

# ***Varroa destructor* riecht mit den Beinen**

Franz-Xaver Dillier<sup>1,2</sup>, Peter Fluri<sup>1</sup> und Patrick Guerin<sup>2</sup>  
Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung<sup>1</sup>  
Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld, CH-3003 Bern  
Zoologisches Institut der Universität Neuenburg<sup>2</sup>  
Rue Emile-Argand 11, CH-2007 Neuchâtel

*Varroa destructor* besitzt auf den Vorderbeinen eine Grube mit einem Geruchssinnesorgan. Mit elektrophysiologischen Ableitungen an den Geruchssensillen konnte nachgewiesen werden, dass *Varroa* Düfte wahrnehmen und darauf reagieren kann.

## **Sinneswelt der Milben**

Mit welchen Sinnen kann sich die bienenparasitische Milbe *Varroa destructor*, die wie ihr neuer Name schon sagt, im Bienenvolk grossen Schaden anrichtet, orientieren? Um sich fortzupflanzen, müssen die weiblichen Milben von den Ammenbienen, auf denen sie bevorzugt Hämolymphe („Bienenblut“) saugen, in verdeckelungsbereite Brutzellen überwechseln. Wie Untersuchungen von Gerard Donzé in Liebefeld gezeigt haben, findet in den verdeckelten Brutzellen ein hoch organisierter Vermehrungszyklus statt.

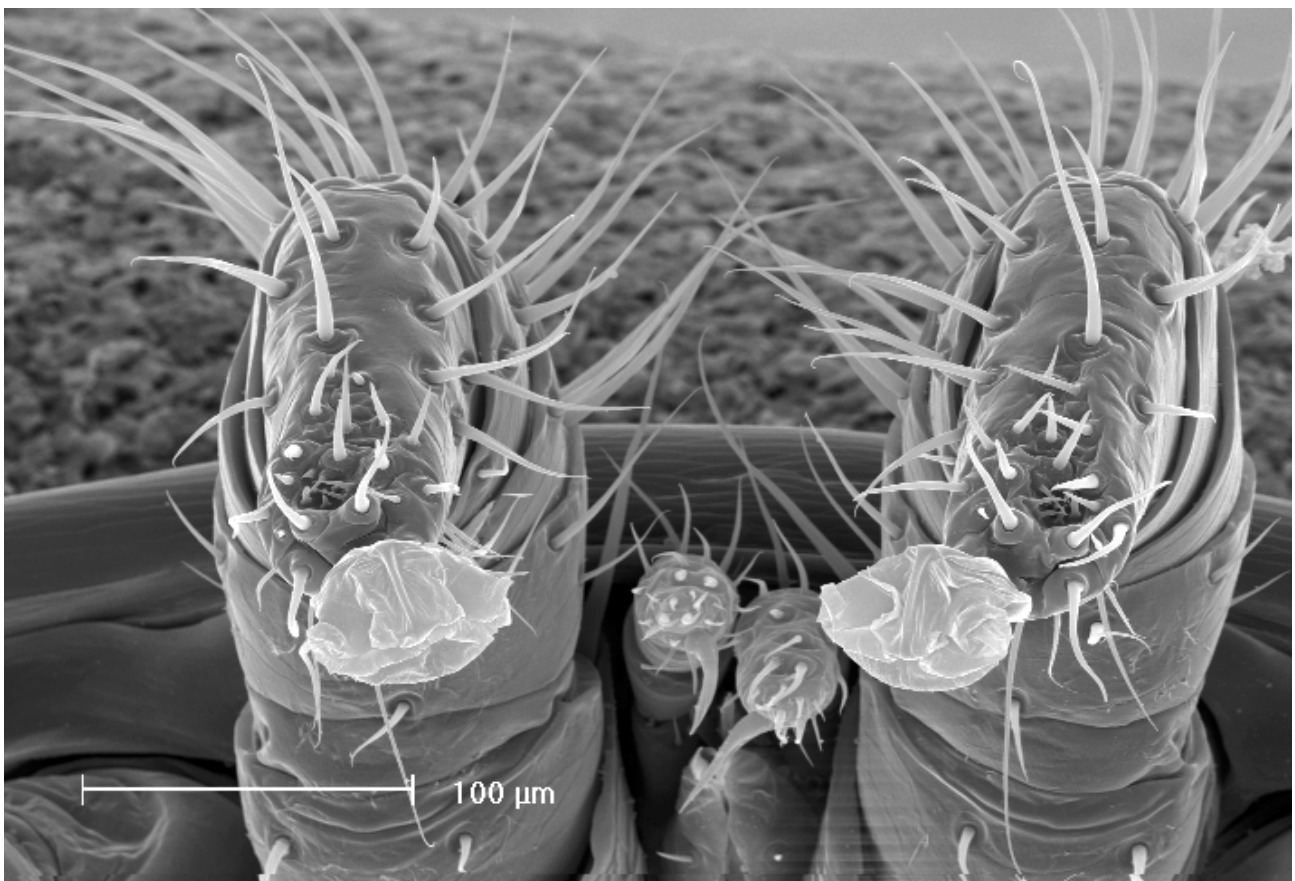


Abb.1. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Vorderbeine der *Varroa destructor* mit dem für das Riechen zuständigen Grubensinnesorgan. Die Milbe ist von vorne unten aufgenommen. Im Zentrum sieht man die Pedipalpen (Mundwerkzeuge) mit den säbelförmigen Klauen und den Geschmackssinneshaaren. Die Vorderbeine tragen lange Tasthaare und an der Spitze die beweglichen Haftlappen. Die „Nase“ der Milbe das Grubensinnesorgan, liegt auf der Oberseite der Beine etwas nach aussen versetzt fast an der Spitze, versteckt in der namensgebenden Grube (Elektronenmikroskopaufnahmen, M. Vlimant, Universität Neuenburg).

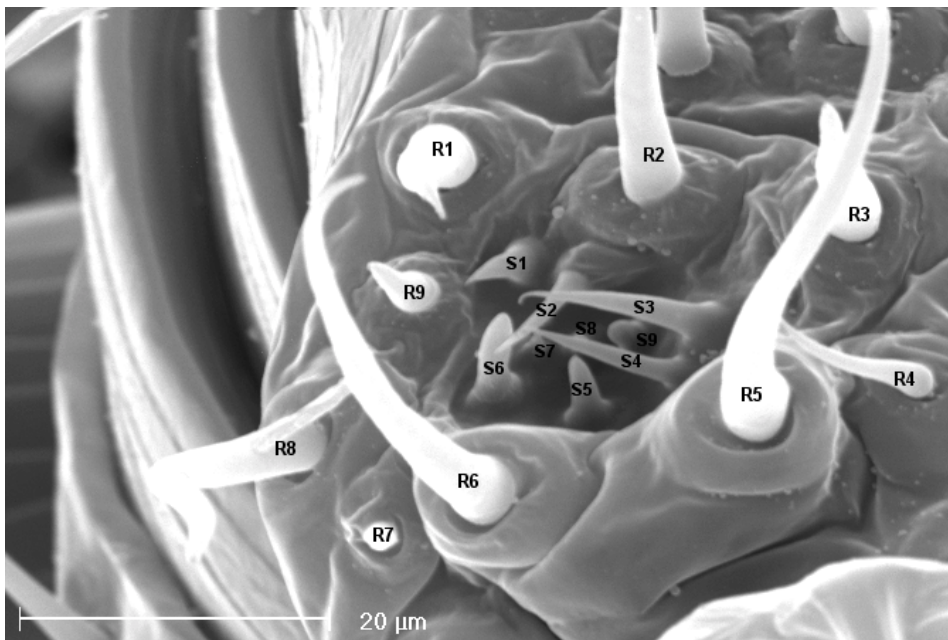


Abb. 2. Grubensinnesorgan mit den tast- und geschmacksempfindlichen Randborsten R1 bis R9 und den Grubensensiblen S1 bis S9.

Im dunklen Bienenstock kann *Varroa* auf Augen verzichten. Sie kann zwar Licht von Dunkel unterscheiden, da gewisse Zellen im Nervensystem etwas Licht empfindlich sind, aber damit kann sie niemals den Weg zu den richtigen Brutzellen finden. Milben sind wie alle Spinnentiere sehr empfindlich für Vibrationen und haben einen ausgezeichneten Tastsinn. Hören — also Luftschall wahrnehmen — können sie aber, wie übrigens auch die Bie-

nen, nicht. Ob sie im Nahbereich die durch starke Schallwellen erzeugte Beschleunigung der Luftmoleküle (die sogenannte Schallschnelle) wie die Bienen mit Sinneshaaren wahrnehmen können, ist für *Varroa* nicht bekannt. Dagegen weiss man, dass die *Varroa*-Milben kleinste Temperaturunterschiede wahrnehmen können. Die Milben leben in einer Welt von chemischen Reizen, Erschütterungen und Temperaturdifferenzen, einer uns sehr fremden Umwelt. Diese Geruchs- und Geschmackswelt bildet einen scharfen Gegensatz zu der uns vertrauten Welt der Farben und Töne.

### Die „Milbennase“

In unserer Untersuchung ging es darum herauszufinden, wie die *Varroa*-Milben Gerüche wahrnehmen und ob sie sich von speziellen Düften zu den richtigen Brutzellen leiten lassen.

Die Bienen besitzen wie alle Insekten Fühler mit Tausenden von Sinneshaaren und Sensillen in Porenplatten, um die ganze Vielfalt der Blumendüfte sowie auch die Volkszugehörigkeit ihrer Stockgenossinnen zu erkennen. Wo aber liegt die „Nase“ der *Varroa*-Milbe? Sie besitzt wie alle Spinnentiere acht Beine, aber keine Fühler. Wenn man eine *Varroa* mit der Lupe oder unter dem Binokular betrachtet, bemerkt man, dass auch sie bloss sechs ihrer acht Beine zum Laufen gebraucht. Das erste Beinpaar hingegen ist ständig in Bewegung, tastet wie ein Insektenfühler die

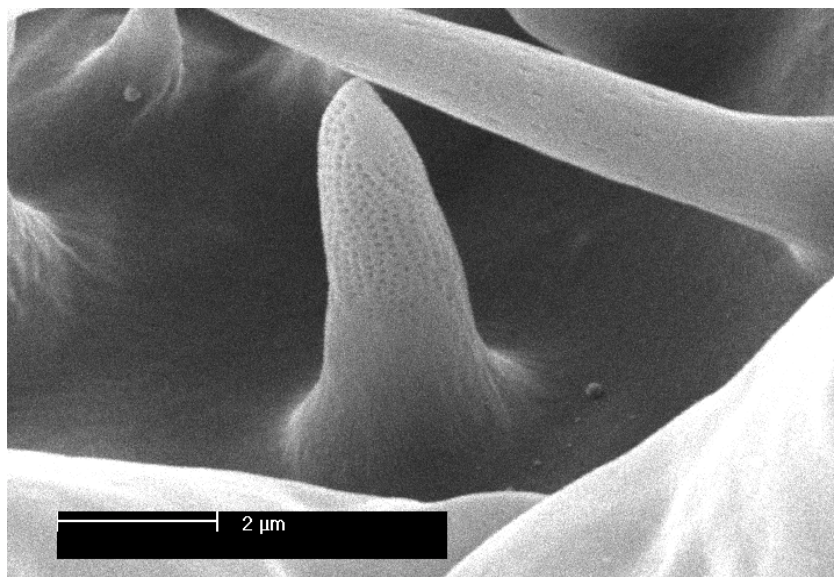


Abb. 3. Zwei unterschiedliche Geruchssensillen S4 (oben rechts angeschnitten) und S5 (im Zentrum) mit den typischen Wandporen um Geruchsmoleküle zu den Rezeptorzellen im Inneren durchzulassen.



Umgebung ab und wird ständig in der Luft hin und her geschwenkt. Es liegt daher nahe, wie merkwürdig das auch klingen mag, die „Milbennase“ auf den Beinen zu suchen.

## Elektronenmikroskopie

Aufnahmen, die wir mit dem Rasterelektronenmikroskop an der Universität Neuburg gemacht haben, zeigen auf der Oberseite der Vorderbeine, kurz vor dem Haftlappen eine kleine Grube mit winzigen Sinneshaaren (Sensillen). Jede dieser Sensillen sieht etwas anders aus und zeigt auch einen unterschiedlichen inneren Aufbau. Wie man von anderen Milben und Insekten weiss, kann man vom Aussehen und vom Aufbau auf die Sinnesmodalität schliessen. Eine Endpore ist typisch für Geschmackssensillen, ein ringförmiger Sockel, wie ihn die Randborsten um die Sinnesgrube, herum zeigen, deutet auf bewegungsempfindliche Haare. Sie vermitteln Tasteindrücke und können Luftbewegungen wahrnehmen. Manche besitzen zusätzlich noch eine Endpore und verbinden so einen Tast- mit einem Geschmackseindruck. Die Sensillen für den Temperatur- und Feuchtigkeitssinn die wahrscheinlich auch in der Sinnesgrube auf den Vorderbeinen liegen, verraten sich nicht durch das Aussehen, sondern gerade das Fehlen äusserer Merkmale und die Form der Nervenendigungen im Inneren geben Hinweise auf diese Sinne. Riechsensillen der Gliederfüssler zeichnen sich durch Wandporen aus. Durch diese Poren können die Duftmoleküle in die Sensille eintreten und in Kontakt mit der dort vorhandenen Rezeptor-Lymphflüssigkeit kommen. Dort lösen sie über für die verschiedenen Duftstoffklassen spezifischen Rezeptoren in der Membran der Sinneszellen eine chemische Kaskaden-Reaktion aus. Sie führt über das Öffnen von Ionenkanälen zum Aussenden von elektrischen Aktionspotentialen (Nervensignalen) durch die Sinneszellen. Die Sensillen S3, S4 und S5 im Grubenorgan auf den Vorderbeinen von *Varroa* sind Beispiele für solche geruchsempfindliche Wandporensensillen.

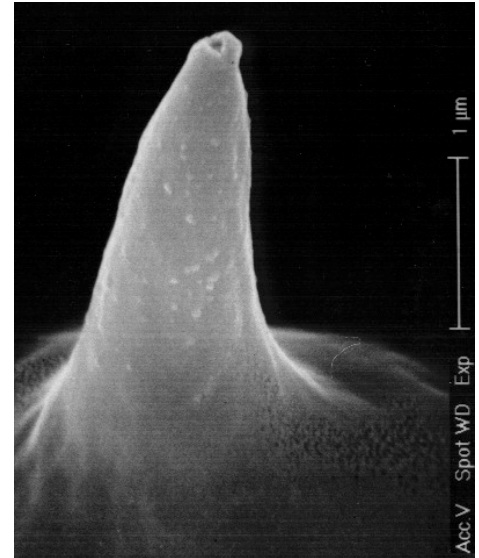


Abb. 4. Geschmackssensille S8 mit Endpore.

## Elektrophysiologische Ableitungen

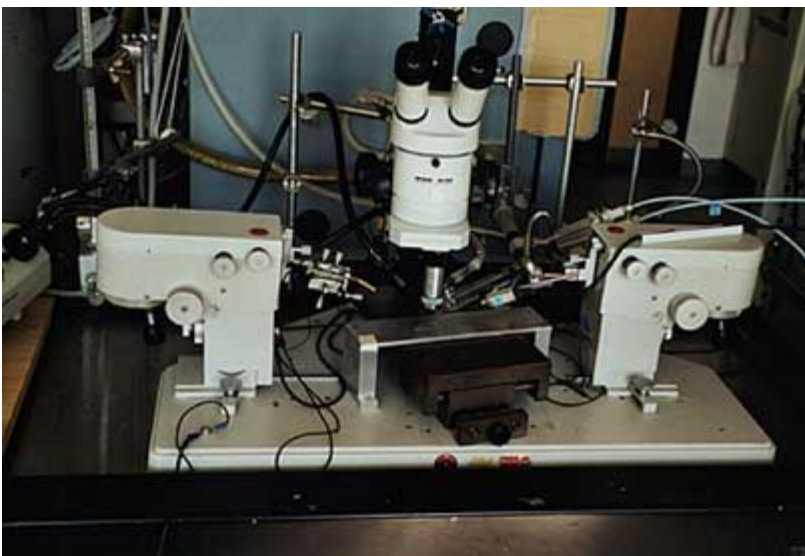


Abb. 5. Elektrophysiologische Arbeitsstation mit Mikroskop und zwei Mikromanipulatoren zum Platzieren der Mikroelektroden, die zum Ableiten der Nervensignale dienen.

Der Beweis, dass *Varroa* wirklich Gerüche mit ihren Beinen wahrnehmen kann, erbrachten nicht die mikroskopischen Untersuchungen, sondern erst elektrophysiologische Ableitungen der Aktionspotentiale an den Geruchssensillen der *Varroa*-Milben. Dazu mussten die Milben unter dem Mikroskop auf ein Plexiglasstück geklebt und ihre Beine vorsichtig mit Wachs fixiert werden. Eine hauchfeine Ableitungselektrode aus Wolframdraht oder eine mit Salzlösung gefüllte, in eine Spitze ausgezogene, Glaskapillare wurde an der Basis einer Sensille eingestochen. Um den Stromkreis zu schliessen, diente eine entsprechende Referenzelektrode in einem Bein. Ein

durch einen Aktivkohlefilter, gereinigter, erwärmter und befeuchteter Luftstrom, wurde über das Tier geführt. In diesen Luftstrom konnten Geruchsreize elektro-nisch gesteuert eingespritzt werden. *Varroa* zeigte auf Duft von lebenden Bienen, Larven oder Puppenhüllen, sowie von einzelnen chemisch reinen Geruchsstoffen eine Erhöhung in der Frequenz der abgeleiteten Aktionspotentiale an den Grubensensillen. Die Ableitungen zeigten oft gemischte Signale mit deutlich unterschiedlichen Amplituden (Signalstärken) und leicht verschiedenen Latenzzeiten vom Reizbeginn. Das deutet darauf hin, dass an der Reaktion mindestens zwei verschiedene Nervenzellen beteiligt waren. Oft waren im Mikroskop bei den Ableitungen trotz fixierten Beinen rhythmische Zuckungen an feinsten Muskelfasern sichtbar. Kontrollableitungen zwischen den Reizungen zeigten keine Reaktionen und auch keine Erhöhung der Rate der Aktionspotentiale. Es scheint bei den winzigen Dimensionen der Sensillen bei *Varroa* äusserst schwierig zu sein, reine Ableitungen der Reaktion der Sinneszellen zu erhalten, wie auch ähnliche Ergebnisse an einem amerikanischen Labor zeigten. Da *Varroa* als Verhaltensreaktion die Vorderbeine ständig nach von ihr wahrgenommenen Gerüchen ausrichtet, können diese Ableitungen als eine Mischung der Antwort der Sinneszellen und der unmittelbar darauffolgenden Rückmeldung der Motoneuronen (Nervenzellen die Muskeln zur Kontraktion anregen) mit einer grösseren Amplitude an die Beinmuskeln interpretiert werden. Da auch diese Antwort-Reaktion von der Duftreizung ausgelöst wird, können Geruchsstoffe auch durch solche gemischten Ableitungen getestet werden. Sie zeigen nicht nur an, ob Gerüche von der *Varroa* wahrgenommen werden können, sondern auch, dass sie eine Reaktion beim Tier auslösen. Welcher Art die Reaktion der Milben auf die erkannten Gerüche ist, müssen hingegen Verhaltensversuche aufklären.

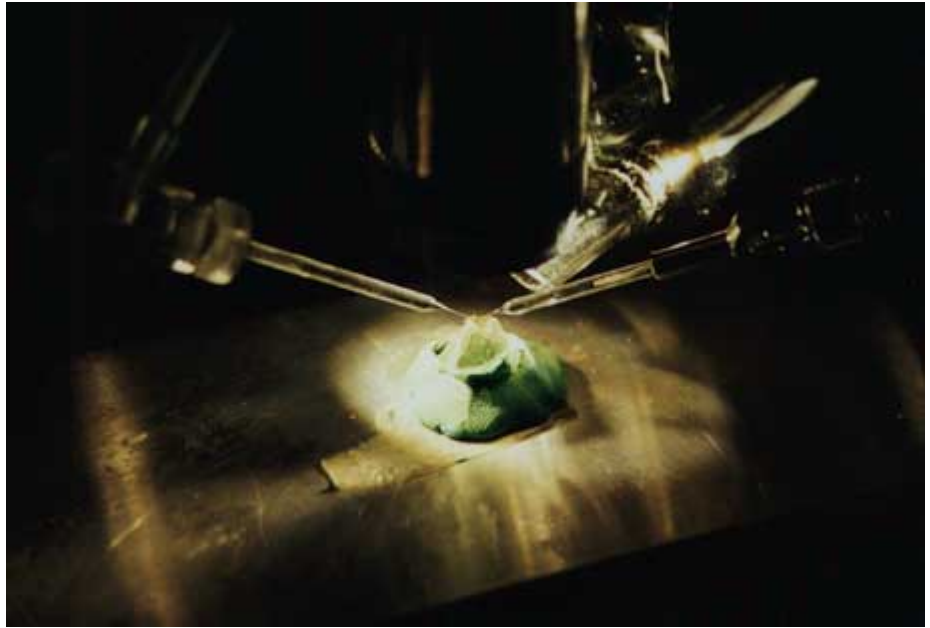


Abb.6. Ableitung der Nervensignale von den Geruchssensillen am Vorderbein von *Varroa destructor*. Die Milbe ist mit doppelseitigem Klebeband und Wachs auf einem Plexiglasblock fixiert. Abgeleitet wurden die Aktionspotentiale der Sinneszellen und die darauf folgenden Nervensignale an die Muskelzellen der Beine. Die Ableitung erfolgte mittels Salzlösung gefüllter in dünne Spitzen ausgezogener Glaselektroden oder feiner Wolframdrahtelektroden. Die Ableitungselektrode rechts und die Referenzelektrode links waren über Verstärker mit einem Lautsprecher und mit einem Aufzeichnungscomputer verbunden, wo die Signale gespeichert und auf dem Bildschirm sichtbar und über den Lautsprecher hörbar gemacht wurden. Rechts hinten ist das Rohr für die Zufuhr des konditionierten Luftstroms mit den Geruchsreizen sichtbar.

## Verwirrungstatik ?

*Varroa destructor* besitzt also eine „Nase“ auf den Vorderbeinen und kann Gerüche aus dem Bienenvolk wahrnehmen und darauf reagieren. Flüchtige Stoffe scheinen eine Rolle beim Abstieg von den Ammenbienen und dem Auffinden der richtigen Brutzellen für den Vermehrungszyklus zu spielen. Darauf deuten erste Ergebnisse eines in Liebefeld entwickelten Abstieglabortests hin. Bei der Orientierung der kleinen Milben die im Bienenstock die richtigen Brutzellen aufsuchen müssen, spielen aber viele Einflüsse und verschiedene Sinnesmodalitäten eine Rolle, wie die Forschungsergebnisse verschiedener Gruppen zeigten. Sobald man aber das komplexe, fein abgestimmte Orientierungsverhalten genügend versteht, werden sich auch Wege aufzeigen, wie es gestört werden

könnte. Vielleicht gelingt es uns einmal, die Milben durch Eingriffe in ihr chemisches Kommunikations- und Orientierungssystem so zu verwirren, dass ihre schadenstiftende Vermehrung im Bienenvolk dadurch auf schonende- und umweltverträgliche Weise nachhaltig vermindert werden kann. Mit dem Aufklären des Geruchsinns der Milben sind wir diesem Ziel einen Schritt auf dem schwierigen Weg nähergekommen.

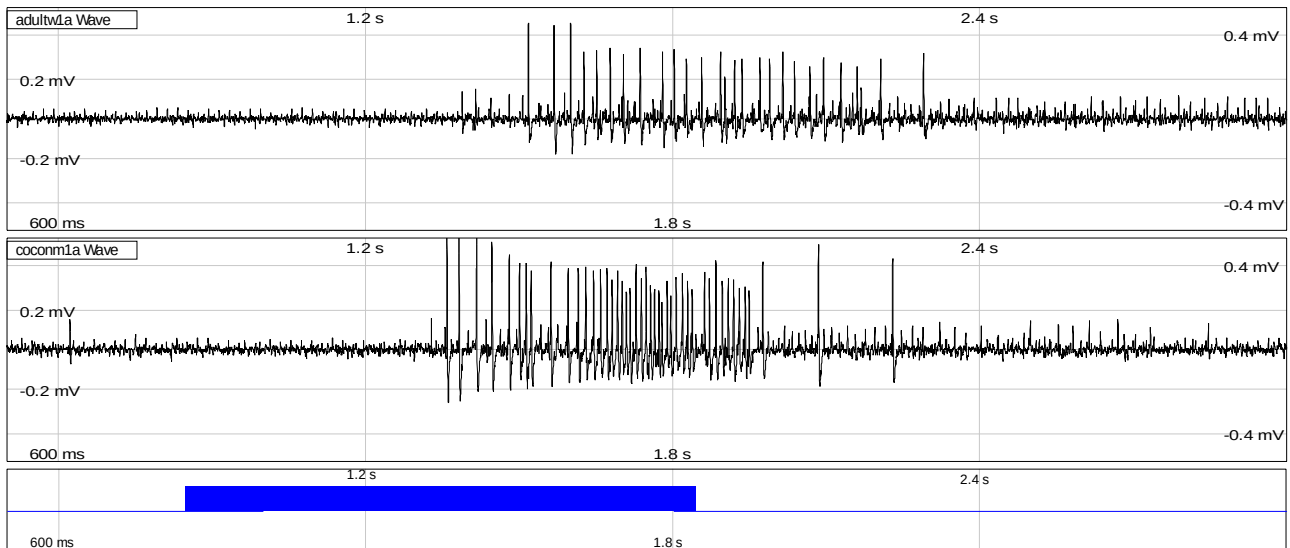


Abb. 7. Ableitungen von Aktionspotentialen an den Geruchssensillen im Grubenorgan auf den Vorderbeinen von *Varroa destructor*. Die erste Spur zeigt die Ableitung nach Reizung mit Bienen-geruch, die zweite Spur mit Geruch von Puppenhüllen und der Balken in der dritten Spur gibt die Dauer der Reizdarbietung an. Es handelt sich um eine gemischte Antwort von verschiedenen Zellen. Die hohen Ausschläge sind wahrscheinlich Signale von den Motoneuronen, Nervenzellen, die den Muskeln in den Beinen die Anweisung geben, sich auf die Geruchsquelle auszurichten. Die Signale mit der kleineren Amplitude, die etwas früher einsetzen und länger anhalten, stammen hingegen wahrscheinlich direkt von den geruchsempfindlichen Sinneszellen in den Gruben-sensillen.