

Der Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.)

Dagmar Nierhaus-Wunderwald und Beat Wermelinger



Abb. 1. Raupe des Schwammspinners.



Abb. 2. Grossflächiger Kahlfrass an Edelkastanien im Tessin (Monte Carasso, 1992).

Einleitung

Der Schwammspinner ist eine über Nordafrika, Europa bis nach Ostasien und Japan und seit mehr als 100 Jahren auch in den USA an Laubbäumen weit verbreitete Schmetterlingsart. Trotz einer grossen Anzahl natürlicher Gegenspieler neigt dieser ausgesprochen wärmeliebende Nachtfalter nach warm-trockenen Frühsommern oder nach künstlich verursachtem Trockenstress (z.B. Grundwasserabsenkung) zu Massenvermehrungen. Starker Raupenfrass führt dann in Laubholzbeständen aller Altersstufen oder auch in Obstanlagen zu erheblichen Blattverlusten. Der Schwammspinner wurde 1869 aus Frankreich in den Nordosten der USA eingeschleppt (Kasten 1). Da natürliche Feinde fehlten, breitete er sich ungehindert über den Osten der USA aus. Seit 1889 kommt es in diesen Gebieten regelmässig zu Massenvermehrungen, zu deren Eindämmung enorme finanzielle Mittel eingesetzt werden.

In Deutschland datiert ein erster Hinweis auf eine Massenvermehrung des Schwammspinners aus dem Jahre 1838, in der Schweiz wird eine solche Gradation (= Phasen hoher Populationsdichte) erstmals 1888 in der Gegend von Biel beschrieben.

Verbreitung und Vorkommen

Das Gesamtverbreitungsgebiet des Schwammspinners erstreckt sich von Nordafrika (Mittelmeerküstenländer)

über Westeuropa, Süd- und Mitteleuropa und ostwärts über Russland bis nach Japan. Im Norden reicht die Verbreitung bis Mittelschweden und Südfinnland. Die Mittelmeer- und Balkanländer gelten als Verbreitungsschwerpunkte, da in diesen Regionen periodisch alle 7 bis 8 Jahre wirtschaftlich bedeutende Massenvermehrungen (= Kalamitäten) auftreten. In den gemäßigten Teilen Europas neigen die Schwammspinnerpopulationen nur selten zu solchen Ausbrüchen. Im deutschen Bundesland Niedersachsen ist der Schwammspinner so selten, dass er in der lokalen Roten Liste als «stark gefährdet» eingestuft wurde. Hingegen vermehrte sich der Falter insbesondere in den süddeutschen Bundesländern Anfang der neunziger Jahre massiv: 1994 waren 77 000 ha der bevorzugten Eichenkulturen befallen. Auch andere Nachbarländer wie Frankreich, Österreich und die Schweiz verzeichneten zur gleichen Zeit Schwammspinner-Gradationen.

In Mitteleuropa sind die Schwammspinner an warme und trockene Standorte gebunden und bevorzugen lichte, sonnige Wälder oder Waldränder sowie Parkanlagen und Obstplantagen. Die Populationsentwicklung wird durch warme Sommer und anhaltende Trockenheit begünstigt.

- Bisher gab es in der Schweiz 6 Schwammspinner-Massenvermehrungen:
- 1888 in den Roches d’Orvin bei Biel, mit Kahlfress vor allem an Buchen,
 - 1907–1909 im Unterwallis an Lärchen,
 - 1924 im Tessin an Kastanien,

Kasten 1

Die «gypsy moth» in den USA

1869 brachte Léopold Trouvelot, Künstler, Mathematiker, Astronom und Naturforscher, den Schwammspinner (engl. gypsy moth) für Kreuzungsversuche mit Seidenspinnern aus Frankreich in die Gegend von Boston, Massachusetts. Während seiner Abwesenheit soll das Zuchtgefäss vom Wind umgeworfen worden und die Raupen ins Freie entkommen sein. Pflichtbewusst meldete Trouvelot diesen Vorfall sofort den Behörden, die jedoch nichts unternahm. Bereits 20 Jahre später entstand eine erste Massenvermehrung, die von einem Zeitgenossen 1889 folgendermassen beschrieben wurde: «Das Gebiet wimmelte schlicht von Raupen, und ich scheute mich richtig, die Strasse zur Station hinunterzulaufen. ... Ich erinnere mich an einen bestimmten Morgen, als ich komplett mit Raupen bedeckt war, inner- wie ausserhalb des Mantels. Die Strassenbäume waren nackt bis auf die Rinde. ... Die Fassaden der Häuser waren schwarz vor Raupen und die Trottoirs boten einen widerlichen Anblick mit den zerquetschten Schädlingen. ... Viele drangen in die Häuser ein, ... ich konnte selbst welche unter der Bettdecke finden» (aus MONTGOMERY und WALLNER 1988).

Der Schwammspinner breitete sich im Verlaufe des 20. Jahrhunderts über den ganzen Nordosten der USA bis nach Florida und auch an die Westküste sowie den Südosten Kanadas aus. Diese Befallsgebiete, mehrheitlich Eichenbestände, aber auch andere Laubholzarten, wurden immer wieder wellenartig heimgesucht und entsprechend intensiv waren auch die Bekämpfungsmassnahmen: 1957 wurden mehr als 1,2 Millionen ha aus der Luft mit DDT behandelt! 1971 entlaubten die Raupen 800 000 ha Wald. Dadurch nahmen die Eichenabgänge dramatisch zu. Das hatte den Aufbau eines Überwachungs- und Bekämpfungssystems zur Folge, welches die Dichten dieser Insekten regelmässig erhebt und die Auswirkungen prognostiziert. Bei Überschreiten einer gewissen Schwelle werden die Bestände vor allem mit einem *Bacillus*- oder Virenpräparat sowie Häutungshemmern behandelt. Im Verlaufe der 90er Jahre ging die Befallsfläche markant zurück, weniger wegen der Bekämpfung als infolge einer Krankheit durch den Pilz *Entomophaga maimaiga* (Jochpilz, Zygomycet), der sich seit 1989 ebenso schnell ausbreitet wie seinerzeit der Schwammspinner. Dieser Pilz hat sich bis heute im ganzen Nordosten der USA etabliert und hält die gypsy moth unter Kontrolle. Es ist umstritten, ob es sich bei diesem Pilz um den Stamm handelt, der 1910 von Japan erfolglos zur Bekämpfung der Schwammspinner in die USA eingebracht wurde und ob der Erfolg dauerhaft ist. Die neuesten Zahlen weisen allerdings wieder auf einen leichten Anstieg des Schwammspinnerbefalls hin.

- 1929/30 im Tessin an Kastanien, Obstbäumen und anderen Laubhölzern,
 - 1984/85 im Tessin, Graubünden (Miso) sowie im Unterwallis an verschiedenen Laubhölzern,
 - 1992/93 im Tessin mit teilweisem Kahlfress von Kastanien- und Eichenbeständen.
- Die letzte Massenvermehrung war die bisher stärkste mit einer befallenen Gesamtfläche von 2400 ha

(Abb. 2). Lokale Ausbrüche gingen nach 1 bis 2 Jahren jeweils zu Ende. Gradationen können bis 1000 m ü.M. auftreten.

Die Verbreitungsschwerpunkte in der Schweiz befinden sich in den warmen Gebieten des Tessins, Wallis, im Raum von Genf und um den Bielersee. Im Mittelland wurde die Art nur vereinzelt, vor allem in der Ostschweiz gefunden.

Tab. 1. Biologie von *Lymantria dispar* (Schwammspinner; franz. Bombyx disparate, la spongieuse; ital. bombyce dispari, Limantria; engl. gypsy moth) (WELLENSTEIN und SCHWENKE 1978; BENOIT und LACHANCE 1990; MAIER und BOGENSCHÜTZ 1990).

Schlüpfzeit der Raupen	Flugzeit	Wirtsbäume (aufgeführt in der Reihenfolge ihrer Bevorzugung durch den Schwammspinner)	Überwinterung
April/Mai	Zwischen Anfang Juli und Ende September	Eiche (<i>Quercus</i> spp.), Hainbuche (<i>Carpinus</i> spp.), Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.), Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i> Mill.), Obstbäume (<i>Pyrus</i> spp., <i>Malus</i> spp., <i>Prunus</i> spp.) Ferner: Birke (<i>Betula</i> spp.), Pappel (<i>Populus</i> spp.), Weide (<i>Salix</i> spp.), Ahorn (<i>Acer</i> spp.), Linde (<i>Tilia</i> spp.), Ulme (<i>Ulmus</i> spp.), Erle (<i>Alnus</i> spp.), Lärche (<i>Larix decidua</i> Mill.) Bei Massenvermehrungen kann sich das Wirtsspektrum infolge Futterknappheit beträchtlich erweitern. Die Raupen können dann auch auf weitere Nadelhölzer (Föhre, Fichte, Douglasie) oder sogar auf Kräuter und Gräser des Bodens übergehen. Weitgehend gemieden werden: Gemeine Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), Rosskastanie (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), Esche (<i>Fraxinus</i> spp.), Weinrebe (<i>Vitis vinifera</i> L.), verschiedene Sträucher	Im Eistadium (fertige Räumchen in Eihüllen)

Wirtspflanzen

Die Raupen des Schwammspinner sind sehr polyphag, das heisst, sie gedeihen an zahlreichen ganz unterschiedlichen Wirtspflanzenarten. Insgesamt sind es etwa 400, vor allem Laubbaumarten. Wie die meisten polyphagen Insekten haben auch Schwammspinner ihre ausgesprochenen Vorzugspflanzen, auf denen sie sich am besten und schnellsten entwickeln und die Weibchen ihre höchste Fruchtbarkeit aufweisen. Die am häufigsten befallene Baumart ist die Eiche, gefolgt von Hainbuche, Buche, Edelkastanie, Kern- und Steinobst (Tab. 1). In der Schweiz sind besonders die Edelkastanien, in Deutschland die Eichen von Massenbefall betroffen.

Auf Nadelholzarten weicht *Lymantria dispar* nur bei Nahrungsmangel aus, da er dort schlecht gedeiht. Eine Ausnahme bilden Lärchen, an denen sich der Schwammspinner recht gut entwickelt (Tab. 1). Vereinzelt wurden die Raupen an Fichten, Douglasien und Föhren beobachtet. In Nadelwäldern, aber auch in den Edelkastanienwäldern des Tessins tritt der Schwammspinner bisweilen mit der nahe verwandten Nonne (*Lymantria monacha*) gemeinsam auf.

Lebensweise

Die Schwammspinner überwintern in den Eihüllen als fertig entwickelte Räumchen (L1; Abb. 5). Die nur wenige Millimeter grossen, dunklen Eiräumchen schlüpfen im Frühling (April/Mai), zeitgleich mit dem Blattaustrieb. Sie verharren 2 bis 3 Tage gesellig auf den leeren Gelegen («Eispiegel»; Abb. 6) und wandern anschliessend in die Baumkronen ab, wo sie mit dem Blattfrass beginnen. Räumchen im 1. Stadium werden mit Hilfe langer Schwebehaare und einiger Spinnfäden oft kilometerweit durch den Wind in neue Gebiete verfrachtet. Sie können deshalb in allen Schichten des Waldes, auf dem Boden und auf waldnahen Flächen gefunden werden. Das ist die Phase grossräumiger Ausbreitung, während die flugträgen Weibchen kaum zur Verbreitung beitragen (Kasten 2). Viele Tiere gehen allerdings bei der Windverfrachtung zugrunde, falls sie nicht auf ihren Wirtspflanzen



Abb. 3. Männlicher Falter in einem seltenen Moment der Ruhe.

landen. Die ersten drei Raupenstadien sitzen tagsüber auf ihrem Futterlaub und fressen. Die älteren, nachtaktiven Stadien (ab L3 oder L4) suchen am Tag Verstecke auf, meist in Rindenritzen oder am Stammfuss unter dem Falllaub. Während der Häutung bleiben diese Raupen auch nachts in Bodennähe. Nach Einbruch der Dunkelheit wandern sie in die Baumkronen, um dort zu fressen. Bei hohen Populationsdichten ändern ältere Larven ihr Verhalten und fressen auch am Tag. Der verschwenderische Blattfrass (Luxusfrass = abgeissene Blatteile fallen zu Boden; Abb. 9) beginnt ab dem 4. Larvenstadium und ist im letzten Stadium am stärksten. Während ihrer Entwicklung frisst jede Raupe etwa ein Quadratmeter Laub.



Abb. 4. Weiblicher Falter bei der Eiablage (schwammartiges Gelege; Name!)

Ist das Nahrungsangebot erschöpft, suchen die Raupen andere Bäume bzw. Baumarten auf. Müssen die Tiere hierbei auf weniger verträgliche Baumarten oder sogar auf krautige Pflanzen ausweichen, hat dies Folgen für die Fruchtbarkeit (kleinere Weibchen, kleinere Gelege), das Geschlechterverhältnis (höherer Männchenanteil), verlängerte Entwicklungsdauer sowie höhere Sterblichkeit. Insgesamt dauert die Raupenentwicklung 6 bis 12 Wochen, von April bis Ende Juni. Am Ende der Larvalzeit befestigen sich die Raupen mit wenigen Spinnfäden, häufig in Gruppen, in Rindenritzen am Stamm, im Kronenraum an Zweigen und Blät-

Kasten 2

Beschreibung von *Lymantria dispar*

Der Schwammspinner gehört zur Familie der Träg- oder Wollspinner (Lymantriidae). Die Falter weisen wie alle Trägspinner ausgeprägte geschlechtsspezifische Unterschiede («dispar»: ungleich) in Grösse, Aussehen und Färbung auf, die Raupen und Puppen Unterschiede in der Grösse. Die Falter nehmen keine Nahrung mehr auf.

Weibliche Falter: gelblich-weiße Flügel mit dunkler Zeichnung (Abb. 4); Flügelspannweite 5–8 cm; kurz gezähnte Fühler; der Hinterleib ist dicht behaart. Flügel in Ruhestellung dachförmig. Heimische Weibchen der «europäischen Rasse» sind sehr flugträge, während die im letzten Jahrzehnt in Deutschland gefundenen Weibchen der «ostasiatischen Rasse» normal flugaktiv sind: Im ostasiatischen Raum (Japan, Russland sowie China) werden Flugstrecken von 4 bis 100 km beobachtet. In der Schweiz wurde diese flugtüchtige Rasse noch nicht beobachtet.

Männliche Falter: grau-braune Flügel mit dunkler Zeichnung (Abb. 3); Flügelspannweite 3,5–5 cm; auffällig die langen, doppelt gekämmten Fühler; tagsüber flugaktiv (ruhelooser «Zickzackflug»).

Jungraupen (L1–L3; 0,4–2 cm lang): gelbbraun mit schwarzen, später orangen behaarten Warzen; tagaktiv.

Ältere Raupenstadien (L4–L6(7); 2,3–8 cm lang): dunkel, die ersten 5 Segmente tragen blaue Warzen, die übrigen rote (Abb. 7); stark behaart (Brennhaare ab L3); ausgewachsene weibliche Tiere sind grösser (6–8 cm) als männliche (4–5 cm). Die Weibchen durchlaufen 6–7 Raupenstadien, die Männchen 5–6, haben also eine etwas kürzere Entwicklungszeit. Alle Raupenstadien besitzen Spinndrüsen; nachtaktiv.

Puppen: schwarzbraun mit gelb-braunen Haarbüscheln (Abb. 8); weibliche Puppen 1,5–3,5 cm, männliche 1,5–2 cm lang.



Abb. 5. Nach einer kurzen Embryonalentwicklung überwintern die fertigen Räumchen in den Eihüllen, eingebettet in der Haarwolle.



Abb. 6. Frisch geschlüpfte Räumchen verbringen noch wenige Tage auf dem Gelege; sog. «Eispiegel».



Abb. 7. Ältere Raupe mit der typischen Warzenfärbung.

tern oder an Unterlagen am Boden, um sich dort zu verpuppen. Die Puppenruhe im Juli dauert 2 bis 3 Wochen. Die folgende Flugzeit liegt je nach Wetter zwischen Juli und Ende September, bevorzugt in den Nachmittagsstunden. Die Männchen schlüpfen ein bis zwei Tage früher als die Weibchen. Letztere bleiben in unmittelbarer Nähe des Schlupfortes sitzen, während die

Männchen sich tagsüber im raschen Zickzackflug bewegen. Sie können mit ihren grossen Fühlern das weibliche Sexualpheromon noch aus einer Entfernung von mehr als 10 km wahrnehmen und damit die Weibchen aufspüren. Die Begattung erfolgt gewöhnlich am Tag des Schlüpfens der Weibchen. Die Männchen sind in der Lage, sich mehrfach zu paaren. Wenige Stunden danach legen die Weibchen in einem einzigen Gelege (vor allem nachts) ihre Eier ab und umhüllen sie mit gelblicher Afterwolle, was dem Gelege ein schwammiges Aussehen verleiht (Abb. 4). Bei niedrigen Populationsdichten erfolgt die Eiablage meist an der Südseite des Stammes, während einer Gradation über den ganzen Baum verteilt und unter loser Rinde von stehendem und am Boden liegendem Totholz, auf Steinen, Felsen und sonstigen herumliegenden Gegenständen. Die Anzahl der deponierten Eier, die zwischen 100 und 1000 schwanken kann, ist abhängig vom Nahrungsangebot und der Gradationsphase: Vor und zu Beginn einer Massenvermehrung werden mehr Eier als während der Gradation abgelegt (Kasten 3). Bei Störungen verlassen die Weibchen oftmals ihr Gelege und beginnen mit einer neuen Eiablage. Der weitaus grösste Teil der Eier wird am ersten Tag abgelegt. Insgesamt dauert die Eiablage etwa eine Woche, danach stirbt das Weibchen. Der Schwammspinner bildet nur eine Generation pro Jahr aus. Die bis 5 cm langen Eigelege sind als helle Flecken gut sichtbar. Die Embryonalentwicklung ist bereits nach 3 bis 4 Wochen abgeschlossen, die fertigen Räumchen



Abb. 8. Am Stamm befestigte Puppe.



Abb. 9. Verschwenderischer Blattfrass (sog. «Luxusfrass»)

überwintern in ihren Eihüllen (Abb. 5). Witterungseinflüsse, insbesondere tiefe Temperaturen im Winter, erhöhen die Eiräumchenmortalität nicht wesentlich. Spätfröste oder nasskaltes Wetter im Mai und Juni überleben die jungen Larven allerdings schlecht.

Natürliche Regulation

Schwammspinner haben eine grosse Anzahl natürlicher Feinde, von denen viele dazu beitragen können, dass eine Massenvermehrung auf natürliche Weise zu Ende geht. Während der Latenzzeit sorgen sie dafür, dass sich Schwammspinnerpopulationen nicht ungehindert vermehren können.

Krankheitserreger

Hierzu zählen Viren, Bakterien und Pilze (Tab. 2). Die natürlich vorkommenden sog. Polyederviren verursachen insbesondere an älteren Raupen und Puppen die tödliche Polyedrose oder «Schlaffsucht». Diese Viren sind in der Regel streng an eine Wirtstierart gebunden, im Unterschied zu vielen Bakterienarten mit Wirkungen auf zahlreiche weitere Schmetterlingsarten und andere Insekten. Viren sind oft am Zusammenbruch

Kasten 3

Verlauf einer Gradation im Tessin

Eine Gradation ist immer das Resultat mehrerer Prozesse: Ausgelöst durch Witterung, Zustand der Wirtspflanzen, zeitliches Zusammentreffen von Blattaustrieb und Schlüpfen der Raupen, fehlende Antagonisten oder gute Schutzmöglichkeiten für die Raupen nimmt die Schwammspinnerpopulation in bestimmten Herden zu (**Progradation**). In dieser Phase hinken Krankheitserreger, Schmarotzer und Räuber hinter der Entwicklung der Wirtspopulation her. Das Nahrungsangebot bezüglich bevorzugten Baumarten (Qualität) und Blattmasse (Quantität) ist optimal und die Konkurrenz und Mortalität noch klein. Demzufolge werden eireiche Gelege produziert und der Weibchenanteil der Nachkommen ist hoch. Die Herde dehnen sich aus und es kommt zu Kahlfress an den Wirtsbäumen (**Kulmination**). Bereits während der ersten Gradationsphase beginnt die Konkurrenz zu wirken. Die Raupen haben im Verlauf der Gradation immer weniger und qualitativ schlechtere Nahrung zur Verfügung und müssen andere, weniger optimale Wirtsbäume aufsuchen. Dadurch nimmt die Produktivität der Weibchen ab, und die Überlebensraten der Eier und Raupen sinken infolge mangelnder Ernährung, zunehmender Empfindlichkeit gegen Krankheiten und ansteigenden Antagonistenzahlen. Darauf bricht die Population zusammen (**Retrogradation**). Massgeblich am Zusammenbruch beteiligt ist die Virenkrankheit Polyedrose. Nach dieser Evidenzphase beginnt wiederum die Latenzzeit, die Zeit mit tiefen Dichten zwischen zwei Gradationen. Während dieser Zeit werden die Raupendichten vor allem durch Parasitoide und Räuber reguliert.

einer Massenvermehrung massgeblich beteiligt. Die Polyedrose beeinflusst auch das Geschlechtsverhältnis zugunsten der Männchen. Der Ausbruch der Raupenkrankheit ist allerdings erst gegen Ende der Frassperiode soweit fortgeschritten, dass die Population zusammenbricht. Laubverluste werden daher nicht verhindert. Das Wachstum der Population ist aber deutlich herabgesetzt. Die Polyedrose ist leicht zu erkennen: die Raupen hängen in charakteristischer, umgekehrter V-Stellung, mit den Bauchbeinen an der Unterlage haftend, schlaff herunter (Abb. 10). Auf Fingerdruck zerfliessen virenerkrankte Raupen und Puppen. Dieses Virus ist in einer Population immer latent vorhanden, eine massive Erkrankung der Raupen bricht aber erst unter Stressbedingungen aus. Junge Raupenstadien scheinen vorwiegend an Bakterien zu sterben. Pilzkrankungen spielten bisher bei der natürlichen Regulierung von Schwammspinnerpopulationen eher eine untergeordnete Rolle, haben aber in den USA neuerdings grosse praktische Bedeutung (Kasten 1).

Schmarotzer

Parasiten sind Schmarotzer, die ihre Wirtstiere nicht töten, während die Parasitoiden letal wirken. Wichtige Schwammspinner-Parasitoide sind Raupenfliegen und Brackwespen (Abb. 11, 12; Tab. 2), die in ihrer Lebensweise gut



Abb. 10. Virustote Schwammspinnerraupe in typischer V-Stellung hängend.



Abb. 11. Mehrfachparasitierung einer Schwammspinnerraupe: Durch eine Raupenfliege (*Parasetigena silvestris*) abgelegte weisse Eier.

an das Wirtstier angepasst sind. Die Raupenfliege *Parasetigena silvestris* beispielsweise reagiert sehr schnell auf einen Anstieg der Wirtstierpopulation, was sich in einem hohen Parasitierungsgrad der Raupen zeigt. Eine Schwammspinnerraupe kann dann mehrfach mit Raupenfliegen-Eiern belegt sein (Abb. 11). Die Fliegenlarven entwickeln sich im Innern des Wirtstieres. Die flugfreudigen Fliegen können massgeblich am Zusammenbruch einer Schwammspinnerpopulation beteiligt sein. Raupenfliegen spielen vermutlich auch bei der Ausbreitung der Polyedrose eine Rolle. Ihre Larven gehen in virenfizierten Wirtsraupen allerdings mit zugrunde.

Räuber

Wichtigste Räuber der Schwammspinnerraupen sowie der Puppen sind Larven und Käfer der Puppenräuber (Laufkäfer (Carabidae); Abb. 13, 14; Tab. 2). Vor allem der Grosse Puppenräuber (*Calosoma sycophanta*), eine in der Latenzphase des Schwammspinners äusserst selten gefundene Käferart, reagiert auf ein üppiges Nahrungsangebot sehr rasch mit einer starken Vermehrung. Wie Raupenfliegen sind auch Lauf- und Aaskäfer potentielle Überträger von Viren. Eiräupchen werden nach Windverfrachtung auf den Waldboden häufig von anderen räuberischen Laufkäferarten, die im Unterschied zu Puppenräubern nicht klettern können, attackiert.

Als Eiräuber sind Baumwanzen (Pentatomidae), Pelzkäfer (Dermestidae) und Weichkäfer (Cantharidae) zu erwähnen. Arbeiterinnen von Ameisen tragen Schmetterlingsraupen als Futter in ihre Nester ein.

Zu den Wirbeltieren, die sich von ver-



Abb. 12. Von parasitischen Larven der *Apanteles*-Brackwespen ausgefressene Schwammspinnerraupe, daneben die weissen Kokons (keine «Raupeneier») der geschlüpften Wespen.

schiedenen Stadien des Schwammspinners ernähren, zählen Kröten, Eidechsen, Vögel und vor allem Mäuse und Spitzmäuse. Bei den Vögeln plündern beispielsweise Meisen- und Goldhähnchenarten die Eigelege, während der Kuckuck gerne ältere behaarte Raupen verzehrt.

Bedeutung für den Wald und die Forstwirtschaft

Die meisten Laubbäume reagieren auf einen Kahlfrass mit einer raschen Wiederbegrünung im gleichen Sommer (Abb. 15). Die ursprünglich befallenen Bestände sind im Herbst noch gut zu erkennen, da sich Blattverfärbung und Blattfall um 2 bis 3 Wochen verzögern. Ein einmaliger Schwammspinnerkahlfrass bleibt für Laubbäume normalerweise ohne Auswirkungen.



Abb. 13. Der Grosse Puppenräuber (*Calosoma sycophanta*, Laufkäfer) stellt als guter Kletterer den Schwammspinnerraupen auf den Bäumen nach.

Tab. 2. Auswahl wichtiger Gegenspieler des Schwammspinners (BENOIT und LACHANCE 1990; MAIER 1990; STARY 1990; BATHON 1993; WERMELINGER 1995)

Organismus	Krankheitserreger (K) Schmarotzer (P) Räuber (R)	Wirtstierstadium (<i>Lymantria dispar</i>)	Bemerkungen
Viren Polyederviren	K	Altraupe/Puppe	Diese natürlich vorkommenden Krankheitserreger sind sehr eng an ihre jeweiligen Wirtstiere gebunden. Schwammspinner-Viren lösen eine «Schlaffsucht» (Polyedrose) aus.
Bakterien <i>Bacillus thuringensis</i> (B.t.) <i>Serratia marcescens</i>	K	Jungraupe	Die beiden natürlich vorkommenden Bodenbakterien werden durch den Wind oder durch Exkremente von Vögeln und Kleinsäugern auf das Blattwerk übertragen. B.t. kommt in Deutschland bei der Regulierung der <i>L. dispar</i> -Population zum Einsatz.
Pilze <i>Beauveria bassiana</i> <i>Paecilomyces farinosus</i> <i>Entomophaga maimaiga</i>	K	(Falter)/Ei/Raupe/Puppe Raupe	Eine Pilzinfektion setzt hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit voraus. Dieser Pilz hat sich im Nordosten der USA in den 90er Jahren rasant ausgebreitet, was zu einem drastischen Rückgang von Massenvermehrungen führte.
Raupenfliegen (Tachinidae) <i>Parasetigena silvestris</i> , <i>Blepharipa schineri</i> , <i>Compsilura concinnata</i>	P	Altraupe; Schmarotzer schlüpfen aus Altraupen und Puppen	Die grossen, weissen und gut sichtbaren Eier von <i>P. silvestris</i> werden bevorzugt auf die vorderen Segmente der Wirtsraupe abgelegt. <i>B. schineri</i> legt ihre winzigen Eier an den angefressenen Blatttrand des Futterlaubes, von wo sie von den Wirtsraupen mit der Nahrung aufgenommen werden. <i>C. concinnata</i> legt das Ei in die Raupe ab. Zur Verpuppung verlassen die Parasitoide die tote Wirtsraupe und ziehen sich zur Überwinterung in den Boden zurück.
Brackwespen (Braconidae) <i>Apanteles liparidis</i> , <i>A. melanoscelus</i>	P	Jungraupe	Larven schmarotzen in Schwammspinnerraupe, bohren sich am Ende der Larvalzeit nach aussen, um sich häufig in grosser Zahl auf dem sterbenden Wirt in Kokons zu verpuppen («Raupeneier»).
Eupelmidae <i>Anastatus disparis</i>	P	Ei	Werden frisch abgelegte Eier parasitiert, entwickeln sich Weibchen und Männchen, hingegen aus älteren parasitierten Eiern fast ausschliesslich Männchen.
Laufkäfer (Carabidae) Grosser und Kleiner Puppenräuber <i>Calosoma sycophanta</i> , <i>C. inquisitor</i>	R	Raupe/Puppe	Die genannten Räuber sind als Larven und Käfer gute Kletterer, die auf Bäumen und Sträuchern ihre Beutetiere suchen und bei einer Massenvermehrung sehr rasch auf das veränderte Nahrungsangebot reagieren.
Aaskäfer (Silphidae) 4-Punkt-Aaskäfer <i>Xylodrepa quadripunctata</i>	R	Raupe/Puppe	

Mehrere Jahre aufeinander folgender Befall kann spürbare Folgen am Baum haben wie Wasserreiserbildung, Zuwachsverluste und Beeinträchtigung der Mast (Samenproduktion). Das ansonsten tiefe Ausfallrisiko ist nach wiederholtem Kahlfrass erhöht, wenn dieser mit abiotischen Stressfaktoren (Witterungsextreme wie Spätwinter- oder Spätfröste) zusammenfällt. Dieser primäre Ursachenkomplex (Kahlfrass und Witterungsextreme) wird heute in Deutschland auch als Auslöser für das mitteleuropäische Eichensterben verantwortlich gemacht.

Absterbeerscheinungen treten meist ein Jahr nach dem ersten Frassereignis auf und können in älteren Beständen noch Jahre andauern, bedingt durch

einen sekundären Befall von Insekten und Pilzen, vor allem Mehltau und spä-



Abb. 14. Larve des Grossen Puppenräubers beim Verzehr einer Schwammspinnerraupe (oben).

ter auch Hallimasch. In den extensiv bewirtschafteten ehemaligen Tessiner Kastanienniederwäldern spielen geminderte Zuwachsraten bzw. ein Absterben einzelner Bäume keine grosse wirtschaftliche Rolle. Die Bäume sind auch gut an Trockenperioden angepasst. Zudem können sich Edelkastanien durch Stockausschläge regenerieren.

Während Douglasien und besonders Lärchen zum Wiederaustrieb befähigt sind, sterben andere Nadelhölzer schon nach einmaligem starkem Schwammspinnerfrass häufiger ab.

Neben der Windverfrachtung der Eiräupchen können die eingeschleppten flugtüchtigen Weibchen der asiatischen Rasse (Kasten 2) zusätzlich zur

Ausbreitung der Schwammspinner beitragen. Ausserdem weist die asiatische Rasse ein anderes bzw. breiteres Spektrum bevorzugter Nährpflanzen auf als europäische Populationen. So entwickeln sich asiatische Schwammspinnerraupen beispielsweise auf Linden (*Tilia* spp.), Apfelbäumen (*Malus* spp.), Lärchen (*Larix* spp.) sowie auf Waldföhren (*Pinus sylvestris*) deutlich besser als Larven europäischer Herkunft. Neueste Untersuchungen von Schwammspinnerweibchen aus verschiedenen geografischen Herkünften (Asien, Südosteuropa, Provence, Baden-Württemberg) weisen darauf hin, dass sich die europäische Rasse bereits mit der asiatischen Rasse vermischt hat, die Kreuzungsnachkommen scheinen allerdings meist flugträge zu sein.

Bedeutung für waldnahe Kulturen

Vom Wald aus können junge Schwammspinnerraupen vom Wind auf benachbarte Flächen verfrachtet werden. Betroffen von der Tessiner Gradation 1992/93 waren vor allem Privatgärten mit Aprikosen-, Birn-, Apfel- und Nussbäumen. Gemieden wurden hingegen Pfirsichbäume und Rebellen. Im Erwerbsobstbau wird Ereignissen durch Raupenfrass im Rahmen des üblichen Pflanzenschutzprogramms vorgebeugt.

Belästigung für den Menschen

Eine Schwammspinnergradation kann auch ein grosses gesellschaftliches Problem sein. Bei einer Massenvermehrung können die Raupen in walddaher gelegenen Gärten und Häusern zur Belästigung werden, denn die bei Ausbrüchen hyperaktiven Tiere breiten sich auf der Suche nach Nahrung in Massen auf Mauern und Pfosten aus (Abb. 16), fressen in den Privatgärten an Nutzpflanzen und Zierpflanzen und dringen durch offene Fenster in die Häuser ein. Dann besteht eine gewisse Gefahr von Hautreizungen durch Raupenhaare bei empfindlichen Personen. Die Haare sind allerdings weit weniger aggressiv als beispielsweise diejenigen des Gold-



Abb. 15. Nach Kahlfrass treiben die Edelkastanien im gleichen Sommer wieder aus.

afters (*Euproctis chrysorrhoea*) oder des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*).

Überwachung und Massnahmen

Eine wichtige Massnahme zur Vorhersage einer möglichen Massenvermehrung ist die Bestimmung der Eigelegedichte nach dem Laubfall. Üblicherweise wird eine Dichte von vier Gelegen pro Baum als Schwelle für eine mögliche Massenvermehrung im folgenden Jahr betrachtet. Auch das Anlegen eines etwa 20 cm breiten Stoffstreifens in Augenhöhe am Stamm zum Auszählen älterer Raupen, die sich tagsüber unter den Bändern verstecken, ist eine weitere Methode zur Überwachung der Populationsdichte (Abb. 17). Das Aufstellen von Pheromonfallen kann zwar Auskunft über das Vorkommen der Schwammspinner geben, sagt aber nur bedingt etwas über die Populationsdichte in einem bestimmten Gebiet aus, da Männchen durch das Sexualpheromon aus grossen Entfernungen angelockt werden können. In gefährdeten Wäldern sollte die Schwammspinnerpopulation vor allem in Jungbeständen beobachtet werden, für die ein Folgebefall im nächsten Jahr kritisch werden könnte. Alte vitale, nicht anderweitig gestresste Bäume überstehen



Abb. 16. Auf der Suche nach neuen Futterpflanzen kriechen die Raupen oft massenhaft an Mauern, Pfosten und Baumstämmen hoch.

einen zweimalig aufeinander folgenden Kahlfrass ohne grosse Probleme.

In der Schweiz ist die Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln im **Wald** gemäss der Waldverordnung des Bundes von 1992 nur erlaubt, wenn die Walderhaltung gefährdet ist. Dies traf bisher nie zu.

In **Privatgärten** können die *Eigelege* im Winter oder zeitigen Frühjahr entfernt und zerstört werden durch längeres Eintauchen in Seifenwasser, Zerreiben oder Vergraben. Neue Gelege fühlen sich fest an, während die verlassenen, bleichen Gelege vom Vorjahr weich sind und nicht entfernt werden müssen.

Jungraupen (bis ca. 2,5 cm) können im Frühling mit einem scharfen Wasserstrahl abgespritzt und so vernichtet werden.

Zum Einfangen *grösserer Raupen* wird ein etwa 30 cm breiter Jutestreifen am oberen Ende mit einer Schnur um den Stamm gebunden. Die Raupen suchen solche geschützten Stellen tags-



Abb. 17. Aufgeklappter Fanglappen am Stamm.

über auf; sie müssen täglich entfernt werden. Auch mit Klebebändern (Klebstoff nicht direkt auf die Rinde), die an Stämmen angebracht werden, lassen sich wandernde Raupen fangen. Die Raupen können in Seifenwasser ertränkt oder tiefgefroren werden. Vorsicht vor Raupenhaaren! In Privatgärten können bei einer Massenvermehrung einige einfache Vorkehrungen getroffen werden:

- Möglichst wenig Gegenstände (Geräte, Holz, Kisten, Autoreifen usw.) herumliegen lassen, die Gelegenheit zur Verpuppung bieten.

- Mechanisches Zerstören von Raupen, Puppen, weiblichen Faltern und deren Gelegen.
- Gut bewässerte Pflanzen ertragen den Befall durch Schwammspinner besser.

Schlussbemerkung

Eine Schwammspinner-Massenvermehrung brach in der Schweiz bisher stets nach kurzer Zeit durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren auf natürliche Weise zusammen (Kasten 3).

Der Ausbruch im Tessin zu Beginn der neunziger Jahre dauerte zwei bis drei Jahre mit lokal jeweils nur einmaligem Kahlfress. Durch warme, trockene Witterung ausgelöste Massenvermehrungen geschehen immer wieder und werden von nicht unter zusätzlichem Stress stehenden Wäldern in der Regel gut vertragen.

Ausgewählte Literatur

BATHON, H., 1993: Biologische Bekämpfung des Schwammspinners: Räuber und Parasitoide. In: WULF, A.; BERENDES, K.-H. (Hrsg.), 1993: Schwammspinner-Kalamität im Forst. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berl.-Dahl., Heft 293: 117–124.

BENOIT, P.; LACHANCE, D., 1990: Gypsy moth in Canada: Behavior and control. Information Report DPC-X-32, Forestry Canada Ottawa:1–22.

BRYNER, R., 2000: Lymantriidae – Trägspinner. In: Schmetterlinge und ihre Lebensräume – Arten, Gefährdung, Schutz. Basel, Pro Natura – Schweizerischer Bund für Naturschutz (Hrsg.). Bd. 3: 529–580.

CARTER, D.J.; HARGREAVES, B., 1987: Raupen und Schmetterlinge Europas und ihre Futterpflanzen. Hamburg/Berlin, Parey: 292 S.

DELB, H., 1999: Folgewirkungen der Schwammspinner-Kalamität 1992 bis 1995 (*Lymantria dispar* L.) in einem mitteleuropäischen Eichenwaldgebiet am Beispiel des Bienwaldes in Rheinland-Pfalz. Göttingen, Georg-August-Universität. Dissertation: 154 S. plus Anhang.

HAJEK, A.E., 1997: Fungal and viral epizootics in gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) populations in central New York. Biol. Control 10: 58–68.

MAIER, K., 1990: Beitrag zur Biologie primärer und sekundärer Parasitoide von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae). J. Appl. Entomol. 110: 167–182.

MAIER, K.; BOGENSCHÜTZ, H., 1990: Massenwechsel von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) und seine Regulation durch Parasitoide während einer Gradation bei Offenburg 1984–86. Z. Pflanzkrankh. Pflanzenschutz 97, 4: 381–393.

MAIER, K.; KAMMERER, M., 1999: Laufkäfer (Col., Carabidae) als natürliche Feinde der Raupen des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.,

Lep., Lymantriidae). In: SEEMANN, D. (Bearb.): Die Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Baden-Württemberg 1993–1994. Ber. Freibg. Forstl. Forsch., Heft 13: 122–136.

MONTGOMERY, M.E.; WALLNER, W.E., 1988: The gypsy moth, a westward migrant. In: BERRYMAN, A.A. (ed.) Dynamics of forest insect populations. Plenum Press, New York: 353–375.

NEALIS, V.G.; RODEN, P.M.; ORTIZ, D.A., 1999: Natural mortality of the gypsy moth along a gradient of infestation. Can. Entomol. 131, 4: 507–519.

REINEKE, A.; ZEBITZ, C.P.W., 1999: Nachweis des Vorkommens und der Verbreitung neuer Rassen des Schwammspinners in Baden-Württemberg. In: SEEMANN, D. (Bearb.): Die Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Baden-Württemberg 1993–1994. Ber. Freibg. Forstl. Forsch., Heft 13: 137–154.

STARY, B., 1990: Atlas der nützlichen Forstinsekten. Stuttgart, Enke: 119 S.

WEIDEMANN, H.J.; KÖHLER, J., 1996: Nachtfalter. Spinner und Schwärmer. Augsburg, Naturbuch-Verlag: 512 S.

WELLENSTEIN, G.; SCHWENKE, W., 1978: *Lymantria* Hbn. In: SCHWENKE, W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas. Bd. 3: Schmetterlinge. Hamburg/Berlin, Parey: 334–368.

WERMELINGER, B., 1993a: Der Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.): Massenvermehrung auf der Alpensüdseite. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch., PBMD-Bull. 5: 7 S. (auch in Italienisch)

WERMELINGER, B., 1993b: Kahlfress in Tessiner Kastanienwäldern. Wald Holz 74, 6: 32–33.

WERMELINGER, B., 1994: Schwammspinner im Tessin: Natürliches Ende der Massenvermehrung. Wald Holz 75, 7: 16–17.

WERMELINGER, B., 1995: Massenvermehrung und Populationszusammenbruch des Schwamm-

spinners *Lymantria dispar* (Lymantriidae) 1992/93 im Tessin. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 68, 3–4: 419–428.

WULF, A.; GRASER, E., 1996: Gypsy moth outbreaks in Germany and neighboring countries. Nachr. bl. Dtsch. Pflanzenschutzd. 48, 12: 265–269.

Internet-Adressen:

<http://fhpr8.srs.fs.fed.us/ww/gmdigest/gmdigest.html>
<http://www.fs.fed.us/ne/morgantown/4557/gmoth/>
<http://www.wsl.ch/forest/wus/entomo>
<http://www.wsl.ch/forest/wus/pbmd/welcome.html>

Abbildungsnachweis

Entomologie, Abt. Wald- und Umweltschutz/WSL: Abb. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17; PBMD, Abt. Wald- und Umweltschutz/WSL: Abb. 2, 9; P. Duelli, Abt. Biodiversität/WSL: Abb. 16.

Adresse der Autoren
Dr. Dagmar Nierhaus-Wunderwald
Dr. Beat Wermelinger
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
dagmar.nierhaus@wsl.ch
beat.wermelinger@wsl.ch

Managing Editor der Reihe «Merkblatt für die Praxis»
Dr. Ruth Landolt
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
ruth.landolt@wsl.ch

Satz und Druck: Bruhin AG, Freienbach