

2. Allgemeine Methodik

2.1 Versuchstiere

Insgesamt wurden neun *Vespula vulgaris*-Kolonien, zwei *Dolichovespula saxonica*-Kolonien und eine *Vespa crabro*-Kolonie für die Experimente im Zeitraum von Juni 2000 bis September 2002 genutzt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Herkunft der in den jeweiligen Versuchsansätzen verwendeten Kolonien sowie über den Zeitraum, in dem die einzelnen Versuche durchgeführt wurden. In den jeweiligen Versuchszeiträumen stieg die ungefähre Anzahl der Arbeiterinnen in den Nestern bei *V. crabro* von 60 auf 200, bei *V. vulgaris* von 50 auf 1800 und bei *D. saxonica* von 200 auf 400 (Arbeiterinnenzahl geschätzt nach MALHAM et al. 1991).

Tabelle 1:
Übersicht der verwendeten *V. vulgaris*-, *D. saxonica*- und *V. crabro*-Nester, der mit ihnen durchgeführten Versuche und über die jeweilige ungefähre Koloniegröße zum Zeitpunkt der Versuche.

Kolonie	Herkunft; Umsatztermin	Versuchsdatum; Koloniegröße	Versuch (Kapitel)
<i>V. vulgaris</i> A	Erdnest in Berlin-Lankwitz; 5. 6. 00	Juni-August 2000; ~450 Arbeiterinnen	- Erfahrungs- und Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Koloniespezifität der Spur (5)
<i>V. vulgaris</i> B	Erdnest in Berlin-Grunewald; 30. 6. 00	Juli-September 2000; ~1100 Arbeiterinnen	- Erfahrungsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Angleichung der Nestgerüche zweier Kolonien, zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7) - Tarnstrategie von <i>M. paradoxus</i> (8)
<i>V. vulgaris</i> C	Erdnest in Berlin-Spandau; 11. 7. 00	Juli-September 2000; ~1350 Arbeiterinnen	- Angleichung der Nestgerüche zweier Kolonien, zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7) - Tarnstrategie von <i>M. paradoxus</i> (8)
<i>V. vulgaris</i> D	Schuhkarton auf einem Balkon in Berlin-Zehlendorf; 21. 6. 01	Juli-August 2001; ~1800 Arbeiterinnen	- Erfahrungs- und Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Koloniespezifität der Spur (5) - zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7)
<i>V. vulgaris</i> E	Jalousiekasten in Berlin-Reinickendorf; 2. 7. 01	Juli-August 2001; ~800 Arbeiterinnen	- Zusammensetzung der Spur (6) - zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7)
<i>V. vulgaris</i> F	Gartenkiste in Berlin-Konradshöhe; 11. 7. 01	Juli-August 2001; ~500 Arbeiterinnen	- Erfahrungs- und Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Koloniespezifität der Spur (5) - Angleichung der Nestgerüche zweier Kolonien, zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7)
<i>V. vulgaris</i> G	Gardinenbrett in Berlin-Wannsee; 14. 7. 01	Juli-September 2001; ~450 Arbeiterinnen	- Angleichung der Nestgerüche zweier Kolonien, zeitliche Änderung des Nestgeruchs (7) - Tarnstrategie von <i>M. paradoxus</i> (8)

<i>V. vulgaris</i> H	Jalousiekasten in Kleinmachnow; 19. 8. 01	August-September 2001; ~600 Arbeiterinnen	- Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Zusammensetzung der Spur (6) - Tarnstrategie von <i>M. paradoxus</i> (8)
<i>V. vulgaris</i> I	Erdnest in Berlin-Rudow; 25. 7. 02	Juli-August 2002; ~500 Arbeiterinnen	- Erfahrungsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Zusammensetzung der Spur (6)
<i>D. saxonica</i> A	Geräteschuppen-tür in Berlin-Spandau; 13. 6. 01	Juni-August 2001; ~380 Arbeiterinnen	- Spurfolgeverhalten (3) - Erfahrungs- und Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4) - Koloniespezifität der Spur (5)
<i>D. saxonica</i> B	freihängend auf einem Balkon in Berlin-Halensee; 19. 6. 01	Juni-August 2001; ~300 Arbeiterinnen	- Spurfolgeverhalten (3) - Koloniespezifität der Spur (5)
<i>V. crabro</i>	Baumhöhle in Berlin-Köpenick; 24. 8. 01	August-September 2001; ~120 Arbeiterinnen	- Erfahrungs- und Helligkeitsabhängigkeit der Spurfolge (4)

Die Biotests zum Spurfolgeverhalten in Kapitel 3, 4, 5 und bei *V. vulgaris*, *V. crabro* und *D. saxonica* wurden in Versuchsanlagen durchgeführt, deren prinzipieller Aufbau bei allen drei getesteten Arten gleich war.

2.2 Die Versuchsanlage für die Spurfolgeexperimente

Die Versuchsanlagen von je 1,5 m Länge befanden sich in einer Holzhütte auf einem naturbelassenen Gartengelände im Vorortbereich Berlins. Bestandteile der Anlagen waren jeweils ein Holznistkasten (*V. crabro*: 60 x 60 x 60 cm³, *V. vulgaris* und *D. saxonica*: 35 x 35 x 40 cm³), in den ein Nest eingesetzt wurde, und ein Gangsystem, das durch die Hüttenwand ins Freie führte (Abb. 5). Das Gangsystem mußte von den Arbeiterinnen bei jedem Ausflug aus dem Nest in die Außenwelt und auf dem Rückweg durchquert werden. Es bestand aus zwei Plexiglaskästen ("Durchlaufkästen", für *V. crabro*: 25 x 19 x 8 cm³, für *V. vulgaris* und *D. saxonica*: 20 x 17 x 5 cm³), die nach oben hin durch abnehmbare Glasplatten abgeschlossen und jeweils durch zwei Gänge aus Plexiglas (Ø: 5 cm für *V. crabro*, 2,4 cm für *V. vulgaris* und *D. saxonica*) miteinander verbunden waren. Die Gänge konnten jeweils kurz vor den Kastenwänden mit Objektträgern falltürartig verschlossen werden. Als Böden waren in die Durchlaufkästen 3 mm starke Glasplatten schubladenartig eingeschoben, die die Versuchstiere überqueren mußten. Mit diesem Schiebemechanismus bestand die Möglichkeit, die Platten der einzelnen Kästen gegeneinander oder gegen neue Platten auszutauschen.

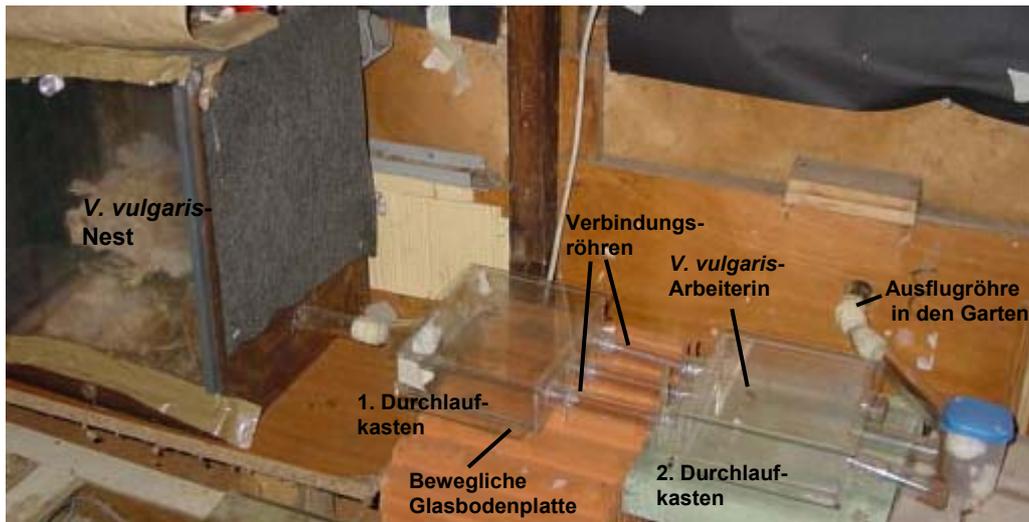


Abb. 5:
 Die Versuchsanlage für die Spurfolgeexperimente bei *V. vulgaris*. Das künstliche Gangsystem bei *D. saxonica* und *V. crabro* hatte denselben prinzipiellen Aufbau.

Durch Verschließen von jeweils einem der beiden Verbindungsgänge zwischen den Durchlaufkästen wurde den Wespen nach dem Einsatz des Nestes in die Versuchsanlage nur ein Weg durch das Gangsystem offen gelassen, den sie erlernen mußten (Trainingsphase). Etwa zwei Wochen nach Einsetzen des Nestes in die Versuchsanlage war auf jeder Bodenplatte der Durchlaufkästen ein etwa drei Zentimeter schmaler, schlieriger Bereich zu erkennen, der sich entlang der Lauflinien der Arbeiterinnen zwischen den Röhrenöffnungen erstreckte. In vorangegangenen Arbeiten (SIEBEN 1999, STEINMETZ 2000) konnte bereits gezeigt werden, daß es sich bei *V. vulgaris* und *V. crabro* hierbei um eine von den Arbeiterinnen gelegte Spur handelt.

Durch gegenseitigen Austausch der Bodenplatten beider Durchlaufkästen (mit Drehung um 180°) konnte in den Versuchen die Spurrichtung gegenüber der alten, gewohnten Ausrichtung nach links um etwa 90° verändert werden, so daß sie in die für die Arbeiterinnen ungewohnte Richtung nach rechts zeigte (Abb. 6).

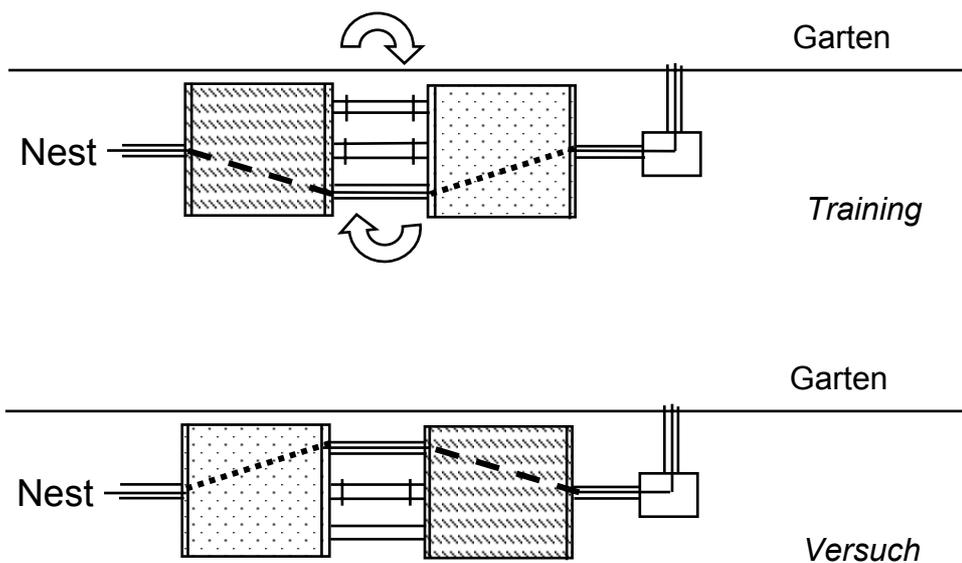


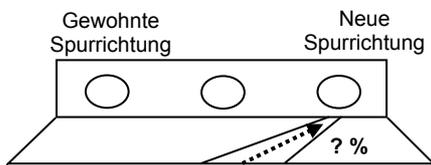
Abb. 6:
Schematische Darstellung der experimentellen Verlegung der Spurausrichtung im Testkasten durch Austausch der gläsernen Bodenplatten. Die beiden Bodenplatten sind hier durch unterschiedliche Schraffur gekennzeichnet, die gestrichelten Linien stellen den Spurverlauf in der Trainingssituation und im Versuch dar.

Im Gegensatz zu den ausfliegenden Arbeiterinnen durchlaufen die zum Nest heimkehrenden Arbeiterinnen das Gangsystem zielstrebig (eigene Beobachtung), deshalb wurden nur sie in den Versuchen getestet. Ihr Verhalten wurde im zweiten Durchlaufkasten in den Versuchsphasen (Spur zeigt in ungewohnte Richtung nach rechts) und in den Kontrollen (im unmittelbaren Anschluß an die Testphasen; Spur zeigt in die gewohnte Richtung nach links) beobachtet. Als weitere Kontrolle wurden Versuche mit gereinigten, unbespurten Platten durchgeführt.

Die Versuche und Kontrollen wurden achtmal wiederholt und dauerten bei *V. vulgaris* und *V. crabro* jeweils fünf Minuten. Der Laufverkehr in den *D. saxonica*-Kolonien war unregelmäßiger als bei den eben genannten Arten. Um dennoch einen aussagefähigen Stichprobenumfang zu erhalten, wurde hier der Beobachtungszeitraum für die Versuchs- und Kontrollphasen auf 20 heimkehrende Arbeiterinnen festgelegt. Dies entsprach einer mittleren Zeit von 8 Minuten.

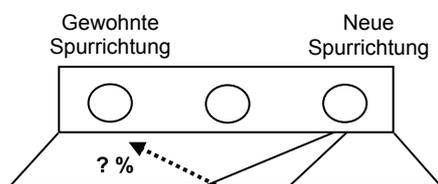
Es wurden drei Verhaltenskategorien definiert:

1) *Laufen in ungewohnte Spurrichtung nach rechts:*



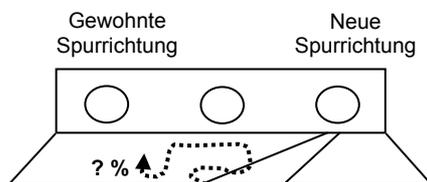
Geradliniges Folgen der Spur bzw. in den Kontrollen Laufen in ungewohnte Richtung nach rechts (jeweils mindestens $\frac{3}{4}$ der Bodenplattenbreite; diese Distanz war auf den Untergrund unter der Versuchsanlage markiert), kein Verharren, keine Drehung der Körperachse, kein Umherfliegen.

2) *Laufen in gewohnte Richtung nach links:*



Geradliniges Durchqueren des Testkastens in gewohnte Richtung nach links (mindestens $\frac{3}{4}$ der Bodenplattenbreite; diese Distanz war auf den Untergrund unter der Versuchsanlage markiert), kein Verharren, keine Drehung der Körperachse, kein Umherfliegen.

3) *Desorientiert:*



Umherfliegen, unregelmäßiges Umherlaufen im Testkasten oder Umkehr, bevor $\frac{3}{4}$ der Bodenplattenbreite in einer bestimmten Richtung (Spur- oder gewohnte Richtung) passiert worden war.

Um die Entstehung eines einseitigen Geruchsgradienten aus dem Nest zu vermeiden, an dem sich die Wespen eventuell hätten orientieren könnten, wurden in den Versuchsphasen und Kontrollen beide Gänge geöffnet, die die beiden Durchlaufkästen miteinander verbanden.

Eine Beeinflussung der Verhaltensweisen jedes Testtieres durch Nestgenossinnen wurde durch Regelung des Laufverkehrs vermieden: mit senkrecht geführten Objektträgern konnten die Verbindungsröhren falltürartig verschlossen werden, so daß jeweils nur eine Arbeiterin zu einem Zeitpunkt den Testkasten betreten konnte. Somit hatte sie während der Versuche keinen Kontakt zu Nestgenossinnen.

Um Gewöhnungseffekte zu vermeiden, schloß sich nach jedem Experiment (Versuch und Kontrolle) eine mindestens 15-minütige Trainingsphase an, in der nur die Verbindungsröhre geöffnet war, zu der die Spur in alter, gewohnter Ausrichtung nach links führte.

Mit Ausnahme der Versuche zur Helligkeitsabhängigkeit des Spurfolgeverhaltens (Kapitel 4) wurden bei *V. vulgaris*, *D. saxonica* und *V. crabro* sämtliche Versuche zum Spurfolgeverhalten und die Kontrollen bei geringer Lichtintensität (max. 5 Lux, gemessen mit Luxmeter Dr. B. Lange, Berlin, Typ 4162) durchgeführt. Auf diese Weise wurde die Möglichkeit der Arbeiterinnen, sich optisch zu orientieren, erschwert.

Vor jedem Versuchs- oder Kontrolldurchgang wurden die während des nicht-geradlinigen Umherlaufens einiger Wespen eventuell abgeschiedenen Substanzen an peripheren Stellen der Bodenplatte mit Ethanol und Wasser entfernt. Die geradlinige Spur selbst wurde mit denselben Reinigungsmitteln auf einen 2,5 cm breiten Bereich kanalisiert.

2.3 Statistische Auswertung

Unter Verwendung des Computerprogramms SigmaStat 2.03 (Jandel, Erkrath, Deutschland) wurden die aus den verschiedenen Biotests gewonnenen Datensätze mit Hilfe des Bonferroni-korrigierten χ^2 -Testes (ZAR 1984) auf signifikante Unterschiede hin untersucht. Als Signifikanzniveau galt dabei das durch die Anzahl der jeweils vorgenommenen Vergleiche geteilte Niveau von $p=0,05$.

In Kapitel 4 wurde die Korrelation von zunehmender Erfahrung bzw. zunehmender Helligkeit und der Spurfolgerate mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten (BÄRLOCHER 1999) überprüft.