

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

Pressemitteilung 24. Februar 2015

Biologische Datenübertragung: energieeffizient durch kurze Wege

Die Haarzellen des Innenohres übersetzen feinste Vibrationen in Nervenimpulse. Damit gehören sie zu den Zellen des menschlichen Körpers, die zu Höchstleistungen in der Lage sind. Durch genau aufeinander abgestimmte biophysikalische Prozesse gelingt es ihnen, akustische Signale in elektrische Impulse zu übersetzen, die dann ins Gehirn „gefunkt“ werden. Um das Gehirn jederzeit auf dem Laufenden zu halten, sind sie in der Lage im Millisekunden Takt Botenstoffe freizusetzen. Mit bisher unerreichter Präzision haben jetzt Wissenschaftler der *Universitätsmedizin Göttingen* sowie des *Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation* untersucht, wie kurz die Wege tatsächlich sind, über die sich der wichtige Botenstoff Calcium innerhalb der Zelle ausbreitet und wie genau dieser Botenstoff dabei auf Kurs gehalten wird. Durch kurze Wege wird die Energieeffizienz der Zellen maximiert. Ihre Ergebnisse veröffentlichen die Forscher heute in der amerikanischen Fachzeitschrift PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America).

Auf kurzen Wegen durch die Zelle

Sinnes- und Nervenzellen übertragen Informationen durch spezialisierte Zellkontakte, sogenannte Synapsen. Die Synapsen übertragen Informationen, indem sie, in winzigen Bläschen (Vesikel) gespeicherte Botenstoffe, freisetzen. Die Anweisung zur Freisetzung der Botenstoffe gibt die Zelle mit Hilfe von Calciumionen. In der Zellmembran der „sendenden“ Zelle befinden sich molekulare „Poren“, sogenannte Ionenkanäle, die die Erregung der Zelle registrieren und ab einem bestimmten Niveau Calciumionen in die Zelle einfließen lassen. In Haarzellen bilden diese Poren die entscheidende Übersetzungsmaschine zwischen den akustischen Signalen und den Nervenimpulsen, die ans Gehirn gesendet werden.

Um ihren Auftrag der Signalübertragung zu erfüllen, müssen die Calciumionen zügig ihre Empfängerstation auf dem Vesikel erreichen. Dieser molekulare Sensor befindet sich nach den Berechnungen der Max-Planck-Forscher weniger als 20 Nanometer (ca. 200 Atomdurchmesser) von der Eintrittsstelle der Ionen in die Zelle entfernt. Es ist physikalisch unvermeidlich, dass sich viele der Ionen als Irrläufer in die falsche Richtung bewegen oder über das Ziel hinausschießen. Ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen würden diese fehlgeleiteten Ionen außerhalb der Kontaktstellen die wirkungslose Freisetzung von Botenstoffen auslösen. Weil nach jeder Freisetzung Vesikel und Botenstoffe aufwändig

recycelt werden müssen, wäre eine solche Freisetzung am falschen Ort für die Zelle eine erhebliche Energieverschwendung.

Die neuen Ergebnisse der Göttinger Forscher zeigen, dass die Haarzellen im Innenohr spezielle Eiweiße, sogenannte Calciumpuffereiweiße, verwenden, um „fehlgeleitete“ Ionen einzufangen. Mit Hilfe einer großen Konzentration von drei verschiedenen Calciumpufferproteinen minimieren die Zellen ihren Energieaufwand, vermeiden somit Energieverschwendung.

Zusammenspiel experimenteller und computergestützter Zellforschung

Um herauszuarbeiten was in der Haarzelle des Ohres bei der Freisetzung der Botenstoffe genau passiert, hat das Göttinger Forscherteam um die Professoren Moser und Wolf genetische, zellbiologische und computergestützte Methoden zusammengeführt.

Ermöglicht wurden die Arbeiten durch eine von Prof. Beat Schwaller entwickelte Triple-Knock-Out Maus, in der alle wesentlichen Calciumpufferproteine der Haarzellen genetisch entfernt wurden. Mit ihrer Hilfe konnten die UMG-Forscherinnen Tina Pangrsic und Nicola Strenzke erstmals untersuchen, wie sich die Freisetzung der Botenstoffe und die neuronale Kodierung bei Abwesenheit der Calciumpuffer verändern. „Durch Messungen der Botenstoff-Freisetzung der Zelle stellen wir fest, dass bei der Triple-Knock-Out-Maus viel mehr der Vesikel freigesetzt werden.“ sagt Tina Pangrsic. Das konnten die Forscher mit einer von Erwin Neher in Göttingen entwickelten präzisen Messungen an der Zelloberfläche nachweisen, die sich mit jedem freigesetzten Vesikel um ein winziges Flächenstück vergrößert. „In den Hörnervenzellen war diese zusätzliche Freisetzung jedoch nicht nachweisbar, sie verhielten sich völlig normal.“ ergänzt Nicola Strenzke. „Im Inneren der Haarzelle wird also eine unnötig große Maschinerie in Gang gesetzt und Botenstoff auch außerhalb der Synapsen freigesetzt.“

Die beiden Max-Planck-Forscher Mantas Gabrielaitis und Prof. Fred Wolf haben ein Computermodell entwickelt, das die Bewegungen der Calciumionen und die Rolle der Calcium bindenden Eiweiße mathematisch berechnet. „Wir wollten wissen, was die Haarzelle macht, um die Anweisung zur Freisetzung von Botenstoffen in der Zelle auf die richtige Stelle zu konzentrieren.“, erklärt Mantas Gabrielaitis. „Wir haben herausgefunden, dass die Calcium bindenden Eiweiße der Haarzelle helfen, das Calcium-Signal auf die Synapse zu fokussieren und so Schallinformation mit minimalem Energieeinsatz weiterzugeben.“

Mit dem Ergebnis ihrer Grundlagenforschung lässt sich jetzt grundsätzlich besser verstehen, wie die entscheidenden Sinneszellen des Hörsinnes „Höchstleistungen erbringen ohne Energie zu verschwenden.“, betonen die Göttinger Wissenschaftler Moser und Wolf.