Entomologie heute 27 (2015): 159-170

Die Nutzung des Freeware-Programms „Tracker“ zur Bestimmung der Aktivität von Schaben

The Use of the Freeware-Program “Tracker” to Study Activities of Cockroaches

Pitt Dittrich, Marcel Brenner & Hartmut Greven

Zusammenfassung: Wir zeigen an zwei Schabenarten (der im Experiment überwiegend nachtaktiven *Lucihormetica verrucosa* und der unter den Versuchsbedingungen offensichtlich tagaktiven *Therea olegrandjeani*), dass es mit Hilfe des Freeware-Programms „Tracker Video Analysis and Modeling Tool“ möglich ist, die Aktivität von Insekten zu bestimmen. Allerdings hängt die für die Analyse von 24 h Videomaterial benötigte Zeit davon ab, wie aktiv die Versuchstiere sind und wie häufig Fehler bei der Auswertung gemeldet werden; sie kann mitunter mehrere Stunden dauern. Bei den Aufnahmen ist zu beachten, dass das Versuchstier deutlich markiert und die Sicht auf die Markierung nicht behindert ist. In diesem Fall ist eine weitgehend automatische Auswertung gewährleistet, sodass das Programm auch für langfristige Aktivitätsmessungen, wie sie z. B. bei der Bestimmung zirkadianer Rhythmen notwendig sind, geeignet sein dürfte. Fehlerquellen bei der Auswertung sind u. a Verwechslungen der zu verfolgenden Markierung mit anderen Markierungen oder Veränderung der Markierungen, z. B. durch direktes Licht oder Schattenwurf. Die Aktivitäten können neutral in Pixel, als zurückgelegte Strecke oder als mittlere Geschwindigkeit pro Zeiteinintervall dargestellt werden.

Schlüsselwörter: Frei verfügbare Programme, Aktivität, Insekten

Summary: Using two cockroach species (the largely nocturnal *Lucihormetica verrucosa* and the apparently diurnal *Therea olegrandjeani*) as examples, we show that the freeware program “Tracker Video Analysis and Modeling Tool program” allows the analysis of insect acitivity. The time required for the analysis of 24 hours of video strongly depends on the degree of activity shown by the experimental animals and the number of errors reported during analysis and may occasionally take hours. During the recordings care must be taken that the experimental animal is clearly marked and that the markings are always visible. If so, the program may also be used for long-term measurements such as those required for the study of circadian rhythms. Sources of error may be for example the confusion between the marking to be followed and similar patterns anywhere in the experimental box or changes of the markings due to the illumination etc. The activities can be presented in diagramms, which show the activity over the time either in neutral pixels or specifically as distance traveled or average speed per time.

Keywords: Freeware, activity, insects,

1. Einleitung

In neuerer Zeit sind Freeware-Programme erhältlich, die, oft für ganz andere Zwecke konzipiert, auch für biologische Fragestellungen herangezogen werden können und sich daher als Alternative zu den meist sehr teuren kommerziellen Programmen anbieten. Ein solches primär für den Physikunterricht konzipiertes, frei zugängliches Programm ist VIANA. Mit diesem Programm ist z. B. anhand von Videoaufnahmen bestimmt worden, wie lange und wie oft sich Kirschfruchtfliegen (*Rhagoletis cerasi*)

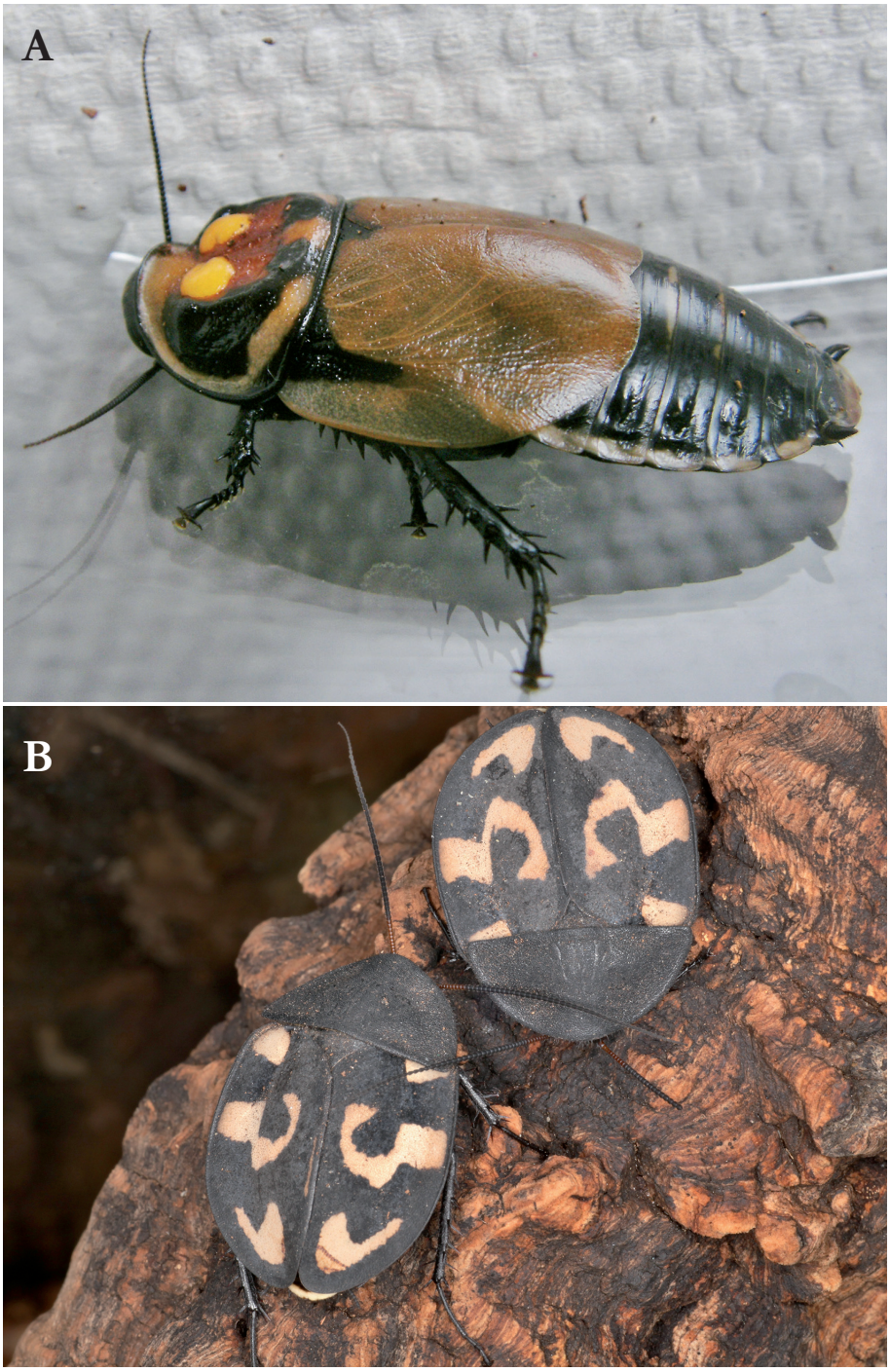

Abb. 1: A *Lucihormetica verrucosa*; Männchen. **B** Zwei Exemplare von *Therea olegrandjeani* (Foto: D. SCHULTEN).

Fig. 1: A *Lucihormetica verrucosa*, male. **B** Two spcimens of *Therea olegrandjeani* (Photo: D. SCHULTEN).

an einem insektizidhaltigen Köder aufhalten (Böckmann et al. 2012). In unserer AG ist dasselbe Programm benutzt worden, um Aktivitäten verschiedener Fische (unpubliziert) sowie Laufgeschwindigkeit und Laufstrecken der viviparen Schabe *Diploptera punctata* während des Reproduktionszyklus zu bestimmen (Greven et al. 2014).

Ein anderes, frei zugängliches Programm ist „Tracker Video Analysis and Modeling Tool“ (im Folgenden kurz Tracker genannt), das ebenfalls im Physikunterricht eingesetzt wurde, um komplexe Sachverhalte, z. B. die Bewegung von Projektilen, verständlicher zu vermitteln (Wee et al. 2014). Tracker bietet eine Fülle verschiedener Funktionen. So können unter anderem Objekte mit Angabe der Position manuell oder automatisch verfolgt werden, kinematische und dynamische Modelle eines Punkt-Masse-Partikels sowie Zwei-Körper-Systeme konstruiert werden oder Videofilter (u. a. Helligkeit oder Kontrast) auf die Aufnahmen gelegt werden, etc. (für eine vollständige Auflistung siehe die Herstellerseite: https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/).

Das Programm ist kürzlich verwendet worden, um Schwimmmuster eines säugenden Delphinweibchens darzustellen und dessen Schwimmgeschwindigkeiten zu berechnen (Höttges et al. 2015) und wird zurzeit benutzt, um Aktivitäten verschiedener Insekten, namentlich Schaben, während der Reproduktionsphase zu untersuchen. Im Folgenden berichten wir über diesbezüglich Erfahrungen mit diesem Programm anhand je eines Männchens der beiden Schabenarten *Lucihormetica verrucosa* (Abb. 1A) und *Therea olegrandjeani* (Abb. 1B). Beide Schabenarten sind relativ auffällig gemustert. *L. verrucosa* ist im Hinblick auf die Färbung und Zeichnungsmuster geschlechtsdimorph (Abb. 1A; vgl. auch Greven & Zwanzig 2013); bei *T. olegrandjeani* sind die Geschlechter identisch gefärbt und gezeichnet (Abb. 1B). Für beide Schabenarten sind uns keine exakten Angaben zur Aktivität bekannt. *Lucihormetica fenestrata* ist jedoch nachtaktiv (Zompro & Fritzsche 1999) und *Therea petiveriana* wird als grabend und dämmerungsaktiv beschrieben (Livingstone et al. 1978; s. auch Bell et al. 2007).

2. Das Programm Tracker und mögliche Arten der Darstellung

Tracker verfolgt ein vorher festgelegtes Muster, z. B. auf einem zu verfolgendem Objekt, und liefert nach einem Suchlauf je nach Anzahl der analysierten (Video-)Bilder eine unterschiedliche Zahl von Koordinaten (Messdaten), die das verfolgte Objekt, bezogen auf ein im vorhandenes Programm liegendes Koordinatensystem, zu jedem Zeitpunkt hatte.

Sämtliche Koordinaten können in einem Modul des Programms oder nach Übertragung in Excel weiter verarbeitet werden. In dieser Datei werden jeweils die Differenzen der X- und Y-Koordinaten zweier aufeinanderfolgender Punkte und damit ihr euklidischer Abstand voneinander bestimmt (nach dem Satz des Pythagoras). Ist vorher kein realer Maßstab in das Programm gelegt worden, so kann der standardmäßig vorliegende Maßstab als Angabe in Pixel interpretiert werden. Wird ein realer Maßstab virtuell in die Aufnahmen eingefügt (s. u.), werden die Koordinaten diesem angepasst, so dass die reale Distanz zwischen zwei Koordinaten bestimmt werden kann. Die Summe der einzelnen Distanzen ergibt die vollständige Distanz für das ausgewertete Zeitintervall. Wir haben bei unseren Versuchen jeweils 5 min-Abschnitte ausgewertet, jedoch sind natürlich auch kürzere und längere Zeitintervalle möglich (vgl. Höttges et al. 2015). Die Anzahl der Messdaten hängt von der Anzahl der Einzelbilder ab. In unserem Falle lieferten 5 min-Intervalle bis zu 2000 Koordinaten. Ein Zeitstempel in den Videoaufnahmen erleichtert die spätere Berechnung der Geschwindigkeit, welche die Versuchstiere in einer bestimmten Zeit erreicht haben.

Abb. 2: Menüleiste mit den für die Analyse benötigen Optionen. 1 Öffnen eines Videos; 2 Speichern; 3 Clip Einstellungen; 4 Kalibrierungsmaßstab; 5 Koordinatenachsen ein- und ausblenden; 6 Massenpunkt setzen.
Fig. 1: Menu bar with the options necessary for analysis. 1 Open (a video or tracker site). 2 Save. 3 Clip settings. 4 Tape measure with protector arm. 5 Show or hide the coordinate axes. 6 Create a masspoint.

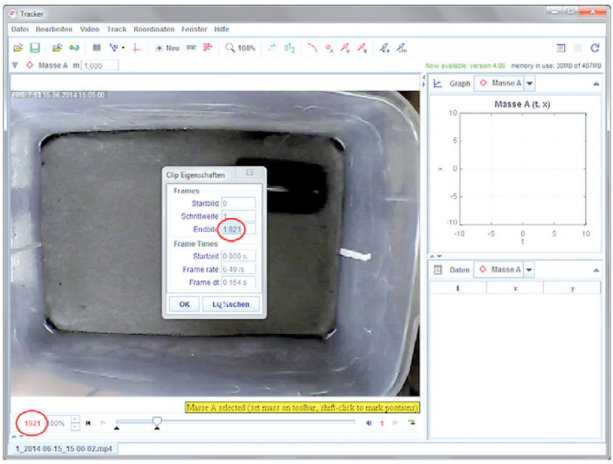

Abb. 3: Nummer des aktuell aufgerufenen Bildes (links unten). Feld, in das die Bildnummer des Endpunktes des Untersuchungszeitraums eingetragen wird (roter Kreis Bildmitte).
Fig. 3: Number of the just presented image (at the bottom left). Field, in which the image number of the end of the video sequence must be inserted/circle in the midst of the figure).

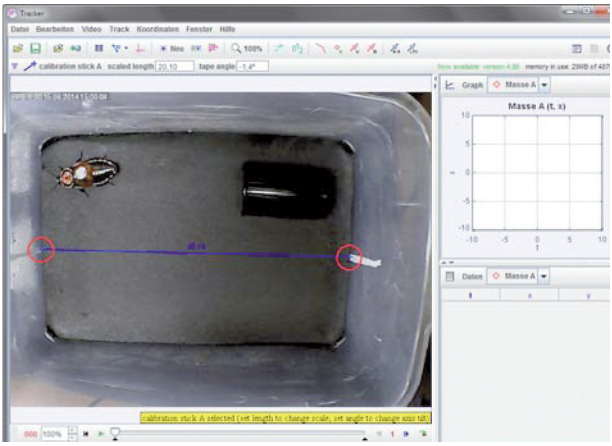

Abb. 4: Endpunkte des realen Maßstabs.
Fig. 4: Endpoints of the real scale.

Tracker wird weiterhin periodisch optimiert. Wir haben für unsere Untersuchungen die Version 4.85 und für die graphische Darstellung GraphPad Prism 6 verwendet.

2.1. Handhabung des Programms

Für die Auswertung sind folgende Schritte notwendig (s. auch Abb. 2):

(1) Video importieren: Tracker erlaubt es, die Videodateien zu öffnen und auszuwerten. Diese müssen in den Formaten mov, avi oder mp4 vorliegen.

(2) Festlegen des Untersuchungszeitraums: Anschließend wird der Bereich des Videos, der analysiert werden soll, bestimmt (z. B. vom Beginn der Aufnahme bis Minute 5). Hierzu wählt man die Schaltfläche „Clip Einstellungen“ an, gibt die Werte für das Start- und Endbild des gewünschten Bereiches an und bestätigt mit „OK“. Unter Beachtung des bei den Aufnahmen eingefügten Zeitstempels (Uhrzeit links oben im Video) kann das zu untersuchende Zeitintervall ermittelt werden, indem der Regler (unten in der Mitte) verschoben wird, bis der Zeitstempel die gewünschte Endzeit angibt (zum Vorlauf oder Rücklauf von Einzelbildern können die rechts des Reglers gelegenen Pfeilschaltflächen verwendet werden). Die rote Ziffer im linken unteren Bereich des Fensters gibt an, bei welchem Bild das Video im Moment steht. Sie wird, da das Video auf das Ende des Untersuchungszeitraums gestellt wurde, manuell als Endbild eingetragen (Abb. 3). Nachdem der Untersuchungsbereich festgelegt ist, setzt man das Video auf das erste Bild dieses Bereiches zurück, damit das Programm ab diesem mit der Auswertung beginnen kann.

(3) Setzen eines realen Kalibrierungsmaßstabs: Ein vorgegebener Maßstab (standardmäßig 100.0; blaue Linie mit je einem Kreuz an den Enden und einer blauen Ziffer darüber, die die Distanz zwischen den beiden Endpunkten definiert) wird durch einen Maßstab von bekannter Länge ersetzt (Abb. 4). Die Endpunkte dieses Maßstabs werden jeweils durch Anklicken und Halten der linken Maustaste auf die Markierung gezogen.

(4) Erzeugen eines Massenpunktes: Über die Schaltfläche „Neu“ wird ein Massenpunkt generiert, der auf eine Stelle im Bild festgelegtb werden kann. Die Pixelanordnung an dieser Stelle auf dem Objekt definiert und dient als Marker, dessen Position von dem Programm auf den Videoaufnahmen verfolgt und festgehalten werden kann.

Mit der Tastenkombination „Strg + Shift + Linke Maustaste“ setzt man den Massenpunkt und legt gleichzeitig die Vorlage bzw. das Muster fest, welches verfolgt werden soll (z. B. in die Mitte einer Markierung auf dem zu verfolgenden Objekt). Danach öffnet sich ein Fenster, in dem weitere Einstellungen zum Tracking vorgenommen werden können.

(5) Einstellung der „evolution rate“: Die „evolution rate“ legt fest, wie viel Prozent das neue Videobild von der Vorlage (Muster) abweichen darf. Eine zu niedrige Rate kann dazu führen, dass das Programm keine Übereinstimmung von Vorlage und neuem Bild findet und daher einen Fehler meldet. Ist die Rate zu hoch, kann es passieren, dass andere als die gewünschten Muster verfolgt werden. Wir haben bei unseren Untersuchungen eine „evolution rate“ von 70 % verwenden (Abb. 5) Dies ist ein Erfahrungswert, der gewählt wurde, nachdem das Programm bei niedrigeren Werten, z. B. dem standardmäßigen Wert 20 %, häufig bei korrekten Mustern eine Bestätigung verlangt hat, wodurch der Suchlauf jedes Mal gestoppt wurde.

Es kann vorkommen, dass das Programm nur eine mögliche richtige Übereinstimmung findet, sich diese jedoch so stark von dem zu verfolgenden Bereich unterscheidet, dass das Programm um eine Bestätigung bittet (Abb. 6). Entspricht der

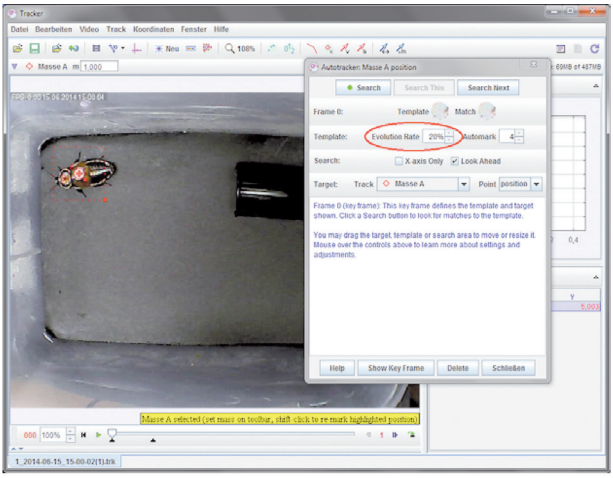

Abb. 5: Die Ellipse kennzeichnet das Feld, in dem die „evolution rate“ eingetragen und geändert werden kann.
Fig. 5: The ellipse marks the field to choose and to change the evolution rate.

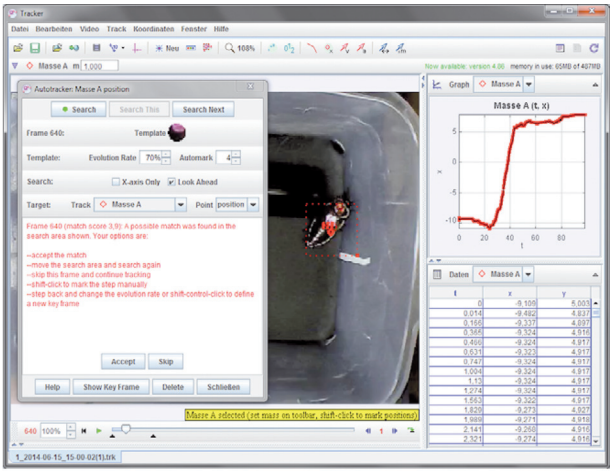

Abb. 6: Ein passendes Muster, das während des Suchlaufs gefunden wird, kann bestätigt werden, falls er korrekt ist, oder der Massenpunkt muss neu gesetzt werden Danach kann der Suchlauf (Klick „Search“) fortgesetzt werden..
Fig. 6: A matching point during the search run can be accepted, if correct, or the mass point must be reset. To continue the search run click “Search”

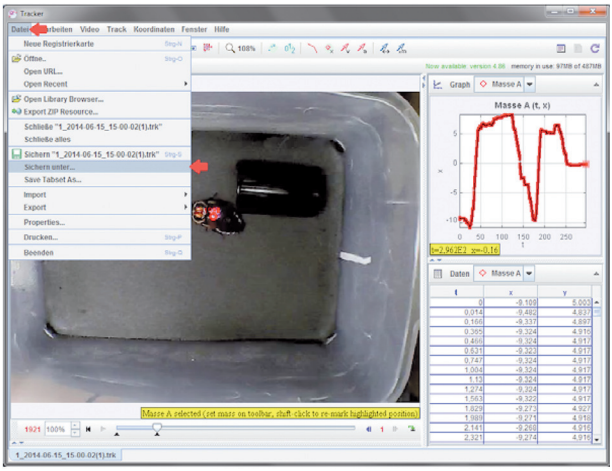

Abb. 7: Schaltflächen (rote Pfeile), um die Fortschritte zu speichern. Der rote Kasten markiert die Tabelle mit den Koordinaten der verfolgten Punkte (rot umrandet).
Fig. 7: Buttons (arrows) to save the progress. Downright is the table showing the coordinates of the points followed.

fragliche Punkt dem Gesuchten, so kann mit einem Klick auf „Accept“ die Suche fortgesetzt werden. Sollte der Punkt nicht korrekt sein, dann kann der Massenpunkt mit „Strg + Shift + Linke Maustaste“ auf die zu verfolgende Stelle gesetzt werden, wodurch gleichzeitig eine neue Vorlage festgelegt wird, nach der das Programm sucht (Abb. 6).

(5) Fehleranzeige und Fehlerkorrektur: Da bei einer hohen „evolution rate“ Punkte manchmal auch akzeptiert werden, die nicht ganz der Vorlage entsprechen und jeder Punkt als Suchvorlage für den nächsten dient, verändert sich unter Umständen die Vorlage mit der Zeit soweit, dass sie nicht mehr dem Punkt entspricht, der verfolgt werden soll. Sobald man dies bemerkt, kann der Suchlauf manuell gestoppt werden, indem die Schaltfläche „Stop“ (im Autotracker-Fenster) angeklickt wird. Danach ist es notwendig, über „Löschen“, „Diese Markierung“ den letzten verfolgten Punkt zu löschen, um im Videobild wieder eine neue Vorlage festzulegen. Mit „Strg + Shift + Linke Maustaste“ kann der Massenpunkt neu gesetzt werden. Ein Klick auf „Search“ setzt den Suchlauf fort.

(6) Speichern und Verarbeiten der Ergebnisse: Wenn der Suchlauf beendet ist, werden die Ergebnisse gespeichert (Abb. 7). Die Werte in der Tabelle geben die Position des Massenpunktes zu jeder untersuchten Zeit an. Die durch die Auswertung mit Tracker erhaltene Tabelle der verfolgten Punkte wird zur weiteren Bearbeitung in Excel kopiert. In einer Excel-Datei werden die Zellen so formatiert, dass nach dem Einfügen der Tabelle jeweils die Differenz des X- bzw. Y-Wertes zweier aufeinanderfolgender Punkte und anschließend unter Anwendung des Satzes von Pythagoras die Strecke zwischen besagten Punkten berechnet werden. Diese Strecken werden dann aufsummiert, um die gesamte zurückgelegte Strecke in dem untersuchten Zeitintervall zu erhalten.

2.2. Mögliche externe Fehlerquellen

Bei unseren Aufzeichnungen hatten einzelne Videosequenzen zum Teil relativ niedrige Framezahlen (3-4 f/s), die offensichtlich bei Verwendung von IM-Infrarot-Kameras und der drahtlosen Übertragung (WLAN) auf den Rechner auftreten. Für unsere Untersuchungen waren diese nur Bildsprünge jedoch von untergeordneter Bedeutung, da immer die Distanz bestimmt wurde, die die Schabe bzw. deren Markierung von einem Bild zum nächsten zurückgelegt hatte. Die reduzierte Framerate war bei der Geschwindigkeit, mit der sich die Schaben bewegten, noch hoch genug, sodass die jeweils zurückgelegte Strecke eindeutig zu erkennen war und mit dem Programm verfolgt werden konnte.

3. Aktivitätsbestimmung von Schaben

3.1. Versuchsaufbau und Versuchsablauf

Versuchsbox war eine durchsichtige Plastikdose (14 x 21 x 10,4 cm) ohne Deckel, die nur mit schwarzem Papier ausgelegt war und von oben mit einer Lampe (Power-GLO 15 W) täglich für jeweils 12 h beleuchtet wurde. Photophase (12 h; 08:00 bis 20:00 Uhr) und Skotophase (12 h; 20:00 bis 08:00 Uhr) wurden über eine Zeitschaltuhr geregelt. Eine IP-Infrarot-Kamera (Fa. DB-POWER, Robot-Modell, B-Serie) wurde so angebracht, dass die gesamte Grundfläche der Box erfasst wurde. Das schwarze Papier wurde jeweils auf beiden Seiten mittig am Rand mit einer Markierung versehen und die Distanz zwischen beiden Markierungen bestimmt. Die Markierungen müssen im Video auf Tag- und Nachtaufnahmen zu erkennen sein, um später reale Distanzen berechnen zu können. Eine unmittelbar über Boden ansetzende, 5 cm breite Vaselineschicht verhinderte, dass die Schaben an den Seitenwänden der Box hochkletterten. Als Versteckmöglichkeit diente eine der

Höhe nach aufgeschnittene halbe Filmdose, welche mit Heißkleber am Untergrund fixiert wurde. Futter und Wasser wurden nicht bereitgestellt. Vor dem Versuch wurden die Tiere mit Nagellack auf den Elytren markiert.

Für die Versuche wurde jeweils eine Schabe in die Versuchbox gesetzt. Nach 12 h Eingewöhnungszeit wurden die Tiere 24 h lang videografiert. Die Aufzeichnungen wurden mit dem frei herunterladbaren Programm iSpy (64-bit) erstellt und auf einem Laptop gespeichert. Der folgenden Auswertung (s. Abschnitt 5) liegen Videosequenzen von je 5 mal 24 h von jeweils fünf Männchen von *Lucihormetica verrucosa* und *Therea olegrandjeani* zugrunde.

Ein Untersuchungszeitraum von 24 h ergab insgesamt 48 Einzelvideos mit einer Länge von jeweils 30 min. Es wurden nur Videos ausgewertet, in denen bei erhöhter Geschwindigkeit (64-fach) Bewegungen der Versuchstiere festgestellt werden konnten.

3.2. Spezifische Probleme und Fehlerquellen

Wesentlich für die Auswertung von Videoaufnahmen ist eine eindeutige Markierung an einer für die Kamera sichtbaren Stelle (s. o.) Im Prinzip eignen sich auch natürliche Farbmuster, die jedoch nicht mehrfach vorkommen sollten. Dies ist aber z. B. der Fall bei *Therea olegrandjeani*, bei der geprüft wurde, ob ein Teil des natürlichen Musters auf den Elytren von dem Programm verfolgt werden kann. Da die in Frage kommenden Flecken jedoch bei dem achsensymmetrischen Muster doppelt vorhanden sind (s. Abb. 1B), kommt es bei der Auswertung manchmal zu Sprüngen von einem zum anderen Fleck. Jeder dieser Sprünge wird als eine Bewegung mit der Distanz zwischen den beiden Flecken aufgezeichnet. Dieser Fehler kann zwar korrigiert werden, indem der Suchlauf gestoppt wird, die fälschlicherweise verfolgten Punkte gelöscht werden und der Massenpunkt erneut auf den richtigen Fleck gesetzt wird (s. u.), doch würde dies auf Dauer zu zeitaufwendig sein.

Trotz der Vaselineumrandung (s. o.) versuchten die Schaben immer wieder, die Wände der Versuchsbox hochzuklettern, fielen dann aber um und blieben auf dem Rücken liegen, so dass die Markierung auf den Elytren nicht mehr zu sehen war. Darüber hinaus veränderte sich durch die unkontrollierten Bewegungen der Schabe die Lichtreflektion ständig, sodass es kaum möglich war, hier einen Punkt zu finden, der länger verfolgt werden konnte. Das Programm meldete in diesem Fall einen Fehler, da es im nächsten Bild keinen vergleichbaren Punkt finden konnte. Dann ist es zwar möglich, den Massenpunkt wiederholt neu zu setzen, um doch noch verwertbare Werte zu erhalten. Dies wird man allerdings nur tun, wenn es dem Tier gelingt, sich nach kurzer Zeit wieder umzudrehen. Danach kann der Massenpunkt wieder auf die normale Markierung gesetzt werden und der Suchlauf geht normal weiter. Ansonsten ist diese Prozedur aber äußerst zeitaufwendig.

Minimiert man die Fehler, die den Suchlauf stoppen – wichtig ist eine gute, kontrastreiche, auch unter wechselnden Lichtverhältnissen möglichst immer gleich aussehende Markierung –, wertet das Programm automatisch aus. Dennoch ist es ratsam, dies regelmäßig zu überprüfen,

3.3. Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 8 zeigt die Aktivität eines *Lucihormetica verrucosa*-Männchens über 24 h, das nur während der Skotophase aktiv war, und zwar neutral in Pixeln (Abb. 8, oben), als zurückgelegte Strecke in cm/5 min (Abb. 8, Mitte) und als Geschwindigkeit in cm/min (Abb. 8, unten). Abbildung 9 belegt an einem weiteren Männchen Aktivitäten in der Skoto- und Photophase.

Drei der Männchen (L2, L4 und L5) waren ausschließlich in der Skotophase aktiv. L1 war zu Beginn und während der Photophase nur wenig aktiv, während L3 auch in der Photophase auffallend aktiv war (Abb. 9). Generell ist aber eine Bevorzugung der Skotophase festzustellen (Abb. 10), d. h. die Tiere sind überwiegend nachtaktiv. Es scheint aber im Hinblick auf die Aktivitätszeit und die Intensität der Aktivität beträchtliche individuelle Unterschiede zu geben.

Abbildung 11 zeigt, wie viele Zentimeter pro 5 min zwei der fünf getesteten Männchen von *Therea olegrandjeani* am Tage und in der Nacht zurückgelegt haben. Die Bevorzugung der Photophase ist eindeutig.

Abbildung 12 stellt die gesamte während 24 h zurückgelegte Stecke aller fünf Indivi-

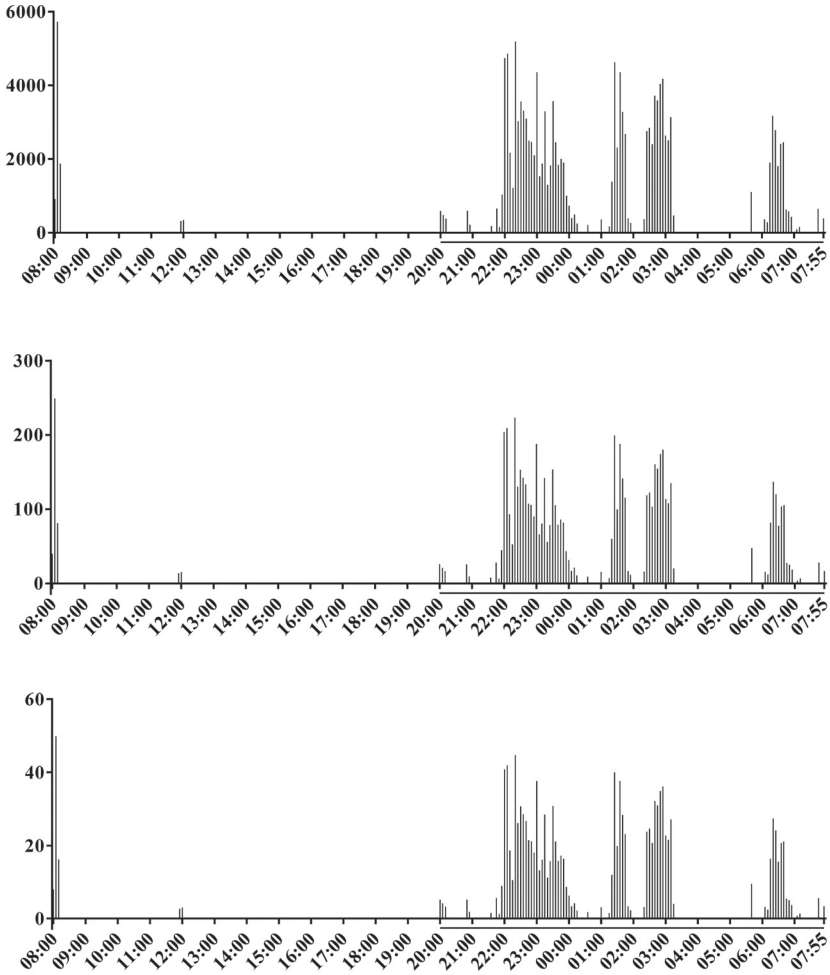

Abb. 8: Aktivität in detektierten Pixeln (oben) und in cm pro 5 min (Mitte), in cm/min (unten) eines Männchens (L1), jeweils auf der Ordinate, von *Lucihormetica verrucosa* innerhalb von 24 h (LD 12:12). Skotophase (rechts, schwarze Linie) (vgl. auch Abb. 10).

Fig. 8: Activity in detected “pixels” (on top) and in cm per 5 min (middle) and in cm/min (below) of a male (L1) (in each case on the ordinate) of *Lucihormetica verrucosa* during 24 h (LD 12:12). Skotophase (right, black line) (see also Fig. 10).

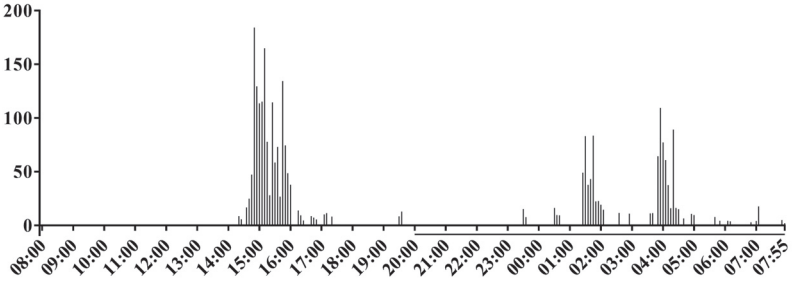

Abb. 9: Aktivität (in cm pro 5 min; Ordinate) eines Männchens (L3) von *Lucihormetica verrucosa* innerhalb von 24 h (LD 12:12). Skotophase (rechts, schwarze Linie) (vgl. auch Abb. 10).
Fig. 9: Activity (in cm per 5 min; ordinate) of a male of *Lucihormetica verrucosa* (L3) durring 24 h (LD 12:12). Skotophase (right, black line) (see also Fig. 10).

duen dar. Es wird deutlich, dass nahezu die gesamte Aktivität in der Photophase stattfand. Eine extrem geringe Aktivität in der Skotophase ließ sich lediglich bei T2, T3 und T4 beobachten. Auch hier sind individuelle Unterschiede erkennbar.

4. Fazit

Tracker ist ein leicht zu bedienendes Programm, mit dem man anhand von Videosequenzen die Aktivität (neutral als Pixel, als zurückgelegte Strecke und Geschwindigkeit) von Tieren, und dies im günstigsten Fall vollautomatisch, auswerten kann. Dennoch kann die Auswertung von 24 h-Videoaufnahmen bis hin zur Anfertigung aussagekräftiger Diagrammen mehrere Stunden dauern. Gelingt es aber, alle Einflussgrößen zu beseitigen, die einen automatischen Suchlauf beeinträchtigen, ist Tracker auch für längerfristige Untersuchungen, z. B. zur circadianen Rhythmik (u. a. SUTHERLAND 1981; BELL et al. 2007), geeignet. Darüber hinaus bietet Tracker noch eine Reihe von anderen Optionen, die sicher für biologische Fragestellungen angewendet werden können (siehe https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/).

Danksagung

Herrn DIETER SCHULTEN (Aquazoo/Löbbecke Museum, Düsseldorf) verdanken wir die Aufnahme von *Therea olegrandjeani* (Abb. 1).

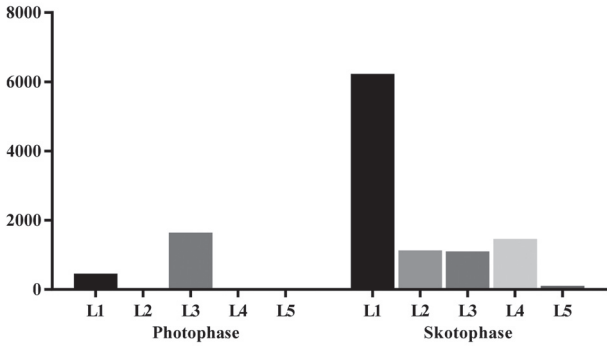

Abb. 10: Aktivität (Strecke in cm/12 h; Ordinate) von fünf *Lucihormetica verrucosa* (L1-L5) über einen Zeitraum von 24 h (LD 12:12).
Fig. 10: Activity (distance in cm/12 h; ordinate) of five males of *Lucihormetica verrucosa* (L1-L5) during 24 h (LD 12:12).

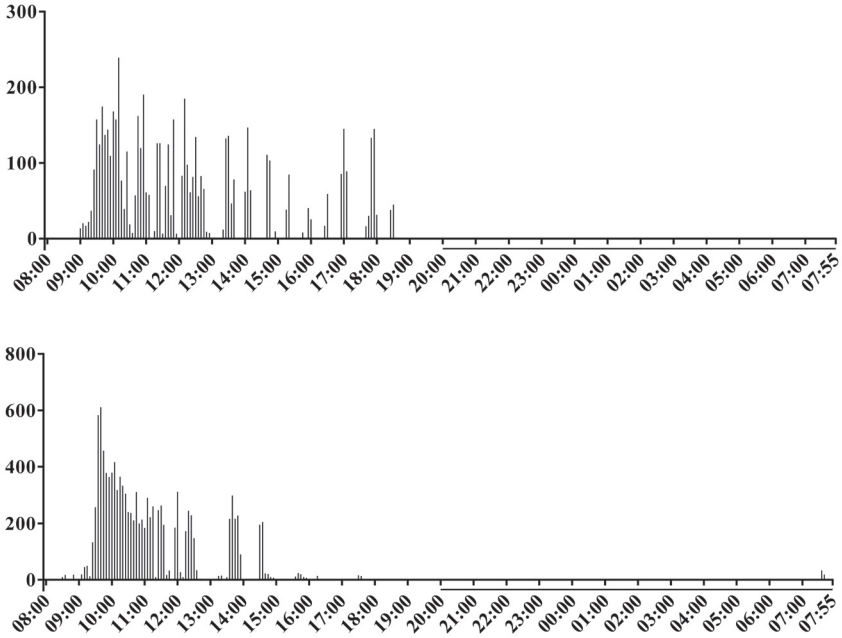

Abb. 11: Aktivität (in cm pro 5 min; Ordinate) von zwei Männchen von *Therea olegrandjeani* (oben T1; unten T2) innerhalb von 24 h (LD 12:12). Skotophase (rechts, schwarze Linie) (vgl. auch Abb. 12).
Fig. 11: Activity (in cm per 5 min; ordinate) of two males of *Therea olegrandjeani* (T1 on the top; T2 below) during 24 h (LD 12:12). Skotophase (right, black line) (see also Fig. 12).

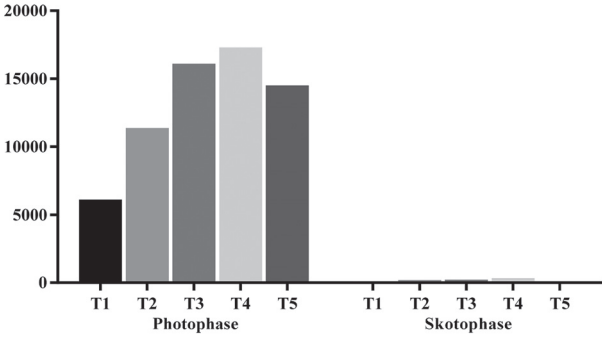

Abb. 12: Aktivität (Strecke in cm/12 h; Ordinate) von fünf *Therea olegrandjeani*-Männchen (T1-T5) über einen Zeitraum von 24h (LD 12:12).
Fig. 12: Activity (distance in cm/12 h; ordinate) of five males of *Therea olegrandjeani* (T1-T5) during 24 h (LD 12:12). .

Literatur

Bell, W.J., Roth, L.M., & Nalepa, C.A. (2007): Cockroaches: ecology, behavior, and natural history. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Böckmann, E.A., Kersting, T., & Vogt, H. (2012): Enabling computer based video observation analyses of insect behavior, using only freeware programs: A study on *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae). Entomologia generalis 34: 23-29.

GREVEN, H., ZWANZIG, N. (2013): Courtship, mating, and organisation of the pronotum in the Glowspot Cockroach *Lucihormetica verrucosa* (Brunner von Wattenwal, 1865) (Blattodea: Blaberidae). Entomologie heute 25: 77-97.

GREVEN, H., FLOSSDORF, S., KÖTHE, J., LIST, F., & ZWANZIG, N. (2014): Running speed and food intake of the matrotrophic viviparous cockroach *Diploptera punctata* (Blaberidae) during gestation. Entomologie heute 26: 53-72.

HÖTTGES, N., TERNES, K., & GREVEN, H. (2015): Ein Blick in die Kinderstube von *Tursiops truncatus* im Zoo Duisburg mit Hilfe von Videoaufnahmen aus der Routineüberwachung. Der Zoologische Garten, im Druck

LIVINGSTONE, D., & RAMANI, R. (1978): Studies on the reproductive biology. Proceedings of the Indian Academy of Sciences B 87: 229-247.

SUTHERLAND, D.J. (1981): Rhythms, Pp. 247-273 in: BELL, W.J., & ADIYODI, K.G. (eds): The American Cockroach. Chapman and Hall, London; New York.

WEE, L.K., CHEW, C., GOH, G.H., TAN, S., & LEE, T.L. (2012): Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. Physics education 47: 448-455.

ZOMPRO, O., & FRITZSCHE, I. (1999): *Lucihormetica fenestrata* n. gen., n. sp., the first record of luminescence in an orthopteroid insect (Dictyoptera: Blaberidae: Blaberinae: Brachycolini). Amazoniana 15: 211-219.

BSc. Pitt Dittrich
Marcel Brenner
Prof. Dr. Hartmut Greven
Department Biologie der Heinrich-Heine-Universität
Universitätsstr. 1
D-40229 Düsseldorf
E-Mail: grevenh@uni-duesseldorf. de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologie heute

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: 27

Autor(en)/Author(s): Dittrich Pitt, Brenner Marcel, Greven Hartmut

Artikel/Article: Die Nutzung des Freeware-Programms „Tracker“ zur Bestimmung der Aktivität von Schaben. The Use of the Freeware-Program “Tracker” to Study Activities of Cockroaches 159-170