©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 98	S. 137 - 151	Innsbruck, Mai 2013

Radioaktive Belastung und Änderung klimatischer Verhältnisse als Ursache des Aussterbens von Schmetterlings-Populationen (Insecta: Lepidoptera)

von

Alois Trawöger und Peter Brunner *)

Radioactive contamination and climatic change as reasons for the decline of alpine butterfly-populations (Insecta: Lepidoptera)

Synopsis: As already indicated in Vol. 91 (2004) the radioactive contamination with Cesium-137 originating from the Tschernobyl reactor accident in 1986 seems to be the most probable reason for the decrease in population density of *Eriogaster arbusculae* Freyer 1843. In the current contribution similar observations are documented for *Setina aurita* (Esper 1787) an alpine butterfly species living on lichens in rocky terrain which also suffers from the former radioactive contamination with Cesium-137 and recent climate change.

1. Einleitung:

Dieser Bericht soll als Fortsetzung der Arbeit über den Einbruch der Populationsdichten von Schmetterlingsarten in Tirol und der weiteren Umgebung durch den radioaktiven Niederschlag vom 1. 5. 1986 gewertet werden (Trawöger & Brunner 2004). Zwischenzeitlich hat sich der sehr vorsichtig gewählte Titel der Arbeit voll bestätigt. Eine weitere der bereits 2004 aufgezählten Arten, die ebenfalls in Gefahr sind durch radioaktive Belastung zumindest lokal ausgelöscht zu werden, war *Setina aurita*. Auch für diese Art ist es nun erwiesen, dass sie in den seit vielen Jahren bestens untersuchten Gebieten bereits von fast bis völlig fehlt.

Was die bereits 2004 behandelte *Eriogaster arbusculae* betrifft, haben sich weitere Erkennt-nisse ergeben, die den Einbruch der Populationsdichten bis zum völligen Erlöschen aufgrund radioaktiver Belastung noch eindeutiger belegen und es noch weitere Arten trifft, die mit ihr den Lebensraum und die Nahrung teilen.

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

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Weiters werden von den beiden Arten *Setina aurita* und *Eriogaster lanestris*, der Stammart von *Eriogaster arbusculae*, Beispiele behandelt die zeigen wie widerstandsfähig sie gegen Luftbelastung, z.B. durch den Kraftfahrzeugverkehr sind, jedoch nicht gegen Radioaktivität.

2. 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 duch Sieben von gröberen Teilen befreit. Die Flanzenteile werden ebenfalls durch Sieben von Humus getrennt und gemahlen (homogenisiert), Flechten und Moose ebenso. Die so aufbereiteten Materialien werden in Petrischalen verbracht, zugeklebt und der Messung zugeführt.

Messung und Auswertung:

Die Messung erfolgt mit einem 100 ccm HPGe (High purity Germanium Halbleiter-detektor) der Firma CAMBERRA mit Hochspannungsversorgung Modell 9645, Spektroskopy Amplifier Model 9615 sowie ADC 9633. Der Rechner ist ein IBM 350 P 100. Als Auswertungssoftware wird standartmäßig das Programm GENIE 2 K (ebenfalls CAMBERRA) verwendet.

Die Calibrierung erfolgt mit einem Multiisotopstandart der Fa. AMERSHAM, QCYB 41, (CO-57, Y- 88, Ba- 133, Cs 137 mit jeweils ca. 1000 Bq Aktivität). Für Cs-137 (662 ke V) ergibt sich bei einer Nachweiswahrscheinlickeit von 0,7% ein Leerwert von 2,4 Bq. Bei etwa 30 g Probematerial kann man somit etwa 0,1 Bq/g als untere Nachweisgrenze und auch als absoluten Fehler angeben.

3. Die Biologie von *Setina aurita* (Esper 1787):

Setina aurita als typische Felsbewohnerin ernährt sich von verschiedenen Flechtenarten. Ihr Lebensraum ist felsiges Gelände, bestehend aus mittelsteilen bis fast senkrechten Felspartien, die in der Himmelsrichtung immer eine Südkomponente aufweisen. Ihre Verbreitung reicht von den Seealpen über den westlichen Teil des Alpenbogens, südseitig des Inntales bis zum Silltal (Innsbruck – Brenner), nordseitig bis zum Achental. Die Höhenverbreitung erstreckt sich von 250 Meter in den Südalpen (Val Camonica) bis über 3000 Meter im westlichen Teil der Zentral- und Westalpen. Die Art ist tagaktiv. Der Kopulationsflug findet in den Vormittagsstunden, ohne Sonne nicht unter ca. 22° C Lufttemperatur statt. Die ♂ sind trotz ihrer Zartheit relativ gute Flieger, im Gegensatz zu den ♀, die mit vollen Ovarien völlig flugunfähig sind. Deshalb werden die Eier eng, in sogenannten Spiegeln, zwangsläufig in unmittelbarster Nähe der Schlüpfstelle an den Fels geheftet (Seite 147, Fig. 1). Mit fast leeren Ovarien sind sie fähig, bis zu 10 Meter in einem Zug zu fliegen. Seit dem nacheiszeitlichen Aufkommen höherer Vegetation war eine weitere Ausbreitung der Art nicht mehr möglich, im Gegenteil, es wurde ihr der Lebensraum, außer in den Hochlagen, nicht nur stark beschnitten, sondern in viele genetisch isolierte Populationen gespalten. Die Raupen schlüpfen nach zwei bis drei Wochen aus. Dadurch, dass sie in der Lage sind, außer ganz klein, in jeder Größe zu überwintern, ergeben sich stark gedehnte und von Population zu Population jahreszeitlich sehr unterschiedliche

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Flugzeiten, von April bis September. Die Art ist in ihrer Entwicklung derart flexibel, dass die Populationen der Lagen oberhalb etwa 1800 Meter eine zweijährige und jene ab 2500 Meter eine dreijährige Generationsfolge haben. Da die Flechten nur mit einem Mindestmaß an Feuchtigkeit verzehrbar sind, mussten sich die einzelnen Populationen zeitlich auf die jeweiligen Klimate ihrer Areale anpassen. Außerdem sind sie wahre Hungerkünstler, die sogar längere Trockenperioden überstehen können und deshalb treten in trockenen Jahren auch häufiger extrem kleinwüchsige Individuen auf.

4. Die negativen Auswirkungen an *Setina aurita* aufgrund radioaktiver Belastung:

Im Gegensatz zu der bereits 2004 behandelten *Eriogaster arbusculae* sind bei *Setina aurita* Verhaltensstörungen durch die wesentlich einfachere Biologie weder beim Falter noch bei der Raupe erkennbar aufgetreten und die Populationsdichten nahmen erst ab Anfang 2000 deutlicher ab. Die nicht unbedeutenden morphologischen Veränderungen fielen allerdings erst bei der Einreihung, zumindest kleiner Serien, in die Sammlung auf. Eines von zwei Hauptmerkmalen ist die Zunahme der Vorderflügel-Spannweite von 1.5 bis 3.0 mm der ♂. Diese Werte wurden von ca. 780 Individuen, in Serien von je 30 bis 40 Exemplaren, aus 14 Populationen von vor und nach dem 1. Mai 1986 im Vergleich ermittelt. Extrem kleinwüchsige Individuen (Hungerödem ?), die vor 1986 in allen Populationen unterschiedlich häufig vorkamen, wurden nicht mit einbezogen, da sie nach 1986 bis zum allgemeinen Größenabsturz ab ca. 2000 nicht mehr auftraten und sonst das Mittel des Unterschiedes überzogen wäre.

Ein weiteres, weniger auffälliges Merkmal sind die geringfügig schmäleren Vorderflügel (kleinerer Winkel zwischen Vorder- und Hinterrand), was sich ebenfalls auf das Gesamtbild auswirkt. Das auffälligste Merkmal ist das deutlich verlängerte Abdomen, das aus Segmenten besteht und deshalb in der Länge unterschiedlich trocknen kann, eine Messung würde keinen Sinn machen. Zieht man jedoch eine optische Linie von Rand zu Rand der Hinterflügel, wird das Abdomen jener Individuen von vor 1986 diese nur ganz selten überragen, meist gar nicht erreichen, während es sie bei jenen nach 1986, fast immer, sogar sehr deutlich überragt und meist stärker ist, oder auch besonders schlank sein kann.

Mit der Zunahme der Größe nimmt auch die Grundfarbe, im Vergleich zu den Individuen von vor 1986 an Intensität deutlich zu, um sie dann mit dem allgemeinen Größenabsturz ab der Jahre 2000 wieder zu verlieren. Im Fall Zams bei Landeck, Oberinntal, stürzte die Spannweite fast einheitlich von 32 auf 22 mm ab und im Jahr darauf war die Art in diesem ungewöhnlich großen Areal nicht mehr auffindbar (Tafel I). Auf Tafel II und III sind weitere Beispiele der Veränderungen von vor und nach 1986 abgebildet und unter Legenden erklärt (Seite 149, 150 und 151).

Ende 2000 war *S. aurita* im Inntal von Innsbruck/Zirl, westwärts bis über die Schweizer Landesgrenze hinaus, von den tiefen bis zu den mittleren Lagen, in den seit Jahrzehnten bestens erkundeten Biotopen, kaum noch zu finden. Auffallend ist auch, dass die Populationen der hohen und höchsten Lagen sich länger halten konnten als jene der tiefen bei annähernd gleicher Belastung der Nahrung. Das wäre damit zu erklären, dass die

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

S. aurita Populationen, wie bereits erwähnt, von etwa 1800 Meter aufwärts eine zwei und ab 2500 Meter eine dreijährige Generationsfolge haben und daher die Individuen der hohen und höchsten Lagen erst in zwei bzw. drei Jahren so viel Cs 137 inkorporieren, wie jene der tieferen Lagen in einem Jahr. Das Mittel einer Belastung der Flechten ist in den jeweiligen Gebieten schwer zu erstellen, da sie nicht nur vom gleichmäßig flächendeckenden Niederschlag abhängig war, sondern auch davon, wie stark sie jeweils durch die Felsstruktur, Steilheit und Form bedingt, dem mengenmäßig unterschiedlich abfließenden Wassers ausgesetzt waren. Deshalb sind auch die Werte, wie z.B. im Halltal (Hall in Tirol), von 6,9 bis „17,3" Bq/g auf engstem Raum zu erklären. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Belastung anfangs wesentlich höher war, denn die Proben wurden erst ab 2001 eingeholt und gemessen, als die Hälfte des ersten Halbwerts von 30 Jahren bereits verstrichen war. Auffallend ist, dass noch immer Meldungen über vereinzelt fliegende ♂ aus tieferen wie auch aus höheren Lagen eingehen. Dass *Setina irrorella*, die Stammart von *S. aurita,* diese radioaktive Belastung anscheinend besser überstehen konnte, liegt wahrscheinlich daran, dass sie sich von Algen ernährt und Flechten nur im Notfall annimmt.

5. *Setina aurita*, auch ein Opfer des beginnenden Klimawandels?

Über eine Ursache des ungewöhnlich plötzlichen und offenbar tatsächlichen Aussterbens einer *S. aurita* Population im Münstertal (Vinschgau, Südtirol), das erst zwei Jahre nach Tschernobyl geschah und trotzdem nichts mit diesem Ereignis zu tun haben kann, ist folgendes zu berichten: Durch einen ungewöhnlich glücklichen Zufall war es möglich dieses Rätsel zu lösen, denn sonst wäre es wahrscheinlich später einmal doch an Tschernobyl „hängengeblieben."

Am 6. 7. 1988 führte eine meiner Exkursionen über den Reschen und Umbrailpass ins obere Veltlin. Kommt man bei Laatsch (Seite 147, Fig. 2), zum Anfang eines *S. aurita* Biotopes bzw. Areals, ist eine kurze Pause mit Kontrollgang obligat. Es konnte auch bald festgestellt werden, dass die Raupen, wie nicht anders zu erwarten, so wie früher vorhanden waren.

Am 18. 7. 1989, nur ein Jahr später, führte auf derselben Route wieder eine Exkursion ins Veltlin. An der vorjährigen Stelle wurde abermals eine Pause mit Kontrollgang eingelegt, allerdings mit einem völlig unerwarteten, fast unglaublichen Ergebnis. Nach rund einer halben Stunde intensivster Suche war weder von einer Raupe, Puppe oder von einem Gespinst etwas zu sehen. Auf der Rückfahrt war nach noch längeren und noch intensiveren Suchens, wieder keine Spur von *S. aurita* zu finden. So wurde für das nächste Wochenende ein ganzer Tag veranschlagt, in der Hoffnung, dass wenigstens in den höchsten und günstigsten Lagen bei Taufers (Seite 147, Fig. 3), dort wo die Raupen immer besonders häufig waren, einige Individuen überlebt hätten, damit diese Population nicht völlig vom Aussterben betroffen wäre und sich wenigstens stellenweise wieder erholen könnte. Diese Hoffnung besteht noch, da nur ein relativ kleiner Teil des Areals begehbar ist. Dieser sehr ungewöhnliche Fall dürfte tatsächlich auf einen klimatischen „Ausreißer" beruhen, der dieses „Phänomen" auszulösen vermochte.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Die eingeholten Daten des Winters 1988/89 aus Laas im mittleren Vinschgau sollten es bestätigen. Die Temperatur lag im Dezember im Mittel bisher immer deutlich im Minusbereich, wogegen sie 1988 „+ 2° C“ betrug und die Niederschlagssumme im folgenden Monat Jänner 0,0 mm. Außerdem berichteten auf Anfrage einheimische Bekannte aus Burgeis (in unmittelbarer Nähe des Areals), dass es ihrem Gefühl nach gar „ kein“ Winter war.

Die seit 1948 durch Beobachtungen gesammelten Erfahrungen im Freiland, wie auch bei Zuchten, haben zu folgenden Erkenntnissen geführt: Sinkt die Temperatur Ende Oktober, Anfang Nowember tief genug ab, gehen die Raupen zur Überwinterung. Sie fertigen in Felsspalten ein doppelwandiges Gespinst. Falls es nochmals warm wird, besitzen sie eine „Sicherung,“ die sie nicht früher als nach etwa fünf Wochen aufwachen lässt, wenn doch, wird die Winterruhe nicht nur unterbrochen sondern beendet. Ein „Zurück“ scheint nicht möglich zu sein. Deshalb würden sie auch trotz genügend Wärme, bei nachfolgendem 0,0 mm Niederschlag während eines ganzen Monats, selbst bei Nahrung in Überfluss, verhungern.

Dass Tschernobyl in diesem Fall daran nicht daran schuld sein konnte, beweisen auch die 2002 durchgeführten Messungen der Radioaktivität, die nur 0,8 Bq/g (Laatsch) bzw. 0,9 Bq/g Cs 137 (Taufers) ergaben. Im Inntal waren die Werte um ein Vielfaches höher, im Mittel bei 5,0 Bq/g. Trotzdem hat das Aussterben dieser Populationen erst ab Anfang der Jahre 2005 begonnen. Deshalb könnte man annehmen, dass es einen derartigen klimatischen „Ausreißer“ seit der Besiedelung dieses Areals durch *S. aurita* von vor vielen Jahrtausenden noch nie gab, wodurch man doch auf einen Vorläufer des noch sehr umstrittenen Klimawandels schließen könnte. Und gerade das betrifft die Population einer Art, deren Lebensräume sich vertikal über Klimazonen von 250 m bis über 3000 m Seehöhe erstrecken.

Eine weitere *Setina, S. roscida* ssp. *subalpina*, Thomann (1951), die ebenfalls im Münstertal vorkommt, hat dieses Ereignis offenbar nur gering beschadet überstanden. Eine Steppenart, die nacheiszeitlich aus dem Osten kommend, den Alpensüdrand entlang ins Etschtal eingewandert ist und weiter bis in den oberen Vinschgau vordringen konnte, kann auch extreme Trockenheit weniger schaden. Steppenboden kann durch zumindest fallweiser Taubildung, nie so rasch wie nackter Fels trocknen. Trotzdem war die Populationsdichte für einige Jahre deutlich schwächer.

6. Weitere Erkenntnisse im Rückblick zum Fall *Eriogaster arbusculae*:

Zu dem in der Einleitung angekündigten weiteren Beweis über die tatsächliche Ursache des bereits fast völligen Fehlens von *E. arbusculae* Populationen, in den zehn bestens untersuchten Arealen wäre zu berichten, dass sich die Art in der engeren Umgebung von Schiliften, die bereits vor 1986 bestanden, am längsten halten konnte. Durch die verfestigte Schneedecke ist der belastete Niederschlag an der Oberfläche geblieben und dann bei der Schneeschmelze abgeflossen und an wenigen Stellen konzentriert versickert. Das beweisen auch die Messungen. Während an den meisten Stellen Werte zwischen nur 0,5

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

und 1,0 Bq/g ergaben, betrugen sie kleinräumig von 4,0 bis 7,0 Bq/g. Ähnliche Beobachtungen wurden auch am Rande des Auslaufs von Lawinen bzw. in deren Randbereichen gemacht, wo die Werte ähnlich unterschiedlich ausfallen, wie auch welligen Gelände mit noch relativ dicken Schneefeldern. Recht einheitlich sind sie dort wo der kontaminierte Niederschlag auf bereits schneefreien Boden fiel.

Das Erstaunliche im Fall *E. arbusculae* ist offenbar nicht eine tödliche Wirkung auf den Organismus, sondern durch einen genetischen Schaden hervorgerufenes Fehlverhalten der weiblichen Falters sowie der Raupen. Zwei der gravierendsten Beispiele des Fehlverhaltens: Ein allmählich zunehmender Teil der ♀ fliegt bzw. flog zur Eiablage nicht mehr zum Schneerand, wo die Zweige der Vacccinien erst kurz vor dem Schlüpfen der Raupen zu treiben beginnen und somit das Futter für die winzig kleinen Raupen noch gut angenommen wird. Ist das nicht der Fall, zerstreuen sie sich und ohne ein Nest sind sie nicht überlebensfähig.

Was ab Mitte der 1990 Jahren noch auftrat, waren die schlecht gebauten Nester, die oft nicht einmal die Hälfte der normalen Faustgröße erreichten. Das kam davon, dass die Raupen das Spinnen der Wege vom Nest zu den Futterstellen nur mehr ungenügend ausführten und deshalb viele Raupen nicht mehr ins Nest zurück fanden. Bedenkt man, dass bereits seit vielen Tausend Jahren, (bis Tschernobyl), von mindetens 200 potentiellen Nachkommen einer Paarung im Durschnitt nur „fünf" Individuen (vier ♂ und ein ♀) übrig geblieben sind, wodurch das Gleichgewicht der Populationdichte in einem bestimmten Rahmen blieb, muss eine derart starke Einbuße zur Auslöschung der Art in den entsprechend stark belasteten Arealen führen.

In diesen Arealen trifft es nicht nur *E. arbusculae* sondern auch jene Arten, die mit ihr den Lebensraum und das Futter teilen. Eine dieser Arten ist die im Bericht 2004 bereits angeführte *Lasiocampa quercus,* die einmal als kleine Raupe und einmal als Puppe im hochstrahlenden Substrat überwintert. Zwei weitere Arten kommen dazu: *Macrothylacia rubi* und *Trichiura crataegi*, die solitär wie *L. quercus* leben und deshalb unauffällig seltener wurden und wahrscheinlich wie *E. arbusculae* vielfach bereits so gut wie ausgestorben sind. Das gilt allerdings nur für jene Populationen, die in der Zwergstrauchtstufe als Subspezies vorkommen, denn sonst sind diese Arten über ganz Europa und darüber hinaus in den unterschiedlichsten Lebensräumen vertreten.

Dass *E. arbusculae* gänzlich ausstirbt, hängt davon ab, ob im alpinen Raum oder auf den Bergen Skandinaviens, Gebiete völlig unbelastet geblieben sind. Laut einer Karte des Umweltamtes liegen unsere gemessenen Areale noch im grünen und gelben Bereich, von 10 bis 15 (die Maßeinheit ist nicht angegeben), während weiter östlich (Zillertaler Alpen, Hohe und Niedere Tauern, Umgebung Salzburgs usw.) es stellenweise in den dunkelbraunen Bereich geht (60 bis 100).

In der Diplomarbeit von Herrn Magister Manuel Fliri (2008) sind auf einer Nordtirol Karte die 44 Proben-Entnahmestellen eingetragen. Davon betreffen 23 *S. aurita* und 21 *E. arbusculae*. Die Proben selbst (ca. 300) sind auf zehn Seiten aufgelistet, mit Angabe der Belastung des Substrates (Humus, Flechte, Moos usw.). Auch eine Karte Skandinaviens mit

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

22 Messpunkten von 40 Probenwerten ist angeführt, die allerdings keinen Aufschluss über die Orte des Vorkommens von *E. arbusculae* geben (*S. aurita* kommt in Skandinavien nicht vor). Im Durschnitt sind die Werte niedriger als bei uns, vielfach unter 1,0, einzelne wieder relativ hoch, bis 7,0 Bq/g und deshalb ist anzunehmen, dass die höheren Werte, so wie in den Alpen aus höheren Lagen stammen. Dann wäre für die skandinavischen *E. arbusculae* Populationen ein Überleben ebenfalls nicht möglich. Es bleibt nur zu hoffen, dass es in den Schweizerischen und Französischen Alpen vom 30. 4. auf 1. 5. 1986 niederschlagsfreie Zwergstrauchstufen gab, denn „nur gering belastet wäre wahrscheinlich auch schon zu viel."

Auf einen weiteren Fall des seit längerem zurückliegenden starken Einbruchs von *Eriogaster lanestris* Populationen, der Stammart von *E. arbusculae*, mit der beider im wesentlichen gleichen Biologie sei hingewiesen. Diese Art war in den Tal- und Hanglagen, besonders in Innsbrucks näheren und weiteren Umgebung, durch die mehrfach faustgroßen Raupennester an den Enden der Äste von Bäumen, hauptsächlich die der Birken, ein häufiges und auffallendes Bild (Seite 148, Fig. 5).

Gegen Ende der 1960er Jahre nahmen diese Vorkommen jedoch relativ rasch ab. Diesbezügliche Meldungen kamen auch aus den anderen Bundesländern sowie aus Bayern, Südtirol und der Schweiz. Nur an einer Stelle in der Nähe Innsbrucks, direkt an der Brennerautobahn, hat sich die Art bis zum heutigen Tag gehalten. 2009 hingen die Nester sogar noch über der Talspur der Fernlaster. Warum *E. lanestris* gerade hier, die damals für sie so kritische Zeit und trotz der an dieser Stelle so rasch zunehmenden Luftbelastung widerstehen konnte, bedarf einer ausführlicheren Erklärung.

Beide Arten, *E. lanestris* sowie *E. arbusculae*, entwickeln sich in der Puppe, irgendwann in der warmen Jahreszeit zum fertigen Insekt, jedoch nicht um wie fast bei allen anderen Arten sofort zu schlüpfen, sondern sie überwintern in diesem Zustand und schlüpfen bereits ab einer Bodenerwärmung von ca. 20° C. Das geschieht bei *E. lanestris* von Anfang bis Ende März, je nach Höhen und Hanglage der Biotope, bei *E. arbusculae* in 1700 bis 2500 Meter, ab Beginn der Schneeschmelze, kontinuierlich von Anfang Mai bis Ende Juni.

Für *E. lanestris* wurde es ab Ende der 1960er Jahre mehrmals zu früh warm und so schlüpften die Falter zu früh und nach ca.3 Wochen die Raupen ebenfalls, noch vor dem Austrieb der Bäume und deshalb verhungerten sie. Die bevorzugte Birke als nordische Art, die sich nicht an die Temperatur sondern an die Tageslänge hält, hat sicher auch gut Teil dazu beigetragen. Der Grund, warum *E. lanestris* ausgerechnet an der Brennerautobahn nicht nur überleben sondern sich sogar ungewöhnlich stark vermehren konnte hat folgenden Grund:

Während des Baues wurde der Hang an mehreren Stellen großflächig abgetragen und dem Bewuchs sich selbst überlassen. So setzte nach einigen Jahren trotz schotterigen Bodens, starker Graswuchs ein (Seite 148, Fig. 6). Deshalb entwickelte sich eine dicke, gut isolierende Schicht aus abgestorbenem Gras, die ein zu frühes Schlüpfen der Falter verhinderte (Seite 148, Fig. 7 u. 8). Diese Bedingungen waren offenbar derart günstig, dass sich

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

ab der 1970er Jahre eine Massenvermehrung entwickelte und zwar derart, dass sogar kleinere Birken mit bis zu fünf Nestern nicht nur behangen sondern kahlgefressen waren. Mit dem stärkeren Verwachsen dieser Stellen nahm zwar die Häufigkeit wieder ab, *E. lanestris* blieb jedoch trotz der ständig zunehmenden Luftbelastung, sogar mit einer geringen Ausbreitungs-tendenz erhalten. Seit einigen Jahren konnten auch wieder Nester in der nahegelegenen Sillschucht beobachtet werden. Offensichtlich hatten sie im kühleren Klima der Schlucht ebenfalls überlebt. Eine sehr kleine Population war seit längerer Zeit, ebenfalls an der Brennerautobahn in Richtung süd, knapp vor dem Tunnel von Franzensfeste, zumindest bis vor drei Jahren zu sehen. In den letzten Jahren wurden auch aus den anderen Bundesländern wieder Einzelfunde der Art gemeldet.

7. Diskussion:

Es ist erstaunlich wie unterschiedlich selbst von Fachleuten die Gefährlichkeit radioaktiver Strahlung bewertet wird. Als Beispiele: Das Wildschweinfleisch, das in Bayern mit 900 Bq-pro Kilogramm Cäsium 137 belastet ist, wird als bedenklich eingestuft bzw. für ungenießbar erklärt. Nach dem Reaktorunglück von Fukushima wird grüner Tee aus dem Verkehr gezogen, wenn er mit 500 Bq/Kilogramm belastet ist. Zum folgenden Vergleich: *Setina aurita* ernährt sich seit Tschernobyl von Flechten, die mit durchschnittlich 5 Bq pro Gramm belastet sind und das sind auf ein Kilogramm hochgerechnet 5000 Bq. Das steht in keinem Verhältnis zum Gewicht des Menschen, das im Kilogramm, jenes der Insekten jedoch maximal im Gramm Bereich liegt. Außerdem ernährt sich der Mensch nicht nur von Wildschweinfleisch. Die Nahrung von *E. arbusculae* ist im Schnitt zwar nur mit 0,8 Bq/g (*V. myrtillus*) und dem etwas tiefer wurzelnden *V. uliginosum* mit 0,5 Bq/g im Vergleich zur Nahrung von *S. aurita* gering belastet. Die Raupe lebt jedoch in Bodennähe und die Puppe liegt im Durchschnitt vier Jahre und weitere ca. 6 Monate als voll entwickeltes Insekt im 3 bis 10 Bq/g = 3000 – 10000 Bq/Kilogramm strahlenden Bodensubstrat. Außerdem sind, wie bereits erwähnt, die Proben erst ab 2001 eingeholt und ausgewertet worden, als bereits fast die Hälfte der 30 jährigen Halbwertzeit vergangen war (ohne Berücksichtigung allfälliger hydrologischer Vorgänge). Es grenzt fast an ein Wunder, dass die Reduktion der Populationsdichte durch die unterschiedlichsten Fehlverhalten der Falter wie der Raupen ab Mitte der 1990er Jahre begonnen hat (siehe TRAWÖGER & BRUNNER 2004). Noch erstaunlicher ist es wenn man weiß, dass die Hälfte der Strahlung von Cäsium 137 durch 6 mm dickes Blei abgeschirmt wird (Halbwertsschichtdicke).

Zwei weitere Beispiele *Setina aurita* betreffend: Ein sehr kleines Biotop liegt nur wenige Höhenmeter oberhalb der stark befahrenen Zirlerbergstraße. Trotzdem hat sich diese Population genauso lange gehalten wie jene, der von dieser Straße weit entfernten Biotope.

Von einem noch eindeutigeren Fall ist aus dem Unterengadin bei Susch zu berichten. Dort schließt eine Felspartie direkt an den Asphalt der Landesstraße an (Seite 147, Fig. 4) und trotz der seit fast einem Jahrhundert ständig ansteigenden Abgasbelastung, war die Populationsdichte von *S. aurita*, gerade hier auffallend hoch. Am 10. 8. 2004 war die Art

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

beim Einholen der Proben zur Belastungserfassung im Unterengadin spurlos verschwunden. Das beweist, dass eine Immunisierung gegen Gifte, offenbar sogar gegen Blei möglich ist und das bei einer Nahrung (Flechten) die aufgrund ihrer Langlebigkeit richtige Giftspeicher sind. Für die vorher relativ hohe Populationsdichte waren wahrscheinlich die kleinklimatischen Verhältnisse, höhere Luftfeuchtigkeit durch den unmittelbar neben der Straße vorbeifließenden Inn und die zusätzliche Wärme des Asphalts maßgebend.

8. Zusammenfassung:

Diese Studie soll zeigen wie vielfältig schädliche Einflüsse sein können, um ganze Populationen von Lepidopteren Arten und sicher auch anderer Insekten auszulöschen. Der Fall *E. arbusculae* wurde bereits behandelt (Trawöger & Brunner 2004), in dem zusätzlich Populationen von zwei weiteren Arten als vom Aussterben bedroht, angekündigt wurden. Eine davon ist *Setina aurita,* die zumindest in den stärker durch Cs 137 belasteten Gebieten, mit großer Wahrscheinlichkeit bereits fehlt, oder zumindest stark reduziert ist. In einem weiteren Fall, ebenfalls *S. aurita* betreffend, wird das Aussterben der Art von einem Jahr zum anderen, durch eine Klimaanomalie erklärt. Was *E. arbusculae* betrifft, werden weitere Erkenntnisse eingebracht, die den Niedergang der Art aufgrund von Radioaktivität bestätigen.

Für ein beinahe landesweites Aussterben von *E. lanestris*, der Stammart von *E. arbusculae*, ab Mitte der 1960er Jahre, wird der Grund in einer weiteren Klimaanomalie erklärt und die erstaunlich hohe Resistenz gegen Luftbelastung durch den Verkehr, wie auch in zwei Fällen *S. aurita* betreffend, als bewiesen erachtet. Diese offenbar hohe Resistenz hat sicher nur Gültigkeit für Insekten, jedoch nicht für höher entwickelte, besonders über Lungen atmende Lebewesen. Der Radioaktivität hingegen, die der Mensch mit Atombomben und in Atomkraftwerken produziert, widersteht ab einer entsprechenden Dosis „kein Leben“.

9. Literatur:

Brunner P., Bobleter O., 1986: Der Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Folgen in Österreich. Chem. Z. 1986/6.

Fliri M., 2008: Cäsium –137 in der Biosphäre: Informationszusammenstellung für Unterricht und Öffentlichkeit. Ermittlungen der Kontaminationsreste aus dem Reaktorunfall Tschernobyl 1986.

Haselwandter K., Berrek M., Brunner B., 1988: Fungi as Bioindicators of Radiocäsium Contamination: pre- and post-Tschernobyl Activities. Trans. Br. Mycol. Soc. 90: 171-174.

Hesse Honegger C., 2008: Das Schöne und das Andere oder Bilder einer mutierenden Welt. Missbildungen bei Wanzen (Heteroptera): Feldstudien über den Einfluss künstlicher radioaktiver Niedrigstrahlung auf den Phänotypus. Chemistry & Biodiversity 5: 499-539.

Minach L., Brunner P., 1988: Strahlenbelastung von Boden und Vegetation in Südtirol durch den Reaktorunfall in Tschernobyl. In: Umweltbelastung durch den Reaktorunfall in Tschernobyl. Chemisches Landeslabor 1987, 6 pp.

Minach L., Brunner P., 1990: Radioaktivität in Pflanzen als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl. In Radioaktivitätsmessung in Südtirol 1988-1989, 19 pp.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Patzelt G., 1999: Werden und Vergehen der Gletscher und die nacheiszeitliche Klimaentwickung in den Alpen. Nova Acta Leopoldina NF 81 (314): 231 – 246.

Thomann H., 1951: Die Gattung *Endrosa* in Graubünden (Lep. Arctiidae). Mitt. schweiz. entomol. Ges: 24 (4) : 413-437.

Trawöger A., 1977. Der Alpenwollafter *Eriogaster arbusculae* Frr. Ein Beitrag zur Kenntnis und Erforschung der Alpinen Schmetterlingswelt (Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae). Ber.-nat. med. Verein Innsbruck 81: 181-195.

Trawöger A., Brunner P., 2004: Radioaktiver Niederschlag als mögliche Ursache für den dramatischen Rückgang von *Eriogaster arbusculae* - Populationen in den Zentralalpen. (Insecta: Lepidoptera: Lasiocampidae). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 91: 217-232.

Umweltbundesamt Wien, 2001: Bodenbelastung durch Cäsium 137 im Jahre 2000 – in Wechselwirkung zwischen Radiocäsium – Bodenkontamination und Hydrosphäre. Materialienband BE-111.

Vahrenhol F. , Lüning S., 2012: „Die kalte Sonne – Warum die Klimakatastrophe nicht stattfindet. Hoffmann und Campe, Hamburg.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Fig. 1: *Setina aurita* ♀ bei der Eiablage. Oben links, Gespinst mit Puppenhülle.
Fig. 2: *Setina aurita* Biotop bei Laatsch im Vinschgau, Südtirol.
Fig. 3: *Setina aurita* Biotop oberhalb von Taufers im Münstertal, Vinschgau.
Fig. 4: *Setina aurita* Biotop bei Susch im Unterengadin, Graubünden, Schweiz.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Fig. 5: Raupennest von *Eriogaster lanestris* auf Birke kurz vor der Auswanderung.
Fig. 6: Idealbiotop für *Eriogaster lanestris* durch ungehemmten Graswuchs an der Autobahn.
Fig. 7: Das abgedorrte Gras als isolierende Auflage gegen das zu frühe Schlüpfen.
Fig. 8: Ein aus der Grasschicht frisch geschlüpftes *Eriogaster lanestris* ♀.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Tafel I: *Setina aurita* ♂, alle Zams, Oberinntal, Tirol. Die ersten beiden Reihen sind von 1965, Reihe 3 und 4 von 1994, Reihe 5 und 6 von 2000, Reihe 7 von 2004 und Reihe 8 von 2007.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Tafel II: Die ersten vier Reihen: Vennatal, 1800 Meter, Zillertaler Alpen. Die ersten beiden Reihen sind vor 1986, die zweiten von 1987. Die zweiten Doppelreihen: Ramosch, Unterengadin, Schweiz. Die ersten beiden Reihen sind von 1983, die zweiten von 1999.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

Tafel III: Alle vier Reihen Egesengrat, 2700 Meter, Stubaier Alpen, Tirol: die beiden oberen Reihen sind von 1983, die unteren von 1990.

Erläuterungen zu Tafel I bis III:

Die Belastungen der Flechten in den vier Arealen betrugen im Mittel: Zams: 5,6, Vennatal: 5,2, Ramosch: 4,6, Egesengrat: 2,7 Bq/g Cs 137.

Die Vorderflügel Spannweiten Zu- und Abnahmen betragen in Zams von 1,5 1986 auf 1994 +2,6, von 1994 auf 2000 –1,7, von 2000 auf 2004 –3,9, von 2004 auf 2007 –0,9 mm. Vennatal: Auf 1987 +2,8 mm. Ramosch: Auf 1999 +3,0 mm. Egesengrat: Auf 1990 +2,2 mm.

Weitere Werte wurden aus Serien von 30 bis 40 Exemplaren aus 14 Populationen von insgesamt ca. 780 Individuen, von vor und nach dem 1. 5. 1986 ermittelt. Alle Exponate befinden sich in der naturwissenschaftlichen Abteilung des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, Feldstraße 11, Innsbruck.

©Naturwissenschaftlich Medizinischer Vereins in Innsbruck; download www.zobodat.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: 98

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

Artikel/Article: Radioaktive Belastung und Änderung klimatischer Verhältnisse als Ursache des Aussterbens von Schmetterlings-Populationen (Insecta: Lepidoptera) 137-151