

Der König der Krankheiten

Martin Ulrich

Siddhartha Mukherjee spannt in seinem fast 600seitigen Buch einen Bogen über 5000 Jahre Kulturgeschichte des Krebses. Es ist ein Krieg gegen einen Gegner, der gestaltlos, zeitlos und allgegenwärtig ist.

Der ägyptische Arzt Imhotep (ca. -2625), der bereits Gehversuche in der Neurochirurgie unternahm, ist einer der wenigen nicht-königlichen Ägypter, die uns heute noch bekannt sind. Die Griechen stellten diesen grossen Geist als alten Magier dar und verschmolzen ihn sogar mit ihrem eigenen Heilgott Asklepios. Umgeben von einer Welt der Zaubersprüche, schrieb Imhotep mit sachlichen Worten, und erstaunlich modern u.a. über Knochenbrüche. Samt Glossar, Diagnose, Zusammenfassung und Prognose. In Fall 45 geht es um „geschwollene Massen“ der Brust, und dazu ist Imhotep ungewöhnlich wortkarg. Zur Behandlung hat er nur eines zu sagen: „Es gibt keine“.

Zwei Jahrtausende später berichtet Geschichtsschreiber Herodot über Atossa, die Königin Persiens. Diese entdeckte eines Tages einen blutenden Knoten in ihrer Brust. Ein griechischer Sklave, der als Leibarzt amtierte, entfernte die Brust nach viel Zureden. Wir wissen nicht, ob der Eingriff genützt hat.

Die Namen alter Krankheiten erzählen Geschichten: Typhus, eine stürmische Krankheit leitet sich von Typhon her (Windvater). Influenza, „Einfluss“, weil man dachte, die Epidemien hingen von Planeten ab. Um 400 v. Chr. tauchte zum ersten Mal ein Wort für Krebs auf: „karkinos“. Hippokrates kam auf die Idee, weil ihn ein Brustgeschwür in seiner Umklammerung aus geschwollenen Blutgefässen an die Beine eines Krustentiers erinnerte.

Der Arzt Galen verhalf der hippokratischen Viersäftelehre zur Blütezeit. Sie begründete sämtliche Krankheiten mit „überschüssigen Körperflüssigkeiten“. Gelbsucht bedeute ein Zuviel an gelber Galle. Für Krebs behielt sich Galen den beunruhigendsten Körpersaft vor: die schwarze Galle. Auch für Depression macht er diese verantwortlich: „melas“ (Schwarz) und cholè (Galle). Die chirurgische Entfernung von Tumoren war lange vergeblich. In einer Zeit,

als es weder Betäubungsmittel noch Desinfektion gab, verzichtete man auf Operationen. Tumore wurden mit Eisen ausgebrannt, die über Kohlen zum Glühen gebracht wurden.

1775 stellte der Percivall Pott eine Zunahme von Hodenkrebs bei Kaminfegerlehrlingen fest. Sozial schlecht gestellte Halbwüchsige, deren Leiden man als Geschlechtskrankheit abtat und ihnen Quecksilber gab. Pott hingegen suchte tiefer, und konnte es auf den Kaminruss zurückführen.

Grundsätzlich galt, der Chirurg solle standfest sein und sich keinesfalls von den Schreien der Patientin irritieren lassen. Kein Wunder also, dass die meisten es lieber mit Bleitinkturen, Weihwasser, Arsenextrakt, Ziegending oder gemahlenem Elfenbein, Abführ- und Blutreinigungsmitteln probierten. Gegen den Schmerz half Opiumtinktur.

1845 wurde erstmals Leukämie - Krebs in flüssiger Form - beschrieben. Der Patient litt an zu vielen weissen Blutkörperchen, ohne dass ein Entzündungsherd ausgemacht werden konnte. Es war früher schwierig, den Krebsbefall eines Patienten zu quantifizieren. In diesem

Punkt unterscheidet sich die Leukämie von nahezu jeder anderen Krebsart und war somit das beste Forschungsfeld für Erkenntnisse über Krebs.

Das Rous-Sarkom

Um 1900 wurde die Asbestose als Krankheit entdeckt, und man begann einige Stoffe als krebserregend (Paraffin) zu identifizieren. Bei Tieren konnte festgestellt werden, dass sich Tumoren bis in die 4. Generation weiter vererbten. Untersuchungen zeigten, dass dafür nicht Zellen verantwortlich waren, sondern ein Virus - das Rous-Sarkom-Virus.

Radikale Amputationen

Dank des Äthers und der Karbolsäure wurden Operationen immer häufiger. Trotz Entfernung des Tumors kehrte der Krebs meist wieder zurück. Man begann grosszügig wegzuschneiden. Nicht nur die Brust, sondern auch den unter dem grossen Brustmuskel liegenden dünnen, fächerartigen Pectoralis minor zu entfernen. Auch der Pectoralis major kam weg, bald auch das Schlüsselbein, um dahinter Lymphknoten zu entfernen. Ein makabrer Wettlauf unter Ärzten jener Zeit. Die Behandlung des Gebärmutterhalskrebses glich einer Ausweidung. Fast das gesamte kleine Becken wurde



Siddhartha Mukherjee (* 1970 Neu-Delhi, Indien), amerikanisch-indischer Schriftsteller, Arzt und Wissenschaftler. Er arbeitet als Assistenz-Professor an der Columbia-Universität und als Arzt am Columbia University Medical Center in New York City.

Für das Buch *Der König aller Krankheiten: Krebs - eine Biografie* wurde er mit dem Pulitzer-Preis für Sachbücher 2011 ausgezeichnet. Das Buch wurde vom Time-Magazin zu einem der besten 100 Sachbücher seit 100 Jahren erklärt.

Der König aller Krankheiten: Krebs - eine Biografie.

Aus dem Englischen von Barbara Schaden. Mit einem Vorwort von Fritz Pleitgen. DuMont Verlag.



entfernt. Fast die Hälfte der PatientInnen starben innerhalb von drei Jahren nach der Operation.

Veränderte Strukturen des modernen Lebens verschoben das Spektrum der Krebsarten. Magenkrebs war bis zum Ende des 19. Jahrhunderts verbreitet, wahrscheinlich wegen der Pökelflüchtigkeiten und Bakterien. Mit modernen Kühlsystemen hat der Magenkrebs nachgelassen. Dagegen nahm in den 1950ern die Häufigkeit von Lungenkrebs bei Männern deutlich zu. Bei Frauen, die eigentlich erst ab den fünfziger Jahren zu rauchen anfangen, ist der Höhepunkt noch gar nicht erreicht. Krebs wurde mit Zivilisation, dem rasenden Tempo des modernen Lebens, in Verbindung gebracht.

Ein Jahrzehnt später wurde ein Test für chemische Karzinogene entwickelt. Man stellte fest, dass chronische Entzündungen durch ein Hepatitisvirus ebenfalls in Krebs münden können. Die Definition des Krebs veränderte sich hin zu einer auf erhöhter Hyperplasie beruhenden Krankheit mit autonomem Teilungsimpuls. Also durch Zunahme der Zellenanzahl (Hyperplasie) oder -grösse (Hypertrophie). Bei Erwachsenen wachsen Fett

und Muskeln durch Hypertrophie. Leber, Blut, Darm und Haut hingegen durch Hyperplasie.

Unbesiegbarkheitsgefühle

In den späten 40ern ergoss sich ein Füllhorn pharmazeutischer Entdeckungen. Bahnbrechend waren vor allem die Antibiotika. Penicillin, konnte inzwischen in Riesenmengen hergestellt werden. Kurz darauf folgten Chloramphenicol und Streptomycin. Dank dem verbesserten Gesundheitswesen begann eine junge Generation von einem Dasein ohne Krankheit und Tod zu träumen. Eingelullt stürzte man sich in den Konsum. Von allen Krankheiten hatte sich nur der Krebs geweigert beim Fortschritt mitzumarschieren.

Strahlentherapie

Mitte der 30er Jahre hatte der Schweizer Radiologe René Gilbert bewiesen, dass Bestrahlung geschwollene Lymphknoten bei Morbus Hodgkin deutlich reduziert. Marie Curie machte sich auf die Suche nach verwendbaren Strahlungsquellen. Aus Tonnen Pechblende (Bergbau-Abfallprodukt) isolierten sie ein zehntel Gramm eines neuen Elements: Radium. Mit Radium aktivierter Golddraht wurde direkt in Tumore eingeführt. Brusttu-

more wurden buchstäblich pulverisiert. Lymphome schmolzen dahin. Bei Marie Curie selbst drang die Strahlung nach einiger Zeit ins Knochenmark, verursachte chronische Anämie.

Senfgas

Die Farbenfabriken, die dem Forscher einst seine therapeutischen Substanzen lieferten, hatten aufgrund des 1. Weltkriegs die Produktion umgestellt auf Kampfgase. Jedes Heilmittel, meinte Paracelsus, sei ein getarntes Gift. Am 2. Dezember 1943 griff ein Geschwader deutscher Bomber die Hafenanlagen Baris an. Eines der getroffenen Schiffe hatte 70 Tonnen Senfgas geladen. In den nächsten Monaten starben über tausend Menschen. Untersuchungen der Spätfolgen von Senfgas stellten eine Veränderung des Knochenmarks fest. Die Zahl der weissen Blutkörperchen war vermindert. Gustaf Lindskog behandelte als erster einen Patienten mit Senfgas-Injektionen. Es trat eine wundersame Remission ein, die Schwellung der Drüsen bildete sich zurück. Doch die Tumoren verhärteten sich wieder und wuchsen.

Antifolate

1928 studierte Lucy Wills in Bombay die bösartige Anämie. Rohfleischrezepte, an

Dosis sola venenum facit - Allein die Menge macht das Gift.

Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim, getauft als Theophrastus Bombastus von Hohenheim (*1493 Kanton Schwyz; † 1541 Salzburg), **genannt Paracelsus**, war ein Arzt, Alchemist, Astrologe, Mystiker, Laientheologe und Philosoph. Geboren wurde Paracelsus bei der Teufelsbrücke an der Sihl, in der Nähe des Ortes Einsiedeln in Schwyz. Seine Schweizer Mutter war Intendantin des Hospizes zu Einsiedeln. Sein Vater war der aus Schwaben stammende Arzt, Naturforscher und Alchemist Wilhelm Bombast von Hohenheim.



Das Wissen und Wirken des Paracelsus gilt als überaus umfassend. Seine Heilungserfolge waren legendär, trugen ihm aber auch erbitterte Gegnerschaft durch etablierte Mediziner und Apotheker ein, zusätzlich verschärft durch die oft beissende Kritik seitens des Paracelsus an der vorherrschenden Lehrmeinung der Humoralpathologie nach Galen und der blossen Bücherweisheit damaliger medizinischer Gelehrter. Paracelsus hinterliess zahlreiche deutschsprachige Aufzeichnungen und Bücher medizinischen, astrologischen, philosophischen und theologischen Inhalts, die grösstenteils erst nach seinem Tod gedruckt wurden. Die Medizin nach Paracelsus basiert auf Natur- und Gotteserkenntnis. Der materielle Körper ist lediglich ein Teil des für den gewöhnlichen Betrachter zu grossen nicht-sichtbaren vollständigen Körpers. Die Lehren und Ausführungen des Paracelsus zu den Ursachen der Krankheiten sprechen von fünf Hauptarten von Krankheitseinflüssen (Entia):

- Ens Astrorum oder Ens Astrale (die Gestirneinflüsse).
- Ens Veneni (durch den Körper aufgenommenes Gift).
- Ens Naturale (Vorherbestimmung; Konstitution).
- Ens Spirituale (Einfluss der Geister).
- Ens Dei (unmittelbarer Einfluss Gottes).

Nach Paracelsus lässt sich jede Krankheit auf eine oder mehrere dieser Ursachen zurückführen. So kann die Wirkung eines Giftes (Ens Veneni) beispielsweise verstärkt werden, wenn es auf eine schwache Konstitution (Ens Naturale) trifft. Zum Erstellen einer korrekten Diagnose muss der Arzt daher die Gesamtheit aller fünf Entia berücksichtigen. Diese Ursachen bewirken ein Ungleichgewicht von drei fundamentalen, den Körper ausmachenden Grundsubstanzen: Schwefel, Quecksilber und Salz. Die Heilung erfolgt durch die Wiederherstellung dieses Gleichgewichts. Die Heilmittel sollen den Geschlechtern entsprechend zubereitet werden. Männern und Frauen sollen geschlechterspezifische Arzneien erhalten.

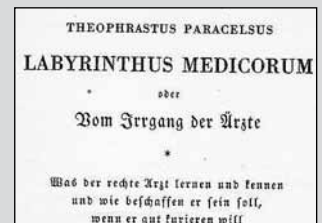


Foto: Paracelsus-Denkmal in Einsiedeln

Quelle: wikipedia.org

die man damals glaubte, halfen nicht. Was half, war Marmite, der australische hefehaltige Brotaufstrich. Es lag an der Folsäure/Folat, einer in Obst und Gemüse enthaltenen vitaminähnlichen Substanz. Sie ist ein wesentlicher Baustein der DNS, für die Zellteilung unverzichtbar. Der Versuch synthetische Folsäure bei Leukämiepatienten einzusetzen scheiterte. Entgegen der Erwartungen schadete die Folsäure sogar. Nun suchte man das umgekehrte: Antifolate. Antifolate sind Folsäure-Antagonisten und greifen so in die DNS- und RNS-Nukleotid-Synthese ein. Versuche zeigten, dass man bei der Folsäureherstellung die Bestandteile variieren kann, um leicht veränderte Folsäurevarianten zu erzeugen - Attrappen der richtigen Folsäure. Diese können den Rezeptor/Enzym blockieren wie ein falscher Schlüssel ein Schloss verklemmt. Die „Antivitamine“ waren gefunden.

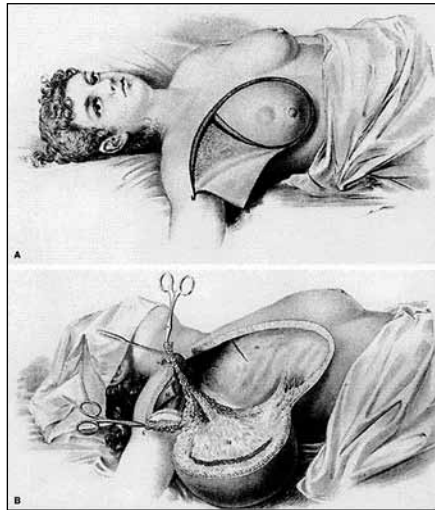
1948 gab Offizier Cornelius Rhoads seine Stelle bei der „Chemical Warfare Unit“ auf und wurde Spitaldirektor des Memorial Hospital, wo dieselben chemischen Kampfstoffe zu Heilzwecken eingesetzt wurden. Heute glaubt man, dass Rhoads dort, rassistisch motiviert, Patienten mit Krebszellen infiziert haben soll. Anfang 50er begannen am selben Spital Joseph Burchenal und Mary Lois Murphy mit einer Versuchsreihe, die 6-MP an Kindern mit akuter lymphatischer Leukämie einsetzte. Es gab gute Remissionen, aber nur kurzfristige.

1965 begannen Versuche mit schwachem Wechselstrom die Zellteilung anzuregen. Bakterien in Salzlösung und Strom brachten die Zellteilung zum Erliegen. Aber nicht wegen dem Strom, sondern weil die Elektroden aus Platin waren, welches mit dem Salz reagierte und ein neues Molekül erzeugte: Cisplatin. Als Heilmittel war es wirksam, verursachte aber durchschnittlich zwölfmaliges Erbrechen am Tag. In den 70ern Jahren gab es kaum etwas gegen den Brechreiz ausser Marihuana.

Der erste Versuch einer intensiven Chemotherapie bei Morbus Hodgkin im fortgeschrittenen Stadium, kombinierte vier Wirkstoffe: Methotrexat, Vincristin (Oncovin), Stickstofflost, Prednison, abgekürzt „MOMP“. Später wurde es zu MOPP verbessert. Mehrere junge Männer und Frauen, die vom Hodgkin-Lymphom geheilt waren, erkrankten an einem zweiten Krebs, in der Regel einer behandlungsresistenten Leukämie, die durch MOPP verursacht wurde.

Budgeterhöhungen und Spendensammlungen

Das vermögende Ehepaar Lasker engagierte sich in der „American Cancer Society“. Die „Laskeriten“ forderten alle Bürger auf, Briefe an den Senat zu schreiben, damit mehr Gelder gesprochen



werden. Senator Neely forderte fünf Millionen Dollar als Belohnung für jede Information gegen Krebs. Es fanden viele Diskussionen darüber statt, wie die Forschung vorgehen sollte. George Bush sen. fand, dass zielgerichtete Strategien im Krieg zwar nützlich seien, in Friedenszeiten aber nicht. Die Nachkriegswissenschaft könne nicht auf Befehl Ergebnisse liefern. Bush plädierte für ein ergebnisoffenes, neugiergelocktes Wissenschafts-Modell, bei dem die Forscher völlig freie Hand haben. Bush verglich es mit der grossen koordinierten Leistung, die Atombombe zu erfinden: Das Manhattan-Projekt war durchkoordiniert, aber es wäre nicht möglich gewesen ohne das Vorwissen aus Europa, das unkoordiniert entstanden war.

Die adjuvante Chemotherapie brachte erste Erfolge. Vincristin, Amethopterin, Mercaptopurin und Prednison ergaben die VAMP-Therapie. Im Englischen heisst „vamp“ „Flickwerk“, aber auch „Verführerin“. Zuerst sah es nach einem Erfolg aus, aber dann gab es bei einer Studie mit Kindern immer mehr Rückfälle. Was häufig den Erfolg der Krebsbehandlung unterminierte, ist ein wesentlicher Bestandteil des körpereigenen Abwehrsystems: Die Blut-Hirn-Schranke. Sie riegelt Gehirn und Rückenmark vom Körper ab. Sie hatte VAMP vom Nervensystem ausgesperrt, wo sich ein Rest von Krebs verbarg.

Die 1969 tonangebende Generation verschwiegen den Krebs nicht mehr. Er war in Zeitung, Buch und Kino präsent. In den fünfziger Jahren, auf dem Höhepunkt des Kalten Kriegs, fürchtete man in Horrorfilmen die Vernichtung von aussen: Kommunisten, Weltall-Monster usw. Anfangs der 70er verlagerte sich die Angst von aussen nach innen.

Autologe Knochenmarktransplantation

Solide Tumoren wie Brust- und Lungenkarzinome widerstanden der Che-

motherapie, weil die chemische Keule nicht stark genug war. Man konnte sie aber nicht stärker dosieren, weil der Patient die Chemie dann nicht überlebt hätte. Am empfindlichsten ist das Knochenmark. Es stellte darum die Toxizitätsschwelle und bestimmte das Höchstmass der Dosis.

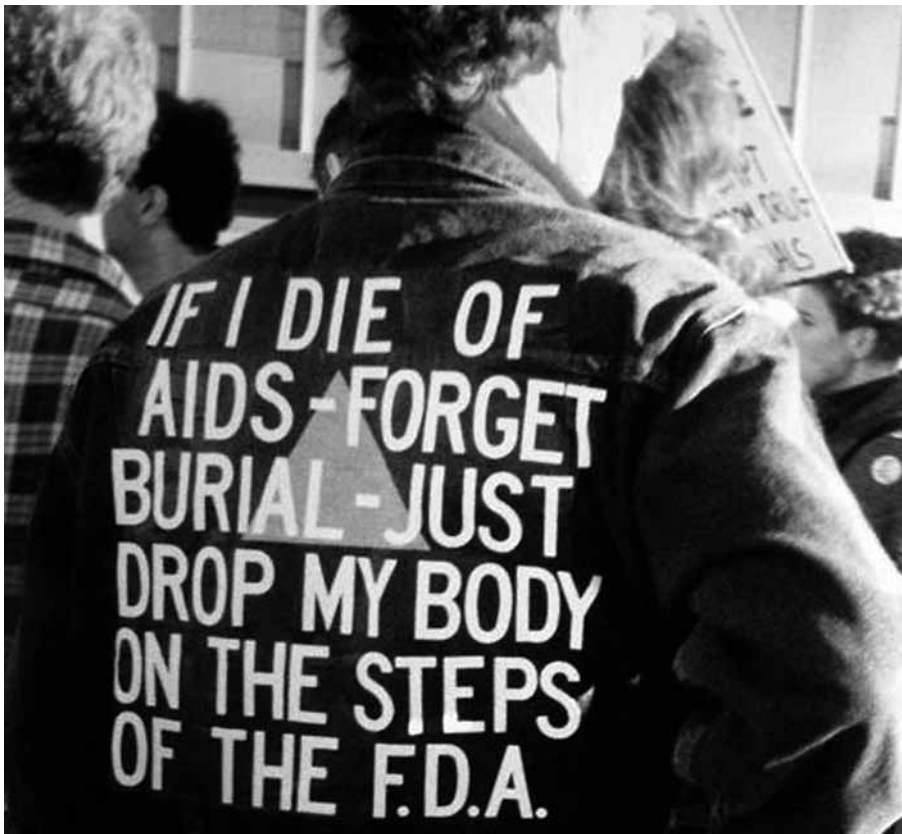
Inzwischen konnte man einem Patienten Knochenmark entnehmen und wieder transplantieren, um die Chemo auf die äusserste Spitze zu treiben. Jetzt war es möglich, das Fünf-, ja Zehnfache des Üblichen zu verabreichen. Es gab immer giftigere Kombinationen. Zum Beispiel „Solid Tumor Autologous Marrow Program“, kurz „STAMP“, sollte den Krebs zerstampfen.

Gentechnik

Philipp Leder schuf die Krebsmaus „OncoMouse“, die leichter an Tumoren erkrankt als normale, und liess sie 1988 als erstes Tier der Welt patentieren. In anderen Fällen konnte Gentechnik allerdings das Leben von Tieren auch retten: Für die Herstellung von Insulin wurden früher noch Bauchspeicheldrüsen von Rindern und Schweinen aufbereitet - aus 4000 Kilo Pankreas liess sich ein Pfund Insulin gewinnen. Oder ein Wachstumshormon, das zur Behandlung einer Form von Minderwuchs eingesetzt wurde, wurde aus Hypophysen gewonnen, die aus Tausenden menschlicher Leichname stammten. Die Firma Genentech konnte Ende 70er menschliche Gene in Bakterien einschleusen, die dann als Bioreaktoren fungierten und die benötigten Stoffe in grossen Mengen erzeugten.

Rauchen

Bereits 1761 warnte eine Flugschrift „vor dem unmässigen Gebrauche des Schnupftabaks.“ Im Jahr 1870 betrug der Pro-Kopf-Konsum in den USA weniger als eine Zigarette jährlich. Dreissig Jahre später zehnmal mehr. Wie ein Virus mutierte die Zigarette, um sich verschiedenen Umgebungen anzupassen. In den Gulags wurde sie zur Währung, bei den Suffragetten (frühen Feministinnen) zum Symbol der Rebellion. Kriege, atomare Vernichtung, Orientierungslosigkeit - die Zigarette bot Balsam an: Kameraderie, Zugehörigkeit. Als sich der Zigarettenkonsum zur nationalen Sucht auswuchs, wurde es paradoxerweise immer schwieriger, eine Verbindung mit Krebs zu entdecken. „Eine ähnliche Korrelation könnte auch zwischen dem Trinken von Milch und Krebs hergestellt werden“, behauptete die Tabaklobby. Die Schädlichkeit ihrer Produkte sei unbewiesen. Man lancierte die Werbeanzeige „Ein offenes Wort“, das Gerüchte über eine etwaige Verbindung zwischen Tabak und Lungenkrebs zerstreuen sollte. Statt weitere Forschung für überflüssig zu erklären, ermutigte die Tabakindustrie die Wissenschaftler förmlich zu verstärktem Forschen. Nach dem Motto:



Lasst der Öffentlichkeit ihre Sucht und den Forschern ebenfalls.

Die Lobby bildete ein „Forschungskomitee“ namens TIRC. Die Wahl des Leiters fiel auf Clarence Cook Little, einen ehrgeizigen Querkopf, den die Laskeriten einst als Präsidenten ihrer Krebsliga entmachtet hatten. Der rechthaberische und redegewandte Genetiker glaubte, alle Krankheiten seien erblich, und würden in einer Art eugenischer Säuberung letztlich die Träger falscher Gene ausmerzen, sodass das Erbmaterial immer besser wird. Die Zigaretten für Lungenkrebs verantwortlich zu machen sei ausserdem dasselbe, wie den Regenschirmen die Schuld am Regen zu geben. Korrelation, beharrten die Lobbyisten, könne nicht mit Ursache gleichgesetzt werden.

1966 fand John Banzhaf einen gesetzlichen Passus, der vorsah, dass Radio und TV gleichberechtigt und ausgewogen zu berichten hätten. Somit konnte er gleiche Sendezeit für Anti-Tabak-Werbung erstreiten. Ende 1970 streckten die Tabakhersteller vor dem täglichen Ansturm schlechter Presse die Waffen und verzichteten freiwillig auf Zigarettenwerbung in den Rundfunkmedien.

Palliativ-Bewegung

Mitte 60er betrachteten Brustkrebschirurgen die Chemotherapeuten als Rivalen. In den 80ern meldete sich in der Onkologie noch eine dritte Stimme: Die

palliative Versorgung. Wenn man einen Krebs schon nicht heilen konnte, so wollte man wenigstens das Leiden lindern. Dies wurde aber von vielen abgelehnt, da es gewissermassen ein Eingeständnis des Scheiterns ist. Die palliative Bewegung entstand darum nicht im heilungsbesessenen Amerika, sondern in England. Begründerin Cicely Mary Saunders hatte Ende 40er-Jahre einen sterbenden jüdischen Flüchtling betreut. Er hinterliess ihr seine Ersparnisse (500 Pfund) mit dem Wunsch, „ein Fenster in ihrem Haus“ zu sein. Als Saunders die trostlosen Krebsstationen besuchte, ging ihr der Sinn dieser kryptischen Bitte auf: Die hoffnungslosen Fälle waren in fensterlosen Räumen. Für sie war in der Rhetorik von Kampf und Sieg kein Platz. Palliativ verabreichte Opiate verursachen weder Sucht noch Verfall, sondern beendeten den Teufelskreis aus Angst, Schmerz und Verzweiflung. Neue Medikamente gegen Brechreiz und Übelkeit kamen auf. Das erste Hospiz in den USA wurde 1974 eröffnet.

AIDS

1981 berichtete „The Lancet“ von acht Fällen einer ungewöhnlichen, bei männlicher Patienten diagnostizierten Krebsart, dem Kaposi-Sarkom. Alle acht Betroffenen waren homosexuell.

Testverfahren

Salomon hatte ab 1913 Röntgenaufnahmen von nahezu 3000 bereits amputier-

ten Brüsten gemacht, um schattenhafte Umrisse von Tumoren festzuhalten. Der nächste logische Schritt wäre gewesen, die Brüste vor der Amputation zu durchleuchten, doch die Studien wurden jäh unterbrochen. Nationalsozialisten vertrieben ihn von seinem Lehrstuhl. Erst Mitte der sechziger Jahre kehrte die Mammografie in den USA zurück. 1952 etablierte Papanicolaou den Pap-Abstrich, der Frauen auch vor Gebärmutterhalskrebs warnte.

Webfehler im Bauplan des Lebens

In den 40er Jahren fand man heraus, dass Proteine den Grossteil der Zellfunktionen ausführen. Sie bilden Enzyme für biochemische Reaktionen und sind als Rezeptoren für die Signal-Weiterleitung zuständig. Proteine werden nicht direkt aus Genen erzeugt, sondern brauchen RNS als Mediator, es ist sozusagen die Arbeitskopie der genetischen Vorlage. Der in eine einzige Richtung verlaufende Fluss genetischer Information - von DNS zu RNS zum Protein - wurde als universal erkannt.

1983 findet Luc Montagnier die Spur eines Virus bei einem jungen Schwulen. Montagnier kam zum Schluss, dass dies ein RNS-Virus sei, das seine Gene in DNS einschleuse und damit im menschlichen Genom Fuss fassen kann, ein sogenanntes Retrovirus.

Wissenschaftler haben das gesamte menschliche Genom sequenziert - alle knapp 23 000 Gene - sodass es möglich ist, jede genetische Normabweichung zu erkennen. Protoonkogene sind in derart atemberaubender Zahl im menschlichen Genom entdeckt worden, dass man sich wundert: Wieso bricht dann im menschlichen Körper nicht jede Minute ein neuer Krebs aus? Die Antwort: Protoonkogene müssen durch Mutationen erst einmal aktiviert werden, und Mutationen geschehen selten. Zweitens müssen zusätzlich die Suppressor-Gene deaktiviert werden. Also muss nicht nur das Wachstumspedal gedrückt, sondern auch die Bremse gelöst sein. In den meisten Zellen gibt es zum Glück gleich zwei Suppressoren, sodass auch zwei Mutationen nötig sind.

Fazit

Für Siddhartha Mukherjee ist der Kampf gegen den Krebs eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. „Widerstandskraft, Erfindungsreichtum: Diese Eigenschaften, die häufig grossen Ärzten zugeschrieben werden, sind in Wahrheit gespiegelte Eigenschaften; zuerst bringen die Patienten sie auf, kämpfen von einem Aufbäumen der Krankheit zum nächsten. Sie haben ihr Leben geopfert, damit wir diese Erkrankung besser verstehen lernen. Wir müssen dafür sorgen, dass diese Anstrengungen nicht umsonst sind.“