

Diflubenzuron: ein notwendiger Wirkstoff für einen integrierten Pflanzenschutz

RALF PETERCORD und GABRIELA LOBINGER

Abstract

Diflubenzuron: A Necessary Agent of Integrated Plant Protection

The pesticide Dimilin® 80 WG with the active agent Diflubenzuron is applied for controlling outbreaks of forest insects. The ecosystemical effects of the compound and its application in integrated plant protection are discussed.

Keywords: forest health, insecticide, moulting inhibitor

Kurzfassung

Das Pflanzenschutzmittel Dimilin® 80 WG mit dem Wirkstoff Diflubenzuron wird zur Bekämpfung von Massenvermehrungen forstlich relevanter Insekten eingesetzt. Erläutert werden die ökosystemaren Auswirkungen des Präparats und sein Einsatz im integrierten Pflanzenschutz.

Schlüsselworte: Forstschutz, Insektizid, Häutungshemmer

Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen

Massenvermehrungen von Forstinsekten gehören zur Dynamik natürlicher Waldökosysteme. Über die Zerstörung von Waldflächen leiten sie deren Erneuerung ein und sind damit ein Motor der Sukzession, die zur Anpassung der Wälder an neue Umweltbedingungen gebraucht wird. Dieser Anpassungsprozess läuft über viele Waldgenerationen und benötigt viel Zeit.

Es ist ein Irrtum zu glauben, nach einer Waldzerstörung durch Forstinsekten würde sich in wenigen Jahren ein stabilerer Wald etablieren können. Genau das Gegenteil ist bei großflächigen Waldzerstörungen der Fall, weil auf großer Fläche ein nahezu gleich alter, wenig strukturierter Wald heranwächst, der in seiner Baumartenzusammensetzung dem zerstörten Wald weitgehend entspricht. Ein solcher Wald ist noch anfälliger gegenüber dem Auftreten einer forstschädlichen Art und begünstigt ihre Massenvermehrung. Das führt binnen weniger Jahre oder Jahrzehnte zu einer erneuten Waldzerstörung.

Massenvermehrungen von Forstinsekten und Bekämpfungsmaßnahmen müssen in ihren Auswirkungen auf die nachhaltige Bewirtschaftung des multifunktionalen Waldes bewertet werden.

Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) durchläuft in Mittel- und Unterfranken seit mehreren Jahren eine Massenvermehrung, beim Schwammspinner (*Lymantria dispar*) zeichnet sich ein erneuter Anstieg der Populationsdichte ab. Beide Entwicklungen geben Anlass, notwendige Waldschutzmaßnahmen darzustellen.

Integrierter Pflanzenschutz als Handlungsmaxime

Insektizide sollten nur bei bestandesbedrohenden Schäden oder einer Gefährdung der Waldfunktionen eingesetzt werden. In den vergangenen Jahren waren in Bayern chemische Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Eichenprozessionsspinner und den Schwammspinner



Abbildung 1: Raupenprozession des Eichenprozessionsspinners an einem Fledermauskasten

Figure 1: caterpillar procession of *Thaumetopoea processionea* at a bat box



Abbildung 2:
Raupe des
Schwammspinners
Figure 2:
larva of Gipsy moth

erforderlich. Dies erfolgte auf verantwortungsvolle Weise: Trotz einer seit mehreren Jahren anhaltenden Massenvermehrung des Eichenprozessionsspinners wurde er nur in einzelnen Eichenbeständen bekämpft, die auf Grund mehrjähriger Fraßereignisse oder dem Auftreten komplexer Schadereignisse (Kombinationsfraß verschiedener Arten) in ihrer Vitalität geschwächt oder in deren Nähe die Gifthaare des Eichenprozessionsspinners (Abbildung 1) Menschen gefährdeten (Lobinger 2009). Der Schwammspinner (Abbildung 2) wird bei erwartetem Kahlfraß bekämpft, da bereits ein einmaliger Kahlfraß zu erheblichen Bestandesschäden führt (Lobinger 1999). Die Populationsdichte beider Schmetterlingsarten wird mit Hilfe aufwendiger Prognoseverfahren überwacht, daraus resultieren Bekämpfungsempfehlungen.

Wirkstoff und Wirkmechanismus

Ein Mittel zur chemischen Bekämpfung bei der Schmetterlingsarten ist das Pflanzenschutzmittel Dimilin® 80 WG mit dem Wirkstoff Diflubenzuron, das einen hohen Wirkungsgrad (um 98 %) aufweist. Dimilin hat einen Wirkstoffgehalt von 80 Prozent (800 g Diflubenzuron/kg Dimilin) und wird als Granulat in Wasser aufgelöst.

Bei dem Wirkstoff Diflubenzuron handelt es sich um ein Benzoylharnstoffderivat. Wirkstoffe dieser Wirkstoffgruppe nehmen unter den Insektiziden eine Sonderstellung ein, da sie nicht die Reizleitung im Nervensystem angreifen (Heitefuss 2000). Diflubenzuron hemmt den Transport von UDP-N-Acetylglucosamin durch die Biomembran der Zellen und verhindert so die Chitin-Synthese (Mitsui et al. 1984). Die auf diesem Weg verhinderte Häutung führt zum Absterben der Larven und der Puppen oder zu nicht lebensfähigen Adulten.

Das Mittel wirkt damit nicht sofort, sondern immer erst im Übergang zum nächsten Entwicklungsstadium. Ein sofortiges Fraßende ist daher mit Dimilin nicht zu erzielen. Neben der larviziden wurde auch eine ovizide Wirkung bei trächtigen Weibchen beobachtet, die auf demselben Wirkmechanismus beruht. Die gestörte Chitin-Einlagerung in die Cuticula des Embryos verhindert seine Entwicklung. Insgesamt macht dieser Wirkmechanismus Dimilin zu einem selektiv wirkenden Mittel, das ausschließlich sich häutende Entwicklungsstadien und nicht das ausgewachsene Imaginalstadium trifft. Dimilin wird daher auch als biotechnisch wirkender Metamorphose- und Häutungshemmer bezeichnet. Dimilin wirkt im Wesentlichen als Fraßgift und nicht systemisch, da der Wirkstoff nicht ins Pflanzengewebe eindringt. Stechend-saugende Insektenarten werden daher von Dimilin nicht betroffen (Buchberger 2000).

Rascher Abbau – kurze Verweildauer in der Umwelt

Untersuchungen zur Beständigkeit (Persistenz) von Diflubenzuron auf mit Dimilin behandelten Blättern zeigten, dass bereits innerhalb von drei Wochen 20 bis 80 Prozent der ausgebrachten Menge verloren gingen (Wimmer et al. 1993). Im Boden wird Diflubenzuron sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen sehr rasch abgebaut. Die Halbwertszeit beträgt maximal zwei Tage. Hauptabbauprodukte (über 90 %) sind die Verbindungen 4-Chlorphenylharnstoff und 2,6-Difluorbenzoesäure. Abbauprodukte des 4-Chlorphenylharnstoffs werden stabil an Bodenpartikel gebunden und nicht in tiefere Bodenschichten verlagert oder mit dem Wasser ausgeschwemmt (Buchberger 2000; WHO 2008).

Direkte Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen

Zu einer vollständigen Bewertung müssen aber auch die direkten und indirekten Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen betrachtet werden. Entsprechend dem beschriebenen Wirkmechanismus über die Hemmung der



Abbildung 3:
Die Ausbringung
von Pflanzenschutzmitteln im
Wald erfolgt sinnvollerweise mit
dem Hubschrauber.
Figure 3: Pesticides
in the forest are
reasonably applied by
helicopter.

Chitin-Synthese können die direkten Auswirkungen eines Dimilin-Einsatzes auf Säugetiere (einschließlich des Menschen) und Vögel nicht sehr hoch sein. Tatsächlich weist Diflubenzuron, unabhängig von der Art der Wirkstoffaufnahme, nur eine sehr geringe akut toxische Wirkung bei Säugetieren und Vögeln auf. In Laborversuchen betrug die mittlere letale Dosis (LD_{50}) für Ratten bei oraler Aufnahme über 4.640 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg) Körpergewicht und bei dermalen Aufnahme mehr als 10.000 mg/kg Körpergewicht.

Langzeitfütterungsversuche mit verschiedenen Tier- und Vogelarten erbrachten weder bei Jung- noch bei Altieren biologische oder toxikologisch signifikante Effekte (Buchberger 2000; WHO 1995, 2008). In Freilandversuchen beeinträchtigte die Ausbringung von 350 g/ha Diflubenzuron mittels Hubschrauber (Abbildung 3) die Singvogelarten eines Waldökosystems nicht (WHO 1995). Da Diflubenzuron kaum bioakkumuliert wird, kommt die WHO zu der Einschätzung, dass die Belastung von Wasser und Nahrung durch Diflubenzuron für den Menschen im Allgemeinen zu vernachlässigen ist.

Bei Arten, die Chitin synthetisieren, ist dagegen mit einer deutlich höheren Empfindlichkeit gegenüber dem Einsatz von Dimilin zu rechnen. Dazu zählen Gliedertiere, Weichtiere und Pilze. Zahlreiche Ergebnisse aus Untersuchungen zur Wirkung von Diflubenzuron auf verschiedene Arten liegen vor; Zusammenstellungen finden sich zum Beispiel in WHO (1995) und Schönfeld et al. (2006). Insgesamt wird festgestellt, dass nicht alle Arten gleich empfindlich auf Diflubenzuron reagieren und die Wirkung stark von der Dosis abhängt.

Weder die Imago noch die Brut von Honigbienen werden durch Dimilin in ihrer Entwicklung beeinflusst. Auch die Gefahr einer Kontamination von Waldhonig mit Diflubenzuron besteht nicht, da der Wirkstoff nicht systemisch wirkt und Honigtau produzierende Pflanzenläuse ihn nicht aufnehmen.

Am stärksten wirkt sich Diflubenzuron auf freifressende Schmetterlingsraupen und Blattwespenlarven aus, die zeitgleich mit den Zielarten Eichenprozessions Spinner und Schwamm Spinner an den Eichenblättern fressen. Dabei handelt es sich um die Raupen des Eichen-

wicklers, des Großen und Kleinen Frostspanners sowie verschiedener Arten von Laubholzeulen (Schönfeld et al. 2006). Selbstverständlich können auch seltene Arten der Roten Liste betroffen sein. Allerdings ist die Befürchtung, bei einer „flächigen Bekämpfung“ mit Dimilin, die immer örtlich begrenzt erfolgen würde, „seltene Arten zu vernichten“ (Schönfeld 2009), wissenschaftlich nicht haltbar.

Dimilin kann sich auf Schlupfwespen und Raupenfliegen als Parasitoide von Schmetterlingsraupen sowohl direkt als auch indirekt auswirken. Die direkte Wirkung hängt vom Entwicklungsstadium ab, in dem sich die Parasitoidenlarve befindet (Heynen 1985).

Auswirkungen von Dimilin wurden auch für Arten von Zweiflüglern, Hautflüglern, Geradflüglern, Fransenflüglern, Ohrwürmern sowie Lauf- und Aaskäfern beschrieben (Schanowski 1999; Beck et al. 2004). Die Auswirkungen sind artspezifisch zeitlich befristet, eine Erholung der Populationen war je nach Generationsdauer teilweise sogar noch im Jahr der Bekämpfung zu beobachten (Schönfeld et al. 2006).

Bodenorganismen werden unterschiedlich stark beeinflusst. Regenwürmer und Enchyträen schädigt Dimilin nicht oder sie wandern zeitweise in tiefere Bodenschichten ab. Springschwänze und Milben reagieren artspezifisch mit einer Ab-, aber auch mit einer Zunahme der Populationsdichte (Beck et al. 2004). Insgesamt sind langfristige Effekte auf die streu- und bodenbewohnenden Arten durch Dimilin nicht zu befürchten (Rieske und Buss 2001). Auf insektenpathogene Pilze wirkt Dimilin artspezifisch schwach wachstumshemmend bzw. wachstums- und sporulationsfördernd (Keller 1978).

Dimilin ist giftig für Wasserorganismen, dies gilt in besonderem Umfang für Fischnährtiere, wie die zu den Krebstieren gehörenden Wasserflöhe (*Daphnia* sp.), und in höherer Konzentration auch für Algen und Fische. Die Zulassung beinhaltet daher eine Wasserschutzauflage.

Indirekte Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen

Massenvermehrungen forstlich relevanter Schmetterlings- und Blattwespenarten erhöhen das Nahrungsangebot für Vogelarten. Sie verbessern das Brutraumangebot nach dem Absterben der Bäume, was sich positiv auf deren Populationsentwicklung auswirken kann (Schönfeld et al. 2006). Aufgrund einer besseren Energiebilanz sind die Elterntiere und Nestlinge vitaler, was eine höhere Anzahl von Zweitbruten zur Folge hat. Die Bekämpfung einer Massenvermehrung verknüpft damit das Nahrungsangebot. Meistens nimmt dann die Anzahl von Zweitbruten ab, die allerdings nicht nur vom Nahrungsangebot, sondern auch vom Zeitpunkt

der Erstbrut, den Witterungsbedingungen und dem Konkurrenzdruck abhängt.

Massenvermehrungen des Eichenprozessionsspinners sind anders zu bewerten, da über die Brennhaare der Raupen eine tödliche Gefahr für die Nestlinge ausgeht. Eine Bekämpfung dient in diesem speziellen Fall sogar dem Schutz von Vogel- und Fledermausarten.

Maßnahmen zur Minimierung ökologischer Nebenwirkungen

Die ökologischen Nebenwirkungen eines Pflanzenschutzmitteleinsatzes mit Dimilin werden in der Waldschutzpraxis mit Hilfe verschiedener Maßnahmen minimiert:

- Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wird auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt. Sie kommen erst dann zum Einsatz, wenn alle anderen Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes ausgeschöpft sind und eine objektive Bestandesgefährdung vorliegt.
- Die Bekämpfungsflächen werden über Prognoseverfahren sorgfältig abgegrenzt und auf das notwendige Minimum beschränkt. Dabei werden je nach Zielart Flächen gezielt von der Bekämpfung ausgenommen, um damit „ökologische Fenster“ zum Beispiel für antagonistische Arten zu erhalten.
- Der Einsatz abdriftmindernder Injektordüsen und die Applikation bei Windgeschwindigkeiten bis zwei Meter pro Sekunde vermindern die Abdrift.
- Zu stehenden und fließenden Gewässern wird ein Abstand von 100 Metern eingehalten.
- Bekämpft wird frühestmöglich und bei optimalen Witterungsbedingungen für die Nahrungsaufnahme der Raupen. Auf diese Weise werden die empfindlichen ersten Larvenstadien der Zielorganismen getroffen. Weiterer Vorteil: Statt 75 g/ha des Präparats Dimilin® 80 WG reichen 15 g/ha aus (Skatulla und Lobinger 1995). Gleichzeitig werden Nicht-Zielorganismen mit späterem Entwicklungszeitraum, insbesondere auch Parasitoide, geschont.

Fazit

Chemische Pflanzenschutzmittel zum Waldschutz werden im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes immer als letztes Mittel der Wahl nach sorgfältiger Abwägung aller Vor- und Nachteile eingesetzt.

Mit dem Präparat Dimilin® 80 WG steht ein hochwirksames, weitgehend selektiv wirkendes Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung von Massenvermehrungen forstlich relevanter Schmetterlingsraupen und Blattwespenlarven zur Verfügung. Im Vergleich zu anderen Insektiziden besitzt es einen hohen Wirkungsgrad und vergleichsweise geringe Nebenwirkungen bei ordnungsgemäßem Einsatz. In den vergangenen Jahren wurden in der bayerischen Waldschutzpraxis die Nebenwirkungen

eines Dimilin-Einsatzes weiter reduziert und mögliche Auswirkungen auf die Waldökosysteme minimiert. Damit wurde neben den forstwirtschaftlichen auch den berechtigten naturschutzfachlichen Zielen entsprochen.

Literatur

- Beck, L., Römbke, J., Ruf, A., Prinzing, A., Woas, S. 2004: Effects of Diflubenzuron and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* toxin on soil invertebrates of a mixed deciduous forest in the Upper Rhine Valley, Germany. *European Journal of Soil Biology* 40: 55-62.
- Buchberger, W. 2000: Wirkungen und Nebenwirkungen von Dimilin. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. <http://bfw.ac.at/400/1064.html>. 27.07.2000.
- Heitefuss, R. 2000: Pflanzenschutz: Grundlagen der praktischen Phytomedizin. 3., neubearb. u. erw. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 399 S.
- Heynen, C. 1985: Untersuchungen zum Einfluß von Diflubenzuron (Dimilin) auf das Wirt-Parasit-System *Spodoptera littoralis* Bois. (Lep., Noctuidae)/*Microplitis rufiventris* Kok. (Hym., Braconidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 100: 113-132.
- Keller, S. 1978: Untersuchungen über den Einfluß von Dimilin (Diflubenzuron) auf das Wachstum und die Konidienkeimung einiger insektenpathogener Pilze. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 51 (6): 81-83.
- Lobinger, G. 1999: Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden. *Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*, Nr. 19: 89 S.
- Lobinger, G. 2009: Der Eichenprozessionsspinner in Bayern. *LWF aktuell* 70: 56-57.
- Mitsui, T., Nobusawa, C., Fukami, J. 1984: Mode of Inhibition of Chitin Synthesis by Diflubenzuron in the Cabbage Armyworm, *Mamestra brassicae* L. *J. Pesticide Sci.* 9: 19-26.
- Rieske, L. K., Buss, L. 2001: Effects of gypsy moth suppression tactics on litter- and ground-dwelling arthropods in the central hardwood forests of the Cumberland Plateau. *Forest Ecology and Management* 149: 181-195.
- Schanowski, A. 1999: Auswirkungen des Einsatzes von Dimilin auf die Arthropodenfauna am Beispiel der Nachtfalter, Lauf- und Aaskäfer sowie Borkenkäfer. *Berichte Freiburger Forstl Forschung* 13: 102-121.
- Schönfeld, F., Hacker, H., Bußler, H., Gruppe, A., Schlumprecht, H., Goßner, M., Müller, J. 2006: Einfluss des Häutungshemmers Diflubenzuron auf die Fauna von Waldlebensgemeinschaften. *Forstliche Forschungsberichte München* Nr. 201: 186 S.
- Schönfeld, F. 2009: Dimilin im Eichenwald. *LWF aktuell* 70: 58-60.
- Skatulla, U., Lobinger, G. 1995: Wirkung von Dimilin bei reduzierten Aufwandmengen. *AFZ der Wald* 50 (1): 52-54.
- World Health Organization (WHO, Hrsg.) 1995: Diflubenzuron. *Health and Safety Guide* No. 99.
- World Health Organization (WHO, Hrsg.) 2008: Diflubenzuron in Drinking-water: Use of Vector Control in Drinking-water Sources and Containers. *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*: 4 S.
- Wimmer, M. J., Smith, R. R., Wellings, D. L., Toney, S. R., Faber, D. C., Miracle, J. E., Carnes, J. T. Rutherford, A. B. 1993: Persistence of Diflubenzuron on Appalachian Forest Leaves in Aerial Application of Dimilin. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2184-2190.

Ralf Petercord und Gabriela Lobinger, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Sachgebiet Waldschutz, Hans-Carl-von-Carlowitz Platz 1, D-85354 Freising, Tel.: +49-8161-71 4928, E-Mail: ralf.petercord@lwf.bayern.de; gabriela.lobinger@lwf.bayern.de