Zeitschrift: Contributions to Natural History : Scientific Papers from the Natural History Museum Bern

Herausgeber: Naturhistorisches Museum Bern

Band: - (2009)

Heft: 12/3

Artikel: Köcherfliegen in Bedrängnis : wie giftig ist Bt-Mais für Trichopteren-Larven?

Autor: Pechlaner, Roland / Malicky Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-787014

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Köcherfliegen in Bedrängnis: Wie giftig ist Bt-Mais für Trichopteren-Larven?

Roland Pechlaner & Hans Malicky

ABSTRACT Contrib. Nat. Hist. 12: 1057–1070.

Trichoptera under stress: How toxic is Bt-maize for caddisfly larvae? — Threats from transgenic Bt-maize toxin to Trichoptera larvae in surface waters are the focus of this paper. Unlike commercial biopesticides, in which mixtures of toxins produced by *Bacillus thuringiensis* strains are used to eliminate outbreaks of insect pests, single crystalline toxin components are genetically engineered into patented varieties of Bt-maize. In the Monsanto maize line MON 810 the delta-endotoxin Cry IA(b) is developing in each cell of growing plants and remains accumulated in harvested material.

There is abundant evidence for Cry IA(b) being generally active against Lepidoptera, but not a single paper has been found dealing with effects of Bt-maize toxins on Trichoptera. Systematically, Trichoptera are closely related to Lepidoptera. Therefore institutions responsible for environmental risk assessment in respect to Bt-maize should encourage scientific studies on the potential impact from MON 810 debris threatening caddisfly larvae in aquatic ecosystems.

Einleitung

Köcherfliegen (Trichoptera) spielen im ökologischen Wirkungsgefüge fast aller Typen von Binnengewässern eine wichtige Rolle. Aber infolge Auspflanzung und Verwertung gewisser Bt-Mais-Sorten (z. B. MON 810) scheint nun die Artenvielfalt und die Funktion dieser Tiergruppe im Ökosystem ernstlich bedroht zu sein. Wir orten ein bisher übersehenes (oder verheimlichtes?) Umwelt-Problem, das dringendst einer Lösung bedarf. Wir wollen mit der vorliegenden Publikation zum einen aufzeigen, dass (und warum) durch die Belastung von Gewässern mit Bestandteilen genetisch veränderter Maispflanzen, deren Zellen ein bestimmtes Bt-Toxin enthalten, Vergiftungsgefahr für

die Larvenstadien vieler Trichopterenarten besteht, ohne dass die Verantwortungsträger auf diese Umweltbedrohung durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO) angemessen reagiert hätten.

Zum anderen gilt es, methodisch korrekte Forschungsarbeit einzufordern, damit Art und Ausmass der mit Auspflanzung und Konsum von Bt-Mais verbundenen Risiken möglichst umgehend erfasst und berücksichtigt werden können.

Konrad Thaler, für dessen Gedenkband die vorliegende Publikation verfasst wurde, hatte etwa ein Jahr vor seinem Tod in einem Gespräch über bisherige Studien zur Erfassung des Risikopotentials von Bt-Mais-Anpflanzungen seine grossen Vorbehalte gegenüber Fragestellungen geäussert, bei denen nicht herbivore und detritivore Arthropoden in den Vordergrund der Feldforschung gestellt wurden, sondern Spinnen und andere Räuber, die bei wissenschaftlich korrekter Betrachtung der Bt-Mais-Problematik erst die zweite oder dritte Reihe gefährdeter Nicht-Zielorganismen bilden. Konrad Thaler hatte sich zu dieser Thematik nie schriftlich geäussert, er hatte aber als Systematiker zur Risiko-Prüfung gegenüber GVO-Auswirkungen und zu anderer angewandter Forschung einen sehr klaren und ehrenvollen Standpunkt: Dass für Taxonomen die wissenschaftliche Verantwortung und das Keine-Fehler-machen-Dürfen bei der Mitarbeit an angewandter Forschung besonders schwer – zumindest ebenso schwer wie im Bereich der Grundlagenforschung – wiegt,

weil das Richtig oder Falsch ihrer Determinationsarbeit Konsequenzen haben kann, die sie nicht zu überblicken vermögen,

weil sie dem pseudowissenschaftlichen Umgang mit "Indikator-Arten", die nicht oder falsch bis auf Artniveau bestimmt werden, nicht steuern können, solange sie Determinationsaufträge unter der Prämisse "*Gattung genügt*" akzeptieren und ihre diesbezüglichen wissenschaftlichen Bedenken nicht kommunizieren, und

weil sie sich dagegen wehren müssen, dass ihre taxonomische Arbeit zwar bezahlt, ihr Ergebnis aber missbräuchlich verwendet wird. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn beim Auftraggeber das Wissen über die Physiologie und die ökologischen Ansprüche der determinierten Arten keineswegs dem letzten Stand der Forschung entspricht.

Die GVO-Freisetzungsrichtlinie der EU ("Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt...") hat in deutlichen Worten angemessene Prüfungen hinsichtlich des Schädigungspotentials

genetisch veränderter Kulturpflanzen festgeschrieben. Wir zitieren diesbezüglich aus Artikel 4, Absatz 1) : *"Die Mitgliedstaaten tragen im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip dafür Sorge, dass alle geeigneten Massnahmen getroffen werden, damit die absichtliche Freisetzung oder das Inverkehrbringen von GVO keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt hat."* Und in der 5. von insgesamt 63 Begründungen, die als Vorspann zur GVO-Freisetzungsrichtlinie formuliert sind, heisst es: *"Der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt erfordert eine gebührende Kontrolle der Risiken infolge der absichtlichen Freisetzung genetisch veränderter Organismen (GVO) in die Umwelt."*

Wir wollen im Folgenden am Beispiel von Bt-Maissorten der Maislinie MON 810 beweisen, dass im Sinne der GVO-Freisetzungsrichtlinie der EU eine Prüfung des Risikopotentiales solcher Maissorten für die Trichopterenfauna von Gewässern erforderlich wäre, aber bisher fehlt. Wir gliedern unsere Beweisführung in drei Abschnitte, deren Argumentation auf die jeweils vorangestellte These Bezug nimmt.

Abschnitt I geht auf die Giftigkeit des in MON 810 exprimierten Bt-Toxins für Schmetterlinge (Lepidoptera) ein.

In Abschnitt II wird erläutert, dass auch Köcherfliegenlarven – wegen sehr enger Verwandtschaft zwischen Lepidoptera und Trichoptera – gegen dieses Schmetterling-Gift empfindlich sein können, und dass für dieses Mitbetroffen-Sein zahlreiche Argumente sprechen. Auch auf die Wege, auf denen Pflanzenreste von MON 810-Sorten in Gewässer geraten und dort Trichopterenlarven gefährden können, wird eingegangen.

Abschnitt III ist der Durchführbarkeit toxikologischer bzw. ökotoxikologischer Tests zur Abklärung des Gefährdungspotentials von MON 810 für Köcherfliegen und den davon abzuleitenden Konsequenzen gewidmet.

I: Die Giftigkeit des MON 810-Toxins

These I: Jede Pflanzenzelle von Maissorten der Maislinie MON 810 enthält vor und nach der Ernte das Bt-Toxin Cry IA(b) in einer zur Abtötung von Frassschädlingen aus der Insektengruppe Lepidoptera (Schmetterlinge) wirksamen Dosis, wobei sich die Auswirkungen von Art und Menge dieses Giftes auf Nicht-Zielorganismen mit wissenschaftlicher Methodik reproduzierbar erfassen lassen.

Der *Bacillus-thuringiensis*-Monographie von Glare & O'Callaghan (2000) ist zu entnehmen, dass Cry IA(b) die ursprüngliche Bezeichnung für Toxine, die in drei Unterarten des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* (subsp. *aizawai, berliner* und *kurstaki*) vorkommen, eingeführt wurde. Zu Cry IA(b) zählen die Delta-Endotoxine cry 1Ab1 bis cry 1Ab11, von denen jedes einzelne auf *B. t. aizawai, B. t. berliner oder B. t. kurstaki* beschränkt ist (l. c., p. 205). Für diese und viele weitere Unterarten bzw. strains und Serotypen informiert eine sehr lange Anhangstabelle im genannten Buch über die auf bestimmte Insekten-Familien, -Gattungen und -Arten bezogene Literatur. Dieser Appendix 2.1 ("Invertebrate species reported as susceptible to *Bt*") erstreckt sich über die Seiten 211 – 267. Bezüglich des Hintergrundes dieser Zusammenstellung und zu den rund 1.300 Literatur-Zitaten sei aus dem Vorwort der Autoren folgendes zitiert : *"In our review of safety of Bt, we have examined vast amounts of literature that has been produced over the last 60 years, while Bt has been used as a commercially available pesticide. ... In attempting to cover the literature, we have examined over 8000 abstracts, articles and unpublished reports."* (l. c., p. XIII)

Im Hinblick auf unser spezielles Thema (GVO mit besonderer Berücksichtigung von gentechnisch manipulierten Maissorten) seien aus dem Kapitel über "Transgenic Use of *Bt* Toxin Genes" zwei kurze Sätze zitiert, die über den zeitlichen Rahmen und den Inhalt einschlägiger Forschung informieren : *"The use of Bt endotoxin genes for transgenic pest control has been an established field of research since the mid-1980s. ... Comparatively few studies have looked at environmental and mammal safety, but this is rapidly becoming a very topical issue."* (l. c., p. 101). Widerspruch jedoch gilt es anzumelden gegenüber der folgenden Feststellung im Kapitel über "Non-target impacts" : *"There have been few studies on non-target effects of continually expressed insecticidal toxin genes in plants but, in many ways, transgenic expression of toxins poses the same problems as application of formulated Bt products."* (l. c., p. 102)

Mit dieser Expression von Bt-Toxinen in gentechnisch manipulierten Kulturpflanzen-Sorten sind Spezifika verbunden, die sich in drei Punkten sehr wesentlich von den Gegebenheiten und Nachwirkungen der Applikation industriell hergestellter Bt-Produkte unterscheiden :

Beim transgenen Bt-Mais wird ein bestimmtes Toxin in jeder Zelle der heranwachsenden Maispflanze gebildet. Dadurch addieren sich diese Toxin-Quantitäten bis zur Ernte der angebauten Pflanze zu einer Gesamtmenge, deren eventuelle Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt nur durch die Unterlassung der Anpflanzung dieser Sorte bzw. des Konsums geernteten Materials vermieden werden kann. Bei formulierten Bt-Produkten hingegen

lassen sich die Aufwendungen für die Applikation und die mit ihr verbundenen Nebenwirkungen auf die wirtschaftlichen Folgen einer unterlassenen Schädlingsbekämpfung abstimmen.

In Anbetracht der Vielzahl an Unterarten und strains von *Bacillus thuringiensis* sowie wegen deren unterschiedlichem Spektrum an Endo- und Exotoxinen, an Hämolysinen und Enterotoxinen [Glare & O'Callaghan (2000) nennen 80 Serotypen und mehr als 170 Endotoxin-codierende Gene] war es (fast) aussichtslos, für jede zur Anwendung frei zu gebende Bt-Formulierung deren Wirkungsweise gegenüber Schadinsekten und Nicht-Ziel-Organismen verstehen und Umweltschutzmassnahmen auf diesbezügliche Kenntnisse abstimmen zu können. Demgegenüber werden in den Geweben bestimmter gentechnisch veränderter Kulturpflanzen (z. B. der Bt-Mais-Sorten der Maislinie MON 810) nach Qualität und Quantität exakt erfassbare Toxine erzeugt, deren Wirkungen und Nebenwirkungen sowohl vom Hersteller als auch von Prüfbehörden reproduzierbar untersucht werden können und müssen.

Gegenüber der gezielten Applikation von Bt-Produkten bilden kontinuierlich nachwachsende und sowohl in lebenden als auch in toten Pflanzenzellen auf unbestimmte Zeit eingeschlossene Toxine eine latente Gefahr, ohne Kontrollmöglichkeit hinsichtlich der Ausbreitung in Raum und Zeit, sowie ohne Vorhersagbarkeit ihrer örtlichen Akkumulation bzw. den dadurch bedingten Schäden für die Umwelt.

Das in MON 810 exprimierte Bt-Gift Cry IA(b) ist gegen eine so grosse Auswahl von Lepidopteren-Arten wirksam, dass man (mit geringer Einschränkung) von einem Universalgift für Schmetterlinge sprechen kann. Man hat die Wirkung der mit Cry IA(b) ausgestatteten *Bt*-Unterarten *aizawai* und *kurstaki* auch an vielen anderen Arthropoden-Arten geprüft. Erstaunlich ist aber, dass die Larven von Köcherfliegen nirgends in der Literatur als Nicht-Ziel-Organismen, die wegen ihrer nahen Verwandtschaft mit Lepidopteren bei Bekämpfungsmassnahmen gegen Schmetterling-Arten am stärksten gefährdet wären, angesprochen wurden. Die Trichopteren *Pycnopsyche guttifer* sowie *Dolophilodes distinctus* tauchen zwar bei Kreutzweiser & al. (1994) als Testobjekte (neben 11 Taxa aus anderen Insekten-Ordnungen) auf, um potentielle Auswirkungen von Schädlingsbekämpfung aus der Luft (Präparat mit *Bacillus thuringiensis kurstaki*) auf die Biozönose dort fliessender Waldbäche abschätzen zu können, aber das Mitberücksichtigen vorhandener Trichopteren-Larven geschah ohne eine auf deren besondere Empfindlichkeit ausgerichtete Fragestellung.

II: Trichoptera als Nicht-Ziel-Opfer des Bt-Toxins

These II: Pflanzenzellen aus Anbau oder Verfütterung von MON 810-Mais können in Gewässer gelangen und gefährden dort lebende Trichopteren-Arten aufgrund deren Ernährungsweise und Gift-Empfindlichkeit.

Die Trichopteren

Die Ordnung Trichoptera (Köcherfliegen) ist im System nächstverwandt mit der Ordnung Lepidoptera (Schmetterlinge), worüber unter den Systematikern seit langem Einigkeit herrscht (Hennig 1969). Beide Ordnungen leiten ihre Herkunft von altertümlichen Mecopteroidea ab, was u.a. im Bau ihrer Kopf- und Thoraxsklerite, Mundwerkzeuge, Beine und Kopulationsarmaturen zum Ausdruck kommt. Sie haben auch ähnliche Larven und Puppen. Den Namen Trichoptera kann man übersetzen als Haarflügler, im Gegensatz zu den Lepidoptera, deren Name Schuppenflügler bedeutet; aber sowohl Haare als auch Schuppen kommen bei den Adulten beider Ordnungen in verschiedener Anordnung und Ausbildung vor. Wesentliche Unterschiede gibt es bei den Mundwerkzeugen der Adulten: bei den meisten Schmetterlingen gibt es einen langen, einrollbaren Saugrüssel, hingegen haben die meisten Köcherfliegen einen kurzen, stempelförmigen Rüssel ähnlich wie die Stubenfliege. In beiden Fällen dient der Rüssel zur Aufnahme von Säften wie Pflanzennektar oder Honigtau. Schmetterlinge beobachtet man allerdings sehr viel öfter beim Saugen an Blumen oder Nektarien. Bei Köcherfliegen sind solche Freilandbeobachtungen ausgesprochen selten, und wenn man ihren Darminhalt untersucht, findet man entweder gar nichts oder mehr oder weniger regelmässig feine Partikel wie Pollenkörner oder einzellige Algen, was beweist, dass sie im Freiland doch gelegentlich Nahrung aufnehmen. Seit langem ist bekannt, dass adulte Köcherfliegen länger leben, wenn man sie z.B. mit Zuckerlösung füttert, und dabei kann man leicht den Saugvorgang beobachten.

Über die Ernährungsgewohnheiten der Köcherfliegen-Larven gibt es eine reiche Literatur. Eine Zeitlang hat man geglaubt, zwischen verschiedenen Ernährungstypen unterscheiden zu können, die man als "functional feeding groups" bezeichnet hat: Zerkleinerer, Filtrierer, Aufwuchsabweider usw. Zahlreiche Freilandbeobachtungen und sorgfältige Laborversuche haben erwiesen, dass das nicht so eindeutig ist und man sich vor Verallgemeinerungen hüten muss. Beispielsweise sind die Larven der *Rhyacophila*-Arten stereotyp als karnivor ("Räuber") eingestuft worden; in Wirklichkeit trifft das nur auf die späteren Larvenstadien und auch bei diesen nicht auf alle Arten zu (Céré-

ghino 2002). Limnephiliden-Larven hat man ebenso stereotyp als Zerkleinerer ("shredder") bezeichnet; Freiland- und Laborbeobachtungen haben aber gezeigt, dass sie recht anpassungsfähig sind und sich opportunistisch von jenen Substanzen ernähren, die gerade verfügbar sind und/oder ihnen "am besten schmecken". Limnephiliden- und ähnliche Larven gelten als typische Fallaub - Zerkleinerer, was sie nicht daran hindert, in bestimmten Fällen den Aufwuchs von Steinen abzuweiden, z.B. in Bächen des südlichen Mediterrangebietes, wo sie nur das ungeniessbare Platanenlaub finden (Malicky 1990), oder die Ausscheidungen von Weidetieren fressen. Wenn sie an frische grüne Blätter von bestimmten Pflanzen, vor allem Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) gelangen, ziehen sie diese allem anderen vor.

Lebensräume von Trichopteren

Köcherfliegen bewohnen eine grosse Vielfalt von aquatischen Lebensräumen und sind daher als Umweltindikatoren hervorragend geeignet, wozu noch kommt, dass sie gut bestimmbar sind. Köcherfliegen leben ganz überwiegend in Fliessgewässern der verschiedensten Typen, vom winzigen Quellrinnsal und vom unscheinbaren Wasseraustritt im Waldboden oder auf einer Sumpfwiese im Gebirge bis zu Wasserfällen und grossen Strömen, wobei aber jede Art ihre spezifischen Vorlieben hat. Auch die stehenden Gewässer haben ihre besonderen Arten; manche Arten bevorzugen Tümpel, auch solche, die jahreszeitlich austrocknen können; andere leben im Uferbereich von Seen, wobei die Seenfauna im südlichen Mitteleuropa eher eintönig und artenarm, gegen Norden zu aber reicher und stärker differenziert ist. Zumindest in Europa scheint die Tendenz zu gelten, dass gegen Süden zu manche Stehendwasserarten in Fliessgewässer übergehen, hingegen Fliesswasserarten gegen Norden zu in zunehmendem Masse auch in Seen eindringen.

Artenvielfalt

In Europa mit dem Mediterrangebiet leben ungefähr 1400 Köcherfliegen-Arten (Malicky 2004). Die Artenzahlen sind in den einzelnen Ländern verschieden: Österreich, die Schweiz, Deutschland oder Griechenland haben ungefähr je 300 Arten, Italien und die Türkei ungefähr 400, aber die britischen Inseln nur ungefähr 200. Diese Unterschiede beruhen auf den verschieden grossen Anteilen von endemischen Arten in Gebirgen, deren Vorkommen historische Gründe hat.

Trichopteren im Ökosystem

Die Ordnung Trichoptera verfügt über eine besonders hohe Diversität, und ihre Arten besetzen viele Nischen in den aquatischen Ökosystemen. Sie ist also ökologisch besonders mannigfaltig. Andrerseits haben Köcherfliegen seit jeher in der Öffentlichkeit wenig Aufmerksamkeit gefunden, weil sie weder "schädlich" noch besonders "nützlich" sind, also ein unauffälliges Glied des Ökosystems sind. Höchstens fällt Laien gelegentlich ein Massenflug von Adulten auf. Umso grösser ist die Bedeutung sowohl der Larven und Puppen als auch der Adulten in den Gewässern selbst. Sie sind wegen ihres zahlenmässig bedeutenden Auftretens (was aber nicht heisst, dass alle Trichopterenarten häufig wären) und ihrer grossen Biomasse ein wichtiger Bestandteil der Biozönose und des Nahrungsnetzes. Manche Arten sind wesentlicher Bestandteil des Futters für Fische, die sowohl nach benthischen Larven als auch nach schlüpfenden Puppen und fliegenden oder eierlegenden Adulten suchen. Andererseits beteiligen sich die Larven wesentlich am Abbau der in die Gewässer gelangenden organischen Substanz in Form von Fallaub oder sind Sekundärkonsumenten von kleinen Wassertieren. Damit bewirken sie einen wesentlichen Teil der Selbstreinigungskraft von Gewässern. Würden in den Bächen, Flüssen und Weihern die Köcherfliegen ausfallen, würde es zu einer deutlichen Verarmung der Fauna und einer Einschränkung der Funktionen des Systems kommen. Die Biozönosen würden sich verändern, und die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme würde in unvorhersehbarer Weise abnehmen. Zwar kennen wir auf der Erde Bäche ohne Köcherfliegen, wie z.B. im hohen Norden oder auf entlegenen Inseln, aber dort hatten die Systeme in geologischen Dimensionen reichlich Zeit, sich darauf einzustellen. Auf entlegenen Inseln sind z.B. Krebse an die ökologische Stelle der Köcherfliegen getreten. Was sich aber in kurzer Zeit abspielen würde, ist nicht vorauszusagen. Die Selbstreinigungskraft von Bächen würde sicher darunter leiden; man beobachte nur die toten Rinnsale in manchen Regionen mit intensiver Landwirtschaft.

Gestörte Biotope und Renaturierung

Gegen die Befürchtung, Bt-Mais sei eine Gefahr für die Trichopteren, die in den an die Felder angrenzenden Gewässern leben, könnte Folgendes eingewendet werden: In Landschaften, wo in nennenswertem Ausmass Mais angebaut wird, sind die eventuell vorhandenen Gewässer derart degradiert, dass es keine Rolle spielt, wenn durch den Genmais noch eine weitere Gefährdung dazukommt, denn in Bächen zwischen Maisfeldern leben schon längst keine

Köcherfliegen mehr, weil sie die Kanalisierung und den intensiven Eintrag von Dünger und Pestiziden nicht ertragen.

Dieser Einwand ist aber nicht zu akzeptieren: Erstens ist der in der Tat oft ökologisch bedenkliche Zustand von Gewässern in Ackerbaugebieten kein anzustrebender und schon gar kein unveränderbarer Zustand. Zweitens gibt es in der EU Richtlinien, wie solche Zustände unter Kontrolle zu verbessern seien (z. B. die Wasserrahmenrichtlinie und die Fauna-Flora-Habitatrichtlinie). Heute kann man sich kaum mehr vorstellen, wie reich die Köcherfliegenfauna in Landschaften früher war. Einen Hinweis auf diesen früheren Arten- und Individuenreichtum kann die erstaunlich vielfältige Fauna des künstlich unter Wahrung ökologischer Gesichtspunkte angelegten Marchfeldkanals im niederösterreichischen Weinviertel geben (Malicky 1999). Aber auch in Tieflandsflüssen, z. B. im pannonischen Raum Ungarns, gibt es an vielen Stellen eine reiche Trichopterenfauna, sofern die Beeinträchtigung durch die Landwirtschaft sich in Grenzen hält (Nógrádi & Uherkovich 2002). Wenn nun aber beispielsweise in Natura-2000-Gebieten, die im Rahmen der FFH-Richtlinie ausgewiesen wurden, die Koppe (*Cottus gobio)* als Bodenfisch von Fliessgewässern einen besonderen Schutz geniesst, ist dieser Schutz ernstlich gefährdet, falls die Trichopteren als wesentliche Komponente des Habitats von Koppen durch Eintrag von Bt-Mais-Partikeln geschädigt oder gar ausgerottet werden.

Hinter dem heutzutage populär gewordenen Schlagwort "Renaturierung" verbergen sich in der praktischen Anwendung beträchtliche Mängel. Oft steht die Bauwirtschaft im Vordergrund, die zuerst an der Kanalisierung und bald darauf an der Renaturierung ein begreifliches Interesse hat. Auf die ökologischen Vorgänge im betreffenden Gewässer wird wenig Rücksicht genommen. Zwar gibt es Untersuchungen über die Fischbestände in Form von Vorher-Nachher-Studien, aber trotz jahrelanger Literatursuche ist uns keine einzige Arbeit bekannt, in der der vorherige und der nachherige Zustand der Trichopterenfauna eines solchen Gewässers, sei es bei der Kanalisierung, sei es bei der Renaturierung, in methodisch sauberer Weise untersucht worden wäre. Insbesondere mangelt es an einer angemessen sorgfältigen Bestimmung der beteiligten Arten.

Potentielle Bedrohung der Artenvielfalt und Ökosystem-Funktionen

Wie kann das Bt-Gift aus den Maispflanzen zu den Köcherfliegen kommen?

Der direkte Eintrag aus der Luft durch Pollenflug oder durch Staubentwicklung bei der Ernte (z. B. Mais-Zerkleinerung für Silierung) sowie anderen Bearbeitungsmassnahmen kann sich auf die Fauna von in der Nähe befindlichen

Gewässern auswirken, wobei dieser Einfluss – je nach Windrichtung und -stärke – mit wachsender Entfernung vom Feld abnimmt. Tieflandflüsse und Weiher in Agrarregionen sind am stärksten betroffen, wobei die von Larven gefressenen Partikel massgebend sind. Die Aufnahme von Partikeln im Honigtau durch adulte Köcherfliegen kann man vermutlich vernachlässigen. In Hanglagen dürfte auch der durch Starkregen und Schneeschmelze bewirkte Eintrag von Bt-Maisresten in Gewässer nicht zu unterschätzen sein.

Ein zweiter Aspekt des Bt-Mais-Bedrohungsszenarios hängt mit der Tatsache zusammen, dass das in Bt-Mais-Geweben akkumulierte Toxin beispielsweise bei der Verfütterung von Silo-Mais an Rinder im Pansen der Tiere nur zum Teil freigesetzt wird, wodurch deren Gesundheit und Leben bedroht sein kann [nach den Erfahrungen von Gottfried Glöckner, einem Landwirt aus Hessen, mit Bt-176 Genmais (Glöckner 2005)]. Rinder scheiden einen Teil des an sie verfütterten Mais-Gewebes unverdaut aus. In jeder einzelnen Pflanzenzelle von Bt-Mais ist eine für den Maiszünsler tödliche Dosis von Bt-Gift verpackt, was bedeutet, dass dieses Gift über Stallmist oder Eintrag aus von Rindern beweideten Flächen in Gewässer geraten kann. Was oben über die Ernährungsgewohnheiten von Köcherfliegen-Larven gesagt wurde, sei hier mit Hinweisen auf die Erreichbarkeit von Bt-Toxin aus Bt-Maiszellen ergänzt:

Zerkleinerer ("shredder") unter den Köcherfliegen-Larven werden beim Frass an Bt-Mais-Blättern oder -Wurzeln genauso mit dem Toxin konfrontiert, wie die Raupen des Maiszünslers, für deren Verdauung nach dem Zerschneiden von Maisgewebe nur die Inhalte jener Zellen erreichbar sind, deren Zellulose-Wände sie mit ihren Mundwerkzeugen aufgeschnitten hatten. Zum Unterschied von der Ernährungsweise der Maiszünsler-Raupen, die an lebendem Maisgewebe fressen, können Zerkleinerer unter den Köcherfliegen-Larven auch "konditioniertes" Pflanzengewebe verwerten. Gemeint ist jener Prozess mikrobiellen Aufschlusses von Pflanzenmaterial, aus dem das Makrozoobenthos von Gewässern auf ähnliche Weise Nutzen zieht, wie die Wiederkäuer im Warten auf das proteinreiche Produkt von Hunderten verschiedenster Mikroorganismen, die dank eines geeigneten Repertoires an Zellulasen die mechanisch vorzerkleinerten Gräser und Kräuter im Pansen aufzuschliessen vermögen, aber anschliessend vom Wiederkäuer verdaut werden. In Gewässer eingewehte Bt-Mais-Gewebe werden dort rasch von Bakterien und Pilzen besiedelt, die nicht nur die Zellulose und andere die Zellwände aufbauende Kohlehydrate verdauen können, sondern auch durch das Eindringen ins Pflanzengewebe dessen Zellinhalt für den Aufbau körpereigener Substanz verwerten. Zerkleinerer solch "gereifter" Pflanzengewebe profitieren somit nicht nur vom Nährwert der von ihnen frisch aufgeschnittenen Pflanzenzellen, sondern auch von der von Mikroorganismen aufgebauten Biomasse. Für Filtrierer, Auf-

wuchsabweider und Mulm-Fresser unter den Trichopterenlarven gilt diese Abhängigkeit von mikrobieller Vorarbeit in noch höherem Masse. Sie verdauen während der Darmpassage die am Detritus anhaftenden Mikroorganismen und scheiden für sie unverdauliches Pflanzenmaterial als Kotbällchen aus, die ihrerseits von Mikroben besiedelt und neuerlich von Trichopteren und anderem Makrozoobenthos filtriert, abgeweidet oder als Mulm gefressen werden.

Vor diesem Hintergrund ist es eine berechtigte Frage, wie lange sich das aus Bt-Mais stammende Cry IA(b)-Toxin in der Natur hält, in welcher Weise es im Ökosystem zirkuliert, akkumuliert und/oder eliminiert wird. Die Frage, was nach dem Durchgang des Giftes durch das Verdauungssystem von Nutztieren übrig bleibt, und was geschieht, wenn Abwässer aus Ställen oder Exkremente von Tieren von den Weideflächen ausgeschwemmt werden, muss raschest geprüft und beantwortet werden.

Jedenfalls lässt sich das Schädigungspotential von Bt-Mais für Trichopterenlarven nicht auf Gewässer in Maisbaugebieten einschränken. Denn wenn z. B. Silomais als Tierfutter oder sonstiges Kraftfutter mit Bt-Mais-Gehalt in Gebirgsgegenden verbracht wird, müssen auch diese als kontaminiert betrachtet werden. Egal, in welcher Form Trichopterenlarven ihre Nahrung aufnehmen, mit dem in Bt-Mais verpackten oder an irgendwelche Partikel angelagerten Bt-Gift kommen sie jedenfalls in Kontakt. Selbst räuberische Köcherfliegenlarven sowie Aas-Verwerter könnten betroffen sein, wenn ihre Beuteobjekte das Gift in einer für den Folgekonsumenten schädlichen oder gar tödlichen Dosis enthalten.

III. Toxikologische bzw. ökotoxikologische Risiko-Prüfung als Grundlage für angemessene Umweltschutzmassnahmen

These III: Das bisherige Fehlen jeglicher Risikoprüfung, die auf die Wahrscheinlichkeit von Trichopteren-Schädigungen durch Lepidopteren-Toxine in Bt-Mais-Sorten Bedacht nimmt, ist als ein nicht länger tolerierbares Leistungsdefizit der zu Umweltschutzmassnahmen gemäss dem Vorsorgeprinzip verpflichteten Institutionen zu werten.

Literatur-Recherchen sowie Rückfragen nach eventuell noch nicht publizierten Studien haben keinerlei Hinweise dafür erbracht, dass in der Schweiz oder in einem der EU-Mitgliedsländer, in den USA, in Kanada oder in einem anderen Staat, in dem Bt-Mais angebaut und/oder konsumiert wird, die oben geschilderten Risiken für Trichopteren-Larven als einer weltweit wichtigen Komponente aquatischer Ökosysteme bedacht und geprüft worden wären (siehe Anmerkung auf Seite 1069).

17 Bt-Sorten der Maislinie MON 810 sind seitens der zentralen EU-Behörde auf Basis der Richtlinie des Rates über einen gemeinsamen Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten (Sortenrichtlinie 2002/53/EG) in den gemeinsamen Sortenkatalog aufgenommen worden. Derartiges Saat- und Pflanzgut dürfte deshalb in EU-Mitgliedstaaten keinen Verkehrsbeschränkungen mehr unterliegen. Doch kann nach Artikel 16 der EU-Sortenrichtlinie der Anbau in einem Mitgliedstaat oder in einer definierten Region untersagt werden, wenn es triftige Gründe für die Annahme gibt, dass die Sorte ein Risiko für die menschliche Gesundheit oder Umwelt darstellt. Österreich konnte bisher legale Auspflanzungen von MON-810-Maissorten und anderen bereits in den Sortenkatalog aufgenommenen GVO-Sorten vermeiden, hat aber nach unserem Wissen bisher weder mit der Gefährdung von Gewässer-Biozönosen argumentiert, noch im eigenen Land Schritte zur Erfassung eventueller Umweltbedrohungen durch illegalen Bt-Mais-Anbau gesetzt.

Artikel 18 der Sortenrichtlinie 2002/53/EG enthält auch eine Schutzklausel gegen das Inverkehrbringen von Produkten aus GVO-Sorten. Ein Risiko für die Umwelt ist einer von mehreren Gründen, aus denen – ebenfalls nach Ermächtigungsantrag – der Handel mit Produkten aus solchen GVO-Sorten untersagt werden kann.

An dieser Stelle sei als eine wichtige Frage in den Raum gestellt, wie einerseits mit dem Vorsorgeprinzip, andererseits mit der FFH- und Wasserrahmenrichtlinie der EU vereinbar sein soll, dass die ökologische Überprüfung von Bt-Mais-Sorten, die im Heranwachsen in jeder Pflanzenzelle erhebliche Mengen an Cry IA(b)-Toxin akkumulieren und damit die Umwelt gefährden, von der Europäischen Kommission in ihrer zentralen Kompetenz für die Risokoprüfung offenbar ohne Einbeziehung der oben mitgeteilten Fakten erledigt wurde, weshalb bis heute 17 Sorten der Bt-Maislinie MON 810 im Sortenkatalog für Saat- und Pflanzgut stehen ?

Wir regen hiermit dazu an, dass die von uns aufgestellten Hypothesen mit wissenschaftlich fundierter Methodik geprüft werden. Falls sich unsere sehr klar formulierten Postulate nicht seriös falsifizieren lassen, bedeutet dies eine Bestätigung unserer Warnung vor GVO-Auswirkungen, der baldige Massnahmen zum Schutz der Gewässer vor weiterer Bt-Mais-Belastung folgen müssten. Je mehr Staaten im eigenen Wirkungsbereich die bisher versäumte Risiko-Prüfung nachholen und parallel dazu angemessenes Handeln seitens der EU-Zentrale einfordern, umso eher wird einerseits Schaden von gefährdeten Gewässern abgewendet, und andererseits um mehr Vertrauen von EU-Bürgern in das Ernstnehmen gemeinsam beschlossener Richtlinien zum Schutz von Gesundheit und Umwelt geworben.

Notwendig sind Fressversuche mit Trichopterenlarven im Labor mit einer grösseren Zahl genau definierter Arten, die aus charakteristischen Lebensräumen stammen und sich auch in ihrer Ernährungsweise unterscheiden. Als wichtige Ernährungstypen sollten Aufwuchsabweider (Glossosomatidae) und Feinpartikel-Filtrierer (Philopotamidae), Zerkleinerer (Limnephilidae, Lepidostomatidae), Grobpartikel-Filtrierer (Hydropsychidae), Algenfresser (Hydroptilidae) und überwiegend karnivore Arten (Rhyacophilidae, Leptoceridae) in den gewissenhaft zu planenden Experimenten vertreten sein. Sehr wesentlich ist, dass die Arten ordentlich determiniert werden, was nach der heute verfügbaren Literatur (z.B. Waringer & Graf 1997) kein grosses Problem mehr ist. Um die experimentellen Befunde auf die wichtigsten in Österreich vertretenen Biotop-Typen umlegen zu können, müssten sowohl Bewohner von stehenden Gewässern (verschiedene *Limnephilus*-Arten, Molannidae, Phryganeidae) als auch Vertreter aus Tieflandflüssen (*Setodes*-Arten, *Oecetis tripunctata*) und aus Gebirgsbächen Berücksichtigung finden.

Damit aus Ergebnissen derartiger Fressversuche Rückschlüsse auf die potentielle Gefährdung von Trichopteren durch Bt-Mais-Sorten im Freiland abgeleitet werden können, muss zum einen Erfahrung mit toxikologischer und ökotoxikologischer Methodik, zum anderen Fachwissen über die Struktur und Funktionsweise von Biotopen, aus denen die Versuchstiere stammen, zusammengeführt werden. Andererseits sei davor gewarnt, eine Antwort auf die Frage nach der Gefährlichkeit von Bt-Mais-Anbau und Bt-haltigen Futtermitteln aus dem Vergleich von Gewässern bzw. Gewässerstrecken mit und ohne Bt-Belastung zu erwarten. Nach dem Vorsorgeprinzip ist die Empfindlichkeit charakteristischer Trichopteren-Arten gegenüber den in Bt-Mais exprimierten Giften zu erheben, damit sich auf Basis der diesbezüglichen Kenntnisse drohende Nachteile für die Umwelt verhindern lassen, anstatt zuzuschauen, ob und ab wann die aus gewissenhaft durchgeführten toxikologischen und ökotoxikologischen Befunden ableitbaren Schäden in bedrohten Gewässern ein von den natürlichen Schwankungen eindeutig unterscheidbares Ausmass tatsächlich erreicht haben.

Anmerkung

Diese Aussage galt für den Zeitpunkt der Fertigstellung des Manuskripts im September 2006. Inzwischen ist zumindest die Publikation von Rosi-Marshall & al. (2007) erschienen, die unsere Befürchtung vollauf bestätigt.

Literatur

Céréghino, R. (2002): Shift from a herbivorous to a carnivorous diet during the larval development of some *Rhyacophila* species (Trichoptera). — Aquatic Insects 24: 129–135.

Glare, T.R. & O'Callaghan, M. (2000): *Bacillus thuringiensis:* Biology, Ecology and Safety. — 350 pp., John Wiley & Sons, New York.

Glöckner, G. (2005): Der Genmais und das grosse Rindersterben. — In: Grössler, M. (Hrsg.) & Faissner, K. (Red.), Gefahr Gentechnik. Irrweg und Ausweg, pp. 25–37, Concord-Verlag, Mariahof.

Hennig, W. (1969): Die Stammesgeschichte der Insekten. — 436 pp., Kramer, Frankfurt am Main.

Kreutzweiser, D.P., Capell, S.S. & Thomas, D.R. (1994): Aquatic insect responses to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* in a forest stream. — Canadian Journal of Forest Research 24: 2041–2049.

Malicky, H. (1990): Feeding tests with caddis larvae (Insecta: Trichoptera) and amphipods (Crustacea: Amphipoda) on *Platanus orientalis* (Platanaceae) and other leaf litter. — Hydrobiologia 206: 163–173.

Malicky, H. (1999): Köcherfliegen (Trichoptera) vom Marchfeldkanal (Niederösterreich). — Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen 51: 89–98.

Malicky, H. (2004): Atlas der europäischen Köcherfliegen. — 359 pp., Springer, Dordrecht.

Nógrádi, S. & Uherkovich, Á. (2002): Magyarország tegzesei (Trichoptera). — Dunántúli Dolgozatok (A) természettudományi Sorozat 11: 1–386.

Rosi-Marshall, E.J., Tank, J.L., Royer, T.V., Whiles, M.R., Evans-White, M., Chambers, C., Griffiths, N.A., Pokelsek, J. & Stephens, M.L. (2007): Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. — Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 16204–16208.

Waringer, J. & Graf, W. (1997): Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven. — 286 pp., Facultas Universitätsverlag, Wien.

Adressen der Autoren:

Dr. Hans Malicky
Sonnengasse 13
A–3293 Lunz am See, Österreich
Tel. ++43-(0)7486-8410

Dr. Roland Pechlaner
Riedgasse 30
A–6020 Innsbruck, Österreich
Tel./Fax ++43-(0)512-283120