

# Patient im Selbstversuch

Der kanadische Immunologe Ralph Marvin Steinman unternahm bahnbrechende Forschungen zur körpereigenen Abwehr. Als Ärzte bei ihm einen Bauchspeicheldrüsenkrebs diagnostiziert hatten, entschloss er sich 2007 zu einem radikalen Schritt: Er testete seine Thesen zur Tumorummuntherapie an sich selbst. Steinman überlebte deutlich länger als erwartet – und starb drei Tage, bevor er den Nobelpreis zuerkannt bekam.

Von Katherine Harmon

In den frühen 1970er Jahren arbeitete Steinman als Wissenschaftler an der Rockefeller University in Manhattan, New York City. Eines Tages sah er etwas durchs Mikroskop, das noch niemand zuvor beschrieben hatte: eigenartige Zellen mit verzweigten, spindelförmigen Fortsätzen. Man kannte damals schon wichtige Akteure des Immunsystems, etwa die B-Zellen, die körperfremde Eindringlinge erkennen helfen, sowie die T-Zellen, die solche Invasoren angreifen. Unklar war jedoch, was genau die B- und T-Zellen – beide gehören zu den weißen Blutkörperchen – in Aktion versetzt. Steinman vermutete, dass seine neu entdeckten Zellen diese Funktion ausüben könnten.

Er sollte Recht behalten. Die dendritischen Zellen, wie er sie nannte, spielen nach heutigem Kenntnisstand eine entscheidende Rolle beim Aufspüren körperfremder Strukturen und beim Auslösen von Immunreaktionen dagegen. Sie fangen fremde Zellen und Partikel mit ihren armähnlichen Fortsätzen ein, nehmen sie in sich auf, verarbeiten sie und präsentieren Teile davon auf ihrer Oberfläche den anderen Immunzellen. So bringen sie den »Kampftruppen« der Körperabwehr bei, welches Ziel angegriffen werden soll. Diese

Entdeckung war ein Meilenstein der Immunologie. Sie konnte erstmals detailliert erklären, wie Impfstoffe funktionieren, und machte Steinman zu einem führenden Forscher auf seinem Gebiet. Aber nicht nur für die Wissenschaft erwies sie sich als folgenreich, sondern auch für ihn persönlich.

Im Lauf der folgenden Jahre kam Steinman zu der Überzeugung, dass dendritische Zellen sich gegen Krankheiten wie Krebs und Aids einsetzen lassen – etwa, indem man sie mit Tumorbestandteilen belädt, so dass sie die Immunabwehr auf die Geschwulst lenken. Gemeinsam mit seinen internationalen Forscherkollegen war er auf dem besten Weg, diese These zu belegen, als sein Leben eine unerwartete Wende nahm. Im März 2007 stellten Ärzte bei ihm Bauchspeicheldrüsenkrebs fest. Dieser aggressiven Tumorerkrankung erliegen vier von fünf Patienten binnen eines Jahres nach der Diagnose. Steinman jedoch starb erst viereinhalb Jahre später daran, im September 2011 – und hatte somit deutlich länger überlebt, als zu erwarten gewesen war. Wahrscheinlich ist das darauf zurückzuführen, dass er seine Forschungen zur Krebsimmuntherapie an sich selbst angewendet hatte, wobei ihm Freunde und Kollegen halfen. Es mutet wie höhere Fügung an, dass er gerade lange genug lebte, um noch für den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin nominiert zu werden. Weil er nur drei Tage vor der Preisverleihung starb, erhielt die Nobelversammlung nicht rechtzeitig Kenntnis davon, so dass sie ihm – eigentlich entgegen den Statuten – die Auszeichnung posthum zuerkannte.

Als Steinman in jungen Jahren sein Biologie- und Chemie-studium an der McGill University in Montreal antrat, hatte er sich noch kaum mit Biologie beschäftigt. Doch bald ließ ihn das Fach nicht mehr los. Besonders fasziniert war er von der Welt der Immunzellen, weshalb er schließlich eine Stelle im Labor von Zanvil A. Cohn an der Rockefeller University (New York City) annahm. In seinem Büro hing er ein Zitat von Louis Pasteur auf, jenem berühmten Mikrobiologen und Impfstoffforscher aus dem 19. Jahrhundert: »Le hazard ne favorise que les esprits préparés«, auf Deutsch etwa »Der Zufall

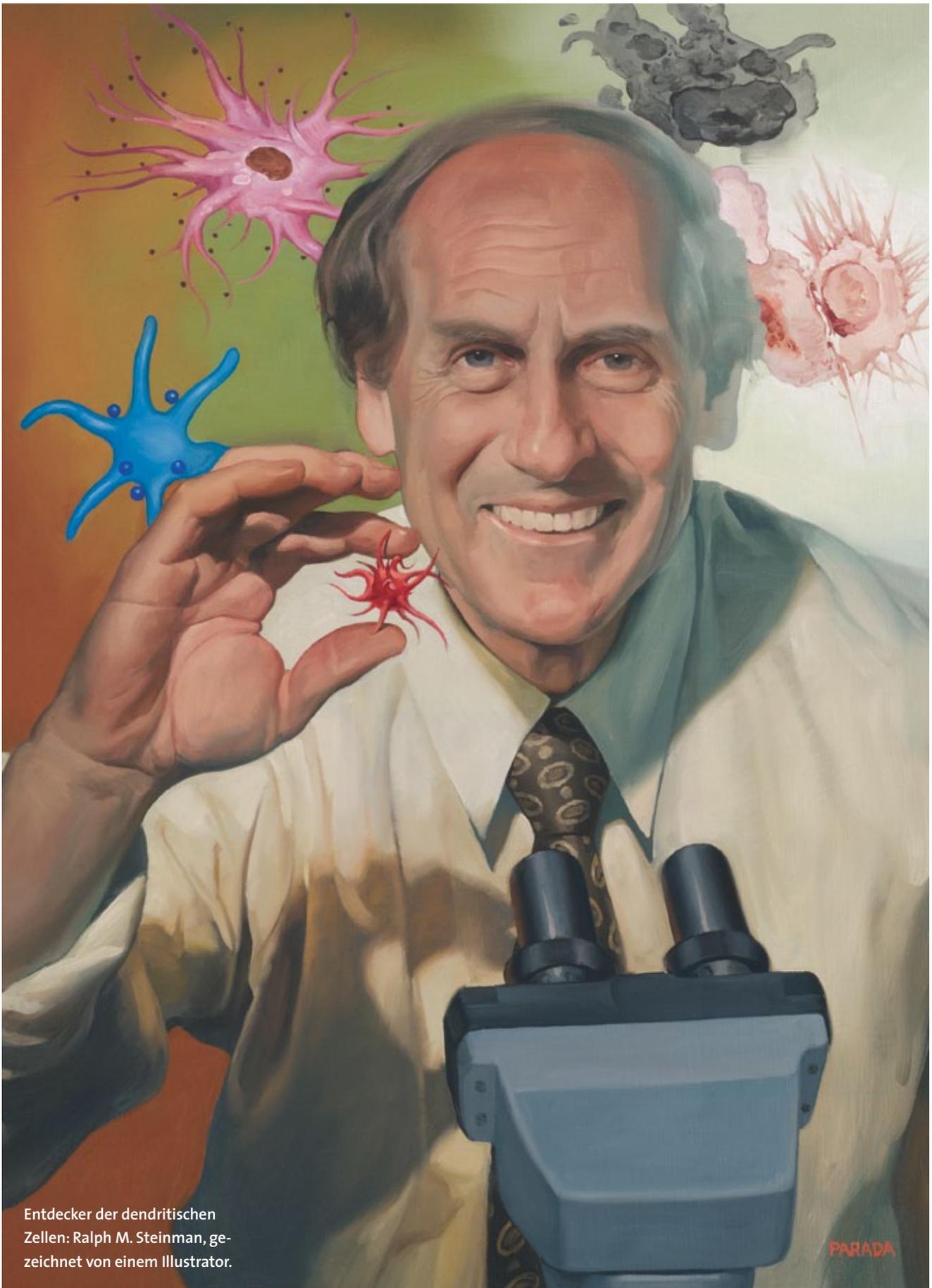
## AUF EINEN BLICK

### MIT DEN WAFFEN DES IMMUNSYSTEMS

**1** Ralph Marvin Steinman beschrieb als Erster die **dendritischen Zellen**, die maßgeblich daran beteiligt sind, Immunreaktionen auszulösen. Sie signalisieren anderen Immunzellen, welche Ziele diese angreifen sollen.

**2** Nachdem 2007 bei ihm Bauchspeicheldrüsenkrebs diagnostiziert worden war, unterzog Steinman sich der Behandlung mit mehreren **experimentellen Impfstoffen**, die auf dendritischen Zellen basierten.

**3** Wahrscheinlich trugen diese Vakzinen dazu bei, dass er weit länger überlebte, als bei seiner Krankheit zu erwarten war. Er starb drei Tage, bevor ihm – ausnahmsweise posthum – der **Nobelpreis für Physiologie oder Medizin** zugesprochen wurde.



Entdecker der dendritischen Zellen: Ralph M. Steinman, gezeichnet von einem Illustrator.

PARADA

ILLUSTRATION: ROBERTO PARADA

begünstigt nur den vorbereiteten Geist.« Sarah Schlesinger, eine langjährige Freundin und Kollegin Steinmans, erinnert sich: »Ralph war immer außerordentlich gut vorbereitet, und so lag es quasi in der Luft, dass er eine wichtige Entdeckung machen würde. Doch letztlich war es sein untrügliches Gespür, das ihn die wichtige Rolle der dendritischen Zellen erkennen ließ.«

Steinman verbrachte zwei Jahrzehnte damit, die Funktion der dendritischen Zellen aufzuklären und herauszufinden, wie sie sich für medizinische Zwecke nutzen lassen. »Er kämpfte mit großer Hingabe dafür, seine Kollegen zu überzeugen, dass es sich um einen speziellen Zelltyp handelt«, sagt Schlesinger, die 1977 in Steinmans Labor kam. Zu diesem Zeitpunkt waren selbst einige seiner Mitarbeiter nicht überzeugt davon, dass die dendritischen Zellen tatsächlich existieren, denn sie ließen sich nur unter großen Schwierigkeiten isolieren.

### Bessere Zielkoordinaten für die Körperabwehr

In den 1980er Jahren begann Steinman damit, über Impfstoffe auf Basis dendritischer Zellen zu forschen, die sich gegen HIV und Tuberkulose richten sollten, und setzte sich auch mit Krebstherapien auseinander. Bei Krankheiten wie Influenza und Pocken, die man damals bereits mit Impfstoffen verhüten konnte, hinterlässt die Infektion bei den Überlebenden häufig einen lang anhaltenden Schutz – bei Influenza freilich nur gegen den jeweiligen Virussubtyp. HIV, Tuberkulose und Krebs erwiesen sich als weit problematischer, weil sie die Abwehrmechanismen des Immunsystems geschickt überwinden. HIV ist sogar in der Lage, dendritische Zellen für die eigenen Zwecke zu missbrauchen. Steinman wollte solche gefährlichen Erreger bekämpfen, indem er den dendritischen Zellen genauere Informationen über den Schädling mitgab, den das Immunsystem angreifen sollte.

Zusammen mit Madhav Dhodapkar, der heute an der Yale University in New Haven arbeitet, und Nina Bhardwaj, die mittlerweile an der New York University forscht, entwickelte Steinman in den 1990er Jahren ein Verfahren, um die Immunabwehr zu verstärken. Es besteht darin, dendritische Zellen aus dem Blut zu extrahieren, sie mit Antigenen zu beladen – fremden Proteinbruchstücken, etwa von Viren oder Bakterien – und anschließend in den Organismus zurückzubringen, um eine intensive Immunreaktion gegen die Antigene auszulösen. Diese Methode liegt dem weltweit ersten therapeutischen Krebsimpfstoff zu Grunde, der 2010 zugelassen wurde. Das Mittel mit dem Handelsnamen »Provenge« kann das Leben von Patienten mit fortgeschrittenem Prostatakrebs verlängern, wenn auch nur um wenige Monate (siehe SdW 3/2012, S. 24).

Anfang 2007 war Steinman auf einer wissenschaftlichen Konferenz in Colorado. Hinterher machte er dort noch ein



paar Tage Schiurlaub mit der Familie. Während des Aufenthalts erkrankten er und seine beiden Töchter an einem Magen-Darm-Infekt. Die Mädchen waren schnell wieder gesund, doch Steinman erholte sich nur schleppend. Bald nach seiner Heimkehr bekam er zudem noch Gelbsucht. Er ließ sich untersuchen, unter anderem mittels Computertomografie. Auf den Schnittbildern fanden die Radiologen Ende März einen Tumor der Bauchspeicheldrüse (Pankreas), der bereits in die Lymphknoten gestreut hatte. Steinman wusste, dass er nur eine geringe Überlebenschance hatte.

»Als er uns davon berichtete, sagte er: »Schaut nicht in Google nach – hört mir einfach zu««, erinnert sich seine Tochter Alexis. Sie fühlte sich, als habe ihr jemand einen heftigen Schlag versetzt. Steinman erklärte seiner Familie, es handle sich zwar um eine aggressive Tumorart, doch habe er außergewöhnlich gute Karten. Anders als die meisten Betroffenen habe er Zugang zu den weltbesten Immunologen und Krebs-

medizinern sowie zu deren meistversprechenden Therapien.

Gemeinsam mit Sarah Schlesinger und ihrem Mitarbeiter Michel Nussenzweig von der Rockefeller University berichtete Steinman zahl-

reichen Kollegen auf der ganzen Welt von seiner Erkrankung. Er war überzeugt davon, dass seine größten Heilungschancen darin lägen, mit Hilfe eigener dendritischer Zellen eine Immunreaktion gegen den Tumor auszulösen. Es blieb ihm jedoch nur wenig Zeit.

Schlesinger kontaktierte Charles Nicolette, einen Freund und langjährigen Kooperationspartner, der die Forschungsabteilung von Argos Therapeutics leitet. Das Unternehmen hat seinen Sitz in Durham, North Carolina, entwickelt Medikamente auf RNA-Basis und wurde von Steinman mitgegründet. Nicolette und seine Mitarbeiter hatten eine therapeutische Impfung auf Basis dendritischer Zellen konzipiert, die

**»Steinman sah seine größten Heilungschancen darin, mit eigenen dendritischen Zellen eine Immunreaktion gegen den Tumor auszulösen«**

sich gegen fortgeschrittenen Nierenkrebs richtete und gerade in der zweiten klinischen Studienphase geprüft wurde. Das Verfahren sah vor, Ribonukleinsäure (RNA) aus dem Tumor in dendritische Zellen des Patienten einzubringen, was diese dazu veranlassen sollte, die T-Zellen des Immunsystems zu einem gezielten Angriff auf den Krebs anzustacheln.

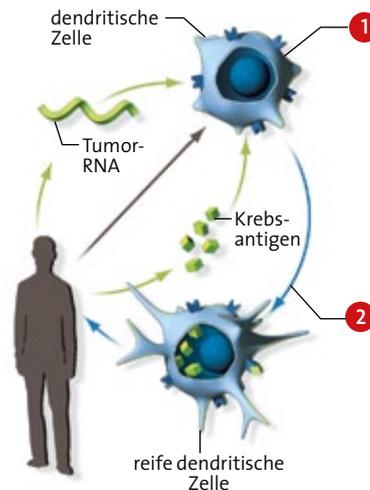
Nach Absprache aller Beteiligten ließ Steinman im April 2007 einen Teil seiner Bauchspeicheldrüse chirurgisch entfernen. Dieser als Whipple-Operation bezeichnete Eingriff gehört zu den konventionellen Maßnahmen bei der Behandlung des Pankreaskarzinoms. Das dabei entnommene Tumorgewebe verwendete Nicolettes Gruppe, um einen Impfstoff gegen Steinmans Krebs herzustellen. Es gelang gerade noch rechtzeitig, bei der US-Arzneimittelzulassungsbehörde FDA die Erlaubnis einzuholen, Steinman in die laufende klinische Studie bei Argos Therapeutics aufzunehmen.

Zudem besprach sich Steinman mit seinem langjährigen Vertrauten Jacques Banchereau, der heute das Baylor Institute for Immunology Research in Dallas leitet. Dieser wiederum rief sogleich seine Institutskollegin Anna Karolina Palucka an, die Steinman in den 1990er Jahren kennen gelernt hatte. Palucka arbeitete an einem experimentellen Impfvorfahren gegen Hautkrebs, das ebenfalls auf dendritischen Zellen gründete. Sie war sofort bereit, auf Grundlage dieses Verfahrens eine Vakzine für Steinman anzufertigen. Allerdings fand sie es schwierig, den berühmten Immunologen »gleichzeitig in der Rolle des Freundes, des Patienten und des Wissenschaftlers zu sehen«.

Während die experimentellen Impfstoffe hergestellt wurden, was Monate dauerte, unterzog sich Steinman mehreren anderen Behandlungen. So absolvierte er eine Standardchemotherapie mit dem Arzneistoff Gemcitabin und mel-

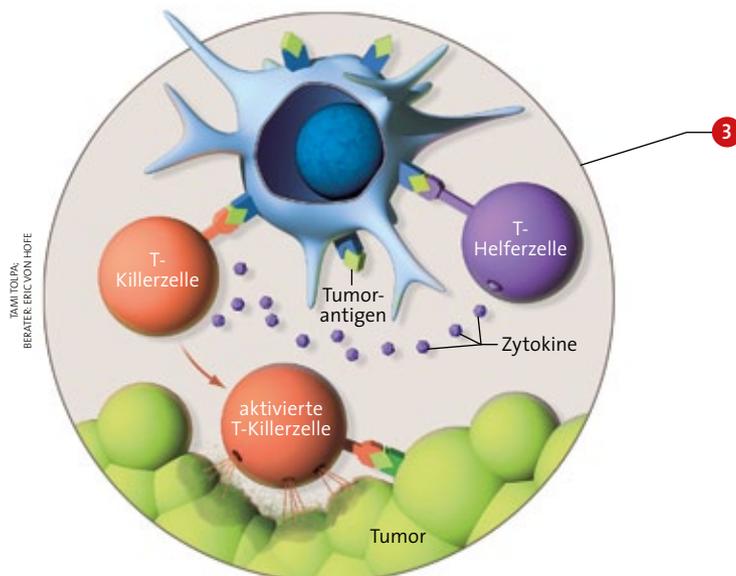
## Medizin aus dem eigenen Körper

**Mehrere experimentelle Krebstherapien,** denen sich Steinman unterzog, nutzten genau die Zellen, die er als Erster beschrieben hatte und für deren Entdeckung er später den Nobelpreis erhielt. Das Immunsystem tötet laufend potenzielle Krebszellen ab. Doch manchmal gelingt es diesen, die Immunzellen zu überlisten und der Körperabwehr zu entgehen. Dendritische Zellen tragen dazu bei, die Immunantwort auszulösen. Indem Mediziner sie mit Bestandteilen des Tumors beladen, wollen sie die Körperabwehr auf die Krebszellen hetzen.



**1** Dendritische Zellen werden aus dem Blut des Patienten entnommen und mit Antigenen des entsprechenden Tumortyps oder mit RNA aus dem Tumor des Patienten beladen. Die Zellen nehmen das Material auf und verarbeiten es – so setzen sie etwa die Tumor-RNA in entsprechende Antigene um.

**2** Damit die so behandelten Zellen eine wirksame Immunreaktion gegen den Tumor auslösen, werden sie dazu angeregt, sich zu vermehren. Spezielle Wirkstoffe lassen die Zellen ausreifen, so dass sie die Tumorantigene – oder Teile davon – auf ihrer Oberfläche präsentieren. Anschließend erhält der Patient sie über eine Infusion zurück.



**3** Im Körper zeigen die dendritischen Zellen die fremden Proteinstücke den anderen Akteuren des Immunsystems, etwa den T-Helferzellen und den T-Killerzellen. Dies führt im Idealfall dazu, dass die T-Zellen sich mittels Zytokinen (bestimmten Signalproteinen) untereinander koordinieren, um Tumorzellen aufzuspiiren und zu zerstören.

dete sich im Spätsommer für eine Studie mit GVAX an, einer immunstimulierenden Vakzine. In einer vorangegangenen Phase-II-Studie hatten Patienten mit Bauchspeicheldrüsenkrebs, die das Mittel erhalten hatten, durchschnittlich vier Monate länger überlebt als die Kontrollgruppe. Zwei Monate lang fuhr Sarah Schlesinger fast jede Woche mit Steinman nach Boston, wo er den Impfstoff verabreicht bekam.

Steinmans Gesundheitszustand blieb relativ stabil. Im September 2007 erhielt er den Albert-Lasker-Preis für medizinische Grundlagenforschung, den viele als Vorboten des Nobelpreises ansehen. Auch gab er eine Reihe von Interviews. Darin ging er auf das Potenzial dendritischer Zellen im Kampf gegen Krebs ein. Er betonte, die Immuntherapie wirke zielgerichtet, hochspezifisch und habe sehr viel weniger Nebenwirkungen als die Chemotherapie. »Ich meine, dass sich uns hier die Möglichkeit eröffnet, eine völlig neue Art der Krebstherapie zu entwickeln«, sagte er. »Aber wir brauchen mehr Forschung und viel Geduld, um die zu Grunde liegenden Mechanismen zu verstehen.«

## Groß angelegter Selbstversuch

**Nach der Diagnose seiner Krebserkrankung** erhielt Steinman zahlreiche Angebote von Freunden und Kollegen, an experimentellen Behandlungen teilzunehmen. Nach reiflicher Überlegung entschied er sich für eine Reihe innovativer Immuntherapien. Diese wurden gerade in klinischen Studien getestet, an denen er als Einzelpatient teilnehmen konnte, wobei für ihn ein besonderes Protokoll galt. Steinman unterzog sich dort der Behandlung mit experimentellen Impfstoffen, von denen einige speziell an seine Krebserkrankung angepasst waren. Zusätzlich ließ er sich mit verschiedenen Chemotherapien behandeln.

### SOMMER UND HERBST 2007

Behandlung mit GVAX, einem immunstimulierenden Impfstoff, der an der Johns Hopkins University entwickelt wurde

### ENDE 2007

Therapie mit einem Hemmstoff bestimmter Zellsignalmoleküle in einer Studie der Firma Genentech. Die Behandlung zielt darauf ab, eine abnormale zelluläre Kommunikation zu unterbinden, die das Tumorstadium fördern kann.

### WINTER 2007 UND FRÜHJAHR 2008

Steinman erhält eine Vakzine auf Basis dendritischer Zellen, die klinisch auf Wirksamkeit gegen Nierenkrebs getestet wird.

### 2008 BIS 2010

Erneute Therapie mit einem Impfstoff auf Basis dendritischer Zellen. Entwickelt wurde die Vakzine eigentlich gegen Hautkrebs.

### MITTE 2010

Kombination der Immuntherapie mit der experimentellen immunstimulierenden Substanz Hiltonol. Damit soll das Immunsystem aktiviert werden, unter anderem durch eine forcierte Ausschüttung des Signalmoleküls Interferon.

### WINTER UND SOMMER 2010

Behandlung mit dem Wirkstoff Ipilimumab, einem monoklonalen Antikörper, der für die Therapie von schwarzem Hautkrebs zugelassen wurde

Manchmal zeigte er mehr Geduld, als den Kollegen lieb war. Im Kampf gegen seinen Krebs sprach er sich anfangs für ein langsames, schrittweises Vorgehen aus, so dass nach jeder Behandlung erst seine Immunreaktionen untersucht werden könnten, bevor die nächste Behandlung begänne. Doch Schlesinger und Nussenzweig machten ihm klar, dass dazu schlicht keine Zeit sei – falls er stürbe, seien das Experiment und damit auch die Datengewinnung beendet.

## Ein Feuerwerk von experimentellen Therapieverfahren

Im November 2007 war Nicolettes Impfstoff fertig. Er bestand aus dendritischen Zellen aus Steinmans Blut, die mit RNA aus seinem Tumor behandelt worden waren. Steinman hatte gerade eine Chemotherapie hinter sich und trat nun der klinischen Studie von Argos Therapeutics bei – als Einzelpatient, für den ein spezielles Protokoll galt.

Anfang 2008 folgte der Impfstoff von Anna Karolina Palucka, der zwar eigentlich gegen Hautkrebs entwickelt worden war, in diesem Fall aber Proteinbruchstücke aus Steinmans Tumorzellen enthielt. Palucka erwartete deshalb, dass er die Körperabwehr auf den Krebs lenken würde.

Auch andere Mediziner schlugen experimentelle Therapien vor. »Jeder bot das Beste an, was er zur Verfügung hatte«, berichtet Palucka. Steinman hatte über Jahrzehnte hinweg mit zahlreichen Kollegen zusammengearbeitet, die nun versuchten, ihm zu helfen. Außer an medizinischen Standardbehandlungen nahm er – als spezieller Einzelpatient – an vier laufenden klinischen Studien teil, in denen verschiedene innovative Impfstoffe getestet wurden. Die meisten davon waren noch nie auf Wirksamkeit gegen Bauchspeicheldrüsenkrebs geprüft worden. Darüber hinaus unterzog er sich noch anderen experimentellen Immun- und Chemotherapien.

Diesen Selbstversuch führte Steinman durch wie ein Laborexperiment: Er sammelte Daten, prüfte Befunde und entwarf Strategien. Besonders aufmerksam beobachtete er, wie sein Körper auf die Behandlungen reagierte. Detailliert protokollierte er die Reaktionen seiner Haut nach dem Spritzen der Impfstoffe. Schlesinger erinnert sich an eine Episode im Jahr 2008: Steinman unterzog sich gerade der Behandlung mit Paluckas Vakzine, als die Forscherin ihn in New York besuchte. Nach einer Injektion zeigte er ihr begeistert die geschwollene Einstichstelle. »Das sind T-Zellen!«, freute er sich darüber, dass sein Immunsystem offenkundig auf den Eingriff reagiert hatte, »das ist fantastisch!« Ein anderes Mal, nachdem bei ihm der Blutspiegel eines Tumormarkers (eines Proteins, das den Fortschritt der Krebserkrankung anzeigt) wiederholt zurückgegangen war, schrieb er eine E-Mail mit der Betreffzeile »Das Ergebnis ist reproduzierbar!«, als habe er einen wissenschaftlichen Durchbruch erzielt.

Doch gerade als Forscher konnte er eine gewisse Unzufriedenheit nicht verhehlen. Dass sein Ein-Mann-Selbstversuch keinen wissenschaftlichen Standards genügen konnte, frustrierte ihn anhaltend. Da die verschiedenen Therapien so dicht aufeinander folgten, war es unmöglich zu ermitteln,



welche Intervention was bewirkt hatte. Dennoch gelang es ihm, interessante Daten zu sammeln. Bei einem Immunfunktionstest, den Palucka während der Behandlung durchführte, beobachtete sie, dass etwa acht Prozent von Steinmans T-Killerzellen auf Tumorantigene reagierten. Das erscheint im ersten Moment nicht sehr beeindruckend, doch wenn man bedenkt, wie vielen Krankheitserregern der Körper ausgesetzt ist, stellt dies einen beachtlich hohen Prozentsatz dar. »Eine der Behandlungen oder eine Kombination aus mehreren Interventionen hatte ihn gegen den Tumor immunisiert«, sagt Schlesinger.

Im Juni 2011 reiste Steinman mit seiner Frau Claudia alljährlich ihres vierzigsten Hochzeitstags nach Italien. Da hatte er die mittlere Überlebenszeit eines Pankreaskarzinom-Patienten bereits weit überschritten. Im September 2011 arbeitete er noch immer im Labor und bereitete sich auf eine neue Therapie mit dem Argos-Impfstoff vor. Doch Ende des Monats erkrankte er an einer Lungenentzündung. »Als er ins Krankenhaus eingeliefert wurde, sagte er, ›Ich bin nicht sicher, ob ich hier wieder herauskomme«, erinnert sich seine Tochter Alexis. Am Freitag, dem 30. September, starb er schließlich im Alter von 68 Jahren. Sein krebbschwacher Körper hatte die Lungenentzündung nicht mehr unter Kontrolle bringen können.

### Ehrung eines Toten

Die Angehörigen waren zunächst unsicher, wie sie die Nachricht den zahlreichen Freunden und Kollegen Steinmans in aller Welt mitteilen sollten. Sie entschieden sich dafür, am Montag sein Labor aufzusuchen, um dort persönlich mit den ehemaligen Kollegen zu sprechen. Doch zeitig am Morgen, als alle noch schliefen, kam ein Anruf aus Stockholm. Steinmans Blackberry war stummgeschaltet und lag auf dem Nachttisch. Seine Frau sah verschlafen ein Licht blinken, das eine neue Nachricht anzeigte. Kurz darauf öffnete sich eine E-Mail, die Steinman höflich darüber informierte, dass er den Nobelpreis 2011 für Physiologie oder Medizin erhalten solle.

Nachdem das Nobelkomitee die Entscheidung bekannt gegeben hatte, setzte der übliche Presserummel ein. Artikel wurden geschrieben, und es gab Verlautbarungen über Steinman und die beiden anderen Preisträger, Bruce Beutler vom Scripps Research Institute (Kalifornien) und Jules Hoffmann von der Universität Straßburg – bis einige Stunden später die Nachricht von Steinmans Tod die Runde machte. Den Statu-

ten der Nobelstiftung nach kann der Preis nur dann posthum vergeben werden, wenn der Preisträger zwischen der Bekanntgabe im Oktober und der Verleihung im Dezember stirbt. In Steinmans Fall zwang die ungewöhnliche Überschneidung der Ereignisse die Nobelversammlung zu eingehenden Beratungen, deren Ergebnis die Öffentlichkeit gespannt erwartete. Gegen Abend entschied das Komitee, dass Steinman Preisträger bleiben würde.

Wenige Tage darauf starb auch Steve Jobs, Mitbegründer und Geschäftsführer der Firma Apple, an Bauchspeicheldrüsenkrebs. Er hatte an einer seltenen, langsam wachsenden Krebsart gelitten – einem neuroendokrinen Tumor. Jobs erlag ihr acht Jahre nach der Diagnose, was etwa dem Mittelwert bei dieser Erkrankung entspricht. Steinmans Überlebenszeit hingegen war überdurchschnittlich lang. »Es gibt keinen Zweifel, dass eine der Therapiemaßnahmen dafür verantwortlich war«, meint Schlesinger.

Die Forscher versuchen nun herauszufinden, welche von den verschiedenen Behandlungen es gewesen sein könnte. Anfang dieses Jahres eröffnete die Baylor University das Ralph Steinman Center for Cancer Vaccines (Ralph-Steinman-Zentrum für Krebsimpfstoffe), und Palucka plant eine klinische Studie, in der sie Patienten mit Bauchspeicheldrüsenkrebs mit demselben Impfstoff behandeln will, das sie – gemeinsam mit Kollegen – für Steinman entwickelt hatte. Bei Argos Therapeutics wiederum treibt Nicolette die Entwicklung der Nierenkrebs-Vakzine voran: »Wir sind es Ralph schuldig, dieses Projekt zum Erfolg zu führen.« Demnächst soll eine Phase-III-Studie mit dem Nierenkrebs-Impfstoff starten, den Steinman an sich selbst getestet hatte. ~

### DIE AUTORIN



**Katherine Harmon** ist Redakteurin bei »Scientific American«.

### QUELLEN

- Bauer, C. et al.:** Dendritic Cell-Based Vaccination of Patients with Advanced Pancreatic Carcinoma: Results of a Pilot Study. In: Cancer Immunology, Immunotherapy 60, S. 1097–1107, 2011
- Palucka, A.K. et al.:** Taming Cancer by Inducing Immunity via Dendritic Cells. In: Immunological Reviews 220, S. 129–150, 2007
- Steinman, R.M., Cohn, Z.A.:** Identification of a Novel Cell Type in Peripheral Lymphoid Organs of Mice. I. Morphology, Quantitation, Tissue Distribution. In: Journal of Experimental Medicine 137, S. 1142–1162, 1973

### WEBLINKS

Video über verschiedene Ansätze von Krebsimmuntherapien:  
[www.spektrum.de/artikel/1158421](http://www.spektrum.de/artikel/1158421)  
Diesen Artikel sowie weiterführende Informationen finden Sie im Internet: [www.spektrum.de/artikel/1157697](http://www.spektrum.de/artikel/1157697)