

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 91	S. 217 - 232	Innsbruck, Nov. 2004
---------------------------------	---------	--------------	----------------------

Radioaktiver Niederschlag als mögliche Ursache für den dramatischen Rückgang von *Eriogaster arbusculae* FREYER 1843 - Populationen in den Zentralalpen (Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae)

von

Alois TRAWÖGER & Peter BRUNNER^{*)}

Radioactive Contamination as a Possible Reason for the Decline of *Eriogaster arbusculae* FREYER 1843 Populations in the Central Alps (Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae)

Synopsis: In the past eight years a severe decrease in the population density of *Eriogaster arbusculae* FREYER 1843 could be observed. The species occurs in the Alps above the timberline in the dwarf shrub zone. The biology and ethology of this species is well known from previous investigations. Considering and comparing parameters like recent climate change, ozone content in the atmosphere, UV radiation, and other environmental pollutants the most probable reason for the decrease in population density seems to be the radioactive contamination with Cesium-137 originating from the Tschernobyl reactor accident in 1986. Measurements carried out between 2001 and 2004 showed not only relatively high contamination values of dwarf shrubs, mosses and the humus layer but also a certain correlation between the local contamination and the decline or even the total extinction of *Eriogaster arbusculae* population. Long term observations indicate that the decline started obviously a few years after the Tschernobyl accident.

1. Einleitung:

Während der letzten 10 Jahre ist bei einigen alpinen Schmetterlingsarten eine stete Abnahme der Populationsdichte festzustellen. Vor allem betrifft es die in der Zwergstrauchstufe, vorwiegend an Vaccinien lebende *Eriogaster arbusculae* (Alpenwollflügel). Bei dieser Art ist die Populationsdichte und das Vor- bzw. „noch“ Vorkommen leicht festzustellen, weil die Raupen früher faustgroße, jetzt großteils nur mehr kleine bis sehr kleine, anfangs fast schneeweiße Gespinste bzw. Nester anfertigen, die selbst aus größerer Entfernung noch gut sichtbar sind. Durch die Besonderheit der Art, dass sie als Puppe mindestens drei Jahre überlebt und der Zeitpunkt der Falterentwicklung auch von den klimatischen Verhältnissen in den Sommermonaten des Vorjahres abhängt, trat die Art in sehr unregel-

^{*)} Anschrift der Verfasser: Alois Trawöger, c/o Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Naturwissenschaftliche Sammlungen, Feldstraße 11a A- 6020 Innsbruck; Univ. Prof. Dr. Peter Brunner, Institut für analytische Chemie und Radiochemie, Universität Innsbruck.

mäßiger Häufigkeit auf. Im Zeitraum von 1953 bis 1989 waren die Nester nur alle 3 bis 6 Jahre auffallend häufiger. Dazwischen waren ebenso unregelmäßig besonders schwache Jahre zu verzeichnen. Diese Erkenntnisse beruhen auf den von 1953 bis 1976 im Arzthal (Tuxer Voralpen) durchgeführten Studien (TRAWÖGER 1977). Nach 1977 wurde nur noch alljährlich eine Bestandsaufnahme der Raupennester durchgeführt. Das letzte stärkere Jahr nach einem vierjährigen Intervall war 1989 und deshalb war frühestens ab 1992 wieder ein stärkeres Jahr zu erwarten. Stattdessen nahmen die Raupennester stetig ab (BRUNNER & BOBLETER 1986), um gegen 2000 fast auf Null abzusinken.

Schon einige Jahre vorher, wenn von radioaktiv belasteten Pilzen und die Warnung vor deren Verzehr die Rede war (BRUNNER & BOBLETER 1986), kam der Gedanke auf, dass der offensichtliche Niedergang einiger Schmetterlingsarten, besonders der von *E. arbusculae*, auf eine nukleare Belastung zurückzuführen sein könnte.

Am Institut für analytische Chemie und Radiochemie der Universität Innsbruck wurden innerhalb von 2½ Jahren insgesamt 170 Humus- und Pflanzenproben aus Nord- und Südtirol, der Lombardei und der Schweiz, auf Cäsium-137 Gehalt untersucht bzw. gemessen. Von diesen Proben stammen 90, allein *E. arbusculae* betreffend, aus 12 Arealen bzw. von ehemals guten Biotopen aus den Tuxer Voralpen, Zillertaler, Stubai und Ötztaler Alpen. Dabei hat sich herausgestellt, dass zwar ein unterschiedlicher doch überall relativ hoher Cäsium-137 Gehalt im Humus und damit auch in den Nahrungspflanzen eingelagert ist. Wie Insekten im Allgemeinen und Schmetterlinge im Besonderen auf eine, wenn auch nur geringe nukleare Belastung auf lange Zeit reagieren, ist noch kaum zu beurteilen.

Über mögliche andere schädliche Ursachen, wie Ozon, UV Strahlung, Luftschadstoffe oder Klimaänderung, die diesen zweifellosen Niedergang der Art verursachen könnten, soll in der Diskussion erörtert werden. Sicher zu sein scheint, dass dieser offensichtlich schädliche Einfluss, welcher Art immer, nicht ausreicht, um direkt zu töten, sondern, dass die Tiere, weibliche Falter und noch stärker die Raupen, ihr Verhalten in einer Art und Weise verändern, dass meist der Großteil der Raupen, besonders im frühen Jugendstadium, zu Grunde geht. Eine derart starke Einbuße, wie sie sich in allen untersuchten Populationen manifestiert und anschließend in diesem Beitrag geschildert und mit Fotografien dokumentiert wird, kann keine Art auf Dauer überleben. In einigen Arealen ist sie bereits so gut wie ausgestorben. Selbst in Gebieten mit schwacher Belastung muss damit gerechnet werden, dass die Art zu einem entsprechend späteren Zeitpunkt auszusterben beginnen wird. Auch an Stellen wo sie bereits unauffindbar ist, hat der Niedergang erst nach etwa 10 Jahren der Tschernobyl Katastrophe fast schlagartig begonnen. Die neue, völlig skurrile pathologische Verhaltensweise lässt den nicht unbegründeten Verdacht aufkommen, dass es sich um einen genetischen Schaden handelt, der durch die Tschernobyl Katastrophe bedingten radioaktiven fall out (Niederschlag in der Nacht vom 30. April zum 1. Mai 1986 und den folgenden 5-6 Tagen) verursacht wurde (HASELWANDTER et al. 1988).

Die kurze nachfolgende Zusammenfassung der Biologie bzw. Ökologie und Ethologie von *E. arbusculae* soll den Unterschied zu den später beschriebenen neuen Verhaltensweisen verständlicher machen.

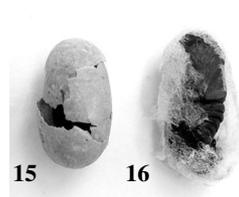
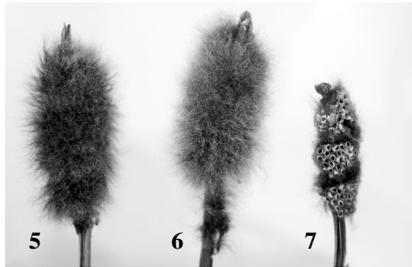
2. Biologie von *Eriogaster arbusculae*:

Die an *E. arbusculae* durchgeführten Studien beziehen sich in der Hauptsache auf folgende Gebiete bzw. Areale: Tuxer Voralpen und Zillertaler Alpen, Stubai- und Ötztaler Alpen. In diesen Gebieten kommt die Art nur auf kristalliner Unterlage vor, Kalk meidet sie. *E. arbusculae* bewohnt die Zwergstrauchstufe von ca. 1700m bis gegen 2500m. Die bevorzugte Hanglage weist eine deutliche nord Komponente (NO-NW) auf. Vor allem sind es Stellen, die nicht zu früh (nicht vor Ende April) schneefrei werden.

Die Schlüpf- bzw. Flugzeit beginnt im Verhältnis zur Höhenlage früh, ab Ende April, Anfang Mai und zieht sich dann bis Ende Juni, Anfang Juli hin, je nach den Witterungsverhältnissen bzw. der Schneeschmelze. Das kommt daher, dass die Falter bereits 3 bis 5 Tage nach dem Abtauen der Schneedecke und dann bei einer Bodenerwärmung von ca. 20° C zu schlüpfen vermögen, was nur am Vormittag geschieht.

Der Paarungsflug beginnt sofort mit Einbruch der Dämmerung und ist von sehr kurzer Dauer. Der Flug der ♂ ist reißend, während die ♀ am Ort des Schlüpfens verharren und durch Pheromone (artspezifische Moleküle) locken. Durch das Geschlechterverhältnis von 4:1 zugunsten der ♂ sind alle ♀ in kürzester Zeit begattet. Die Kopula (Paarung) selbst dauert kaum länger als 5 Min. Sofort nach deren Lösen fliegt das ♀ in der Regel zum nächstgelegenen Schneefeld, um direkt an dessen Rand, nach einer kurzen Rast, mit der Eiablage zu beginnen. Dazu werden Zweige von Vaccinien erwählt, meist die von *Vaccinium myrtillus*, weniger die von *V. uliginosum*, wegen der sich besser anbietenden senkrecht stehenden Zweige. Die Eier werden fast immer nahe der Zweigspitze beginnend (gilt nicht für Ablagen, die an Grünerlen und Weiden erfolgen), in einem breiten spiraligen Band in ca. 2½ Windungen angebracht (Tafel 1 Fig. 5-7). Da die Eier anfangs klebrig sind, bedeckt sich das ganze Gelege mit der sich auflösenden Wolle des Afterbusches, der für die Gattung *Eriogaster* typisch ist. Die Gesamtzahl der Eier eines ♀ beträgt durchschnittlich 250, die in zwei Gelegen, meist in einem Abstand von wenigen Metern abgelegt werden. Das erste Gelege erkennt man daran, dass es abrupt endet (Tafel 1 Fig. 5), während das Zweite in einer nur mehr aus Wolle bestehenden Spirale ausläuft (Tafel 1 Fig. 6). Unterhalb eines solchen Geleges kann man am Morgen des nächsten Tages das tote oder nur noch schwache Lebenszeichen von sich gebende ♀ finden, oder es haftet manchmal noch am Gelege (Tafel 1 Fig. 4). Damit beträgt die aktive Lebenszeit als Falter bei einem ♀, unter normalem Ablauf, keine 24 Stunden und das nach einer Puppenruhe von mindestens 3 Jahren. Die ♂ leben bei täglicher Flugaktivität etwa 6 Tage. Abgekühlt auf ca. 6° C können beide Geschlechter 2 Wochen und länger am Leben bleiben. Auch ein Wettersturz verlängert die Lebensdauer der Falter.

Die Raupen schlüpfen nach 3 bis 4 Wochen gleichzeitig mit dem Austrieb der Blätter. Das Gelege wird noch vor der ersten Nahrungsaufnahme umspinnen. Sind die in unmittelbarer Nähe befindlichen Blätter abgeweidet, werden Fäden zu den kahlen Zweigen gezogen und diese mit eingesponnen, sodass um das Gelege ein Hohlraum bzw. ein Nest entsteht, an dem ständig weiter gearbeitet wird bis es annähernd Faustgröße erreicht. Von diesem Nest aus spinnen sich die Raupen, meist in mehrere Richtungen, Wege zu den



11

12

13

14

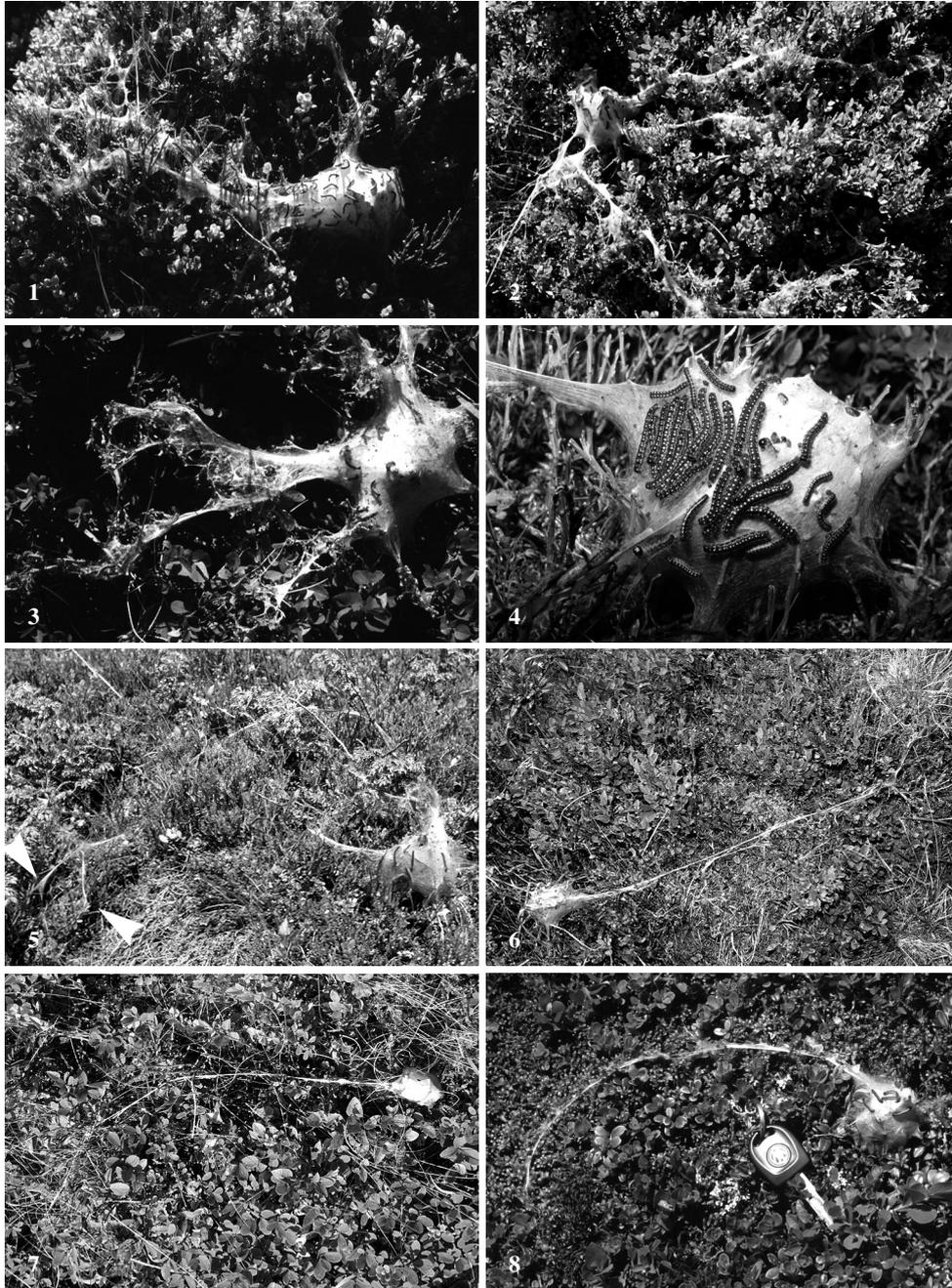
15

16

Fraßstellen, um rasch und sicher ins Nest zurückzufinden. (Tafel 2 Fig. 1-3). In diesem halten sie sich auch die meiste Zeit auf, vor allem während der Nacht und bei Schlechtwetter, aber auch tagsüber bei starker Sonneneinstrahlung. Nur am Morgen versammeln sie sich bei Sonnenschein dicht gedrängt auf dem Nest, um sich aufzuwärmen (Tafel 2 Fig. 4). Nachher zieht sich der Großteil ins Nest zurück, während sich der restliche Teil zu den Fraßstellen begibt. Dieses Verhalten bzw. der Schutz durch das Nest ist für die Raupen, bis zum letzten Häutungsstadium, absolut überlebensnotwendig. Erst unmittelbar vor oder nach der letzten Häutung wandern die Raupen aus, um sich bis zur Verpuppung in Bodennähe aufzuhalten und kommen dann nur zur Nahrungsaufnahme in die oberen Teile der Futterpflanzen. Während dieser Zeit wandert die Raupe immer Hang aufwärts. Der Höhenausgleich erfolgt dadurch, dass die schwerfälligen ♀ meist Hang abwärts fliegen und so die Population in ihrem angestammten Lebensraum verbleibt.

Die Verpuppung bzw. die Anfertigung des Kokons erfolgt an erhöhten möglichst trockenen Stellen zwischen Wurzelwerk, abgestorbenen Pflanzenteilen und Humus. Der tönchenförmige Kokon misst von Pol zu Pol bei den ♂ 14-16mm und bei den ♀ 16-20mm. Am Umfang ist er mit 2 Luftlöchern und an der Kopfseite der darin liegenden Puppe mit einer kreisrunden Sollbruchstelle, die beim Schlüpfen des Falters als Deckel aufbricht, ausgestattet (Tafel. 1 Fig. 13 u.14). Dieses Gebilde ist für den Aufenthalt über viele Jahre konzipiert. Im Freiland schlüpft der Falter fast ausnahmslos erst nach drei Jahren. Die durchschnittliche Puppenruhe liegt bei 5 Jahren, ein 8 jähriges Überliegen ist eher eine Seltenheit. Dieses unterschiedlich lange Überliegen ist individuell und klimaabhängig. Die Puppe braucht eine Reifezeit von mindestens 2 Jahren, um sich irgendwann während der Monate Juli oder August eines entsprechenden Sommers zum fertig entwickelten Falter zu verwandeln (Tafel 1 Fig. 14). Der Falter jedoch schlüpft anschließend nicht, sondern überwintert in diesem Zustand noch einmal, um bereits nur wenige Tage nach dem Abschmelzen der Schneedecke an der jeweiligen Stelle und einer Bodenerwärmung auf etwa 20° C zu schlüpfen. Dieses Verhalten ist nur bei ganz wenigen Arten zu beobachten, so z.B. bei der nächstverwandten, vermutlichen Stammart *E. lanestris*. Dies und der Nestbau sind wahrscheinlich Adaptionen an Verhältnisse wie sie während der letzten Eiszeit in den Randbereichen der vereisten Zonen herrschten (Alpen und Skandinavien).

◀ **Tafel 1:** **1:** Zentraler Teil des Areals Arzthal, zu Beginn der Schlüpf- bzw. Flugzeit von *E. arbusculae*. **2:** Biotop zur Hauptflugzeit. **3:** *Eriogaster arbusculae* ♂. **4:** Bereits totes noch am Gelege haftendes *Eriogaster arbusculae* ♀. **5:** u. **6:** An der Zweigspitze beginnend, abgelegte Eigelege vor der Belastung durch Cs-137. **7:** Von der Afterwolle entblößtes Eigelege. **8-10:** Tiefer bis sehr viel tiefer angebrachte Gelege nach der Bodenbelastung, in ca. 25 % der Fälle auftretend. **11 u. 12:** Kokons von *Eriogaster arbusculae*. **13:** Kokon im Schnitt, mit noch nicht entwickelter Puppe. **14:** In der Puppe der fertig entwickelte Falter der noch einmal überwintert. **15 u. 16:** Durch verminderte Spinnfähigkeit der Raupen entstehen nur noch fragile Kokons.



Tafel 2: 1-3: Raupennester von *Eriogaster arbusculae* aus der Zeit vor Tschernobyl. 4: Raupennest von annähernd normaler Besetzung in einem Lawinenauslauf. 5-8: Völlig abnorme Nester aus den Jahren 2003 und 2004.

Heute befindet sich die Art in einer Refugialsituation. Während des Rückganges der Gletscher ist sie in die der Tundra ähnlichen Zwergstrauchstufe der Alpen und in das Bergland Skandinaviens gefolgt (heutige Gebirge Norwegens und Schwedens).

3. Die veränderten Verhaltensweisen des Falters und der Raupe sowie deren Auswirkungen:

Von Mitte bis Ende der 1990er Jahre war zwar eine stete Abnahme der Raupennester in den beiden am besten untersuchten Arealen, Arzthal und Vennspitzgebiet, zu registrieren. Sonst waren noch keine besonderen Auffälligkeiten zu beobachten.

Mit einem am 23.6.2001 im Oberberggebiet gefundenen, noch nicht geschlüpften Eigelege wurde ein Zuchtversuch unternommen, dessen ungewöhnlich negatives Ergebnis wird, wie auch andere Zuchtversuche, in der anschließenden Diskussion behandelt.

Nach einer mehrstündigen Suche am 27.6.2001 im Vennspitzgebiet, waren nur noch 3 Gelege zu finden. Ein Gelege hat sich als unbefruchtet herausgestellt und das erklärt vieles, denn trotz des Geschlechterverhältnisses von 4 ♂ zu 1 ♀ war offenbar mehrere Tage kein ♂ verfügbar. Ein derartiger Fall wurde von mir in all den Jahren nie beobachtet. Früher flogen innerhalb weniger Minuten oft bis zu 20 ♂ ein ♀ an. Bei den beiden vom selben ♀ stammenden Gelegen waren die Raupen bereits geschlüpft und bei beiden trat die gleiche, vorher ebenfalls noch nie beobachtete Störung auf. Die Raupen hatten das Gelege sofort verlassen, fertigten jedoch in der Folge kein ordentliches Nest an, sondern nur ein wirres, lockeres Gespinst, in dem sich nur noch knapp ein Dutzend Raupen aufhielten (Tafel 3 Fig.1).

Im darauf folgenden Jahr (2002) waren im selben Gebiet und im Arzthal nur noch je 4 mit ähnlichen Mängeln behaftete Nester zu finden. Da dieser Sommer etwas wärmer als die vorhergehenden war, wurden wahrscheinlich die letzten Reserven an Puppen aktiviert, sodass 2003 nach intensiver Suche in den am besten untersuchten Arealen noch insgesamt 75 Nester zu finden waren. Bis auf 2, noch relativ gut angelegte, die in der Diskussion gesondert behandelt werden, waren alle mit meist mehrfachen Mängeln behaftet.

Diese 75 Gelege bzw. Nester stammten von 38 ♀, die in den insgesamt 11 Arealen geschlüpft sind. Selbst bei der Annahme, dass nur die Hälfte der Nester an den abgesuchten Stellen gefunden wurden, bleibt es nur ein Bruchteil des einstigen Bestandes. So konnte man z.B. in einem mittelmäßigen Jahr allein im Arzthal an die 100 Nester beobachten und das ohne spezielle Suche. Das Jahr 1955 war während der gesamten Beobachtungszeit das beste mit geschätzten 200 Gelegen bzw. Nestern. Die Hoffnung, dass der extreme Sommer 2003 nochmals eine größere Anzahl an Puppen zur Entwicklung angeregt hätte, hat sich leider nicht erfüllt, denn 2004 war selbst in den im Vorjahr (2003) besten Arealen, wenig bis nichts mehr zu finden. Wahrscheinlich sind fast alle Reserven, wie befürchtet, bereits aufgebraucht (siehe Begleittext zur Tabelle). BURMANN (1943) berichtet, er habe am Patscherkofel innerhalb von drei Tagen 50 Eigelege gesehen. In den letzten beiden Jahren (2003 und 2004) war trotz intensiver mehrstündiger Suche kein einziges Gelege zu finden, auch nicht die an sich auffälligeren Raupennester.



Tafel 3: 1-5: Die Eigelege befinden sich nicht mehr wie früher im Nest. 6: Um die Nester sind nicht nur die Blätter sondern auch die Stängel abgenagt. 7: Aus dem sehr kleinen Nest sind bereits alle Raupen ausgewandert. 8: Eine einzige allen Geschwistern davon gewachsene Raupe.

Das letzte, 2003 nochmals stärkere Auftreten der Art, ergab glücklicherweise die Gelegenheit das offensichtlich neue, auffällige Verhalten der Falter und Raupen zu dokumentieren. Um einen optimalen Vergleich zwischen den letzten beiden Jahren zu erzielen, wurden die Begehungen auf denselben Routen durchgeführt. Alle gefundenen Fälle (Gelege und Nester) der letzten 4 Jahre wurden durch Farbdiapositive dokumentiert.

Das erste Fehlverhalten geht zu Lasten des weiblichen Falters. Früher begannen die ♀ mit der Eiablage möglichst nahe den Zweigspitzen (Tafel 1 Fig. 5-7). Jetzt beginnt etwa $\frac{1}{4}$ der Falter mit der Eiablage sehr viel tiefer (Tafel 1 Fig. 8-10), oft ganz knapp am Boden und an freistehenden Zweigen, die gar nicht zu den Futterpflanzen gehören. Durch das Fehlen umstehender Zweige sind die Raupen dann nicht in der Lage das Nest fortlaufend zu vergrößern, wodurch es derart klein bleibt, dass nicht einmal 10 halb erwachsene Raupen darin Platz fänden. So sind viele Raupen gezwungen auszuwandern bzw. sie verlaufen sich und sind verloren, denn ohne den Schutz des Nestes sind sie, vor Erreichen des letzten Häutungsstadiums, wie bereits erklärt, nicht überlebensfähig (Tafel 2 Fig. 5-8).

Bei den restlichen etwa $\frac{3}{4}$ der Gelege, die in der üblichen Form abgelegt werden, tritt ein weiteres Fehlverhalten auf, das jedoch die Raupe betrifft. Die mildeste Form ist die, dass die frisch geschlüpften Raupen das Gelege so wie früher zwar einspinnen, das Nest selbst jedoch direkt darunter oder seitlich tiefer anlegen. Das Gelege ragt dann oben in der Mitte oder seitlich aus dem Nest heraus (hauptsächlich im Arzthal beobachtet). In den allermeisten Fällen verlassen die Raupen jedoch das Gelege sofort, und legen dann das Nest in einem Abstand von bis zu 15 cm an (Tafel 3 Fig. 1-6). Dieses Verhalten war während der 50 Jahre allein im Arzthal, sicher an mehr als tausend Nestern bzw. Gelegen nie zu beobachten. Es ist rätselhaft, dass nach einer derartigen kollektiven Migration sich noch genügend der winzig kleinen Raupen zusammenfinden, um ein Nest anlegen zu können. Ganz sicher geht ein gut Teil der Raupen verloren, denn keines dieser Nester erreicht die normale Größe. Es ist also anzunehmen, dass der Nestbau nicht immer gelingt und die Raupen sich völlig verlieren. Das ist wahrscheinlich auch der Grund, dass jetzt sehr oft die Nester nicht mehr paarweise zu finden sind, weil bei einem der beiden Gelege der Nestbau nicht zustande kommt. Es besteht auch der Verdacht, dass die ♀ die Schneeränder zur Eiablage oft nicht mehr aufsuchen und daher die Raupen zu einem Zeitpunkt schlüpfen, wenn die Blätter den frisch geschlüpften Raupen nicht mehr zart genug sind und deshalb vielfach das Gelege verlassen. Das Aufsuchen der Schneeränder macht den Sinn, dass die Entfaltung der Blätter und das Schlüpfen der Raupen unmittelbar nacheinander stattfindet.

Neben dem abgewandelten Muster der Eiablage und der Anfertigung des Nestes fällt weiter auf, dass die Raupen offenbar mit zunehmendem Alter die Fähigkeit des Spinnens verlieren, oder was noch eher der Fall zu sein scheint, überhaupt den Spinnstoff (Seide) erzeugen zu können. Das manifestiert sich daran, dass die Raupen nicht mehr in der Lage sind, breite Wege in mehrere Richtungen zu neuen Futterstellen anzulegen. Deshalb werden häufig um die Nester herum, nicht nur die Blätter, sondern sogar die Stängel um cm abgeweidet. Das wurde vorwiegend im Obernberggebiet beobachtet (Tafel 3 Fig. 6). Von den kleinen am Boden aufsitzenden Nestern führt oft nur ein ganz dünner Strang fast gera-

de aus, vorbei an den an beiden Seiten reichlich vorhandenem Futter zu sinnlosen Entfernungen und dies besonders häufig am Nösslachjoch (Tafel 2 Fig. 5-8). Für die Entwicklung des Falters ist aber vor allem das Vermögen der Raupen Spinnfäden zu produzieren von entscheidender Bedeutung. Die Raupen sind, wenn sie die Verpuppungsreife erlangt haben, gar nicht mehr in der Lage einen Kokon anzufertigen, bestenfalls einen sehr dünnwandigen, der nur in Fragmenten aus dem Substrat (Pflanzenmull), in dem er angelegt wurde, herauszulösen ist, und das nur mehr selten mit einer intakten Puppe als Inhalt (Tafel 1 Fig. 15 u. 16).

4. Mögliche Ursachen für das veränderte Verhalten von *E. arbusculae*:

Es stellt sich nun die berechtigte Frage, was diese für die Art absolut unverträglichen Verhaltensänderungen auslöst. Der mehrfach vermutete Klimawandel kann aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen werden, denn seit der letzten großen Kälteperiode (Eiszeit) war es bereits wärmer als heute (PATZELT 1999). Gegen die These der Klimaerwärmung spricht als weitere Tatsache, dass nach der sogenannten Kleinen Eiszeit (18. Jhd.) es seit etwa 1860 stetig wärmer wurde. Deshalb ist kaum anzunehmen, dass die Art erst seit wenigen Jahren schlagartig auf eine relativ langsame Erwärmung reagieren würde. Außerdem lebt die Art bzw. jede einzelne Population innerhalb einer stark ausgedehnten Höhenstufe von etwa 1700m bis 2500m und das macht einen Temperaturgradienten von ca. 6° C aus. Dazu kommt noch die langgedehnte Schlupfzeit der Falter, wodurch die Raupen im Wachstum in unterschiedliche Zeit- bzw. Klimaabschnitte fallen.

Luftverschmutzung kann in dieser Höhenlage ebenso ausgeschlossen werden. Von der *E. arbusculae* nächstverwandten *E. lanestris*, die ebenfalls Nester anfertigt, konnte sich eine Population seit mindestens Anfang der 1970er Jahre direkt an der Brennerautobahn nahe Innsbruck halten (2003 konnten wieder mehrere Nester an Birken gesichtet werden). An der Ötztaler Bundesstraße kurz vor Ötz konnten ebenfalls 2003, hangseitig 8 und 2004 sogar noch 15 Nester an den Birken festgestellt werden. Es ist bekannt, dass Insekten gegen Gifte relativ resistent sind oder zu einem gewissen Grad immun werden können. Daher müssen Insektizide immer wieder weiter oder neu entwickelt werden.

Die Zunahme der Ultraviolettstrahlung durch die Verdünnung der Ozonschicht in der Stratosphäre könnte ebenfalls in Betracht gezogen werden. Da sie jedoch im Lebensraum von *E. arbusculae* (1700m bis 2500m) immer schon relativ hoch war und die Raupen sich hauptsächlich im Nest aufhalten, ist eine wesentliche Zunahme der Belastung kaum anzunehmen.

E. arbusculae ist als eine sehr schwer zu züchtende Art bekannt, weshalb sie auch nur selten in den Sammlungen vertreten ist. Daher könnte man einwenden, dass die letzten vier Zuchtversuche, so wie die der anderen Entomologen auch, gescheitert sind. Das würde seine Gültigkeit haben wären nicht 80! Exemplare in der Sammlung Trawöger, die aus Zuchten vom Ei an und von klein bis groß eingesammelten Raupen stammen.

Diese Ergebnisse wurden in den 1960er und 1970er Jahren mit folgender Methode

erzielt: Um den Raupen Verhältnisse zu schaffen wie sie in ihren Nestern herrschen, wurde über das eingefrischte und mit den Raupen besetzte Futter (z.B. *Prunus padus*) ein Plastikbeutel gestülpt und zugeschnürt. Bei einer Temperatur von 25 bis 30° C und einer relativen Luftfeuchte von fast 100% fraßen die Raupen förmlich um die Wette. Wichtig war auch ein Tagesgang mit einer Abkühlung während der Nacht. Ausgewachsene Raupen, die unruhig wurden und zu schrumpfen begannen, kamen in eine Zündholzschachtel mit Papierschnitzel, wo sie den Kokon anfertigten und sich verpuppten.

Es stellt sich nun doch die Frage, warum mit dieser Methode nur mehr negative Ergebnisse zu erzielen sind. Die im Jahre 2001 durchgeführte Zucht von einem einzigen, an diesem Tag gefundenen Gelege aus dem Obernberggebiet (Hoher Sattel), verlief anfangs völlig unauffällig. Nach der dritten Häutung jedoch begann von den ca.120 Raupen eine einzige allen anderen auf und davon zu wachsen. Sie erreichte in normaler Zeit die volle Größe, fertigte auch noch einen allerdings sehr dünnwandigen Kokon an, starb jedoch darin noch als Raupe. Alle anderen starben kurz vor oder nach dem letzten Häutungsstadium (Tafel 3 Fig. 8).

Zwei weitere, von 2002 und 2003 mit Gelegen aus dem Arzthal und dem Vennspitzgebiet durchgeführte Zuchten verliefen ebenfalls negativ, wenn auch nicht in einem derart ausgefallenen Rahmen. Die Raupen sind wie früher bei Zuchten recht einheitlich rasch gewachsen. Die meisten erreichten auch die normale Größe, es fertigten jedoch nur wenige und auch diese nur einen sehr dünnwandigen Kokon an, in dem sie wie alle anderen nach und nach starben.

Dazu wäre zu bemerken, dass sich am Wachstum der Raupen selbst anscheinend nichts geändert hat, mit Ausnahme des Zuchtversuches vom Obernberg. Das Sterben beginnt offenbar erst mit dem Eintritt der Verpuppungsreife. Wie bereits erwähnt, schicken sich nur noch wenige Raupen an, einen Kokon anzufertigen, der allerdings sehr dünnwandig ausfällt und in dem sie noch als Raupe sterben (Tafel 1 Fig. 15-16). Diese offenbar während des Wachstums nachlassende Fähigkeit Spinnfäden zu produzieren, manifestiert sich bereits bei der sehr schwachen bis fast fehlenden Ausführung der Wege zu den Futterstellen (Tafel 2 Fig. 5, siehe „Endpunkte der Seidenstraße“).

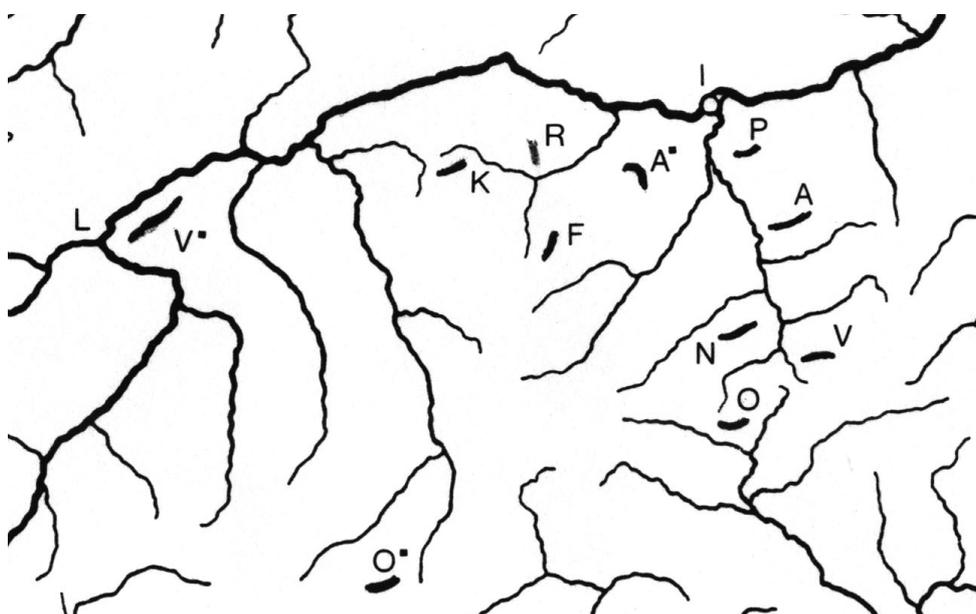
Weitere Hinweise auf eine vermutlich nukleare Belastung (MINACH & BRUNNER 1988, 1990; Umweltbundesamt 2001) als Ursache geben folgende Beobachtungen bzw. Untersuchungsergebnisse. Von Anfang an war auffallend, dass die Anzahl der Nester in den tiefsten bis mittleren Lagen, gerade dort wo sie häufiger als in den hohen Lagen waren, deutlicher zurückging bzw. dass sie an vielen Stellen bereits völlig fehlten. Das wäre damit zu erklären, dass an den Stichtagen 30. April und 1. Mai 1986 in 1700m bis 1800m viel weniger Schnee lag bzw. dass bereits viele, besonders erhöhte Stellen, die zur Verpuppung bevorzugt werden, schneefrei waren, sodass der Niederschlag direkt auf den Boden auftraf, während er in 2000m und darüber noch auf eine dickere Schneedecke fiel und dann bei der Schmelze verdünnt und kanalisiert abgeführt wurde.

5. Belastung durch Cs-137 im untersuchten Gebiet:

Messergebnisse aus dem untersuchten Gebiet deuten auf einen schützenden Effekt der Schneedecke hin. So betragen z.B. die Werte im Obernberggebiet in 1600m, zum Stichtag sicher schneefrei, im Humus 3,08 Bq/g, und in 2000m nur 1,65 Bq/g.

Ein weiterer Fall zeigt einen recht deutlichen Zusammenhang zwischen Belastung und „noch“ Vorkommen der Art. Im Fotschertal (Stubai Alpen), an der Nordflanke und am Rücken des Schellingberges, früher eines der besten Biotope, war 2002 kein einziges Nest mehr zu finden. Im Jahr 2003 waren an einer der tiefsten Stellen zwei vom selben Weibchen stammende Nester in einer noch relativ normalen Größe und noch auffallend gut besetzt (Tafel. 2 Fig. 4). An dieser Stelle läuft alljährlich eine Lawine aus und das bedeutet, dass Anfang Mai noch meterhohe Schneemassen liegen konnten. Das ist wahrscheinlich auch der Grund dafür, dass der Humus an dieser Stelle nur mit 0,81 Bq/g und abgestorbene Pflanzenteile mit 0,63 Bq/g belastet sind. Alle übrigen Proben aus der Umgebung zeigen jedoch für Humus und abgestorbene Pflanzen Werte nicht unter 3,0 Bq/g.

Der gleiche Fall fand sich im Rosskogelgebiet, einem sehr großen Areal. Hier waren nur noch im Bereich von Lawinenausläufen 11 Nester zu finden. Auch an diesen Stellen liegen die Werte von Humus und abgestorbenen Pflanzen deutlich unter 1,0 Bq/g, während sie an Stellen, die Anfang Mai in der Regel bereits schneefrei sind, wie im Fotschertal, über 3,0 Bq/g für Humus und für abgestorbene Pflanzen über 2,0 Bq/g betragen.



Kartenskizze zu den untersuchten Arealen von Innsbruck südwärts bis zum Brenner und westwärts bis Landeck: I = Innsbruck, P = Patscherkofel, A = Arztal, N = Nösslachjoch, V = Vennspitzgebiet, O = Obernberggebiet, A* = Axamer Lizum, F = Fotschertal, R = Rosskogel, K = Kühtai, V* = Venet, O* = Obergurgl.

5.1. Probenvorbereitung:

Für die Herstellung der Proben werden getrennt Humus, abgestorbene Teile von Futterpflanzen, Flechten und Moose in größerer Menge aus der Umgebung einer bestimmten Stelle eingesammelt. Die Aufbereitung selbst erfolgt durch gutes Trocknen und Mischen um einen Mittelwert der jeweils zu beurteilenden Stelle zu erzielen. Humus wird durch Sieben von gröbereren Teilen befreit. Die Pflanzenteile werden ebenfalls durch Sieben von Humus getrennt und gemahlen (homogenisiert), Flechten und Moose ebenso. Die so aufbereiteten Materialien werden zu etwa 30 g in Petrischalen verbracht und zugeklebt der Messung zugeführt.

Table 1: Belastung verschiedener Standorte in Nordtirol (südlich des Inn von Innsbruck bis Landeck) durch Caesium-137. Angegeben sind Messwerte für die Substrate: H = Humus, F = Flechte, M = Moos von 1600-2300m. Die Proben wurden im Zeitraum von 2001 bis 2004 entnommen.

Areal	Höhe/m	Substrat	Cs-137, Bq/g	Datum der Beobachtungen	
Vennspitzg.	1600	H	3,60	7.6.01	3 Gelege, 1 davon unbefruchtet.
	1800	H	1,89	26.6.02	2 Gelege in sehr kleinen Nestern.
	2100	H	0,83	14.6.03	14 Gelege, alle außerh. der Nester.
	2200	H	1,01	30.6.04	Kein Gelege.
Obernbergg.	1600	H	3,08	23.6.01	1 Gelege, Raupen noch nicht geschl.
	2000	H	1,65	12.7.03	5 Gelege gesamt, alle außerh. d. Nester.
	2000	M	4,50	30.8.04	2 Gelege in schwachen Nestern.
Nösslachjoch	1900	H an der Oberfl.	3,10	15.7.03	11 Gelege gesamt, 6 außerh. der Nester.
	1900	H in 5cm Tiefe	1,10	28.7.04	Kein Gelege im vorjährigen Gebiet.
	1900	abgest. Pflanzen	2,20		
	2000	F	8,30	18.9.04	1 Ein weiteres an der S.O. Seite.
Arztal	2100	H	5,32	22.6.02	4 Gelege.
	2300	H	1,53	19.6.03	12 Gelege gesamt, davon 4 nach oben aus dem Nest ragend.
	2000	abgest.Pflanzen	11,20		
	1700	V. myrt. Blätter	0,94	16.7.04	2 Gelege im Nest. Nester sehr klein.
	1700	V. myrt. Zweige	1,30		
	2000	F	7,02		
Patscherkofel	2000	H	2,65	13.5.03	Kein Gelege.
	2000	abgest. Pflanzen	2,54	9.6.04	Kein Gelege.
Axamer Lizum	2000	H	3,06	5.7.02	Kein Gelege
	2000	V. myrt. Blätter	0,85	9.7.03	9 Gelege gesamt, nur 2 im Nest.
	2000	V. uligin. Blätter	0,47	17.7.04	Kein Gelege.
Fotschertal	1600	H	3,87	25.8.02	Kein Gelege.
	1800	H	3,00	6.7.03	2 Gelege bzw. Nester im Lawinenauslauf.
	2100	H	2,58		
	1900	abgest. Pflanzen	3,00	13.9.04	Kein Gelege
	1900	abg. Pfl. u. Law.	0,63		
Rosskogel	2200	H	3,30	10.8.03	11 Gelege gesamt, davon 5 in sehr kl. Nestern, alle im Lawinenauslauf.
	2200	abgest. Pflanzen	1,89		
	2000	abg. Pfl. u. Law.	0,63	20.7.04	Kein Gelege.
Kühtai	2000	H	2,30	29.6.03	4 Gelege außerhalb vom Nest.
	2200	M	5,30	20.7.04	4 Gelege, alle sehr klein.
Obergurgl	2100	H	1,61	30.7.01	4 Gelege im Nest. Nester noch ohne besondere Auffälligkeiten.
	2000	H	2,10		
	2000	M	2,38	1.6.03	2 Gelege noch nicht geschlüpft.
Venet	2200	H	10,40	21.6.03	7 Gelege gesamt, 3 abseits vom Nest.
	2200	F	2,80	9.8.04	1 Gelege im Nest, extrem klein.

5.2. Messung und Auswertung:

Die Messung erfolgt mit einem 100 ccm HPGe (High purity Germanium Halbleiterdetektor) der Firma CANBERRA mit Hochspannungsversorgung Model 9645, Spektroskopie Amplifier Model 9615 sowie ADC 9633. Der Rechner ist ein IBM 350 P100. Als Auswertungssoftware wird standardmäßig das Programm GENIE 2K (ebenfalls CANBERRA) verwendet. Die Kalibrierung erfolgt mit einem Multiisotopstandard der Fa. AMERSHAM, QCYB 41, (Co-57, Y-88, Ba-133, Cs-137 mit jeweils ca. 1000 Bq Aktivität). Für Cs-137 (662 keV) ergibt sich bei einer Nachweiswahrscheinlichkeit von 0,7% ein Leerwert von 2,4 Bq. Bei etwa 30 g Probenmaterial kann man somit etwa 0,1 Bq/g als untere Nachweisgrenze und auch als absoluten Fehler angeben.

6. Schlussbemerkungen:

Ein Zusammenhang mit dem Rückgang der Art und der Belastung durch Cäsium-137 ist aufgrund der Ergebnisse dieser Studien nur schwer von der Hand zu weisen. Es bleibt allerdings die Frage offen, ob die Schädigung mehr durch die Nahrungsaufnahme oder durch den langen Aufenthalt als Puppe im verstrahlten Substrat verursacht wird. Die Nahrung, die aus alljährlich neu nachwachsenden Blättern besteht, ist mit 0,9 Bq/g für *V. myrtillus* und mit 0,5 Bq/g für *V. uliginosum* vergleichsweise zu Humus und abgestorbenen Pflanzen (2,0 bis 10,0 Bq/g) relativ gering belastet. Demnach scheint von den Blättern eine geringere Gefahr auszugehen. Es gibt noch eine Art, die offensichtlich von Jahr zu Jahr seltener wird. Es handelt sich um *Lasiocampa quercus* ssp. *alpina*, ebenfalls eine typische Art der Zwergstrauchstufe, die sich von verschiedenen strauchartigen Pflanzen ernährt und einen zweijährigen Entwicklungszyklus hat. Einmal überwintert sie im frühen Raupenstadium und das zweite Mal liegt sie ca. 10 Monate als Puppe, wie *E. arbusculae*, im belasteten Boden. Das wäre ein Indiz dafür, dass nicht nur die Inkorporation von Cs-137 allein der Grund am Niedergang dieser Arten sein sollte, sondern auch der Aufenthalt als Raupe und als Puppe im verstrahlten Substrat. *E. arbusculae* ist durch die extrem lange Puppenruhe noch viel stärker davon betroffen, was auch tatsächlich der Fall zu sein scheint. Die Puppenruhe beträgt mindestens 2 Jahre, danach folgen nochmals ca. 10 Monate des Überliegens als fertig entwickeltes bzw. geschlechtsreifes Insekt. In dieser Phase könnte sich auf die Keimzellen eine radioaktive Belastung besonders negativ auswirken. Es kann kein reiner Zufall sein, dass gerade bei diesen beiden Arten die stärksten Einbußen zu verzeichnen sind.

Ähnliches gilt auch für eine weitere Art, die zwar nicht in der Zwergstrauchstufe angesiedelt ist, bei der jedoch in den untersuchten Gebieten alle Populationen, zum Teil sogar starke Einbrüche erleiden und einige kleinere bereits völlig ausgestorben sind. Es handelt sich um die in Felsgebieten lebende *Setina aurita*. Diese Art ernährt sich in der Hauptsache von Flechten, einer Pflanzengruppe, die durch ihre Langlebigkeit geradezu prädestiniert ist, Schadstoffe aller Art zu akkumulieren (TRAWÖGER 1994). So wurden in jenen Gebieten, wo die Art besonders starke Einbrüche der Populationsdichte erlitt, oder bereits völlig ausstarb, auch deutlich höhere Werte an Cs-137 (2,0 bis 6,0 Bq/g) gemessen. Da die Art als Puppe maximal 3 Wochen in Felsritzen und kleinen Überhängen eingesponnen verbringt, könnte in diesem Fall allein das belastete Futter den Niedergang der Art bewirken. Deshalb

ist beabsichtigt, in den kommenden Jahren auch dieser Art weiterhin besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Selbstverständlich wird weiterhin auch *E. arbusculae* volle Aufmerksamkeit geschenkt. Der relativ warme Sommer 2002 hat nach den letzten drei Jahren, in denen die Art kaum noch vorhanden war, offenbar noch Reserven an Puppen aktiviert, möglicherweise die letzten. Aus den Begleitsätzen der Messergebnisliste ist zu entnehmen, dass 2003 im Vergleich zu den Jahren 2001 und 2002 (Vennspitzgebiet, Arzthal, Axamer Lizum und Fotschertal) doch noch, wenn auch im Verhältnis zu früher nur minimalst, etwas geschlüpft ist. Des weiteren ist anzunehmen, dass von den letzten Individuen (2003) keine Nachkommen mehr zu erwarten sind, denn einerseits haben sich die Nester geleert bevor die Raupen das letzte Häutungsstadium erreichen konnten und andererseits ist die Fitness der Raupen bereits derart abgesunken, dass offenbar selbst bei einer einst relativ erfolgreichen Zucht-methode nur mehr negative Ergebnisse zu erzielen sind.

Welch geringen negativen Anstoßes es tatsächlich bedarf eine Population oder Art zum Aussterben zu bringen, zeigt folgende Überlegung. Ist die Dichte einer Population über einen längeren Zeitraum, z.B. über die beobachteten Jahre im Arzthal (1953-1990) von *E. arbusculae* annähernd konstant geblieben, was der Fall war, so konnten von den ca. 250 potentiellen Nachkommen jedes Weibchens im Durchschnitt nur 2 Individuen zur Arterhaltung beitragen. Dies gilt im Prinzip für alle sich sexuell fortpflanzenden Arten (siehe MAYR 2001: 149). Durch das nachweislich mehrfache Fehlverhalten sind zusätzliche Verluste unausweichlich und daher ist auch das Aussterben unvermeidbar.

Während der langen Beobachtungszeit von *E. arbusculae* und *L. quercus* seit 1948 und von *S. aurita* seit 1958 änderte sich bei diesen drei Arten weder das Verhalten noch ihre Häufigkeit, außer der normalen Schwankungsbreite, bis vor wenigen Jahren nicht.

7. Zusammenfassung:

Der seit den letzten etwa 8 Jahren starke Rückgang der Populationsdichte einiger alpiner Schmetterlingsarten war der Anlass zu einer Untersuchung über dessen Ursache. Das Hauptinteresse galt der in der Zwergstrauchstufe angesiedelten Art *Eriogaster arbusculae* FREYER 1843. Das Verhaltensmuster dieser Art ist aufgrund eines langen Beobachtungszeitraumes (1948 - 2004) am besten zu beurteilen. Nach dem Abwägen aller möglichen Ursachen wie Klimawandel, Ozon, UV oder Luftschadstoffzunahme, blieb als am wahrscheinlichsten eine radioaktive Belastung durch Cäsium-137, verursacht durch die Tschernobyl Katastrophe 1986. Die am Institut für analytische Chemie und Radiochemie der Universität Innsbruck durchgeführten Messungen von Boden- und Pflanzenproben zeigen nicht nur relativ hohe Werte allgemein, sondern auch einen Zusammenhang zwischen dem Grad der lokalen Belastung und dem Absinken der Populationsdichte bzw. dem bereits fast völligen Aussterben der Art. Einen weiteren deutlichen Hinweis auf die vermutete Ursache ergibt sich aus der Tatsache, dass bei dieser wie auch noch weiteren Arten, ein deutlicher Niedergang erst wenige Jahre nach Tschernobyl ab etwa 1992 begann.

8. Literatur:

- BRUNNER, P. & O. BOBLETER (1986): Der Kernreaktorunfall in Tschernobyl und seine Folgen in Österreich. – Ö. Chem. Z. 1986/6.
- BURMANN, K. (1943): Beobachtungen bei der Suche nach *Eriogaster arbusculae* Frr. – Zeitschr. Wiener Entomol. Ges. **28**: 122 - 124.
- HASELWANDTER, K., M. BERRECK & P. BRUNNER (1988): Fungi as Bioindicators of Radiocesium Contamination: pre and post-Tschernobyl Activities. – Trans. Br. Mycol. Soc. **90**: 171 - 174.
- MAYR, E. (2003): Das ist Evolution. – C. Bertelsmann Verlag München, 378 pp.
- MINACH, L. & P. BRUNNER (1988): Strahlenbelastung von Boden und Vegetation in Südtirol durch den Reaktorunfall in Tschernobyl. – In: Umweltbelastung in Südtirol durch den Reaktorunfall in Tschernobyl. – Chemisches Landeslabor 1987, 6 pp.
- (1990): Radioaktivität in Pflanzen als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl. – In: Radioaktivitätsmessung in Südtirol 1988 – 1989, 19 pp.
- PATZELT, G. (1999): Werden und Vergehen der Gletscher und die nacheiszeitliche Klimaentwicklung in den Alpen. – Nova Acta Leopoldina NF **81** (314): 231 - 246.
- TRAWÖGER, A. (1977): Der Alpenwollflafer *Eriogaster arbusculae* Frr. Ein Beitrag zur Kenntnis und Erforschung der alpinen Schmetterlingsfauna (Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae). – Ber. nat.-med. Verein Innsbruck **64**: 107 - 132.
- (1994): Evolutionsbiologische Aspekte zum *Setina-roscida-alpestris*-Komplex (Insecta, Lepidoptera, Lithosiinae). – Ber. nat.-med. Verein Innsbruck **81**: 181 - 195.
- UMWELTBUNDESAMT WIEN (2001): Bodenbelastung durch Cäsium-137 im Jahr 2000. – In: Wechselwirkung zwischen Radiocäsium-Bodenkontamination und Hydrosphäre; Materialienband BE-111.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [91](#)

Autor(en)/Author(s): Tragwöger Alois, Brunner Peter

Artikel/Article: [Radioaktiver Niederschlag als mögliche Ursache für den dramatischen Rückgang von Eriogaster arbusculae FREYER 1843 - Populationen in den Zentralalpen \(Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae\) 217-232](#)