

Den Atem lesen

Unser Atem enthält ganz individuelle Informationen über unseren Körper und unseren Gesundheitszustand. Der Pneumologe Malcolm Kohler will daraus wichtige Erkenntnisse für die Medizin gewinnen. Von Katja Rauch

Stellen Sie sich vor, dicht vor Ihnen geht eine faszinierende Frau. Oder ein attraktiver Mann, wie Sie wollen. Es ist klirrend kalt. Nach jedem Atemzug bleibt hinter der Person vor Ihnen eine weisse Wolke in der Luft hängen. Wenn Sie hindurchgehen, füllt sich Ihre Lunge damit. Eine reizvolle Vorstellung, diese flüchtige Verbindung mit dem anziehenden Menschen? Oder eher ein leicht banger Gedanke, was von der anderen Person Sie sich da gerade einverleiben?

Tatsächlich entlassen wir beim Ausatmen jedes Mal Hunderte bis Tausende von verschiedenen Molekülen in die Luft. Es sind kleine, verräterische Produkte aus unseren Stoffwechselforgängen, die anzeigen, was wir gerade gegessen und getrunken haben, ob wir müde, gesund oder krank sind und auch, ob wir unsere Medikamente vorschriftsmässig eingenommen haben. Sogar welche Bakterienstämme unseren Darm besiedeln, lässt sich am Atem ablesen.

Unverwechselbares Atemmuster

Es sind solche Moleküle in der Atemluft, die zum Beispiel Hunde wahrnehmen, wenn sie für das Erkennen von Brustkrebs trainiert werden. Oder jene Ratten in Afrika, die auf das Schnüffeln von Tuberkulose abgerichtet sind. Der Mensch mit seinem beschränkten Geruchssinn hingegen muss sich mit Maschinen behelfen, um diesen aussagekräftigen Molekülen auf die Spur zu kommen. Aufgeschlüsselt mit einem Massenspektrometer wird der menschliche Atem zum offenen Buch. Die Wissenschaft lernt dessen Sprache gegenwärtig immer besser zu verstehen. Malcolm Kohler, Professor für Pneumologie an der UZH und Direktor der Klinik für Pneumologie am Universitätsspital Zürich, hat vor fünf Jahren mit dieser Entzifferungs- und Übersetzungsarbeit begonnen, gemeinsam mit Renato Zenobi, Professor für Analytische Chemie an der ETH Zürich.

Als Erstes haben der Pneumologe und der Chemiker herausgefunden, dass jeder Mensch

sein eigenes, unverwechselbares Atemmuster besitzt. Zwar verändert sich dieses im Tagesverlauf, analog zum Fortschreiten der körpereigenen inneren Uhr, aber ansonsten bleibt es mindestens über einige Wochen hinweg stabil. Dieser individuelle Mix an Molekülen, den eine Person ausatmet, ist so einzigartig wie ihr Fingerabdruck.

Die Mediziner müssen diesen Atemstoss also nur auffangen, durch ein Massenspektrometer jagen und erhalten so unzählige, aussagekräftige Daten. Im Moment ist diese Maschine noch so gross wie ein mittlerer Tisch, etwa einen Meter fünfzig auf einen Meter. Dazu kommt ein eigens montierter Vorbau, worin die winzigen Atemtröpfchen mit einem «Elektrospray» beschossen und so die enthaltenen Moleküle elektrisch geladen werden. Das Massenspektrometer misst sie danach anhand von Ladung und Gewicht.

Jeder Mensch verfügt über ein eigenes Atemmuster, das so einzigartig ist wie sein Fingerabdruck.

Dieses Gerät im Wert von mehr als einer halben Million Franken ist hochsensibel. Es muss noch das winzigste Molekülvorkommen erfassen, damit die Forscher ein gesundes Atemmuster von einem kranken zu unterscheiden lernen. Denn aus dem ganzen Spektrum mit Tausenden von Möglichkeiten zeigen einige wenige Moleküle an, ob jemand zum Beispiel unter Asthma leidet, unter Lungenkrebs, Diabetes oder einer Niereninsuffizienz. Und diese Moleküle müssen die Wissenschaftler zuerst einmal identifizieren.

Für einige Krankheiten haben die Forscher von Universitätsspital und ETH die Geheimnisse der Atemluft bereits gelüftet. So zum Beispiel für die chronische Lungenkrankheit COPD. Ebenso für die Obstruktive Schlafapnoe, eine Erkrankung, bei der der Schlund in der Nacht immer wieder



Einmal kräftig blasen: Mit einem Massenspektrometer entschlüsselt

kollabiert, was zu gefährlichem Sauerstoffmangel führen kann. Der daraus resultierende oxidative Stress offenbart sich auch in der Atemluft. Man kann sich vorstellen, wie froh potenzielle Schlafapnoepatienten sind, wenn sie in Zukunft zur Diagnose nur noch zehn Sekunden in ein Röhrchen blasen müssen, statt eine lange, unangenehme Nacht voller teurer Untersuchungen im Schlaflabor durchstehen zu müssen.

Unter klar abgegrenzten Forschungsbedingungen funktioniert der Atemtest zur Erkennung von Obstruktiver Schlafapnoe bereits nachweisbar. Abgegrenzt meint dabei: im Vergleich von ausgesuchten, bereits sicher diagnostizierten Patienten mit erwiesenermassen gesunden Kont-



wird der menschliche Atem zum offenen Buch. Mediziner lernen dessen Sprache immer besser zu verstehen.

rollpersonen, und zwar im gleichen Alter, mit dem gleichen Geschlecht, dem gleichen Body-Mass-Index und gleichen Rauch- respektive Nichtrauchergewohnheiten.

Ins Mobiltelefon hauchen

Das alltägliche Leben jedoch ist komplizierter. Wenn der «Mann und die Frau von der Strasse» als normale Untersuchungspatienten überwiesen werden, haben sie vielleicht gerade eine Erkältung durchgemacht. Oder sie essen fürs Leben gern Indisch und damit auch Gewürze, die einen unbekanntem Einfluss auf das ausgeatmete Molekülmuster haben. «Das sind Hunderte Faktoren, die wir im kontrollierten Setting der ersten

Studien herausgefiltert hatten, um die charakteristischen Unterschiede zu erkennen», erklärt Pneumologe Malcolm Kohler. Nun will er mit seinem Team prüfen, ob die neuen Tests auch in der medizinischen Praxis halten, was sie versprechen. «Falls das der Fall ist», meint Kohler, «werden sie die Medizin grundlegend verändern.»

Die Hoffnung ist, dass sich in Zukunft viele Krankheiten allein über einen Atemstoss erkennen lassen. Sind die entscheidenden Moleküle einmal identifiziert, braucht es dafür kein riesiges Analysegerät mehr, ein Kleingerät oder ein Sensor würde möglicherweise reichen. Damit könnte dann zum Beispiel jede Arztpraxis sofort und zuverlässig Lungenerkrankungen diagnostizieren,

wofür heute noch eine Blutentnahme, Tests der Lungenfunktion und Röntgenbilder nötig sind. Für andere Abklärungen sind Handyapplikationen mit einem Minisensor denkbar. Ein Diabetiker, so die Vision, wird dann bloss sein Mobiltelefon anhauchen müssen und dieses sagt ihm, wie es gerade um seinen Blutzuckerwert steht.

Die Patienten werden ihren Ärztinnen und Ärzten auch nicht mehr verheimlichen können, wenn sie vereinbarte Medikamente nicht eingenommen haben. Bei zu hohem Blutdruck etwa vergessen mehr als 50 Prozent der Patienten, ihre blutdrucksenkenden Mittel zu schlucken, dies haben Untersuchungen gezeigt. Das sei, sagt Malcolm Kohler, bei fast allen Therapien so, bei denen es nicht um die Behandlung von spürbaren Symptomen geht – ein zu hoher Blutdruck tut eben nicht weh. Statt dass der Arzt in seiner Verzweiflung über den ausbleibenden Therapieerfolg nochmals ein Rezept für ein weiteres Medikament ausstellt, kann er den Patienten dann einfach ins Röhrchen blasen lassen und weiss Bescheid. Auf dem Boden der Wahrheit lässt sich in diesem Fall natürlich ein ganz anderes Arzt-Patient-Gespräch führen.

Schatz aus der Atemwolke

Viel wichtiger wird zudem der richtige Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme werden. Denn alle Stoffwechselprozesse und damit auch die bessere oder schlechtere Aufnahme von Medikamenten folgen dem Ablauf der inneren, chronobiologischen Uhr. «Es ist wichtig, wenn ich Ihnen als Arzt sagen kann, dass ein Medikament abends um acht viermal so gut wirkt wie morgens um acht», betont Kohler. Für einige Medikamente ist dieser Zusammenhang von Tageszeit und Wirkung bereits bekannt, etwa für die Schmerzmittelgruppe der Morphine, für Säureblocker oder Cholesterinsenker. Via ausgeatmete Moleküle wird sich der beste Medikamentenspiegel im Blut noch für viele weitere Medikamente optimal bestimmen lassen.

Letztlich geht es beim neuentdeckten Schatz aus der Atemwolke allerdings um sehr viel mehr als um schnelle und günstige Diagnose- und Medikamententests. Die entscheidenden Fragen für die Forscher lauten: Werden die identifizierten krankheitsanzeigenden Moleküle durch die Krankheit selbst produziert? Oder weisen sie auf

bereits vorher ablaufende Stoffwechselforgänge hin, die eine Krankheit erst begünstigen und auslösen? Je mehr sich die Mediziner mit diesen Fragen beschäftigen, desto besser verstehen sie, was bei einer Krankheit im Körper abläuft. So entstehen Ansatzpunkte für neue Therapien, mit denen sich gezielt in den Stoffwechsel eingreifen lässt.

Kein Wunder, interessiert sich auch die Pharmaindustrie für diese Forschungsprojekte. «Wenn gewisse Moleküle aussagen, wie schwer eine Erkrankung ist. Oder wie lange Sie überleben werden damit. Oder ob ein Medikament besser wirkt, wenn Sie diese Moleküle aufweisen oder jene – dann handelt es sich dabei um sogenannte Biomarker», sagt Malcolm Kohler. Für die Pharmafirmen sind diese Biomarker äusserst wichtige Informationen und somit viel Geld wert. «Auf der anderen Seite», hält Kohler fest, «brauchen wir das Know-how und den finanziellen Background der Industriepartner, damit unsere Forschungen schneller zu Anwendungen führen, von denen die Menschheit profitiert.»

Lungenkranke Rennpferde

Aus der ganzen Welt erhalten die Zürcher Forscher Vorschläge, was man noch anfangen könnte mit den Geheimnissen, die der Atem preisgibt. Einige davon sind eher bizarr. So schrieb zum Beispiel ein Walforscher aus den USA, ob man nicht die Atemwolke der Wale analysieren könnte, um auf diese Weise mehr über die Tiere zu erfahren. Oder ein Scheich aus Saudi-Arabien wollte den Atem seiner Rennpferde untersuchen lassen. Diese hochgezüchteten Tiere laufen Gefahr, ein Lungenödem zu entwickeln. Bei einem mehrere Millionen Franken teuren Pferd würde es sich durchaus lohnen, das im Voraus zu wissen.

Von anderen Forschungsteams sind ebenfalls schon etliche interessante Vorschläge gekommen. «Aber unsere Ressourcen sind nicht unendlich», konstatiert Malcolm Kohler. Denn schon jetzt haben die Zürcher Forschungsteams alle Hände voll zu tun und das Massenspektrometer läuft vom morgens bis abends auf Hochtouren.

Kontakt: Prof. Malcolm Kohler, malcolm.kohler@usz.ch

Die Geister vergangener Kriege

Die Anglistin Elisabeth Bronfen erforscht das amerikanische Kriegskino, das als Erinnerungsmaschine die Geschichte am Leben erhält, in die Gegenwart transportiert und immer wieder neu interpretiert. Von Thomas Gull

In der Schlusssequenz des Films «Im Westen nichts Neues» blicken die toten Soldaten über die Schultern zurück und dem Betrachter direkt in die Augen. Der Film macht die Toten des Ersten Weltkriegs wieder lebendig und mit ihnen den Krieg, den sie erlebt haben. Diese ständige Wiederkehr des Kriegs und die Auferstehung der Gefallenen auf der Leinwand ist das grosse Thema, mit dem sich die Anglistin Elisabeth Bronfen in ihrem Projekt «Spectres of War. Hollywood and America's Traumatic History of Conflict» seit Jahren beschäftigt. Die Geschichte der USA ist in der Tat eine schier endlose Folge von Kriegen – vom Unabhängigkeitskrieg über den Bürgerkrieg und die beiden Weltkriege und Vietnam bis zu den militärischen Auseinandersetzungen im Irak, in Afghanistan und in Syrien.

Tanzen zum Swing

Bronfens Erkenntnisinteresse ist auch persönlich motiviert: «Ich wollte mehr wissen über die Kriegserfahrungen meiner Eltern, indem ich mir die Filme anschaute, die sie sich auch angeschaut haben», erzählt die Anglistin. Ihre Eltern waren ein ungleiches Paar: Ihr Vater, Sohn jüdischer Immigranten, die nach dem Ersten Weltkrieg aus Osteuropa in die USA geflohen waren, war beim CID (Crime Investigation Department), einem Teil der US-Army, der während des Zweiten Weltkriegs in England stationiert war. Nach dem Krieg leitete er als Offizier der amerikanischen Militäregierung in Bayern eine Untersuchungseinheit, die unter anderem die Aufgabe hatte, die deutsche Bevölkerung zu entnazifizieren. In Berchtesgaden, wo sich in der Endphase des Kriegs Hitlers Führerhauptquartier befand, lernte er seine künftige Frau kennen – die Tochter eines deutschen Offiziers. Sie hätten dabei das Fraternisierungsverbot zwischen amerikanischen Soldaten und deutschen Zivilisten untergraben und «so stelle ich es mir gerne vor, im Offiziersclub zum Klang des Swing getanzt»,

schreibt Bronfen in ihrem Buch «Hollywoods Kriege – Geschichte einer Heimsuchung».

Sie betreibe Ahnenforschung, indem sie sich alte Filme anschaut, sagt Bronfen. Das ist eine Erfahrung, die die Anglistin mit vielen Amerikanerinnen und Amerikanern teilt. In den meisten amerikanischen Familien gibt es Väter und Grossväter, die im Krieg waren. «Irgendwie schwingen Kriegserfahrungen in unseren Familiengeschichten immer mit. Die Kinder haben so etwas wie eine generationenübergreifende Heimsuchung (transgenerational haunting) geerbt, die sie zwingt, sich mit Krieg auseinanderzusetzen, um etwas über ihre Eltern zu erfahren, das diese

*«Das Kino ermöglicht uns,
etwas zu begreifen, das man rein
rational eben nicht begreifen kann.»*

Elisabeth Bronfen, Anglistin

gar nie angesprochen oder erzählt haben.» Für alle – jene, die selber im Krieg waren, jene, die zuhause geblieben sind und die Nachgeborenen – sind die Kriegsfilme Hollywoods so etwas wie eine grosse Erinnerungsmaschine, die die Geschichte am Leben erhält, in die Gegenwart transportiert und immer wieder neu interpretiert.

Aus der Sicht von Bronfen ist die cineastische Aufarbeitung von Geschichte ein besonders interessanter Zugang zur Vergangenheit, weil mit Emotionen und persönlichen Schicksalen gearbeitet wird. «Entscheidend ist für mich, dass unsere Einbildungskraft, unsere «capacité imaginaire» aktiviert wird. Das unterscheidet das Kino von der Geschichtsschreibung – es ermöglicht uns, etwas zu begreifen, das man rein rational eben nicht begreifen kann.»

Das amerikanische Erzählkino habe eben auch einen pädagogischen Auftrag, betont Bronfen. Es vereint in sich den Grundsatz des «prodesse et