

Neues Licht auf das Körperkraftwerk

Die optische Messung der Energieproduktion in den menschlichen Zellen soll Aufschluss über ein breites Spektrum an Krankheiten geben. Innsbrucker Forscher verfeinern dafür ein Gerät zur Analyse der Mitochondrienfunktion.

Sascha Aumüller

Die menschlichen Zellen haben eigene Kleinkraftwerke – die Mitochondrien. Dafür interessieren sich normalerweise Sportmediziner. Sie messen deren Sauerstoffverbrauch beim Verbrennen von Nährstoffen, um so zu erfahren, wie viel Energie in den Zellen produziert wird. Arbeiten die Mitochondrien auf Hochtouren, können gut versorgte Zellen absolute Spitzenleistungen erbringen – das wollen freilich auch Sportler.

Wie verlässlich die Mitochondrien als körpereigene Energieversorger sind, rückt aber immer stärker ins Zentrum der gesamten medizinischen Forschung. Ist die Leistung dieser Kraftwerke gering, steigt beim Menschen offensichtlich die Anfälligkeit für unterschiedliche Risiken. Zusammenhänge zwischen der Zellatmung – also der Aktivität der Mitochondrien – und dem Auftreten von chronischen Entzündungen wurden ebenso bereits festgestellt wie ein Versagen der Immunabwehr.

Besonders wertvoll könnten neue Erkenntnisse über die Mitochondrienfunktion zudem für die Altersforschung sein: Degenerative Krankheiten wie Parkinson und Alzheimer, aber ebenso Typ-2-Diabetes, werden mit Vorgängen bei der Zellatmung in Verbindung gebracht. Dabei entstehen nämlich Sauerstoffradikale, deren eigentliche Aufgabe es ist, die Signalübertragung in der Zelle zu unterstützen. Allerdings können diese Radikale auch toxisch sein und eine Schädigung molekularer Strukturen mit katastrophalen Folgen für die Zelle bewirken.

Ursache-Wirkung unklar

„Ob diese Krankheitsbilder tatsächlich die Folgeerscheinungen einer zu geringen Mitochondrienleistung sind, oder ob es sich umgekehrt verhält, kann aber derzeit noch nicht beurteilt werden“, erklärt Erich Gnaiger von der Medizinischen Universität Innsbruck. Es wäre demnach ebenso denkbar, dass die Atmung der Zelle und somit deren Vitalität erst durch das Auftreten dieser Krankheiten abnimmt. Vor allem eine Erweiterung der Methoden zur Messung zusätzlicher Aktivitäten der Mitochondrien könnte diese Frage von Ursache und Wirkung nach und nach beantworten.

Eine von Gnaiger geleitete Arbeitsgruppe am Daniel-Swarovski-Forschungslabor der Medizinischen Universität Innsbruck widmet sich dieser Aufgabe seit langer Zeit. Vor rund 20 Jahren entstand dabei Oroboros Instruments, ein universitäres Spin-off, in dem ein Gerät zur Messung der Zellatmung entwickelt wurde. Dieser Oxygraf misst – wie der Name schon sagt – in einem elektrochemischen Verfahren eine einzige Variable: die Sauerstoffmenge, die Mitochondrien benötigen, um etwa aus Kohlehydraten und Fettsäuren Energie zu erzeugen. Gespeichert wird der Antrieb für die Zellen als chemische Verbindung – das sogenannte Adenosintriphosphat (ATP).

Hinzu kam nun erst vor kurzem eine zweite Messmethode – die optische. Dabei werden fluoreszierende Farbstoffe eingesetzt, die

im Wortsinn neues Licht auf die Aktivitäten der Mitochondrien werfen. Sichtbar wird dadurch etwa die Bildung der Sauerstoffradikale, deren Rolle im Alterungsprozess es noch zu klären gilt. Überdies kann auf diese Weise die ATP-Produktion und das Membranpotenzial von Mitochondrien genauer analysiert werden. Letzteres soll es ermöglichen, eine verringerte Leistung der Kraftwerke schon früher zu erkennen.

Kooperative Zelle

Vorangetrieben wird die verbesserte Diagnose aktuell in einem K-Regio-Projekt. Dabei handelt es sich um ein Förderprogramm der Standortagentur Tirol für kooperative Forschungsprojekte. Beim Projekt „MitoCom“ arbeitet die Medizinische Universität konkret mit der Leopold-Franzens-Universität und zwei Tiroler KMUs zusammen. Die Laufzeit von drei Jahren dient dabei einem intensiven Austausch zwischen den Geräteentwicklern und möglichst vielen Bereichen der Biomedizin. Einsetzbar ist die neue Technologie nämlich auch in der Krebsforschung oder in der Transplantationschirurgie.

Dass die Forscher bereits Ende April 2012 mit dem Houska-Preis für praxisrelevante Forschungsprojekte ausgezeichnet wurden, mag auch mit dem modularen Aufbau des Projekts zusammenhängen: Die ersten Geräte kommen nämlich schon jetzt in der Praxis zur Anwendung. Unabhängig von der erweiterten Diagnose ergeben sich für Patienten noch andere Vorteile, wie Gnaiger erklärt: „Da die beiden Messverfahren simultan ablaufen, muss nur einmal eine geringe Menge an Gewebe entnommen werden. Im Gegensatz zu früher ist überdies eine lokale Betäubung ausreichend.“

Was das bessere Kennenlernen der Mitochondrien aber auch in Zukunft nicht ersetzen kann, ist hohe körperliche Aktivität. Bewegung gilt als Grundvoraussetzung für das Durchatmen der Zellen.



Mehr Mitochondrien bedeuten mehr Leistung. Spitzensportler haben diese Gleichung bereits für sich genutzt. Nun soll auch die Altersforschung davon profitieren. Foto: APA

Die Maschine macht nun auch Erfahrungen

Theoretische Physiker aus Innsbruck geben dem Roboter ein Gedächtnis

Peter Illtischko

Ein Roboter ist, im Vergleich zum Menschen, ein ziemlich einfach gebautes Stück Hightech. Er hat üblicherweise kein Gedächtnis, und seine Lernfähigkeit ist begrenzt. Seine Bestimmung ist, wenngleich es sicher intelligentere Formen gibt, am Beispiel einer im Handel erhältlichen Maschine ablesbar: eingeschaltet werden, als Staubsauger durch die Wohnung düsen, sauber machen und bei jedem Hindernis umdrehen.

Aber könnte das nicht auch natürlicher funktionieren? Was müsste geschehen, um dem Robo-

ter die Möglichkeit zu geben, „Erfahrungen“ zu speichern und mit dieser Information im Hintergrund neue Ereignisse abschätzen zu lernen?

Der theoretische Physiker Hans Briegel hat nun gemeinsam mit der Doktorandin Gemma De las Cuevas ein Modell für künstliche Intelligenz entwickelt, mit dem die Maschinen in ihrem Verhalten variabler und natürlicher werden und auf „Erfahrungen“ in einem eigenen „Gedächtnis“ zurückgreifen können. Die Arbeit, die am Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und an der Universität Inns-

bruck entstand, wurde vom Wissenschaftsfonds FWF gefördert und nun in der Open-Access-Fachzeitschrift *Scientific Reports* der Nature Publishing Group veröffentlicht.

Briegel schrieb hier keine Anleitung zum Bau eines menschenähnlichen Roboters, wie er im Gespräch mit dem STANDARD betonte. Er entwickelte ein Konzept, wie ein mit künstlicher Intelligenz ausgestatteter Agent Umwelteindrücke aufnehmen und in einem „episodisch-kompositorischen“ Gedächtnis in Form von Clips ablagern kann. Die Clips werden wie in einem Netzwerk verknüpft, wodurch der Agent Handlungsmöglichkeiten durchspielen kann, wenn er mit einem Ereignis konfrontiert ist.

Plattform für Simulationen

Bei der Erinnerung an positive und negative Erfahrungen werden Wahrscheinlichkeiten und Zufälligkeiten mit einbezogen, die auf einer eigenen Plattform simuliert werden können. So erhält der Agent Spielraum für Variationen und kreatives Verhalten – rudimentär zwar, aber weitaus komplexer, als das gängige Maschinen machen können. Würde er zum Beispiel einen Ball auf die Straße rollen sehen, ein Zufall also, dann sollte er daraus mithilfe des Clip-

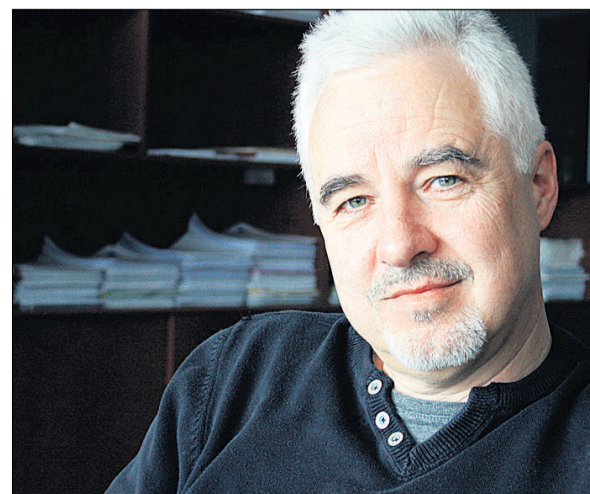
Erfahrungsschatzes schließen können, dass höchstwahrscheinlich ein Kind hinterherläuft.

Wie könnte dieser theoretische Ansatz in die Praxis umgesetzt werden? Briegel lässt sich auf keine großen Visionen ein: „Die Maschinen würden vielleicht nicht so mechanisch agieren, wie wir das bisher kennen“, sagt er. Technisch würde die Umsetzung des Konzepts wohl auch heute schon machbar sein, sagt er. Briegel: „Ich bin ein Optimist.“ Man könne schon heute über Maschinen nachdenken, die Clips durchmischen und immer wieder in einer neuen Anordnung abspielen. Das wäre die Basis für die Herstellung eines derartigen Roboters.

Das Paper endet mit der Idee, die Prinzipien der künstlichen Intelligenz mit jenen der Quanteninformation zu verknüpfen. Briegel hält das für sinnvoll und macht damit auch die Tür für eine breitere Anwendung der Quanteninformation jenseits von Computermodellen auf.

Die quantenmechanische Interferenz, die wellenartige Überlagerungen verschiedener Clips im Gedächtnis erlaubt, könnte zu leistungsfähigeren Agenten führen, die Informationen aus der Umwelt deutlich schneller verarbeiten.

www.uibk.ac.at
www.iqoqi.at



Hans Briegel entwarf in seinem neuen Paper das Modell eines Roboters, der natürlicher reagiert. Die Umsetzung seiner Theorie bezeichnet er als möglich: „Ich bin ein Optimist.“ Foto: Uni Innsbruck