



## Binyamin Hochner, Ph.D.

Professor für Neurobiologie

The Hebrew University of Jerusalem

Born in 1946 in Rehovot, Israel

Studied Neurobiology at the Hebrew University of Jerusalem

SCHWERPUNKT

---

### ARBEITSVORHABEN

## Vergleichende evolutionäre Analyse der Organisation und Funktion des Nervensystems des Oktopus und Implikationen für seinen einzigartigen Körperbauplan und sein Verhalten@

Below I describe several of the ideas that I intend to examine

- The neuromuscular system of the octopus arm is distinctly different from those of vertebrates and arthropods. What functional advantages does this unique neuromuscular system achieve for the function and control of flexible versus skeletal appendages?
- Many of the octopus' flexible arm movements involve "waves" as a basic pattern. Is this type of control used to simplify motor control by reducing the degrees of freedom? Or do these wave-like patterns of motion bring other benefits?
- The octopus uses a unique motor control space, the reconfiguration space, in which it dynamically shapes its arm structure. What do such new dimensions of control contribute to soft versus rigid appendages?
- The central and peripheral neural system in the octopus has a special organization, where commands for movement generation are embedded in the peripheral nervous system of the arm. What is gained by this division of control between peripheral and higher motor centers?
- For many years I have been studying mechanisms of short- and long-term synaptic plasticity in both simple and advanced invertebrates, like the octopus, and also in mammals. Summarizing and meta-analyzing the findings of my and other groups may advance our understanding of the evolution and function of complex brain systems.

### Recommended Reading

Gutfreund, Y., T. Flash, G. Fiorito, and B. Hochner. 1998. "Patterns of arm muscle activation involved in octopus reaching movements." *J. Neurosci.* 18, 15: 5976-5987.

Sumbre, G., G. Fiorito, T. Flash, and B. Hochner. 2006. "Octopuses use a human-like strategy to control precise point-to-point arm movements." *Current Biology* 16: 767-772.

Shomrat, T., I. Zarrella, G. Fiorito, and B. Hochner. 2008. "The octopus vertical lobe modulates short-term learning rate and uses LTP to acquire long-term memory." *Current Biology* 18: 337-342.

## Funktionieren komplexe Gehirne?

### Untersuchungen an Cephalopoden könnten das zeigen

Ich möchte verstehen, wie das Nervensystem komplexe Verhaltensweisen steuert. Durch die Erforschung rezenter Cephalopoden (Oktopoden, Sepien und Kalmare) nähere ich mich diesem Ziel. Man nimmt allgemein an, dass die Cephalopoden unter den Wirbellosen am höchsten entwickelt sind. Ursprünglich haben wir uns für das hocheffiziente motorische System der Cephalopoden interessiert. Mit dem effizienten und vielseitigen Gebrauch ihrer acht langen, flexiblen Gliedmaßen sind Kraken ein hervorragendes Beispiel dafür. Wir arbeiten daran, nicht nur die Prinzipien der Bewegungskontrolle zu verstehen, sondern wir suchen auch nach Anregung für eine neue Art flexibler Robotertechnik. Unsere Untersuchungen gehen von dem üblichen Ansatz aus, biologische Systeme als Ausgangspunkt für künstliche Systeme zu verwenden. Sie können dazu beitragen, das sehr komplexe technische Problem der Erzeugung und Kontrolle von Bewegungen flexibler Gliedmaßen mit unbegrenzter Bewegungsfreiheit (bzw. unbegrenzter Freiheitsgrade im mechanischen Sinn) zu lösen. Wir suchen nach den Prinzipien der Bewegungskontrolle, die sich beim Tintenfisch zur Bewältigung dieser schwierigen Aufgabe entwickelt haben. (Im Vergleich haben unsere gegliederten Arme "nur" sieben Freiheitsgrade.) Ich möchte einige der ausgeklügelten Lösungen erklären, die der Krake verwendet, um seine Arme während zielgerichteter Bewegungen wie "nach Objekten greifen" und "Objekte zum Mund führen" zu steuern.

Im Rahmen dieser Untersuchungen zur Bewegungskontrolle haben wir begonnen, uns näher für die kognitiven Fähigkeiten und das Nervensystem der Cephalopoden zu interessieren; diese sind mindestens so intelligent sind wie niedere Wirbeltiere. Wir meinen, dass die Erforschung der Gehirne rezenter Cephalopoden eine neue evolutionäre Perspektive auf die schwierigste Frage der Wissenschaften eröffnen kann - nämlich wie das Gehirn funktioniert. Das Nervensystem des Tintenfisches enthält eine halbe Milliarde Neuronen, etwa so viel wie das Hirn eines Hundes und erheblich mehr als die 20.000 Neuronen im Gehirn des Seehasen *Aplysia*, einer der am besten erforschten Mollusken. Dennoch hat das Cephalopodengehirn eine wesentlich einfachere Organisation als Wirbeltiergehirne. Die Erforschung dieser einfacheren Gehirne kann dazu beitragen, die universellen Mechanismen komplexer Funktionen wie Erinnern und Lernen zu verstehen - Funktionen, die Cephalopoden exzellent beherrschen. Mollusken unter diesem Gesichtspunkt zu untersuchen, ist besonders interessant, da Eric Kandel und seine Kollegen die neuronalen Mechanismen, die den einfacheren Formen des Lernens und Erinnerns zugrunde liegen, bei *Aplysia* geklärt haben (dafür hat Kandel im Jahre 2000 den Nobelpreis für Medizin bekommen). Der Vergleich zwischen den Cephalopoden und *Aplysia* wird zeigen, ob sich die Mechanismen der primitiveren Molluske auch im fortgeschrittenen Cephalopodengehirn erhalten haben oder ob sich neue, den Wirbeltieren ähnliche Mechanismen unabhängig und konvergent bei diesen intelligenten Wirbellosen entwickelt haben. Ich möchte einige der Erkenntnisse beschreiben, die aus dieser Forschung stammen und zeigen, wie anpassungsfähig die Organisation des Gehirns sein kann.

Hochner, Binyamin (Cambridge, Mass.,2012)

An embodied view of Octopus neurobiology

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=104533360>

Hochner, Binyamin (2010)

Serotonin is a facilitatory neuromodulator of synaptic transmission and "reinforces" long-term potentiation induction in the vertical lobe of octopus vulgaris

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757527124>

Hochner, Binyamin (2009)

Nonsomatotopic organization of the higher motor centers in octopus

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757526721>

Hochner, Binyamin (2008)

The octopus vertical lobe modulates short-term learning rate and uses LTP to acquire long-term memory

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757526861>

Hochner, Binyamin (2005)

Motor primitives in vertebrates and invertebrates

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757526519>

Hochner, Binyamin (2005)

Motor control of flexible octopus arms

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757526233>

Hochner, Binyamin (2001)

Control of octopus arm extension by a peripheral motor program

<https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=757526047>