

A bis Z



Therapeutisches Klonen

Ein Klonaffe existiert noch nicht, aber Stammzellen vom Embryo eines geklonten Rhesusaffen: therapeutisch geklont – was bedeutet das?

Neun Jahre alt war Semos, als ihm am Primaten-Forschungszentrum in Beaverton eine Hautprobe entnommen wurde. Mit einem Knips weltberühmt – denn der männliche Rhesusaffe dient als Ursprung für zwei Zellkulturen, die jetzt großes Aufsehen erregen: Dem amerikanischen Forscherteam um Shoukhrat Mitalipov ist es erstmals gelungen, embryonale Stammzellen eines geklonten Primaten zu züchten. Sie alle besitzen Semos Erbgut, dessen Arm dafür etwas Haut lassen musste. Aber der Affe selbst könnte von den Stammzellen profitieren, die ungemein wandlungs- und vermehrungsfähig sind.

Zu Herzmuskeln oder Neuronen weiterentwickelt, wie im Labor bereits geschehen, erlauben die beiden Zelllinien CRES-1 und -2 seine Behandlung, falls Semos' einmal erkrankt. Zumindest in der Theorie. Sie würden sein Immunsystem zu keiner Abstoßungsreaktion provozieren, denn die Zellen tragen seine Erkennungsmerkmale – sie sind therapeutisch geklont.

Die Stammzellen wurden Embryonen entnommen, die ähnlich wie das „reproduktiv geklonte“ Schaf Dolly künstlich entstanden sind. Gezeugt aus einer entkernten Eizelle und einer Hautzelle, die in diesem Fall Semos Erbmateriale beisteuerte. Geringe Ausbeute von 0,7 Prozent: Insgesamt waren 304 Eizellen von 14 Affenweibchen nötig, um zwei Stammzelllinien zu erhalten – aus der inneren Zellmasse im frühen Stadium der Blastozyste, die sich im Labor entwickelte.

Was der südkoreanische Wissenschaftler Woo-suk Hwang von menschlichen Zellen nur dreist behauptet hatte, ließ Nature jetzt bei den Affenzellen von unabhängigen Forschern an der Monash-Universität überprüfen. Die Australier bestätigen die Ergebnisse ihrer amerikanischen Kollegen. Die Zellkulturen CRES-1 und -2 tragen zu Recht ihren Namen „cloned rhesus embryonic stem“ und stammen von geklonten Rhesusembryonen. Ohne Zweifel, aber keineswegs perfekt: In Kultur 1 fehlt einigen Zellen das Y-Chromosom.

Gelingt es, die Methode auf menschliche Zellen zu übertragen, lassen sich mit solchen Zellklonen und Geweben irgendwann Parkinson, Herzinfarkt, Rückenmarksverletzungen und andere Erkrankungen behandeln, hoffen Forscher heute. Jeder Patient erhielte dann eine individuell passende Zelltherapie, die allerdings ethisch umstritten ist. Vor allem die Frage, woher die benötigten Eizellen kommen sollen, wirft Probleme auf. Die kann auch Mitalipov nicht lösen, obwohl seine Entkernungsmethode einen technischen Fortschritt bedeutet. Aber solange die Erfolgsrate geringe 0,7 Prozent beträgt, ist an eine klinische Anwendung nicht zu denken. Sonja Kastilan

Episode II: Angriff der Kryptokrieger

Sechzig Jahre nach Kriegsende traten die Großrechner der Geheimdienste wieder gegeneinander an. Mit dabei: Codeknacker im Internet.

VON DETLEF BORCHERS

Historische Schlachten nachzustellen, ist ein aufwendiges Hobby. Müttern näht Goldknöpfe an Uniformen, Vätern zimmert am Pferdewagen herum, Opa gießt Kanonenkugeln. Der Rest ist leicht: brüllen und aufeinander losrennen.

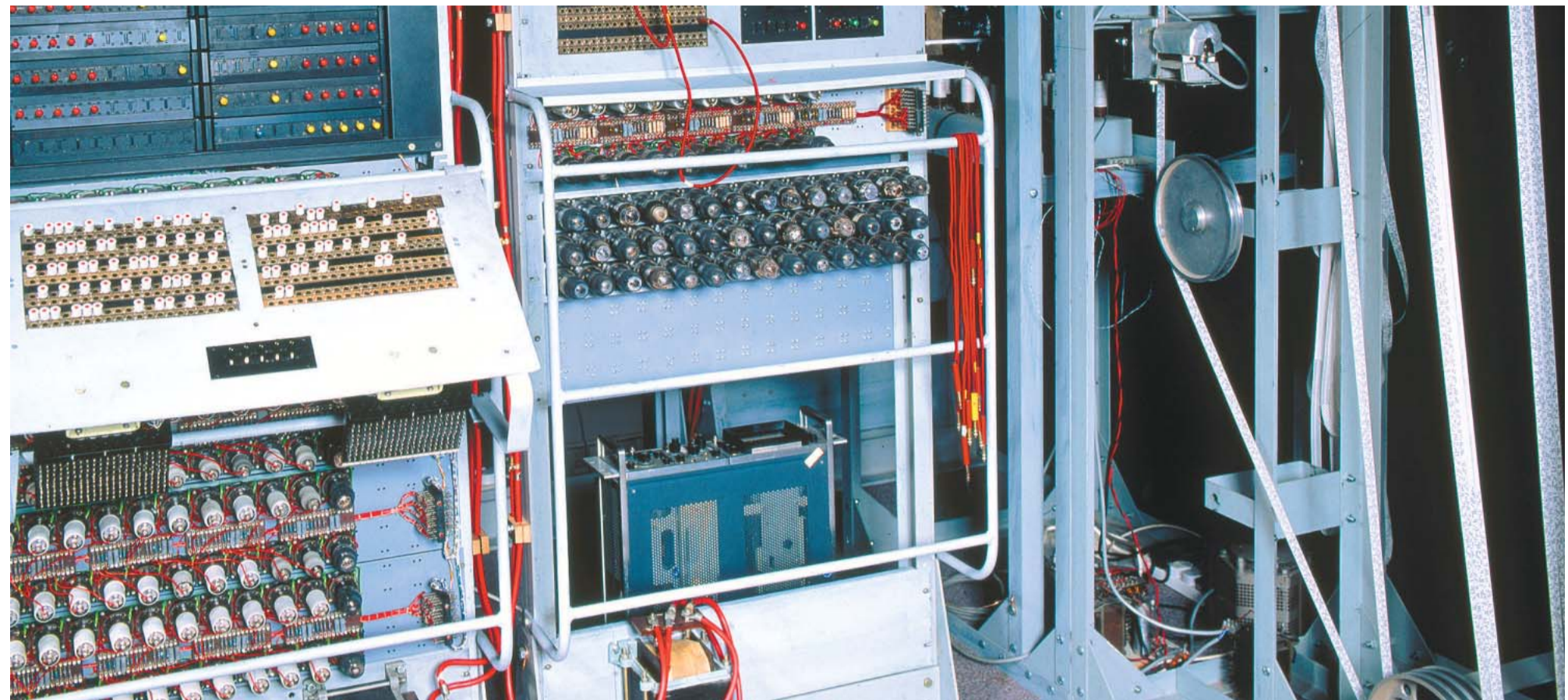
Weit schwieriger ist es, jene Kämpfe nachzuspielen, die unter äußerster Geheimhaltung geführt wurden. Zum Funkspruchabfänger und Deciffrierer taugt eben nicht jeder. Gut also, dass der Kryptokrieg zwischen Deutschland und England letzte Woche von professionellen Parteien geführt wurde. Beteiligt auf deutscher Seite: ein Lorenz-Fernschreiber im Heinz Nixdorf Museumsforum in Paderborn. Für die Briten trat ein Team des Computer Museums in Bletchley Park mit einem Nachbau des Colossus Mark II an. Wohlgesinnter können sich Sparringspartner kaum sein, wünschen sich doch alle, dass der aus Paderborn verschlüsselt gefunkte Spruch möglichst schnell dechiffriert wird. Freizeitfunker und Hobbyprogrammierer wurden per Internet ausdrücklich zur Mithilfe aufgerufen. Gewonnen hat das „Cipher Event“ denn auch ein Amateurfunker. Joachim Schüth, Rufzeichen DL2KCD, hörte in Bonn als Erster ein ziemlich verrauschtes Funksignal. Der Laptop des Physiklers brauchte zwar einige Stunden, daraus den tatsächlichen Schlüsseltext zu extrahieren, doch dann ging es ganz schnell: Schüths Rechner benötigte 46 Sekunden zum Entschlüsseln der Nachricht. Stillecht für das Cipher Event hatte Schüth sein Entschlüsselungsprogramm extra in der in Militärkreisen beliebten Programmiersprache Ada geschrieben.

Zugegeben, auf Laien mag die Übertragung des Events im Internet nicht gerade elektrisierend gewirkt haben. Zigarettenschachtelgroß sah man da in der Mitte seines Bildschirms eine kompakte, irgendwie hübsch altmodische Maschine mit einer Menge gezackter Rädchen. Die standen sehr lange sehr still nebeneinander. Ab und an ragte ein Arm ins Bild, dann wieder ein Mikroskop. Plötzlich ratterten die Räder los, aufgeregtes Raunen im Hintergrund. Was passierte da?

Etwas, das sich vor 63 Jahren täglich ereignete und nicht das geringste mit Tüftelspaß zu tun hatte. Damals traten zehn Computer vom Typ Colossus Mark II in Großbritannien gegen die deutschen Schlüssel-Fernschreibmaschinen Standard Elektrik Lorenz SZ42 an. Erfolgreich wandelten sie die geheimen Funknachrichten der Wehrmachtsgeneräle in lesbaren Text.

Dass der Kryptokrieg überhaupt stiehlt nachgehakt werden konnte, setzte technische und diplomatische Wunder voraus. Da ist zunächst die komplizierte Wiederauferstehungsgeschichte eines Colossus Mark II. Nach dem Krieg wurden auf Befehl von Winston Churchill alle Colossus-Geräte zerlegt, die Schaltpläne vernichtet, die spärlichen Dokumentationen ins Geheimarchiv verbannt. Der britische Informatiker Tony Sale, 77-jähriger Kurator des Museums Bletchley Park, bastelte mit seinem Club engagierter Hobby-Historiker 14 lange Jahre daran, zunächst den einfacheren Mark I und nun auch den Mark II zu rekonstruieren. Weitere 18 Monate vergingen, ehe Colossus überhaupt im Kryptokrieg antreten konnte.

Denn ihm fehlte der Gegner, und darin besteht nun das zweite Wunder, dass in Deutschland überhaupt wieder ein Lorenz-Schreiber eine Nachricht verschlüsseln und senden durfte. Schließlich gingen die Schlüssel-Fernschreibmaschinen als Kriegsbeute sämtlich außer Landes. Eine davon steht zwar in der legendären britischen Entschlüsselungszentrale Bletchley Park. Zu gern wollte der ehemali-



Besser als die Lorenzmaschine: Der Nachbau der britischen Deciffriermaschine Colossus Mark II schlug sich wacker.

Foto Interfoto

ge Geheimdienstler Sale diese Lorenz-Maschine in ihrer robusten Wehrmachtskiste nach Paderborn schicken. Er wünschte sich bloß eine Rückkehrgarantie von den deutschen Behörden – damit die alte Heimat nicht plötzlich wieder Besitzrechte an der Trophäe geltend machen könnte.

Die Maschine kam zwar ohne deutsche Garantie, aber bewacht durch britisches Militär ins Heinz Nixdorf Museumsforum. In der sehenswerten Sonderausstellung „Krypto & Stegano“, die noch bis Anfang Dezember im Museumsforum zu sehen ist, steht sie gleich neben einem anderen berühmten Fernschreiber: dem Siemen-A-Apparat, mit dem Claus Graf Stauffenberg nach gelungenem Attentat auf Hitler dem deutschen Volk den Machtwechsel mitteilen und es zur Raison aufrufen wollte. Hinter den beiden Verschlüsselungsgeräten hängt eine blaue Fahne mit der geplanten Nachricht, die der Nachrichtenoffizier Fritz Erich Fellgiebel damals an alle Wehrkreis-Befehlshaber senden sollte und nie gesendet hat. Eine Lappalie war jetzt dagegen der Stromdefekt der Lo-

renz-Maschine kurz vor dem Start des Cipher Events an Stauffenbergs hundertstem Geburtstag. Ein eigens angereister britischer Physiker behob ihn recht schnell. Er kennt die Maschine gut, hatte sie in 5-monatiger liebevoller Kleinarbeit restauriert und versandbereit gemacht. Als Techniker vom Lorenz-Fernschreiber fasziniert zu sein, ist auch nicht weiter schwer: Er war auf deutscher Seite wohl die hartnäckigste Bastion, die es zu knacken galt. Der Braunschweiger Ingenieur Gerhard Grimms entwarf ihn für das Heereswaffenamt auf der Basis des amerikanischen Teletype-Fernschreibers, und im Krieg kam dieses Gerät nur in der obersten Leitungsebene zum Einsatz. Über ihn liefen Nachrichten auf den Funkstrecken Berlin-Salomoniki/Belgrad/Reims/Rom/Tunis und Winniza.

Er verfügte über fünf Chiffrier- und zwei Steuerwalzen, die einen eingetippten Text mit der kryptographischen Methode der Vernambel-Substitution verschlüsselten. Im Unterschied zur wesentlich bekannteren Verschlüsselungsmaschine Enigma wurde der Text hier als

Fernschreiben im Baudot-Code gefunkt, nicht gemorst. Stimmt beim empfangenden Gerät die Ausgangsstellung der Walzen mit dem sendenden Ggerät überein, kam Klartext aus der Schreibmaschine.

Durch die Nachlässigkeit eines deutschen Funkers konnten die britischen Kryptologen frühzeitig die grundsätzlichen Funktionen der Verschlüsselungs- und Steuerwalzen rekonstruieren. Der Funker schickte im Jahr 1941 zwei ziemlich lange, nur leicht unterschiedliche Nachrichten mit derselben Ausgangsstellung der Walzen. Das war eigentlich strikt verboten. Mit etwas Tüftelei konnten britische Abhörspezialisten diese Nachrichten entschlüsseln. Und mit diesen Klartext-Vorlagen gelang es dem jungen Mathematiker William Tutte, der später als Graphentheoretiker berühmt wurde, das Schlüsselersetzungs-system der Walzen und Schaltstifte zu rekonstruieren.

Damit war der Weg frei, eine Maschine zu bauen, die exakt wie der Fernschreiber arbeitete. „Tunny Rack“ wurde das Gebilde genannt, das bei richtiger Ausgangsstellung der Walzen aus dem abgehörten deutschen Schlüsseltext einen deutschen Klartext produzierte. Allerdings dauerte es drei bis sechs Wochen, die richtige Ausgangsstellung zu finden. Im Krieg eine zu lange Zeit.

Der Mathematiker Max Newman hatte schließlich die Idee, eine elektrische Maschine zu bauen, die schnell verschiedene Walzenstellungen simulieren konnte. Der abgefangene Schlüsseltext sollte auf einen langen Lochstreifen übertragen werden und so lange durch die elektrische Simulation geschickt werden, bis sich Klartext zeigte. Kryptologen nennen dies eine Brute-Force-Methode, was hässlich klingt, aber außerordentlich erfolgreich war. Colossus konnte am Ende 5000 Zeichen in der Sekunde lesen und hatte innerhalb von Stunden die richtige Ausgangsstellung gefunden. Mit den Ergebnissen von Colossus wurden

die Tunny Racks eingestellt und druckten den Klartext aus.

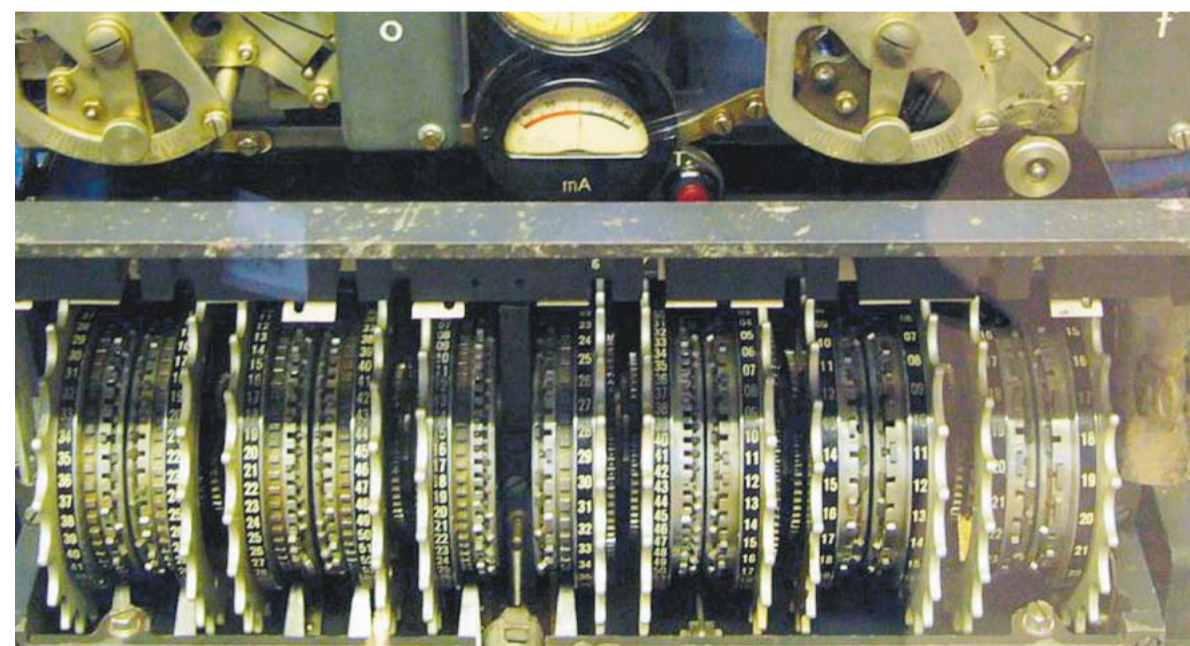
Der nachgebaute Colossus Mark II hatte vergangenen Donnerstag wenig Chancen, die Lorenz-Nachricht zu entschlüsseln. Atmosphärische Störungen behinderten die Ausstrahlung des Signals. Erst am späten Nachmittag empfingen die Briten einen brauchbaren Ciphertext, erst am Freitag gegen neun Uhr morgens nahm dann Colossus die Suche nach der Stellung der Ausgangswalzen auf. Um 13.15 Uhr war es dann so weit: Auch Bletchley Park hatte den Text entschlüsselt. Colossus brauchte drei lange Stunden und 35 Minuten, ein kleines Päschen von

Donnerstag, um die Mittagszeit: Funker DL2 KCD empfängt ver-rauschte Signale

45 Minuten nicht eingerechnet, in der eine defekte Röhre ausgetauscht werden musste. Dabeisein ist bekanntlich alles, und kriegswichtig war die verschlüsselte Nachricht des Cipher Events dann auch nicht. Geplant hatte man anders: Eigentlich sollte eine authentische Wehrmachts-Nachricht geschickt werden, denn authentisch, fand Tony Sale, authentisch sollte es schon zugehen. Doch ein immer noch gültiges Kontrollgesetz der alliierten Siegermächte verbietet ausdrücklich jede Form der Wehrmachts-Kommunikation.

Also warben die Paderborner Museumsstrategen mit dem Klartext für ihre nächste Sonderausstellung: „Von der Glückszahl über Telefonnummern bis zur Gehaltsabrechnung wird unser Alltag von Zahlen bestimmt... vom 1. Februar bis 18. Mai 2008“.

Allerdings: Zahlen, Nummern, Rechnungen? Ein Datum? Das müsste doch zu entschlüsseln sein.



Besser als Enigma: Die Lorenz-Maschine SZ 42 schickte verschlüsselte Botschaften in die Welt.

Foto Bletchley Park

BILD AM SONNTAG

Gefleckte Empfängnis

Für die sichere Unterbringung ihres Nachwuchses greifen die maulbrütenden Buntbarsche Afrikas auf eine simple, aber effektive Lösung zurück: Sofort nach dem Laichen verstaubt das Weibchen die Eier im dehnbaren Kehlsack. Da dem Gatten so

aber kaum Zeit für die Besamung bleibt, hat sich die Evolution im Falle der in den ostafrikanischen Grabenseen verbreiteten Gruppe der Haplochrominen einen Trick einfallen lassen: Das Männchen präsentiert nun dem Weibchen gelbe Flecken auf seiner Afterflosse,



Mit gelben eiförmigen Flecken auf seiner Afterflosse verführt das prächtige Fischmännchen der Art Haplochromines thick skin sein Weibchen. Foto Axel Meyer

die Eier gleichen. Wenn die Fischdame nach diesen Eiattrappen schnappt, nimmt sie auch das just in diesem Moment abgegebene Spermium auf; dies führt schließlich zur Befruchtung.

Biologen in Deutschland und der Schweiz haben nun ein Gen identifiziert, das die Bildung der Pigmentzellen für die Eiflecken beeinflusst. „Bei neun untersuchten Arten mit Eiflecken fanden wir eine typische Form des Gens Csf1ra, die bei zehn anderen Arten nicht vorkam“, sagt Walter Salzburger von der Uni Basel. Die jetzt in BMC Biology veröffentlichte Genanalyse deutet zudem auf eine schnelle Verbreitung innerhalb der Haplochrominen hin – offenbar haben die Eiflecken zum Erfolg der artenreichen Familie beigetragen.

Doch auch die Konkurrenz schläft nicht: Der Kuckuckswels des Tanganjika-Sees schiebt Maulbrütern bei der Paarung seine Eier unter. Aus ihnen schlüpfen gefräßige Jungwelse, die sich über die heranwachsende Buntbarschbrut hermachen. Georg Rüschemeyer

FREI ERFUNDEN

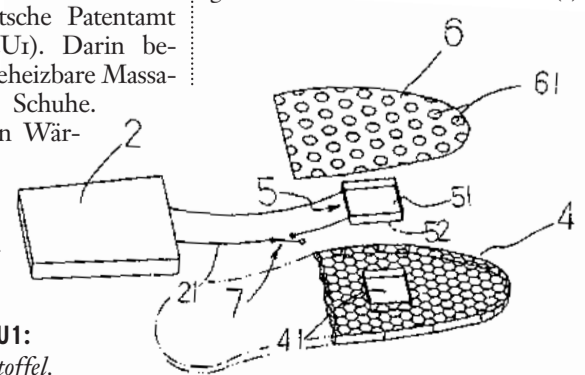
Wärmt die Füße, kühlt den Kopf

VON JONAS SIEHOFF

Gegen diese seelischen und körperlichen Beeinträchtigungen könnte die Weisheit des Fernen Ostens helfen: „Kühler Kopf, warme Füße – einem Menschen, der für beides zu sorgen weiß, ist das Gleichgewicht von Seele und Körper gewährleistet.“ Mit diesen Worten beginnt Riui-Chung Huang aus Taiwan seinen Gebrauchsmusterantrag an das Deutsche Patentamt (DE000009419062U1). Darin beschreibt er eine „beheizbare Massageeinheit“ für Schuhe. Denn beuge schon Wärme den „lebensgefährlichen Folgen“ kalter Füße vor, habe eine Re-

flexionenmassage zusätzlich „stärkende, vorbeugende und rehabilitierende Wirkung“.

Kern der im Jahr 1995 im Deutschen Patentblatt veröffentlichten Erfindung ist eine kleine, aber „hocheffiziente“ Wärmepumpe aus Keramik (5), die in eine isolierende Einlage (4) aus Kunststoff gesteckt und über eine Batterie (2)



DE000009419062U1: Da dampft der Pantoffel.

im Absatz mit Energie versorgt wird. Über einen Schalter (7) „an schwer einsichtiger Stelle außen am Schuh“ gesteuert, bringt sie die eigentliche Heizeinlage (6) auf 30 bis 50 Grad. Die Heizeinlage ist mit Noppen (61) versehen, welche beim Gehen die Fußsohle massieren. Die heilende Wirkung der Massage werde durch die Erwärmung der Noppen noch verstärkt.

Herr Huang war vom Erfolg seiner Erfindung überzeugt und schlug eine Anwendung für „alle Arten von Schuhwerk, Kleidung, wärmenden Gegenständen und Laufbändern“ vor. Darauf warten wir noch immer. Vor allem jetzt, wo wir die Sache brauchen könnten.

Kennen Sie ein ähnlich nützliches Patent? Schicken Sie die Patentnummer an Sonntagszeitung@faz.de