

# Stürme auf der Sonne bedrohen unsere Zivilisation

Sonnenstürme könnten Schäden an vielen Milliarden Satelliten, Navigations- und Telekommunikationssystemen verursachen und das Stromnetz lahmlegen.

Von **Alexander Stirn**

Ungewöhnlich früh sind die Goldgräber in den Rocky Mountains an diesem Septembertag im Jahr 1859 auf den Beinen: Kurz nach Mitternacht weckt ein helles Licht sie in ihren Zelten, und sie beginnen, ihre Frühstücksbrote zu streichen. Andernorts kann man mitten in der Nacht die Zeitung lesen, grüne, blaue und blutrote Lichter, die unentwegt über den Himmel huschen, geben eine schaurige, aber helle Beleuchtung ab. Bis hinunter nach El Salvador sind die Polarlichter zu sehen.

Die Beamten in den Telegrafämtern haben ganz andere Sorgen. Die seltsamen Lichter setzen Freileitungen unter Strom und das Telegrafpapier in Flammen; immer wieder durchzucken Stromschläge die Morseapparate. In Baltimore braucht ein Telegrafist 14 Stunden, um ein paar dünne Zeilen zu den mysteriösen Ereignissen zu übermitteln.

## Hightech-Gesellschaft in Gefahr

Heute, 150 Jahre später, sind Forscher überzeugt: Ein Sonnensturm, vielleicht der gewaltigste seit Menschengedenken, war für die Phänomene damals verantwortlich. Er traf die Erde völlig unvorbereitet, schliesslich wussten die Astronomen zu jener Zeit nicht einmal, wie Polarlichter entstehen. Aber der Sturm traf auch auf eine Erde, die technisch kaum entwickelt war, und richtete kaum Schäden an. Heute sähe das ganz anders aus.

«Mögliche Schäden durch das Weltraumwetter sind Anlass zu wachsender Sorge», warnt die amerikanische Akademie der Wissenschaften in einem Bericht, den sie vor wenigen Wochen präsentierte. Darin heisst es auch: «Würden sich die Ereignisse von 1859 wiederholen, hätte das beträchtliche wirtschaftliche und soziale Störungen zu Folge.» Strom- und Wasserversorgung könnten zusammenbrechen, Satelliten den Betrieb einstellen, der Zahlungsverkehr stoppen. Ohne GPS- und Telekommunikationssysteme kämen weite Teile des öffentlichen Lebens zum Erliegen. Der ökonomische Schaden könnte 2000 Milliarden Dollar erreichen – zehnmal so viel wie beim Hurrikan Katrina.

Normalerweise ist die Sonne ein recht friedlicher Stern. Die Kernfusion in ihrem Innern erzeugt das Licht und die Wärme, die das Leben auf der Erde möglich machen. Von Zeit zu Zeit läuft aber auch im Kraftwerk Sonne nicht alles rund. Dann kommt es auf der Oberfläche zu gewaltigen Eruptionen, die grosse Mengen Strahlung und geladener Teilchen ins All befördern. Um verlässlich angeben zu können,



BILD JOHN HAGEN/AP/KEystone

Polarlichter (hier über Fairbanks in Alaska) machen die Nacht zum Tag, wenn es auf der Sonnenoberfläche stürmt.

wie häufig und wie intensiv diese Ausbrüche sind, fehlen den Forschern langjährige Aufzeichnungen. Sie haben allerdings einen Trick gefunden, die Geschichte vergangener Eruptionen nachzuzeichnen: Weil die Protonen, die die Sonne bei ihren extremen Ausbrüchen in Richtung Erde schleudert, mit dem Stickstoff der Atmosphäre reagieren, fällt jedes Mal eine kleine Menge Nitrat zum Boden herab.

## Sonnenspuren in Eisbohrkernen

Als Margaret Shea und ihr Team vom Forschungszentrum der US-Luftwaffe in Maryland Bohrkerne aus Grönland und aus der Antarktis untersuchten, konnten sie Nitratspuren eindeutig ausmachen. Insgesamt stiessen sie im Zeitraum von 1561 bis 1950 auf die Spuren von 19 Sonneneruptionen. Der Sturm von 1859 war fast doppelt so stark wie alle anderen Aktivitäten. Statistisch betrachtet, dürfte eine derartige Katastrophe die Erde somit nur alle 500 Jahre heimsuchen.

David Hathaway, Solarphysiker beim US-Raumfahrtamt Nasa, warnt allerdings, solche Aussagen allzu wörtlich zu nehmen. Die Statistiken seien alles andere als stichhaltig. «Zudem wissen wir über Son-

neneruptionen noch immer zu wenig, um eine Wiederholung der Ereignisse von 1859 zu unseren Lebzeiten ausschliessen zu können.» Bis zum nächsten katastrophalen Ausbruch könnten 300 Jahre vergehen, vielleicht aber auch nur 30 Tage.

Auch kleinere Sonnenaktivitäten seien für die Erde gefährlich, schreiben die Nasa-Astronomen Sten Odenwald und James Green in der Zeitschrift «Scientific American»: Rund alle 50 Jahre werde der Planet von einer Sonneneruption heimgesucht, die etwa halb so stark sei wie der Sturm 1859. Zuletzt sei dies 1960 der Fall gewesen. «Wenn wir uns nicht wappnen, könnten heute die direkten und indirekten Kosten eines derartigen Sturms so hoch ausfallen wie bei einem starken Hurrikan oder einem Erdbeben», sagt Odenwald.

## Satelliten leben gefährlich

Erstes Opfer wären die Satelliten. Bereits die alltägliche kosmische Strahlung, die auf ihre Sonnensegel prasselt, verringert die Leistungsfähigkeit der Solarzellen Jahr für Jahr um zwei Prozent. Die Plasmateilchen einer Sonneneruption würden innerhalb weniger Stunden die Lebensdauer eines Satelliten um ein bis drei Jahre redu-

zieren. Zudem sei mit Hunderten Pannen in der Elektronik zu rechnen – bis zum Ausfall kompletter Transponder. Allein die Schäden an den Satelliten würden sich auf 20 bis 70 Milliarden Dollar summieren. Schon heute versuchen Satellitenbetreiber, ihre teuren Trabanten bei Gefahr von den einfallenden Teilchen wegzudrehen und riskante Manöver zu vermeiden.

## Atmosphäre dehnt sich aus

Keinen Schutz gibt es gegen eine andere Begleiterscheinung solarer Eruptionen: Die Röntgenstrahlung, die die Sonne in Zeiten erhöhter Aktivität aussendet, pumpt zusätzliche Energie in die Atmosphäre. Die Lufthülle dehnt sich aus, die Luftmoleküle vergrössern die Reibung im erdnahen Weltall. Dadurch werden alle Raumfahrzeuge, die in weniger als 600 Kilometer Höhe kreisen, abgebremst. Sie drohen innerhalb weniger Wochen abzustürzen. Einem japanischen Forschungssatelliten ist das im Jahr 2000 bereits zum Verhängnis geworden – während eines relativ leichten Sonnensturms.

Die Röntgenstrahlung kann zudem die Kommunikation zwischen Erde und Satellit stören. So brachte die Sonne im Dezem-

ber 2005 die Signale des Navigationssystems GPS durcheinander. Die Störung dauerte nur zehn Minuten; für Louis Lanzerotti, Herausgeber der Fachzeitschrift «Space Weather», war das aber lange genug: «Ich möchte während der Zeit nicht in einem Flugzeug gesessen haben, das sich im GPS-gesteuerten Landeanflug befand.»

Da die geladenen Sonnenteilchen die oberen Atmosphärenschichten ionisieren, wird auch der Funkverkehr gestört. Betroffen sind besonders Flugzeuge auf Routen am Nordpol, wo die steil herausragenden Feldlinien des Erdmagnetfelds wenig Schutz bieten. Während kleinerer Sonneneruptionen im Januar 2005 musste allein United Airlines 26 Flüge umleiten, berichtet Manager Michael Stills. Zusätzliche Tankstopps seien nötig geworden, es habe Verspätungen von bis zu dreieinhalb Stunden gegeben.

## Stundenlang ohne Strom

Eigentlich schützt das Erdmagnetfeld den Planeten vor solchen Phänomenen. Im Fall extrem starker Sonnenaktivitäten wird es aber selbst zum Opfer: Die geladenen Teilchen quetschen und schütteln es derart stark, dass ein geomagnetischer Sturm über die Erde fegt. Dieser kann in den Kabeln des Stromnetzes gewaltige Ströme induzieren, das Netz bricht zusammen. Infolge eines Sonnensturms waren 1989 sechs Millionen Kanadier neun Stunden lang ohne Strom.

Heute wären die Folgen deutlich schlimmer, warnt der US-Report. Die Stromnetze bilden internationale Verbände, Sicherheitsreserven sind kaum mehr vorhanden. Nach Berechnungen von John Kappenmann, der im Auftrag der kalifornischen Firma Metatech elektromagnetische Störungen analysiert, könnte in den USA ein mittelmässiger Sonnensturm 350 Transformatoren ausschalten und 150 Millionen Menschen im Dunkeln sitzen lassen. Rasch wäre auch die Wasserversorgung betroffen, sagt Kappenmann. «Verderbliche Nahrungsmittel und Medikamente gehen nach 24 Stunden verloren, Klimaanlage fallen aus, das Telefonnetz bricht zusammen, der Benzinnachschub stockt und so weiter.»

Mit Messgeräten auf Satelliten und am Boden versuchen die Nasa und die europäische Esa, das Weltraumwetter vorherzusagen. Fehlalarme und verpasste Sonnenstürme seien aber an der Tagesordnung, kritisiert die amerikanische Akademie der Wissenschaften. Zudem sei die Technik auf Forschungsfragen ausgelegt, es fehle eine zuverlässige Beobachtungsplattform. Auch Sten Odenwald und James Green fordern, die Investitionen in Vorhersage, Modellierung und Grundlagenforschung zu verdoppeln – zum Schutz vor dem nächsten grossen Sonnensturm. «Nicht wenige Kollegen», so die Nasa-Wissenschaftler, «erinnert die gegenwärtige Vorhersage solarer Eruptionen an die Art und Weise, wie Anfang der 50er-Jahre das Wetter prognostiziert wurde.»

# Die zehn häufigsten Missverständnisse bei Krebs

Der Arzt sagt «Tumor», der Patient versteht «Tod» – und denkt, dass Stress der Grund ist. Mit solchen Irrtümern will ein Onkologe aufräumen.

Von **Martina Frei, Winterthur**

«Wenn ein Patient erfährt, dass er einen Tumor hat: Wie lange kann er sich im Gespräch mit dem Arzt konzentrieren?», fragt der Krebspezialist Miklos Pless, und gibt die Antwort: «Zwei Minuten.» Die wenigsten Patienten seien in dieser Situation in der Lage, länger aufzupassen, weiss Pless aus zehnjähriger Erfahrung.

Der Onkologe war einer der Referenten an den Winterthurer Tumortagen, an denen Ende letzter Woche rund 200 Krebspatienten und Angehörige teilnahmen. In seinem Workshop ging der Leiter des Tumorzentrums am Kantonsspital Winterthur auf die zehn häufigsten Irrtümer ein.

■ **Missverstehen und Verschweigen.** «Der Arzt sagt «Tumor», und der Patient hört «Tod.» Um solche Missverständnisse zu vermeiden, rät Pless, nachzufragen: «Sprechen Sie aus, was Sie hören!» Und er empfiehlt Behandelnden und Patienten, ehrlich miteinander zu sein. Zum Beispiel würden es manche Patienten ihrem Arzt verschweigen, wenn sie irgendwo Schmerzen haben – aus Angst, dass dies schlechte Nachrichten oder Untersuchungen nach sich ziehen könnte. Von seinen

Kollegen erwartet der Onkologe umgekehrt, dass sie die Patienten unterstützen, wenn diese eine Zweitmeinung hören möchten.

■ **Krebspersönlichkeit.** Psychische Faktoren lösen Krebs aus, glauben viele Menschen. Das ist erwiesenermassen falsch. «Und dieses Vorurteil ist letztlich eine Schuldzuweisung», kritisiert der Spezialist. Den Verlauf der Krankheit könnten psychische Faktoren aber schon beeinflussen: Hoffnungslosigkeit wirke negativ, ein gutes soziales Netz dagegen positiv. Der oft beschworene Kampfgeist spiele hingegen keine Rolle, so Pless. Psychotherapie vermöge bei Krebspatienten und ihren Angehörigen die Lebensqualität zu heben, nicht aber die Überlebensrate.

■ **Umweltverschmutzung und Stress.** Viele Betroffene haben die Umweltverschmutzung, Stress und seelische Probleme als Grund für ihre Krankheit im Verdacht. Weitaus bedeutsamer aber sind andere Faktoren. Wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge sind ein Drittel der Krebserkrankungen auf den Tabakkonsum zurückzuführen, so Pless. «Wenn wir nicht rauchen würden, wäre Krebs eine deutlich seltenere Krankheit.» Auf das Konto falscher Ernährung würden sogar mehr als ein Drittel der Krebserkrankungen gehen.

■ **Infiltration, Zerstörung, Ableger.** Typischerweise zeichnen sich bösartige Tumoren durch drei Dinge aus: Sie dringen in die umliegenden Gewebe ein, wachsen zerstörerisch, und sie setzen Tochter-

geschwülste. Eingeteilt werden Krebskrankheiten gemäss dem «TNM»-Schema: Die Zahl hinter dem «T» gibt die Tumorgrosse an, diejenige nach dem «N», ob und wie viele Lymphknoten (Nodus lymphaticus) befallen sind. «M1» oder «M0» bedeutet, dass Ableger vorhanden sind oder nicht.

■ **Metastasen.** «Ableger in den Knochen bei Brustkrebs sind kein Knochenkrebs!» Der Krebs werde immer nach dem Ort benannt, von dem er stamme und nicht nach dem, wo er Ableger gebildet habe, erläutert Pless. Der Ursprungsort ist massgebend für die Behandlung: Brustkrebs, der in den Knochen metastasiert habe, lasse sich zum Beispiel oft mit einer Hormontherapie angehen. «Knochenkrebs dagegen lacht, wenn er Hormone sieht.»

■ **Kurative oder palliative Therapie.** Bestehe Aussicht auf eine Heilung, sei eine aggressive, kurative Behandlung gerechtfertigt. Ist eine Heilung nicht mehr möglich, sei das Ziel der Therapie die Palliation, also die Linderung von Beschwerden. Dann stehe die Lebensqualität des Kranken im Vordergrund. «Das muss man fair mit dem Patienten besprechen.» Was die Behandlung betreffe, entscheide letztlich der Patient: Der Kranke sei der Kapitän und der Arzt der Steuerermann, findet Pless.

■ **Chemotherapie.** Warum kombinieren die Ärzte verschiedene Wirkstoffe? «Weil der Tumor links oben ein ganz anderer sein kann als der rechts unten», legt Pless dar. Die Zellen in einem Tumor seien verschieden, damit auch unterschiedlich angreifbar.

Überdies lasse sich mit einer Kombination die Giftwirkung begrenzen: Manche Medikamente wirken auch aufs Knochenmark, andere auf das Herz oder die Nerven. In Kombination sollen alle zusammen die Tumorzellen maximal schädigen, aber die gesunden Organe nur so weit, dass sich diese wieder regenerieren können.

■ **Kontrolle.** Wie oft soll man zur Früherkennung oder zur Nachkontrolle gehen? Häufige Untersuchungen «bringen nur etwas, wenn man auch eine gute Behandlungsmöglichkeit hat», legt Pless dar. Werde ein Tumor dank einer Untersuchung zwar früh erkannt, sei aber letztlich nicht heilbar, verlängere die Früherkennung nur die Lebensspanne mit der Diagnose.

■ **Studien.** Ob ein Wirkstoff besser ist als der andere, lasse sich nur mit Studien beurteilen, bei denen die Patienten per Los einer Behandlungsgruppe zugeteilt werden. Solche «randomisierten» Studien hält Pless für unerlässlich, denn «wir müssen besser werden». Mit sehr wenigen Ausnahmen in den letzten Jahren hätten sich alle so getesteten, neuen Medikamente gegenüber den bisherigen als mindestens ebenbürtig erwiesen, häufig auch als Fortschritt, fasst er zusammen. «Es ist also kein Nachteil für einen Patienten, an einer klinischen Studie teilzunehmen.»

■ **Todesrate.** Wird Krebs immer tödlicher? «Nein», sagt Pless. Die Statistiken zeigen vielmehr, dass die Sterblichkeit seit etwa Anfang der 90er-Jahre leicht zurückgeht.

## Verbot hilft Rauchern

London. – Der Gesundheitszustand der Barkeeper hat sich seit der Einführung des Rauchverbots in schottischen Bars deutlich verbessert – auch jener, die weiterhin rauchen. In der Fachzeitschrift «Occupational and Environmental Medicine» berichten Forscher der Universität Birmingham über Tests an 191 Barkeepern zu drei Zeitpunkten: vor dem Verbot, zwei Monate danach, ein Jahr danach. Der Anteil der Angestellten mit Atemwegsbeschwerden fiel innert eines Jahres von 69 auf 57 Prozent. Bei den Nichtraucher ging der Schleimauswurf von 32 auf 14 Prozent zurück, über Augenreizungen berichteten nur noch 18 statt 44 Prozent. Bei Barkeepern, die selbst weiter rauchten, sank der Anteil der Personen mit einer pfeifenden Atmung von 48 auf 31 Prozent. Über Atemnot klagten nur noch 29 statt 42 Prozent. (SDA/AFP)

## Kiffer riskieren Krebs

Washington. – Kiffen erhöht möglicherweise das Risiko für Hodenkrebs. Um sicherzugehen, ob der Zusammenhang wirklich besteht, müssen allerdings weitere Untersuchungen durchgeführt werden. In einer im Fachmagazin «Cancer» publizierten Studie verglich ein Team um Stephen Schwartz vom Fred Hutchinson Cancer Research Center in Seattle 369 Männer mit Krebs im Alter von 18 bis 44 Jahren mit 979 gesunden, ähnlich alten Männern. Männer, die kiffen, hatten eine 70 Prozent höhere Wahrscheinlichkeit, an Hodenkrebs zu erkranken. Das grösste Risiko fanden die Forscher bei Männern, die seit vielen Jahren oder sehr häufig Marihuana rauchten. (SDA/Reuters)