

## Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Verarbeitung von Duftinformation im Pilzkörper (MB) der Honigbiene *Apis mellifera carnica*. Mittels optischer Messungen (Calcium imaging) von selektiv markierten Neuronen wurden grundlegende Unterschiede in der Duftkodierung zwischen MB und Antennallobus (AL) nachgewiesen, und es wurden Hinweise auf assoziative Plastizität in den MB-intrinsischen Kenyonzellen (KC) gefunden. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse auf das Zusammenspiel von Duftkodierung und neuronaler Plastizität im Kontext von Duftdiskriminierung und -lernen bei Honigbienen.

Kapitel I beschreibt die Funktion des MB für die Duftkodierung. Duftevozierte Netzwerkaktivitäten wurden in drei aufeinander folgenden neuronalen Kompartimenten charakterisiert: zunächst in den Dendriten von Projektionsneuronen (PN), die den AL mit dem MB verbinden, danach in den präsynaptischen Endigungen dieser PNs (Boutons) und schließlich in ihren postsynaptischen Partnern, den *clawed* KC (cKC). Düfte evozierten auf allen drei Verarbeitungsebenen kombinatorische Aktivitätsmuster, allerdings steigerte sich die *sparseness* dieser Muster auf den höheren Verarbeitungsebenen. PN-Dendriten und -Boutons wiesen vergleichbare Antwortspektren auf, gleichwohl zeigten Boutons eine höhere Duftspezifität. Die Transmission von PN-Boutons zu cKC, ging mit einer weiteren Zunahme der *sparseness* des Populationscodes einher. Die Antworten der cKC waren gegenüber denen der PN-Boutons duftspezifischer. Aktivierte cKC waren über die MB Lippe verteilt und nicht in funktionale Untereinheiten gruppiert, ein deutlicher Unterschied zu den PN des AL. Bemerkenswert ist, dass cKC PN Aktivitäten nur innerhalb der ersten 200 ms integrierten und komplexe zeitliche Aktivitätsmuster in kurze, phasische Antworten transformierten. Es waren also zwei Arten von Transformation zu beobachten:

- Eine Zunahme der *sparseness* der Populationscodes, die von einer prä- und postsynaptischen Verarbeitung in Mikroschaltkreisen innerhalb des MBs abhängt.

- Eine Verschärfung der Antwortdynamik von cKC, die vermutlich durch eine breitere inhibitorische rekurrente Schleife verursacht wird.

Kapitel II untersucht die Rolle von cKC beim Duftlernen mit Hilfe der Kombination aus differentieller Konditionierung und Calcium imaging von cKC-Dendriten in der Eingangsregion des MB. Eine Paarung von Duft und Zucker induzierte eine deutliche Verlängerung und/oder einen Anstieg der Duftantworten, ohne dabei das Ensemble der aktivierten cKC zu verändern. 15 Minuten nach der Konditionierung waren die Antworten auf den belohnten Duft verstärkt. Das Muster der aktivierten cKC blieb jedoch stabil. Diese Ergebnisse demonstrieren, dass cKC für die Koinzidenz von Duft und Belohnung empfindlich sind. Daneben geben sie Hinweise dafür, dass die Bildung von Duftgedächtnissen von der Modulation der cKC-Aktionspotentialfrequenz abhängt. Diese Modulation könnte über Ausschüttung von Oktopamin durch das  $VUM_{mx1}$  Neuron initiiert werden, ein Neuron, welches die Belohnungsfunktion beim appetitiven olfaktorischen Lernen repräsentiert.

Die Ergebnisse aus Kapitel I und II wurden in ein funktionales MB-Modell integriert, welches einen, die *sparseness* des cKC-Kodes nutzenden, Lernmechanismus vorschlägt.

Kapitel III stellt eine *in vivo* Präparation der Honigbiene vor, die die Untersuchung von duftevozierter Aktivität im MB mittels der 2-Photonen-Laser-Scanning-Mikroskopie (2PLSM) erlaubt und damit die Begrenzungen der konventionellen Fluoreszenzmikroskopie überwindet. Die dargestellten Daten zeigen, dass sich hierdurch zeitlich und räumlich hochauflösende anatomische und funktionelle Messungen im Bienenhirn kombinieren lassen.