



Vor 100 Jahren: Nobelpreis für Golgi und Ramón y Cajal

Leo Peichl und Ernst-August Seyfarth

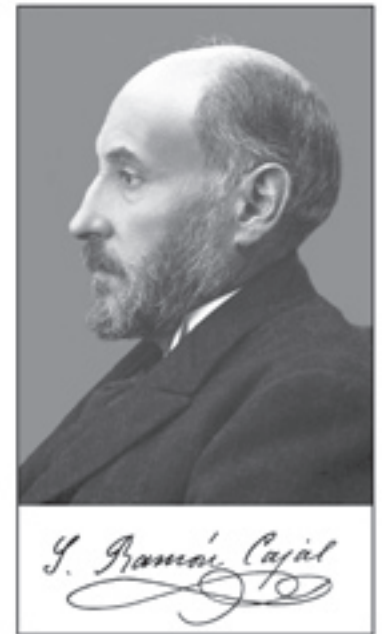
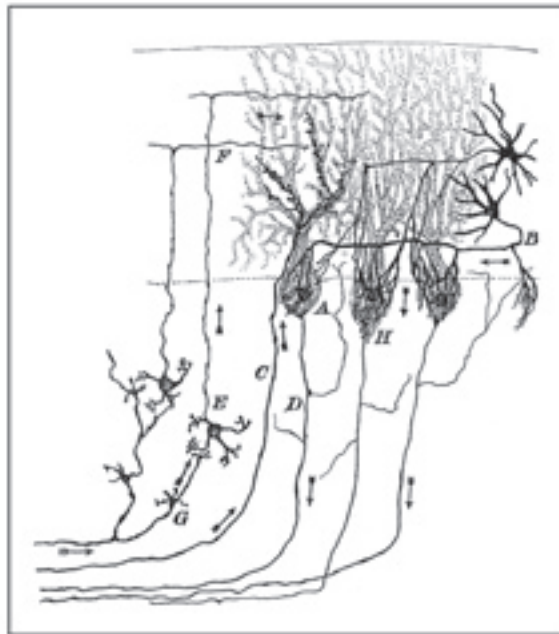
Vor 100 Jahren, am 10. Dezember 1906, erhielten der Italiener Camillo Golgi und der Spanier Santiago Ramón y Cajal in Stockholm den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin „in Anerkennung ihrer Arbeiten zur Struktur des Nervensystems“. Es war der erste Nobelpreis, der für neurowissenschaftliche Arbeiten vergeben wurde.

Camillo Golgi (1843 – 1926) entwickelte nach einer Zufallsbeobachtung 1873 die „reazione nera“ (schwarze Reaktion), eine Silbersalz-Imprägnation, die heute Golgi-Färbung heißt. Er konnte damit zum ersten

Neurofibrillen-Darstellung und führte damit bahnbrechende Untersuchungen an praktisch allen Teilen der Nervensysteme von Vertebraten und Invertebraten durch. Er zog aus seinen morphologischen Beobachtungen auch weit reichende funktionelle Schlüsse über die Informationsverarbeitung im Nervensystem (Abbildung 1, Mitte). Das Konzept der „dynamischen Polarität“, in dem Signale von den Dendriten eines Neurons aufgenommen und über sein Axon weitergegeben werden, geht im Wesentlichen auf Ramón y Cajal zurück. Die meisten seiner Befunde und Schlussfolgerungen haben

Nervensystem aus einem Kontinuum zusammengewachsener Zellelemente besteht – einem feinen Netzgeflecht oder „Retikulum“. Es ist eine Ironie der Geschichte, dass Ramón y Cajal und viele andere Neuronisten ihre stärksten Belege für die Neuronenlehre mit der Golgi-Färbung gewannen, während der eigentliche Erfinder der Färbung sich nie davon überzeugen ließ.

Als Ramón y Cajal und Golgi den Nobelpreis erhielten, waren beide anerkannte Persönlichkeiten ihres Fachs und hatten bedeutende histologische Schulen begründet. In Stockholm trafen sie sich zum ersten Mal persönlich, und man könnte vermuten, dass die Begegnung von Wohlwollen und vielleicht sogar wissenschaftlicher Annäherung geprägt war. Nichts dergleichen! In seinem öffentlichen Nobelvortrag am 11. Dezember zog Golgi polemisch über die Neuronenlehre her und konstatierte ihren Niedergang. Ramón



Portraits und Autographen von Camillo Golgi und Santiago Ramón y Cajal; Portraits © The Nobel Foundation. Mitte: Diese schematische Zeichnung von Ramón y Cajal zeigt Golgi-gefärbte Neurone und ihre funktionellen Verbindungen im Cerebellum. Pfeile geben die postulierte Richtung des Signalfusses an. Purkinje-Zellen (A) mit Axon (D), Sternzellen (B) mit Axon und axonalen Endigungen (H), Kletterfasern (C), Körnerzellen (E) mit Axon (F), Moosfaser (G); aus Ramón y Cajals Croonian Lecture (1894).

Mal individuelle Nervenzellen vollständig darstellen und erhielt Bilder von vorher nicht gekannter Klarheit. Dies eröffnete eine neue und bis heute fruchtbare Ära der Neuroanatomie. Golgi publizierte wichtige Arbeiten zum Feinbau des Nervensystems. Weitere Entdeckungen des großen Anatomen sind die nach ihm benannten Mechanorezeptoren und der Golgi-Apparat nahe beim Zellkern.

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) entwickelte die Golgi-Färbung weiter, perfektionierte andere Färbungen wie etwa die

bis in die Gegenwart Bestand; für viele ist er der größte Neuroanatom aller Zeiten.

Am bekanntesten ist Ramón y Cajal wohl als Mitbegründer und vehementer Verfechter der Ende des 19. Jahrhunderts entstandenen Neuronenlehre. Diese besagt, dass das Nervensystem aus morphologisch und funktionell unabhängigen, individuellen Einheiten aufgebaut ist – den Nervenzellen oder Neuronen. Golgi hingegen blieb zeitlebens im Lager der „Retikularisten“. Sie vertraten die bis dahin vorherrschende Hypothese, dass das

y Cajal konterte in seinem Vortrag am 12. Dezember betont sachlich; er konnte die Fakten für sich sprechen lassen. In seinen Lebenserinnerungen urteilt Ramón y Cajal über Golgi: „Einer der am meisten eingebildesten und sich selbst beweihräuchernden begabten Männer, die ich je gekannt habe.“

Die Neuronenlehre setzte sich in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts durch, wurde seither weiter entwickelt und modifiziert und ist bis heute die Grundlage unseres Verständnisses des Nervensystems.

So wäre die Entdeckung der Synapsen und der chemischen Signalübertragung zwischen Nervenzellen mit erregenden und hemmenden Neurotransmittern ohne die Neuronenlehre undenkbar gewesen.

Dies führt uns zu weiteren runden Jahrestagen von Nobelpreisverleihungen an Neurowissenschaftler. Vor 70 Jahren (1936) erhielten Sir Henry H. Dale (1875-1968) und Otto Loewi (1873-1961) den Preis für ihre Entdeckungen zur chemischen Neurotransmission. Vor 25 Jahren (1981) erhielten den Preis David H. Hubel (geb. 1926) und Torsten N. Wiesel (geb. 1924) für ihre Erkenntnisse zur Informationsverarbeitung im visuellen System, sowie Roger W. Sperry (1913-1994) für seine Arbeiten über die funktionelle Spezialisierung der Großhirn-Hemisphären.

Literatur

- <http://nobelprize.org> [Website der Nobel-Stiftung mit den Biographien und Nobel-Vorträgen aller Preisträger]
- Golgi, C. (2001): On the fine structure of the pes Hippocampi major (with plates XIII-XXIII). *Brain Res. Bulletin* 54: 461-483. [Kommentierte Übersetzung des 1883 erschienenen Artikels durch M. Bentivoglio und L. W. Swanson; eindrucksvolle Farbtafeln]
- Llinas, R. (2003): The contribution of Santiago Ramón y Cajal to functional neuroscience. *Nature Neurosci.* 4: 77-80.
- Peichl, L. und Seyfarth, E.-A. (1997): Der Streit um das Neuron. *Biologie in unserer Zeit* 27: 24-33.
- Ramón y Cajal, S. (1894): The Croonian Lecture – La fine structure des centres nerveux. *Proc. R. Soc. Lond.* 55: 444-468. [Frei zugänglich über <http://www.jstor.org>]
- Ramón y Cajal, S. (1937): Recollections of my life (Translated by E. H. Craigie). *Memoirs of the American Philosophical Society* 8. Nachdruck (1989) durch MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Shepherd, G.M. (1991): *Foundations of the neuron doctrine*. New York: Oxford University Press.

Korrespondenzadressen

Leo Peichl

Max-Planck-Institut für Hirnforschung
Deutschordenstr. 46
D-60528 Frankfurt/Main
Tel.: + 49 (0) 69 96769 348
Fax: + 49 (0) 69 96769 206
e-mail: peichl@mpih-frankfurt.mpg.de

Ernst-August Seyfarth

Institut für Zellbiologie & Neurowissenschaft,
J.W. Goethe-Universität, Biologie-Campus
Siesmayerstr. 70, D-60054 Frankfurt/Main
Tel.: + 49 (0) 69 798 24704
Fax: + 49 (0) 69 798 24750
e-mail: seyfarth@zoology.uni-frankfurt.de

ARTIKEL DES QUARTALS

Vorgestellt von Andreas Kleinschmidt, INSERM U562, Service Hospitalier Frédéric Joliot CEA, 4, place du Général Leclerc, Orsay, Frankreich

Temporal and spatial enumeration processes in the primate parietal cortex

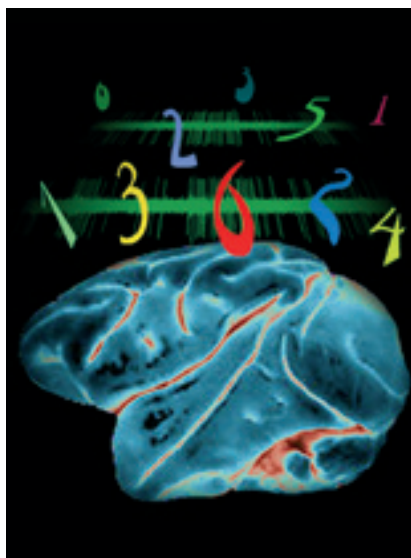
Andreas Nieder, Ilka Diester und Oana Tudusciuc

Erschienen in *Science*. 2006, September 8; 313(5792):1431-5

Mathematik ist einer der Eckpunkte der Schulbildung. Ähnlich wie Sprache kann man Mathematik als eine spezifisch menschliche kognitive Leistung auffassen und Zahlensymbole und andere abstrakte Konventionen als ein Kulturprodukt, über das Tiere nicht verfügen. Zahlen sind jedoch auch in unser Sprachlexikon eingetragen, und psychophysische, neuropsychologische und – mittels funktioneller Bildgebung – neurophysiologische Ergebnisse weisen auf erhebliche Überlappungen zwischen den

Um Kinder in unsere Zahlenkultur einzuführen, lässt man sie zunächst sprachliche und dann visuelle Symbole mit der konkreten Anzahl von Objekten assoziieren. Mit anderen Worten: Kinder lernen zählen. Was aber schon vorher besteht, ist ein Verständnis für Anzahlen. Und dieses Vorverständnis lässt sich nicht nur ontogenetisch an Kleinkindern, sondern auch phylogenetisch z.B. bei nicht-menschlichen Primaten zeigen. Und es lässt sich sogar transkulturell bei Naturvölkern zeigen, die kein differenziertes und präzises Symbolwerk von Zahlen entwickelt haben. Diese Befunde aus Verhaltensstudien belegen eindrucksvoll, dass es vorsprachliche und vorkulturelle Prozesse mathematischen Denkens gibt. Was sind die neuronalen Grundlagen dieser Fähigkeit?

Ausnahmsweise haben in diesem Bereich funktionelle Bildgebungsstudien am menschlichen Gehirn eine Vorreiterrolle gehabt und gezeigt, dass die Aktivität in bestimmten Regionen des Parietallappens mit der Kodierung numerischer Größe zusammenhängt. Diese Regionen – ebenso wie Bereiche des Frontallappens – steigern ihre Durchblutung, während der Proband rechnet. Dies passiert selbst dann noch, wenn kein präzises Rechnen mehr gefragt ist, sondern nur noch rasches Abschätzen und Größenvergleich. Und es passiert, sowohl wenn Zahlen visuell als auch wenn sie auditorisch dargeboten werden. Dieselbe kleine parietale Region reagiert ebenfalls auf konkrete Anzahlen, d.h. z.B. die Anzahl von Punkten in einem Bild, und nicht nur auf Zahlensymbole oder –wörter. Während die Befunde funktioneller Bildgebung bereits ein Jahrhundert zurückreichende neuropsychologische Beobachtungen erklären können, helfen sie jedoch nicht weiter, die genauen neuronalen Kodierungsvorgänge



Hirnprozessen von Rechnen und Sprachverarbeitung hin. Außer von Sprache hängt Rechnen weiterhin von Aufmerksamkeit und Kurzzeit- wie auch Langzeitgedächtnis ab. Aber ist mathematisches Denken wirklich nur ein zusammengesetzter Prozess oder gibt es Elemente, die einer spezifischen und eigenständigen kognitiven Domäne entspringen?