

## Das Erbe der Neandertaler

Ur-Gene stärken Immunsystem des modernen Menschen

Als moderne Menschen vor etwa 45 000 Jahren nach Europa kamen, trafen sie dort auf die Neandertaler. Dass beide Menschenarten sich miteinander fortpflanzten, gilt mittlerweile als gesichert. Schließlich stammen bis zu sechs Prozent des Erbguts heute lebender Menschen vom Neandertaler und zu geringen Teilen auch vom Denisova-Menschen. Dass die Vermischung unser Immunsystem stärkte, zeigen nun zwei aktuelle Studien von Forschern des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie in Leipzig und vom Institut Pasteur und dem CNRS in Paris. Unsere Vorfahren erbten demnach von den Neandertalern spezielle Genvarianten, mit deren Hilfe sie Infektionen besser abwehren konnten (*American Journal of Human Genetics*).

Artübergreifende Beziehungen seien für die Evolution des angeborenen Immunsystems enorm wichtig gewesen, betonen die Genetiker. Als nämlich moderne Menschen aus Afrika ins westliche Asien und nach Europa einwanderten, waren sie mit ganz neuen Umweltbedingungen konfrontiert, insbesondere mit neuen Nahrungsmitteln, Pflanzen, Krankheitserregern und oft auch mit ganz anderen klimatischen Bedingungen. Das war vor allem für das Immunsystem eine riesige Herausforderung. Viel besser waren da die Einheimischen angepasst, schließlich lebten die Neandertaler schon seit mehr als 200 000 Jahren in Europa.

Als sich die Neukömmlinge mit ihnen vermischten, brachte ihnen das Vorteile. Die genetische Vielfalt einiger wichtiger Immungene erhöhte sich durch den Austausch. Die Vermischung habe funktionelle Auswirkungen, sagt Janet Kelso vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie. Sie habe unsere Vorfahren beispielsweise mit einer stärkeren Widerstandskraft gegen Krankheitserreger ausgestattet und es ihnen erleichtert, neue Nahrungsressourcen zu verarbeiten. Die beiden Forschergruppen stießen insbesondere auf die Bedeutung der sogenannten TLR-Gene. Sie sind wichtig für die Fahnung nach Bakterien, Pilzen oder auch Parasiten. Außerdem spielen sie eine Rolle bei der Aktivierung der Immunantwort des Körpers. All das schützt vor gefährlichen Infektionen.

### Das neue Erbgut erleichterte unseren Vorfahren die Anpassung an eine ungewohnte Umwelt

Die französische Gruppe erforschte die Entwicklungsgeschichte des angeborenen Immunsystems und untersuchte dabei 1500 Gene. Die Forscher verglichen Genomsequenzen von heute lebenden Menschen mit denen von Frühmenschen. Dabei zeigte sich, dass sich einige Immungene über lange Zeit hinweg kaum verändert haben, bei anderen haben sich dagegen innerhalb kurzer Zeit neue Varianten durchgesetzt, die eine bessere Anpassung an veränderte Umweltbedingungen ermöglichen. Zu letzteren gehören drei TLR-Gene. Die Forscher entdeckten, dass sie sowohl bei Europäern als auch bei Asiaten einen deutlich höheren Neandertaleranteil aufweisen als der Rest des Genoms.

Die Leipziger Forscher waren ebenfalls auf die Bedeutung der alten, von den Neandertalern übertragenen TLR-Gene gestoßen, allerdings auf einem anderen Weg. Sie untersuchten die funktionelle Bedeutung von Genen, die der moderne Mensch von früheren Menschenarten geerbt hat. Janet Kelso und ihre Kollegen identifizierten Regionen im Erbgut, die den Neandertaler- und Denisova-Genomen besonders stark ähneln und untersuchten dann deren Verbreitung bei Menschen aus aller Welt. Die TLR-Gene steigern die Abwehr von Krankheitserregern, könnten aber auch, so schreiben die Forscher, für eine erhöhte Anfälligkeit heutiger Menschen für Allergien verantwortlich sein. Auch das ist das Erbe der Neandertaler. **HUBERT FILSER**



FOTO: KILEY RIFEEL

## Der Duft nach Mensch

Heute lieber den Duft von Lilien, Lavendel oder lieblichen Rosen? Pflanzen bieten so manche Parfümvorlage. Doch bestimmte Gerüche werden wohl nie den Weg in das Designfläschchen finden. Zum Beispiel der nach Mensch. Genau das ist aber das Erfolgsrezept einiger Orchideenarten. Sie produzieren Duftmoleküle, die auch beim Menschen vorkommen. Das hat ein Team um Chloé Lahondère von der University of Washington festgestellt. Diese Orchideen werden im Gegensatz zu vielen anderen Pflanzenarten nicht von Bienen oder Käfern bestäubt, sondern sind auf das Zusammenspiel mit Mücken angewiesen. Mit den Duftstoffen, die auch für den Menschen typisch sind, locken sie vor allem diese Bestäuber an. Um das herauszufinden, verpackten die Forscher die Pflanzen in luftdichte Plastikbeutel und sammelten so die Duftmoleküle. Anschließend wiesen sie nach, dass die Antennen der Insekten auf die Duftstoffe reagieren. Mit weiteren Studien wollen die Wissenschaftler nun der Frage nachgehen, ob diese Duftstoffe in Zukunft für Mückenfallen infrage kommen können. **MTER**

## Strom nach Bedarf

Immer mehr Hausbesitzer nutzen Batterien, um die Energie ihrer Solaranlage zu speichern. Die Technik könnte künftig auch die Netze stabiler machen

VON RALPH DIERMANN

Legere Kleidung, lässiger Plauderton, ein Auditorium voller Fans: Tesla-Chef Elon Musk hatte sich wohl die legendären Apple-Präsentationen zum Vorbild genommen, als er 2015 erstmals einen Batteriespeicher für Haushalte vorstellte. Der Auftritt wurde zum Hit auf der Videoplattform Youtube. Mehr als drei Millionen Menschen haben ihn bislang angesehen. Dabei zeigte Musk lediglich einen flachen weißen Kasten, der nicht mehr kann, als Strom aufzunehmen und wieder abzugeben. Nach dem Auftritt gingen so viele Bestellungen für den Energiespeicher ein, dass er bis Mitte 2016 ausverkauft ist.

Wie andere Batteriehersteller profitiert auch Tesla vom weltweiten Boom der Solarenergie. Immer mehr Menschen installieren Photovoltaik-Anlagen, um sich selbst mit Energie zu versorgen. Der Strom vom Dach ist deutlich günstiger als der, den die Versorger liefern. Allerdings produzieren die Anlagen dann am meisten Energie, wenn Haushalte im Allgemeinen nur wenig davon brauchen – in den Mittagsstunden. Nach Feierabend dagegen, wenn Waschmaschine und Fernseher laufen, haben die Solaranlagen längst ihren Dienst eingestellt. Daher gelingt es den Bewohnern kaum, mehr als 30 Prozent ihres Solarstroms selbst zu verbrauchen.

Andere Hersteller bieten schon länger Batterien für Solaranlagen an. Wie Tesla Energiespeicher sollen die Geräte Erzeugung und Verbrauch besser in Einklang bringen. Mit einer Batterie im Keller könnten bis zu siebzig Prozent des eigenen Solarstroms verbraucht werden. In Deutschland sind heute bereits 25 000 Haushaltspeicher installiert. Angesichts der stetig sinkenden Batteriepreise erwarten Marktforscher, dass die Zahl bis 2020 auf 170 000 steigen wird.

Die meiste Zeit des Tages stehen die Speicher für den Sonnenstrom jedoch ungenutzt im Keller. Wenn nämlich die Batterien abends leer sind, bleiben sie das mindestens bis zum nächsten Vormittag – und

bei dunklen Wolken oder an kurzen Wintertagen noch länger. Damit bleiben Kapazitäten ungenutzt, die eine wichtige Funktion für die Energiewende übernehmen könnten: die eines Puffers, der überschüssige Energie aus dem Stromnetz aufnimmt und bei Bedarf wieder abgibt. Denn je mehr Windräder und Solaranlagen installiert werden, desto stärker schwankt die Strommenge, die ins Netz fließt. „Wir brauchen Batterien als Kurzzeitspeicher, um die Wind- und Solarenergie in das Energiesystem zu integrieren“, sagt Günther Ebert vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme. Dabei komme den Speichern der hohe Wirkungsgrad zugute. „Sie verlieren beim Ein- und Ausspeichern kaum Energie und eignen sich deshalb bestens, um Strom für Minuten, Stunden oder maximal einen Tag zu speichern.“

### Die Forscher haben die Idee des Cloud-Computing auf das Speichern von Strom übertragen

Forschung und Industrie erproben derzeit in mehreren Pilotprojekten, wie sich die Solarspeicher in den Dienst des Energiesystems stellen lassen, ohne dass deren Besitzer Abstriche beim Eigenverbrauch machen müssen. Eines davon ist das „Green2Store“-Konzept, das der Oldenburger Energieversorger EWE zusammen mit der TU Braunschweig und weiteren Partnern entwickelt hat. Die Forscher haben neun Haushaltsspeicher sowie drei industriell genutzte Batteriepakete über das Internet miteinander vernetzt, sodass ein virtueller Großspeicher entsteht. Eine IT-Plattform erfasst laufend die freien Kapazitäten und bietet sie gebündelt Netzbetreibern und Stromhändlern an. „Wir haben die Idee des Cloud Computing auf das Speichern von Strom übertragen“, sagt Projektleiter Magnus Pielke von EWE.

Noch läuft das System erst im Testbetrieb. Doch schon jetzt zeichnen sich mehrere konkrete Anwendungsmöglichkeiten ab. Zieht etwa ein Sturm auf, müssen Wind-

räder in Nord- und Ostdeutschland gelegentlich gedrosselt oder gar abgeschaltet werden, weil es an Leitungen fehlt, die den Strom Richtung Süden transportieren. Solche Situationen ließen sich entschärfen, wenn die Batterien einen Teil des Windstroms aufnehmen. Des Weiteren könnten sie eingesetzt werden, um kurzfristige Frequenzschwankungen im Stromnetz auszugleichen und so einen Blackout zu verhindern. Da die Netzbetreiber verlangen, dass die Kapazitäten rund um die Uhr zur Verfügung stehen, müssten die Eigentümer dafür allerdings einen Teil ihrer Batterieleistung frei halten.

Vor allem aber haben die Forscher die lokalen Verteilnetze im Visier, die durch den Solarboom mancherorts kräftig unter Druck geraten sind. „Die Leitungen sind darauf ausgelegt, Strom zu den Verbrauchern vor Ort zu transportieren. Nicht jedoch darauf, große Mengen an Solarenergie aufzunehmen. Deshalb kommt es dort immer wieder zu Engpässen“, sagt Pielke. Im Normalbetrieb können Haushaltsspeicher das nicht verhindern, da sie an sonnigen Tagen oft schon am frühen Mittag vollgeladen sind – also bevor die Photovoltaik-Anlagen ihr Maximum erreichen. „Wir lassen daher die Netzbetreiber entscheiden, wann die Batterien geladen werden.“ So könne es sinnvoll sein, statt um neun Uhr morgens erst zwei oder drei Stunden später mit dem Speichern zu beginnen, um die Leitungen in den kritischen Mittagsstunden zu entlasten. „Für die Haushalte ändert sich dadurch nichts. Der Speicher ist voll, wenn sie ihn brauchen“, sagt Pielke.

Noch einen Schritt weiter gehen RWE und die Konzerntochter Lechwerke mit einem Konzept, das sie derzeit in der Wertachau testen, einer isoliert gelegenen Einfamilienhaus-Siedlung südlich von Augsburg. Dort haben sie acht Batteriespeicher mit 23 Solaranlagen und drei Ladestationen für Elektroautos vernetzt. Darüber hinaus sind vierzig Waschmaschinen, Trockner und Geschirrspüler in das System eingebunden, die sich per Fernsteuerung einschalten lassen. „Wir wollen das vorhande-

ne Stromnetz im Ort besser nutzen“, sagt Stefan Willing von RWE. „Dazu verschieben wir gezielt Stromverbrauch in jene Zeiten, in denen die Photovoltaik-Anlagen der Siedlung viel Strom erzeugen.“

### Der Rechner bestimmt, wann Waschmaschine und Geschirrspüler laufen

Herzstück des Systems ist eine Software, die im Minutenabstand den Ertrag der Solaranlagen, den Ladestand der Speicher und den Stromverbrauch der teilnehmenden Haushalte erfasst. Zudem greift sie auf Wetterprognosen zu. Ein von der RWTH Aachen entwickeltes Computerprogramm wertet all diese Daten aus und weist jedem Haushalt eine Art Verbrauchsfahrplan zu. Dezentrale Steuergeräte setzen diesen dann um, beispielsweise indem sie eine Waschmaschine innerhalb eines zu vor von den Bewohnern festgelegten Zeitraums selbstständig einschalten. Oder indem sie einzelne Batterien mittags nicht voll laden, weil für den Nachmittag viel Sonnenschein erwartet wird. Nach fast einhalb Jahren Praxistest zieht Willing eine positive Zwischenbilanz: „Das vorhandene Ortsnetz kann nun mehr Strom aus den Photovoltaik-Anlagen der Siedlung aufnehmen.“

Ob sich dieses Modell in der Breite umsetzen lässt, ist allerdings fraglich. Denn es setzt voraus, dass sehr viele Haushalte bereit sind, sich von einer Software diktieren zu lassen, wann sie Wäsche waschen oder Geschirrspüler spülen sollen. Locken könnte sie wohl nur ein attraktiver finanzieller Anreiz; etwa durch variable Stromtarife, die den netzdienlichen Energieverbrauch honorieren. Solche Tarife könnten auch die Speicherbesitzer motivieren, ihre Batterien im Sinne des Energiesystems einzusetzen, sagt Fraunhofer-Forscher Ebert. „Bislang bietet aber kaum ein Energieversorger flexible Tarife an. Und wenn, dann ist die Spreizung zwischen den günstigen und teuren Zeiten viel zu gering.“

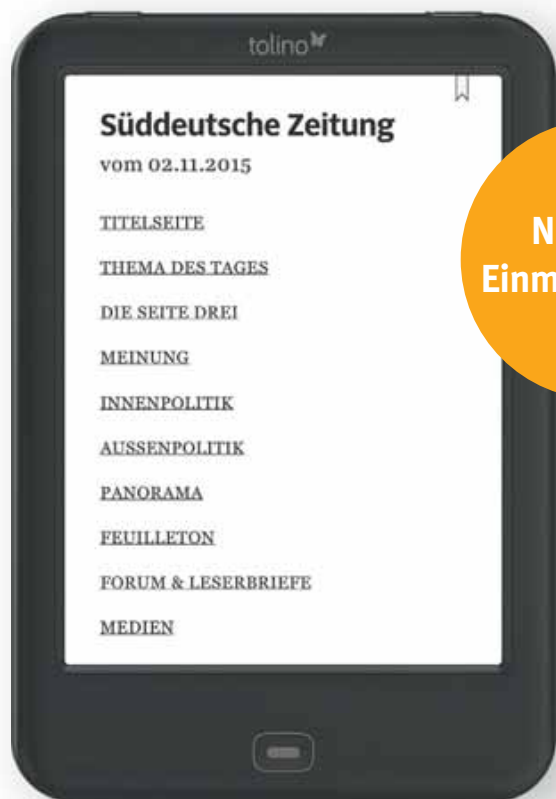
## Bakterien-Bad

Römer verbreiteten Krankheiten

Aquädukte, fließendes Wasser aus Leitungen, öffentliche Latrinen, Brunnen und Badeanstalten – mit ihren Siegeszügen brachten die Römer vor 2000 Jahren auch eine neue Hygiene ins eroberte Europa. Gerade die Badekultur wird noch heute als medizinischer Fortschritt bewundert. Dabei scheint sie der Gesundheit der antiken Europäer erschreckend wenig geholfen zu haben, erklärt der britische Archäologe Piers Mitchell im Fachblatt *Parasitology*.

Der Forscher der Universität Cambridge hat archäologische Funde römischer Ruinen in ganz Europa genauer ausgewertet. Im Boden von antiken Latrinen, in versteinertem Kot oder in Grabkammern lassen sich heute noch Überreste der Parasiten finden, die das Volk vor 2000 Jahren plagten. Die Inventur fällt erschreckend aus: Spulwürmer, Peitschenwürmer, Ruhmaböben, Saugwürmer, Flöhe, Bettwanzen und unzählige Läuse-Arten fühlten sich in den römischen Städten wohl. Besonders in den Bädern müssen Erreger einen wunderbaren Nährboden gefunden haben. Das Wasser war meist lauwarm und wurde eher selten gewechselt. Menschlicher Dreck und Reste von Kosmetik bildeten einen Film, in dem sich Bakterien vermehren. „Die römische Gewohnheit, sich in öffentlichen Bädern zu waschen, scheint das Risiko für die Ansteckung mit Ektoparasiten nicht gesenkt zu haben“, bilanziert Mitchell. Der Archäologe verglich die Funde zudem mit der vorrömischen Zeit und dem Mittelalter. Im britischen York etwa sei die Konzentration an Ektoparasiten wie Läusen während der Zeit der Römer, der Wikinger und im Mittelalter weitgehend gleich geblieben – obwohl der Stadt mit dem Zerfall Roms auch die öffentlichen Bäder abhandkamen. Der medizinische Einfluss der Lateiner war demnach begrenzt. Den Fischbandwurm verbreiteten die Römer vermutlich sogar selbst in Europa. Dieser Parasit könnte mit der populären Fischsoße „Garum“ durchs Reich gewandert sein.

Ein Rückschritt seien die hygienischen Ideen der Römer aber nicht gewesen, sagt Mitchell. Sie hätten nur statt medizinischer eher praktische Vorteile gebracht: Die Toiletten sorgten für weniger Gestank in den Straßen, die Bäder waren ein wichtiger sozialer Treffpunkt. **CHRB**



Nur 10 €  
Einmalzahlung

**Hugendubel**  
Die Welt der Bücher

## Jetzt E-Reader-Ausgabe abonnieren und toline shine 2 HD von Hugendubel sichern!

### Die SZ E-Reader-Ausgabe + toline shine 2 HD

- ✓ Lesefreundliche Text-Darstellung
- ✓ Einfache Blätter-Navigation
- ✓ Such- und Markierfunktionen
- ✓ Schneller Download über E-Reader-Browser
- ✓ Zugang zur ganzen SZ-Plus-Welt (inkl. E-Paper und Online-Zugang)
- ✓ Flackerfreies HD-Display für gestochen scharfes Schriftbild
- ✓ Handlich, kompakt und mit Touchscreen
- ✓ Integrierte Beleuchtung zum Lesen im Dunkeln
- ✓ Bis zu 7 Wochen Akkulaufzeit
- ✓ Über 1,8 Millionen eBooks von Hugendubel

Informieren unter [sz.de/reader-angebot](http://sz.de/reader-angebot) oder unter 089/21 83 - 80 00

Seien Sie anspruchsvoll.

Süddeutsche Zeitung