Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum	86/2006	Innsbruck 2006	5–36

Die Bedeutung von Lawinenabgängen für die Schmetterlingspopulationen

Karel Černý, Pavel Cudlín & Karel Matějka

Significance of the avalanches for the butterfly-populations

Zusammenfassung
In Nordtirol wurden 174 Flächen im Bereich von 29 Lawinenbahnen schmetterlingskundlich untersucht. Die Zusammensetzung der Schmetterlingsgemeinschaften ist vor allem durch die Seehöhe bestimmt. Die Artenzahl korreliert negativ mit dem Deckungsgrad der Vegetation. In den höheren Lagen nimmt die Ausgeglichenheit der Schmetterlingspopulationen ab. Die Sturzbahnen zeichnen sich durch besonders hohe Artenzahlen aus. Die aktiven Lawinenbahnen sind Refugien von seltenen Schmetterlingsarten und stellen Korridore im Biotopverbund dar. Aus ökologischer Sicht sollte die Verhinderung von Lawinenabhängen durch andere Schutzmaßnahmen ersetzt werden.

Abstract
174 experimental areas were entomologically investigated in the regions of 29 avalanche paths in North Tirol. The composition of the moths-communities is determined especially by the altitude. The amount of species negatively correlates with the covering degree of the vegetation. In the high altitudes, the balance of the insect populations decreases. The amount of occurred moth species is significantly higher on the avalanche paths. After the build up of an avalanche barriers, the diversity and the amount of species becomes decreasing. The avalanche paths are refuges and corridors of rare moths among biotopes. From the ecological point of view is it needful to find other ways of the securing of the avalanches, differing of their wrecking.

Souhrn
V horách Severního Tyrolska bylo v prostoru 29 lavinových drah 174 ploch podrobeno entomologickému výzkumu. Složení společenstev motýlů je podmíněno zejména nadmořskou výškou. Počet druhů koreluje negativně s pokryvností vegetace. Ve vyšších polohách se snižuje vyrovnanost populací motýlů. Lavinové dráhy se vyznačují obzvláště vysokými počty druhů motýlů. Aktivní lavinové dráhy jsou refugiem vzácných druhů motýlů a fungují jako koridory ve svazu biotopů. Z ekologickeho pohledu je třeba orientovat ochranu proti lavinám na jiná opatření, než je důsledné zabraňování jejich vzniku.

keywords: avalanche, Lepidoptera, Lawinenstriche, Schmetterlinge

Einleitung:

Schneelawinen sind Naturereignisse, die aus wirtschaftlicher Sicht und auch hinsichtlich der Sicherheit traditionell negativ beurteilt werden. Sie vernichten Sachwerte und können Menschenleben gefährden. In den Kreisen der Biologen hört man jedoch neuerdings auch andere Stimmen. Die Ergebnisse einiger Erhebungen und auch eigene Beobachtungen deuten darauf hin, dass sich die Lawinen an der Erhaltung von jungen Entwicklungsstadien bestimmter Lebensgemeinschaften beteiligen (ERSCHBAMER 1989, HABELER 1991). Sie verhindern Verbuschung und transportieren aktiv Pflanzen und Tiere, sowie totes organisches und mineralisches Material in tiefere Lagen, wo sie Pionierstandorte mit Vorkommen von alpinen Arten zumindest vorübergehend entstehen lassen. Die Bedeutung von Lawinen für den Naturschutz wird nur selten in Betracht gezogen, vor allem auf Grund von fehlenden wissenschaftlichen Basisuntersuchungen. Die vorgelegte Arbeit soll helfen, diese Lücke zu füllen.

Allgemeine Beschreibung von Lawinenbahnen:

Die Schneelawinen entstehen typischerweise in höheren Bergen, in Folge einer unstabilen Ablagerung des vom Wind verfrachteten Schnees. Gehäuft treten sie auf Hängen auf, die steiler sind als 32°. Auf Hängen mit einer Neigung von mehr als 60° kommen sie nur noch selten vor, weil der Schnee sofort in kleinen ungefährlichen Mengen abgeht. Eine Lawinenbahn kann in drei Teilabschnitte unterteilt werden, die sich voneinander sowohl reliefmäßig, als auch im Bezug auf ihre Bestandsstrukturen grundlegend unterscheiden (Foto 1).
Die Anbruchbereiche findet man meistens oberhalb der Waldzone. Sie zeichnen sich durch eine niedrige krautige Vegetation, das Fehlen von verschlepptem Material und Reliefstrukturen aus, die eine Ansammlung von entsprechenden Schneemassen ermöglichen. Dieser Abschnitt wird bei gefährlichen Lawinen oft verbaut (Foto 2), bzw. aufgeforstet.
Die Sturzbahnen sind steil, oft auch felsig. Die Lawinenabgänge tragen stellenweise die Vegetationsdecke, bzw. Teile des Erdreiches ab. Die betroffenen Stellen werden kleinklimatisch begünstigt und beherbergen pflanzliche Pionierarten. Weniger steile Abschnitte neigen zur Verkrautung bzw. zur Verbuschung. Diese Tendenz wird jeweils beim Lawinenabgang unterbrochen. Die Sturzbahnen werden nur selten verbaut (Foto 3).
Die Akkumulationszonen befinden sich im mehr oder weniger flachen Gelände im untersten Abschnitt der Lawinenbahn, gelegentlich auch oberhalb von Schutzdämmen. Hier sammelt sich das mitgerissene organische und mineralische Material ungeordnet an und überlagert die bestehende Vegetationsdecke. Es entsteht ein stark strukturierter Komplex von kleinräumigen Lebensräumen, die sich durch die jeweilige Nährstoffkonzentration und Skelettanteil voneinander unterscheiden und abwechslungsreichen Pflanzengesellschaften Lebensraum bieten.

Methodik:

Als Modellgruppe wurden die tagaktiven „Großschmetterlinge" gewählt, die sich auf Grund kleinräumiger Einnischungen, sowie einer schnellen Reaktion auf Lebensraumveränderungen gut für Aussagen über dynamische Lebensräume eignen. Die tagaktiven Arten sind eine inhomogäne, aber artenreiche und leicht nachweisbare Gruppe, die einen Verbreitungsschwerpunkt im Offenland besitzt. Belege wurden in den Sammlungen des Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum untergebracht.
Die Versuchsflächen wurden in Zusammenarbeit mit dem ***Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung*** ausgesucht. Alle Modell- und Referenzflächen befinden sich auf überwiegend südorientierten Hängen. Es wurde zwischen Flächen im Silikat- und im Karbonatgestein unterschieden. Sie wurden botanisch charakterisiert, die Auswertung wird in einer eigenen Arbeit vorgestellt. Als Modellflächen wurden Lawinenhänge bestimmt, die ausreichend große Räume beinhalten, um die Lawinenbahn von ihrer „unberührten" Umgebung gut unterscheiden zu können.
Die erste Gruppe stellen Lawinenhänge dar, auf denen die Lawinen nur sporadisch abgehen. Diese Versuchsflächen dokumentieren in Folge der Ereignisse im Winter 2001 die aktuelle Auswirkung des „Phänomens Lawine". Zur zweiten Gruppe gehören die Bahnen von mehr oder weniger regelmäßig abgehenden Lawinen, die eine dauerhafte Auswirkung von Lawinen auf die Lebensräume und das Artenspektrum belegen. Der dritten Gruppe wurden verbaute Hänge zugeordnet, die die Veränderungen der Lebensräume und Artendiversität nach dem Abgang der Lawinen dokumentieren und gleichzeitig dienten sie als Referenzflächen der sporadischen Lawinen in späteren Jahren nach den Abgängen.
Als Referenzflächen wurden von Lawinen unberührte offene Rasenflächen, jeweils mit ähnlichen Rahmenbedingungen (Substrat, Exposition, Feuchtigkeit usw.) in der entsprechenden Höhenstufe, einbezogen. In den höheren Lagen handelte es sich überwiegend um extensive landwirtschaftliche Flächen bzw. landwirtschaftliche Brachen, in den tieferen Lagen hingegen oft auch um intensiv bewirtschaftete Rasenflächen. Auf einigen Lawinenbahnen konnten auch Aufforstungen als Referenzflächen einbezogen

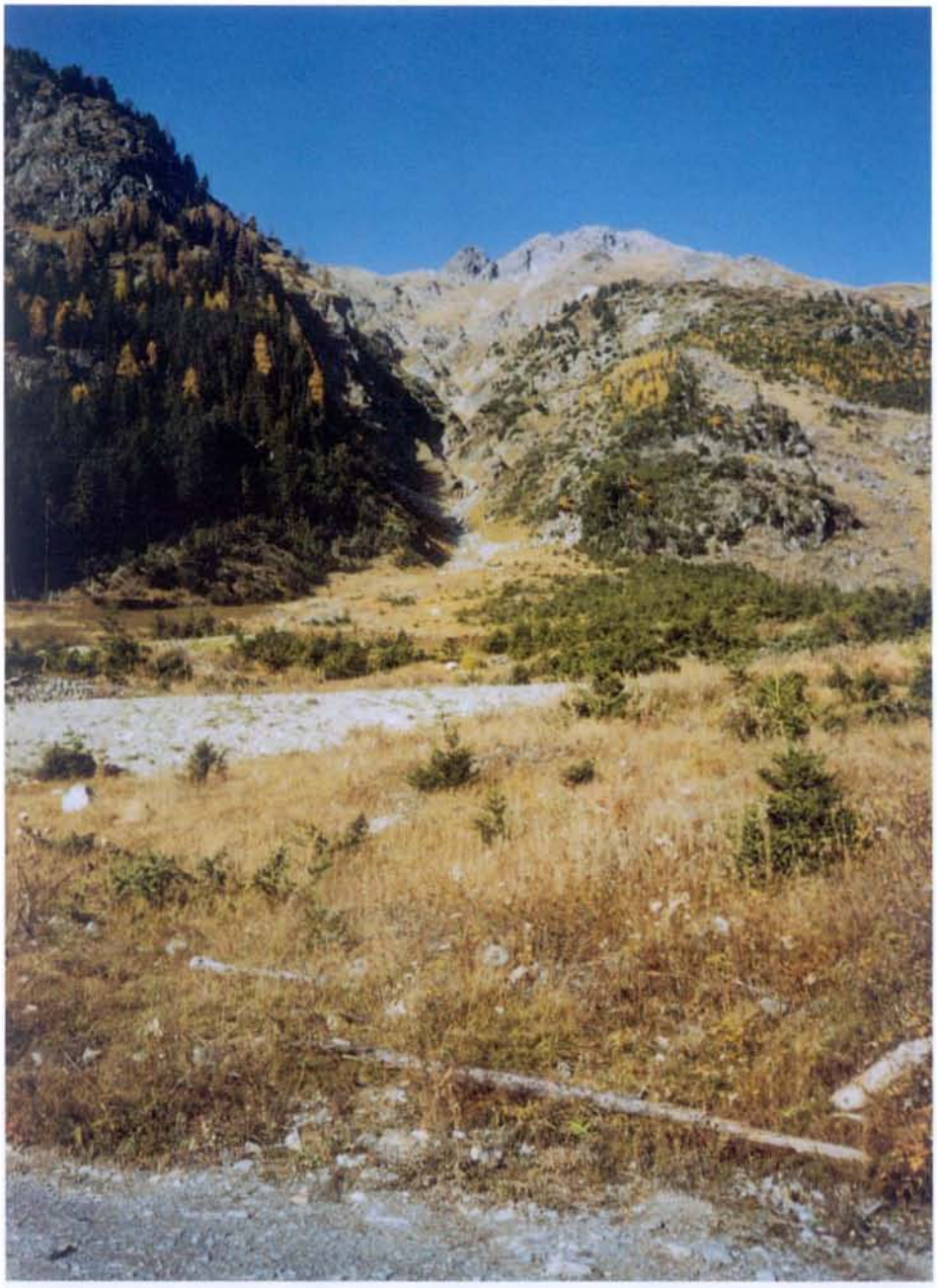

Foto 1: Lawinenbahn bei Mathon im Gemeindegebiet von Ischgl. Die Anbruchfläche befindet sich in der Gipfelregion, die schluchtartige Sturzbahn befindet sich in der Mitte des Bildes und im flachen Gelände im Vordergrund kommt die Lawine zur Ruhe. Im mittleren und unteren Abschnitt konnten besonders starke Schmetterlingspopulationen nachgewiesen werden.

Foto 2: Massive Verbauung der Anbruchbereiche auf der Peilspitze im Gemeindegebiet von Trins. Es muss mit einer deutlichen Abnahme der Schmetterlingsbestände in den nächsten Jahren gerechnet werden.

Foto 3: Verbauung einer Lawinenbahn auf der Nordkette oberhalb von Innsbruck. Zwischen den Kegeln kommt die Lawine schadlos zum Stillstand, aber ihre Bahn bleibt erhalten. Die ehemalige Sturzbahn wurde zur Akkumulationszone.

werden. Die Erhebungen von Referenzflächen sollten einerseits die Verhältnisse außerhalb der Lawinenbahnen, andererseits die zu erwartenden Veränderungen von Fauna und Flora nach einer Verbauung der Lawinenbahn dokumentieren.

Alle Versuchsflächen waren grundsätzlich 1000m² groß. Ergebnisse aus jenen Flächen, wo dieser Umfang nicht erreicht werden konnte, wurden auf diese Fläche hochgerechnet.
Die Untersuchungsflächen sind über einen großen Teil von Nordtirol verteilt. Eine Zusammenfassung von Informationen über die Untersuchungsgebiete findet man in der Tabelle 1, die Lage der Untersuchungsgebiete ist in Abb. 1 ersichtlich.
Die Erhebungen wurden ausschließlich bei Sonnenschein und Lufttemperaturen von über 12°C durchgeführt. Die Versuchsflächen wurden in parallelen Linien abgegangen, die jeweils etwa 5 m voneinander entfernt waren. Die Gehgeschwindigkeit wurde der Dichte der Schmetterlinge angepasst und somit wurde gewährleistet, dass alle anwesenden Individuen der berücksichtigten Gruppen wahrgenommen und notiert werden konnten. Jene Tiere, die nicht freifliegend bestimmt werden konnten, wurden mit einem Schmetterlingsnetz gefangen und entweder an Ort und Stelle oder im Labor nachbestimmt.
Die Informationen über die Vegetationsstruktur und Zahlen von einzelnen Schmetterlingsarten in allen Aufnahmen wurden in die Software DBreleve übernommen. Hier wurde die grundlegende Datenverarbeitung durchgeführt. Die Datenklassifikation wurde unter Anwendung der TWINSPAN-Prozedur (HILL 1979a) durchgeführt. Dabei wurde eine besondere Aufmerksamkeit der Bildung von Klassifikationsgruppen und den entsprechenden Indikatoren gewidmet. Die Bindung von Schmetterlingsvergesellschaftungen und Vegetationseinheiten wurde durch Vergleich der beiden Klassifikationen bewertet. Es wurden Aufnahmen bestimmt, die einer Klassifikationsgruppe der Schmetterlinge angehören und gleichzeitig einer bestimmten Klassifikationsgruppe der Vegetation zugeordnet werden können. Die Schmetterlingsvergesellschaftungen wurden weiter einer Ordinationsanalyse (Methode DCA, HILL, 1979b) unterzogen. Unter Anwendung von geläufigen statistischen Methoden (vor allem Regression) wurden Beziehungen zwischen den Umweltparametern, der Vegetation, der Diversität von Schmetterlingen und den Ergebnissen von Ordinationsanalyse gesucht.

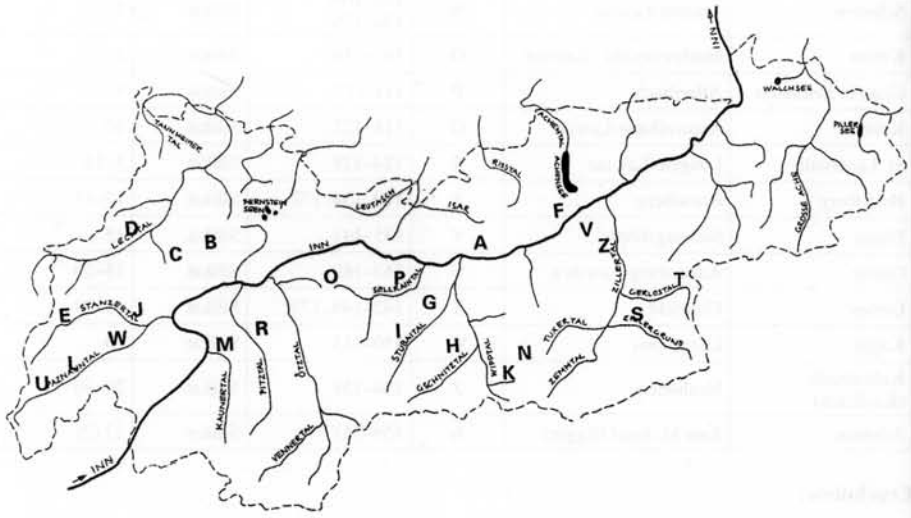

Abb. 1: Geographische Verteilung der Versuchsflächen in Nordtirol

Tabelle 1: Sturzbahnen auf den überwiegend gegen Süden gerichteten Hängen in Tirol, die als Versuchsflächen beigezogen wurden.

Gemeinde, Ortschaft	Lawine	Groß–raum	Flächen Nr.	Substrat	Verbauungs-alter (Jahre)
Rum	Rumer Alm	A	1–6	Karbonat	unverbaut
Innsbruck	Arzleralm	A	7–9, 171	Karbonat	unverbaut
Pfafflar	Ahorntallawine	B	10–16	Karbonat	5
Gramais	Gramaiser Heuberg	C	17–24	Karbonat	10
Elbigenalp	Köglen-Lawine	D	25–31	Karbonat	10
St. Anton	Kapall-Lawine	E	32–34	Karbonat	10–15
Schwaz	Staner Joch	F	35–39	Karbonat	15
Telfes	Kapfers-Lawine	G	40–46	Karbonat	20
Trins	Trins-Lawine	H	48–53, 168–169	Karbonat	20
Neustift	Kartal	I	54–61	Karbonat	30
Flirsch	Bergwald-Lawine	J	62–64, 170	Karbonat	30–40
Häselgehr	Häselgehrer Heuberg	D	65–69	Karbonat	30–40
Innsbruck	Gerlehner	A	70–75	Karbonat	50
Holzgau	Lawinen bei Schiggen	D	76–80	Karbonat	50
Vals	Ulten-Lawine	K	81–87	Silikat	unverbaut
Ischgl	Lawine bei Mathon	L	88–93	Silikat	unverbaut
Kaunerberg, Kauns	Lawinen am Kaunerberg	M	94–102	Silikat	unverbaut
Schmirn	Toldern-Lawine	N	103–106, 174–175	Silikat	3
Kühtai	Marlsteinwald - Lawine	O	107–110	Silikat	5
Gries in Selraintal	Allersbach	P	111–117	Silikat	9
Kühtai	Kreuzelhang-Lawine	O	118–123	Silikat	10
St. Leonhard	Longele-Lawine	R	124–128	Silikat	3–13
Brandberg	Brandberg	S	129–134, 172	Silikat	10–15
Fügen	Sonntagsköpfel	V	135–141	Silikat	15
Galtür	Adamsberg-Lawinen	U	162–169	Silikat	15–20
Gerlos	Ebenfeld	T	142–149, 173	Silikat	15–20
Kappl	Langesthai	W	150–155	Silikat	20
Kaltenbach (Riedbach)	Neuhütten	Z	156–158	Silikat	20–30
Schmirn	Zum hl. Josef (Egger)	N	159–161	Silikat	27 (?)

Ergebnisse:

Bei den Erhebungen wurden auf den Versuchsflächen insgesamt 130 tagaktive Schmetterlingsarten berücksichtigt (siehe Tab. 2).

Tabelle 2: Schmetterlingsarten, die bei den Erhebungen berücksichtigt wurden:

Art	Art	Art	Art
Papilionidae	*Clossiana titania*	*Lasiommata maera*	*Hesperia comma*
Parnassius phoebus	*Clossiana dia*	*Lasiommata petropolitana*	*Ochlodes venatus*
Parnassius apollo	*Melitaea phoebe*	**Riodinidae**	*Erynnis tages*
Papilio machaon	*Melitaea didyma*	*Hamearis lucina*	*Pyrgus malvae*
Pieridae	*Melitaea diamina*	*Lycaenidae*	*Pyrgus malvoides*
Leptidea sinapis/reali	*Melitaea varia*	*Calophrys rubi*	*Pyrgus alveus alticola*
Colias palaeno	*Melicta athalia*	*Thecla betulae*	*Pyrgus warrenensis*
Colias phicomone	*Euphydryas intermedia*	*Lycaena phlaeas*	*Pyrgus serratulae*
Colias crocea	*Euphydryas cynthia*	*Lycaena virgaureae*	*Pyrgus andromedae*
Colias hyale	*E. aurinia glaciegenita*	*Lycaena tityrus*	*Pyrgus cacaliae*
Gonepteryx rhamni	**Satyridae**	*Lycaena alciphron*	*Pyrgus sp.* *
Aporia crataegi	*Oeneis glacialis*	*Lycaena hippothoe*	**Arctiidae**
Pieris brassicae	*Minois dryas*	*Cupido minimus*	*Setina aurita*
Pieris rapae	*Erebia ligea*	*Glaucopsyche alexis*	*Parassemia plantaginis*
Pieris napi	*Erebia euryale*	*Maculinea arion*	*Hippocrita jacobeae*
Pieris bryoniae	*Erebia manto*	*Plebejus argus*	**Lasiocampidae**
Pontia callidice	*Erebia epiphron*	*Lycaeides idas*	*Lasiocampa quercus*
Anthocharis cardamines	*Erebia pharte*	*Aricia agestis*	**Zygaenidae**
Nymphalidae	*Erebia melampus*	*Aricia artaxerxes*	*Zygaena fausta*
Limenitis camilla	*Erebia aethiops*	*Eumedonia eumedon*	*Zygaena exulans*
Nymphalis antiopa	*Erebia medusa*	*Vacciniina optilete*	*Zygaena loti*
Inachis io	*Erebia alberganus*	*Albulina orbitulus*	*Zygaena viciae*
Vanessa atalanta	*Erebia gorge*	*Agriades glandon*	*Zygaena ephialtes*
Cynthia cardui	*Erebia tyndarus*	*Cyaniris semiargus*	*Zygaena transalpina*
Aglais urticae	*Erebia cassioides*	*Agrodietus damon*	*Zygaena filipendulae*
Polygonia c-album	*Erebia pronoe*	*Plebicula dorylas*	*Zygaena lonicerae*
Araschnia levana	*Erebia oeme*	*Plebicula amanda*	*Zygaena purpuralis*
Argynnis paphia	*Erebia pandrose*	*Lysandra coridon*	*Adscita geryon*
Mesoacidalia aglaja	*Maniola jurtina*	*Lysandra bellargus*	**Sphingidae**
Fabriciana adippe	*Hyponephele lycaon*	*Meleagria daphnis*	*Hemaris tityus*
Fabriciana niobe	*Aphantopus hyperanthus*	*Polyommatus icarus*	*Hemaris fuciformis*
Issoria lathonia	*Coenonympha arcania*	*Polyommatus eros*	*Macroglossum stellatarum*
Boloria pales	*Coenonympha gardetta*	**Hesperidae**	*Saturniidae*
Boloria napaea	*Coenonympha pamphilus*	*Carterocephalus palaemon*	*Aglia tau*
Clossiana selene	*Pararge aegeria*	*Thymelicus sylvestris*	
Clossiana euphrosyne	*Lasiommata megera*	*Thymelicus lineolus*	

* Bei der Gattung *Pyrgus* wurden oft Individuen beobachtet, die nicht gefangen und bestimmt werden konnten. Die Aufzeichnung ihrer Anwesenheit war jedoch für die Auswertung der Artenzahl und Diversität wichtig.

Im ersten Schritt wurde die Position von einzelnen Versuchsflächen im Ordinationsraum ermittelt. Sie ist durch die Faktoren Seehöhe, Hangorientierung, Alter der Verbauung, Deckungsgrad der Krautschicht, Nutzungsform und Artenspektrum der Schmetterlinge definiert (siehe Abb. 2). Die Analyse hat gezeigt, dass die Versuchsflächen in zwei große Gruppen aufgeteilt werden können, wobei sich die Trennlinie auf einer Seehöhe von 1600m befindet. Die erste Ordinationsachse (DCA1) korreliert in den beiden Teilgruppen mit der Seehöhe (Abb. 3), die zweite (DCA 2) ist bis 1600m mäßig fallend, in den höheren Lagen jedoch aufsteigend (Abb. 4). Eine entscheidende Bedeutung hat auch der geologische Untergrund.

Statistisch nachgewiesene Gesetzmäßigkeiten in den Schmetterlingsgesellschaften auf den Untersuchungsflächen:

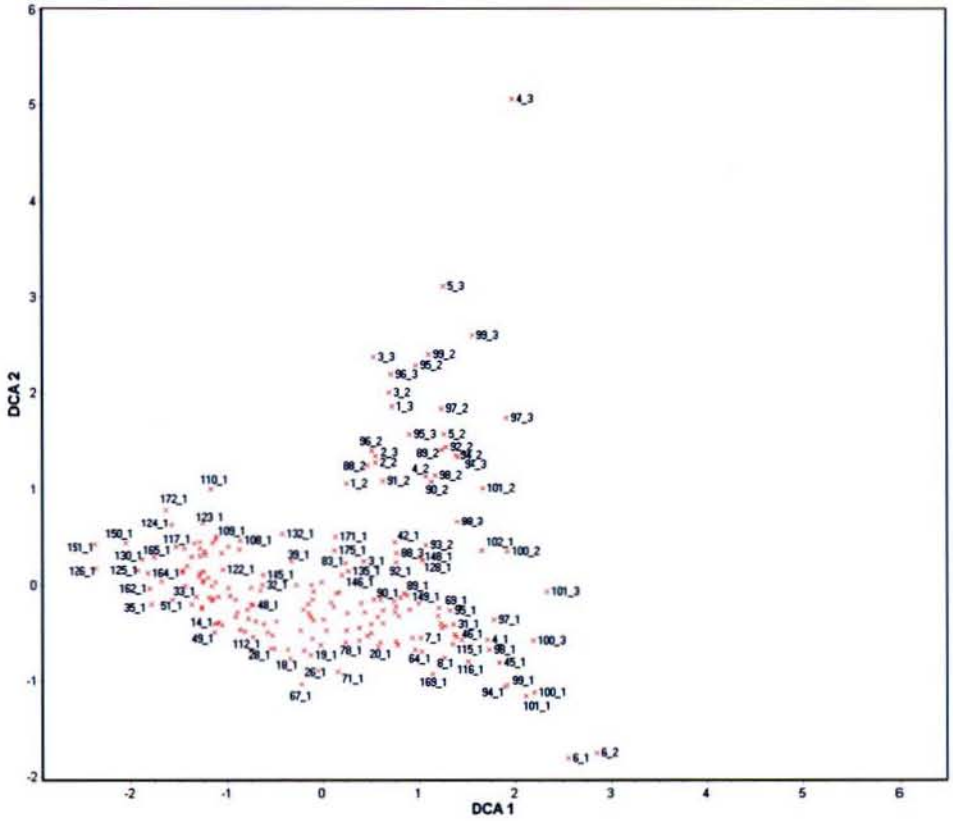

Abb. 2: Lage der einzelnen Versuchsflächen im Ordinationsraum.
Mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit wurden nur einige Bestandsaufnahmen beschriftet.

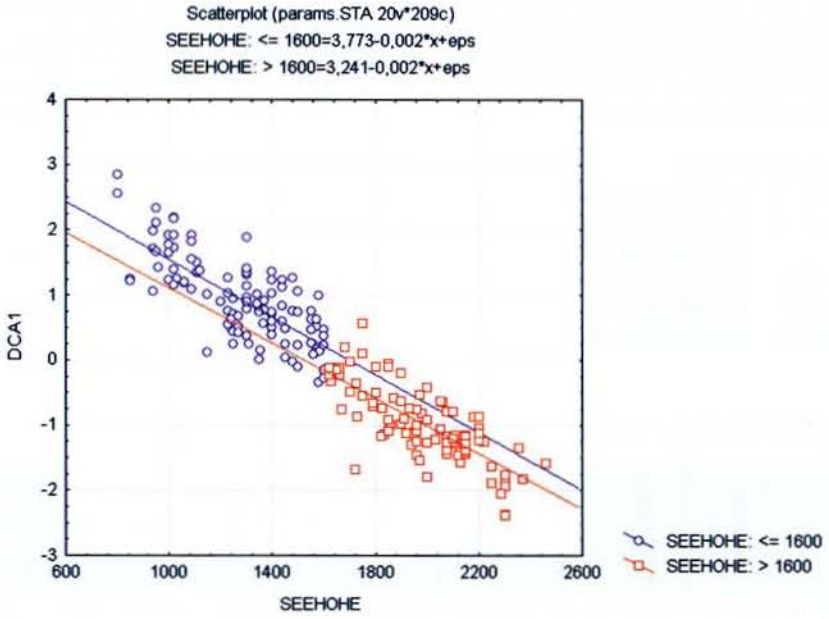

Abb. 3: Korrelation der ersten Ordinationsachse mit der Seehöhe

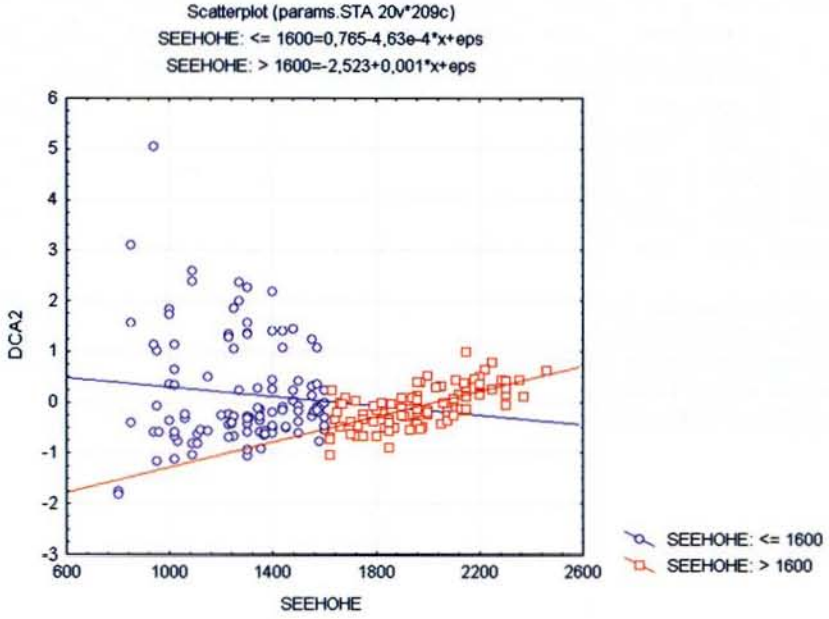

Abb. 4: Lage der einzelnen Versuchsflächen im Bezug auf die 2. Ordinationsachse. Die Seehöhe von 1600m entzweit das Kontinuum der Lebensräume.

Mit Hilfe von Korrelationskoeffizienten wurden Beziehungen zwischen Variablen (Seehöhe, Deckungsgrad der Vegetation, Verteilung der Schmetterlingsgesellschaft entlang der Ordinationsachsen, Artenzahl, Ausgeglichenheit und Diversität) berechnet. Die Ergebnisse wurden in der Tab. 3-5 zusammengefasst. Jene Korrelationen wurden mit einem * bezeichnet, die auf einem 5% Niveau mathematisch nachgewiesen werden konnten, jene, die mehr als 80% der Varianz erklären, erscheinen zusätzlich fett.

Erläuterung der Kürzel:

VEGDEC_1:	Deckungsgrad der Krautschicht in %
VEGDEC_2 :	Deckungsgrad der Strauchschicht in %
DCA1	Verteilung der Schmetterlingsgesellschaft entlang der (ersten) Ordinationsachse
ARTZAHL	Gesamtartenzahl auf der Probefläche
DIVERSIT	Gesamtartendiversität (Shannon-Wiener-Index) zur Beurteilung der Gesellschaft
EVENNESS	Ausgeglichenheit, berechnet auf der Basis der Diversität

Tabelle 3: Beziehungen zwischen Variablen auf allen Versuchsflächen (N=206)

	Seehöhe (m)	VEGDEC1	VEGDEC2	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4	Artenzahl	Diversität	Evenness
SEEHOHE	1,0000	-,0284	,1421	-,9307*	-,2270*	-,3500*	-,1150	,3771*	,1231	-,2980*
VEGDEC1	-,0284	1,0000	-,0462	,0562	-,0412	,0696	-,0259	-,1231	-,0385	,1174
VEGDEC2	,1421	-,0462	1,0000	-,0804	,0493	-,1153	,1734	-,1682	-,1246	-,0293
DCA1	-,9307*	,0562	-,0804	1,0000	,1166	,4685*	,1258	-,3554*	-,1256	,2632*
DCA2	-,2270*	-,0412	,0493	,1166	1,0000	-,3136*	,1357	-,1592	,0582	,2691*
DCA3	-,3500*	,0696	-,1153	,4685*	-,3136*	1,0000	-,0402	-,1713	-,2336*	,0216
DCA4	-,1150	-,0259	,1734	,1258	,1357	-,0402	1,0000	-,1427	-,0155	,1805
ARTZAHL	,3771*	-,1231	-,1682	-,3554*	-,1592	-,1713	-,1427	1,0000	,7263*	-,0073
DIVERSIT	,1231	-,0385	-,1246	-,1256	,0582	-,2336*	-,0155	,7263*	1,0000	,6172*
EVENNESS	-,2980*	,1174	-,0293	,2632*	,2691*	,0216	,1805	-,0073	,6172*	1,0000

Die erste Ordinationsachse korreliert stark negativ mit der Seehöhe, die zweite negativ mit dem Deckungsgrad der Krautschicht und die dritte negativ mit der Seehöhe. Die Artenzahl korreliert negativ mit dem Deckungsgrad der Kraut- und der Strauchschicht und positiv mit der Diversität. Die Diversität korreliert negativ mit dem Deckungsgrad der Krautschicht.
Die Ausgeglichenheit korreliert negativ mit der Seehöhe.

Tabelle 4: Beziehungen zwischen Variablen auf Versuchsflächen über Karbonat (N=90)

	Seehöhe (m)	VEGDEC1	VEGDEC2	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4	Artenzahl	Diversität	evenness
SEEHOHE	1,0000	,0573	,0892	-,9340*	-,0837	-,1763*	-,0337	,0613	-,0229	-,2535*
VEGDEC1	,0573	1,0000	,0398	-,1177	-,1988*	-,0088	,1245	-,1585*	-,2095*	-,1182
VEGDEC2	,0892	,0398	1,0000	-,0524	-,0097	-,0722	,1132	-,1488*	-,0958	,0367
DCA1	-,9340*	-,1177	-,0524	1,0000	,0537	,2258*	-,0041	-,0029	,0641	,2529*
DCA2	-,0837	-,1988*	-,0097	,0537	1,0000	-,1782*	,0321	-,1253	,0822	,2950*
DCA3	-,1763*	-,0088	-,0722	,2258*	-,1782*	1,0000	,0439	-,1513*	-,1847*	,0394
DCA4	-,0337	,1245	,1132	-,0041	,0321	,0439	1,0000	-,1053	-,0469	,0781
ARTZAHL	,0613	-,1585*	-,1488*	-,0029	-,1253	-,1513*	-,1053	1,0000	,7574*	-,0361
DIVERSIT	-,0229	-,2095*	-,0958	,0641	,0822	-,1847*	-,0469	,7574*	1,0000	,5355*
EVENNESS	-,2535*	-,1182	,0367	,2529*	,2950*	,0394	,0781	-,0361	,5355*	1,0000

Die erste Ordinationsachse korreliert stark negativ, die zweite und dritte negativ mit der Seehöhe. Die Artenzahl korreliert positiv mit der Seehöhe (Abb. 5) und negativ mit der ersten Ordinationsachse. Die Ausgeglichenheit korreliert negativ mit der Seehöhe und jeweils positiv mit der ersten und zweiten Ordinationsachse.

Tabelle 5: Beziehungen zwischen Variablen auf Versuchsflächen über Silikat (N=116)

	Seehöhe (m)	VEGDEC1	VEGDEC2	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4	Artenzahl	Diversität	Evenness
SEEHOHE	1,0000	,1478	,0903	-,9491*	-,0779	-,0389	,0063	-,1416	-,1935*	-,3244*
VEGDEC1	,1478	1,0000	,0628	-,1935*	-,2545*	-,0495	,1450	-,1510	-,2543*	-,1902*
VEGDEC2	,0903	,0628	1,0000	-,0501	-,0460	-,0247	,0931	-,1279	-,0416	,1556
DCA1	-,9491*	-,1935*	-,0501	1,0000	,0544	,0595	-,0505	,1769	,2106*	,2986*
DCA2	-,0779	-,2545*	-,0460	,0544	1,0000	-,0073	-,0011	-,1646	,0348	,2630*
DCA3	-,0389	-,0495	-,0247	,0595	-,0073	1,0000	,0882	-,1394	-,1357	,0712
DCA4	,0063	,1450	,0931	-,0505	-,0011	,0882	1,0000	-,0900	-,0537	,0506
ARTZAHL	-,1416	-,1510	-,1279	,1769	-,1646	-,1394	-,0900	1,0000	,7819*	-,0969
DIVERSIT	-,1935*	-,2543*	-,0416	,2106*	,0348	-,1357	-,0537	,7819*	1,0000	,4324*
EVENNESS	-,3244*	-,1902*	,1556	,2986*	,2630*	,0712	,0506	-,0969	,4324*	1,0000

Die erste Ordinationsachse korreliert stark negativ mit der Seehöhe und negativ mit dem Deckungsgrad der Krautschicht. Die zweite Ordinationsachse korreliert negativ mit dem Deckungsgrad der Krautschicht. Die Diversität korreliert negativ mit der Seehöhe und mit dem Deckungsgrad der Krautschicht, positiv mit der ersten Ordinationsachse. Die Ausgeglichenheit korreliert negativ mit der Seehöhe und dem Deckungsgrad der Krautschicht und jeweils positiv mit der ersten und zweiten Ordinationsachse.

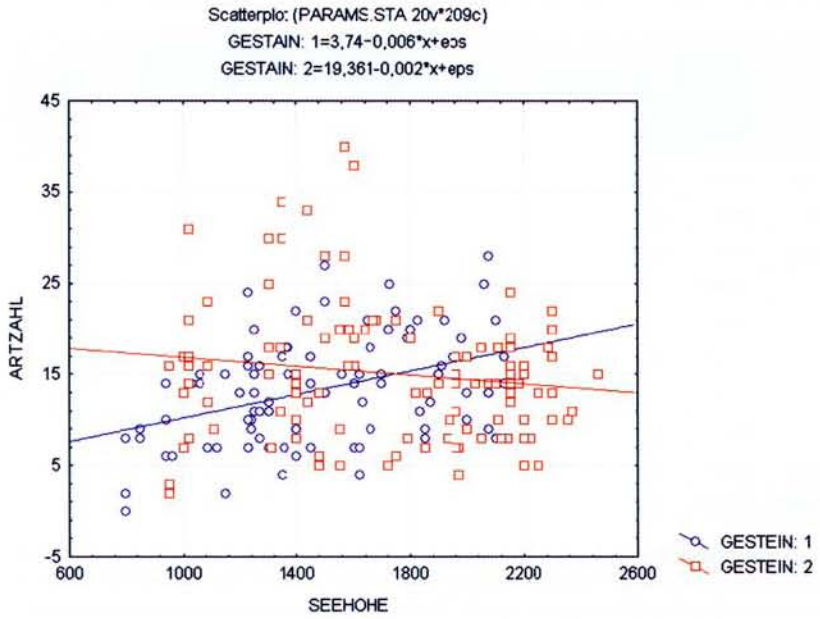

Abb. 5: Beziehung zwischen der Artenzahl und der Seehöhe.

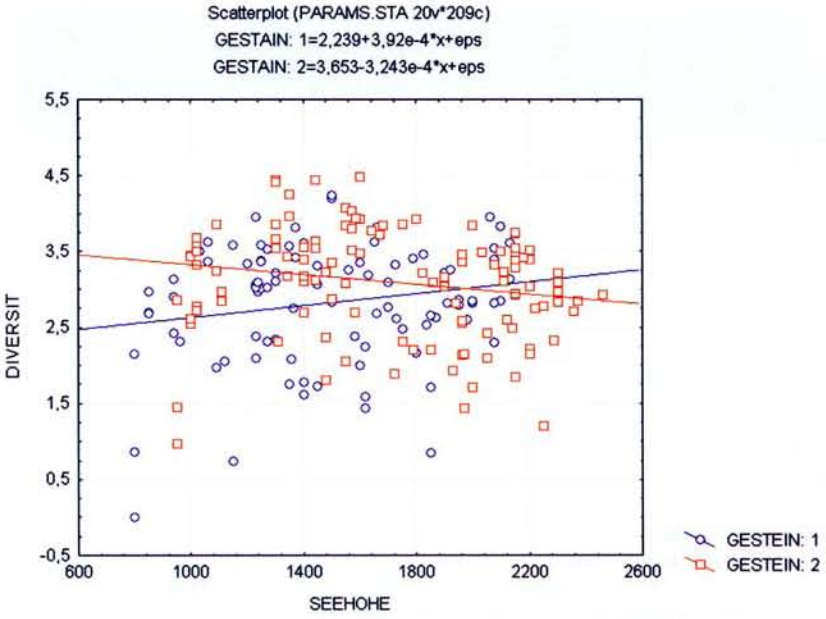

Abb. 6: Veränderungen der Diversität unter Berücksichtigung vom geologischen Aufbau.

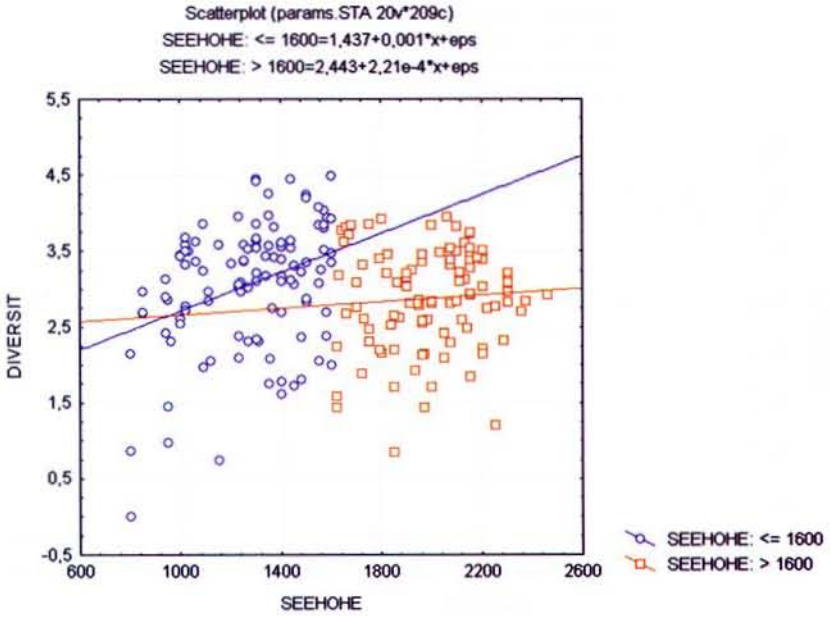

Abb. 7: Veränderungen der Diversität mit der Seehöhe.

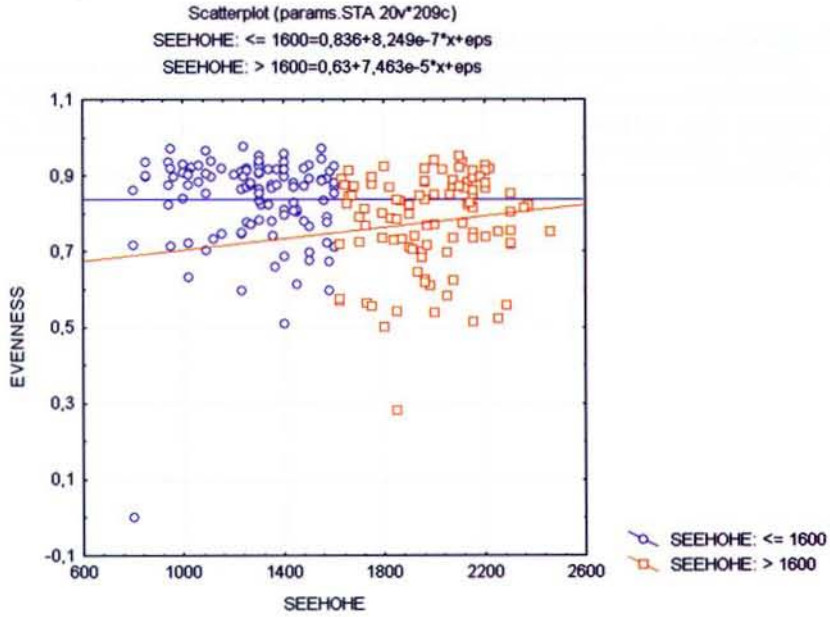

Abb. 8: Beziehung zwischen der Ausgeglichenheit und der Seehöhe.

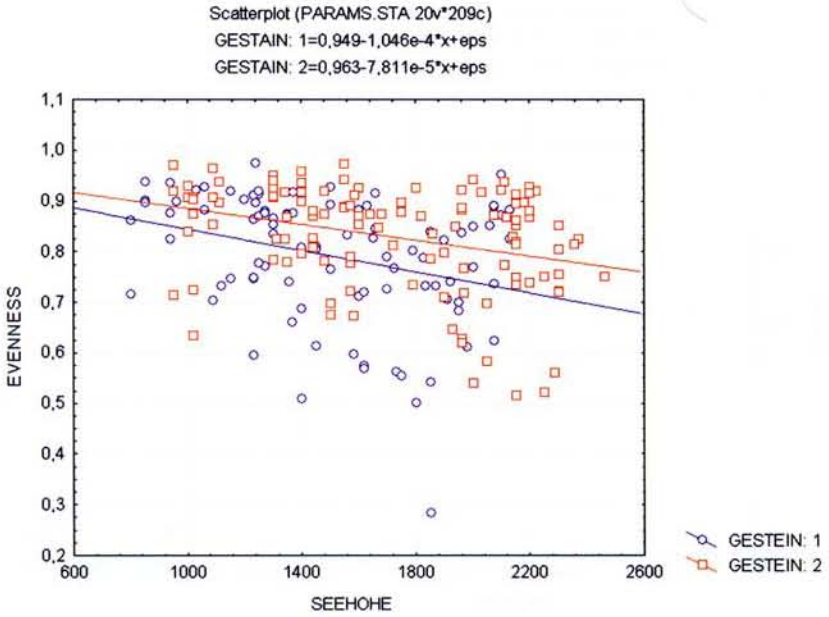

Abb. 9: Veränderungen der Ausgeglichenheit mit der Seehöhe unter Berücksichtigung von verschiedenen Gesteinstypen.

Beziehungen zwischen Standorttypen und Schmetterlingsgesellschaften:
Die Position von allen während der Bestandsaufnahmen festgestellten Schmetterlings- und Pflanzenarten im Ordinationsraum wurde durch die TWINSPAN-Prozedur analysiert. Auf Grund der Ergebnisse wurden Schmetterlings- und Pflanzenvergesellschaftungen (Klassifikationsgruppen) berechnet und diese gegeneinander aufgestellt. Die Ergebnisse haben die empirisch bekannten Präferenzen der Schmetterlinge für bestimmte Lebensraumtypen bestätigt.

Tabelle 6: Standortklassifikation nach Vegetation, berechnet mit der TWINSPAN-Prozedur. (Vorkommen: 1 – verzeichnete Art, 2 – subdominante Art, 3 – dominante Art [definiert als cut-levels])

*0 *Dactylis glomerata 1* /Standorte der tieferen Lagen/	*00 *Taraxacum* sp. 1 *Trifolium pratense* 2 /austrocknende Standorte/	*000 *Euphorbia cyparissias* 1 *Verbascum thapsus* 1 *Fragaria vesca* 1 *Hieracium pilosella* 1 *Thymus pulegioides* 1 *Rubus idaeus* 1 *Campanula scheuchzeri* 1 /Bestände ohne geschlossene Pflanzendecke, gestörte, bzw. Extremstandorte/
		*001 /mesophile Wiesenbestände, einige von ihnen verbuschen
	*01 *Gymnadenia conopsea* 1 *Carduus defloratus* 1 *Parnassia palustris* 1 *Anthyllis vulneraria* 1 *Laserpitium latifolium* 1 /frische Standorte/	*010
		*011 *Cirsium oleraceum* 1 /gestörter Standort der Klasse Alno-Ulmion/
*1 *Arnica montana* 1 *Vaccinium myrtillus* 1 *Calluna vulgaris* 1 *Homogyne alpina* 1 *Vaccinium vitis-idaea* 1 *Campanula barbata* 1 /Standorte der höheren Lagen/	*10	*100 *Vaccinium vitis-idaea* 1 *Avenella flexuosa* 1
		*101 *Botrychium lunaria* 1 *Nigritella rhellicani* 1 *Ranunculus montanus* 1 *Festuca sp.* 1
	*11 *Hippocrepis comosa* 1 *Primula auricula* 1 *Sesleria varia* 1	*110
		*111 *Agrostis alpina* 1

Tabelle 7: Aufnahmeklassifikation, berechnet mit der TWINSPAN-Prozedur. Bei jeder Klassifikationsgruppe ist für die jeweilige Ebene eine Indikatorgruppe mit der Häufigkeitsklasse der einzelnen Arten angegeben (Vorkommen: 1 – verzeichnete Art, 2 – subdominante Art, 3 – dominante Art [definiert als cut-levels])

*0 *Coenonympha gardetta* 1 *Erebia epiphron* 1 *Erebia manto* 1 *Parasemia plantaginis* 1 *Boloria pales/napaea* 1	*00 *Parasemia plantaginis* 1	*000 *Boloria pales/napaea* 1 *Pyrgus malvae* 1 *Erebia tyndarus* 1 *Erebia pandrose* 1
		*001 *Coenonympha gardetta* 2 *Euphydryas aurinia* 1 *Erebia cassioides* 2
	*01 *Erebia aethiops* 1 *Erebia manto* 2 *Lysandra coridon* 1 *Zygaena transalpina* 1 *Erebia pronoe* 1 *Erebia melampus* 1	*010 *Vanesa atalanta* 1
		*011 *Erebia oeme* 1 *Zygaena loti* 1 *Thymelicus sylvestris* 1 *Colias hyale* 1
*1 *Pieris napi* 1 *Polyommatus icarus* 1	*10 *Erebia aethiops* 1 *Pieris rapae* 1 *Lysandra coridon* 1 *Mesoacidalia aglaja* 1 *Erebia euryale* 2	*100 *Lysandra coridon* 2 *Melitaea athalia* 1 *Zygaena lonicerae* 1 *Cyaniris semiargus* 1
		*101
	*11 *Clossiana euphrosyne* 2 *Erebia medusa* 1	*110 *Aglais urticae* 1 *Pieris rapae* 1
		*111 Colias hyale 1 Hemearis lucina 1 Polyommatus icarus 1 Erebia medusa 1 Lycaena tityrus 1

Tabelle 8: Kontingence zwischen Klassifikationsgruppen von Schmetterlingen und Pflanzen (jeweils auf der 3. Stufe der TWINSPAN-Analyse). Mit einem * sind jene Frequenzen bezeichnet, die deutlich höher sind, als es einer zufälligen Verteilung entsprechen würde.

	SCHMETTERLINGE								
VEGET	***000**	***001**	***010**	***011**	***100**	***101**	***110**	***111**	**Total**
***010**	1	8	21*	4*	9*	1	2		46
***100**	18*	28*	1	2	1	1			51
***101**	3*	1	1						5
***111**	2*								2
***001**		5	4	1	8	21*	7	5	51
***011**		1			1*				2
***110**		6*	2						8
***000**			1		8*	10*	14*	8*	41
Total	24	49	30	7	27	33	23	13	206

	Chi-sqr	**df**	**p**
Max Likelihood Chi-square	256,1800	49	,000000
Pearson Chi-square	254,9952	49	,000000

Tabelle 9: Kontingence zwischen Klassifikationsgruppen von Schmetterlingen und Standorttypen (auf der 3. Stufe der TWINSPAN-Analyse). Mit einem * sind jene Frequenzen bezeichnet, die deutlich höher sind, als es einer zufälligen Verteilung entsprechen würde.

	STANDORT											
INSECT	**1 Anbruch** (aktiv)	**2 Bahn** (aktiv)	**3 Ablagerung** (aktiv)	**4 Windwurf**	**6 Anbruch** (verbaut)	**7 Bahn** (verbaut)	**8 Ablagerung** (verbaut)	**9 Aufforstung**	**10 ged. Wiese**	**11 Weide**	**12 Brache**	**Total**
***000**	5*	6			4*	2				3	4*	24
***001**	8*	22*		1	2	5*		2		7	2	49
***010**	3	15*	1		1	3		1	1	3	2	30
***011**		3	1*			1					2*	7
***100**		10	1	3		1	2*	1	1	8*	1	28
***101**		8	7*	5			1		9*	4		34
***110**		5		9*				3*	5*	1		23
***111**		5	1	3*					1	3		13
Total	16	74	11	21	7	12	3	7	17	29	11	208

	Chi-sqr	**df**	**p**
Max Likelihood Chi-square	173,1592	70	,000000
Pearson Chi-square	172,7551	70	,000000

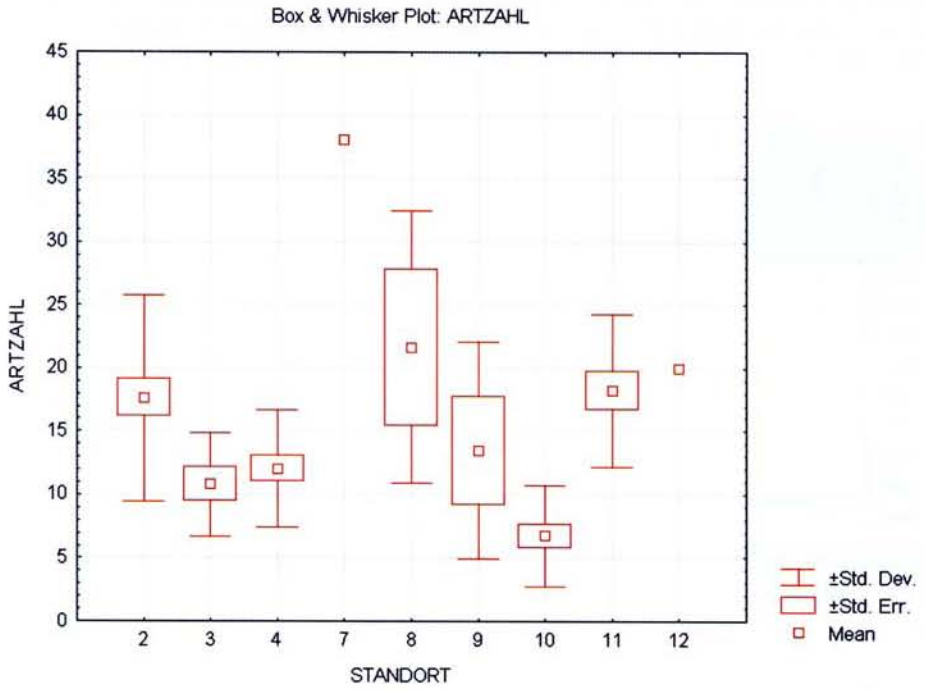

Abb. 10: Artenzahlen in verschiedenen Standorttypen (2 Sturzbahnen der verbauten Lawinen, 3 Ablagerungsflächen der verbauten Lawinen, 4 Windwurf, 7 Sturzbahnen der aktiven Lawinen (nur 12 Versuchsflächen), 8 Ablagerungsflächen der aktiven Lawinen, 9 Aufforstungen außerhalb der Lawinenbahn, 10 gedüngte Wiesen außerhalb der Lawinenbahn, 11 Weiden außerhalb der Lawinenbahn, 12 Brachen außerhalb der Lawinenbahn.

Die höchsten Artenzahlen findet man auf den Sturzbahnen (7) und in den Ablagerungsbereichen von aktiven Lawinen (8).
Verbaute Sturzbahnen (2), Weiden (11) und Brachen (12) beherbergen vergleichbar viele Arten.
Die wenigsten Arten findet man auf gedüngten Wiesen (10), auf den Ablagerungsflächen der verbauten Lawinenbahnen (3) und auf den Windwurfflächen (4).

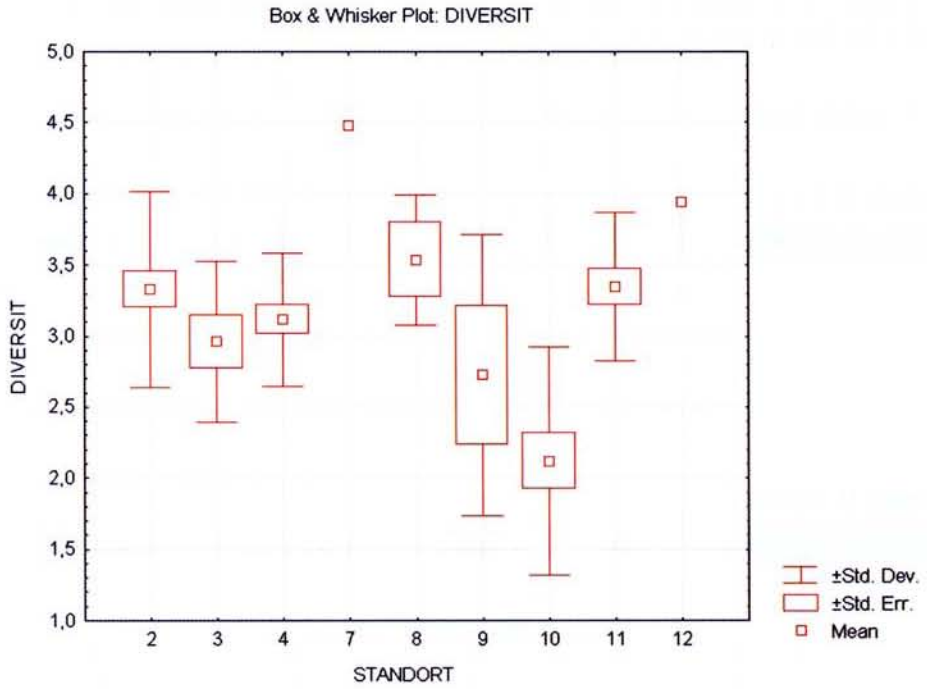

Abb. 11: Diversität in verschiedenen Standorttypen (2 Sturzbahnen der verbauten Lawinen, 3 Ablagerungsflächen der verbauten Lawinen, 4 Windwurf, 7 Sturzbahnen der aktiven Lawinen (nur 12 Versuchsflächen), 8 Ablagerungsflächen der aktiven Lawinen, 9 Aufforstungen außerhalb der Lawinenbahn, 10 gedüngte Wiesen außerhalb der Lawinenbahn, 11 Weide außerhalb der Lawinenbahn, 12 Brache außerhalb der Lawinenbahn.

Die höchste Diversität findet man auf den Sturzbahnen (7) und auf Brachen (12). Die Zahl der ausgewerteten Standorte ist jedoch niedrig und die Ergebnisse sind daher unzureichend abgesichert. Die niedrigste Diversität wurde auf gedüngten Wiesen (10) und auf den aufgeforsteten Flächen (9) festgestellt.

Einige Versuchsflächen wurden mit den ihnen entsprechenden Referenzflächen im Bezug auf ihre Artenvielfalt, Diversität und Individuendichte überprüft. Eine eingehende statistische Auswertung war jedoch nicht möglich, da die Flächenzahl von einzelnen Kategorien für einen statistischen Nachweis zu niedrig gewesen ist.

Für aktive Lawinenbahnen und solche, die höchstens vor 10 Jahren verbaut wurden, wurde im Bezug auf andere Lebensraumtypen folgendes festgestellt:

1. Vergleich: Sturzbahn – Weide

Tabelle 10: Diversität: Sturzbahn (Kategorie 1) – Weide (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	1		3,06	
1	2	1		2,76	
2	1	16	2,93	3,61	4,45
2	2	16	2,22	3,23	4,42

Tabelle 11: Individuendichte (pro 1000m²): Sturzbahn (Kategorie 1) – Weide (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	1		54,0	
1	2	1		158,0	
2	1	16	25,0	95,3	186,0
2	2	16	29,0	77,3	180,5

2. Vergleich: Sturzbahn – gedüngte Mähwiese

Tabelle 12: Diversität: Sturzbahn (Kategorie 1) – gedüngte Mähwiese (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	6	2,69	3,14	3,59
1	2	6	0,00	1,44	3,10
2	1	8	2,34	3,52	4,45
2	2	8	0,97	2,04	2,86

Tabelle 13: Individuendichte (pro 1000m²): Sturzbahn (Kategorie 1) – gedüngte Mähwiese (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	6	11,4	33,2	59,0
1	2	6	0	15,1	44,0
2	1	8	35,0	100,0	165,7
2	2	8	5,0	30,1	95,0

3. Vergleich: Sturzbahn – Brache

Tabelle 14: Diversität: Sturzbahn (Kategorie 1) – Brache (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	7	2,39	2,99	3,61
1	2	7	1,60	2,54	3,96
2	1	18	2,16	3,31	4,48
2	2	18	1,44	2,97	4,03

Tabelle 15: Individuendichte (pro 1000m²): Sturzbahn (Kategorie 1) – Brache (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	7	29,0	97,7	209,0
1	2	7	26,7	93,2	194,0
2	1	18	35,0	115,2	226,3
2	2	18	20,0	60,5	180,5

Auf Bahnen mit einer Verbauung, die 10 – 20 Jahre alt ist, wurde folgendes festgestellt:

4. Vergleich verbaute Lawinenbahn – Weide

Tabelle 16: Diversität: verbaute Sturzbahn (Kategorie 1) – Weide (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	6	2,83	3,48	4,20
1	2	6	1,73	2,85	3,34
2	1	5	2,94	3,39	3,84
2	2	5	2,14	3,12	3,94

Tabelle 17: Individuendichte (pro 1000m²): verbaute Sturzbahn (Kategorie 1) – Weide (Kategorie 2)

	Kategorie	Zahl	Minimum	Durchschnitt	Maximum
1	1	6	26,0	94,3	286,0
1	2	6	18,8	68,0	184,4
2	1	5	30,0	75,3	164,0
2	2	5	40,0	57,5	77,0

Praktisch immer ist die Diversität der Schmetterlingsgesellschaften auf den Sturzbahnen höher, als auf den Referenzflächen. Auf den aktiven Lawinenbahnen ist der Unterschied deutlicher.
Die Individuendichte ist auf den Lawinenbahnen üblicherweise höher, als auf den entsprechenden Referenzflächen, lediglich die Weiden sind individuenreicher, als die aktiven Sturzbahnen.

AUSWIRKUNGEN DER VERBAUUNG AUF DIE LEBENSGEMEINSCHAFTEN

Tabelle 18. Korrelationen zwischen veränderlichen Faktoren auf verbauten Lawinenbahnen. GESTEIN=1 (Karbonat) (über 1600m)

	Verbaut	Seehöhe	VEGDEC_1	VEGDEC_2	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4	Artenzahl	Diversität	Evenness
VERBAUT	1,0000	-,2596	,2966*	-,1215	,1106	-,1269	-,0024	-,2906	-,4100*	-,2778	-,1066
SEEHÖHE	-,2596	1,0000	-,1177	,1098	**-,8319***	,4585*	-,5933*	,0886	,2908*	,4004*	,4330*
VEGDEC_1	,2966*	-,1177	1,0000	-,1260	,0581	,0997	-,1675	-,0555	-,1437	-,0101	,0585
VEGDEC_2	-,1215	,1098	-,1260	1,0000	-,0161	,2308	-,1826	,0757	-,1882	,0030	,1629
DCA1	,1106	**-,8319***	,0581	-,0161	1,0000	-,4920*	,5505*	-,0108	-,0700	-,1054	-,0790
DCA2	-,1269	,4585*	,0997	,2308	-,4920*	1,0000	-,5787*	,0799	,2609	,6132*	,5641*
DCA3	-,0024	-,5933*	-,1675	-,1826	,5505*	-,5787*	1,0000	-,1123	,0633	-,1050	-,2206
DCA4	-,2906	,0886	-,0555	,0757	-,0108	,0799	-,1123	1,0000	-,0707	,0766	,1678
ARTZAHL	-,4100*	,2908*	-,1437	-,1882	-,0700	,2609	,0633	-,0707	1,0000	**,7371***	,3193*
DIVERSIT	-,2778	,4004*	-,0101	,0030	-,1054	,6132*	-,1050	,0766	**,7371***	1,0000	**,8443***
EVENNESS	-,1066	,4330*	,0585	,1629	-,0790	,5641*	-,2206	,1678	,3193*	**,8443***	1,0000

In den höheren Lagen über Karbonat korreliert die Artenzahl negativ, der Deckungsgrad der Krautschicht positiv mit der Verbauung. Eine vergleichbare Gegenüberstellung in den tieferen Lagen hat gezeigt, dass die Beziehung zwischen der Verbauung und dem Deckungsgrad der Krautschicht aufrecht bleibt, die Auswirkung auf die Artenzahl jedoch statistisch unbedeutend ist.

Tabelle 19. Korrelationen zwischen veränderlichen Faktoren auf verbauten Lawinenbahnen GESTEIN=2 (Silikat)

	Verbaut	Seehöhe	VEGDEC_1	VEGDEC_2	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4	Artenzahl	Diversität	Evenness
VERBAUT	1,0000	-,0328	,5486*	-,0627	,1780	-,3049*	,1417	-,0052	-,2496	-,4189*	-,2194
SEEHOHE	-,0328	1,0000	-,2952*	,2865*	**-,8060***	-,0066	,0947	-,2106	,2447	,2068	-,1299
VEGDEC_1	,5486*	-,2952*	1,0000	,0544	,2511	-,2119	,0193	,2910*	-,0862	-,2795*	-,2393
VEGDEC_2	-,0627	,2865*	,0544	1,0000	-,1487	-,1016	,0450	,4578*	-,1664	-,1775	,0585
DCA1	,1780	**-,8060***	,2511	-,1487	1,0000	-,1769	-,0278	,0809	-,2162	-,2676	-,0602
DCA2	-,3049*	-,0066	-,2119	-,1016	-,1769	1,0000	-,0446	-,1156	-,2319	,0423	,4410*
DCA3	,1417	,0947	,0193	,0450	-,0278	-,0446	1,0000	,1798	-,2690	-,2684	,1634
DCA4	-,0052	-,2106	,2910*	,4578*	,0809	-,1156	,1798	1,0000	-,4128*	-,3688*	,3124*
ARTZAHL	-,2496	,2447	-,0862	-,1664	-,2162	-,2319	-,2690	-,4128*	1,0000	**,7986***	-,4323*
DIVERSIT	-,4189*	,2068	-,2795*	-,1775	-,2676	,0423	-,2684	-,3688*	**,7986***	1,0000	,0155
EVENNESS	-,2194	-,1299	-,2393	,0585	-,0602	,4410*	,1634	,3124*	-,4323*	,0155	1,0000

Über Silikat besteht in den tieferen Lagen eine positive Korrelation zwischen der Verbauung und dem Deckungsgrad der Krautschicht und eine negative Korrelation zwischen Verbauung und Diversität.

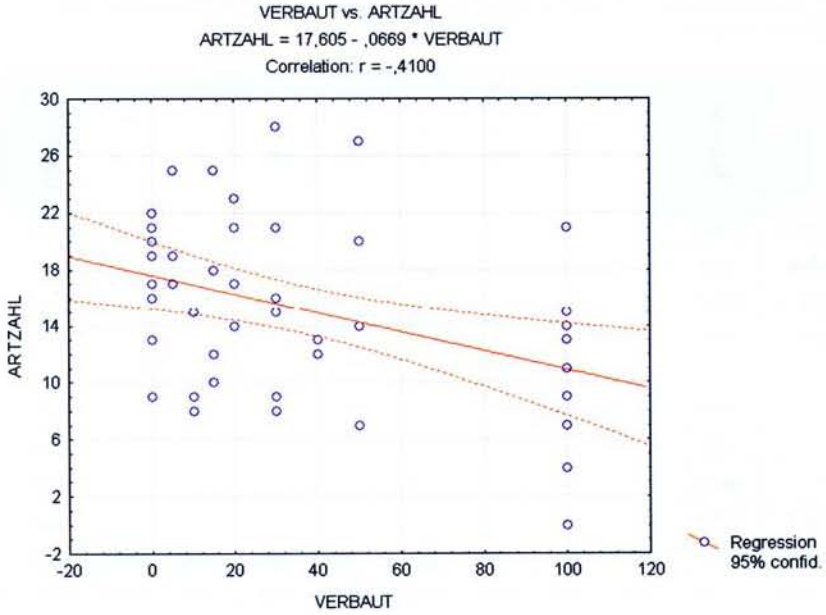

Abb. 12: Alter der Verbauung und Artenzahl der Schmetterlinge über Karbonat.

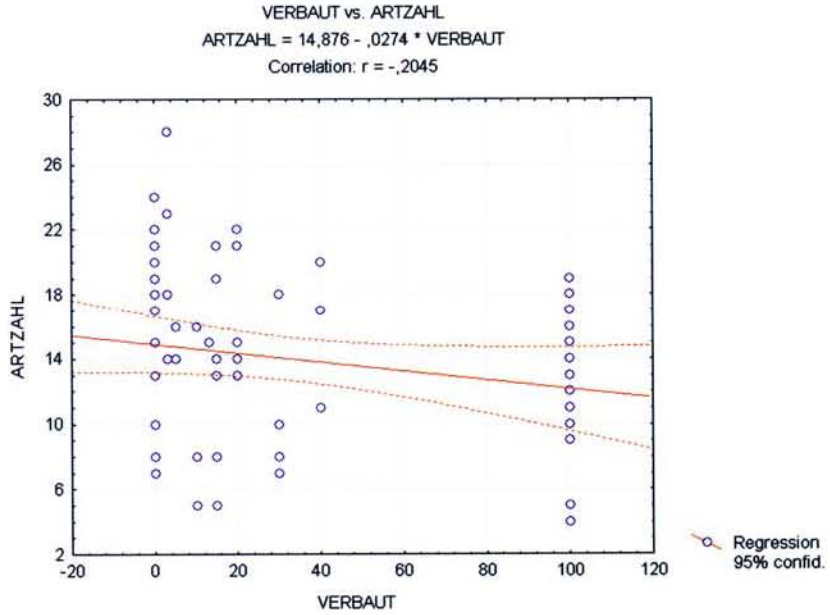

Abb. 13: Alter der Verbauung und Artenzahl der Schmetterlinge über Silikat.

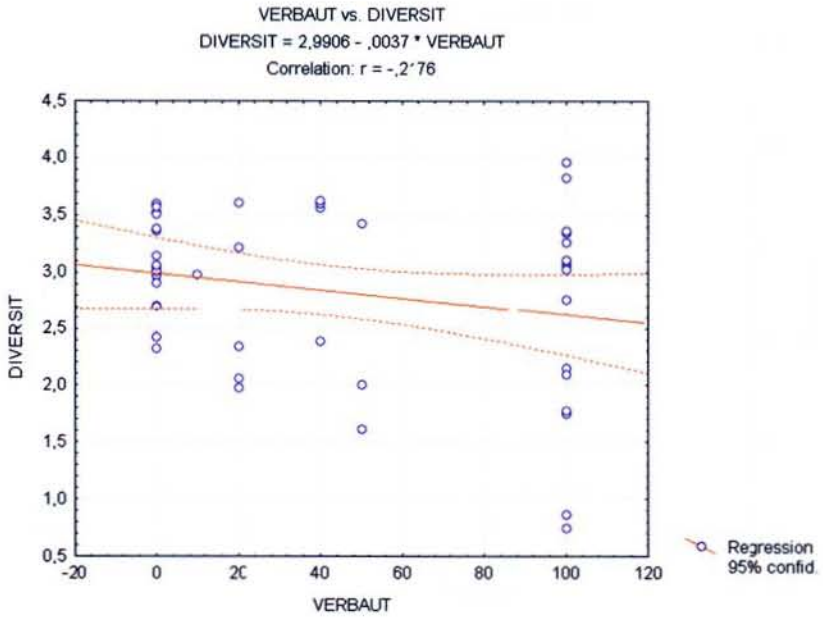

Abb. 14: Alter der Verbauung und Diversität der Schmetterlinge über Karbonat.

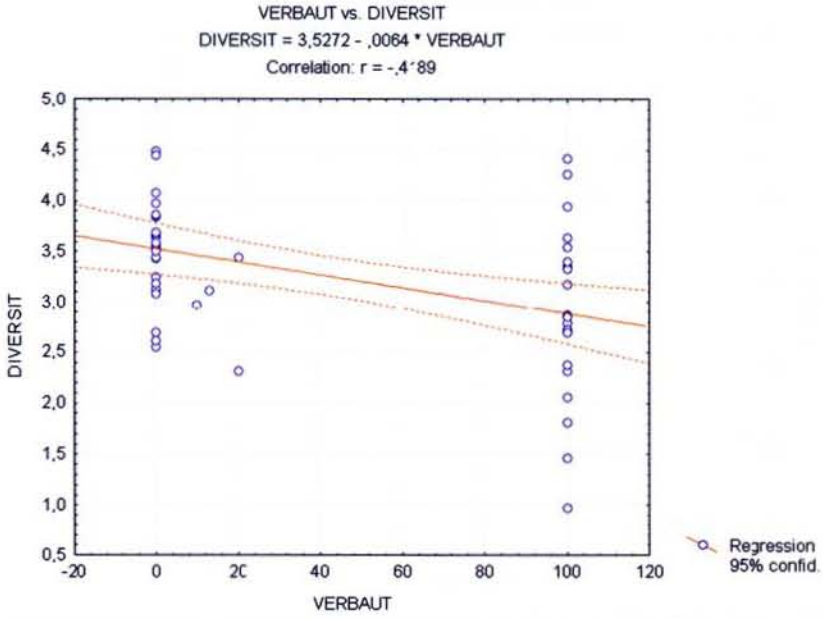

Abb. 15: Alter der Verbauung und Diversität der Schmetterlinge über Silikat.

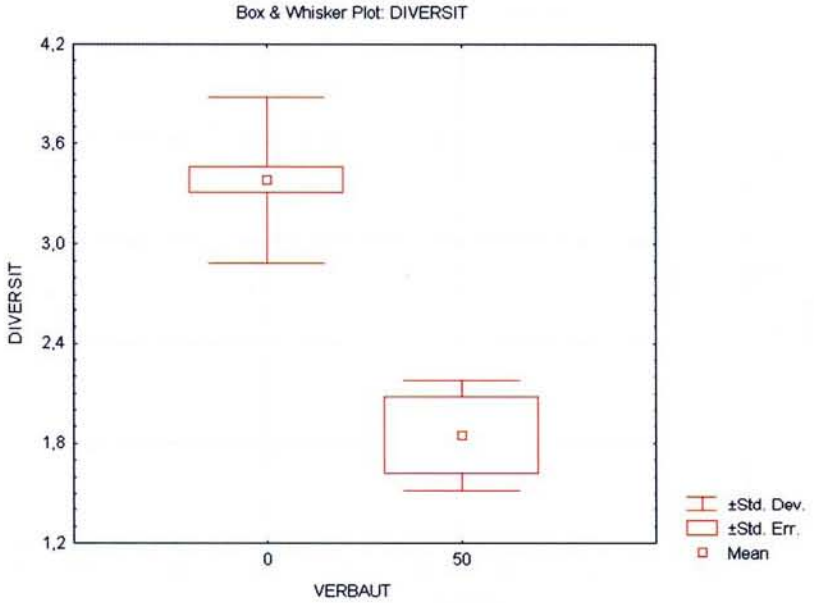

Abb. 16: Die Diversität ist auf unverbauten und erst kürzlich verbauten (bis 50 Jahren) Lawinenbahnen wesentlich höher als auf Bahnen, wo seit mehr als 50 Jahren die Abgänge verhindert wurden.

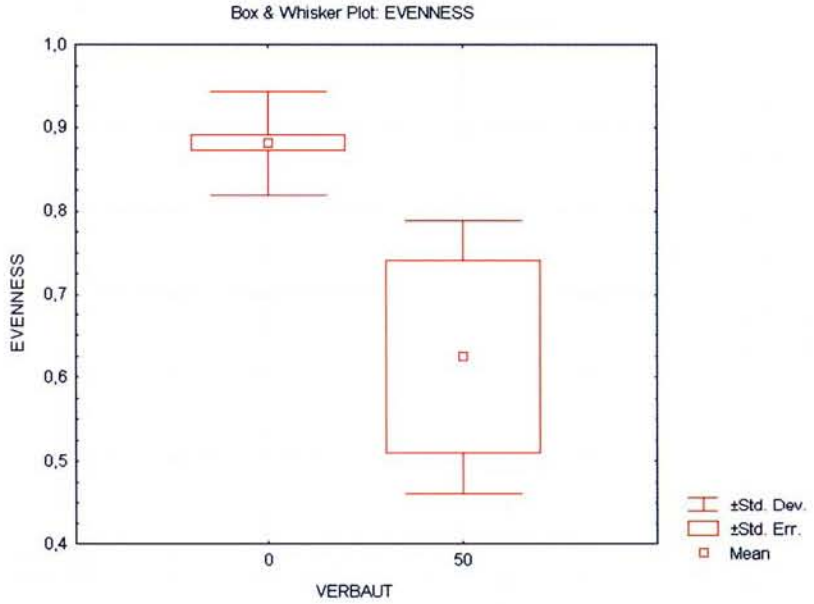

Abb. 17: Die Ausgeglichenheit ist auf unverbauten und erst kürzlich verbauten (bis 50 Jahren) Lawinenbahnen wesentlich höher als auf Bahnen, wo seit mehr als 50 Jahren die Abgänge verhindert wurden.

Diskussion:

Die Berücksichtigung von tagaktiven Arten aus den Familien Arctiidae, Sphingidae, Saturniidae und Lasiocampidae ist unüblich, aber mit Rücksicht auf ihre Lebensweise vertretbar.

Die hohe Korrelation der ersten Ordinationsachse mit der Seehöhe zeigt (Abb. 3, Tab. 3, 4 und 5), dass die Seehöhe des jeweiligen Standortes für die Zusammensetzung von Lepidopterengemeinschaften die wichtigste Rolle spielt. Diese Erkenntnis ist nicht wirklich überraschend, denn die übrigen wichtigen allgemeinen Standortbedingungen (Hangorientierung, Wetter, Deckungsgrad der Gehölze usw.) wurden durch die Wahl von Versuchsflächen, Terminen und Wetterbedingungen weitgehend gleichgeschaltet. Der geologische Standortaufbau hat für die Insektenwelt erfahrungsgemäß vor allem dann Bedeutung, wenn er die kleinklimatischen Bedingungen beeinflusst oder das Vorkommen von speziellen Futterpflanzen bedingt. Dies gilt wahrscheinlich nur für *Colias palaeno, Euphydryas intermedia, Vacciniina optilete* und *Hippocrita jacobeae.* Einige Arten, etwa *Melitaea varia, Erebia tyndarus, Erebia cassioides, Zygaena fausta* und *Setina aurita,* haben im Untersuchungsgebiet ihre natürlichen Verbreitungsgrenzen.

Die Zweiteilung des Lebensraumkontinuums entspricht ungefähr der aktuellen Waldgrenze in den untersuchten Gebieten. Oberhalb der Waldgrenze sind die Standortbedingungen durch weniger Parameter mitbestimmt und daher möglicherweise anders definiert.

Die negative Korrelation der Artenzahl mit dem Deckungsgrad der Kraut- und der Strauchschicht (Tab. 3) entspricht vermutlich den kleinklimatischen Verhältnissen, denn die vegetationsarmen Standorte erwärmen sich bei Sonnenschein schneller. Es ist auch möglich, dass sich das Nahrungsangebot für Raupen und Imagines beteiligt, denn die Pionierstandorte sind im Vergleich zu den geschlossenen (verfilzten) Beständen artenreicher. Eine Bestätigung dieser Vermutung wird jedoch erst eine endgültige Analyse der Pflanzenvergesellschaftungen geben können. Gleiches gilt auch für die negative Korrelation der Diversität mit dem Deckungsgrad der Krautschicht.

Im Silikat wurde eine deutliche negative Korrelation zwischen der Seehöhe und der Diversität festgestellt. Dies ist wahrscheinlich durch eine starke Dominanzbildung in den höheren Lagen bedingt. Im Karbonat wurde eine solche Abhängigkeit nicht nachgewiesen (Tab. 4).

Die negative Korrelation der Seehöhe mit der Ausgeglichenheit in beiden Gesteinstypen (Tab. 4 und 5) ist dadurch bedingt, dass in den höheren Lagen die Dominanzbildung deutlicher ausgeprägt ist.

Die Abnahme der Ausgeglichenheit mit der Seehöhe (Tab. 3, 4 und 5) ist dadurch bedingt, dass sich in den höheren Lagen einige Arten, etwa die Augenfalter der Gattung *Erebia, Euphydryas aurinia glaciegenita* oder *Coenonympha gardetta* oft als dominant durchsetzen.

Die negative Korrelation des Deckungsgrades der Krautschicht mit der Diversität und Ausgeglichenheit im Silikat (Tab. 5) ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass die stabilisierte Krautschicht von den Zwergsträuchern mitbestimmt wird. In der Zwergstrauchheide kommen nur wenige Arten vor, die Dominanzbildung ist deutlich ausgeprägt.

Diese Ergebnisse wurden durch die Analysen von Verhältnissen auf einzelnen Typen des geologischen Substrates weitgehend bestätigt. Überraschend ist lediglich die Korrelation der Artenzahl mit der Seehöhe über Karbonat (Abb. 5). Sie kann dadurch erklärt werden, dass viele Standorte in tiefen Lagen in Folge einer intensiven Bewirtschaftung artenarm geworden sind. Die meisten der höher gelegenen Standorte werden hingegen nur extensiv, bzw. gar nicht mehr bewirtschaftet und beherbergen gerade ein relativ reiches

Artenspektrum. Die Brachen auf durchlässigem Karbonat verändern nur relativ langsam ihre Bestandsstruktur, während sich die Standorte über Silikat bald zu artenarmen Zwergstrauchheiden umwandeln.

Wenn man die Standorte nach ihrem geologischen Aufbau betrachtet, so nimmt die Diversität mit der Seehöhe über Karbonat geringfügig zu, über Silikat ist sie schwach rückläufig (Abb. 6). Bei einer Aufteilung der Standorte nach ihrer Seehöhe ohne Berücksichtigung des geologischen Aufbaus beeinflussen die extrem niedrigen Werte der gedüngten Mähwiesen in tiefen Lagen die Korrelation im unteren Abschnitt sehr stark, so dass ein deutlicher Anstieg mit der Seehöhe beobachtet werden kann (Abb. 7). Würde man mehrere Höhenintervalle verwenden, so würde man feststellen, dass in der Nähe des Talgrundes die Diversität am niedrigsten ist, allerdings mit einer relativ großen Streuung. In den Seehöhen um 1200-1700m erreicht sie die höchsten Werte und noch höher nimmt sie wieder ab. Dies ist damit zu erklären, dass die Tallagen zwar potentiell über ein reiches Artenspektrum verfügen, allerdings wurde diese auf den meisten Flächen durch anthropogene Einflüsse unterdrückt.

Die etwas niedrigere Ausgeglichenheit in den höheren Lagen (Abb. 8) ist durch die höhere Tendenz zur Dominantenbildung bedingt, die vor allem über Karbonat festzustellen ist (Abb. 9).

Die Kontingence-Tabelle zwischen Schmetterlings- und Pflanzenvergesellschaftungen (Tab. 8) hat die empirischen Erfahrungen statistisch untermauert. Die Kontingence-Tabelle zwischen Klassifikationsgruppen von Schmetterlingen und Standorttypen (Tab. 9) zeigt, dass die Vergesellschaftungen mit Vorkommen von *E. aurinia* (Charakterart) auf den Lawinenbahnen besonders oft vertreten sind.

Vergleicht man verschiedene Standorttypen untereinander (Abb. 10), so fällt auf, dass die Sturzbahnen besonders hohe Artenzahlen der Schmetterlinge aufweisen, wobei die unverbauten besser ausgestattet sind, als die verbauten. Die Versuchsflächenzahl ist mit 12 jedoch auf den unverbauten Sturzbahnen zu niedrig, um die Streuung der Ergebnisse auswerten lassen zu können. Auf den Ablagerungsflächen nimmt die Artenzahl der Schmetterlinge nach der Verbauung, sicher in Folge der nun intensiveren Nutzung, ab. Diese Behauptung wird durch die niedrigen Artenzahlen auf den gedüngten Wiesen (10) unterstützt. Die niedrigen Artenzahlen in den durch Lawinen entwurzelten Flächen (4) beruht darin, dass sich diese Flächen in den ersten Jahren nach dem Lawinenabgang drastisch verändert haben und noch keine stabilisierten Pflanzengesellschaften beherbergen. Es fehlt an Futterpflanzen für Larven und Imagines.

Die Ähnlichkeit zwischen den verbauten Sturzbahnen und Weiden deutet darauf hin, dass die Lawinen prinzipiell eine vergleichbare Auswirkung auf die Insektengesellschaften ausüben, wie der Weidegang. Dies bezieht sich auf die Bestandslockerung und Beseitigung der abgestorbenen organischen Masse mit entsprechenden Folgen für die kleinklimatischen Verhältnisse und Schaffung von vegetationsfreien Nischen für die Ansiedelung von konkurrenzschwachen Arten. Solche Verhältnisse überdauern auch noch in jungen Brachen. Erst später nimmt dort die Artenzahl in Folge der Vergrasung, Entwicklung von Zwergstrauchheide oder Verwaldung rapide ab.

Die Auswertung von Diversität in verschiedenen Standorttypen (Abb. 11) liefert ähnliche Ergebnisse. Die Diversität ist auf den Ablagerungsflächen der aktiven Lawinenbahnen (8) relativ hoch, die gedüngten Mähwiesen (10) setzen sich mit ihrer niedrigen Diversität von den übrigen Standorttypen weit ab. Vergleicht man die Diversität auf Sturzbahnen mit jener der Weiden (Tab. 10), so ist diese auf den Sturzbahnen immer höher. Die sehr niedrige Zahl von Versuchsflächen auf Karbonat ist dadurch bedingt, dass in der Nähe von Lawinenbahnen auf Karbonat selten geweidet wird und daher kaum Referenzflächen vorliegen. Die zu niedrige Zahl von Versuchsflächen macht auch den Vergleich der Individuendichte auf den beiden Standorttypen über Karbonat schwierig, bzw. kann dieser nicht mathematisch nachgewiesen werden (Tab. 11). Über Silikat ist die Individuendichte auf den Sturzbahnen höher, als jene auf den Wei-

den. Ähnliche Ergebnisse liefert auch ein direkter Vergleich zwischen den Sturzbahnen von verbauten Lawinen und Weiden (Tab. 16 und 17), wo die Zahl der verglichenen Flächen über Karbonat höher ist.

Der Vergleich von Sturzbahnen mit den gedüngten Mähwiesen (Tab. 12 und 13) zeigt, dass die Mähwiesen sowohl in Diversität als auch in Individuendichte den Sturzbahnen weit unterlegen sind. Über Silikat sind die Unterschiede der Diversität etwas weniger deutlich, wahrscheinlich deswegen, weil auf einer Mähwiese über Karbonat in Rum (Versuchsfläche A) bei einer Begehung keine Schmetterlinge beobachtet werden konnten.

Ein direkter Vergleich der Diversität und Individuendichte zwischen den Sturzbahnen und Brachflächen (Tab. 14 und 15) bestätigt die Überlegenheit der Sturzbahnen.

Diese Ergebnisse haben die bereits behandelten Abhängigkeiten bestätigt. Lediglich die Individuendichte kann auf den Weiden höher sein, als auf den Sturzbahnen, allerdings bei einer niedrigeren Diversität. Die Zahl von verglichenen Flächen war jedoch zu niedrig, um allgemein gültige Schlüsse ziehen zu können.

Die Verdichtung von Krautschicht nach einer Verbauung der Lawinenbahn (Tab. 18) ist nicht überraschend und der damit verbundene bedeutende Artenzahlrückgang der Schmetterlinge ist die logische Folge. In den tieferen Lagen (tabellarisch nicht dargestellt!) verdichtet sich die Krautschicht auch, aber der Artenzahlrückgang von Schmetterlingen fällt nur geringfügig aus. Die Verhältnisse über Silikat fallen ähnlich aus; der Diversitätsrückgang konnte mathematisch nachgewiesen werden (Tab. 19).

Der Artenzahlrückgang nach der Verbauung (Abb. 12 und 13) kann am ehesten der Verdichtung der Krautschicht zugeschrieben werden. Wegen der großen Streuung und zu grob unterschiedenen Alterskategorien der Verbauung war jedoch der mathematische Nachweis nicht möglich. Ähnliches gilt auch für die Diversität (Abb. 14 und 15). Deutlicher fällt der Vergleich zwischen den unverbauten und nur kürzlich verbauten Lawinenbahnen mit den über 50 Jahre verbauten Lawinenbahnen aus. Hier sind die Unterschiede der Diversität (Abb. 16) und Ausgeglichenheit (Abb. 17) auffällig.

Ein Anstieg der Populationsdichte bald nach der Verbauung der Lawinenbahn mit einem Individuenrückgang in späteren Jahren, wie er beim Goldenen Scheckenfalter beobachtet wurde (ČERNÝ 2006), konnte bei der Betrachtung von komplexen Schmetterlingsgesellschaften nur in statistisch kaum beweisbaren Ansätzen festgestellt werden.

Die Ergebnisse bestätigen andere Beobachtungen (ČERNÝ 2006, HABELER 1975, HABELER 1991). Die Lawinenabgänge erfüllen eine wichtige Funktion für die Erhaltung von Lebensräumen und der an sie gebundenen Schmetterlingen. Die Gesamtflächen von Lawinenbahnen sind oft klein, aber ihr Artenreichtum und Diversität übersteigen manchmal auch diese von besonders reichen, extensiv gepflegten Weiden (ERHARDT 1985).

Offene Probleme:

1. Der Umfang des Projektes hat nicht ermöglicht, genug Flächen von einzelnen Kategorien zu untersuchen. Daher sind einige der Ergebnisse zwar richtungsweisend, aber doch nicht mathematisch nachweisbar (etwa Individuendichte, Diversität und Ausgeglichenheit an verschiedenen Typen von Referenzstandorten).

2. Der Verbauungsalter korreliert auf den untersuchten Standorten mit der Seehöhe (Abb. 18). Diese Abhängigkeit könnte einige andere Ergebnisse beeinträchtigen.

3. Die Begehungszahl war viel zu niedrig, um das gesamte Artenspektrum und die Individuenschwankungen im Laufe des Jahres zu erfassen. Daher können die Schmetterlingsgemeinschaften nicht genau definiert werden.

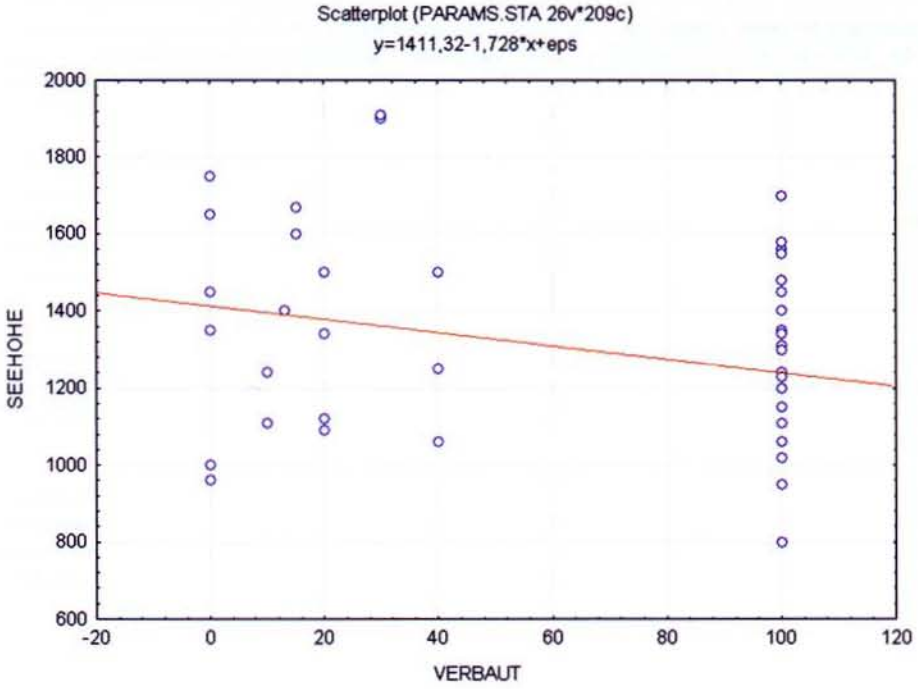

Abb. 18: Abhängigkeit der Verbauung von der Seehöhe des Standortes.

Schlussfolgerungen:

Es wurde bewiesen, dass die Lawinenabgänge die mageren Lebensräume erhalten und die Artenvielfalt, so wie die Individuenzahl von Schmetterlingen fördern. Die Sturzbahnen wachsen nicht mit Wald zu und werden fast nie gedüngt. Daher bleiben sie langfristig als Magerwiesen mit einem entsprechenden Artenspektrum erhalten. Wegen ihrer räumlichen Verteilung in der Landschaft erfüllen sie auch eine wichtige Korridorfunktion. Die Verhinderung von Lawinenabgängen führt bei einigen Schmetterlingsarten (etwa beim Goldenen Scheckenfalter) kurzfristig zu einem Anstieg der Individuendichte, langfristig nimmt jedoch die Arten- und Individuenzahl deutlich ab. Die Veränderungen laufen umso schneller ab, um so tiefer sich die betroffene Fläche befindet. Überall dort, wo man die potentiell gefährlichen Lawinenabgänge anders entschärfen kann (Sprengung, Ableitung, Bau von Galerien, Vorlagerung von künstlichen Ablagerungsflächen usw.), sollte man mit Rücksicht auf die Naturvielfalt von einer Verbauung der Anbruchszone absehen.

Dank:

An dieser Stelle möchten wir uns bei den Projektträgern, also beim Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, beim Umweltbüro Cerny, Innsbruck, so wie beim Österreichischen Alpenverein, Sektion Tirol für die materielle Unterstützung des Projektes und beim Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol, für seine Unterstützung bei der Suche nach geeigneten Versuchsflächen herzlich bedanken.

Literatur:

ČERNÝ, K. (in Druck): Beitrag zur Kenntnis der Standortansprüchen der Bergrasse vom Goldenen Scheckenfalter (*Euphydryas aurinia glaciegenita* VERITY) in Nordtirol. – Zeitschr. Münch. ent. Ges.

ERHARDT, A. (1985): Wiesen und Brachland als Lebensraum für Schmetterlinge. Eine Feldstudie in Tavetsch (GR). – *Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 98: 154 S.*

ERSCHBAMER, B. (1989): Vegetation on avalanche paths in the Alps. – Vegetatio 80: 139–146.

HABELER, H. (1975): Das Problem der für Schmetterlinge optimalen, als Übergangsstadien jedoch nicht stabilen Pflanzengesellschaften (Ins., Lepidoptera) – *Mitt. Abt. Zool. Landesmus. Joaneum 4 (3): 187–195.*

HABELER, H. (1991): Lawinen als Lebensraumerhalter für Schmetterlinge (Ins., Lepidoptera). – *Mitt. Abt. Zool. Landesmus. Joanneum. 10: 95–97.*

HILL, M.O. (1979a): TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of individuals and attributes. – *Ecology and Systematics Ithaca, Cornell Univ: 48 pp.*

HILL, M.O. (1979b): DECORANA – a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. – *Ecology and Systematics. Ithaca, Cornell Univ.: 48 pp.*

LEPIDOPTEROLOGEN-ARBEITSGRUPPE (1994): Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten-Gefährdung-Schutz, Bd. 1 – *Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel: 516 S.*

LEPIDOPTEROLOGEN-ARBEITSGRUPPE (1997): Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten-Gefährdung-Schutz, Bd. 2 – *Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel: 679 S.*