



Krebsforschung – eine Investition für das Leben

Nie zuvor versprochen neue technologische Möglichkeiten die Krebsmedizin so grundlegend zu verändern wie heute. Digitalisierung, Künstliche Intelligenz und Hochdurchsatzverfahren zur biomolekularen Analyse von Tumoren sind dabei die zentralen Schlüsseltechnologien. Aus diesen gilt es nun, ein hochinnovatives Instrumentarium der Krebsforschung zu schmieden, das bei den Menschen ankommt. Damit ist der ideale Zeitpunkt für den Start einer „Nationalen Dekade gegen Krebs“ gekommen: Alle relevanten Akteure aus Forschung, Gesundheitswesen, Forschungsförderung, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft haben sich unter dem Dach der Dekade zusammengeschlossen, um der Krebsmedizin der Zukunft den Weg zu bahnen. Das Ziel: Krebspatientinnen und -patienten in ganz Deutschland sollen die bestmögliche, individualisierte Therapie erhalten – unabhängig von ihrem Wohnort.

Erfolge der Krebsforschung

Seit den 1950er Jahren unterstützt die Bundesregierung die Krebsforschung in Deutschland. In den vergangenen zehn Jahren investierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mehr als 2,2 Milliarden Euro in die Krebsforschung. Die Erfolge der Forschungsanstrengungen sind messbar: Fünf Jahre nach der Krebsdiagnose leben heute mehr als die Hälfte aller Patientinnen und -patienten – dieser Anteil ist so hoch wie nie zuvor. Zudem besteht bei vielen Tumorarten bereits eine gute Chance auf dauerhafte Heilung. Dies ist insbesondere den folgenden Entwicklungen zu verdanken:

- Das Wissen, wie bestimmte Krebsarten verhindert werden können, ist enorm gewachsen. Heute reduzieren **wirkungsvolle Präventionsmaßnahmen** das Erkrankungsrisiko für zahlreiche Krebsarten: So nimmt die Zahl der Lungenkrebs-Diagnosen von Jahr zu Jahr ab, weil immer weniger Menschen rauchen. Ein ausreichender Sonnenschutz beugt Hautkrebs vor. Impfungen gegen humane Papillomaviren senken das Risiko für Gebärmutterhalskrebs – eine Innovation, für die 2008 der Medizin-Nobelpreis verliehen wurde.
- Eine **verbesserte Früherkennung** mit hochempfindlichen Gen- oder Bluttests kann manche bösartige Gewebeveränderung heute aufspüren, bevor der Krebs durch bildgebende Verfahren erkennbar wird. Je früher eine Krebserkrankung erkannt wird, desto erfolgversprechender ist die Therapie.
- Immunologische Verfahren und Genanalysen ermöglichen eine immer **präzisere Diagnostik**. So unterscheiden Medizinerinnen und Mediziner heute mehrere hundert verschiedene Typen von Blutkrebs. Diese Differenzierung ist die Basis für zielgenauere und immer wirkungsvollere Behandlungen.
- Das wissenschaftliche Verständnis über die Entstehung von Krebs wächst stetig und brachte bereits verschiedene innovative Therapien hervor. So kann z. B. der individuelle „genetische Fingerabdruck“ von Tumorzellen maßgeschneiderte, **personalisierte Therapien** ermöglichen: Neuartige Medikamente können die Mechanismen der unkontrollierten Vermehrung von Krebszellen auf molekularer Ebene stoppen. Die Entwicklung von sog. „Checkpoint-Inhibitoren“ kann dafür sorgen, dass körpereigene Abwehrzellen den Krebs sehr viel intensiver bekämpfen. Diese Immuntherapie zeigt bei einigen Krebsarten bereits gute Erfolge.



- **Verträglichere Behandlungen** verbessern die Lebensqualität der Patientinnen und Patienten. Mit neuen Techniken planen Chirurgeninnen und Chirurgen ihre Eingriffe immer präziser und schonender. Radiologinnen und Radiologen bestrahlen Tumoren hochdosiert und zugleich zielgenau – das reduziert die Strahlenbelastung des gesunden Gewebes in der Umgebung der Tumoren. Auch Chemotherapien werden verträglicher. Denn Forscherinnen und Forscher fanden heraus, wie manche Nebenwirkungen entstehen und wie sie gelindert werden können.
- Die Erfolge der Krebsforschung bilden die Grundlage einer **Verbesserung der Versorgungspraxis**. Wie Innovationen noch effizienter zu den Patientinnen und Patienten kommen – nicht nur an Universitätskliniken, sondern in ganz Deutschland – daran arbeitet die Versorgungsforschung.

Neue Technologien mit Innovationspotenzial

Trotz aller Erfolge haben uns die großen Forschungsanstrengungen gelehrt, dass es den einen Durchbruch, den einmaligen Befreiungsschlag im Kampf gegen den Krebs nicht geben kann. Denn Krebs ist keine einheitliche Erkrankung. Vielmehr erfordern die zahlreichen Tumorarten ganz verschiedene personalisierte Therapien – abgestimmt auf die Aggressivität der Tumoren, auf den Gesundheitszustand der Betroffenen und ihre persönlichen Lebensumstände. Auf dem Weg dorthin steht die Medizin heute an einer Schwelle, die bedeutende Fortschritte verspricht. Der Erkenntnisgewinn schreitet in der Forschung nicht gleichmäßig voran. Mit neuen „Werkzeugen“ und Technologien können intensive Innovationsphasen eingeleitet und der Fortschritt erheblich beschleunigt werden.

Einst war es das Mikroskop, das Forschenden sowie Ärztinnen und Ärzten neuartige Einblicke ermöglichte – heute haben wir gleich mehrere neue Technologien mit Potenzial. Modernste Hochdurchsatzverfahren ermöglichen aufwendige biomolekulare Analysen – etwa DNA-Sequenzierungen – inzwischen in kurzer Zeit und großen Maßstäben. Zugleich produziert die Gesundheitsversorgung immer mehr digitale Daten – von Blutwerten und Röntgenbildern bis hin zu Arztbriefen – und speichert darin zahlreiche Informationen: Welche Symptome zeigen die Patientinnen und Patienten? Wie sind die Laborwerte? Wie lautet die Diagnose? Und vor allem: Welche Therapie erwies sich als erfolgreich, welche nicht? Moderne IT-Lösungen sollen künftig helfen, in diesen für den Menschen unüberschaubaren Datenmengen aus Forschung und Versorgung neue Ansatzpunkte für bessere und personalisierte Krebstherapien aufzuspüren.

Wegbereiter der personalisierten Krebsmedizin: Künstliche Intelligenz und vernetzte Datenwelten

Künstliche Intelligenz ist ein wertvolles Instrument, wenn es darum geht, die Krankheitsverläufe zahlreicher Patientinnen und Patienten zu analysieren. Viele lernfähige Computerprogramme basieren auf künstlichen neuronalen Netzen, deren Entwicklung auf den Ergebnissen der Hirnforschung beruht. In der Krebsforschung werden Computerprogramme beispielsweise mit Gewebebildern und genetischen Tumordaten darauf trainiert, gutartige von bösartigen Tumoren zu unterscheiden. In den Datenbergen aus Forschung und Klinik sollen solche selbstlernenden Programme künftig verborgene Merkmalskombinationen und Muster aufspüren. Sie sollen Ärztinnen und Ärzten künftig helfen, besser vorherzusagen, welche Therapie für eine bestimmte Person die jeweils aussichtsreichste ist. Die Digitalisierung wird somit zu einem wichtigen Wegbereiter der personalisierten (Krebs-)Medizin. Je mehr Forschungs- und Versorgungsdaten die intelligenten Programme nutzen, desto besser lernen sie und desto erfolgreicher arbeiten sie. Deshalb ist es so wichtig, dass Kliniken und Universitäten ihre Datensätze standortübergreifend teilen.



BMBF-Förderung für den Kampf gegen den Krebs

Medizininformatik

Für eine neue Kultur des Datenteilens schafft die Medizininformatik-Initiative des BMBF die technischen und organisatorischen Voraussetzungen. Konkrete Anwendungsbeispiele der Medizininformatik sollen den praktischen Mehrwert der vernetzten Strukturen und Datenanalysen für die Patientinnen und Patienten nachweisen – auch in der Krebsmedizin: Um für jeden Betroffenen die bestmögliche Behandlung zu wählen, arbeiten Ärztinnen und Ärzte unterschiedlicher Fachrichtungen eng zusammen. Innovative IT-Lösungen können ihnen dabei helfen, indem sie alle behandlungsrelevanten Informationen – von genetischen und radiologischen Befunden bis hin zu Blutwerten – zusammenfassen und in anschauliche Grafiken verwandeln. So können die Behandlungsteams das komplexe Gesamtbild einer Krebserkrankung viel besser bewerten. Datenanalysen sollen ihnen helfen, ähnliche Krankheitsverläufe zu finden, auszuwerten und Tumoren gezielter und individuell zu bekämpfen.

150 Millionen Euro stellt das BMBF von 2018 bis 2021 für die Medizininformatik-Initiative zur Verfügung. Nahezu alle Universitätsklinken sind bereits Teil dieser Initiative – sie ist von nationaler Bedeutung für den digitalen Wandel in der Patientenversorgung.

Systemmedizin

Das Forschungs- und Förderkonzept **e:Med** soll die Systemmedizin in Deutschland etablieren. Diese zukunftsweisende Forschung hat nicht einzelne Organe oder Krankheitserreger im Visier, sie betrachtet unseren Körper systemorientiert. In diesem Ansatz verbinden sich Grundlagenforschung, klinisch-patientenorientierte Forschung und Informationswissenschaften, um die komplexen biomedizinischen Vorgänge in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Forscherinnen und Forscher analysieren dafür das Zusammenspiel molekularer Netzwerke mithilfe mathematischer Modelle, die auf den riesigen Datenmengen der biomedizinischen und klinischen Forschung basieren. Veränderungen dieser Netzwerke spielen bei der Entstehung von Krebs eine wichtige Rolle. Deshalb beschäftigen sich viele e:Med-Projekte mit Krebserkrankungen. Sie sollen dazu beitragen, neue individualisierte Krebstherapien und Diagnoseverfahren zu entwickeln. Seit Ende 2012 stellt das BMBF für das e:Med-Konzept zunächst für acht Jahre 200 Millionen Euro bereit.

Kräfte und Ressourcen international bündeln

Auf europäischer Ebene engagiert sich das BMBF bei der Umsetzung des europäischen Rahmenprogramms für Forschung und Innovation „Horizont 2020“, das alle forschungs- und innovationsrelevanten Förderprogramme der Europäischen Kommission zusammenführt. Ein Beitrag zur Stärkung des Europäischen Forschungsraumes („European Research Area“, ERA) sind die sogenannten ERA-Netze, in denen Ministerien und andere Förderorganisationen aus vielen europäischen Ländern zusammenarbeiten. Im Bereich der Krebsforschung beteiligt sich das BMBF am ERA-Netz **TRANSCAN**. Dieses Netzwerk besteht aus 25 Partnerorganisationen und Stiftungen aus 19 europäischen und assoziierten Staaten. TRANSCAN fördert gemeinsame, multinationale und kooperative Forschungsprojekte im Bereich der translationalen Krebsforschung. Im Zeitraum von 2012 bis 2020 beteiligt sich das BMBF mit bis zu 35 Millionen Euro.

Das BMBF unterstützt die deutsche Krebsforschung auch im Kontext des Internationalen Krebsgenom-Konsortiums („International Cancer Genome Consortium“, ICGC). Dieses zurzeit weltweit größte internationale Projekt zur Krebsforschung will die molekularen Ursachen von Krebserkrankungen aufklären.



Aktuelle Therapien optimieren

Klinische Studien testen den Nutzen und die Wirksamkeit neu entwickelter Arzneimittel und Medizinprodukte. Um die Heilungschancen und die Lebensqualität von Krebspatientinnen und -patienten zu verbessern, verfolgen Forschende mit diesen Studien aber auch eine zweite Strategie: In sogenannten Vergleichs- und Optimierungsstudien erforschen sie die bestehende Versorgungspraxis – mit dem Ziel, die vorhandene krebsbezogene Gesundheits- und Krankenversorgung grundlegend zu verbessern. Solche Studien konnten bereits zeigen, dass die Dosierung bestimmter Krebsmedikamente verringert werden kann – bei gleichbleibendem Behandlungserfolg. Das mildert die oft schweren Nebenwirkungen einer Krebstherapie und verbessert die Lebensqualität der Patientinnen und Patienten. Um diesen Ansatz zu stärken, wird das BMBF im Rahmen der Dekade bis zu 62 Millionen Euro zur Verfügung stellen.

Institutionelle Förderung

Das **Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ)** ist die größte biomedizinische Forschungsinstitution in Deutschland. Rund 1.400 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen hier, wie Krebs entsteht und welche Faktoren das Krebsrisiko beeinflussen. Ihre Ergebnisse nutzen sie, um neue Ansätze für die Vorbeugung, Diagnose und Therapie von Krebs zu entwickeln. Die mehr als 90 Abteilungen und Arbeitsgruppen, klinischen Kooperationseinheiten und Nachwuchsgruppen sind sechs Forschungsschwerpunkten zugeordnet:

- Zell- und Tumorbio­logie
- Funktionelle und strukturelle Genomforschung
- Krebsrisikofaktoren und Prävention
- Tumorummunologie
- Bildgebung und Radioonkologie
- Infektion, Entzündung und Krebs

Am DKFZ klären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Krebsinformationsdienstes (KID) Betroffene, Angehörige und interessierte Bürgerinnen und Bürger über die Volkskrankheit Krebs auf. Das DKFZ wird zu 90 Prozent vom BMBF und zu 10 Prozent vom Land Baden-Württemberg finanziert und ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren. Das Gesamtbudget des DKFZ beläuft sich auf 280 Millionen Euro und setzt sich aus Grundfinanzierung, Projektförderung und eigenen Einnahmen zusammen.

Optimale Forschungsbedingungen schaffen, um Volkskrankheiten besser zu bekämpfen – das ist das Ziel der vom BMBF und den Ländern geförderten Deutschen Zentren der Gesundheitsforschung (DZG). Zu diesen zählt das **Deutsche Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK)**, das vom BMBF und den beteiligten Sitzländern mit jährlich insgesamt etwa 29 Millionen Euro gefördert wird. Eine der Kernaufgaben in der Krebsforschung besteht darin, die Ergebnisse der Grundlagenforschung auf neue Ansätze zur Prävention, Diagnostik und Behandlung von Krebserkrankungen hin zu überprüfen. An den acht Standorten des DKTK verpflichten sich aktuell über 300 namhafte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit ihren Arbeitsgruppen diesem translationalen Gedanken. Das Hauptaugenmerk des DKTK liegt auf den folgenden Gebieten:

- **Strahlentherapie und Bildgebung:**

Mit der Protonen- und Schwerionentherapie steht in Deutschland ein neuartiger strahlentherapeutischer Ansatz zur Verfügung, den das DKTK systematisch untersucht.

- **Krebsimmuntherapie:**

Die Forschenden des Konsortiums evaluieren sogenannte „Tumorimpfungen“, die das körpereigene Immunsystem gegen die Tumoren richten.



- **Zielgerichtete Therapien:**

Das DKTK untersucht molekulare Ansatzpunkte für Krebsmedikamente. Klinische Studien helfen dabei, diese Medikamente weiterzuentwickeln und sie in die klinische Anwendung zu bringen.

- **Molekulare Mechanismen der Krebsentstehung:**

Mit Hilfe modernster Methoden erforscht das DKTK, welche Gene und Proteine bei der Tumorentwicklung aktiv sind und welche inaktiviert werden. Es prüft, wie diese Unterschiede das Fortschreiten der Krankheit und den Therapieverlauf beeinflussen.

Das **Nationale Centrum für Tumorerkrankungen (NCT)** in Heidelberg ist ein führendes onkologisches Spitzenzentrum in Deutschland. Es wird vom DKFZ, der Universität Heidelberg, dem Universitätsklinikum Heidelberg und der Deutschen Krebshilfe gemeinsam getragen. Im Sinne eines „Comprehensive Cancer Centers“ erfolgen medizinische Behandlung und Krebsforschung im NCT unter einem Dach. Forschungsergebnisse sollen mit der bestmöglichen, individuellen Versorgung der Patientinnen und Patienten – von der Diagnose über die Behandlung bis zur Nachsorge – sowie der Prävention verknüpft werden. Im NCT Heidelberg werden mehr als 12.000 Patientinnen und Patienten pro Jahr im ambulanten Therapiebereich behandelt. Etwa 300 klinische Studien werden durchgeführt und eröffnen den Betroffenen so einen Zugang zu innovativen Therapien. Das NCT setzt dabei auf die molekulare Tumoranalyse und nimmt damit eine internationale Vorreiterrolle ein.

Dresden ist seit 2015 neben Heidelberg Standort des zweiten NCT. Es ist eine gemeinsame Einrichtung des DKFZ, des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden, der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität Dresden und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR). Das NCT Dresden setzt Forschungsschwerpunkte in folgenden Bereichen:

- hochpräzise Strahlentherapie
- neue Operationstechniken
- modernste Krebsmedikamente
- biologische Bildgebungsmethoden
- molekulare Tumordiagnostik

Nach der Aufbauphase erhält der Standort Dresden ab 2019 eine jährliche Förderung von 15 Millionen Euro, die im Verhältnis 9:1 durch den Bund und den Freistaat Sachsen finanziert wird. Für die Errichtung des neuen NCT-Gebäudes 2019 stellt der Freistaat Sachsen darüber hinaus 22 Millionen Euro bereit.

Das **Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)** ist ein naturwissenschaftliches Forschungszentrum. Im Forschungsbereich Gesundheit verfolgt es das Ziel, Fortschritte bei der Früherkennung, Diagnose und Therapie von Krebserkrankungen zu erreichen. Es arbeitet dabei eng mit Partnern aus der Hochschulmedizin zusammen. Die Krebsforschung am HZDR befasst sich mit mehreren Themenkomplexen:

- radioaktive Arzneimittel zur Diagnose und Therapie von Krebs
- Entwicklung der Krebsimmuntherapie
- Verfahren zur Bildgebung in der Onkologie
- Teilchenbeschleunigung mit neuartigen Lasertechnologien für die Strahlentherapie mit Protonen



Am „Institut für Radioonkologie – ‚OncoRay““ arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Medizin, Physik, Biologie und Informationswissenschaften gemeinsam daran, die Behandlung von Krebserkrankungen durch eine individualisierte und technologisch optimale Strahlentherapie entscheidend zu verbessern. Seit 2015 wurden bereits über 500 Patientinnen und Patienten mit einer neuen Protonentherapie behandelt. Mit der Einweihung des Zentrums für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT) am HZDR ging 2018 das leistungsstärkste präklinische Zentrum Europas für die Entwicklung und Produktion von radioaktiven und radioimmunologischen Arzneimitteln für die Krebsdiagnostik an den Start. In dem neuen Forschungsbau des ZRT sind erstmals alle Laborräume für chemische und biologische Forschungsarbeiten, zertifizierte Reinräume für die Herstellung der Arzneimittel, ein neuer Teilchenbeschleuniger (Zyklotron) und moderne Bereiche für präklinische Forschung und Bildgebung in einem Gebäudekomplex vereint. Die hierfür benötigten Investitionen beliefen sich auf insgesamt rund 36 Millionen Euro. Die Finanzierung erfolgte aus Haushaltsmitteln zu 90 Prozent vom Bund und zu 10 Prozent vom Freistaat Sachsen.

Gesellschaftliche Aspekte berücksichtigen

Fortschritte in der Wissenschaft und Medizin haben in den vergangenen 70 Jahren viel zur Verbesserung der Prävention, Diagnostik, Therapie und Nachsorge von Krebspatientinnen und -patienten in Deutschland beigetragen. Doch noch nie war das Innovationspotenzial neuer Technologien – allen voran die Digitalisierung – in der Krebsmedizin so groß wie heute. Bei ihrer Nutzung gilt es aber nicht nur, die medizinischen Folgen der Gesundheitsinnovationen im Blick zu haben. Es gilt, alle Chancen und Risiken sorgfältig abzuwägen – für den einzelnen Menschen ebenso wie für die Gesellschaft. Die ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte („Ethical Legal and Social Aspects“, ELSA) der modernen Lebenswissenschaften sind das Feld der vom BMBF geförderten ELSA-Forschung. Sie untersucht, wie Patientendaten und digitale Gesundheitsinnovationen verantwortungsvoll genutzt werden können.

Die Ziele: Heilungschancen erhöhen – Lebenszeit verlängern – Lebensqualität verbessern

Auch wenn der große Durchbruch bei der Behandlung von Krebs noch nicht gelungen ist – die bisherigen Erfolge belegen, dass eine kontinuierliche und geduldige Forschung das Verständnis und die Behandlungsmöglichkeiten dieser Erkrankungen erfolgreich weiterentwickeln kann. Der Prozess der Krebsentstehung, die vielfältigen Behandlungsoptionen, der Einsatz neuer Technologien und die differenzierten Versorgungsmöglichkeiten sind inzwischen so komplex, dass einzelne Akteure oder Wissenschaftsdisziplinen kaum mehr zukunftsweisende Lösungen erarbeiten könnten. Eine kooperierende, fachübergreifende, ausdauernde und nachhaltige Forschung soll in Zukunft die Heilungschancen weiter erhöhen, die Lebenszeit von Krebspatientinnen und -patienten verlängern, ihre Lebensqualität verbessern – und heute noch unheilbare Krebsformen beherrschbar machen.