

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 16	1	97-116	1994	Freiburg im Breisgau 31. Juli 1994
--	---------	---	--------	------	---------------------------------------

Einflüsse auf den Goldafter (*Euproctis chryorrhoea* L.; Lep., Lymantriidae) während einer Massenvermehrung

von

KLAUS J. MAIER, Denzlingen*

Zusammenfassung: Während einer Massenvermehrung des Goldafters *E. chryorrhoea* L. in Gehölzen entlang von Schnellstraßen und eines Parks bei Freiburg i. Br. 1986–89, fraßen die Raupen im Verlauf der Gradation an einer unterschiedlich hohen Gehölzartenzahl. Von 40 potentiell geeigneten Gehölzarten waren in allen Phasen der Massenvermehrung Eichen, Weißdorn und Heckenrose am stärksten befallen.

Es ergaben sich Hinweise, daß hohe Sonneneinstrahlung und ein durch Bodenverdichtung hervorgerufener verspäteter Austrieb der Stieleichen das Wachstum der Larven begünstigte. Verkehrsimmissionen und Wasserstreß der Nahrungspflanzen fördern ebenfalls die Entwicklung der Goldafterlarven. Die Massenvermehrung wurde durch das Zusammentreffen dieser Standortfaktoren mit einer hohen Zahl potentieller Nahrungspflanzen begünstigt.

Im Laufe der Zeit schränkten fraßinduzierte Resistenzen der Gehölze die Vermehrung des Goldafters ein. Parasitoide, entomophage Pilze und Vögel führten schließlich den Zusammenbruch der Massenvermehrung herbei. Die Zusammensetzung und Wirksamkeit der Antagonisten war von Ort zu Ort aber sehr verschieden. Dies wird auf unterschiedliche Bestandstypen sowie kleinflächige und voneinander isolierte Lebensräume zurückgeführt.

Diese Massenvermehrung war eine Folge der Gestaltung dieser Lebensräume. Bekämpfungen sind nicht sinnvoll, weil kaum wirtschaftliche Schäden auftreten und weitreichende ökologische Beziehungen hierdurch beeinträchtigt werden. Vielmehr sollte man künftig bei Straßen- und Grünplanungen auf pflanzen- und tierökologische Belange mehr Rücksicht nehmen.

Einleitung

In Gehölzstreifen entlang von Autobahnen der Oberrheinischen Tiefebene traten in den vergangenen Jahren häufig Massenvermehrungen des Goldafters auf, die manchmal auch auf angrenzende Gehölzflächen übergriffen, wobei Wälder aber verschont blieben. Örtlich gesellten sich Massenvorkommen des Ringelspinner (*Malacosoma neustria* L.), des Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea* L.), des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) oder des Baumweißlings (*Aporia crataegi* L., EBERT 1991) hinzu.

* Anschrift des Verfassers: Dipl. Biol. K. J. MAIER, Markgrafenstraße 16, D-79211 Denzlingen

Im hier dargestellten Fall konzentrierten sich die Untersuchungen auf ein ca. 80 ha großes Gelände westlich der Stadt Freiburg i. Br. Hier waren von 1986 bis 1988 Gehölzstreifen zwischen Schnellstraßen und Gewässern und Parkbepflanzungen so stark vom Goldafter befallen, daß Folgeschäden befürchtet wurden. Es war zu klären, welche Einflußfaktoren den Goldafter hier regulieren und ob Gegenmaßnahmen ergriffen werden sollten.

Material und Methoden

Der Befall erstreckte sich hauptsächlich auf Gehölze, die in den letzten 15 Jahren nach ausgedehnten Erdarbeiten auf Wälle und Böschungen entlang von Straßen angepflanzt wurden. Hierdurch wurde deutlich, daß neben den Pflanzenarten bestimmte Standortfaktoren eine Rolle spielen müssen. Deshalb wurde auf mehreren Probeflächen die Rolle der Pflanzenarten und der natürlichen Feinde in Abhängigkeit charakteristischer Standortfaktoren untersucht.

Untersuchungsgebiet und Probeflächen: Das Gelände wird im Osten und Norden durch Siedlungsflächen, im Westen und Südwesten durch Wald oder Ackerland begrenzt (Abb. 1). Durch das Gebiet führen zwei Schnellstraßen. Die Gehölzvegetation des Gebietes ist struktur- und artenreich. Hecken, Flächengehölze und lockere Baumbestände wurden zwischen 1972 und 1987 im Zuge großflächiger Erdarbeiten angepflanzt und stocken häufig auf mechanisch verdichteten Böden. Wälder, Galeriewälder und große Einzelbäume sind hingegen immer älteren Ursprungs und stocken auf natürlich gewachsenen Böden.

Es wurden folgende Probeflächen ausgewählt (Abb.1):

- A: Dichte 3-7-reihige Hecken entlang von Schnellstraße 1. Der 1972 gegründete Bestand stockt auf Erdwällen und Böschungen und enthält 33 Gehölzarten, unter anderem Weißdorn (*Crataegus monogyna*), Schlehe (*Prunus spinosa*) und Heckenrose (*Rosa canina*, vergl. Tab. 3).
- B: Seit 1974 bestehendes Stangenholz in einem Auffahrtskreisel. Hier wachsen 20 Gehölzarten, hauptsächlich Roteiche (*Quercus rubra*), Stieleiche (*Quercus robur*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*).
- C: 2-7-reihige Hecke entlang der Böschung von Schnellstraße 2. Der 1986 gegründete Bestand enthält 22 Gehölzarten, es dominieren unter anderem Schlehe, Heckenrose und Stieleiche (vergl. Tab. 3).
- D: Zwischen 1983 und 1986 angelegter Park, dessen Gehölzgruppen und Einzelbäume viel Roteiche, Stieleiche, Schwedische Mehlbeere (*Sorbus intermedia*) und Hainbuche enthalten (insgesamt 32 Gehölzarten).
- E: Die 3-reihige Hecke am Damm der Dreisam besteht seit 1985. Unter 28 Gehölzarten kommen hier Stieleiche und Schwedische Mehlbeere vor.

Der durch Gebiet D führende alte Galeriewald besteht überwiegend aus Silberweiden (*Salix alba*), Bruchweiden (*S. fragilis*), Hybridpappel (*Populus canadensis*), Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und vereinzelt Stieleiche (insgesamt 21 Gehölzarten). Bei den Wäldern des Randgebietes (W) handelt es sich um ehemals feuchte, heute aber trockene Eichen-Hainbuchenwälder, die mit Robinie und Roteiche angereichert sind.

Einfluß von Nahrungspflanzen und Standort: Die Bedeutung der Nahrungspflanzenarten wurde durch Zählung der Winterester und durch den jeweiligen Blattfraß im Frühsommer ermittelt.

Offene, kleinflächige Gehölzbestände und die Reliefgestaltung des Geländes führten zu einer hohen Sonneneinstrahlung auf die Nahrungspflanzen. Außerdem trieben viele Stieleichen, die auf verdichteten und teilweise staunassen Böden standen, verzögert aus. Hierdurch

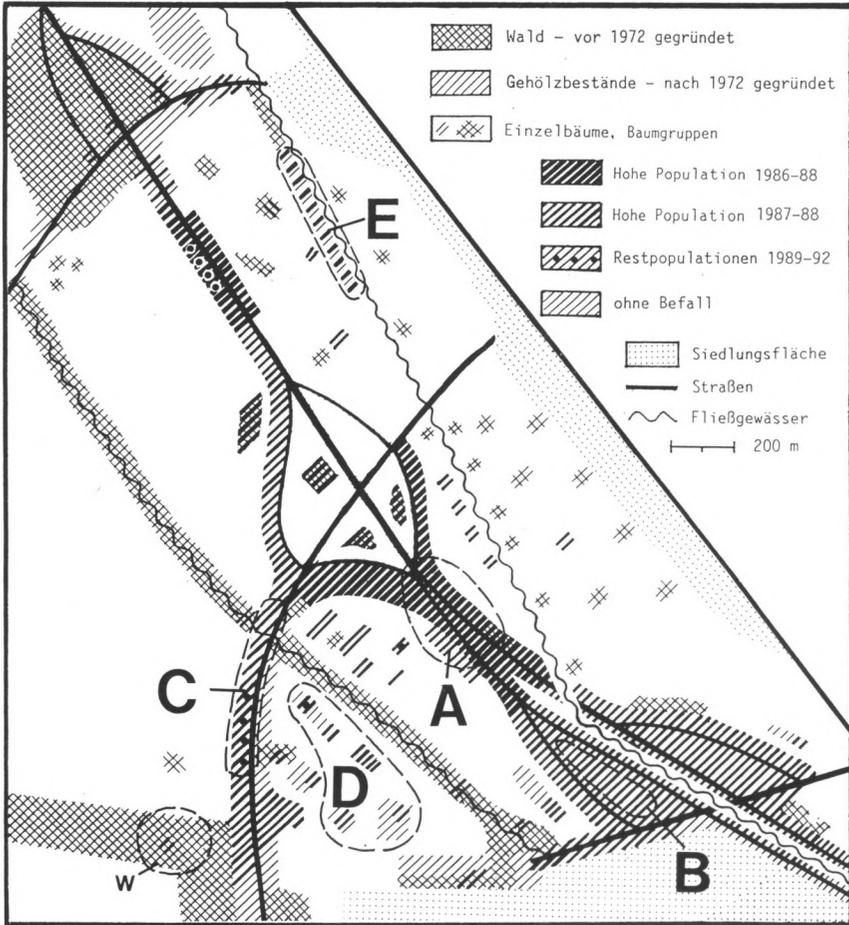


Abb. 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet, Lage der Probeflächen und Befall durch den Goldafer.

entstand der Verdacht, daß hohe Sonneneinstrahlung und ein verzögerter Laubaustrieb bestimmter Eichen die Ernährungssituation der Goldaferlarven begünstigen könnten.

Deshalb wurden in den Gebieten A, B und C in zwei Versuchsdurchgängen je 40 Raupen (3. bzw. 5. Larvenstadien) in 10 l fassenden Gasesäckchen an jeweils 2-3 Stieleichen, Rot-eichen und Weißdorn auf Standorten unterschiedlicher Lichtexposition und Laubentwicklung ausgesetzt. Die Tiere wurden regelmäßig gewogen und bei drohendem Nahrungsmangel an benachbarte Zweige gesetzt. Die Versuche wurden solange durchgeführt, bis die ersten Verpuppungen einsetzten.

Einfluß der Parasitoide, Krankheiten und Räuber: Die durch Parasitoide und Krankheiten verursachte Mortalität überwinternder Raupen wurde im März 1988 und 1989 ermittelt, indem je Probefläche 10 Winternester entnommen und präpariert wurden. Die Larven der Ektoparasitoide werden hierbei als Häufigkeit bezogen auf die Gesamtzahl toter und lebender Wirte angegeben. Die Endoparasitierungsraten wurden durch Sektion von je

100 Larven pro Standort ermittelt. Die „Erwartete Gesamt mortalität“ errechnet sich aus der Summe von momentaner Mortalität plus Endoparasitierungsrate.

Die Mortalitätsraten freilebender Raupen (4.-6. Larvenstadien, Puppen) wurden ermittelt, indem Stichproben bis zu 150 Tiere eingesammelt und mit Eichenlaub im Labor gezüchtet wurden. 1987 wurde an den Standorten A und C je eine Stichprobe eingesammelt. Im Frühjahr 1988 wurden dann in den meisten Gebieten außer in E in etwa 14-tägigem Abstand Proben eingesammelt, wovon jeweils 25-50 Tiere zur Ermittlung der Parasitierungsrate präpariert wurden. Auf der Grundlage der in der Zucht zwischen zwei Sammelterminen aufgetretenen Larvmortalität wurden die Überlebensraten der natürlichen Populationen im Freien errechnet. Im Sommer 1989 wurde nur noch in Gebiet C eine Stichprobe eingesammelt.

Hyperparasitoide wurden im Labor aus Kokons bzw. Tönnechen primärer Parasitoide gezogen, die aus dem Freiland stammten. Tachinen wurden nach MÉSNIL (1965), Hymenopteren und Krankheiten größtenteils von Spezialisten bestimmt.

Der Einfluß von Vögeln wurde während der zweiten Maidekade 1989 folgendermaßen getestet: In den Gebieten B, D und W wurden auf insgesamt 14 ca. 2 m hohen Stieleichen je 50-80 Larven des Goldafters (4. und 5. Larvenstadien) oder des Schwammspinners (3. Larvenstadien) ausgesetzt. In 6 Fällen wurden die Bäume mit Vogelnetzen überspannt. Die Larven wurden nach 14 Tagen möglichst quantitativ wieder eingesammelt, die Verlustraten errechnet und zur Ermittlung der Parasitierungsrate weitergezüchtet.

Ergebnisse

Verlauf der Gradation

Goldafterraupen traten zuerst 1986 in Gebiet A massenhaft auf (Abb. 1). 1987 kulminierte die Gradation und es erfolgte in den Gebieten A, C und D Kahlfraß, der sich hauptsächlich auf die neuerlich angepflanzten Bestände erstreckte, ältere Bestände und Bäume jedoch weitgehend verschonte. Parasitoide und Krankheiten hatten 1987 noch keinen großen Einfluß auf die Raupen (Abb. 4), so daß es im darauffolgenden Winter zahlreiche Winternester gab (Tab. 2), deren Untersuchung ein Fortdauern der Gradation wahrscheinlich machte (Tab. 4). Jedoch brach im Mai 1988 die Population des Goldafters infolge starker Verpilzung und hoher Parasitierung weitgehend zusammen (Abb. 2, Abb. 4), so daß im darauffolgenden Winter 1988/89 nur noch an wenigen, zumeist isoliert stehenden Bäumen Winternester auftraten (Abb. 1, Tab. 2, 3). Die darin lebenden Larven erlagen weiterhin vermehrt Krankheiten und Parasitoiden (Tab. 4). Im Sommer 1989 ging die Population noch weiter zurück, nur an isoliert stehenden Eichen in C und D existierten Populationen bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes im Winter 1991/92 (Abb. 1).

Nahrungspflanzen

Während der Kulminationsphase wurden Winternester an über 40 Gehölzarten gefunden. Die Anzahl der genutzten Gehölzarten nahm mit ansteigender Population zu, danach wieder ab (Tab. 1, Tab. 3). Während der gesamten Beobachtungszeit konzentrierte sich der Befall aber auf Eichen (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. rubra*), Weißdorn, Heckenrose und andere Rosengewächse außer *Ribes*- und *Spiraea*-Arten (Tab. 1). Nach dem Zusammenbruch der Population fand man Winternester fast nur noch auf Eichen, Weißdorn und Heckenrose (Tab. 1, Tab. 3). 26 Gehölzarten

Tab. 1: Wichtigste anhand des Winternestbesatzes (WN) und des Blattfraßes ermittelte Nahrungspflanzen des Goldafters. ++: hoher Winternestbesatz / starker Blattfraß; +: geringer Winternestbesatz / geringer Blattfraß; -: keine Winternester / kein Blattfraß.

	WN 1986/87	Blattfraß 1987	WN 1987/88	Blattfraß 1988	WN 1988/89	Blattfraß 1989	WN 1989/90
<i>Crataegus monogyna</i>	++	++	++	++	+	+	+
<i>Rosa canina</i>	++	++	++	++	+	+	+
<i>Quercus robur</i>	++	++	++	++	++	+	+
<i>Quercus rubra</i>	++	++	++	++	+	+	+
<i>Prunus spinosa</i>	++	++	++	++	+	-	-
<i>Ulmus campestris</i>	+	++	++	++	+	-	-
<i>Carpinus betulus</i>	+	++	++	++	+	-	-
<i>Sorbus intermedia</i>	++	++	++	+	+	-	-
<i>Cornus stolonifera</i>	?	?	++	+	+	-	-
<i>Cornus alba</i>	?	?	++	+	+	-	-
<i>Prunus avium</i>	+	++	++	++	-	-	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	++	++	++	+	-	-	-
<i>Cornus sanguinea</i>	+	++	++	+	-	-	-
<i>Salix viminalis</i>	++	++	++	-	-	-	-
<i>Salix triandra</i>	++	++	++	-	-	-	-
<i>Salix caprea</i>	+	+	++	+	-	-	-
<i>Acer pseudoplatanus</i>	-	+	++	++	+	-	-
<i>Acer platanoides</i>	-	+	++	+	-	-	-
<i>Tilia cordata</i>	-	+	++	-	+	-	-
<i>Acer campestre</i>	-	+	++	+	-	-	-
<i>Populus tremula</i>	+	+	+	+	-	-	-
<i>Corylus avellana</i>	-	+	+	+	-	-	-
<i>Rubus fruticosus</i>	-	+	+	+	-	-	-
<i>Prunus mahaleb</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Rhamnus carthaticus</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Betula pendula</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Rhamnus frangula</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cornus mas</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Viburnum opulus</i>	-	+	-	-	-	-	-

Tab. 2: Durchschnittliche Anzahl Winternester pro Pflanze.

Ort	----- 1987/88 -----		----- 1988/89 -----		----- 1989/90 -----	
	Alle Pflanzen	Eiche Weißdorn	Alle Pflanzen	Eiche Weißdorn	Alle Pflanzen	Eiche/ Weißdorn
A	3,1	12,8	0,03	0,27	0	0
B	3,7	10,2	0,02	0,15	0	0
C	0,3	12,3	0,01	0,72	0,02	0,8
D	0,2	3,4	0,01	0,03	0,003	0,01
E	0,03	0,4	0,001	0,05	0	0

Tab. 3: Verteilung von Winternestern auf wichtige Gehölzarten.

	Gebiet A			Gebiet C		
	Gehölzanteil (%)	Winternester (%)		Gehölzanteil (%)	Winternester (%)	
		87/88	88/89		87/88	88/89
<i>Crataegus monogyna</i>	10,4	43	86	-	-	-
<i>Quercus robur</i>	0,3	8	14	1,4	57	71
<i>Cornus sanguinea</i>	10,3	13	0	7,0	0	0
<i>Rosa canina</i>	8,6	13	0	14,0	16	13
<i>Ulmus campestris</i>	1,6	6	0	0,6	0,8	2
<i>Corylus avellana</i>	17,2	4	0	0,7	0,1	0
<i>Prunus spinosa</i>	4,5	3	0	6,7	6	3
<i>Tilia cordata</i>	0,2	0,7	0	1,3	6	5
<i>Prunus avium</i>	-	-	-	0,9	5	0
Anzahl Gehölzarten insgesamt mit Winternest	33	19	2	22	12	7

wurden nicht gefressen (z.B. Schwarzerle, Esche, Platane, Robinie, Walnuß, Blasenstrauch, Heckenkirsche, Holunder, Liguster, Wolliger Schneeball, Pfaffenhütchen, Schneebeere).

Trotz allgemein hohen Befallsgrades konnte aber je nach Probefläche die gleiche Gehölzart unterschiedlich stark befallen sein. Beispielsweise waren in Gebiet A Weißdorn und Blutroter Hartriegel (*Cornus sanguinea*) mit Winternestern besetzt, nicht jedoch in den Gebieten C bzw. D (Tab. 3). An alten Stieleichen im Gradationsgebiet oder an Roteichen bzw. Weißdorn in den unmittelbar an das Gradationsgebiet angrenzenden Wäldern kamen nur vereinzelt Winternester vor.

Im Frühjahr 1988 begann der Raupenfraß Ende März (Abb. 2). Stieleiche, Hainbuche und Feldulme (*Ulmus minor*) hatten noch nicht ausgeschlagen, so daß starker Knospenfraß erfolgte. Weißdorn und Heckenrose waren hingegen schon weiter ausgetrieben und erlitten keine so gravierenden Blattverluste. Bei bestimmten Feldulmen und Winterlinden (*Tilia cordata*) schlüpfen die Raupen zwar aus den Winternestern, verließen aber die Wirtspflanze, ohne an ihr zu fressen. In Gebiet A wurde das Laub des Hartriegels zunächst gefressen, die Raupen wanderten aber ab, als das Laub auszuhärten begann; im Jahr darauf befanden sich daran keine Winternester mehr (Tab. 3). Aus Winternestern auf Faulbaum (*Rhamnus frangula*) und einigen Winterlinden schlüpfen oft gar keine Raupen aus, sie waren bereits im Winternest abgestorben.

Die Solitärphase der Goldafterlarven setzte mit dem fünften Larvenstadium Anfang Mai ein. Zur gleichen Zeit härtete das Laub vieler Futterpflanzen aus. Gelegentlich fraßen Raupen dann auch an sonst gemiedenen Pflanzenarten. Kurz darauf traten die ersten Verpilzungen auf (Abb. 2).

Im Frühjahr 1989 begann der Raupenfraß zur gleichen Zeit wie im Vorjahr. Das Laub der wenigen noch befallenen Wirtspflanzen war aber weiter entwickelt als im Jahr zuvor (Abb. 2), so daß mehr Blattmasse zur Verfügung stand und kein starker Blattfraß mehr erfolgte.

Das Wachstum von Goldafterlarven in Abhängigkeit von Nahrungspflanzen und Standort

Bei Stieleichen, die auf verdichtete Böden gepflanzt worden waren, verzögerte sich häufig der Austrieb und die Aushärtung des Laubes gegenüber den auf gewachsenen Böden stehenden älteren Exemplaren (Abb. 2). Außerdem blieb deren Laub im Sommerzustand weicher, was im Versuch zur Folge hatte, daß das gesamte Blatt verzehrt wurde, während das Laub älterer Eichen auf gewachsenen Bodenstandorten härter war und meist nur skelettiert wurde.

An den angepflanzten Stiel- und Roteichen wuchsen die Goldafterlarven besonders im ersten Versuchsdurchgang schneller heran und erreichten insgesamt höhere Endgewichte als an älteren Bäumen auf natürlichen Bodenstandorten (Abb. 3). Die höchsten Wachstumsraten wurden bei Roteichen gemessen, die naturgemäß noch später als Stieleichen austreiben. An Eichen, die hoher Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, wuchsen die Larven des Goldafters generell besser heran als an Bäumen, die im Schatten oder Halbschatten standen.

An Weißdorn waren die Wachstumsraten der Larven im ersten Versuchsdurchgang zwar gering, wuchsen aber auch hier an Pflanzen mit hohem Lichtgenuß etwas

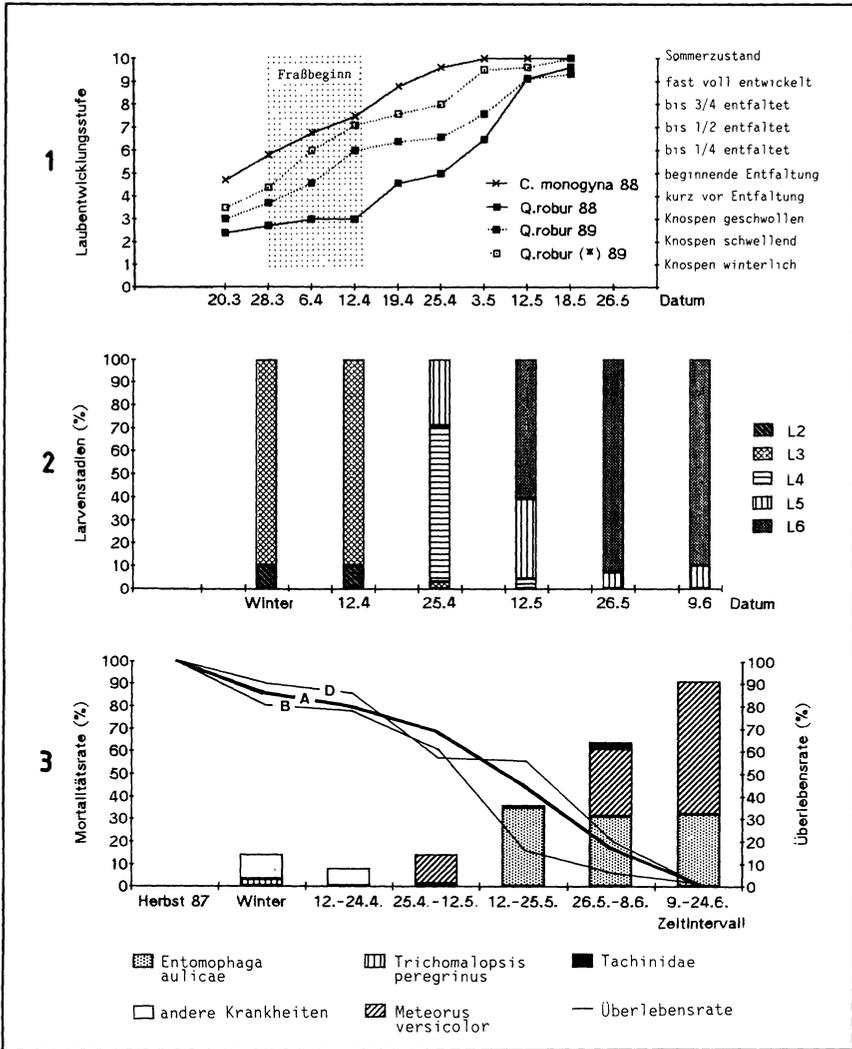


Abb. 2: Zeitliche Abfolge von Laubentfaltung (1), Larvalentwicklung (2) und Mortalitätsraten innerhalb der angegebenen Zeitintervalle in Testgebiet A und daraus errechnete Überlebensraten von Goldaflerlarven 1988 (3). *Q. robur* (*) 89: alte Stieleichen auf natürlichen Bodenstandorten, alle anderen Pflanzen stocken auf künstlich entstandenen Bodenstandorten.

schneller heran als im Schatten (Abb. 3). Im zweiten Versuchsdurchgang waren die Wachstumsraten insgesamt höher, am höchsten aber im Halbschatten. Unterschiede hinsichtlich der Bodenstandorte waren nicht erkennbar.

Die Tiere erreichten in keinem Versuch das durchschnittliche Endgewicht von an Stieleichen freilebenden Tieren von ca. 240 mg.

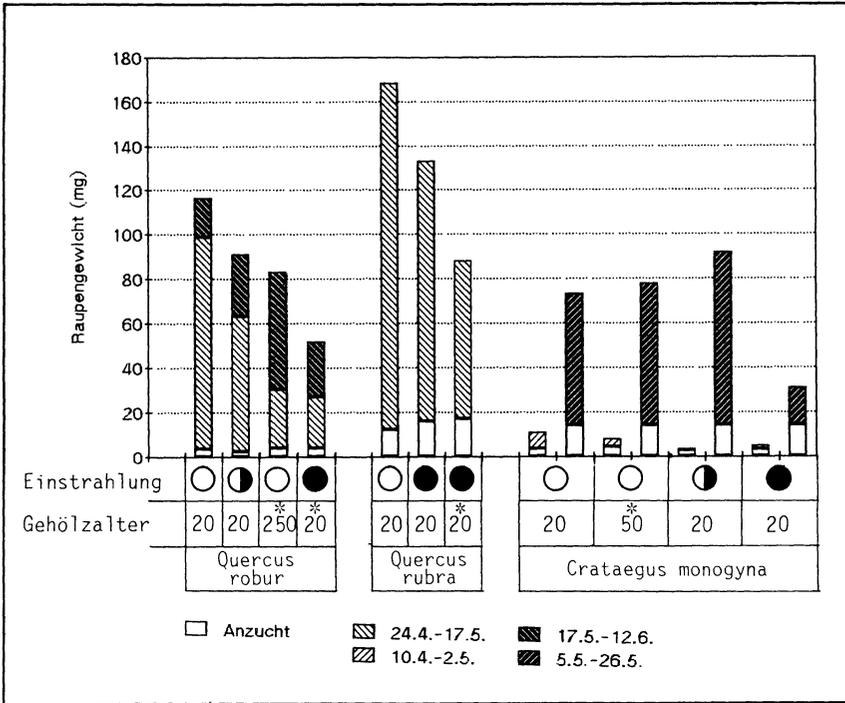


Abb. 3: Gewichtszunahme von Goldaferlarven, die in den angegebenen Zeitintervallen an Gehölzen mit unterschiedlicher Sonneneinstrahlung ausgesetzt wurden.
 *: Gehölze auf natürlichen Bodenstandorten, alle anderen Pflanzen stocken auf künstlich entstandenen Bodenstandorten.

Parasitoide und Krankheiten

Als Parasitoide des Goldafters traten folgende Arten auf:

Hymenoptera, Braconidae: *Meteorus versicolor* Wesmael, *Apanteles lacteicolor* Viereck; Hymenoptera, Chalcidoidea: *Trichomalopsis peregrinus* Graham, *Monodontomerus aereus* Walker; Hymenoptera, Ichneumonidae: *Phobocampe disparis* Viereck; Diptera, Tachinidae: *Blondelia nigripes* Fallen, *Compsilura concinnata* Meigen, *Zenillia libatrix* Panzer, *Pales pavida* Meigen, *Townsendiellomyia nidicola* Townsend, *Carcelia laxifrons* Villeneuve, *Phorocera* spec.

Die häufigsten Mortalitätsfaktoren überwinternder Goldaferlarven waren 1987/88 entomophage Pilze (*Paecilomyces* spec.) und *Trichomalopsis peregrinus*, deren Larven ektoparasitisch leben (Tab. 4). Zusammengenommen bewirkten beide Faktoren Mortalitätsraten zwischen 9 % (D) und 19 % (B). Verpilzungen traten besonders in Gebieten mit hoher Wirtsdichte (A, B) auf. *T. peregrinus* war in Gebieten mit geringerer Wirtsdichte (C, D, E) häufiger. In Winterestern ohne Verpilzungen wurden durchschnittlich etwa 20 % mehr tote Goldaferlarven als *T. peregrinus*-Larven gefunden. – Die Parasitenlarven verpuppten sich Mitte bis Ende März in den

Tab. 4: Mortalität und Parasitierung von Goldafterlarven in Winternestern.

Ort	Jahr	Anzahl Raupen je WN	verpilzt (%)	<i>Trichomalopsis peregrinus</i> (%)	Eingetretene Mortalität (%)
A	87/88	180	11,6	1,4	13,8
	88/89	132	10,1	10,2	47,3
B	87/88	224	15,3	1,7	18,9
	88/89*	96	0	6	6
C	87/88	105	1,4	6,3	8,6
	88/89	106	33,6	24,1	65,6
D	87/88	138	2,3	7,0	9,8
	88/89	123	12,5	13,5	29,0
E	87/88	113	5,9	12,1	17,1
	88/89*	87	?	55,2	83,3

Fortsetzung

Ort	Jahr	Endoparasiten (%)			Erwartete Gesamtmort. (%)
		<i>Meteorus versicolor</i>	<i>Apanteles lacteicolor</i>	Tachinidae	
A	87/88	12	0	2	27,8
	88/89	11	3	0	61,3
B	87/88	18	2	0	38,9
	88/89*	-	-	-	6
C	87/88	12	0	0	20,6
	88/89	10	4	0	79,6
D	87/88	14	2	0	25,8
	88/89	8	3	0	40,0
E	87/88	7	0	0	24,1
	88/89*	-	-	-	83,3

*: N=2

Raupennestern. Die Imagines erschienen von Mitte April bis Anfang Mai und saßen manchmal mehrere Tage außen an den Winternestern. Goldafterlarven wurden allerdings erst wieder in der neuen Generation ab August von *T. peregrinus* befallen.

Im Winter 1988/89 stiegen die Mortalitätsraten überwinternder Raupen auf ein Mehrfaches gegenüber dem Vorjahr an. Verpilzungen waren in Gebiet C, dem Ort mit der zu diesem Zeitpunkt höchsten Wirtsdichte, besonders häufig (Tab. 4). In Gebiet D trat in zwei Raupennestern eine Kernpolyedrose auf. *Trichomalopsis peregrinus* war in allen Gebieten häufiger als im Vorjahr, in Gebiet E erreichte die Art über 55 % Parasitierungsrate.

Apanteles lacteicolor und *Meteorus versicolor* belegen die Raupen ab August als 1. und 2. Larvenstadien und überwintern in ihnen. *A. lacteicolor* tötet den Wirt im Frühjahr im 3. oder frühen 4. Larvenstadium im Winternest, wo man auch die Kokons finden kann. *M. versicolor* tötet den Wirt hingegen im späten 4. Larvenstadium zwischen Ende April und Anfang Mai im Freien.

Bei überwinternden Raupen erreichte *Apanteles lacteicolor* max. 4 % , *Meteorus versicolor* bis 18 % Parasitierungsrate (Tab. 4). Bei beiden Arten traten im Verlauf beider Jahre und

zwischen den einzelnen Probestellen keine hohen Schwankungen in der Parasitierungsrate auf. Bei *M. versicolor* ist dies insofern beachtenswert, als die Art während der Sommergeneration 1988 sehr hohe Parasitierungsraten erreichte (Abb. 4).

Aufgrund der geringen Parasitierungsraten während der Überwinterung waren Super- und Multiparasitierungen bei beiden Arten sehr selten, erfolgreiche Koexistenz wurde aber nachgewiesen. Beispielsweise bohrte sich aus einem 4. Larvenstadium zuerst *A. lacteicolor*, zwei Wochen später *M. versicolor* aus.

Die „Erwartete Gesamt mortalität“ überwinternder Raupen betrug während der Kulminationsphase 1987/88 21%–39%, in der Retrogradationsphase 1988/89 40%–83% (Tab. 4).

1987 wurden 5. u. 6. Larvenstadien nur geringfügig von *Meteorus versicolor* (2. Generation), Raupenfliegen (*Pales pavidus*) und Erzwespen (*Monodontomerus aereus*) parasitiert. Außerdem trat eine nicht näher bestimmte Raupenkrankheit auf (Abb. 4).

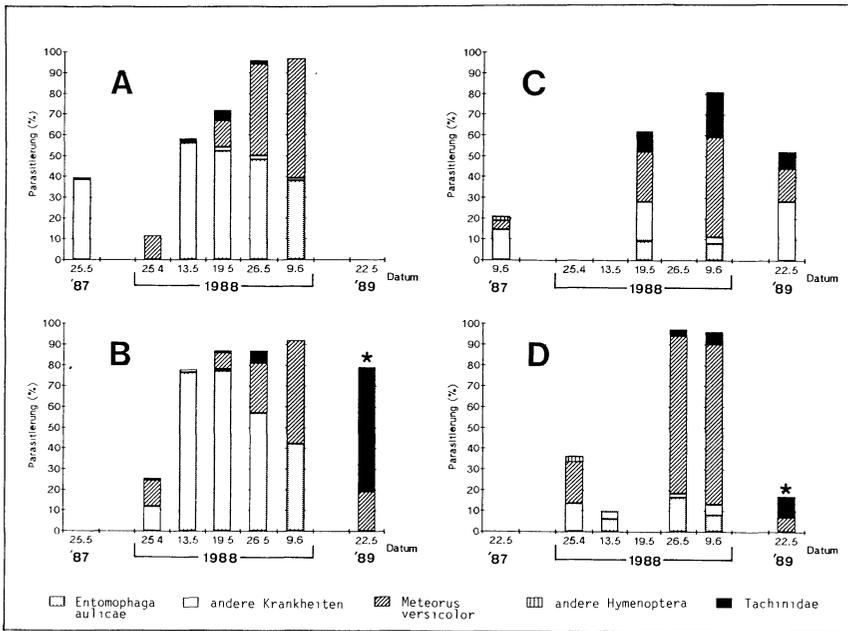


Abb. 4: Mortalität gezüchteter Goldafterlarven durch Parasitoide und Krankheiten.
*: künstlich ausgesetzte Populationen.

1988 trat am 25.4. neben den in den Raupen überwinternden Arten *Meteorus versicolor* und *Apanteles lacteicolor* vereinzelt *Phobocampe disparis* auf, die im Untersuchungsgebiet auch den Schwammspinner parasitiert (Abb. 4). Bis zum 13.5. traten so gut wie keine neuen Parasitoide auf, doch starben 5. u. 6. Larvenstadien nun massenweise an Verpilzungen durch *Entomophaga aulicae* Reich. Die Krankheit trat schlagartig im gesamten Gebiet auf, wobei die Intensität in Gebiet B höher war

als in den Gebieten A, C oder D (Abb. 4). Es herrschte zu dieser Zeit warmes und gewitterreiches Wetter.

Ab Mitte Mai wurden die noch überlebenden Raupen sehr stark von *Meteorus versicolor* (2. Generation) parasitiert, die Art verursachte Mortalitätsraten bis 77 % (Abb. 4). In 20 % der Fälle trat Multiparasitierung auf. Sofern mehrere Parasitoide in der Leibeshöhle vorkamen, waren diese fast immer bis auf ein Individuum verstümmelt. Pro Wirt entwickelte sich daher nur eine Larve. Die Parasitoide bohrten sich nach einer Entwicklungszeit von durchschnittlich 12–14 Tagen in der ersten und zweiten Junidekade aus 5. u. 6. Larvenstadien aus. Die Imagines erschienen in der zweiten und dritten Junidekade, vereinzelt bis in die erste Julidekade ohne jedoch weitere Goldaferlarven vorzufinden (Abb. 2). *Meteorus versicolor* parasitierte im Untersuchungsgebiet außerdem auch Raupen des Schwammspinners und des Eichenprozessionsspinner.

Trotz hohen Verpilzungsdrucks und vergleichsweise schnellerer Entwicklungsgeschwindigkeit von *Entomophaga aulicae* tötete *Meteorus versicolor* am 26. 5. in den Gebieten A und B zusammen 37 % der Raupen, obwohl man im Falle einer Unabhängigkeit beider Mortalitätsfaktoren weniger als die Hälfte der bei der Sektion festgestellten 46 %-igen Parasitierungsrate erwartet hätte (Tab. 5). Auch nachdem sich *M. versicolor* aus den Raupen ausgebohrt hatte, sind diese Tiere nie verpilzt, obwohl sie danach meist noch einige Tage weiter lebten.

Tab. 5: Mortalitäts- und Parasitierungsraten von Goldaferlarven aus den Gebieten A und B durch *Meteorus versicolor* bei gleichzeitig hohem Infektionsdruck durch *Entomophaga aulicae* sowie Zeitraum bis zum Eintritt 50%-iger Mortalität durch das jeweilige Agens.

Datum	Methode	N=	<i>Meteorus versicolor</i> (%)	<i>Entomophaga aulicae</i> (%)	---- 50 % Mortalität ----	
					<i>M. versicolor</i> Anz. Tage	<i>E. aulicae</i> Anz. Tage
13. 5.	Sektion	50	0	-		
	Zucht	267	0	67	-	7
26. 5.	Sektion	50	46	-		
	Zucht	155	37	51	16	7

Raupenfliegen spielten als Parasitoide 1988 nur eine nebensächliche Rolle (Abb. 4). Bei der Sektion von Raupen waren am 12. 5. keine und am 26. 5. nur in Gebiet D 12 % von Tachinen befallen. Die Tachinenlarven bohrten sich von Ende Mai bis Anfang Juli aus 6. Larvenstadien und Puppen aus. Von den insgesamt 7 Arten war *Blondelia nigripes* in beiden Jahren am häufigsten (Abb. 5).

Im Juni 1988 durchgeführte Puppensammlungen erbrachten zumeist nur verpilzte Raupen, in Gebiet C überwogen Raupenfliegen. Die Überlebensrate der Wirte lag unter 4 % (Tab. 6).

Im Sommer 1989 gab es bei natürlichen und künstlich ausgesetzten Populationen sehr unterschiedliche Parasitierungsraten durch Raupenfliegen (hauptsächlich *Blondelia nigripes*) und *Meteorus versicolor* (Abb. 4).

Im gesamten Untersuchungszeitraum hatte *Townsendiellomyia nidicola* ihren Schwerpunkt in Gebiet A, *Phorocera spec.* in Gebiet C, *Compsilura concinnata* in Gebiet D und *Blondelia nigripes* in den Gebieten B und C. *Carcelia laxifrons*, *Zenillia libatrix* und *Pales pavidus* kamen verstreut in fast allen Gebieten vor.

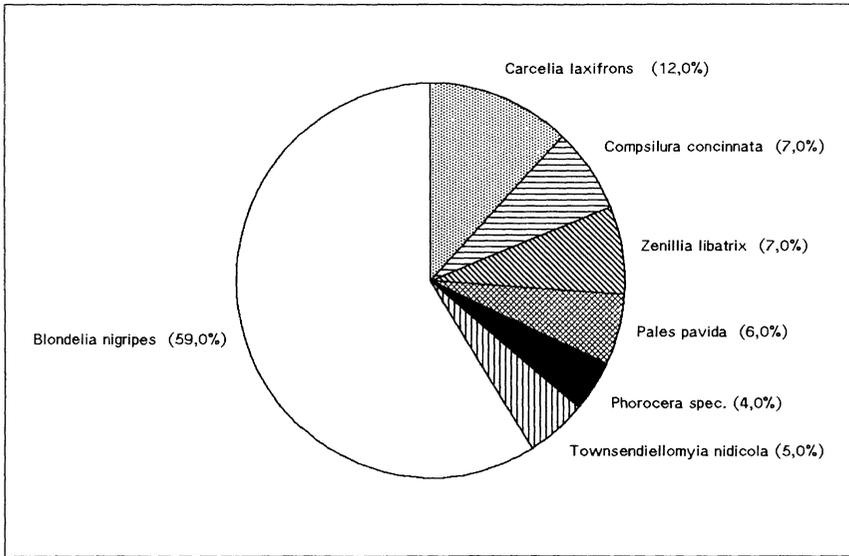


Abb. 5: Mengenanteile der von 1987-89 aus Goldafterlarven gezogenen Raupenfliegen (N = 85).

Tab.6: Mortalität von Goldafterlarven und -Puppen aus Verpuppungsnestern 1988.

Datum	Anzahl	davon Puppen (%)	----- Mortalität (%) durch ----- <i>Entomophaga aulicae</i> <i>Meteorus versicolor</i> Tachinidae	Gesamt
A 23.6.	81	19	88 0 9	96
B 10.6.	158	6	98 0 0	98
C 22.6.	34	6	38 18 41	97

Hyperparasitoide

Es wurden folgende Hyperparasitoide von *E. chrysorrhoea* gefunden:

ex *Meteorus versicolor*: *Gelis arreator* Panzer (Hym., Ichneumonidae), *Gelis* spec. (Hym., Ichneumonidae), *Bathythrix lamina* Thompson (Hym., Ichneumonidae), *Monodontomerus aereus* Walker (Hym., Chalcidoidea), *Trichomalopsis peregrinus* Graham (Hym., Chalcidoidea), *Eurytoma* spec. (Hym., Chalcidoidea), *Pteromalus* spec. (Hym., Chalcidoidea). ex *Apanteles lacticolor*: *Elasmus albipennis* Thompson (Hym., Chalcidoidea), *Monodontomerus aereus* Walker (Hym., Chalcidoidea). ex Tachinidae (*Compilura concinnata*, *Townsendiellomyia nidicola*): *Monodontomerus aereus* Walker.

Kokons von *Meteorus versicolor* waren 1987 im Freiland stark parasitiert (Tab. 7). Auch 1988 gab es in der ersten Generation eine starke Parasitierung, in der zweiten Generation fiel sie hingegen schwächer aus. Der häufigste Hyperparasitoid war *Gelis arreator*. *Meteorus versicolor* diente außerdem als Nebenwirt für *Trichomalopsis pere-*

grinus. Die *Trichomalopsis peregrinus*-Imagines schlüpfen in der zweiten Junidekade aus den Kokons des Wirtes.

Apanteles lacticolor aus Gebiet C wurde 1987 zu 88 % von *Elasmus albipennis* und zu 12 % von *Monodontomerus aereus* parasitiert.

Der Gregärparasitoid *Monodontomerus aereus* wurde sowohl aus Puppen des Goldafters, als auch aus mehreren primären Parasitoidenarten gezogen und hatte somit das größte Wirtsspektrum, sein quantitativer Einfluß blieb allerdings gering.

Tab. 7: Parasitierung von *Meteorus versicolor*.

	1987 1. Gen N=11	1988 1. Gen N=103	1988 2. Gen N= 26
<i>Gelis arreator</i>	73 %	20 %	27 %
<i>Gelis spec.</i>	0 %	5 %	0 %
<i>Monodontomerus aereus</i>	0 %	14 %	0 %
<i>Pteromalus spec.</i>	18 %	0 %	0 %
<i>Trichomalopsis peregrinus</i>	0 %	7 %	0 %
<i>Erytoma spec.</i>	0 %	2 %	0 %
<i>Bathythrix lamina</i>	0 %	1 %	0 %
Parasitierung insgesamt	91 %	49 %	27 %

Vögel

Kohlmeisen (*Parus major*) wurden häufig beim Erbeuten von Raupen beobachtet. Sie fütterten mit ihnen auch Jungvögel. Die Tiere schlugen die erbeuteten Larven mehrmals an Zweige oder Äste, um die Haare zu entfernen. Eindrucksvoll waren Ende Mai 1988 in Gebiet D gemachte Beobachtungen: Unter einem kleinen Eichenbaum, der in kurzen Abständen von einem Kohlmeisenpaar angefliegen wurde und an dem schätzungsweise 250 Raupen lebten, lagen im Verlauf mehrerer Tage täglich zwei Dutzend frisch getötete Raupen, bei denen Kopf und Abdomen abgepickt und der Darm herausgezogen und gefressen worden war. Einige Raupen waren auch ventral aufgepickt. Ähnliches wurde im Verlauf der kommenden Tage auch an benachbarten Orten beobachtet.

Die im Mai 1989 durchgeführten Expositionsversuche erbrachten von Bäumen mit Vogelnetzen wesentlich höhere Rücklaufquoten an Raupen als von Bäumen ohne Netze (Tab. 8). Auch hier wurden Kohlmeisen beim Absuchen der Bäume beobachtet. Beschädigungen der Winterneester durch Vögel gab es hingegen nur vereinzelt.

Tab. 8: Einsammelquote von Goldafter- und Schwammspinnerlarven, die 14 Tage lang auf kleinen Bäumen mit und ohne Vogelnetz ausgesetzt wurden.

Ort	mit Netz			ohne Netz		
	Anzahl Versuche	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> (%)	<i>Lymantria dispar</i> (%)	Anzahl Versuche	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> (%)	<i>Lymantria dispar</i> (%)
W	1	34	34	1	14	11
B	2	62	56	2	7	11
D	-	-	-	2	19	-
Durchschnitt:		47%		12%		

Schäden

Nach zweimalig starkem Blattfraß starben in Gebiet A vereinzelt Weißdornbüsche ab. Etwa 1/4 aller Gehölze zeigte Schwächesymptome wie das Absterben einzelner Äste. Allerdings spielten hier auch ungünstige Bodenstandorte eine Rolle.

Verglichen mit Pflanzen befallsfreier Flächen betrug der Triebgrößenzuwachs im Befallsgebiet bei Weißdorn nur 47 %, bei Stieleichen 50 %. Bei weniger geeigneten Nahrungspflanzen wie Haselnuß zeigten sich keine Unterschiede. Nach dem Neuaustrieb wurde das Laub aller Stieleichen stark vom Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) befallen, ohne daß hierdurch jedoch weitere Schäden entstanden. Bei Vogelkirschen wurde das junge Laub allerdings so stark von Blattläusen befallen, daß vereinzelt Bäume abstarben.

Bei einer Apfel- und Birnenkultur nahe Gebiet A verursachten zugewanderte Raupen starken Fraß an Blüten und unreifen Früchten, was zum Ausfall der Ernte führte.

Diskussion

Der Goldafter neigt vor allem in Eichenwäldern Süd- und Osteuropas in periodischen Abständen zu Massenvermehrungen. Hingegen ist die Art in Mitteleuropa vor allem ein Bewohner von Hecken und tritt in Wäldern nur selten massenweise auf (SKATULLA & SCHWENKE 1978). Die letzte große Massenvermehrung des Goldafters überzog in den 50er Jahren große Teile Europas. Damals gab es auch in Südbaden mehrere Herde (TEMPLIN 1957). Die Häufung der Ausbrüche entlang von Autobahnen innerhalb der letzten Jahre zeigt, daß hier bestimmte Standortfaktoren die Vermehrung der Art außerhalb ihrer Optimalgebiete begünstigen müssen. Es ist durchaus möglich, daß Goldafterraupen auch durch den Fernverkehr aus südlichen Ländern eingeschleppt wurden.

Der Einfluß von Nahrungspflanzen und Standort

Eichen und Weißdorn gelten allgemein als die wichtigsten Nahrungspflanzen des Goldafters (SKATULLA & SCHWENKE 1978). Nach den hier durchgeführten Expositionsversuchen verbessert hohe Sonneneinstrahlung die Nahrungsqualität des Futterlaubes. Zusammen mit einer direkten Einwirkung von Wärme auf die Larven ermöglicht dies ein zügigeres Wachstum, höhere Larvalgewichte und somit auch höhere Eizahlen (VAN DER LINDE 1968). Durch den verzögerten Austrieb der Eichen, der auf Bodenverdichtung und teilweise Staunässe zurückgeführt wird, blieb das Laub länger weich und besser verzehrbar, was die Entwicklung der Larven ebenfalls begünstigte. Möglicherweise spielt auch eine hohe Nährstoffmineralisierung eine Rolle, wie sie für viele künstliche Bodenstandorte typisch ist (MÜLLER 1991).

Erfahrungsgemäß werden nämlich Eichen auf fetten Bodenstandorten eher von Massenvermehrungen betroffen als auf Mageren. Ihr Laub enthält weniger fraßhemmendes Lignin und verdauungshemmende Gerbstoffe (REMMERT 1987). Wasserstreß von Eichen, hier durch Verdichtung und Streusalzbelastung der Böden, hohe Sonneneinstrahlung und Wind hervorgerufen, kann das Wachstum von

Goldafterraupen ebenfalls fördern (PATOČKA 1973). Nicht zuletzt können auch vom Straßenverkehr ausgehende Immissionen Massenvermehrungen verschiedener Insektenarten fördern (BRAUN et al. 1981, PORT & THOMPSON 1980).

Daß während der Kulmination die Goldafterraupen wesentlich mehr Pflanzenarten fraßen als in der Retrogradation, kann dadurch bedingt sein, daß die Eignung einiger Nahrungspflanzenarten im Verlauf der Gradation abnahm. Darauf weisen die Abwanderungen der Raupen von Hartriegel oder Feldulme oder das Absterben ganzer Winternestgemeinschaften an Winterlinde oder Faulbaum hin. Hierbei dürfte es sich um fraßinduzierte Resistenzen handeln (HOWE & WESTLEY 1988).

Im umgekehrten Fall können Massenvermehrungen des Goldafters durch zunehmende Nahrungsqualität bestimmter Pflanzenarten gefördert werden (VAN DER LINDE 1968, VOUTE & VAN DER LINDE 1963). Da in neuen Heckenanpflanzungen anfangs nur wenig phyllophage Insekten leben, sinkt wahrscheinlich auch die fraßinduzierte Resistenz der Pflanzen in Laufe der Zeit, so daß für Insekten wie den Goldafter günstige Vermehrungsbedingungen entstehen.

Indem viele geeignete Nahrungspflanzen an extreme Standorte gepflanzt wurden, entstand für den Massenbefall eine günstige Ausgangssituation. Im Verlauf der Gradation traten bei Pflanzen fraßinduzierte Resistenzen auf, wodurch der Zusammenbruch der Gradation eingeleitet wurde. Im Wechselspiel dieser Kräfte dürfte ein Grund für die Periodizität des Massenwechsels von *E. chrysothoea* generell liegen.

Das steppenartige Kleinklima, das an Straßen oft herrscht (KLAUSNITZER 1987), schafft generell günstige Bedingungen für den Goldafter. Auch großräumig hängen Goldaftergradationen oft von Klimafaktoren ab. Beispielsweise wurde die große Goldaftermassenvermehrung der 50er Jahre durch eine vorübergehende Kontinentalfärbung des Klimas gefördert (KRUEL 1957).

Parasitoide und Krankheiten

Trichomalopsis peregrinus wurde bisher nur als Parasitoid bzw. Hyperparasitoid von *E. chrysothoea* und *Stilpnotia salicis* L. (Lep. Lymantriidae) nachgewiesen (PROPER 1931). Die Spezies war nach *Meteorus versicolor* der zweithäufigste Parasitoid und tötete besonders in der Retrogradationsphase und in Gebieten mit geringerer Wirtsdichte einen größeren Anteil der Wirte im Winternest. Die Art kann bereits im Spätsommer und Herbst ein bis zwei Generationen auf jungen Raupen durchlaufen (PROPER 1931), wodurch sich die um 20 % höhere Zahl toter Wirte gegenüber *Trichomalopsis peregrinus* im Winternest erklärt. Im Frühjahr wechselte die Art hier auf primäre Parasitoide über, wo sie bis zu zwei Generationen durchlaufen kann. Die Art kann sich jedoch auch ausschließlich auf dem Goldafter vermehren, da die Weibchen mehrere Monate lang leben (PROPER 1931). Da Goldafterpopulationen in der Latenzphase sehr ortstreu sind, kann die Art auch an Orten mit geringerer Wirtsdichte (E) oder an isolierten Standorten (C) existieren.

Verpilzungen durch *Paecilomyces*-Arten waren in Winternestern während der Retrogradation und an Orten mit hoher Wirtsdichte zwar sehr häufig, führten jedoch nicht zum Zusammenbruch der Population. Hohe Verpilzungsraten bei gleichzeitig hohen Parasitierungsraten durch *Trichomalopsis peregrinus* können

durch Verletzungen des Integuments beim Anbohren des Wirtes verursacht worden sein, da hierdurch das Eindringen der Pilzsporen in den Wirt erleichtert wird (MÜLLER-KÖGLER 1965). Allerdings kann ein Teil der Verpilzungen auch saprophytisch sein. – Der für das Ende der Gradation ausschlaggebende Pilz *Entomophaga aulicae* trat 1988 im Solitärstadium der Raupen auf. *E. aulicae* ist ein verbreiteter Gegenspieler des Goldafters (SKATULLA & SCHWENKE 1978). In Winternestern wurde *E. aulicae* allerdings nicht nachgewiesen, obwohl die Pilze dort sonst vorkommen können (SAMSON et al. 1988).

Da die Pilzsporen dieser Art gegen Austrocknung sehr empfindlich sind (ZIMMERMANN 1980), muß der trotz Isolation und Trockenheit der Standorte flächendeckende Ausbruch der Krankheit hervorgehoben werden. Wie sehr Umweltfaktoren hier eine Rolle spielen, zeigt die Abhängigkeit der Verpilzungsrate von der Gehölzdichte, außerdem wurde der Ausbruch der Epidemie durch das warme regenreiche Wetter begünstigt. Da die Krankheit gleichzeitig mit der Verschlechterung der Ernährungslage der Raupen ausbrach, kann sie auch durch eine geschwächte Wirtskonstitution begünstigt worden sein.

Mit über 70 % Parasitierungsrate war *Meteorus versicolor* der häufigste Parasitoid im Frühjahr 1988. So hohe Parasitierungsraten sind für einen polyxenen Parasitoiden ungewöhnlich (vergl. SKATULLA & SCHWENKE 1978, TEMPLIN 1957). Der Grund liegt darin, daß im Zeitraum vor der Wirtsbelegung bereits ein Teil der Wirte an Verpilzungen zugrunde gegangen war, wodurch sich das Verhältnis eiablagereifer *Meteorus versicolor*-Weibchen zuungunsten der noch lebenden Wirte erhöhte. Auch starke Hyperparasitierung konnte den Aufbau dieser hohen Parasitenpopulation nicht verhindern.

Da die Imagines der 2. Generation von Mitte bis Ende Juni bereits außerhalb der Larvalzeit des Goldafters schlüpften, mußten sie zwischenzeitlich auf Nebenwirte ausweichen, um die erst ab August auftretende neue Goldaftergeneration belegen zu können. Obwohl eine ganze Reihe von Nebenwirten bekannt ist (HERTING 1976, SCHWERTFEGER 1981), muß aber hierin ein Mangel bestanden haben, denn *Meteorus versicolor* erreichte im Winter 1988/89 trotz abnehmender Wirtsdichte kaum höhere Parasitierungsraten als im Jahr zuvor. Die im Gebiet häufiger vorkommenden Raupen des Schwammspinners und des Eichenprozessionsspinners befinden sich von Anfang Mai bis Ende Juni im Larvenstadium und kommen zur Überbrückung dieser Zeitspanne daher nicht in Frage.

Trotz des hohen Infektionsdruckes durch *Entomophaga aulicae* konnten sich verhältnismäßig viele *Meteorus versicolor* im Wirt entwickeln. Hier fand vermutlich eine Unterdrückung des Pilzes durch den Parasitoiden statt (vergl. MÜLLER-KÖGLER 1965).

Von geringer Bedeutung war die polyxene Art *Apanteles lacteicolor*, obwohl sie bei anderen Gradationen sonst häufiger ist (MUESEBECK 1918, MARSH 1979). Hier kann die sehr hohe Hyperparasitierung 1987 oder ein Mangel an Nebenwirten ausschlaggebend gewesen sein, da die Art nur eine Generation auf dem Goldafter zu bringt.

Raupenfliegen spielten hier im Gegensatz zu anderen Untersuchungen nur eine untergeordnete Rolle (vergl. SKATULLA & SCHWENKE 1978, TEMPLIN 1957). Da auch bei der Sektion nur wenige Tachinen gefunden wurden, war dies keine Folge interspezifischer Konkurrenz.

Unter den Tachinen dominierten polyxene Arten, wobei das Artenspektrum je nach Probestfläche eher zufällig variierte. Ähnliche Phänomene sind auch von

anderen kleinflächigen Gradationsstandorten bekannt (CURRADO et al. 1988, WYATT & STERLING 1988) und sind eine Folge kleinräumiger und isolierter Biotope.

Unter den polyxenen Tachinen war *Blondelia nigripes* am häufigsten. Die Art bevorzugt normalerweise unbehaarte Raupen (HERTING 1960). *Compsilura concinnata* war seltener, obwohl sie den größten Wirtskreis besitzt und haarige Raupen bevorzugt. Wie *Zenillia libatrix* und *Pales pavidata* überwintern beide Arten zwar in Raupen (HERTING 1960), wurden aber nicht in überwinternden Goldafterraupen gefunden. Sie brachten daher nur eine Generation auf dem Goldafter zu. Von *Compsilura concinnata* liegen Beobachtungen vor, daß junge Goldafterraupen im Falle der Parasitierung vorzeitig zugrunde gehen (HERTING 1960). Deshalb müssen alle vier Arten im Jahresverlauf auf andere Lepidopterenarten überwechseln, die sich im Falle einer Massenvermehrung aber relativ zum Hauptwirt im Minimum befinden und daher dichtebegrenzend wirken. Der Artenreichtum des Lebensraumes hat deshalb auch in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung.

Bei den monoxenen Tachinen *Townsendiellomyia nidicola* und *Carcelia laxifrons*, liegt die Ursache für ihr nur verstreutes Vorkommen darin, daß sie ihre Populationen nur in der Folge des Goldafters aufbauen können. Hohe Parasitierungsraten durch monoxene Tachinen, wie sie beispielsweise beim Schwammspinner in den Wäldern des Oberrheintals vorkommen (MAIER 1990, 1993), sind nur auf der Grundlage einer räumlichen und zeitlichen Kontinuität des Wirtes möglich. Diese Voraussetzungen waren hier aber nicht gegeben, weil die Lebensräume klein und voneinander isoliert sind und meist erst vor relativ kurzer Zeit vom Wirt und seinen Parasitoiden besiedelt werden konnten.

Vögel

Kohlmeisen spielten als Räuber in Gebiet D eine wichtige Rolle. Indem sich die Tiere bei der Nahrungssuche auf hohe Raupenvorkommen an jungen Einzelbäumen konzentrierten, erreichten sie für sich einen hohen Nutzeffekt („Concept of profitability“, ROYAMA 1970). Die Expositionsversuche zeigten, daß örtlich konzentrierte Raupenvorkommen gezielt von Vögeln dezimiert werden können. Daß Goldaftergradationen bevorzugt entlang von Autobahnen auftreten, hängt sicher auch mit der vergleichsweise arten- und individuenarmen Vogelwelt dieser Standorte zusammen (ELLENBERG et al. 1981).

Die Antagonisten des Goldafters traten je nach Untersuchungsgebiet in unterschiedlicher Zusammensetzung und Heftigkeit auf. Dies ist eine Folge kleinflächiger, isolierter und heterogener Bestandstypen. Während Goldafterraupen bei niedrigen Dichten ohne weiteres in isolierten kleinen Gehölzinseln überleben können, durch ihre Winternester verhältnismäßig gut gegen ungünstige Einflüsse des Straßenverkehrs geschützt sind und auch gegenüber Umweltgiften wie Pestiziden ziemlich unempfindlich sind (SKATULLA & SCHWENKE 1978), finden die natürlichen Feinde des Goldafters an diesen Standorten schlechtere Existenzbedingungen vor. Parasiten und Räuber benötigen zumeist Nebenwirte oder andere Beutetiere, wodurch sie zum Ortswechsel gezwungen sind. Dies wird an Straßen oft tödlich verlaufen. Im besseren räumlichen Verbund dürfte daher auch ein Grund liegen, weshalb die an das Befallsgebiet angrenzenden Wälder nicht von der Gradation erfaßt wurden.

Gesamtschau

Der Massenwechsel des Goldafters hängt demnach von drei Faktorenkomplexen ab:

1. Hohe Anpassung der Art an den Lebensraum: Kleinklimatische Eignung des Lebensraumes für den Goldafter, relative anspruchslosigkeit der Art hinsichtlich des ungünstigen räumlichen Verbundes, Resistenz gegen extreme Umwelteinflüsse, Polyphagie und hohe Vermehrungsrate.
2. Nahrungsfaktoren: Hohes Angebot günstiger Nahrungspflanzenarten, sowie Bestandstypen und Standortfaktoren, welche die Qualität der Nahrung günstig beeinflussen. Im Gegenzug tritt eine Resistenzbildung der Pflanzen gegenüber dem Raupenfraß auf.
3. Natürliche Feinde: Deren Entfaltung wird durch mangelhaften Verbund der Lebensräume in den Phasen niedriger Goldafterpopulationen und der Progradation behindert. Eine flächendeckende Regulation und somit auch eine Überwindung der ökologischen Isolation findet erst bei hohen Wirtsdichten durch dichteabhängige Mortalitätsfaktoren (*Entomophaga aulicae*) oder polyxene Parasitoide statt, die verhältnismäßig schnell auf ansteigende Populationen reagieren können (*Meteorus versicolor*).

Maßnahmenhinweise

In den Straßenbepflanzungen sind durch den Raupenfraß keine nennenswerten Schäden entstanden, Leit- und Gewässerschutzfunktionen der Gehölze wurden nicht beeinträchtigt. Diese Goldaftergradation war daher kein Pestproblem im traditionellen Sinne (BALTENSWEILER & FISCHLIN 1987). Bekämpfungen wurden deshalb nicht notwendig. Sie wären sogar kontraproduktiv gewesen, weil sie in einem Lebensraum mit mangelhafter ökologischer Vernetzung Arten und Lebensgemeinschaften noch mehr beeinträchtigt und dadurch zur Destabilisierung beigetragen hätten. Beispielsweise wurden bei Goldafterbekämpfungen an Autobahnen auch Vorkommen des sehr seltenen Baumweislings *Aporia crataegi* L. vernichtet (EBERT 1991). Nur im äußersten Notfall sollte man daher im Spätsommer oder Herbst Raupen an den Winterestern mit selektiv wirkenden mikrobiologischen Präparaten behandeln.

Bei künftigen Planungen, Pflanzungen und Pflegemaßnahmen sollte man folgendes berücksichtigen:

1. Man sollte bei der Planung von Trassen darauf achten, den Anteil isolierter kleiner Grünflächen so gering wie möglich zu halten.
2. Großflächige Umgestaltungen der Landschaft sollten vermieden oder abschnittsweise über mehrere Jahre erfolgen, um eine sukzessive Besiedlung der neuen Lebensräume durch Tiere aus angrenzenden Flächen zu ermöglichen.
3. Bei Neuanpflanzungen von Hecken sollte man eine Mindestbreite von 4 m und keine Großhecken, sondern Heckenabschnitte von 15–40 m Länge anstreben (STOTTELE 1989). Schmale Bestände sollten durch Anpflanzen nachträglich verdichtet werden.
4. Generell sollte bei Gehölzpflanzungen ein größerer Abstand zur Straße eingehalten werden, um das jährliche Zurückschneiden zu vermeiden und um verkehrsbedingte Streßwirkungen auf die Pflanzen zu verringern.

5. Isolierte Gehölzbestände sollten möglichst an einen größeren räumlichen Biotopverbund angeschlossen werden.
6. Bei der Auswahl der Gehölzarten sollten die Standortverhältnisse, insbesondere die Bodenfaktoren, berücksichtigt werden. Monokulturen sind zu vermeiden.
7. Bodenverdichtung sollte vermieden werden. Häufig wird sie durch stark tonhaltige Böden begünstigt.
8. Da Eichen auf Streßfaktoren im Wurzelraum sensibel reagieren (Müller 1991), müssen ihre Standorte sorgfältig ausgewählt und aufbereitet werden. Eichen und Weißdorn sind hinsichtlich ihrer Phytophagen sehr wertvolle Gehölze (ZWÖLFER et al. 1981), jedoch sollte man sie nicht auf Mittelstreifen, an isolierte Standorte, in die Besucherzone von Rastplätzen oder zwischen Straße und Obstkulturen pflanzen. Pflanz man sie in Gruppen in 20–30 m Abstand zur Straße, haben auch Vögel bessere Möglichkeiten, daran lebende Raupen zu erbeuten. Im Hinblick auf die Nahrungsqualität sollte man früh austreibende Sorten verwenden.
9. Bei der Pflege von Hecken sollte man auch aus tierökologischen Gründen auf eine reichhaltige Altersklassenmischung achten und Staudensäume von mindestens 1 m Breite entwickeln, die spät oder nur alle zwei Jahre gemäht werden und so beispielsweise als Tachinenweiden dienen können.

Danksagung: Diese Studie ist Teil eines Projektes, das ich dank finanzieller Unterstützung des Regierungspräsidiums und des Gartenamtes der Stadt Freiburg gemeinsam mit Herrn Dipl. Ing. Dieter Halbhuber (Berlin) durchführen konnte. Bei den Mitarbeitern dieser Institutionen möchte ich mich herzlich für das Interesse und die Unterstützung bedanken. Danken möchte ich außerdem den Herren Dr. Hubert Hilpert für die Bestimmung der Ichneumonidae, Dr. Stefan Vidal (Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Universität Hannover) für die Bestimmung der Chalcidoidea, Dipl. Biol. Christof Trzebitzky (FVA Freiburg) und Dr. G. Zimmermann (BBA Darmstadt) für die Bestimmung der entomophagen Pilze.

Schrifttum

- BALTENSWEILER, W. & FISCHLIN, A. (1987): On methods of analyzing eco-systems: Lessons from the analysis of forest insect systems. Ecological studies, Vol. 61. Edited by E.-D. Schulze and H. Zwölfer, Berlin Heidelberg (Springer).
- BRAUN, S., FLÜCKIGER, W. & OERTLI, J. J. (1981): Einfluß einer Autobahn auf den Befall von Weißdorn (*Crataegus monogyna*) mit *Aphis pomi*. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 3, 138–139.
- CURRADO, I., RAVIGLIONE, M., SCARAMOZZINO, P. L. (1988): Indagini sui limitatori naturali di *Euproctis chrysorrhoea* L. in Piemonte (Lepidoptera, Lymantriidae). Atti XV. Congr. naz. ital. Ent., L'Aquila, 981–988.
- EBERT, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Tagfalter Band I, Stuttgart (Ulmer).
- ELLENBERG, H., MÜLLER, K., STOTTELE, T. (1981): Straßen-Ökologie. Syst. Geobotanisches Institut der Universität Göttingen. Broschürenreihe der Deutschen Straßenliga, Ausgabe 3.
- HERTING, B. (1960): Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen Dipt., Tachinidae. Monographien zur angew. Entomologie Nr. 16, 188 S.
- (1976): A catalogue of parasites and predators of terrestrial arthropods. CAB, Commonwealth Institute of Biological Control.

- HOWE, F. & WESTLEY, L. C. (1988): Ecological relationships of plants and animals, S.27-103, New York Oxford (Oxford University Press).
- KLAUSNITZER, B. (1987): Ökologie der Großstadtfaua, Stuttgart New York (Gustav Fischer).
- KRUEL, W. (1957): Bemerkenswertes Auftreten von Waldinsekten unter dem Einfluß klimatisch-meteorologischer Faktoren der letzten 10 Jahre im östlichen Deutschland. Z. angew. Ent. 41, 386-394.
- VAN DER LINDE, R. J. (1968): Der Einfluß der Nahrung auf die Populationsdichte des Goldafters (*Euproctis chrysorrhoea* L.). Z. angew. Ent. 62, 165-201.
- MAIER, K. (1990): Beitrag zur Biologie primärer und sekundärer Parasitoide von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae). J. Appl. Ent. 110, 167-182.
- (1993): Zur Massenvermehrung des Schwammspinners in einheimischen Wäldern. Lebendige Erde 6, 341-348.
- MARSH, P. M. (1979): The Braconid (Hymenoptera) parasites of the Gypsy Moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Ann. Ent. Soc. Am. 72, 794-810.
- MESNIL, L. (1965): Larvaevorinae (Tachininae). In Lindner, E.: Die Fliegen der paläarktischen Region, Teil 64g, Stuttgart, (Schweizerbart).
- MÜLLER, E. (1991): Standortbedingte Baumschäden. Garten und Landschaft 11, 30-34.
- MÜLLER-KÖGLER, E. (1965): Pilzkrankheiten bei Insekten, Berlin und Hamburg (Paul Parey).
- MUESEBECK, C. F. W. (1918): Two important introduced parasites of the brown tail moth. J. agric. res. 5, Vol. XIV, 191-206.
- PATOCKA, J. (1973): Einfluß der Nahrung und des Standortes auf die Mortalität einiger an Eichen schädlichen Lepidopteren. Věstník Československé Společnosti Zoologické, Svazek XXXVII (4), 282-292.
- PORT, G. R. & THOMPSON, J. R. (1980): Outbreaks of insect herbivores on plants along motorways in the United Kingdom. J. appl. ecology 17, 649-656.
- PROPER, A. B. (1931): *Eupteromalus nidulans*, a parasite of the Brown-tail and Satin moths. J. agric. res. 43, 37-56.
- REMMERT, H. (1987): Pflanzen und Pflanzenfresser, der Wettlauf zum Überleben. Verh. Ges. Dt. Naturf. u. Ärzte, 114. Vers. München 1986, Stuttgart (Wiss. Verlagsges.).
- ROYAMA, T. (1970): Factors governing the hunting behavior and selection of food by the Great Tit (*Parus major* L.). J. Anim. Ecol. 39, 619-688.
- SAMSON, R. A., EVANS, H. C. & LATGÉ, J.-P. (1988): Atlas of Entomopathogenic Fungi. Berlin Heidelberg New York (Springer).
- SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. 4. Aufl., Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- SKATULLA, U. & SCHWENKE, W. (1978): *Euproctis* Hbn. In Schwenke: Die Forstschädlinge Europas, S. 368-374. - Hamburg und Berlin (Paul Parey).
- STOTTELE, T. (1989): Straßenbegleitgrün aus ökologischer Sicht. Garten und Landschaft 5, 29-36.
- TEMPLIN, E. (1957): Der Einfluß von Bekämpfungsaktionen auf den Verlauf der letzten Gradation von *Euproctis chrysorrhoea* L. Z. angew. Ent. 41, 425-437.
- VOUTE, A. D. & VAN DER LINDE, R. J. (1963): Die Reihenfolge der Wirtspflanzen beim Massenaufreten von *Euproctis chrysorrhoea* L. Z. angew. Ent. 51, 215-217.
- WYATT, N. P., STERLING, P. H. (1988): Parasites of the Brown-tail moth, *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lep., Lymantriidae) including two Diptera (Tachinidae, Sarcophagidae) new to Britain. Entomol. Mon. Mag. 124 (Sep.-Dec.), 207-213.
- ZIMMERMANN, G. (1980): Pilze als Krankheitserreger bei Insekten und ihr Einsatz in der biologischen Schädlingsbekämpfung. Forum microbiologie 3, 164-172.
- ZWÖLFER, H., BAUER, G. & HEUSINGER, G. (1981): Ökologische Funktionsanalyse von Hecken und Flurgehölzen. Schlußbericht des Lehrstuhls für Tierökologie an das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (München). Universität Bayreuth, 1. November 1981.

(Am 20. August 1992 bei der Schriftleitung eingegangen.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1994-1997

Band/Volume: [NF_16](#)

Autor(en)/Author(s): Maier Klaus-Jürgen

Artikel/Article: [Einflüsse auf den Goldafer \(Euproctis chrysorrhoea L.; Lep., Lymantriidae\) während einer Massenvermehrung \(1994\) 97-116](#)