

WALDSCHUTZ-INFO

1/2008

Informationen zur Human- und Ökotoxikologie von Bt-Präparaten, die bei der Bekämpfung von freifressenden Schmetterlingsraupen im Forst eingesetzt werden

Ziel dieser Information ist es, häufig gestellte Fragen zum Einsatz von Bt-Präparaten bei der Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners und anderer Schmetterlingsraupen zu beantworten und damit die Diskussion über diesen Insektizideinsatz zu versachlichen.

Im Folgenden werden 12 Fragen beantwortet, die immer wieder im Zusammenhang mit dem Einsatz von Bt-Präparaten gegen freifressende Schmetterlingsraupen gestellt werden und hauptsächlich die Auswirkungen dieser Insektizide auf die Umwelt sowie auf die Gesundheit von Mensch und Tier betreffen. Jede Frage wird zunächst kurz zusammengefasst und dann in einem nachfolgenden Absatz detailliert beantwortet, so dass dem Leser unterschiedliche Informationsniveaus zur Verfügung stehen.

1. Wofür steht die Bezeichnung Bt?

Die Bezeichnung Bt ist eine Abkürzung für das Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis*, verwendet wird die Abkürzung jedoch vor allem im Zusammenhang mit dem Toxin des Bakteriums. *Bacillus thuringiensis* ist weltweit verbreitet und zeigt unter bestimmten Bedingungen insektizide Wirkung. Auf der Basis der von *Bacillus thuringiensis* erzeugten Toxine (Endotoxine) beruhen alle Bt-Präparate.

Als Bt-Präparate werden Insektizide bezeichnet, deren Wirkung auf *Bacillus thuringiensis*-Endotoxinen beruhen. Sie bestehen in der Regel aus getrockneten Bakterien-Sporen und den kristallinen Endotoxinen als Hauptkomponenten. Bt-Präparate werden als wasserdispergierbares Granulat oder als Suspensionskonzentrat im Handel vertrieben. Vor der Ausbringung müssen sie in Wasser gelöst bzw. verdünnt werden.

2. Wie wirken Bt-Präparate?

Bt-Präparate wirken als selektive Insektizide mit Fraßgiftwirkung. Insekten nehmen die zunächst ungiftige Form (Protoxin) des als Kristallprotein vorliegenden Endotoxins mit der Nahrung auf. Im Mitteldarm des Insekts herrscht ein alkalischer pH-Werte, dort werden die Kristallproteine durch Enzyme (Proteasen) gespalten und damit die inaktiven Protoxine zur eigentlichen Toxinform umgewandelt. Diese können sich nun an spezifische Rezeptoren der Darmwand binden. Spezielle Bestandteile des Toxins senken sich daraufhin in die Zellmembran der Darmwand und verursachen dort die Entstehung von Poren. Die Darmwand wird so regelrecht perforiert. Dies führt zu einem sofortigen Fraßstopp, einer Diarrhoe und in Folge dessen zum Austrocknen der Larven (Symptomatik der Schlauffsucht). Letztlich gelangen Darmbakterien durch die Poren in den Blutkreislauf (Hämolymphe) und verursachen dort eine „Blutvergiftung“, die zum Absterben des Insekts führt.

3. Warum wirken Bt-Präparate selektiv?

Bt-Präparate wirken selektiv auf Schmetterlingsraupen und Larven einiger weiterer Insektenarten. Die Selektivität der Bt-Präparate beruht auf mehreren aufeinander aufbauenden Bedingungen, die alle erfüllt sein müssen:

1. Das kristallisierte Protoxin muss gefressen werden.
2. Im Darm muss ein alkalischer pH-Wert vorliegen ($\text{pH} > 9$), um die Kristallstruktur aufzulösen.
3. Spezifische Proteasen (Enzyme) müssen vorhanden sein, um die ungiftigen Protoxine in einem ersten Verdauungsschritt in die aktive Toxinform zu überführen.
4. Auf dem Epithel des Mitteldarms müssen die passenden Rezeptoren vorhanden sein, damit das Toxin über seine spezifische Schlüsselstruktur an die Epithelmembran andocken kann (Schlüssel-Schloss-Prinzip).

Nur wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, wirkt das Bt-Kristallprotein toxisch.

4. Gegen welche Insekten und wo werden Bt-Präparate eingesetzt?

Bt-Präparate werden im Pflanzenschutz gegen freifressende Schmetterlingsraupen und Käferlarven eingesetzt. Darüber hinaus können im Rahmen der Schädlingsbekämpfung Bt-Präparate als Biozide auch gegen die Larven von Zweiflüglern (Fliegen und Mücken) und Käfer eingesetzt werden.

Bt-Präparate werden heute weltweit im Pflanzenschutz eingesetzt. Eine besondere Bedeutung haben sie als natürliches Insektizid im Ökologischen Landbau, etwa 90 % der weltweit eingesetzten biologischen Schädlingsbekämpfungsmittel sind Bt-Präparate.

In Deutschland werden Bt-Präparate heute im Kartoffel-, Obst- und Gemüsebau, im Weinbau, im Zierpflanzenanbau, in der Forstwirtschaft sowie im öffentlichen Grün verwendet. Darüber hinaus werden Bt-Präparate zur umweltfreundlichen Bekämpfung von Stech-, Kriebel- und Trauermücken-Larven als Hygienemaßnahme sowie zur Bekämpfung von Raupen der Großen Wachsmotte in der Imkerei eingesetzt.

5. Wie wirksam sind Bt-Präparate?

Die Wirksamkeit von Bt-Präparaten ist abhängig von der Aufnahme- und dem Entwicklungsstadium des zu bekämpfenden Insekts. Bei sachgerechter Anwendung kann ein Wirkungsgrad von 70 – 90 % erreicht werden.

Der Bekämpfungserfolg hängt im Wesentlichen davon ab, dass bei der Ausbringung der Präparate eine gute Benetzung der Blätter/Nadeln als Fraßobjekt erzielt wird, die Witterungsbedingungen für den Larvenfraß günstig sind und möglichst junge Larvenstadien getroffen werden. Die Abteilung Waldschutz der FVA Baden-Württemberg empfiehlt daher bei der Bekämpfung von freifressenden Schmetterlingen darauf zu achten, dass zum Bekämpfungszeitpunkt eine, sowohl für die Ausbringung des in Wasser gelösten Pflanzenschutzmittels als auch für den Blattfraß der Schmetterlingsraupen, ausreichend große Blattmasse vorhanden ist. Zudem müssen bei der Ausbringung trockenwarme Witterungsbedingungen herrschen. Die Blattorgane dürfen nicht mehr vom nächtlichen Tau benetzt sein. Die Temperatur muss im Tagesverlauf mehrere Stunden lang mindestens 15 C aufweisen, damit eine ausreichende Fraßaktivität gewährleistet ist und das Mittel so rasch wie möglich aufgenommen wird.

6. Wie lange sind Bt-Präparate wirksam?

Die Wirkungsdauer von Bt-Präparaten hängt davon ab, wie lange sie am Fraßort intakt vorhanden sind. Bt-Präparate werden bei starkem Regen abgewaschen und sind zudem empfindlich gegenüber UV-Strahlung. Ihre Wirkungsdauer ist daher stark abhängig vom Anwendungsgebiet und den Witterungsbedingungen während und nach der Ausbringung. Bei Waldschutzmaßnahmen wird von einer maximal einwöchigen Wirkungsdauer ausgegangen.

Bei der Ausbringung ist darauf zu achten, dass auch die Blattunterseiten gut benetzt werden und eine gute Durchdringung des Waldbestandes erzielt wird. Zur Ausbringung des Mittels sind rotor-

getriebene Luftfahrzeuge, die in geringem Abstand über den Bestand fliegen können und eine zusätzliche Verwirbelung des Sprühnebels erzeugen, besonders geeignet.

7. Wie erfolgt der Abbau der Bt-Präparate?

Bt-Präparate werden durch die UV-Strahlung inaktiviert und letztlich durch Mikroorganismen vollständig abgebaut.

Im Boden können die Endotoxine als Proteine an Tonminerale gebunden werden und sind so vor dem mikrobiellen Abbau geschützt. Dies führt zu einer erhöhten Persistenz und Akkumulation der Toxine im Boden. Die Wirkung der Toxine bleibt trotz der Bindung erhalten und kann unter diesen Umständen sogar erhöht werden. Da dieser Prozess besonders bei der mechanischen Einarbeitung von Endotoxinen mit Pflanzenresten in den Boden zu beobachten ist, spielt er beim Einsatz von Bt-Präparaten in der Forstwirtschaft keine Rolle.

8. Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Bt-Präparaten und der gentechnischen Veränderungen von Pflanzen (z. B. Bt-Mais)?

Nein, zwischen dem Einsatz von Bt-Präparaten und dem Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen gibt es keinen direkten Zusammenhang. Vielmehr handelt es sich um zwei völlig unterschiedliche Pflanzenschutzstrategien, die unterschiedlich zu bewerten sind.

9. Welche Bt-Präparate sind für die Bekämpfung freifressender Schmetterlingsraupen im Forst zugelassen?

Aktuell ist nur das Pflanzenschutzmittel Dipel ES[®] als Insektizid auf *Bacillus thuringiensis*-Basis für das Einsatzgebiet Forstwirtschaft zugelassen.

10. Welche wichtigen Auflagen beinhaltet die Zulassung von Dipel ES®?

Tab.2: Wichtige Zulassungsaufgaben zum Pflanzenschutzmittel Dipel ES®.

Anwenderschutz	<p>Jeden unnötigen Kontakt mit dem konzentrierten Mittel vermeiden. Missbrauch kann zu Gesundheitsschäden führen.</p> <p>Universal-Schutzhandschuhe (Pflanzenschutz) tragen beim Umgang mit dem unverdünnten Mittel.</p> <p>Standardschutzanzug (Pflanzenschutz) und festes Schuhwerk (z. B. Gummistiefel) tragen beim Umgang mit dem unverdünnten Mittel.</p>
Sicherheitsdatenblatt	<p>Link: www.staehler.com/de/media/archive1/sicherheitsdatenblaetter/d/dipeles.pdf</p>
Gewässerschutz	<p>Mittel und dessen Reste sowie entleerte Behälter und Packungen nicht in Gewässer gelangen lassen.</p>
Bienenschutz	<p>Das Mittel wird bis zu der höchsten durch die Zulassung festgelegten Aufwandmenge oder Aufwandskonzentration als nicht bienengefährlich eingestuft (B4).</p>
Nutzorganismen	<p>Das Mittel wird als nichtschädigend für Populationen der Arten <i>Typhlodromus pyri</i> (Raubmilbe), <i>Chrysoperla carnea</i> (Florfliege), <i>Trichogramma cacoeciae</i> (Erzwespe), <i>Phygadeuon trichops</i> (Schlupfwespe), <i>Coccygomimus turionellae</i> (Schlupfwespe), <i>Pales pavidus</i> (Raupenfliege) eingestuft.</p>
Sonstiges	<p>Das Präparat darf keine säugerpathogenen oder bienenpathogenen Mikroorganismen enthalten. Es ist aus Reinkultur herzustellen. Das Präparat muss frei von Enterobacteriaceen und Staphylokokken sein. Das Präparat muss sich im Test auf Säugerpathogenität nach den US-Vorschriften als unschädlich erweisen. Bei jeder Neuanmeldung sind die zur Erfüllung der genannten Auflagen notwendigen Unterlagen vorzulegen. Das gleiche gilt, wenn von einem bereits zugelassenen Präparat neue Produktionschargen in den Verkehr gebracht werden sollen.</p>
Kennzeichnung GefStoffV	<p>Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.</p> <p>Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.</p> <p>Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.</p> <p>Berührung mit der Haut vermeiden.</p> <p>Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.</p> <p>Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.</p>

11. Ist das Bt-Präparat Dipel ES® gefährlich für die menschliche Gesundheit?

Das Bt-Präparate Dipel ES® wird hinsichtlich seiner humantoxikologischen Wirkung als unbedenklich eingestuft.

Akute Toxizität:

- Einstufungsrelevante LD/LC50-Werte*:

Oral	LD50	> 5050 mg/kg (Ratte)
Dermal	LD50	> 5050 mg/kg (Kaninchen)
Inhalativ	LC50/4 h	> 2,95 mg/l (Ratte)

Primäre Reizwirkung:

- **an der Haut:** Keine Reizwirkung.
- **am Auge:** Keine Reizwirkung.
- **Sensibilisierung:** Durch Hautkontakt Sensibilisierung möglich.
- **Sonstige Angaben (zur experimentellen Toxikologie):**

Anmerkung zu LC50/4 h/inhalativ: 2,95 mg/l = max. erreichbare Konzentration

Zusätzliche toxikologische Hinweise:

Das Produkt weist aufgrund des Berechnungsverfahrens der allgemeinen Einstufungsrichtlinie der EG für Zubereitungen in der letztgültigen Fassung folgende Gefahren auf: Reizend

Grundsätzlich ist die Gefährdung durch das unverdünnte Mittel höher als durch das verdünnte Mittel, das ausgebracht wird. Die Gefahr von Unfällen ist daher für den Anwender ungleich höher als für den Waldbesucher, der mit dem unverdünnten Mittel nicht in direktem Kontakt kommen kann. Darüber hinaus werden Waldbestände vor der Behandlung gesperrt und dürfen erst eine Stunde nach Beendigung der Behandlung (Antrocknung des Mittels) wieder betreten werden.

* Letale Dosis/Konzentration (LD/LC): Letale (tödliche) Dosis, bei der 50% aller Versuchstiere, denen eine bestimmte Menge eines Stoffes verabreicht wurde, sterben. In den Sicherheitsdatenblättern finden sich die LD50-Werte der betreffenden Stoffe. Der LD50-Wert wird in mg/kg ausgedrückt, das heißt die Menge der giftigen Substanz pro Kilogramm Körpergewicht des vergifteten Lebewesens. Gemische mit einer LD50 unter 2000 mg/kg müssen als minder-giftig, giftig oder sehr giftig gekennzeichnet werden. Für Gase und Flüssigkeiten wird der LC50 (letale Konzentration) verwendet. LC50 ist die Konzentration der giftigen Substanz in einem Liter Wasser oder Luft.

12. Ist das Bt-Präparat Dipel ES® gefährlich für unsere Umwelt?

Entsprechend Ihrer hohen Selektivität sind Bt-Präparate auch hinsichtlich ihrer ökotoxikologischen Wirkung als weitgehend unbedenklich einzustufen. Sie sind nicht wirksam gegenüber adulten Insekten (Vollkerfe) und Nutzorganismen. Darüber hinaus sind keine schädlichen Auswirkungen auf Menschen, Säugetiere, Vögel, Amphibien, Reptilien und Fische bekannt.

Akute Toxizität Fische:

- Regenbogenforelle LC 50, 96 h > 500 mg/l (Wirkstoff)

Es sind keine gefährlichen Zersetzungsprodukte bekannt.

Verwendete Quellen:

Biosicherheit.de: *Bacillus thuringiensis* – Die Karriere eines Bakteriums. Online-Veröffentlichung: www.biosicherheit.de

BRODERICK, N. A., RAFFA, K. F. and HADELSMAN J. (2006): Midgut bacteria required for *Bacillus thuringiensis* insecticidal activity. PNAS, 103 (41): 15196-15199.

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL) (Hrsg): Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 4 (Forst) 2008: 59 S. (online: www.bvl.bund.de / Pflanzenschutzmittel)

CANO, R. J. and BORUCKI, M. K. (1995): Revival and identification of bacterial spores in 25- to 40-million-year-old Dominican amber. Science 268 (5213): 1060-1064.

KAISER-ALEXNAT, R. (2007): *Bacillus thuringiensis*. Biologische Bundesanstalt- Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt: Online Veröffentlichung: ww.jki.bund.de.

KLÖPFER, W.; RENNER, I.; TAPPESER, B.; ECKELKAMP, C. und DIETRICH, R. (1999): Life cycle assessment gentechnisch veränderter Produkte als Basis für eine umfassende Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen. Umweltbundesamt. Monographien, Band 111, Wien.

RIEGLER, M. und STAUFFER, C. (1998): Rekombinante *Bacillus thuringiensis* Toxin Pflanzen in Land- und Forstwirtschaft. Universität für Bodenkultur, Wien.

STÄHLER Pflanzenschutz-Programm 2007. Produktinformation Stähler Deutschland GmbH & Co. KG.

WOLF, G. (Ed.) (1964): *Bacillus thuringiensis* (Bacillaceae) – Vegetative Vermehrung und Sporenbildung. Encyclopaedia Cinematographica E 555/1963. Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen: 9 S.

Dr. R. Petercord, Dr. H. Delb, Dr. H. Schröter, Abteilung Waldschutz, Stand 01.05.2008