

Laudatio: Horst-Wiehe-Preis an Jan Clemens

Bernhard Ronacher

In seiner Dissertation mit dem Titel „Neural computation in small sensory systems – lessons on sparse and adaptive coding“ befasste sich Jan Clemens mit der Frage, wie höchst relevante akustische Reize, die Lockgesänge von Feldheuschrecken und Grillen, im Nervensystem dieser Insekten verarbeitet und repräsentiert werden. Die Untersuchung war auf zwei Hauptthemen fokussiert, die auch für wesentlich komplexere Wirbeltier-Gehirne intensiv diskutiert werden: sparsame und adaptive Codierung („sparse coding“ und „stimulus-dependent coding“). An dieser Dissertation besticht nicht nur die Fülle der höchst bemerk-

wenswerten neuen Ergebnisse, die unser Verständnis dieser kleinen Nervensysteme um wesentliche Schritte weitergebracht haben, sondern auch die Stringenz der Argumentation und die Präzision der Diskussion. Bereits in der Einleitung übertrug Jan Clemens erfolgreich das Prinzip des sparse coding auf seinen eigenen Text: in knapp 7 Seiten gab er eine hervorragende Einführung in die Ideenwelt des sparse und stimulus-dependent coding und in die Fragestellungen seiner eigenen Arbeit.

Zunächst stellte Jan Clemens eine Lösung für ein bisher etwas rätselhaftes Phänomen vor. Der Startpunkt der Hör-



Jan Clemens, Gewinner des Horst-Wiehe-Preises der DZG 2013 bei seinem Vortrag in der Aula der Ludwig-Maximilians-Universität München, umgeben von König Ludwig I. von Bayern (links) und König Max I. Joseph von Bayern (rechts).

Foto Sabine Gießler

bahn von Feldheuschrecken sind je etwa 60-80 Rezeptorzellen pro Ohr. Deren Axone ziehen ins dritte Thorakalganglion und münden dort in eine erste wichtige Verarbeitungsstation, die von lokalen Interneuronen gebildet wird. Den Ausgang dieser ersten Verarbeitungsstation bilden die aufsteigenden Neurone, von denen wir etwa 15 verschiedene Typen kennen. Nur deren Axone erreichen das Gehirn, wo die endgültige Bewertung von akustischen Signalen stattfindet – diese Neurone haben somit eine Schlüsselposition bei der Informationsübertragung. Der unerklärte Befund war nun, dass die Antworten (Spikemuster) der aufsteigenden Neurone wesentlich unpräziser und variabler sind als die Antworten der vorgeschalteten Rezeptoren und lokalen Neurone. Durch Anwendung einer von Houghton & Sen 2008 eingeführten Multi-Neuron-Metrik (Neural Computation 20, 1495-1511) konnte Jan Clemens zeigen, dass beim Übergang von den lokalen zu den aufsteigenden Neuronen eine *Änderung des Codierungsprinzips* stattfindet: ihre Reaktionen werden dekorreliert – d.h. dass individuelle Neurone recht spezifisch nur auf bestimmte Eigenschaften von akustischen Reizen reagieren – und die Information ist in einem „labeled-line“ Populationscode niedergelegt. Erstaunlich ist, dass dieser Wechsel des Codierungsprinzips bereits auf einer sehr frühen Verarbeitungsstufe, nur zwei bis drei Synapsen nach den auditorischen Rezeptoren geschieht. Dadurch dass die aufsteigenden Neurone in ihren Spikeantworten nun primär das Vorhandensein bestimmter Merkmale signalisieren, kommt es auf die genauen Zeitpunkte der Spikes offenbar

nicht mehr so genau an, so dass der beobachtete Verlust an Präzision der Spikemuster erklärlich wird: das „WAS“ wird wichtiger als das „WANN“ (Clemens et al. 2011, PNAS 108: 13812-13817).

Jan Clemens beließ es nicht bei dieser Beschreibung, sondern konnte anhand von klug konzipierten Reizen und intrazellulären Ableitungen auch ein Modell plausibel machen, wie beim Übergang von den lokalen zu den aufsteigenden Neuronen die Dekorrelation und eine „sparsame“ Codierung erreicht werden. Dazu wendete er im dritten Kapitel zweidimensionale linear-nichtlineare Modelle auf die Neurone der Hörbahn an. Neben dem spike-triggered average *STA* (d.h. dem gemittelten Stimulus-Segment, welches einem Aktionspotential vorangeht), wurde als weiterer Parameter auch die spike triggered covariance (*STC*) bestimmt (d.h. die Reizstruktur, wo die Varianz – statt wie beim *STA* der Mittelwert – zwischen dem durch einen Spike getriggerten Stimulus und dem gesamten Stimulus-Ensemble am stärksten differierte). Die Einbeziehung der *STC* ermöglichte die Unterscheidung von zwei Klassen von Neuronen, die weitgehend mit den Klassen der identifizierten lokalen bzw. aufsteigenden Neurone übereinstimmten. Die Einbeziehung des *STC*-Filters in Form eines logischen ‚AND-NOT‘ führte zu einer Dekorrelation der Antworten bei verschiedenen auditorischen Neuronen und damit zu einer erhöhten Populations-„Sparsamkeit“. Diese tiefgründige Analyse machte verständlich, wie in wenigen Schritten die Transformation von einer relativ einheitlichen Repräsentation der Stimuli auf der Ebene der lokalen Neurone



Der Preisträger empfängt Preis und Urkunde aus den Händen der Präsidentin

Foto Sabine Gießler

zu einem „labeled-line“ Code bei der nächsten Verarbeitungsstufe, den aufsteigenden Neuronen, realisiert werden kann (Clemens et al. 2012, J. Neuroscience 32:10053-10062).

Einen besonders originellen Abschnitt der Dissertation stellte das vierte Kapitel dar, in dem die oben geäußerte Vermutung, das „WHAT“ werde wichtiger als das „WHEN“, eine wesentliche Rolle spielte. Hier hat Jan Clemens ein Modell entwickelt, um die Attraktivität von Kommunikations-Signalen für die Heuschrecken vorhersagen zu können. Die Grundstruktur des Modells nimmt mehrere „feature detectors“ (d.h. Filter mit nachgeschalteter Nichtlinearität) an, deren Ausgänge

über längere Zeit gemittelt und dann gewichtet zu einem Wert Y, als Vorhersage für die Attraktivität des Musters summiert werden. Die zeitliche Mittelung scheint zunächst paradox, wenn man die zeitlich stark strukturierten und sehr regelmäßigen Heuschrecken-Gesänge vor Augen hat. Die Eleganz dieses Ansatzes liegt darin, dass Herr Clemens einen genetischen Lernalgorithmus genutzt hat, der – ohne weitere Vorwegannahmen! – allein auf Basis der Verhaltensantworten arbeitete, die für eine große Anzahl von Stimuli gewonnen wurden. Der Lernalgorithmus optimierte die Parameter der Filter und Nichtlinearitäten nun so, dass der Ausgangswert Y eine möglichst gute Überein-

stimmung mit den gemessenen Verhaltensantworten lieferte. Ein Modell mit nur zwei „feature detectors“ ermöglichte eine ausgezeichnete Vorhersage der Verhaltensantworten ($r^2 = 0.89$; die Berechnung erfolgte anhand eines Teils der Daten, die Überprüfung des Modells mit dem Rest). Eine Erkenntnis von ganz besonderer Tragweite ergab sich, wenn man die beiden „feature detectors“ einzeln betrachtete: Der Ausgangswert eines Detektors korrelierte überhaupt nicht mit den Verhaltensantworten ($r^2 = 0.04$) und erst die Linear-Kombination der beiden Filter ergab dann die sehr hohe Korrelation ($r^2 = 0.89$) zwischen Vorhersage und gemessener Verhaltensantwort. Dieses Ergebnis dürfte weitreichende Konsequenzen für neurophysiologische Untersuchungen an Einzelzellen haben und beinhaltet ein wichtiges *Caveat*: es ist durchaus möglich, dass man bei Einzelzellableitungen Neurone „übersieht“, obwohl sie eine wichtige Funktion für die Verarbeitung verhaltensrelevanter Stimuli haben: wenn sie nur eine schwache Korrelation mit Reizparametern aufweisen und ihre Funktion eben erst in Kombination mit anderen Zellen offenbar wird. Diese Erkenntnis

wird auf Einzelzellableitungen beruhende neurophysiologischen Untersuchungsmethoden sicher stark beeinflussen. (Clemens & Ronacher 2013, J. Neurosci 33: 12136 –12145).

Jan Clemens ist ein höchst origineller, produktiver Kopf, dabei ein sehr angenehmer, bescheidener Mensch. Seine Dissertation ist völlig zu Recht mit „*summa cum laude*“ ausgezeichnet worden. Mit seiner Vielseitigkeit, seinen umfassenden Kenntnissen der relevanten Literatur und seiner Kreativität in der Anwendung theoretischer Methoden auf konkrete sensorische Probleme war Jan Clemens eine enorme Bereicherung für meine ganze Arbeitsgruppe und bereichert seit 2012 als Postdoc in ähnlicher Weise die Arbeitsgruppe von Mala Murthy (Princeton). Seit der Preisverleihung im September 2013 sind bereits drei weitere Arbeiten mit Jan Clemens als Erst- bzw. Koautor publiziert oder akzeptiert worden (J. Comput. Neurosci.; Nature; J. Comp. Physiol. A), was zusätzlich unterstreicht, dass der Horst-Wiehe-Preis 2013 an einen würdigen Kandidaten verliehen wurde.

Prof. Dr. Bernhard Ronacher,
Institut für Biologie der Humboldt-Universität zu Berlin
Invalidenstraße 43, D-10115 Berlin
bernhard.ronacher@rz.hu-berlin.de