

KLEINSTEIN

Leichtlauf

Bei Radrennen wie der Tour de France nutzen viele den Windschatten. Wie viel leichter fährt es sich dort?

M. SPILLMANN, ZÜRICH

Sehr viel leichter. Das kann auch Hobbyradler Kleinstein bestätigen: Wenn er bei Tempo 30 am Hinterrad eines Vordermanns klebt, reicht eine um ein Drittel geringere Leistung, um die Geschwindigkeit zu halten.

Beim hohen Tempo der Profifahrer bringt der Windschatten noch viel mehr, da der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Die aufzuwendende Leistung steigt sogar mit der dritten Potenz des Tempos.

Angenommen, das geschlossene Hauptfeld, das Peloton, ist bei Windstille auf der Ebene mit 50 km/h unterwegs. An einem Ort inmitten des Peloton werde die Luft mit 20 km/h mitgerissen. Dann spürt ein Fahrer dort einen Fahrtwind von 30 km/h. Eine grobe Überschlagsrechnung ergibt: Der Fahrer an der Spitze spürt einen Luftwiderstand von 40 Newton (N) und muss mit 560 Watt in die Pedale treten, um die 50 km/h zu halten. Im Peloton spürt ein Fahrer dagegen nur einen Luftwiderstand von 14 N, also rund ein Drittel. Ihm genügt eine Leistung von etwa 120 Watt, um mitzuhalten. Das ist nur rund 20 Prozent des Frontmanns!

In der Realität sind diese Bedingungen allenfalls kurzfristig gegeben. Ein zu grosser Abstand zum Vordermann, Gegen- oder Seitenwind, Gefälle oder Steigung geben wieder andere Zahlen. Dennoch ist klar: Das Peloton erzeugt ordentlichen Sog.

Fragen an Professor Kleinstein?

Sonntagszeitung, Kleinstein, Postfach, 8021 Zürich, oder kleinstein@sonntagszeitung.ch

Handystrahlung stresst die Gene

Eine Basler Studie bestätigt, dass elektromagnetische Felder das Erbgut schädigen

VON JOACHIM LAUKENMANN

So sorglos wie Millionen Schweizer mit dem Handy telefonieren, kann man nur zu einem Schluss gelangen: Der Mobilfunk muss unbedenklich sein. Die Wissenschaft indes ist sich nicht so sicher. Zwar wurden die UMTS-Sendantennen von einer Schweizer Studie kürzlich zumindest insofern entlastet, als diese das Wohlbefinden der Probanden nicht beeinträchtigt.

Grössere Sorgen als die Sendemasten sollten uns die Mobilgeräte machen. Beim Telefonieren ohne Freisprechanlage entstehen die elektromagnetischen Felder direkt am Kopf und können dort zu einer Belastung führen, die bis zu einer Million Mal über der von Sendantennen liegt.

Und das hat Folgen, wie Primo Schär vom Zentrum für Biomedizin der Universität Basel kürzlich auf einer Veranstaltung der Forschungsstiftung Mobilkommunikation berichtet hat: Elektromagnetische Felder stressen auch unterhalb der geltenden Grenzwerte unsere Gene. Konkret kann diese Strahlung dazu führen, dass Erbgutstränge brechen, zumindest in gewissen Zelltypen. «Ob diese Schäden zu nachhaltigen Genveränderungen führen, wissen wir noch nicht», sagt Schär, der in Zürich noch unveröffentlichte Resultate präsentierte.

Eine österreichische Studie geriet ins Kreuzfeuer der Kritik

Zum selben Ergebnis kam eine österreichische Studie im Rahmen des europäischen Reflex-Projekts bereits vor zwei Jahren. Diese Arbeit von Forschern um Hugo Rü diger von der Universität Wien geriet aber ins Kreuzfeuer der Kritik. Die Resultate waren unerwartet und verlangten nach einer Bestätigung.

Soweit Schär seine Daten ausgewertet hat, deutet alles darauf hin, dass die Wiener Forscher Recht behalten: Sowohl niederfrequente Felder, wie sie etwa von Hochspannungsleitungen abge-



Handybenutzer: Elektromagnetische Felder am Kopf FOTO: PHOTOALTO

strahlt werden, als auch hochfrequente Felder vom Handy können das Erbgut schädigen.

Vergleichbar mit den Versuchen in Wien hat der Basler Molekulargenetiker in Petrischalen gezüchtete Bindegewebszellen einem Magnetfeld ausgesetzt, das etwa so stark war, wie es die Grenzwerte fordern. Sowohl bei niedriger- als auch bei hochfrequenter Strahlung nahm die Anzahl Brüche im Erbgut, der DNA, schwach, aber statistisch eindeutig zu. Das gilt sowohl für die Bindegewebszellen eines 42-jährigen Mannes als auch für entsprechende Zellen eines sechsjährigen Knaben, wenngleich die Charakteristik der Schäden je nach Alter der Spender unterschiedlich war.

Schär wählte eine Bestrahlungszeit von 15 Stunden, da die Anzahl Brüche in den Reflex-Studien bei dieser Zeit ein Maximum erreichte. Danach und insbesondere nach Ende der Bestrahlung gingen die Erbgutschäden zurück. Verblüffend ist, dass die Schäden nur dann auftraten, wenn das Magnetfeld in Intervallen von einigen Minuten an- und abgeschaltet wurde. Mit dieser periodischen Bestrahlung sollte der übliche Umgang mit dem Handy simuliert werden. War das Feld dagegen permanent vorhanden, war keine signifikante Zunahme der DNA-Brüche messbar.

Wie Schär betont, deuten Brüche in der DNA nicht unbedingt auf eine nachhaltige Schädigung der Zelle hin. Auch ohne die Einwirkung elektromagnetischer Felder entstehen unzählige DNA-Brüche im normalen Lebenszyklus unserer Zellen. Doch den Zellen stehen effiziente Mechanismen zur Verfügung, um solche DNA-Schäden wieder zu reparieren. Die Abnahme der Brüche nach 15 Stunden Exposition deutet darauf hin, dass die Reparaturmechanismen der Zelle greifen.

Das wiederum heisst nicht, dass von elektromagnetischen Feldern ausgelöste Erbgutschäden unbedenklich sind, selbst wenn sie re-

pariert werden. Denn die Reparatur könnte fehlerhaft sein. Insbesondere von Umweltgiften, Röntgenstrahlung und starker UV-Strahlung ist bekannt, dass sie DNA-Brüche hervorrufen, die von der Zelle nur mangelhaft geflickt werden und daher zu nachhaltigen Erbgutdefekten führen. Solche Defekte können die Entwicklung von Krebs begünstigen. «Ob die beobachteten DNA-Brüche gut- oder bösartig sind, können erst künftige, weit aufwändigere Experimente klären», sagt Schär.

Zu denken geben die Resultate der Studien allemal

Weitestgehend im Dunkeln tapen die Forscher bei der Suche nach einer Erklärung, wie die verwendeten, relativ geringen Feldstärken überhaupt DNA-Brüche auslösen können. Schär vermutet, dass dies nicht direkt durch die Felder geschieht, wie es etwa bei hoch energetischer Röntgenstrahlung der Fall ist. Vielmehr könnte die Strahlung von Handys und Hochspannungsleitungen aggressive Zellgifte bilden, so genannte Radikale, die das Erbgut stressen. Sicher ist das keineswegs. Rätselhaft ist auch, warum DNA-Brüche nur auftreten, wenn das Magnetfeld periodisch ein- und ausgeschaltet wird, nicht aber bei permanenter Exposition, und warum nur gewisse Zelltypen betroffen sind.

Ob sich die zahlreichen Handynutzer in trügerischer Sicherheit wiegen und welchen Gefahren Menschen ausgesetzt sind, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen leben, lässt sich auf Grund dieser Studien nicht zuverlässig sagen. Zu denken geben die Resultate aber allemal.

Angesichts der Unsicherheit empfiehlt Schär, vorerst nach dem Prinzip «weniger ist mehr» zu handeln: möglichst wenig mit dem Handy am Ohr telefonieren und wenn, dann ein Mobilgerät benutzen, das einen niedrigen SAR-Wert besitzt und daher wenig Leistung im Körper deponiert.

FORTSETZUNG VON SEITE 63

Unerhörte Affäre

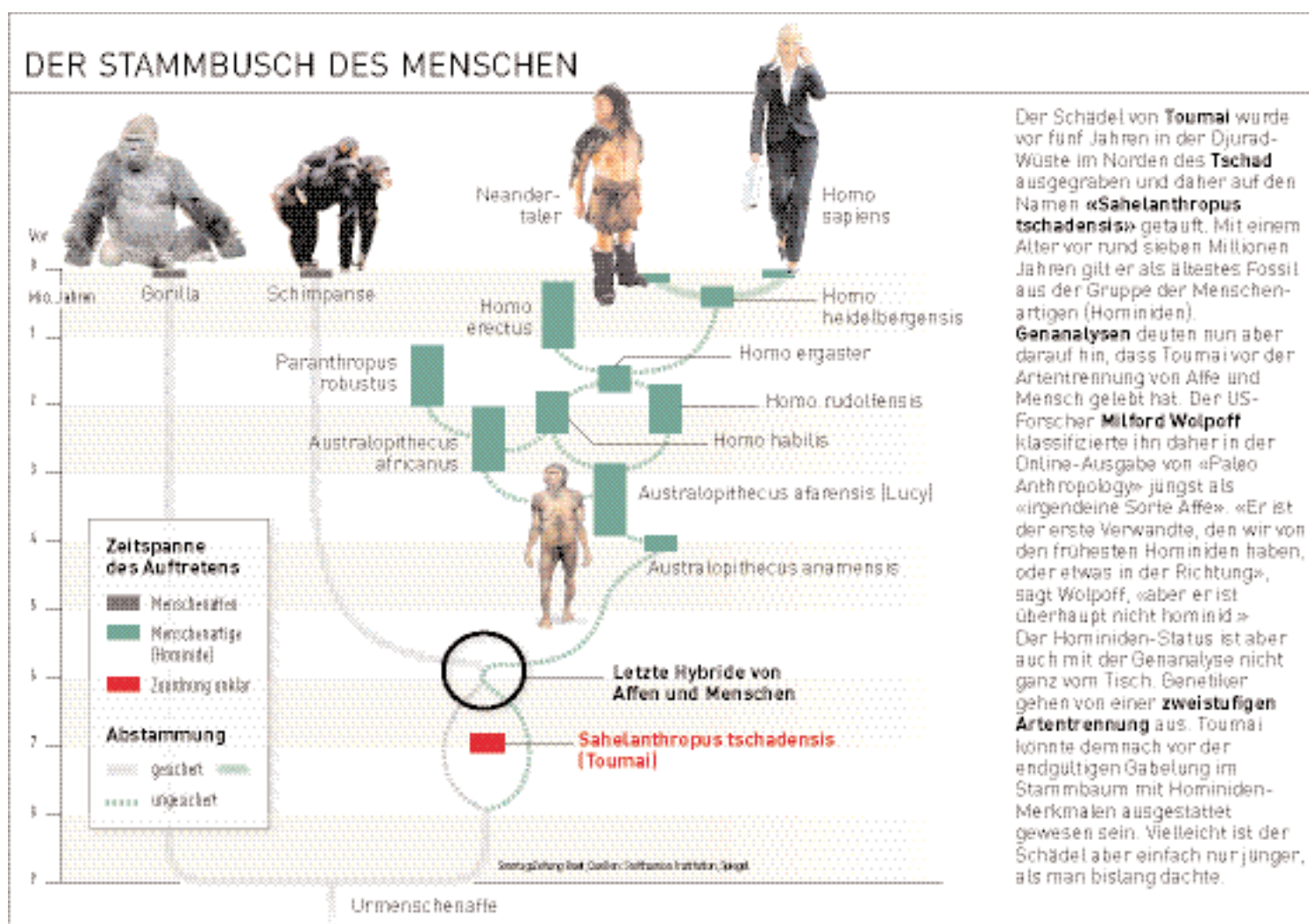
sen. Ihr immer wieder ins Feld geführtes Beispiel: das Maultier. Der Bastard aus Esel und Pferd ist unfruchtbar.

Gemäss dem weit gehend akzeptierten Artbildungskonzept entsteht eine neue Spezies dann, wenn eine Gruppe von ihren Artgenossen getrennt wird, etwa durch Gebirge oder Flussläufe. In der Evolutionsgeschichte des Menschen soll der afrikanische Graben die Menschenaffen in zwei unterschiedliche geographische Lager gedrängt haben.

Aus zwei Arten kann eben doch eine neue dritte entstehen

Die beiden Populationen passen sich nach der Trennung in kleinen Entwicklungsschritten den unterschiedlichen Umweltbedingungen an und wachsen sich schliesslich zu eigenständigen Arten aus, die nichts mehr voneinander wissen und keinen fortpflanzungsfähigen Nachwuchs mehr miteinander zeugen können.

Seit drei Wochen liegt nun aber so etwas wie ein Beweis vor, dass



Der Schädel von **Toumai** wurde vor fünf Jahren in der Djurad-Wüste im Norden des Tschad ausgegraben und daher auf den Namen «**Sahelanthropus tchadensis**» getauft. Mit einem Alter vor rund sieben Millionen Jahren gilt er als ältestes Fossil aus der Gruppe der Menschenartigen (Hominiden). **Genanalysen** deuten nun aber darauf hin, dass Toumai vor der Artentrennung von Affe und Mensch gelebt hat. Der US-Forscher **Milford Wolpoff** klassifizierte ihn daher in der Online-Ausgabe von «*Paleo Anthropology*» jüngst als «irgendeine Sorte Affe». «Er ist der erste Verwandte, den wir von den frühesten Hominiden haben, oder etwas in der Richtung», sagt Wolpoff, «aber er ist überhaupt nicht hominid». Der Hominiden-Status ist aber auch mit der Genanalyse nicht ganz vom Tisch. Genetiker gehen von einer **zweistufigen Artentrennung** aus. Toumai könnte demnach vor der endgültigen Gabelung im Stammbaum mit Hominiden-Merkmalen ausgestattet gewesen sein. Vielleicht ist der Schädel aber einfach nur jünger, als man bislang dachte.

auch aus zwei bestehenden Arten eine neue dritte entstehen kann – abgedruckt in «Nature»: Forscher um den Evolutionsbiologen Jesus Mavárez aus Panama haben im Labor Schmetterlinge zweier Spezies der Gattung *Heliconius* gekreuzt. Geboren wurden lebensfähige Hybriden, die miteinander sogar fruchtbare Nachkommen gezeugt haben. Damit nicht genug. Das genaue Ebenbild dieser Bastarde flattert seit Jahren durch Kolumbien. Es wurde bereits seit längerem spekuliert, dass die Falter der Art *Heliconius heurippa* durch Kreuzung der beiden anderen Arten entstanden sind.

Die Fruchtbarkeit bleibt noch lange erhalten

Auch bei manchen Buntbarscharten sprechen viele Indizien dafür, dass sie ihre Existenz dem artübergreifenden Sex zu verdanken haben. Die Fische sind die Forschungsobjekte des Evolutionsbiologen Ole Seehausen aus Bern. Er sagt, dass zwei Arten auch noch eine Million Jahre nach der evolutionsgeschichtlichen Trennung fruchtbare Nachkommen zeugen könnten. Ein ähnlicher Vorgang ist für Seeheusen auch in der Schöpfungsgeschichte des Menschen vorstellbar.