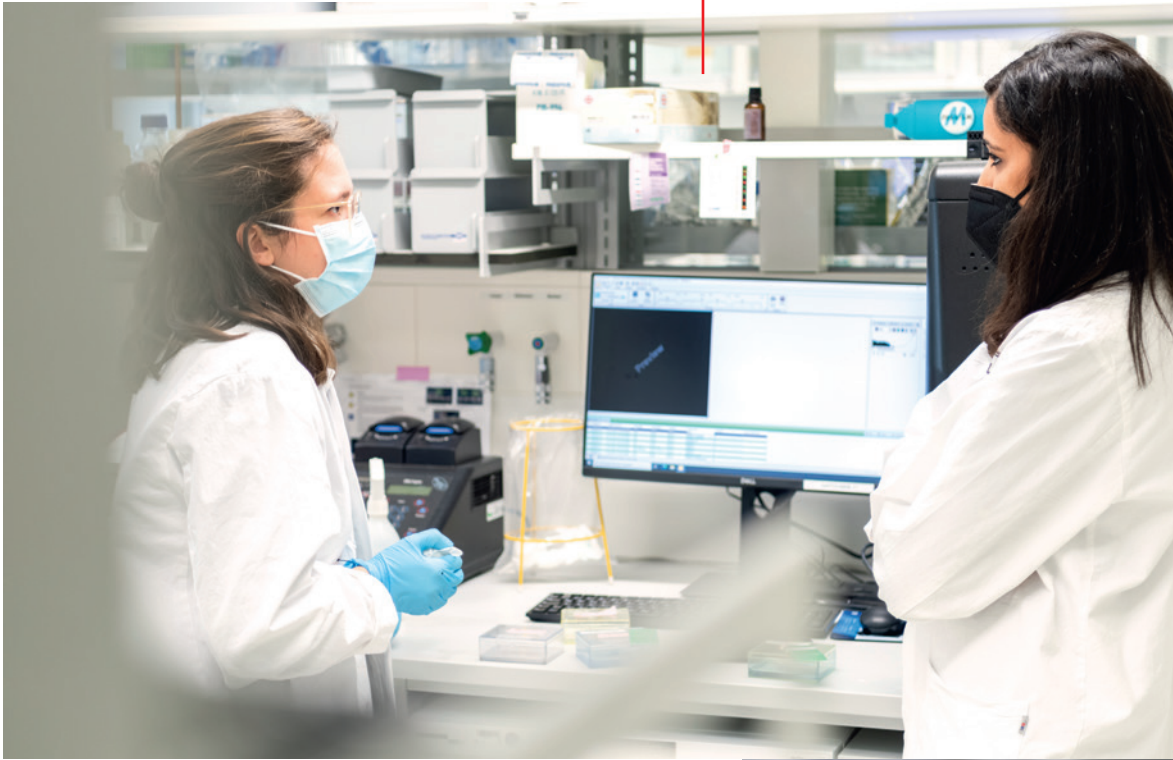
Doch wie erkennt die Zelle, dass H_2O_2 freigesetzt wird? Und wie genau erfasst die Zelle das molekulare Signal? Tobias Dick hat mit seinem Team herausgefunden, dass hier eine Gruppe von Enzymen entscheidend ist, die bis dahin dafür bekannt war, dass sie Zellen vor Schäden durch Oxidantien schützt: Peroxidasen. Die meisten Peroxidasen entschärfen H_2O_2 und entfernen

Oxidantienbildung in der Leber:
Auf einem Gewebeschnitt macht
ein selbst entwickelter Biosensor
sichtbar, wann und wo reaktive
Sauerstoffmoleküle entstehen.



Das Team der Abteilung Redoxregulation untersucht, welche Rolle
endogene Oxidantien wie Wasserstoffperoxid als Botenstoffe spielen.
Die Moleküle verändern die Aktivität bestimmter Enzyme und ermöglichen
dadurch unter anderem eine schnelle Anpassung an Stressbedingungen.





Tumorgewebe gerät häufig unter oxidativen Stress. Die Krebszellen können jedoch die Signalwirkung des H_2O_2 nutzen, um ihre allgemeine Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, wie die Forscherinnen und Forscher herausfanden.



Tobias P. Dick studierte Biochemie an der Freien Universität Berlin und wurde 1997 an der Universität Tübingen promoviert. Anschließend forschte er fünf Jahre im Howard Hughes Medical Institute an der Yale Universität in New Haven, USA. Im Jahr 2003 übernahm Dick am DKFZ die Leitung der Nachwuchsgruppe Redoxregulation, die 2010 in eine Abteilung überführt wurde.

es schlicht und einfach aus der Zelle. Weil das Ganze blitzschnell abläuft, waren Wissenschaftler lange nicht davon ausgegangen, dass Moleküle wie Wasserstoffperoxid für die Zelle auch von Nutzen sein könnten. Doch eine bestimmte Sorte von Peroxidasen, die sogenannten Peroxiredoxine, verhält sich anders. Das haben Dick und seine Mitarbeiter an Zellen herausgefunden, bei denen sie die Erbinformation für Peroxiredoxine entfernt hatten. Überraschenderweise führte diese genetische Manipulation nicht dazu, dass sich in den Zellen schädliche Oxidantien ansammelten. Vielmehr war die Oxidation von Signalproteinen verringert – und damit die Weiterleitung zellulärer Signale blockiert.

Peroxiredoxine merzen demnach die reaktiven Moleküle nicht einfach aus, um die Zelle vor unkontrollierter Oxidation zu schützen. Vielmehr übertragen die Enzyme die oxidative Wirkung des H_2O_2 in kontrollierter und spezifischer Weise auf Signalproteine und schalten diese dadurch in einen aktiven oder inaktiven Zustand – je nach Kontext.

EINE FRAGE VON RAUM UND ZEIT

Dick und sein Team wollen es in Zukunft noch genauer wissen: Wie kommt es, dass reaktive Moleküle in der Zelle mal rasch beseitigt werden und mal der Signalübertragung dienen? Warum beeinträchtigen sie manchmal die Gesundheit und sind ihr in einem anderen Zusammenhang zuträglich? Ein wichtiger Schritt, um sich der Antwort auf diese Frage zu nähern war es, endogene Oxidantien in Echtzeit in der Zelle zu beobachten: Wann und wo entstehen sie? Welchen Weg gehen sie? Welche Enzyme kümmern sich um die reaktiven Moleküle?

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des DKFZ entwickelten dafür eigens ein molekularbiologisches Werkzeug: Sie schleusen Erbinformation in das Genom von Zellen und Versuchstieren ein, sodass diese Biosensoren herstellen, die mit Lichtsignalen anzeigen, ob ganz bestimmte Oxidantien vorhanden sind oder nicht. Damit können die Forscher genau beobachten, wann und wo Oxidantien in der Zelle entstehen. Die Sensoren sind so empfindlich, dass sich sogar nachvollziehen lässt, wie die Produktion von Oxidantien mit den Bedingungen schwankt – etwa bei körperlicher Aktivität oder nach einer Ernährungsumstellung. Die neueste Generation ihrer Biosensoren erlaubt den Forschern

sogar zu verfolgen, wie sich Oxidantien innerhalb einer Zelle zwischen verschiedenen Strukturen bewegen.

„Dadurch ergibt sich ein völlig neues Bild von dem, was in der Zelle abläuft“, sagt Dick. Bisher waren Experten davon ausgegangen, dass sich die kleinen Moleküle von ihrem Entstehungsort recht frei in der Zelle verteilen. „Das ist aber nicht der Fall“, erklärt der Biochemiker. „Wir haben beobachtet, dass es sich fast immer um sehr lokale Ereignisse in der Zelle handelt.“ Wenn an einer Stelle, etwa innerhalb eines Enzymkomplexes, H_2O_2 entsteht, muss das benachbarte Proteinstrukturen noch lange nicht betreffen. Dementsprechend kann dem H_2O_2 lokal auch eine völlig unterschiedliche Rolle zukommen, je nachdem, wo in der Zelle und in welchem Zusammenhang es entsteht.

STRESS IM TUMORGEWEBE

Wenn Zellen so gut gegen Oxidantien gewappnet sind und diese sogar als Botenstoffe für sich nutzen, welche Rolle spielen die reaktiven Moleküle für die Krebsentstehung? Auch dieser Frage wollen Tobias Dick und sein Team mithilfe der Biosensoren auf den Grund gehen. Die DKFZ-Forscher beobachteten, dass Tumorgewebe häufig unter oxidativen Stress geraten, also eine erhöhte endogene Produktion von H_2O_2 aufweisen, sich aber auch ständig neu daran anpassen. Es zeigte sich, dass Tumorzellen die Signalwirkung des H_2O_2 ausnutzen, um ihre allgemeine Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. So bewirkt Wasserstoffperoxid, dass Tumorzellen zwischen zwei Stoffwechselwegen umschalten und dann mehr Zucker in antioxidative Kraft verwandeln. Ein erst kürzlich entdecktes Phänomen ist die endogene Bildung sogenannter Persulfide. Sie bremsen Radikal-Kettenreaktionen und schützen so die Integrität gesunder Zellen. Den oft stark gestressten Krebszellen helfen die Persulfide dabei, das Ausmaß der Schäden so weit unter Kontrolle zu halten, dass sie dem Zelltod entgehen können.

Die Forscher planen, auch für Stoffwechselerkrankungen auf Ebene der Oxidantien die Unterschiede zwischen gesund und krank herauszuarbeiten. „Möglicherweise finden wir eines Tages einen Ansatzpunkt, auf der Ebene der Oxidantien und ihrer regulatorischen Funktion in das Krankheitsgeschehen einzugreifen und dies therapeutisch zu nutzen“, wagt Dick einen Blick in die Zukunft.

DIE AUSGANGSFRAGE

1

Lassen bestimmte RNA-Moleküle im Blut auf das persönliche Darmkrebsrisiko schließen?

2

DER HINTERGRUND**PERSONALISIERTE FRÜHERKENNUNG**

Darmkrebs lässt sich durch konsequente Früherkennung weit besser vermeiden als andere Krebsarten. Bei einer Vorsorge-Darmspiegelung können Darmtumoren und ihre Vorstufen frühzeitig identifiziert und auch direkt entfernt werden. Die Darmkrebs-Vorsorge könnte jedoch noch viel effektiver und gezielter eingesetzt werden, wenn sich das persönliche Erkrankungsrisiko genauer einschätzen ließe. Das würde beispielsweise dabei helfen, das Alter festzulegen, in dem eine Person mit der Vorsorge beginnen sollte. In den letzten Jahren haben Forschende bereits Risikoprofile entwickelt, die genetische Faktoren oder den Lebensstil, etwa das Rauchverhalten oder den Grad der körperlichen Aktivität, berücksichtigen. Die Vorhersagekraft dieser Profile war allerdings bislang begrenzt. Hermann Brenner und sein Team untersuchten deshalb, ob sich das individuelle Darmkrebsrisiko mithilfe sogenannter Mikro-RNAs genauer als bisher ermitteln lässt.

MIKRO-RNAS ALS BIOMARKER

RNA-Moleküle kommen in der Zelle unter anderem als mobile Baupläne bei der Herstellung von Proteinen zum Einsatz. Mikro-RNAs, kurz miRNAs, haben hingegen eine steuernde Funktion: Die aus nur 20 bis 25 Einzelbausteinen bestehenden Moleküle, von denen inzwischen mehr 1.000 bekannt sind, beeinflussen zahlreiche Zellfunktionen – auch solche, die bei der Entstehung von Krebs eine Rolle spielen. Die DKFZ-Forscher vermuteten, dass das Auftreten oder auch Fehlen bestimmter miRNAs schon frühzeitig auf ein erhöhtes Darmkrebsrisiko hindeuten könnte.

Die Publikation

▼ Titel

„A microRNA panel compared to environmental and polygenic scores for colorectal cancer risk prediction“

▼ Erstautorin

Janhavi R. Raut (Doktorandin)*

▼ Leiter der Studie

Hermann Brenner (Abteilungsleiter)*

* Abteilung Präventive Onkologie am Deutschen Krebsforschungszentrum und am Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg.

▼ Veröffentlicht in

Nature Communications
am 10. August 2021

▼ Kooperationspartner

Krebsregister Saarland

3

DIE STUDIEN

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entschieden sich für ein zweistufiges Vorgehen: Sie suchten zunächst nach miRNA-Molekülen, die bei Darmkrebspatienten und bei gesunden Probanden jeweils in sehr unterschiedlichen Mengen vorkamen. Dazu verwendeten sie Blutproben, die im Rahmen einer Studie zur Krebsfrüherkennung (GEKKO) gesammelt worden waren. Zusätzliche Biomarker-Kandidaten identifizierte das Team anhand bereits veröffentlichter Forschungsergebnisse zu miRNAs als Biomarker.

Im zweiten Schritt suchten die Forscher im Blutserum von Teilnehmern der im Jahr 2000 gestarteten ESTHER-Studie nach den ausgewählten miRNAs. Die fast 10.000 Studienteilnehmer waren zum Zeitpunkt der Blutentnahme gesund oder zeigten zumindest noch keine Symptome einer Krebserkrankung. In den folgenden 14 Jahren erkrankten insgesamt 198 Teilnehmer an Darmkrebs. Die Frage lautete nun: Unterschieden sich die Level bestimmter miRNAs bei diesen Menschen auch schon Jahre vor der Diagnose von denen krebsfreier Teilnehmer?

4

DIE ERGEBNISSE

Im ersten Schritt wählten die Forscher insgesamt 41 miRNA-Kandidaten aus, von denen sie sich eine Aussagekraft über das Darmkrebsrisiko versprachen. Sieben dieser miRNAs erfüllten die gesetzten Kriterien. Sie dienten anschließend dazu, sogenannte Risikoscores zu berechnen. Die Forscher untersuchten dann, ob diese Risikoscores das tatsächliche Darmkrebsrisiko widerspiegeln: Erkrankten Teilnehmer mit hohen Werten im Verlauf der Studie wirklich häufiger an Darmkrebs? Die Antwort lautete: ja. Trennten die Forscher die Studienteilnehmer nach dem Risikoscore in fünf Gruppen auf, hatten diejenigen mit den höchsten Werten ein etwa 20-fach höheres Darmkrebsrisiko als Personen in der Gruppe mit den niedrigsten Werten. Im Vergleich dazu war die Zuordnung in verschiedene Risikogruppen auf der Basis genetischer Merkmale deutlich weniger aussagekräftig: Hier ergab sich nur ein etwa 4-facher Unterschied zwischen den Gruppen mit den höchsten und den niedrigsten Risikoscores.

5

DAS FAZIT

Die Untersuchungen zeigten, dass das miRNA-Profil im Blutserum schon Jahre vor der Erkrankung ein erhöhtes Risiko anzeigen kann. Die identifizierten miRNAs sind deshalb eine vielversprechende Möglichkeit, das individuelle Darmkrebsrisiko besser abzuschätzen, als das mit bisher verfügbaren Methoden möglich war. Vor einem breiten Einsatz von miRNA-Profilen zur individuellen Risikoabschätzung in der Bevölkerung sind jedoch weitere unabhängige Studien mit langer Laufzeit erforderlich: Sollte sich darin die Vorhersagekraft bestätigen, stünde ein aussagekräftiger Biomarker zur Verfügung, der dabei helfen könnte, die Darmkrebsvorsorge in Zukunft noch effektiver einzusetzen.



DATEN SCHÜTZEN



DATEN NÜTZEN

Gesundheitsbezogene Daten sind ein sehr sensibles Gut – sie ermöglichen aber auch immer häufiger auf den individuellen Patienten abgestimmte Behandlungsansätze und sind deshalb eine wichtige Grundlage für die Krebsforschung. Das DKFZ hat mit dem Internal Review Board jetzt ein interdisziplinäres Gremium ins Leben gerufen, das die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dabei unterstützen soll, Nutzen und Risiken im Umgang mit solchen Daten im Sinne der Patientinnen und Patienten abzuwägen.

R

Röntgenbilder, Blutwerte, genetische Informationen und vieles mehr: Im Laufe einer Krebserkrankung werden zahlreiche gesundheitsbezogene Daten eines Patienten erfasst. Sie dienen als Basis für die weitere Behandlung, sind aber zugleich auch wertvoll für die Forschung. Der Schutz dieser sensiblen Daten ist in Deutschland und in der EU sehr genau geregelt. Es gibt eindeutige Bestimmungen zur Datensicherheit und zur Wahrung von Persönlichkeitsrechten. Dennoch kann die Wissenschaft leicht in eine Grauzone gelangen: Können beispielsweise Daten im Rahmen internationaler Forschungs Kooperationen auch in Länder weitergegeben werden, in denen andere Bestimmungen gelten? Oder können Biomaterialien zu einem späteren Zeitpunkt mit neuen Methoden analysiert werden, die von der ursprünglich eingeholten Patienteneinwilligung nicht abgedeckt werden?

Wie mit solchen Fragen aus Patientensicht am besten umgegangen werden sollte, diskutierte der Patientenbeirat Krebsforschung des DKFZ und empfahl, ein interdisziplinäres Gremium zu schaffen, das bei Bedarf den Einzelfall prüft und den Nutzen und die Risiken abwägt. Unabhängig davon war bereits eine DKFZ-interne Arbeitsgruppe zum Thema Datenschutz zum gleichen Ergebnis gekommen.

Das empfohlene Internal Review Board (IRB) des DKFZ hat im Juli dieses Jahres seine Arbeit aufgenommen. Wenn zwischen wissenschaftlichen Interessen und denen des Datenschutzes abgewogen werden muss, bereitet das Gremium Empfehlungen für die Entscheidungen des Vorstandes vor. Es begleitet die Weiterentwicklung des Umgangs mit Forschungsdaten und berät die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des DKFZ und der DKFZ-Netzwerke bei Grundsatzfragen zu diesem Thema.

Die Mitglieder des neunköpfigen IRB bringen Expertise aus der klinischen und experimentellen Forschung, den Datenwissenschaften und der Medizinethik ein; zwei Mitglieder vertreten die Patientensicht. „Das IRB soll bei Projekten in der Grauzone – und

nur um die geht es – den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen und ein mögliches Risiko im Datenschutz abwägen, um so zu einem Vorschlag zu gelangen, wie das Projekt durchgeführt werden kann oder ob es möglicherweise eingestellt werden sollte“, betont Jörg Hoheisel, Vorsitzender des IRB und Abteilungsleiter im DKFZ. Dabei arbeite man mit dem Datenschutzbeauftragten des DKFZ und den Wissenschaftlern Hand in Hand. „Üblicherweise bedeutet ein neues Gremium mehr Bürokratie in der Wissenschaft“, bemerkt Hoheisel. „Hier soll es aber die Arbeit der Wissenschaftler und des Datenschutzes beschleunigen und ohne zusätzlichen Papierkram auskommen.“

BREITE EXPERTISE

Außerdem wird das IRB zusammen mit dem Datenschutzbeauftragten und den Wissenschaftlern Positiv-Listen von Institutionen und Partnern, die datenschutzrechtlich unbedenklich sind, erstellen und kontinuierlich anpassen. Hierdurch werden sich zukünftig viele einzelne Anfragen und Überprüfungen zum Datentransfer erübrigen.

Wesentliche Aspekte des IRB sind seine beratende Funktion und seine breite Basis an relevanter Expertise jenseits des Datenschutzes. Auf Mehrheitsentscheidungen wird bewusst verzichtet, sodass beispielsweise die Wissenschaftler die anderen Mitglieder nicht überstimmen können. „Das IRB wird immer versuchen, zu einvernehmlichen Stellungnahmen zu gelangen“, so Hoheisel. „Sollte dies aber auch nach intensiver Diskussion nicht möglich sein, wird die jeweilige Gruppe ein Mehrheits- beziehungsweise Minderheitsvotum zu Papier bringen.“

Noch befindet sich das IRB in einer Phase der Einarbeitung und Abstimmung. Zu den ersten Aufgaben zählt es, einen Ablaufplan für den gesamten Entscheidungsprozess zu erstellen, auch jenseits der Fälle, die im IRB behandelt werden. Er soll dabei helfen, unnötige Umwege und Sackgassen zu vermeiden, um so die Krebsforschung rascher voranzubringen und hierdurch letztendlich die Patientenversorgung zu verbessern.

TUMOR-ORGANOIDE KÖNNEN HELFEN, THERAPIERESISTENZ VON DARMKREBS ZU ÜBERWINDEN

Die Entwicklung von Therapieresistenzen verhindert in vielen Fällen, dass fortgeschrittener Darmkrebs langfristig erfolgreich behandelt werden kann. Forschende vom **DKTK-Partnerstandort** an der LMU München untersuchten in Laborversuchen, wie patientenindividuelle Mini-Tumoren, sogenannte Tumor-Organoid, dabei helfen können, die Therapie gezielt an die individuelle Erkrankung anzupassen und so möglicherweise Resistenzen zu überwinden. Das Forschungsteam um Peter Jung setzte Darmtumor-Organoid wiederholt einer Chemotherapie aus, bis sich schließlich eine Resistenz entwickelte. Molekulare Analysen ergaben, dass die Krebszellen während ihrer Anpassung an die Therapie verschiedene Muster der genetischen Evolution durchlaufen hatten. Für eine bestimmte Kombination von Erbgutveränderungen testeten die Forschenden dann eine speziell darauf abgestimmte Behandlungsstrategie: Eine Kombitherapie aus mehreren Wirkstoffen unterband das Wachstum der Mini-Tumoren nahezu vollständig. Die Studie unterstrich somit das große Potenzial patientenspezifischer Tumor-Organoid für die Entwicklung zielgerichteter chemotherapeutischer Behandlungsstrategien gegen Darmkrebs.

GENAUERE CHARAKTERISIERUNG VON HIRNTUMOREN VERBESSERT DIAGNOSE UND THERAPIE

Eine internationale Studie mit rund 3000 Patientinnen und Patienten hat die Aussagekraft eines neuen Klassifizierungssystems für Meningeome bestätigt. Die meist gutartigen Hirntumoren können in der Regel durch eine Operation vollständig entfernt werden. Ob der Patient dann geheilt ist oder ob der Tumor schnell nachwächst, ist jedoch anhand der Gewebemerkmale oft schwer zu beurteilen. Für die weiteren Therapiemaßnahmen ist aber eine zuverlässige Klassifizierung entscheidend. Forschende des Universitätsklinikums Heidelberg, des DKFZ und des **DKTK** haben unter der Leitung von Felix Sahm deshalb gemeinsam mit internationalen Kollegen ein neues Klassifizierungssystem entwickelt. Zusätzlich zu den klassischen Gewebecharakteristika fließt auch der molekulare Fingerabdruck des Tumors, etwa der sogenannte Methylierungsstatus der DNA, in die Bewertung ein. Der daraus resultierende Score gibt Hinweise darauf, wie sich das jeweilige Meningeom weiterentwickeln wird, und kann somit die Therapieplanung unterstützen.

Mit dem DKFZ als Kernzentrum kooperieren im **Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK)** Universitätsmedizin und Uniklinika an acht Standorten, um signifikante Beiträge zur Schließung der translationalen Lücke zwischen der Grundlagenforschung und der klinischen Forschung zu leisten.

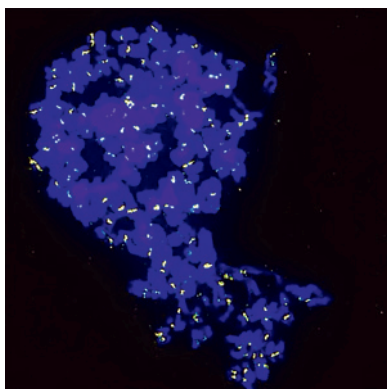


DKTK

Deutsches Konsortium für
Translationale Krebsforschung



Das **Hopp-Kindertumorzentrum Heidelberg (KiTZ)** ist eine gemeinsame Einrichtung des Deutschen Krebsforschungszentrums, des Universitätsklinikums Heidelberg und der Universität Heidelberg. Es ist gleichzeitig Therapie- und Forschungszentrum für onkologische und hämatologische Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter.



VERUNGLÜCKTE ZELLEILUNG TREIBT KREBSZELLEN KINDLICHER TUMOREN IN DEN TOD

Wissenschaftler des **KiTZ**, des Universitätsklinikums Heidelberg und des DKFZ haben einen Mechanismus entdeckt, mit dem sich die Selbstzerstörung von Krebszellen kindlicher Tumoren aktivieren lässt. Eine Medikamentenkombination, die bereits bei anderen Krebserkrankungen erprobt wird, führte bei Mäusen dazu, dass Zellen des Ewing-Sarkoms Fehler in ihrem Erbmateriale anhäuferten und die Tumoren im Labor schrumpften. Ewing-Sarkome sind hochaggressive Knochen- und Weichteiltumoren, die hauptsächlich bei Kindern und Jugendlichen vorkommen. Dem Team um Thomas Grünewald gelang es mithilfe zweier Hemmstoffe, die Aktivität des Enzyms PRC1, das zu einer geordneten Zellteilung beiträgt, gezielt zu stören. Bei Tumoren, die zuvor eine hohe PRC1-Aktivität hatten, ließ sich dadurch der programmierte Zelltod auslösen. Die Forschenden werden den Therapieansatz jetzt in weiteren Untersuchungen überprüfen und bei Erfolg in einer klinischen Studie weiterentwickeln.

Betroffene sollen ihre Sichtweise besser in die krebsmedizinische Forschung einbringen können.

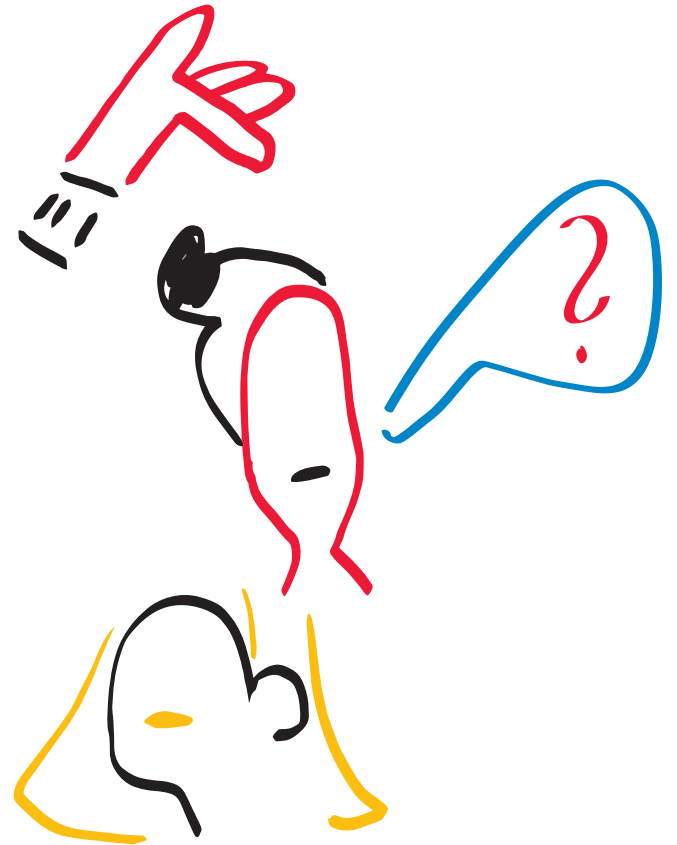
Diese Forderung wird aus gutem Grund immer lauter.

Denn nur so kann die Patientenversorgung wirklich auf die Betroffenen zugeschnitten werden. Doch es fehlen noch

unkomplizierte Wege, um Krebspatientinnen und -patienten mit Wissenschaftlern zu vernetzen.

Die Umfrage-Plattform **fragdiepatienten.de** bietet jetzt eine neue Möglichkeit für einen einfachen Meinungsaustausch zwischen Betroffenen und Forschenden.

Frag die Patienten!



Patientenvertreter, Wissenschaftler und auch die Politik fordern immer drängender, beim Planen, Durchführen und Bewerten von onkologischer Forschung die Betroffenen stärker einzubinden. Bei einer vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgerichteten Konferenz im September stellten zwei Patientenvertreter die im Rahmen der Trio-EU-Ratspräsidentschaft von Slowenien, Portugal und Deutschland erarbeiteten „Prinzipien für eine erfolgreiche Patientenbeteiligung in der Krebsforschung“ vor. Die Prinzipien sollen einen wichtigen Impuls zur Öffnung der Wissenschaft setzen und einen Kulturwandel hin zu mehr Partizipation anstoßen.





Um diesen Kulturwandel zu vollziehen, hat der Patientenbeirat Krebsforschung des Deutschen Krebsforschungszentrums bereits im Jahr 2018 seine Arbeit aufgenommen. Nun macht das DKFZ mit der neuen Beteiligungsplattform fragdiepatienten.de einen weiteren wichtigen Schritt hin zu mehr Partizipation. Die Idee: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können zu ihrem Forschungsprojekt aus dem Bereich der Onkologie ganz einfach eine Umfrage schalten, die dann von Betroffenen anonym beantwortet werden kann. So haben Patientinnen und Patienten ohne großen Aufwand die Möglichkeit, sich aktiv in aktuelle Forschungsprojekte einzubringen. Der Vorteil für die Forscher: Sie können die Patientenperspektive frühzeitig in ihre Projekte einfließen lassen. Die zentralen Ergebnisse der Umfragen werden auf fragdiepatienten.de veröffentlicht, um den Umfrage-Teilnehmern ein direktes Feedback zu bieten. Auch die Politik kann aus den Umfragen Erkenntnisse gewinnen: Welche Forschungsziele sind Betroffenen wirklich wichtig? Unter welchen Voraussetzungen würden Betroffene ihre Daten für Forschungszwecke freigeben? Wie müsste die Versorgung verbessert werden?

DIE PROJEKTPARTNER

Zentral für die erfolgreiche Umsetzung des Projektes war das ehrenamtliche Engagement des Bundesverbands Frauenselbsthilfe Krebs, des Bundesverbands Prostatakrebs Selbsthilfe und des Hautkrebs-Netzwerks Deutschland. „Die beteiligten Vertreterinnen und Vertreter der Selbsthilfeorganisationen haben die

Perspektive von Betroffenen in das Projekt eingebracht und damit relevante Impulse gesetzt“, betont Titus Brinker vom DKFZ, der Initiator des Projektes.

Brinker wurde schon vielfach für innovative Projekte in der Medizin ausgezeichnet und entwickelte die Idee zu fragdiepatienten.de. Umgesetzt und redaktionell betreut wird das vom Bundesministerium für Gesundheit geförderte Projekt durch den Krebsinformationsdienst des DKFZ. „Wir setzen uns dafür ein, die Anliegen von Krebspatientinnen und -patienten in die Forschungsvorhaben einfließen zu lassen, damit Forschung zukünftig auf das ausgerichtet wird, was Patienten wichtig ist,“ so Susanne Weg-Remers, Leiterin des Krebsinformationsdienstes.

GEMEINSAM NOCH MEHR ERREICHEN

Ziel des mit vereinten Kräften umgesetzten Projekts ist es, die onkologische Versorgung der Zukunft zu verbessern. „Es ist uns bewusst, dass fragdiepatienten.de nur ein Schritt von vielen ist, um die Krebsforschung noch besser als bisher auf die Bedürfnisse der Betroffenen zu fokussieren. Trotzdem glauben wir, dass die Plattform einen wichtigen Meilenstein darstellt, um die Krebsforschung im Sinne der Patienten auszurichten“, so Brinker. Mit fragdiepatienten.de steht nun ein Service-Tool bereit, um die Patientenbeteiligung an der Krebsforschung voranzutreiben. Weitere Infos unter: www.fragdiepatienten.de

”

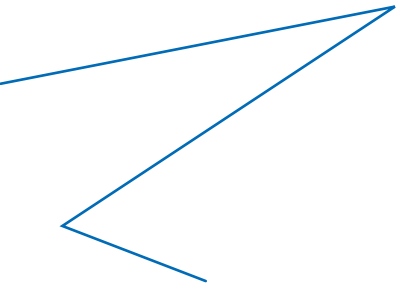
MIR WURDE DA WAS EMPFOHLEN... METHODEN JENSEITS DER „SCHULMEDIZIN“

Naturheilkunde und Homöopathie, Ayurveda und Zen-Meditation, Krebsdiäten und Nahrungsergänzungsmittel – viele Krebspatientinnen und Krebspatienten interessieren sich für komplementäre und alternative Methoden (KAM). Angst vor Nebenwirkungen oder der Wunsch, selbst aktiv zu werden, können mögliche Beweggründe sein. Doch hier ist Vorsicht geboten. Denn oft ist die Wirksamkeit von KAM umstritten und manche Methode kann auch schädlich sein.



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.



Bei der komplementären und alternativen Krebsmedizin gehen die Meinungen weit auseinander. Viele Menschen sind überzeugt davon, dass ihnen traditionelle, biologische oder alternative Heilverfahren helfen. Sie hoffen auf eine sanfte, nebenwirkungsarme Medizin und berichten von subjektiv guten Erfahrungen – auch bei Krebs. Viele andere lehnen alternative Medizin dagegen ganz ab und sehen auch komplementäre und ganzheitliche Methoden eher kritisch.

WAS SIND EIGENTLICH KOMPLEMENTÄRE UND ALTERNATIVE METHODEN?

Nach einer Definition des US-amerikanischen Nationalen Instituts für Gesundheit (NIH) werden unter KAM Methoden verstanden, die nicht dem medizinischen Standard entsprechen und entweder anstelle (alternativ) oder zusätzlich (komplementär) zur Standardbehandlung angewendet werden. Zu einzelnen Ansätzen, wie zum Beispiel dem begleitenden Einsatz der Misteltherapie, gibt es Studien, die auf einen

positiven Einfluss auf die Lebensqualität hinweisen. Für viele andere Methoden lässt sich eine Wirksamkeit jedoch bisher nicht belegen – und Risiken sind nicht auszuschließen. Anders bei einer schulmedizinischen Therapie: Nutzen und Wirksamkeit wurden in aussagekräftigen klinischen Studien belegt und auch zu potenziellen Nebenwirkungen gibt es gute Daten. Sie gilt daher als die aktuell beste und daher empfohlene Therapie.

DAS GESPRÄCH MIT DEM ARZT SUCHEN

Umfragen belegen, dass viele Krebspatienten das Bedürfnis haben, mehr zum Thema komplementäre und alternative Methoden zu erfahren. Auch den Krebsinformationsdienst erreichen viele Anfragen dazu. „Die Motivation der Krebspatientinnen und -patienten ist verständlich. Oft schwingen Ängste vor Nebenwirkungen durch die Krebstherapie mit oder das Gefühl, nicht alle Möglichkeiten voll auszuschöpfen“, erläutert Susanne Weg-Remers, Leiterin des Krebsinformationsdienstes. Der Einsatz von alternativen Methoden ist problematisch, wenn deswegen auf eine empfohlene Standardtherapie verzichtet wird. Und auch wenn sie komplementär zur eigentlichen Behandlung angewendet werden, kann es beispielsweise aufgrund von Wechselwirkungen mit der Standardtherapie zu Wirkungsabschwächung oder verstärkten Nebenwirkungen kommen. „Daher ist es wichtig, im Arztgespräch offen über KAM zu sprechen. Machen Sie deutlich, warum Sie noch etwas Zusätzliches tun möchten oder nach einer Alternative zu Ihrer bisherigen Therapie suchen. Nennen Sie Beispiele für komplementäre und alternative Heilmethoden gegen Krebs, von denen Sie gehört haben, dann können die behandelnden Ärztinnen

und Ärzte leichter recherchieren, was über Nutzen und Risiken bekannt ist“, so Weg-Remers.

INFORMATIONEN ZU KAM: WORAUF IST ZU ACHTEN?

Wer sich für das umfangreiche Spektrum der komplementären und alternativen Methoden interessiert, sollte genau hinschauen, denn manche Angebote sind besonders problematisch. Wenn zum Beispiel ein Anbieter Hilfe bei allen Krebsarten und in jedem Krankheitsstadium verspricht, ist Misstrauen angebracht, denn ein solches Wundermittel gibt es bisher nicht. Auch bei allzu werblicher Aufmachung und gleichzeitigem Fehlen von wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Studien oder Therapieplänen ist Vorsicht geboten. Seriöse Anbieter stellen auf Wunsch Unterlagen zur Verfügung, damit der Behandlungsvorschlag von unabhängiger Seite geprüft werden kann. Achtung, wenn vor Behandlungsbeginn Vorkasse oder gar Bargeld verlangt wird: Bei Problemen können Sie Ihr Geld meist nicht zurückbekommen.

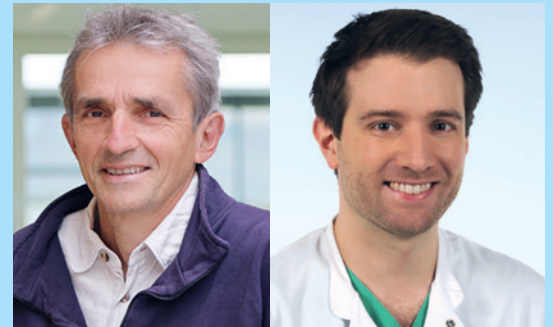
Weitere Informationen zum Thema KAM finden Sie hier:





- ▶ **Christiane Opitz** erhielt den mit 20.000 Euro dotierten Ita Askonas-Preis, den die European Federation of Immunological Societies an herausragende junge Immunologinnen verleiht. Die DKFZ-Forscherin hat herausgefunden, wie Tumorzellen bestimmte Stoffwechselprodukte nutzen, um sich vor der körpereigenen Krebsabwehr zu schützen.

Gemeinsam mit Hai Yan von der Duke University erhielt **Andreas von Deimling** (DKFZ und Universitätsklinikum Heidelberg) den International Prize for Translational Neuroscience der Gertrud Reemtsma Stiftung. Der Neuropathologe hat einen Antikörper entwickelt, der die Klassifizierung bestimmter Hirntumoren auf Molekülebene ermöglicht.



Um herausragenden Leistungen in der Krebspräventionsforschung Anerkennung zu zollen und ihnen mehr öffentliche Aufmerksamkeit zu verschaffen, hat das DKFZ in diesem Jahr erstmalig den Deutschen Preis für Krebspräventionsforschung verliehen. Gestiftet wird die Auszeichnung von der Manfred Lautenschläger-Stiftung. Träger des mit 25.000 Euro dotierten Hauptpreises ist der Epidemiologe **Hermann Brenner** vom DKFZ. Der mit 5.000 Euro dotierte Nachwuchspreis ging an **Jakob Kather** vom Universitätsklinikum Aachen. Beide Wissenschaftler wurden für ihre Leistungen auf dem Gebiet der Darmkrebs-Früherkennung ausgezeichnet.

Preise & Auszeichnungen



Die italienische Akademie der Wissenschaften, die Accademia Nazionale dei Lincei, vergab den mit 10.000 Euro dotierten Francesco De Luca-Preis an **Donato Inverso** vom DKFZ. Mit der Auszeichnung würdigt die Akademie seine Leistungen, die bislang ungeahnte Einblicke in die Steuerung der Leberfunktion durch Blutgefäße ermöglicht haben.



35. Jahrgang, Ausgabe 3/2021
ISSN 0933-128X

Herausgeber

Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Verantwortlich

Dr. Katharina Gudd
Stabsstelle Strategische Kommunikation und
Öffentlichkeitsarbeit

Redaktion

Frank Bernard

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 dem einblick sind nur mit ausdrücklicher
Genehmigung der Redaktion erlaubt.

Redaktionsanschrift

Deutsches Krebsforschungszentrum
Strategische Kommunikation und
Öffentlichkeitsarbeit
Im Neuenheimer Feld 280
69120 Heidelberg
Telefon: +49 (0)6221 422854
Telefax: +49 (0)6221 422968
E-Mail: einblick@dkfz.de
www.dkfz.de/einblick

An dieser Ausgabe haben außerdem mitgearbeitet:

Dr. Janosch Deeg, Julia Geulen, Dr. Uta Meyer
zum Büschenfelde, Dr. Stefanie Reinberger,
Nicole Schuster

Bildnachweis:

Titelbild: Shutterstock/Jamesbin
Innenteil: Stefan Bausewein (S. 3 oben, S. 16),
Petra Péterffy (S. 3 Mitte, S. 8-11), Tobias Schwerdt
(S. 3 unten, S. 18-22), IBM Research (S. 4), Shutter-
stock (S. 5 oben, S. 30-31), Adobe Stock (S. 5 unten),
Antonia Dimitrakopoulou-Strauss/DKFZ (S. 6),
Alexandra Stumpf/DKFZ (S. 13), Daniel Biscan (S. 17),
Tobias Dick/DKFZ (S. 21 oben), Jutta Jung/DKFZ

(S. 22 unten, S. 34 Mitte), Jing Li/KITZ (S. 29),
Susanne Röck/Universität Innsbruck (S. 34 oben),
Universitätsklinikum Aachen (S. 34 Mitte rechts),
Universitätsklinikum Heidelberg (S. 34 Mitte links),
DKFZ (S. 34 unten)

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.

Aus Gründen der Lesbarkeit und des besseren
Verständnisses findet im einblick überwiegend
die männliche Form Anwendung. 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