

## David gegen Goliath – Wie winzige natürliche Gegenspieler von Forstschadinsekten wirken und Entscheidungen über Insektizideinsätze beeinflussen

KATRIN MÖLLER

### Einleitung – der Einfluss natürlicher Gegenspieler im Massenwechselgeschehen von Forstschadinsekten

Die ausgedehnten, oft gering strukturierten Kiefernwälder des nordostdeutschen Tieflandes weisen sowohl im geschichtlichen Rückblick als auch in der Gegenwart eine hohe Disposition gegenüber dem Massenaufreten nadelfressender Kiefern- und Nadelwickler auf. Die numerische Reaktion der Gegenspieler folgt der Gradation der Wirtspopulation in der Regel im Abstand von 2–3 Jahren, d. h. häufig erst nach massivem Fraß und entsprechenden Bestandsschäden. Häufig können deshalb bei Massenvermehrungen nur Insektizidapplikationen großflächige Bestandsschäden verhindern. Flächige Bekämpfungsmaßnahmen unter Anwendung von Pflanzenschutzmitteln finden dabei nur als letztes Mittel, bei existenzieller Gefährdung des Bestandes statt. In Abhängigkeit von der Biologie der zu überwachenden Forstschadinsekten kann nach festgestellter Gefährdung bei der Standardüberwachung (Pheromonfalleneinsatz oder Winterbodensuchen) u. a. mit Leimringuntersuchungen, Eisuchen, Schlupfpyramiden und Probefällungen die Schädlingsdichte flächenbezogen aktualisiert werden. Unabdingbare Voraussetzung für die Durchführung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind einheitliche Methoden, einschließlich art- sowie methodenspezifischer kritischer Zahlen und natürlich eine ausreichende Zahl Forstpraktiker vor Ort.

Insbesondere während der Vorbereitung großflächiger Insektizidapplikationen spielt die Beratung der Forstpraxis eine große Rolle. Intensive Untersuchungen sind vor allem notwendig, wenn die Folgeüberwachung deutliche Abweichungen zur ursprünglich erstellten Prognose aufzeigt. Häufig ist dann eine komplexe Betrachtung des Schadgeschehens unter besonderer Beachtung von Witterungsgeschehen und natürlichen Gegenspielern erforderlich. Das große Artenspektrum an Parasitoiden, wie z. B. Schlupfwespen, Raupenfliegen und Erzwespen sowie räuberischen Insekten, erfordert bei der Bewertung der Situation eine gute Artenkenntnis und langjährige Erfahrung. Das trifft natürlich im Besonderen auf Arten zu, die durch ihre „Größe“ von knapp 1 mm oder darunter mit dem bloßen Auge kaum noch zu sehen sind.

Eine geringe Empfindlichkeit von Waldökosystemen gegenüber Insektenattacken ist in hohem Maße auf die Wirkung natürlicher Gegenspieler von Schadorganismen zurückzuführen. Zusammenhänge zwischen Struktur- und Artenvielfalt in Ökosystemen beschreiben zahlreiche Lehrbücher der Ökologie sehr umfassend (u. a. KRATOCHWIL & SCHWABE 2001). Strukturvielfalt und Pflanzenartenvielfalt fördern die Tierartenvielfalt und damit das Potential an natürlichen Gegenspielern forstschädlicher Insekten: Vögel, Fledermäuse, räuberische Insekten und Spinnen sowie Parasitoide.

Es wird davon ausgegangen, dass die kleinsten der Parasitoide, Hautflügler wie Erz-, Zehr- und Zwergwespen unter den Bedingungen hoher Strukturvielfalt in Wäldern besonders große Artenzahlen erreichen (KRATOCHWIL & SCHWABE 2001). Diese Arten sind zumeist Eiparasitoide, das heißt, die Larven entwickeln sich allein oder zu mehreren im Ei des Wirts. Dieser wird, dementsprechend die Abgrenzung der Parasitoide von den Parasiten, abgetötet. Eiparasitoide haben zumeist eine große Zahl möglicher Wirtsarten (oligo- oder polyphag), selten sind sie nur auf eine Wirtsart angewiesen (monophag). Auch Puppenparasitoide (u. a. Schlupfwespen, Brackwespen) haben häufig ein großes Wirtsspektrum. Damit sind sowohl Ei- als auch Puppenparasitoide von besonderer Bedeutung im Massenwechselgeschehen der Kiefern- und Nadelwickler, da sie während der Latenz der Schädlinge auf Nebenwirte ausweichen können. Die Wirtsbindung der Larvenparasitoide (u. a. Raupenfliegen, Schlupfwespen, Brackwespen) ist dagegen zumeist wesentlich enger (HAESELBARTH 1979). Ihre Dichte ist deshalb in der Latenz in der Regel sehr niedrig und die Reaktion auf eine Massenvermehrung des Schadinsekts stärker verzögert.

Im Folgenden soll an Hand aktueller Beispiele dokumentiert werden, wie Eiparasitoide Massenvermehrungen von Kiefern- und Nadelwicklern beeinflussen können und bei Entscheidungen über Pflanzenschutzmittelmaßnahmen Berücksichtigung finden.

### Eiparasitoide des Kiefernspinners (*Dendrolimus pini*)

Während der letzten Gradation des Kiefernspinners ließen sich in den Befallsgebieten deutlich zwei unterschiedliche Situationen nachvollziehen. In einigen Beständen stieg die Populationsdichte rasant und überschritt 2005 das Vielfache der kritischen Dichte (=Prognose Kahlfraß). Entsprechend kam es im Juli 2005 flächig zum vollständigem Nadelverlust. Der folgende Dürresommer 2006 führte zum kompletten Absterben der betroffenen Kiefern und damit zu flächigen Bestandesverlusten. Parasitoide konnten hier der Gradation nicht rechtzeitig folgen.

In anderen Waldbeständen stieg die Populationsdichte des Kiefernspinners moderater. 2005 wurden trotz deutlichen Befalls keine kritischen Dichten erreicht. Lokal starke Fraßschäden durch die Raupen sowie ein teilweise intensiver Falterflug waren im Sommer 2005 im Land Brandenburg Anlass zur Vorbereitung einer Herbstapplikation von Pflanzenschutzmitteln. Damit sollte in den bereits stark entnadelteten Beständen Kahlfraß durch die im Spätsommer schlüpfende neue Raupengeneration vermieden werden. Bei Probefällungen waren aber im September 2005 keine

entsprechenden Raupendichten auffindbar. Es zeigte sich, dass die Eier zu fast 100% parasitiert waren (Abb. 1). Im Herbst 2005 konnte somit großflächig auf Insektizidapplikationen verzichtet werden. In benachbarten Beständen kam es auf Grund von Populationsdichten, die über dem Mehrfachen der kritischen Zahl lagen, trotz Eiparasitierungs-raten von über 90% in der Folge noch zu merklichen bis starken Fraßschäden, aber nicht zu Kahlfraß. Die weiteren Überwachungsschritte belegten dann den Zusammenbruch der Kiefernspinnerpopulation im betroffenen Befallsgebiet (Abb. 2). Hohe, aber nicht bestandesgefährdende Raupendichten im Frühsommer 2005 waren Ursache für die ausreichende Wirkung eines Ei-Parasitoiden in der Folgegeneration des Wirts.

Es handelte sich um die mit den Erzwespen verwandte Zwergwespen-Art *Telenomus laeviusculus* RATZBURG (Hym., Scelionidae). Der winzige Hautflügler mit einer Flügelspannweite von 1 mm, hatte auch Anfang der 1950er Jahre großen Anteil am Zusammenbruch der Kiefernspinnergradation. Berichte aus dem europäischen Teil der damaligen Sowjetunion sprechen *Telenomus*-Arten gegenüber *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) eine wesentlich höhere Beteiligung an der Eiparasitierung des Kiefernspinners zu (RUIVSKIN 1950). 1962/1963 durchlief der Kiefernspinner in Niederösterreich eine Massenvermehrung. JAHN (1964) ordnete wiederum *Telenomus laeviusculus* die Parasitierungsleistung zu.



Abb. 1: Mit bloßem Auge kaum zu erkennen: Zwergwespen und deren Ausschlußflöcher an Kiefernspinnereiern (Foto: Reichling)

## Eiparasitoide des Kiefernspinners (*Bupalus piniaria*)

1931 schreibt ESCHERICH (1931), dass *Trichogramma evanescens* ein wichtiger Schmarotzer des Kiefernspinners ist, erwähnt aber auch, dass „die Eiparasiten beim Spanner in der allgemeinen Bedeutung wesentlich hinter die Raupenparasiten“ zurücktreten. Als weiterer Eiparasitoid wird eine bis dahin unbestimmte *Telenomus*-Art erwähnt. Die Darstellung eines von Erzwespen parasitierten Eigeleges findet sich sogar im Wandgemälde, das SCHWERDTFEGER in seinem 1938 fertig gestellten Institut für Waldschutz anfertigen ließ (Abb. 3). ENGEL (1942) hatte während einer Massenvermehrung Mitte der 1930er Jahre in der Letzlinger Heide ebenfalls *Trichogramma evanescens* als bedeutenden Eiparasitoiden herausgestellt. Bei einer Massenvermehrung des Kiefernspinners 1953–57 in Ober- und Mittelfranken lag die Eiparasitierung 1956 im Mittel bei 34%, 1957 örtlich bei 90–95% (KENNEL-HECKEL 1963). Für das nördliche Verbreitungsgebiet des Kiefernspinners wird *Telenomus phaelenarum* als Hauptparasit der Eier angegeben. Daneben nennt SCHWENKE (1962) *Trichogramma embryophagum* als einen der wichtigsten Feinde der Kieferngrößschädlinge. Vermutlich sind Fehlbestimmungen, nachträgliche Korrekturen bzw. noch anhaltende Diskussionen in der Taxonomie und Systematik Ursache für Widersprüche in der Fachliteratur.

Ein aktuelles Beispiel für die Wirksamkeit der Eiparasitoiden des Kiefernspinners ließ sich 2008 beobachten. Die flächige Überwachung der Kiefernbestände in den Wäldern Brandenburgs hatte im Winter 2007/2008 für Kiefernspinner und Forleule sowie auch den Kiefernspanner Dichten angezeigt, die Kahlfraß und damit Bestandesschäden befürchten ließen.

Um die Situation ganz aktuell bewerten und damit eine Entscheidung über einen Pflanzenschutzmitteleinsatz fällen zu können, wurde in den durch den Kiefernspanner als gefährdet ausgewiesenen Beständen die Eiablage mit Hilfe von Probefällungen kontrolliert. Mitte Juli konnte auf Grund hoher Anteile parasitierter Eier, die durch die dunkle Färbung von den gesunden grünen Eiern gut zu unterscheiden sind (Abb. 3 und 4), in Brandenburg überall und in Mecklenburg-Vorpommern für den Großteil der überwachten Fläche Entwarnung gegeben werden. Trotz der Aussicht, kleinflächig weitere Nadelmasseverluste hinnehmen zu müssen, überzeugte das Argument, dass die wichtigen Waldschutzhelfer von unbehandelten Flächen aus in benachbarte, befallene Bestände ausstrahlen und dort wesentlich zielsicherer und langfristiger wirksam werden können.

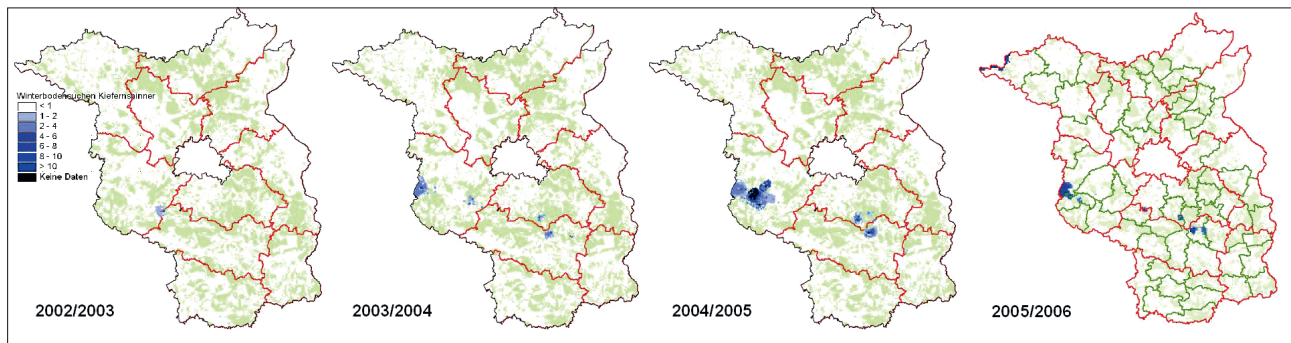


Abb. 2: Befallsflächen des Kiefernspinners seit 2003 (Interpolation der Winterbodensuchdaten) – Die Gradation kam im Westen Brandenburgs 2005 endgültig durch Eiparasitoide (*Telenomus laeviusculus*) zum Erliegen.



Abb. 3: Wandmalerei im Schwerdtfeger'schen Institut für Waldschutz in Eberswalde (BLUMENSTEIN 1938): Durch Erzwespen parasitiertes Eigelege des Kiefernspanners

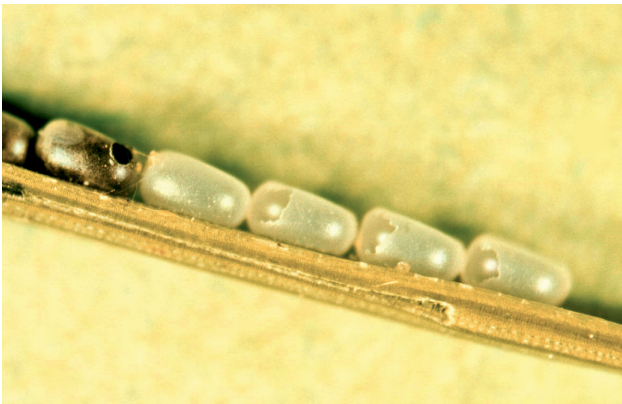


Abb. 4: Mikroskopaufnahme eines Eigeleges des Kiefernspanners (hell: von Kiefernspanner-Raupchen verlassene Eier, dunkel: von Erzwespen verlassene Eier)



Abb. 5: Mikroskopaufnahme der Erzwespe *Trichogramma evanescens* (Weibchen, links und Männchen)

Zur Sicherheit wurde in den Befallsgebieten durch Kotfalluntersuchungen und stichprobeweise Raupenzählungen im Spätsommer die weitere Entwicklung der Kiefernspannerpopulationen beobachtet.

Schlupfkontrollen im Labor des Waldschutzes in Eberswalde zeigten, dass die im Freiland ermittelten Parasitierungswerte von bis zu 60% noch überschritten wurden. Die Parasitierung der Eier wird erst allmählich, im Verlauf der Entwicklung der Parasitoidenlarven und der damit verbundenen Verfärbung durch den Kot, sichtbar (Abb. 4). Die geschlüpften, winzigen Erzwespen, nur ca. 0,5 mm groß, wurden als *Trichogramma evanescens* bestimmt (Abb. 5). Diese Art ist als effektiver Gegenspieler des Kiefernspanners bekannt, parasitiert aber auch Eier der Forleule sowie zahlreicher anderer Insektenarten. Aus einem Ei schlüpfen bis zu 8 Erzwespen, wobei die Ausschlüpföffnung der ersten Wespe genutzt wird. Durch die kurze Entwicklungszeit kann in einem Sommer eine Vielzahl von Generationen aufeinander folgen (ESCHERICH 1931). Die Überwinterung erfolgt nach KENNEL-HECKEL (1963) in abgesprungenen Eiern in der Bodenauflage.

In der Gesamtbetrachtung des aktuellen Massenwechselgeschehens des Kiefernspanners muss aber neben den Parasitoiden auch die Witterung einbezogen werden. Die Witterung beeinflusst nicht nur Entwicklung und Populationsdichte der Antagonisten, sondern war im genannten Fall sicherlich günstige Voraussetzung für deren rechtzeitige und ausreichende Wirkung. Schon die überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmenge im Sommer 2007 hatte sich als ungünstig für den Kiefernspanner erwiesen, der Flug der Falter und die Entwicklung der Eiräupchen wurden negativ beeinflusst. Somit wurde der Anstieg der Populationsdichte des Kiefernspanners schon 2007 gedämpft und die Gegenspieler konnten 2008 in Brandenburg ausreichend wirksam werden, bevor ernsthafte Bestandesschäden entstanden. Für die Kiefernspanner-Generation 2008 war auch eine Zunahme der Raupen- und Puppenparasitierung durch Schlupfwespen und Raupenfliegen erwartet worden. Entsprechend den Ergebnissen der Gesundheitsuntersuchungen des Winterbodensuchmaterials 2007/2008 und einer Diplomarbeit an der FH Eberswalde standen auch diese Nützlinge sowohl in Brandenburg als auch in Mecklenburg-Vorpommern schon in den „Startlöchern“ (BRANDT 2007). Die Winterbodensuchen 2008/2009 zeigten, dass die Massenvermehrung des Kiefernspanners durch die Wirkung der Parasitoiden im gesamten Befallsgebiet zum Erliegen gekommen war.

## Strategien der Wirtsfindung bei Eiparasitoiden

Um einen neuen Wirt zu finden, müssen die winzigen Wespen nach dem Schlupf im selben Lebensraum suchen oder einen neuen erschließen. Große Distanzen können sie nur überwinden, indem sie sich passiv mit dem Wind verwehen lassen oder Transportmittel nutzen, in der Regel die größeren, adulten Wirte (=Phoresie). Für beide Varianten, sowohl zum richtigen Ort verdriftet zu werden als auch einen geeigneten Wirt für den Transport zu finden, sind die Chancen auf Erfolg grundsätzlich nicht hoch. Um den richtigen „Transporter“ zu finden, nutzen viele Eiparasitoiden Pheromone des adulten Wirts. Das können Sexualpheromone der Weibchen oder von Männchen nach Begattung auf die Weibchen übertragene Anti-Aphrodisiaka sein (FATOUROS et al. 2008). Dass auch die genannte Zwergwespe *Telenomus laeviusculus* die Weibchen des Kiefernspinners als Transporter zum Ei-Ablageort nutzt, wurde bereits von WECKWERTH (1952) beschrieben. Zu vermuten ist, dass auch dieser Art die Sexualpheromone der weiblichen Falter den Weg weisen. Für andere *Telenomus*-Arten ist diese Strategie bekannt (ARAKAKI & WAKAMURA 2000).

Auch pflanzenbürtige Botenstoffe der Pflanzen, die durch den Fraß der Wirtslarven oder durch die Eiablage induziert werden, locken verschiedene Eiparasitoiden-Arten zum Wirt. Die Reaktion der Eiparasitoiden auf solche Warnsignale stoppt die Entwicklung der Blatt- und Nadelfresser schon im Ei und verhindert so Fraßschäden (HILKER & MEINERS 2006). Eine solche „präventive Verteidigungsantwort“ (MUMM et al. 2005) erzeugt z. B. die Kiefer, wenn Kiefernbuschhornblattwespen die Nadeln vor der Eiablage anritzen. Pflanzen können also die Effektivität von Parasitoiden beeinflussen (MUMM & HILKER 2006).

Nach HILKER und McNEIL (2008) müssen Parasitoiden in einer hoch komplex „duftenden“ Umgebung navigieren. Ihre Fähigkeit, Duft-Signale richtig zu bewerten und so die Anwesenheit eines Wirts zu erkennen, ist unter solchen Bedingungen höchst erstaunlich.

## Konsequenzen für den Waldschutz: Überwachung, Prognose und Entscheidungen über Insektizideinsätze

Es gilt auch in Zukunft, die von RATZEBURG (1844) als „mächtige Allirte der Forstbedienten“ (Abb. 6) bezeichneten Parasitoiden einerseits bei der Bewertung einer Bestandesgefährdung zu berücksichtigen, andererseits intensiv zu fördern. Bei angezeigter Bestandesgefährdung muss die Überwachung der Vitalität der Schädlingspopulationen mit artspezifischen Methoden bis kurz vor Insektizideinsatz erfolgen, um den Einfluss von Gegenspielern oder ungünstiger Witterung registrieren zu können und die Entwicklung sowie Ausbreitung der natürlichen Gegenspieler nicht durch Insektizide unnötig negativ zu beeinflussen. Nicht bestandesgefährdende Fraßschäden sind zu dulden,

um den Parasitoiden Zeit zu verschaffen. Es kann immer davon ausgegangen werden, dass die Effektivität der „Bekämpfung“ durch natürliche Gegenspieler deutlich größer und nachhaltiger ist als der Einsatz von Insektiziden. Bei Bestandesgefährdung sollten immer möglichst selektive Insektizide Verwendung finden, um natürliche Gegenspieler und deren potenzielle Nebenwirte zu schonen. Erforderlich ist eine Vor-Ort-Beratung durch Waldschutzspezialisten und die Schulung der Forstpraktiker, um den Einfluss natürlicher Gegenspieler sicher zu erkennen.

## Konsequenzen für den Waldbau: Natürliche Gegenspieler und Strukturvielfalt im Wald

Parasitoiden haben aus Waldschutzsicht eine besonders wichtige Rolle für die Stabilität von Wäldern. Strukturvielfalt, Baumartenmischungen und vielgestaltige Waldränder sind Voraussetzung für eine wirksame Regulierung der Populationsdichten von Schadinsekten in der Latenz und bei Massenvermehrungen von Insekten. Strukturvielfalt und Pflanzenartenvielfalt – das betrifft die Baum-, Strauch- und Krautschicht – fördern die Tierartenvielfalt und damit das Potential an natürlichen Gegenspielern forstschädlicher Insekten. Generell steigt mit der Pflanzenvielfalt so auch die Zahl potenzieller Nebenwirte für natürliche Gegenspieler der Schadinsekten. Gleichzeitig wird auch die Verfügbarkeit von Honigtau als wichtige Nahrung – und Voraussetzung für die Eireifung – für viele adulte Hautflügler und Fliegen durch ein größeres Spektrum an Wirtspflanzenarten für Läuse über die gesamte Vegetationsperiode gewährleistet. Mit einer vielfältigen Strauch- und Krautschicht erhöht sich gleichfalls das aus diesem Grund wichtige Nektarangebot.

Nach KRATOCHWIL und SCHWABE (2001) steigt die Biodiversität mit der Höhe der trophischen Ebene, die höchsten Artenzahlen erreichen somit Parasiten und Parasitoiden. Mit zunehmender Artenzahl nimmt auch der Anteil von Tierarten mit geringer Körpergröße zu, da für kleinere Arten eine größere Habitatvielfalt vorhanden ist und ihre Mobilität häufig höher ist. So erreichen die kleinen Parasitoiden, unter den Bedingungen hoher Strukturvielfalt in Wäldern besonders große Artenzahlen. Dabei wird davon ausgegangen, dass gerade bei den, häufig winzigen, parasitoiden Hautflüglern (Terebrantes), wie Erz-, Zehr- und Zwergwespen die Zahl der unbekanntarten deutlich über der bisher bekannten liegt bzw. die Lebensweise der bekannten Arten noch unzureichend erforscht ist, deren Potenzial als Gegenspieler also noch unterschätzt wird (DATHE et al. 2001). Laut LASALLE und GAULD (in DATHE 1997) sind Hautflügler „divers, sehr wichtig und sehr unbekannt“. Eine verringerte Empfindlichkeit von Waldökosystemen gegenüber Insektenattacken ist in hohem Maße auf die Wirkung dieser Artengruppen zurückzuführen und kann mit Waldumbaumaßnahmen, insbesondere auch der Gestaltung von Waldinnen- und außenrändern gezielt gefördert werden (MÖLLER 2008). Wichtig bleibt dabei, dass überhöhte Wilddichten die Bemühungen um eine größere Vielfalt in Baum-, Strauch- und Krautschicht nicht wieder zunichte machen.

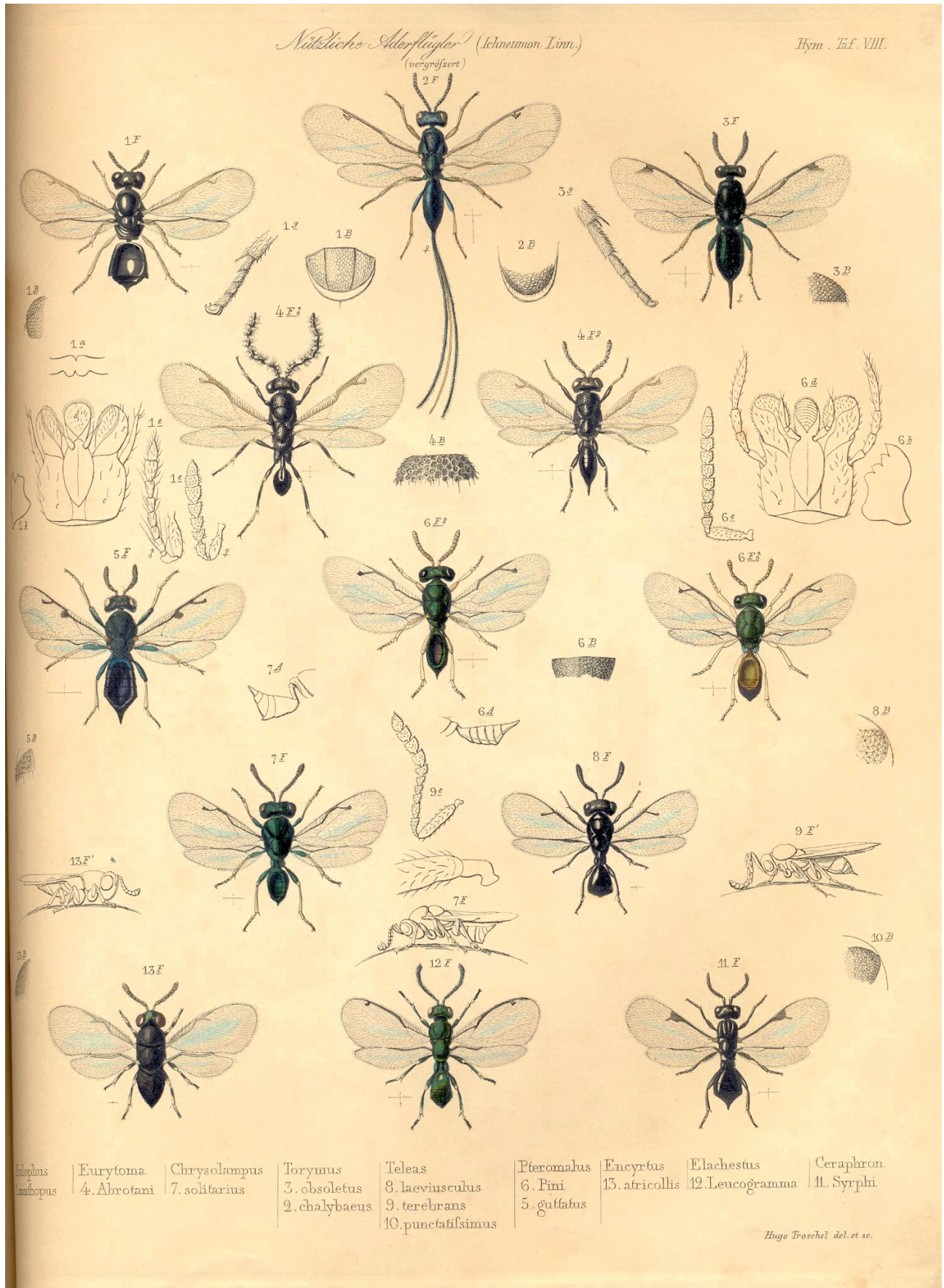


Abb. 6: Detailgetreue Zeichnungen wichtiger Parasitoide von Kieferngroßschädlingen weisen auf das vielfältige Wissen des Forstentomologen RATZBURG vor 170 Jahren hin (aus RATZBURG 1944)