

---

## ANHANG



---

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der sensorischen Ökologie der CO<sub>2</sub>-Wahrnehmung bei Blattschneiderameisen.

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse stichpunktartig zusammengefaßt:

- Messungen in Freiland-Nestern von *Atta vollenweideri* ergaben selbst in Tiefen von zwei Metern Konzentrationen von weniger als 2% CO<sub>2</sub>, obwohl sowohl die Ameisen als auch ihr symbiontischer Pilz große Mengen an CO<sub>2</sub> produzieren. Diese Tatsache weist auf eine effektive Belüftung der Nester hin.
- Kleine, wachsende Kolonien mit flachen Nesthügeln verhindern bei Regen ein Fluten ihrer Nester, indem sie die Eingänge verschließen. Dies führt zum Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren der Nester.
- Eingeschränkte Belüftung der Nester führt zu reduzierter Atmung der Kolonie. Dies kann negative Auswirkungen auf das Wachstum der Kolonie haben.
- Die Architektur der Nesthügel unterstützt die passive, durch Wind induzierte Belüftung der Nester. Es lassen sich Abluft und Zuluft-Kanäle unterscheiden. Abluftkanäle haben ihre Öffnungen im zentralen, erhöhten Bereich der Nesthügel. Die Öffnungen der Zuluftkanäle liegen im peripheren, tiefer gelegenen Bereich der Nesthügel. Durch Wind wird verbrauchte Luft aus den Abluftkanälen gesaugt, frische Luft strömt verzögert durch die Zuluftkanäle ein. Die physikalischen Mechanismen sind vergleichbar dem Bernoulli Prinzip.
- CO<sub>2</sub> wird von *Atta sexdens* Arbeiterinnen zur Orientierung genutzt. Arbeiterinnen, welche vom foragieren zu ihrem Nest zurückkehren, bevorzugen in einem Wahlversuch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration. Dieser Effekt ist bei Arbeiterinnen die Blattfragmente tragen stärker ausgeprägt. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, daß CO<sub>2</sub> beim Orientieren zu den Pilzgärten im dunklen Nest genutzt wird.
- Sensilla ampullacea auf den Antennen sind die Sinnesorgane der CO<sub>2</sub>-Perzeption. Eine einzige CO<sub>2</sub>-Rezeptorzelle innerviert das einwandige Sinneshaar. Das Sinneshaar befindet sich in einer Ampulle, die tief versenkt in der Antenne liegt und nur durch einen langen, dünnen Gang mit der Außenwelt in Verbindung steht.
- Die Rezeptorzellen zeigen ein phasisch-tonisches Antwortverhalten in dem Bereich von 0-10% CO<sub>2</sub>. Geringe und kurzzeitige Schwankungen der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen können erkannt werden. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine Orientierung in einem CO<sub>2</sub>-Gradienten.
- Die CO<sub>2</sub>-Rezeptorzellen zeigen bei lang anhaltender Stimulation keine Adaptation. Ameisen können demnach kontinuierlich die absolute CO<sub>2</sub>-Konzentration in ihren Nestern messen.



---

## Lebenslauf

CHRISTOPH KLEINEIDAM

BORN: Ravensburg, Germany, 11 May 1967

ADDRESS: Theodor-Boveri-Institut der Universität  
Lehrstuhl für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie  
Am Hubland, 97074 Würzburg, Germany  
Tel.: (49) 0931 8884320 Fax.: (49) 0931 8884309  
E-mail: kleineidam@biozentrum.uni-wuerzburg.de

RESEARCH AREA Sensory Ecology/Neurophysiology

### EDUCATION

1986 Abitur at the Salvatorkolleg in Bad Wurzach

1986-1988 Military service

1989-1995 Study of Biology at the University of Würzburg  
Major in Zoology, minor in Biochemistry and Geobotany  
Diploma thesis: Functional and morphological investigations of  
antennal sensilla of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*

JUNE-SEPT. 1995 Skipper on a sailing yacht in the Mediteranean  
(Corsica/Sardinia)

SINCE NOV 1995 graduate student at the University of Würzburg  
Advisors: J. Tautz, B. Hölldobler  
Thesis: Sensory ecology of CO<sub>2</sub> perception in ants

- Summer school “Sensory Ecology” (Lund, Sweden) Org.: B. Hansson
- Field work in Argentina (Parque Nac. Rio Pilcomayo, Formosa) “Microclimatic conditions in ant nests. Non invasive experiments on nests of *Atta spec.*”
- Co-organisation of two summer schools of the University of Würzburg

### COLLABORATIONS

Dr. Nunzio Isidoro  
Istituto di Entomologia Agraria  
Università di Perugia; Italy

Dr. Thomas Keil  
Max-Plank-Institut für Verhaltensphysiologie  
Seewiesen; Germany



---

## Publikationen

### full papers:

- 1 Kleineidam C, Ernst R & Roces F, (2000) Wind-induced ventilation of the giant nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. (submitted)
- 2 Kleineidam C, Romani R, Tautz J & Isidoro N (2000) Ultrastructure and physiology of the CO<sub>2</sub> sensitive sensillum ampullaceum in the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. *Arthropod Structure and Development* (in press)
- 3 Kleineidam C & Roces F (2000) Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in the nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux* 48, 3 (in press)
- 4 Kleineidam C & Tautz J (1996) Perception of carbon dioxide and other "air-condition" parameters in the leaf cutting ant *Atta cephalotes*. *Naturwissenschaften* 83: 566-568

### in prep:

- 5 Kleineidam C, Ernst R & Roces F: Leaf-cutting ants exploit alternative mechanisms for air-conditioning of their nest
- 6 Kleineidam C, Weidenmüller A & Roces F: Sensitization of the CO<sub>2</sub> receptor cell and its possible role for social organization in leaf-cutting ants
- 7 Kleineidam C, Blanchard G B & Tautz J: CO<sub>2</sub> as orientation cue for leaf-cutting ants *Atta sexdens* inside the nest

### book review:

- 8 Weidenmüller A, Schikora J, Dornhaus A, Spaethe J & Kleineidam C (1999) 'Cognitive Ecology: The Evolutionary Ecology of Information Processing and Decision Making', Reuven Dukas (Ed.). *Animal Behaviour* 58: 455-456

conference article:

- 9 Kleineidam C, Ernst R, Roces F & Tautz J (1999). Sensory ecology of CO<sub>2</sub> perception in ants. In *IUSSI (Dt.)* (ed. P. Rosenkranz and C. Garrido): 60
- 10 Weidenmüller A, Kleineidam C & Tautz J (1999). Individual fanning response and the control of nest climate in bumble bee colonies. In *IUSSI (Dt.)* (ed. P. Rosenkranz and C. Garrido): 94
- 11 Kleineidam C, Romani R & Isidoro N (1999). Ultrastructure of the sensillum ampullaceum and sensitization of the associated CO<sub>2</sub> receptor cell after long-term stimulation. In *European Symposium for Insect Taste and Olfaction (ESITO)*, vol. VI (ed. A. M. Angioy, B. S. Hansson, K.-E. Kaissling and N. J. Strausfeld): 14
- 12 Kleineidam C & Tautz J (1998). Carbon dioxide perception and its biological role in ants: monitoring a climatic parameter or cue for orientation? In *Learning from nature* (award winning poster, selected by M. Eigen, E. Neher et al.) (ed. BMBF). Göttingen: Forum
- 13 Kleineidam C, Ernst R, Roces F & Tautz J (1998) Nest construction and climatization in the nest of the leaf cutting ant *Atta vollenweideri*. *Zoology* 101: 83
- 14 Kleineidam C & Tautz J (1998) Carbon dioxide receptors and their role for orientation in ants. *Proceedings of the 26th Göttingen Neurobiology II*: 383
- 15 Kleineidam C & Tautz J (1997). Response characteristic of carbon dioxide receptors and its biological role in ants. In *European Symposium for Insect Taste and Olfaction (ESITO)*, vol. V (ed. A. M. Angioy, B. S. Hansson, K.-E. Kaissling and N. J. Strausfeld): 21
- 16 Kleineidam C & Tautz J (1997) Response characteristics of carbon dioxide receptors in the leaf cutting ant *Atta sexdens*. *Proceedings of the 25th Göttingen Neurobiology II*: 406
- 17 Kleineidam C & Tautz J (1997) CO<sub>2</sub> perception and its biological role in ants: Monitoring a climatic parameter or cue for orientation? *Advances in Ethology* 32: 105
- 18 Kleineidam C & Tautz J (1996) Carbon dioxide receptors in the leaf cutting ant *Atta cephalotes*. *Proceedings of the 24th Göttingen Neurobiology II*: 260
- 19 Kleineidam C & Tautz J (1995) Elektrophysiologische und morphologische Charakterisierung von Kohlendioxid-Rezeptoren bei der Blattschneiderameise *Atta cephalotes*. In *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft* 88: 196

---

## Danksagung

Für die Betreuung und Unterstützung meiner Arbeit bedanke ich mich herzlich bei Prof. Dr. Jürgen Tautz und Prof. Dr. Bert Hölldobler.

Vielen Kollegen bin ich zu Dank verpflichtet, von denen hier jene genannt sind, die an einzelnen Teilen dieser Arbeit im Besonderen beteiligt waren.

Roman Ernst, im Vorfeld der Freilandarbeiten in Argentinien, bei der Datenauswertung und bei den Experimenten zur Orientierung von Ameisen.

Nunzio Isidoro und Thomas Keil, bei der Untersuchung der Ultrastruktur des Sensillum ampullaceum.

Flavio Roces, Josué Núñez und Wulfila Gronenberg, durch intensive Diskussion zu Auswertungen, Experimenten und Fragestellungen.

Anja Weidenmüller, bei der Ausarbeitung der Skripten.

Malu Obermayer und Stefan Just, durch hilfreiche Tricks und Kniffe im Umgang mit gefährlichen Substanzen.

Studenten im Rahmen von Praktika, Daniel Kess, Holger Patermann, Tim Füller, Anja Hickelsberger, Gudrun Herzner, Hilmar Spohr.

Dank auch an alle Mitarbeiter des Lehrstuhls für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie, die zu dem angenehmen Arbeitsklima beigetragen haben.

UND,  
NATÜRLICH,  
MEINEN ELTERN



---

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit in allen Teilen selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln und Quellen angefertigt zu haben.

Diese Dissertation hat weder in gleicher noch in ähnlicher Form in einem anderen Prüfungsverfahren vorgelegen.

Ich erkläre hiermit, früher weder akademische Grade erworben zu haben, noch habe ich versucht solche zu erlangen.

Würzburg, den 11.07.99