

ETH-PROFESSOR BRADLEY NELSON

Seine winzigen Roboter sollen einst direkt im Körper Viren jagen SEITE 54

ISLANDS VULKANE

Forscher rechnen jederzeit mit einem neuen Ausbruch SEITE 56, 57

KARIBIKTRAUM LITTLE CORN ISLAND

Nur stundenweise Strom, dafür Kokosnüsse à discrétion SEITE 64, 65

Die Vermessung der Nachtunruhe

Zwei Wissenschaftlerinnen ermitteln, wie nächtlicher Fluglärm den Schlaf stört.



Der neunjährige Bastian nimmt an einer Studie teil, die die Auswirkungen von Fluglärm auf Kinder erforscht. Dafür schläft er vier Nächte mit Messgeräten.



Links: Das Mikrofon vor Bastians Schlafzimmerfenster misst die ganze Nacht den Schallpegel.

Oben: Am Morgen testen die Forscher Bastians Konzentrationsfähigkeit mit einem eigens dafür entwickelten Computerspiel.

Rechts: Bettina Ehbauer befestigt Elektroden an Bastians Kopf.

Wie viel Lärm ist zu viel?

Am Köln-Bonn-Airport starten und landen die Flugzeuge die ganze Nacht. Was macht das mit dem Schlaf der Anwohner? VON HELGA RIETZ (TEXT) UND KARIN HOFER (BILDER)



Links: ein Flugzeug beim nächtlichen Landeanflug knapp über dem Wohnquartier von Bastians Familie.

Unten: Ein Mikrophon zeichnet die Geräuschkulisse im Schlafzimmer auf.



Bei der Vollbremsung am Veloständer wäre Bastian um ein Haar hingefallen. Er ist ausser Atem, und das nicht nur, weil er so schnell nach Hause gesaust ist, sondern auch, weil heute ein spezieller Tag ist: Heute Abend werden Wissenschaftler vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) den Neunjährigen «verkabeln», eine Menge Messgeräte an seinem Körper anschliessen. Die zeichnen die ganze Nacht über auf, wie Bastian schläft: Herzfrequenz, Augenbewegungen, Hirnaktivität, Muskeltonus.

Während die Mutter auf dem Gartensitzplatz Pizza serviert, übt Bastian nochmals seine schwierigsten Trampolintricks: Salto vorwärts, Salto rückwärts. Es ist einer dieser lauen Spätsommerabende, an denen man gern bis in die Nacht im Freien bleibt und bei offenem Fenster schläft. Nur schlafen in Bastians Nachbarschaft im Rhein-Sieg-Kreis südöstlich von Köln viele lieber mit geschlossenen Fenstern. Seine Mutter greift sogar allnächtlich zu Ohrstöpseln. Zu laut sind ihr die Flugzeuge, die am nahe gelegenen Konrad-Adenauer-Flughafen starten und landen – auch in der Nacht: Der Köln-Bonn-Airport ist – neben Leipzig, Amsterdam Schiphol, Paris-Charles-de-Gaulle, Madrid und Brüssel – einer von wenigen europäischen Grossflughäfen, an denen kein Nachtflugverbot gilt.

Voll verkabelt ins Bett

Vor dem grossen Fenster zu Bastians Kinderzimmer haben die Forscher vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin einen Ausleger mit Mikrophon montiert. Das zeichnet in der Nacht sämtliche Geräusche im Freien auf. Ein zweites Mikrophon steht direkt an der

Leiter von Bastians Hochbett, es misst allen nächtlichen Lärm im Kinderzimmer, auf Ohrhöhe. Daraus und aus den Daten, die die Elektroden auf Bastians Kopf und Haut liefern, wollen die Forscher ableiten, wie es um seinen Schlaf bestellt ist. Und quantifizieren, inwieweit die Flugzeuggeräusche Bastian beim Schlafen stören.

«Polysomnographie» nennt sich diese Methode; sie ist seit Jahrzehnten das Arbeitspferd der Schlafforschung. Sie kombiniert ein EEG zur Erfassung der Hirnströme mit einem EKG für die Herzfrequenz und einem EMG, das über Anspannung und Entspannung der Muskeln Buch führt. Weitere Elektroden registrieren die Bewegungen der Augen, ein Messgerät am Finger die Sauerstoffsättigung des Blutes. Diese Daten bilden ab, wann ein Proband vom Wachen zum Schlummern gleitet und wann er vom Tiefschlaf in eine traumintensive Phase wechselt. Oder wenn der Mensch erwacht: Dann beschleunigt der Herzschlag, die Augen zucken suchend umher, im Gehirn entlädt sich ein Feuerwerk neuronaler Aktivität, die Muskeln spannen sich an.

Rund zwanzig Mal geschieht das pro Nacht bei gesunden Personen – ohne dass der Schlafende davon überhaupt etwas merkt. Die natürlichen Wachphasen in der Nacht sind so kurz, dass sich der Mensch am Morgen gar nicht mehr daran erinnern kann. Doch wenn die natürliche Abfolge von Schlafphasen gestört wird, dann ist der Mensch am Morgen schlapp und unerholt.

Den polysomnographischen Aufzeichnungen sieht man allerdings nicht an, ob das Aufwachen Teil des natürlichen Rhythmus von Tiefschlaf und sachtem Schlummer ist oder durch eine Störung verursacht wurde. Deshalb

brauchen die Wissenschaftler zusätzlich die Tonaufnahmen im und vor dem Haus. Wacht der Proband innerhalb von 90 Sekunden nach einem Störgeräusch auf, gilt das Aufwachen als «lärmgemacht».

Bettina Ehbauer vom DLR klebt Elektroden an Bastians Kopf und Brust fest. Bunte Kabel schlängeln sich in den Halsausschnitt seines T-Shirts und von dort in ein schwarzes Kästchen, das Ehbauer mit einem Gürtel an Bastians Taille befestigt. Es ist eine langwierige Prozedur. Bastian überbrückt das lange Stillhaltenmüssen mit Youtube-Videos: Trampolintricks für Wagemutige. Der kleine Bruder kommt noch einmal gute Nacht sagen. Bastians Mutter füllt einen Fragebogen aus. Die Wissenschaftler wollen wissen, ob es gerade wichtige Ablenkungen in Bastians Leben gibt – einen Test in der Schule, zum Beispiel, oder ein krankes Haustier.

Nur der Finger leuchtet

Nach gut einer Stunde sind alle Elektroden aufgeklebt, alle Kontakte kontrolliert. Bastian schlüpft unter die Decke. Im Schein des Raketelämpchens am Bett schaltet Bettina Ehbauer die Messgeräte und die Mikrofone an. Die Aufzeichnung läuft. Das Licht wird gelöscht, nur noch die rote LED-Anzeige am Finger mit dem Sauerstoffmessgerät leuchtet. Draussen ist es dunkel geworden, der Ausleger mit dem Mikrophon hebt sich nur noch als schwarze Kontur vor dem wolkenlosen Nachthimmel ab. Es ist ganz still. «Gute Nacht, Basti, schlaf schön.» – «Gut Nacht.» Vom Nordostrand des Horizonts lösen sich die Positionslichter eines Flugzeugs, Sekunden später zieht es mit fernem Grollen über die Siedlung.

Pädiater hatten Susanne Bartels und Julia Quehl, die Leiterinnen der Fluglärmstudie «Midas», gewarnt: Kinder in diesem Alter würden kaum vier Nächte lang bei der Stange bleiben, jeden Abend das Prozedere mit den Elektroden erdulden. Doch die beiden Psychologinnen beobachten das Gegenteil: Die jungen Probanden ihrer Studie geniessen die Coolness des «Roboter-Outfits», gehen an den Messtagen nicht genervt, sondern mit Gedanken an «Star Wars»-Abenteuer oder an Raumfahrer zu Bett. Quehl und Bartels hatten auf rund fünfzig teilnehmende Kinder in den Sommern von 2016 und 2017 gehofft, doch schon dieses Jahr haben sie dreissig Kinder in der Studie. Mancher Proband melde sich bei den Wissenschaftlerinnen, weil Klassenkameraden oder Freunde aus dem Verein mitgemacht und davon erzählt hätten, so Bartels. Und natürlich werden auch junge Studienteilnehmer für ihre Mühen entschädigt: Nach überstandener Messung gibt es einen Gutschein, den die Kinder im Vergnügungspark oder für Spielzeug einlösen können. Und zum Naschen Fruchtgummis in Flugzeugform.

In über fünfzig Jahren Fluglärmforschung haben Wissenschaftler unterschiedlichster Disziplinen in einer Art interdisziplinärem Kraftakt die Folgen unerwünschten Fluglärms zu quantifizieren versucht: Epidemiologen haben Krankheitsfälle im Umfeld grosser Flughäfen analysiert und mit jenen in der punkto Lärm unbelasteten Bevölkerung verglichen. Sie fanden Zusammenhänge zwischen Lärmbelastung und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, aber auch zwischen Lärmbelastung und bestimmten psychischen Erkrankungen oder der Konzentrationsfähigkeit. Schlafmediziner, Biologen und Akustiker haben Testpersonen im Labor Fluggeräusche vom Band vorgespielt, um die unmittelbaren Auswirkungen auf die Schlafqualität der Probanden zu untersuchen. So fand man heraus: Töne sind schlimmer als Rauschen. Geräusche, deren Pegel langsam ansteigt, sind weniger schlimm als solche mit grossem «Knalleffekt». Feldstudien wie die, an der Bastian teilnimmt, wiederum verlegen das Labor ins heimische Schlafzimmer. Nur dort schläft der Proband wie gewohnt, nur dort sind die Geräusche die gewohnten.

Braucht es angesichts dieser Fülle an Publikationen wirklich noch eine weitere Studie? Ist nicht längst klar, dass Fluglärm krank macht – erst recht, wenn er den Schlaf stört? Und was fängt man an mit den gewonnenen Daten, da der Flugverkehr nun einmal mit Wohl und Wehe zu unserer modernen Gesellschaft gehört?

Keine Politik machen

Nur ist Fluglärm eben nicht bloss ein Forschungsfeld, sondern immer auch ein Politikum. Neben der Angst um die eigene Gesundheit ist viel Geld mit im Spiel: Die Gewinne von Flughafenbetreibern und Airlines, die Arbeitsplätze Tausender Angestellter. Mancher Anrainer hofft auf eine möglichst hohe monetäre Entschädigung für den Wertverlust des Eigenheims. Im Tauziehen um Betriebsreglemente und nächtliche Flugverbote verkommen Studienergebnisse mitunter zur Munition im Kampf um die Wahrung der jeweiligen Interessen: Die Ergebnisse mancher Untersuchung, im wissenschaftlichen Fachblatt noch zurückhaltend formuliert als «Hinweise auf einen Zusammenhang», werden Vertretern der Presse gegenüber schnell einmal zum unumstürzlichen Beweis umgemünzt. Wer sich als Wissenschaftler so vor den Karren der einen oder anderen Interessengruppe spannen lässt, schürt bloss die Angst der Lärmgeplagten.

«Unabhängig bleiben!», ist deshalb Bartels' Devise. Die Midas-Studie sei ausschliesslich aus DLR-Mitteln finanziert, komme ohne Drittmittel aus, betont sie. Es gehe darum, eine Datenbasis zu legen, anhand deren Schutzkonzepte verbessert und vielleicht auch irgendwann diese eine, zentrale Frage beantwortet werden kann: Wie viel Lärm ist zu viel?

Dabei stehen Fluglärmforscher vor der schwierigen Aufgabe, eine so individuelle Angelegenheit wie das Lärmempfinden mit einer möglichst universellen Masszahl zu beziffern – wohlweisend, dass in ausgenommen lärmigen

Umgebungen Menschen wohnen, die sich an den Geräuschen kaum oder gar nicht stören, während andere bereits in vergleichsweise stillen Gegenden leiden.

Wenn Schall stört, sei eine Mischung aus physiologischen und psychologischen Effekten am Werk, erläutert Bartels: Nur einen Drittel der Reaktion eines Menschen auf Störgeräusche könne man mit akustischen Parametern wie der Lautstärke und der «Anstiegssteilheit» (vulgo: dem Knalleffekt) erklären. Ein weiterer Drittel entfällt auf das, was Psychologen «Moderatorvariablen» nennen; dazu zählen das individuelle Lärmempfinden und die persönliche Einstellung zum Flughafenbetrieb. Wer findet, dass Flugreisen vermeidbar sind, dass Flughäfen und Airlines nur auf Profit aus sind, oder Angst vor einem Absturz hat, wird auch den Lärm an der Start- und Landebahn nicht gelassen hinnehmen können.

Auch die Historie eines Flughafens spielt eine Rolle: In Frankfurt beobachtete man, dass sich während des Ausbaus weitaus grössere Teile der Bevölkerung massiv gestört fühlten als davor und danach. Dieser zweite Drittel lässt sich praktisch nur über Fragebögen ermitteln. Beim letzten Drittel der individuellen Reaktion auf ein Störgeräusch tappt die Wissenschaft noch im Dun-

Die jungen Probanden der Studie gehen mit Gedanken an «Star Wars»-Abenteuer zu Bett.

keln: Welche Faktoren dabei eine Rolle spielen, kann bis dato niemand mit Gewissheit sagen.

Hinzu kommt: Fluglärm verändert sich. Obwohl die grossen Airports Europas jedes Jahr mehr Fluggäste abfertigen, ist es um die meisten Flughäfen im Lauf der vergangenen dreissig Jahre stiller geworden. Das liegt in erster Linie daran, dass die Turbinen neuerer Flugzeugtypen wesentlich leiser sind. Weil mehr grössere Flugzeuge eingesetzt werden, ist die Anzahl Flugbewegungen, die bis zur Jahrtausendwende in Europa noch anstieg, in den letzten fünfzehn Jahren gleich geblieben. Lärmarme Anflugverfahren und Instrumentenlandesysteme minimieren den Geräuschteppich bei der Landung.

Der technische Fortschritt ist hörbar; auch in Zürich, wo sich die vom Fluglärm betroffene Region von 1987 bis 2015 auf weniger als die Hälfte verkleinert hat. Die Zeit arbeitet für die Lärmgeplagten – und macht den Wissenschaftlern die Arbeit umso schwerer.

Der lauteste Flughafen Europas

«Die Zeit», sagt Wolfgang Hoffmann schnaubend, «arbeitet viel zu langsam!» Zum Termin hat er einen dicken Leitungs-Ordner mitgebracht, voller Karten, Tabellen, Studien, Gesetzestexte. Aber er braucht den dicken Stapel Unterlagen nicht, er weiss alles auswendig. Seit mehr als vierzig Jahren ist Hoffmann, Mitbegründer der Lärmschutzgemeinschaft Flughafen Köln/Bonn e. V., gegen den Fluglärm um Köln und Bonn aktiv.

Der Zuwachs bei den Flugbewegungen habe alle Fortschritte punkto leiserer Triebwerke aufgefressen, erklärt Hoffmann beim Gespräch im Garten der Müllers, die sich ebenfalls in der Lärmschutzgemeinschaft engagieren. Ein kleiner Springbrunnen plätschert, Frau Müller serviert Kaffee und Raffaelo. Bis zum südöstlichen Ende der Start- und Landebahnen sind es von hier immerhin sechzehn Kilometer Luftlinie. Aber wenn am Köln-Bonn-Airport ein Flugzeug abhebt, bricht das Gespräch im Garten einen Moment lang ab.

In der Nacht sei Köln/Bonn der geschäftigste Flughafen Europas. Hoffmann zeigt auf eine Grafik: Der blaue Balken mit den durchschnittlich 61 Flugbewegungen pro Nacht im Rheinland überragt jene von Paris, Madrid, London, Amsterdam und Brüssel. In Lohmar, Heumar, Hennef und Siegburg sei es nachts sogar lauter als tagsüber. Hoff-

Fortsetzung auf Seite 52

Fortsetzung von Seite 51

Wie viel Lärm ist zu viel?

mann breitet Tabellen mit Messwerten aus der Region Rhein-Sieg hervor: Anzahl Überflüge, maximale und gemittelte Schallpegel.

Einen qualitativen Unterschied zwischen dem Fluglärm von heute und jenem der 1960er oder 1980er Jahre kann der 80-jährige Hoffmann, der den Fluglärm im Rhein-Sieg-Kreis nun schon so lange bis ins letzte Detail mitverfolgt hat, nicht erkennen: «Das ist ja das Kriminelle», betont er, «dass man gar nicht aufwachen muss und trotzdem geschädigt wird. Das ist wissenschaftlich bewiesen.»

Kaum vergleichbare Studien

Am Schweizerischen Tropen- und Public-Health-Institut (Swiss TPH) in Basel sieht man das nicht so definitiv: Es gebe in den Studien über die Auswirkungen von Fluglärm noch viele Unsicherheiten, sagt Martin Röösl. Der Epidemiologe leitet am Swiss TPH die Abteilung Umwelt und Gesundheit. Jeder Flugplatz sei anders: Die Zusammensetzung der Bevölkerung und deren Lebensgewohnheiten, Geografie und Auslastung des Flugplatzes, die Länge der Nachtflugsperre – all das spiele eine Rolle und führe dazu, dass «letztlich jede Studie eine neue Situation» untersuche.

Darüber hinaus müssten epidemiologische Studien notgedrungen viele

«Die Hinweise, dass der Nachtflug besonders schädlich ist, verdichten sich.»

Martin Röösl
Epidemiologe, Schweiz. Tropeninstitut Basel

relevante Aspekte aussen vor lassen, sagt Röösl; darunter so wichtige Fragen wie die, wie lange die Menschen bereits im belasteten Gebiet lebten, wie lärmempfindlich sie seien und wie stark sie sich gestört fühlten. Bei Feldstudien wiederum habe man das Problem, dass nicht alle Bevölkerungsteile erfasst würden: Wer ohnehin schon schlecht schläft, tut sich wohl kaum noch mehrere Nächte mit polysomnographischen Messungen zu, so die nüchterne Bilanz des Basler Epidemiologen.

Was kann unter diesen Umständen noch als wissenschaftlich gesicherte Erkenntnis punkto Fluglärm gelten?

Röösl formuliert bedächtig: «Die Hinweise, dass der Nachtflug besonders schädlich ist, verdichten sich», sagt er. Als gesichert könne ausserdem gelten, dass Fluglärm einen Effekt auf das Herz-Kreislauf-System habe und dass in lärmbelasteten Regionen etwas mehr Herzinfarkte aufträten. Doch wisse man noch nicht, ab welchem Ausmass an

Lärm es gefährlich werde. Der Dreh- und Angelpunkt bei der Gestaltung von Nachtflugsperren und dem Ausweisen von Schutzzonen sei ein weisser Fleck auf der Landkarte der Forschung.

Noch weniger Belastbares lässt sich über besonders schutzbedürftige Bevölkerungsgruppen sagen. Was, wenn Kinder, Chronischkranke oder Alte viel empfindlicher reagieren als der Durchschnitt?

Mit dem Fluglärm arrangiert

Am Sonntagmorgen regnet es in Strömen. Auf dem Trampolin im Garten hat sich ein Teich gebildet. Der Herbst hat den Spätsommer abgelöst. Bastians Vater öffnet die Tür, aus der Küche schwebt Kaffeeduft heran. Julia Quehl und Kirstin Büscher, die heute als Assistentin dabei ist, ziehen im Flur lautlos die Schuhe aus und schleichen auf Zehenspitzen die Treppe zum Kinderschlafzimmer hinauf. Nötig wäre das nicht gewesen – Bastian ist schon wach.

Julia Quehl baut das Equipment ab. Kirstin Büscher misst nach, ob alle Elektroden noch funktionieren; erst dann löst sie den weissen Klebstoff mit warmem Wasser aus Bastians Haaren. Das zieht. Bastian lenkt sich, so gut es geht, mit einem Comic ab, während die Eltern den Tisch fürs Sonntagsfrühstück decken: Brötchen, Orangensaft, Gemüseschnitze.

Was der Fluglärm mit ihren Kindern mache, das frage sie sich oft, erzählt Bastians Mutter. Ihr Mann, sagt sie, könne «sogar ohne Ohrenstöpsel schlafen», sie selbst hingegen schlafe oft schlecht und leide unter dem Fluglärm. Allzu oft schleiche sich der Gedanke ein, dass die Flugzeuge auch die Entwicklung ihrer Kinder beeinträchtigen könnten – auch wenn Bastian und sein kleiner Bruder nicht den Eindruck machten, wegen des Lärms schlechter zu schlafen.

Bastians Familie hat vor fünf Jahren ihr Haus mit Garten bezogen. Man habe sich mit dem Fluglärm arrangiert, weil alles andere passe: «Wir fühlen uns hier wohl, es ist grün, es ist zentral.» Und «dass man schnell am Flughafen ist, hat ja auch Vorteile», ergänzt der Vater. Wegziehen komme überhaupt nicht infrage. Aber ein Nachtflugverbot, das würde ihr helfen, sagt Bastians Mutter.

Für die Wissenschaftlerinnen ist noch eine andere Lösung denkbar: eine Lärmschutzzone, die nicht nach akustischen, sondern nach physiologischen Kriterien bemessen wird, wie sie auf Basis der Forschungsarbeiten vom DLR um den Flughafen Halle-Leipzig eingerichtet wurde. Dort setzte man sich zum Ziel, dass die Anwohner im Mittel weniger als einmal pro Nacht aufgrund von Fluglärm aufwachen. Das Resultat: eine im Vergleich zu anderen Flughäfen riesige Lärmschutzzone, die sich 45 Kilometer lang und 6 Kilometer breit ellipsenförmig um die Start- und Landebahnen zieht.

In Umfeld des Flughafens Köln/Bonn hingegen hantiert man – wie auch sonst fast überall – weiterhin mit dem international gängigen, doch nur mässig aufschlussreichen «Lärmäquivalent» (Leq), das den Mittelwert der Lautstärke über mehrere Stunden angibt – mit teilweise abstrusen Ergebnissen: Wenige extrem laute Ereignisse bekommen den gleichen Leq-Wert wie viele mässig laute Überflüge. Wer einen leichten Schlaf hat, steht deshalb mit niedrigerem Leq unter Umständen schlechter da als mit einem höheren – oder fühlt sich gestört, obwohl das Gebiet laut Lärmkarte überhaupt nicht in der belasteten Region liegt.

Bastian hat trotzdem gut geschlafen. Das Computerspiel, in das die Forscher vom DLR die Tests zur Messung von Konzentrationsfähigkeit und Reaktions-schnelligkeit der Kinder verpackt haben, ist ihm schon viel zu einfach. Es geht darum, möglichst viel von einem Käse vor einer gefrässigen Maus zu retten. Bastian spielt zum Spass noch eine Extrarunde und schaut dabei nur mit einem halben Auge hin – so ist es spannender.

Kirstin Büscher geht mit ihm den Schlussfragebogen durch: Die Flugzeuge hätten ihn in der Nacht kaum gestört, gibt Bastian zu Protokoll. Aufgewacht sei er auch nicht. Dann will Büscher noch wissen, was ihm an der Studie besonders gefallen habe. «Der Geschenkgutschein», sagt Bastian und grinst. «Und die Gummibärchen in Flugzeugform.»