

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Dissertation habe ich funktionelle und morphologische Eigenschaften olfaktorischer Projektionsneurone der Honigbiene *Apis mellifera* untersucht. Zu diesem Zweck habe ich individuelle Projektionsneurone intrazellulär abgeleitet und ihre Duftantworten auf Einzelkomponenten- sowie Multi-komponentendüfte gemessen. Um sie morphologisch charakterisieren zu können habe ich sie intrazellulär gefärbt und eine Methode entwickelt sie in ein allgemeingültiges 3D Referenzsystem, den ‘Atlas des Honigbienenhirns‘, zu integrieren. Im Bezug zu dem geruchsorientierten Verhalten der Honigbiene habe ich elementare Strukturen eines definierten Netzwerkes im Ausgangsbereich der Projektionsneurone identifiziert und diese in Honigbienen unterschiedlicher Alters- und Erfahrungsstadien miteinander verglichen. Die Ergebnisse meiner Dissertation zeigen, dass Dufteigenschaften durch verschiedene Kanäle kodiert werden, was sich in ihrer neuronalen Morphologie widerspiegelt. Diese Morphologischen Eigenschaften stehen im Einklang mit dem komplexen Verhalten der Honigbiene und unterliegen alters- und geruchsabhängigen plastischen Veränderungen.

**I** Es wurde ein populations-basierter Standard Atlas des Honigbienenhirns entwickelt. Der Atlas wurde aus 20 individuellen Bienenhirnen berechnet und ein Mittelwert generiert. Grauwertbilder wurden in so genannte “Label”-Bilder umgewandelt in denen jeder Voxel einer anatomischen Identifikation entspricht. Basierend auf diesen Labelbildern wurden rigide Transformationen angewandt um globale Größenunterschiede zu korrigieren.

Iterative elastische Transformationen wurden berechnet, um lokale Unterschiede anzupassen und einen Mittelwert zu berechnen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen wurden quantitativ evaluiert, indem ein gemittelttes Grauwertbild mit dem gemittelten Labelbild verglichen wurde. Durch die Registrierung von Einzelneuronen in den Atlas können anatomische Eigenschaften dreidimensional analysiert und in Bezug zum gesamten Netzwerk gesetzt werden.

**II** Um die physiologischen und anatomischen Eigenschaften von Projektionsneuronen des Honigbienenhirns zu analysieren wurden elektrophysiologische Messungen durchgeführt. Die neuronalen Antworten individueller Projektionsneurone auf Einzeldüfte und Mixturen wurde gemessen und in Bezug zu ihren morphologischen Eigenschaften gesetzt. Das Honigbienenhirn zeichnet sich dadurch aus, dass Projektionsneurone zweier parallel verlaufenden Trakte (der laterale und der mediane antennozerebrale Trakt, l- und mACT) Geruchsinformationen vom primären zum sekundären Verarbeitungszentrum des olfaktorischen Systems weiterleiten. Die Kodierungsstrategien der l- und mACT Projektionsneurone wurden bezüglich ihrer Anatomie untersucht und in ein Referenzsystem, dem Atlas des Honigbienenhirns integriert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich l- und mACT Projektionsneurone hinsichtlich ihrer Geruchskodierungsmechanismen sowie ihrer Anatomie unterscheiden. Sie weisen eine duale Kodierungsstrategie auf, in der lACT Projektionsneurone Duftkomplexität kodieren, während mACT Projektionsneurone Informationen über die Duftidentität extrahieren und weiterleiten. Diese Strategie spiegelt sich in den Verzweigungsmustern ihrer Axonendigungen (Boutons) im sekundären Verarbeitungszentrum wider, was darauf schließen lässt, dass sie Duftspezifische Informationen an festgelegte Klassen von postsynaptischen Neuronen weitergeben.

**III** Adulte Honigbienen zeichnen sich durch ein komplexes Verhalten mit fest-

gelegter Arbeitsteilung aus. Während ihres Lebens durchlaufen sie eine Vielzahl von alters- und erfahrungsabhängigen Verhaltensmustern, die den Übergang vom Leben im Stock zu den Sammlertätigkeiten determinieren. Jedoch sind die neuronalen Veränderungen, die mit den verschiedenen Verhaltensmustern einhergehen, gänzlich unbekannt. In dieser Studie wurden Bereiche der sekundären Verarbeitungszentren des olfaktorischen Systems der Honigbiene auf plastische Veränderungen untersucht. Axonendigungen der Projektionsneurone verzweigen in einem Bereich des sekundären Verarbeitungszentrums, welches als Lippenregion bezeichnet wird. Dort weisen sie synaptische Kontakte zu den so genannten Kenyon Zellen auf und bilden Mikroglomeruläre Komplexe (MC). Diese Komplexe werden repräsentiert durch präsynaptische Boutons und postsynaptische Spines der Kenyon Zellen. Es wurden Methoden entwickelt, um diese MC quantitativ und qualitativ dreidimensional zu untersuchen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich MC-Anzahl und Boutonvolumen plastisch verändert sobald die Tiere keine altersgerechte olfaktorische Stimulation erfahren. Die Abnahme der MC wird kompensiert durch eine Zunahme des Boutonvolumens, was darauf schließen lässt, dass die Projektionsneurone ihre Verzweigungsmuster ändern und ihre synaptische Wirksamkeit verstärken. Zukünftige Studien werden diese strukturelle Plastizität hinsichtlich der neuronalen Physiologie untersuchen.