

Historische Bergbaufelder: Pingen sind Schlüsselstrukturen und Quellenstandorte für die streulebenden Käfer in Buchenwäldern

Historical Mining Fields: Mining Pits are Keystone Structures and Sources for the Litter Dwelling Beetles in Beech Forests

WERNER TOPP

Zusammenfassung: Zahlreiche Mittelgebirge Europas sind reich an oberflächennahen Erzen. Diese Erze wurden seit frühhistorischer Zeit abgebaut. Zurückgeblieben sind gestörte Oberflächenstrukturen mit Schürfruben und Einsturztrichtern von Schächten (= Pingen), aber auch Halden mit taubem Gestein. In ausgewählten historischen Bergbaufeldern wurde die Käferfauna in der Laubstreu von Buchenwäldern untersucht. Dabei wurden je zwei Bergbaufelder mit Erzgängen in der unterdevonischen Grauwacke, im mitteldevonischen Karbonatgestein und im Buntsandstein der Trias erfasst. Die Bergbaufelder lagen entweder auf einem Bergrücken oder waren nordexponiert. Die Auswertung von 158 Arten und 5910 Individuen ermöglichte folgende Aussagen: 1) In Bergbaufeldern leben mehr Arten und Individuen als in Buchenwäldern ohne historischen Bergbau. Die Befunde unterstützen die Habitat-Heterogenität-Hypothese. 2) Innerhalb der Bergbaufelder leben mehr Arten und Individuen in den Pingen als in der Laubstreu außerhalb der Pingen. Pingen in Buchenwäldern sind Schlüsselstrukturen für die streulebende Käferfauna. 3) In Bergbaufeldern enthält die Laubstreu außerhalb der Pingen mehr Arten als die Laubstreu in Buchenwäldern ohne historischen Bergbau. Pingen in Buchenwäldern sind Quellenstandorte innerhalb einer strukturierten Umwelt. 4) Käfer-Lebensgemeinschaften werden in der trophischen Kaskade von unten („bottom up“) kontrolliert. Bei Laubanreicherung in den Pingen sind Artenzahlen und Besiedlungsdichten von Detritivoren, Fungivoren und Karnivoren erhöht; die Anzahl der Herbivoren wurde nicht beeinflusst. 5) Historische Bergbaufelder enthalten mehr Arten als Naturwaldzellen. Etwa 20 % der Arten sind im Sammelgebiet Nordrhein selten.

Schlüsselwörter: Habitat-Heterogenität-Hypothese, „source-sink“-Hypothese, „bottom-up“-Kontrolle, Schlüsselstrukturen, Laubstreu

Summary: In the lower mountain range of Central Europe many areas include subsurface ores. These ores were mined since early historical times. Surface structures such as mining pits, pits originating from collapsed shafts or dumps including dead rocks were left. Selected historical mining fields were subject for studying the beetle fauna in the litter layer of beech forests. Two of six mining fields are situated in lower devonian graywacke, two in middle devonian dolostone and two in sandstone of the triassic period. The mining fields are situated either on mountain ridges or at north-slopes. Totally, 158 species in 5910 individuals were analyzed. The following results were obtained: 1) Number of species and individuals of the mining fields are higher than in beech forests without mining activities. Mining fields give an example for the habitat-heterogeneity-hypothesis. 2) Inside mining fields species and individual numbers within pits are higher than in the litter layer outside of pits. Mining pits in beech forests are keystone structures for litter dwelling beetles. 3) In the litter layer of mining fields outside the pits are more species and individuals than in beech forests without mining activities. Mining pits are sources within a structured environment. 4) Beetle assemblages are bottom up controlled. The enrichment of litter in the pits results in higher species and individual numbers of detritivores, fungivores and carnivores; the number of herbivores was

not affected. 5) Historical mining fields contain more species than natural reserves. About 20% of the species are rare in the topographic area of Nordrhein.

Key words: Habitat-heterogeneity-hypothesis, source-sink-hypothesis, bottom up control, keystone structure, litter layer

1. Einleitung

Die Käfer der Laubstreu sind in den Buchenwäldern Mitteleuropas auffallend artenreich. Die hohen Artenzahlen sind allerdings auf Schlüsselstrukturen (= Biochorien, sensu TISCHLER 1993) konzentriert, die als distinkte Lebensräume innerhalb der Laubstreichichten ausgebildet sind. Zu diesen Schlüsselstrukturen gehören Blätterpilze, Tiernester, Aas, Wildtierlosung und Totholz, aber auch Quellaustritte und Uferbereiche kleiner Bäche. Ausgedehnte Laubstreichichten einer wenig strukturierten Bodenoberfläche ohne irgendwelche Schlüsselstrukturen beherbergen vergleichsweise wenige Käferarten (KÖHLER 1996).

Für die Erklärung von Artenzahlen in Lebensräumen wurden mehrere Hypothesen entwickelt und mit guten Beispielen belegt (KREBS 1972). Eine dieser Hypothesen ist die „Habitat-Heterogenität-Hypothese“. Nach dieser Hypothese ließ sich die reiche Avifauna der Tropen im Vergleich zu den gemäßigten Breiten erklären und als Folge nicht nur einer größeren Anzahl von Arten pro Habitat, sondern auch als Folge einer größeren Anzahl von Habitaten pro Fläche interpretieren (MACARTHUR 1969). Weitere empirische Studien konnten die Bedeutung räumlicher Heterogenität für die Artenvielfalt bestätigen (Übersicht bei TEWS et al. 2004). Einige Untersuchungen belegen, dass auch in der Laubstreu enge Zusammenhänge zwischen der Artenvielfalt von Arthropoden und der Umweltheterogenität möglich sind (ROMERO-ALCARAZ & AVILA 2000; LASSAU et al. 2005).

Nach der „Habitat-Heterogenität-Hypothese“ sollten Artenzahlen in der Laubstreu von Buchenwäldern erhöht sein, sobald ein planarer Waldboden durch eine hügelige

Struktur abgelöst wird. Der Einfluss der Bodenstruktur auf die Artenvielfalt von Käfern konnte in Rekultivierungsflächen von Tagebauen nachgewiesen werden. Rekultivierungsflächen mit variabel angelegter Oberflächenstruktur beherbergten mehr Arten als planierte Flächen (TOPP et al. 2010). Anthropogen geschaffene, kleinräumige Oberflächenstrukturen gibt es in Mittelgebirgen, in denen historischer Bergbau betrieben wurde. Mit dem Bergbau wurden weitgehend ebene Bodenoberflächen durch Flächen mit Senken, z. B. Schürffgruben und Einsturztrichter (= Pingen), und mit Erhebungen, z. B. Gesteinsbänken, abgelöst. Im Rheinland reichen die Bergbaus Spuren bis auf die frühhistorische Epochen der Kelten und Römer zurück (WEGENER 2004).

In der nachfolgenden Studie werden die Käfer der Laubstreu untersucht und dabei folgende Hypothesen überprüft:

1. In historischen Bergbaufeldern sind mehr Arten und Individuen vorhanden als in Wäldern ohne historischen Bergbau.
2. Einsturztrichter in den Bergbaufeldern sind wie ephemere Kleinhabitate eine Schlüsselstruktur für die Besiedlung von Käfern.
3. Einsturztrichter wirken als Quellenstandorte, von denen sich die Käfer auf die umliegenden Laubstreichichten ausbreiten.

2. Material und Methoden

2.1. Entstehung von Bergbaufeldern

In der Nordostefel und im Bergischen Land wurden Eisenerzlager bereits von Kelten und Römern ausgebeutet. Im ausgehenden Mittelalter, als der Eisenbedarf wiederum

beträchtlich anstieg, etablierten sich bedeutende Industriegebiete in jenen Regionen, in denen schon Kelten oder Römer nach Eisenerz geschürft hatten. Die umliegenden Buchenwälder lieferten die zur Verhüttung notwendige Holzkohle.

Der Bergbau wurde während des Mittelalters im Eigenlohn betrieben. Die Betreiber erhielten Schürfrechte für Mutungen, die mit einer Kantenlänge von nur 16 m abgegrenzt wurden (Abb. 1). So entstanden auf manchen Bergrücken zahlreiche benachbarte kleine Bergbauunternehmen. Eisenerzlager, die in größere Tiefen reichten, wurden durch Schächte erschlossen. Ältere Schächte hatten an der Bodenoberfläche einen Durchmesser von nur etwa 1,4 m. Mit zunehmender Tiefe reichte jedoch ein einfacher Schachtbau nicht aus. Parallel zum Förderschacht wurde dann in einem Abstand von nur 4-8 m ein zweiter Bewetterungsschacht niedergebracht. Beide Schächte mündeten in Höhlungen, die dem Erzgang folgten (KLEY & BRUNEMANN 1995). Nebeneinander liegende Schächte sind nach ihrem Einsturz als Doppelschachtpingen sichtbar.

In späteren Bergbauphasen wurden die kleinen Partialfelder vereinigt (Abb. 2). Dies war die Voraussetzung dafür, um ergiebige Grubensysteme mit größeren Förderkapazitäten anzulegen. Besonders mächtige Schächte, die zu Beginn der Neuzeit angelegt wurden, hatten einen Durchmesser von 8-10 m. Einige Erzlagerstätten des Altertums oder des ausgehenden Mittelalters wurden durch erneute Abteufungen am Ende des 19. Jahrhunderts ganz oder teilweise überformt.

In den ausgewählten Bergbaufeldern sind mittlerweile alle Grubenschächte eingestürzt und als konisch zulaufende Trichter (= Pingen) mit einem Durchmesser von 1,5-10 m an der Bodenoberfläche und mit einer Tiefe von 1-4 m erkennbar. Das taube Gestein ist in unmittelbarer Umgebung der Schächte entweder zu großen Halden aufgeschüttet oder ringförmig um die Grubenschächte gelagert (KLEY & BRUNEMANN 1995; WEGENER 2004).

2.2. Untersuchungsgebiete

Es wurden sechs historische Bergbaufelder ausgewählt, die sich alle in Buchenwäldern befinden. Die Auswahl erfolgte nach Unterschieden im Ausgangsgestein und der Exposition (Tab. 1).

Zwei Bergbaufelder befinden sich im Bergischen Land mit Erzgängen in Schichten des Unterdevons. Die eine Lagerstätte liegt im Königsforst westlich von Forsbach am Giesbach (50°55'N, 7°10'E). Die letzte Betriebsphase in dem hier ausgebildeten Grubenfeld „Vereinigtes Glückauf“ fällt in das 1. Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts. Im Stollenverlauf sind mehrere Pingen ausgebildet (OMMER 2002). Die andere Lagerstätte liegt im Königsforst südlich von Bensberg (50°58'N, 7°9'E) in unmittelbarer Nähe der historischen Brüderstraße und im Bereich der „Grube Werner“. Einige Pingen sind dem 19. Jahrhundert zuzuordnen, andere Pingen entstammen älteren Betriebsperioden (OMMER 2002).

Zwei Bergbaufelder befinden sich in der Eifel, in den mitteldevonischen Dolomiten der Sötenicher Kalkgrube. Ein Bergbaufeld liegt südöstlich von Kall (50°33'N, 6°33'E) auf dem Girzenberg an einem nach Nordwesten abfallenden Bergrücken. Dieses Gebiet ist durch Doppelschachtpingen gekennzeichnet. Eine andere Lagerstätte liegt westlich von Nettersheim (50°30'N, 6°44'E). Für den vorliegenden Vergleich wurden die Erzabbaugebiete im Weilerheck ausgewählt. Hier haben offenbar schon Kelten und Römer nach Eisen geschürft.

Zwei auffallend große Bergbaufelder, die wahrscheinlich zu Beginn der Neuzeit angelegt wurden und bis zu 1000 Relikte des Grubenbergbaus auf einer Fläche von nur 2,5 km² enthalten, befinden sich im Buntsandstein der Trias (WEGENER 2004). Eines dieser Bergbaufelder liegt südwestlich von Kall am Nordhang der Loshardt, ein weiteres liegt westlich von Kall auf der Kindshardt.



Abb. 1: Aufsuchen von Erzgängen mit Wünschelruten und durch Schürfgärten (aus GEORG AGRICOLA 1556).

Fig. 1: Search of mineral veins by dowsing rods or by test pits. (from GEORG AGRICOLA 1556).



Abb. 2: Anlegen von Schächten bis zu einem Stollen (aus GEORG AGRICOLA 1556).

Fig. 2: Construction of shafts to reach a tunnel (from GEORG AGRICOLA 1556).

Tab. 1: Topographische Bezeichnung, geologisches Zeitalter der Entstehung des Gesteins, Gestein, Höhenlage und Hangneigung der Bergbaufelder. Exposition: „-“ = keine Hangneigung. Die meisten Schachtanlagen dürften am Ende des Mittelalters oder zu Beginn der Neuzeit, 15.-17. Jahrhundert (Eifel), oder während des Bergbaus im 19. Jahrhundert (Bergisches Land) entstanden sein. Einzelne Einsturztrichter (= Pingen) sind älteren Datums und wahrscheinlich auf den Bergbau durch Kelten und Römer zurückzuführen. In jedem Bergbaufeld wurden acht Pingen untersucht.

Tab. 1: Topography of the mining fields, geological period of the origin of the underlying rocks, rock material, height above sea level and direction of slope gradient. Exposition: “-” = no slope gradient. Most mining fields may originate from the end of the Middle Age and at the beginning of the New Age, 15th-17th century (Eifel), or at the beginning of the 20th century (Bergisches Land). Some of the pits may be even older and originate from mining by Celts and Romans. In each of the mining fields eight pits were investigated.

Bergbaufeld mit Angabe der Lage	Entstehung	Gestein	Höhe (m)/ Exposition
Bergisches Land			
Ver. Glückauf (Königsforst)	Unteres Devon	Sandstein	125/ NW
Grube Werner (Königsforst)	Unteres Devon	Schluffstein	165/ -
Eifel			
Weilerheck.(Sötenicher Kalkmulde)	Mittl. Devon	Dolomit	500/ -
Girzenberg (Sötenicher. Kalkmulde)	Mittl. Devon	Dolomit	490/ N
Loshardt (Forst Schleiden)	Trias	Buntsandstein	480/ N
Kindshardt (Forst Schleiden)	Trias	Buntsandstein	500/ -

Zwei Naturwaldzellen und zwei Wirtschaftswälder aus dem Kermeter (50°35'N, 6°30'E) mit Buchenbestand wurden herangezogen, um die Befunde in den Bergbaufeldern mit Ergebnissen vergleichen zu können, in denen kein Bergbau betrieben wurde.

2.3. Probeentnahme

In den sechs Bergbaufeldern (Abb. 3) wurden jeweils acht Pingen (Abb. 4) nach ihrer Käferfauna mit Hilfe von Streuproben untersucht. Die Pingen wurden auf einer Fläche von jeweils 4 ha nach dem Zufall ausgewählt. Sie hatten einen Durchmesser von 1,5-10 m und eine Tiefe von 0,5-4 m. Nach dem Zufall wurden Streuproben mit einer Fläche von 1/16 m² bis zum erodierten Bodenmaterial aus dem Hangbereich der Pingen in etwa halber Höhe zwischen Bodenoberfläche und Basis der Pingen entnommen. In einer Entfernung von 3-10 m von der jeweils ausgewählten Pinge folgte eine Entnahme der Bodenstreu bis zum A_n-Horizont des ebenen Waldbodens.

Dieselben Pingen wurden im Jahresgang viermal beprobt und zwar in den Monaten Februar, März (Winter), Mai, Juni (Frühling), Juli, August (Sommer) und September, Oktober (Herbst). Somit wurde aus jedem Bergbaufeld mit 64 Streuproben eine Fläche von 4 m² Laubstreu eingesammelt. Die Extraktion der Käfer aus der Laubstreu erfolgte in Berlese-Apparaturen über einen Zeitraum von acht bis zehn Tagen. Nach der Extraktion wurde die getrocknete Laubstreu nach weiteren Individuen durchsucht.

Zum Vergleich mit den Ergebnissen aus Buchenwäldern ohne Bergbau wurden die Datensätze aus der Kermeter-Untersuchung von KÖHLER (1996) für die oben erwähnten Monate berücksichtigt. Ein Vergleich ist möglich, da die Käferfauna des Kermeter ebenfalls mit Streuproben durchgeführt wurde.

Die Determination der Käfer erfolgte nach FREUDE et al. (1964-1994). Die Unterscheidung nach Ernährungstypen und den faunistischen Status der Arten entnahm ich den Angaben bei KÖHLER (1996).

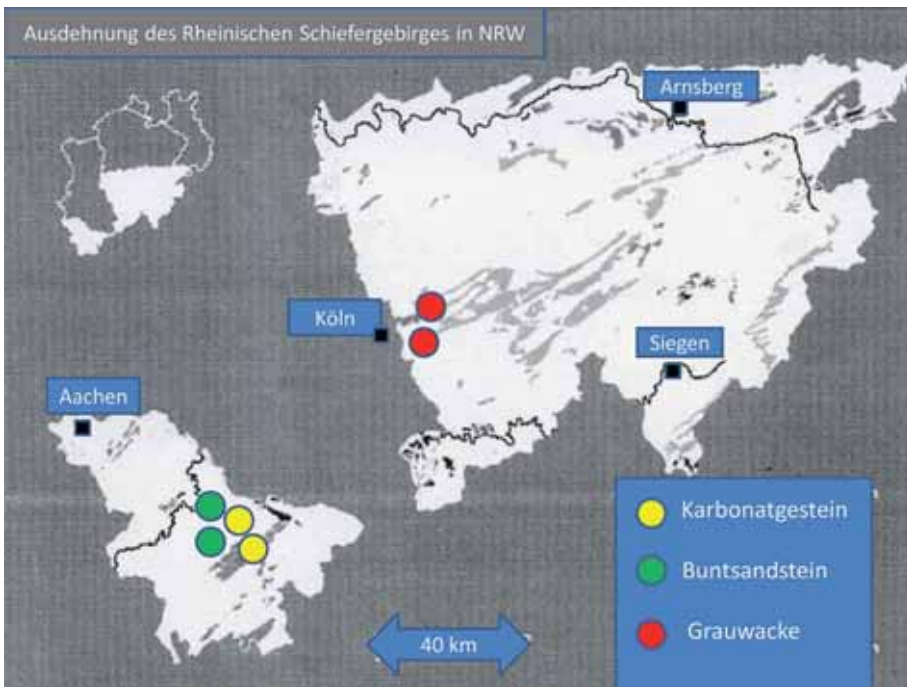


Abb. 3: Lage der ausgewählten historischen Bergbaufelder im Rheinischen Schiefergebirge.
Fig. 3: Location of the selected mining fields on the Rhenish shield.



Abb. 4: Einsturztrichter (= Pingen) von Schächten in historischen Bergbaufeldern (Foto: H. KAPPES).
Fig. 4: Mining pits from collapsed shafts in historical mining fields (Photo: H. KAPPES).

2.4. Statistik

Für die statistische Auswertung wurden für jede Streuprobe die Summe der Artenzahlen und die Besiedlungsdichte berücksichtigt. Vergleiche wurden mit dem U-Test von MANN und WHITNEY oder mit dem WILCOXON-Test für Paardifferenzen durchgeführt (SACHS 1999). Erforderte ein Vergleich von Artenzahlen und Besiedlungsdichten eine Extrapolation auf die zu vergleichende Fläche, so erfolgte diese entweder über Akkumulationskurven (Artenzahlen) oder über lineare Regression (Besiedlungsdichte). Eine Extrapolation der Daten wurde hier auf den Vergleich der Käferfauna zwischen den Laubstreuflächen außerhalb der Pingen in den Bergbaufeldern mit den Laubstreuflächen der Naturwaldzellen (KÖHLER 1996) begrenzt.

3. Ergebnisse

3.1. Artenzahlen

In den sechs Bergbaufeldern wurden 158 Arten nachgewiesen. Die Artenvielfalt in den Bergbaufeldern war nicht immer gleich. Sie reichte von 17 Arten/m² im Frühling im Bergbaufeld „Vereinigtes Glückauf“ bis zu 42 Arten/m² im Winter im Bergbaufeld „Weilerheck“. Unterschiede ($p < 0,05$) konnten nicht nur zwischen den Bergbaufeldern, sondern auch zwischen den Jahreszeiten auftreten; so waren im Bergbaufeld „Vereinigtes Glückauf“ im Herbst mehr Arten nachweisbar als im Frühling (Abb. 5). Andererseits gab es auch Unterschiede ($p < 0,05$) zur selben Jahreszeit bei Bergbaufeldern mit gleichem Ausgangsgestein und verschiedener Hanglage, z.B. zwischen „Vereinigtes Glückauf“ und „Grube Werner“ im Herbst, oder zwischen Artenzahlen in Bergbaufeldern mit verschiedenem Ausgangsgestein, z.B. zwischen den Bergbaufeldern „Vereinigtes Glückauf“ und „Weilerheck“ im Winter ($p < 0,05$).

Unabhängig von den Einflussgrößen Jahreszeit, Ausgangsgestein und Exposition waren die Artenzahlen in Bergbaufeldern zu allen Jahreszeiten höher ($p < 0,01$ - $p < 0,001$) als auf dem Waldboden von Buchenwäldern ohne Bergbauspuren (Abb. 6). In der Laubstreu der Bergbaufelder schwankte die Artenvielfalt von 26 Arten/m² bis zu 34 Arten/m² (Medianwerte), in der Laubstreu der Buchenwälder ohne Bergbau gab es in den verschiedenen Jahreszeiten 8-10 Arten/m² (Medianwerte).

3.2. Besiedlungsdichten

In den sechs Bergbaufeldern wurden 5910 Individuen gefunden. Die Besiedlungsdichte in den Bergbaufeldern war nicht immer gleich. Sie reichte von 126 Individuen/m² im Winter im Bergbaufeld „Grube Werner“ bis zu 532 Individuen/m² im Sommer im Bergbaufeld Loshardt (Abb. 7). Unterschiede ($p < 0,05$) konnten nicht nur zwischen den Bergbaufeldern, sondern auch zwischen den Jahreszeiten auftreten; so waren im Bergbaufeld der Loshardt im Sommer mehr Individuen nachweisbar als zu allen anderen Jahreszeiten. Andererseits gab es Unterschiede ($p < 0,05$) zur selben Jahreszeit bei Bergbaufeldern mit gleichem Ausgangsgestein und unterschiedlicher Hangneigung, z. B. in der Loshardt und in der Kindshardt, oder zwischen Besiedlungsdichten in Bergbaufeldern mit verschiedenem Ausgangsgestein, z. B. zwischen „Vereinigtes Glückauf“ und der Loshardt im Sommer ($p < 0,05$).

Unabhängig von den Einflussgrößen Jahreszeit, Ausgangsgestein und Exposition, waren die Besiedlungsdichten in den Bergbaufeldern zu allen Jahreszeiten höher ($p < 0,01$ - $p < 0,001$) als auf dem Waldboden von Buchenwäldern ohne Bergbauspuren (Abb. 8). In der Laubstreu der Bergbaufelder schwankte die Besiedlungsdichte von 179 Individuen/m² bis zu 295 Individuen/m² (Medianwerte), in der Laubstreu der Buchenwälder ohne Bergbau gab es in den

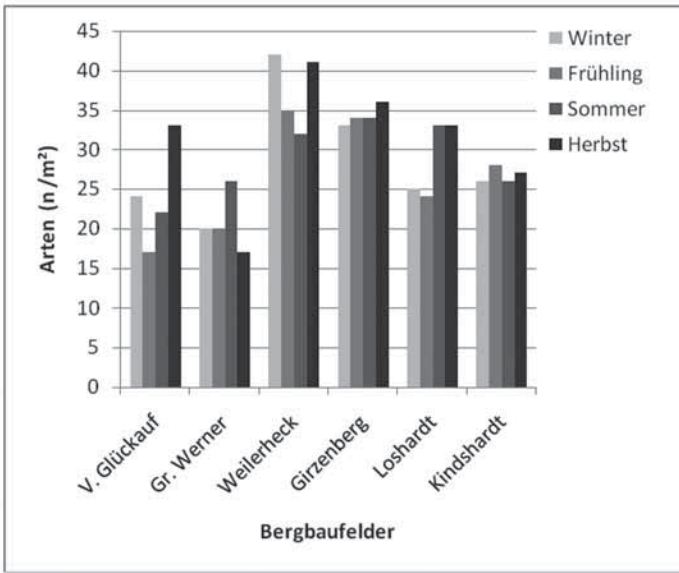


Abb. 5: Artenzahlen (n/m^2) in den Bergbaufeldern zu unterschiedlichen Jahreszeiten.

Fig. 5: Number of species (n/m^2) in mining fields during the seasons.

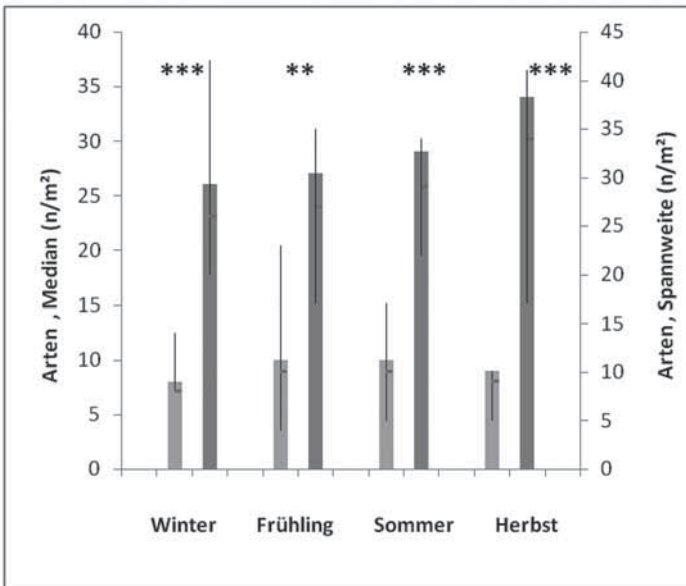


Abb. 6: Artenzahlen (n/m^2) in der Laubstreu von Buchenwäldern ohne historischen Bergbau (linke Säulen) und in Bergbaufeldern (rechte Säulen) zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Die Höhen der Säulen geben den Median, die senkrechten Linien die Spannweite an ($n = 6$). Signifikanz: ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Fig. 6: Number of species (n/m^2) in the litter layer of beech forests where mining did not occur (left columns) and in mining fields (right columns) during the seasons. The height of the columns indicate the median, the vertical lines indicate the range ($n = 6$). Significance: ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

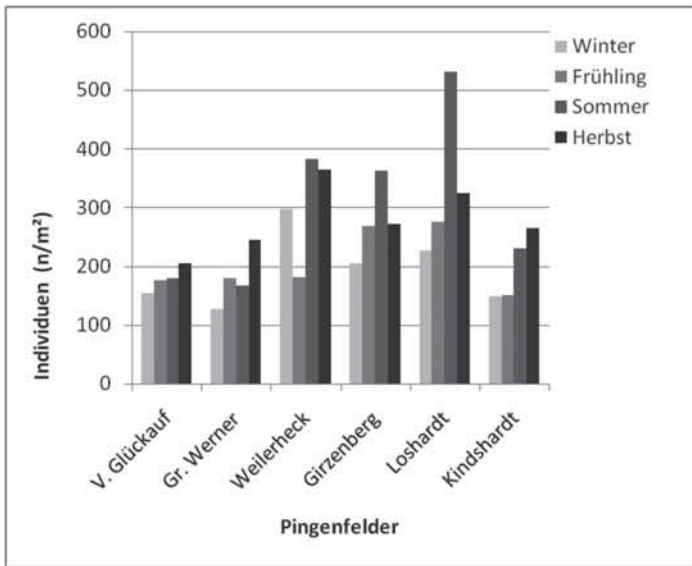


Abb. 7: Besiedlungsdichte (n/m^2) in den Bergbaufeldern zu unterschiedlichen Jahreszeiten.
Fig. 7: Number of individuals (n/m^2) in the mining fields during the seasons.

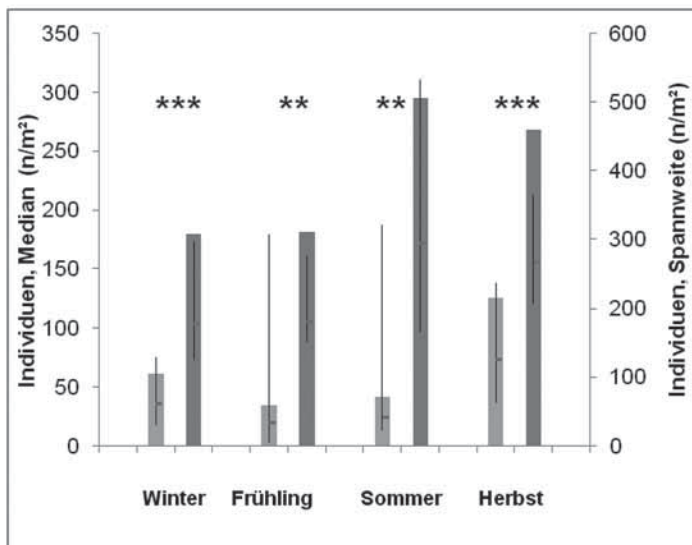


Abb. 8: Besiedlungsdichte (n/m^2) in der Laubstreu von Buchenwäldern ohne historischen Bergbau (linke Säulen) und in Bergbaufeldern (rechte Säulen) zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Die Höhen der Säulen geben den Median, die senkrechten Linien die Spannweite an ($N = 6$). Signifikanzen: ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Fig. 8: Number of individuals (n/m^2) in the litter layer of beech forests where mining did not occur (left columns) and in pit fields (right columns) during the seasons. The height of the columns indicate the median, the vertical lines indicate the range ($n = 6$). Significance: ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

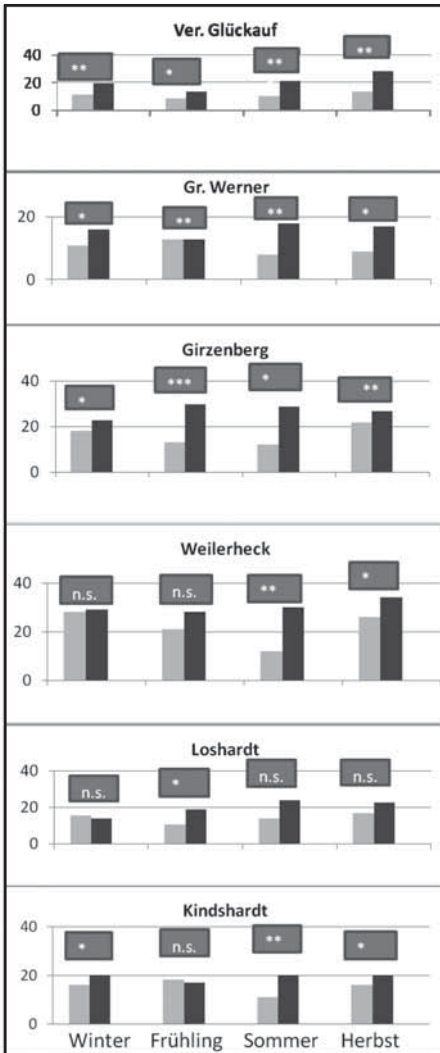


Abb. 9: Artenzahlen ($n/1/2 \text{ m}^2$) zu unterschiedlichen Jahreszeiten außerhalb (graue Säulen) und innerhalb der Pingen (schwarze Säulen). Berechnungen zur Signifikanz (Kästchen über den Säulenpaaren, ns = nicht signifikant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$) wurden mit Flächen von $1/16 \text{ m}^2$ ($n = 8$) durchgeführt. Beachte: Unterschiede in der Signifikanz für Flächen von $1/16 \text{ m}^2$ können auftreten, auch wenn die Artenzahlen für $1/2 \text{ m}^2$ gleich sind.

Fig. 9: Number of species ($n/1/2 \text{ m}^2$) during the seasons outside (grey columns) and within pits (black columns). Significances (boxes above columns, ns = not significant, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$) were calculated

verschiedenen Jahreszeiten 34-120 Individuen/ m^2 (Medianwerte).

3.3. Verteilungsmuster von Arten und Individuen innerhalb der Bergbaufelder

Die Artenzahlen in den Pingen und auf dem weitgehend ebenen Waldboden außerhalb der Pingen waren meistens verschieden. In Abbildung 9 geben die Säulen die Artenzahlen auf einer Laubstreufläche außerhalb und innerhalb der Pingen von $1/2 \text{ m}^2$ für jedes Bergbaufeld und alle Jahreszeiten an. Die Artenzahlen in den Pingen sind überwiegend höher als in der Laubstreu zwischen den Pingen und reichen bis zu 37 Arten pro $1/2 \text{ m}^2$. Signifikanzberechnungen zwischen den $1/2 \text{ m}^2$ großen Teilflächen, berechnet für $1/16 \text{ m}^2$ große Flächen ($n = 8$), ergaben meistens ($n = 18$) signifikant höhere Artenzahlen in den Pingen (Angaben zur Signifikanz in den Kästchen oberhalb der Säulenpaare) als in der Laubstreu außerhalb der Pingen.

Allerdings konnten die flächenbezogenen Befunde für $1/2 \text{ m}^2$ und $1/16 \text{ m}^2$ unterschiedlich sein (Abb. 9). So war in dem Bergbaufeld „Grube Werner“ im Frühling die Artenzahl, gemessen für $1/2 \text{ m}^2$, für die Pingen und den Waldboden außerhalb der Pingen gleich. Ein signifikanter Unterschied trat jedoch nach Berechnung für $1/16 \text{ m}^2$ auf. Dieser Unterschied wurde hervorgerufen, weil die Arten in den Pingen fast regelmäßig in allen acht der $1/16 \text{ m}^2$ -Teilflächen auftraten, auf dem Waldboden außerhalb der Pingen aber nur vereinzelt in der einen oder anderen Teilfläche vorkamen.

Die Besiedlungsdichten der Pingen (dunkle Säulen) und die des weitgehend ebenen Waldbodens (grau schattierte Säulen) sind

for areas of $1/16 \text{ m}^2$ ($n = 8$). Note: Difference in significance calculated for $1/16 \text{ m}^2$ can be obtained even when the number of species per $1/2 \text{ m}^2$ is the same.

für alle Bergbaufelder und die verschiedenen Jahreszeiten für jeweils 1/2 m² in Abbildung 10 dargestellt. In den Pingen kamen immer mehr Individuen vor als auf dem Waldboden außerhalb der Pingen. In den Pingen erreichte die Besiedlungsdichte (Girzenberg, Sommer) fast 300 Individuen pro 1/2 m² (Abb. 10). Nach Berechnungen für 1/16 m² (n = 8) waren die Unterschiede zwischen der Laubstreu innerhalb und außerhalb der Pingen fast immer signifikant.

Die höheren Artenzahlen und Besiedlungsdichten in den Pingen beziehen sich sowohl auf häufige Arten des Rheinlandes als auch auf Arten, die im Untersuchungsgebiet außerhalb der historischen Bergbaufelder nur vereinzelt auftreten. Von den häufigeren Arten bevorzugten 15 Arten die Pingen, acht Arten erwiesen sich in ihrem Verteilungsmuster zwischen Pingen und dem Waldboden zwischen den Pingen als indifferent, nur *Trechus obtusus* mied die Pingen und war häufiger auf dem Waldboden zwischen den Pingen anzutreffen (Tab. 2).

Etwa 20 % aller Arten (n = 30) können als selten eingestuft werden (s. Anhang). Fast alle diese Arten kamen in den Pingen vor. Zu den Charakterarten der Pingen gehören neben den beiden häufigen Kurzflüglern *Quedius fumatus* und *Q. suturalis* (Tab. 2) drei weitere Staphyliniden, nämlich *Microscydymus nanus*, *Rhopalocерina clavigera* und *Atheta benickiella* sowie die Sphaerosomatide *Sphaerosoma piliferum*.

3.4. Besiedlung auf dem Waldboden außerhalb der Pingen und dem Waldboden in Flächen ohne Bergbaueinfluss

Die Bergbaufelder in der Eifel und die Kontrollflächen ohne Bergbauspuren sind 10-15 km voneinander entfernt und in ihren Charaktereigenschaften ähnlich (vgl. KÖHLER 1996). Dennoch waren die Artenzahlen (n = 20) auf dem Waldboden der Bergbaufelder außerhalb der Pingen signifikant höher (p < 0,001, n = 16) als die Artenzahlen (n = 8,5) auf dem Waldboden, z. B. von

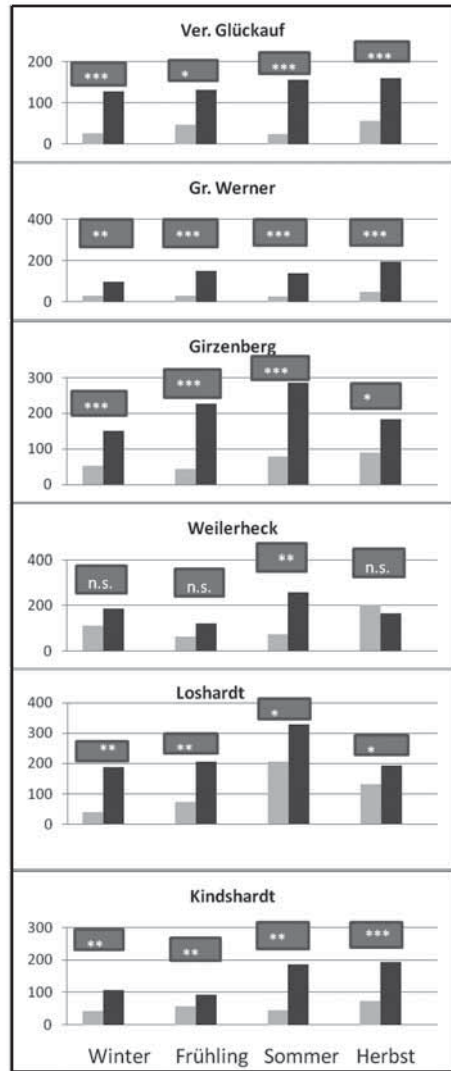


Abb. 10: Besiedlungsdichten (n/1/2 m²) zu unterschiedlichen Jahreszeiten außerhalb (graue Säulen) und innerhalb der Pingen (schwarze Säulen). Berechnungen zur Signifikanz (Kästchen über den Säulenpaaren, ns = nicht signifikant, * = p < 0,05, ** = p < 0,01, *** = p < 0,001) wurden mit Flächen von 1/16 m² (n = 8) durchgeführt.

Fig. 10: Number of individuals (n/1/2 m²) during the seasons outside (grey columns) and within pits (black columns). Significances (boxes above columns, ns = not significant, * = p < 0.05, ** = p < 0.01, *** = p < 0.001) were calculated for areas of 1/16 m² (n = 8).

Tab. 2: Verteilungsmuster häufiger Arten ($n > 24$) in den Pingen und in der Laubstreu außerhalb der Pingen. Zahlen in Klammern hinter den Artnamen geben die Anzahl der gefundenen Individuen an. Ernährung: d = detritivor, c = karnivor, f = fungivor. Signifikanzangaben: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$, nicht signifikant = n.s. Weitere Angaben s. Material und Methoden.

Tab. 2: Distribution pattern of the common species ($n > 24$) for pits and the litter layer outside of pits. Numbers following the species names indicate the number of individuals collected. Feeding guilds: d = detritivorous, c = carnivorous, f = fungivorous. Significance levels: $p < 0.001 = ***$, $p < 0.01 = **$, $p < 0.05 = *$, not significant = n.s. For further information see Material und Methoden.

Art	Ernährung	Präferenz für Pingen	nicht signifikant	Präferenz f. Laubstreu außerhalb der Pingen
<i>Omalium caesum</i> (57)	d	***		
<i>Omalium rivulare</i> (34)	d	***		
<i>Quedius fumatus</i> (47)	c	***		
<i>Quedius suturalis</i> (28)	c	***		
<i>Megasternum boletophagum</i> (56)	d	***		
<i>Acrotrichis intermedia</i> (3388)	f	***		
<i>Anthobium atrocephalum</i> (48)	d	***		
<i>Medon brunneus</i> (44)	c	***		
<i>Bryaxis puncticollis</i> (207)	c	***		
<i>Nargus wilkini</i> (128)	c	**		
<i>Pteryx suturalis</i> (146)	f	*		
<i>Sphaerosoma piliferum</i> (69)	f	*		
<i>Neuraphes elongatulus</i> (64)	c	*		
<i>Habrocerus capillaricornis</i> (330)	c	*		
<i>Bythinus burelli</i> (67)	c	*		
<i>Sphaerosoma pilosum</i> (30)	f		n.s.	
<i>Cephennium gallicum</i> (74)	c		n.s.	
<i>Othius punctulatus</i> (51)	c		n.s.	
<i>Othius myrmecophilus</i> (128)	c		n.s.	
<i>Sipalia cercellaris</i> (109)	c		n.s.	
<i>Atheta fungi</i> (48)	c		n.s.	
<i>Oxytropa annularis</i> (86)	c		n.s.	
<i>Epuraea melanocephala</i> (31)	c		n.s.	
<i>Trechus obtusus</i> (54)	c			***

Naturwaldzellen, in denen kein historischer Bergbau nachweisbar ist.

Die Besiedlungsdichte ($n = 147$) auf dem Waldboden der Bergbaufelder zwischen den Pingen waren ebenfalls höher ($p < 0,01$, $n = 16$) als die Besiedlungsdichte ($n = 77$) auf dem Waldboden von Naturwaldzellen.

3.5. Trophische Strukturen

In den Pingen waren sowohl Artenzahlen als auch Besiedlungsdichten aller drei trophi-

schen Gilden der Detritus-Nahrungskette erhöht. Im Sommer und Herbst waren diese Unterschiede deutlicher ausgeprägt als im Frühling und Winter (Tab. 3).

Die durchschnittlichen Artenzahlen der trophischen Gilden erhöhten sich, zusammengefasst für alle Bergbaufelder und alle Jahreszeiten ($n = 24$ Flächen von jeweils $\frac{1}{2} \text{ m}^2$), ausgehend von dem Waldboden außerhalb der Pingen zu den Pingen wie folgt. Karnivore: von 10 auf 14, Detritivore: von zwei auf drei, Fungivore: von zwei

Tab. 3: Signifikanzen (Wilcoxon-Test) bei einem Vergleich von Artenzahlen und Besiedlungsdichten der Käfer nach ihren Ernährungsgilden für Pingen und die Laubstreu außerhalb der Pingen (n = 6). Artenzahlen- und Besiedlungsdichten waren entweder in den Pingen erhöht (p < 0,05 = *) oder nicht signifikant verschieden (n. s.).

Tab. 3: Significance levels (Wilcoxon-test) for the beetles' number of species and number of individuals in respect to the feeding guilds for pits and the litter layer outside of pits. Number of species and number of individuals were either higher in the pits (p < 0.05 = *) or not significantly different (n. s.).

	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
Artenzahlen				
karnivor	n.s.	*	*	*
detritivor	n.s.	*	*	*
fungivor	*	n.s.	*	*
Individuenzahlen				
karnivor	*	*	*	*
detritivor	n.s.	*	*	*
fungivor	*	*	*	*

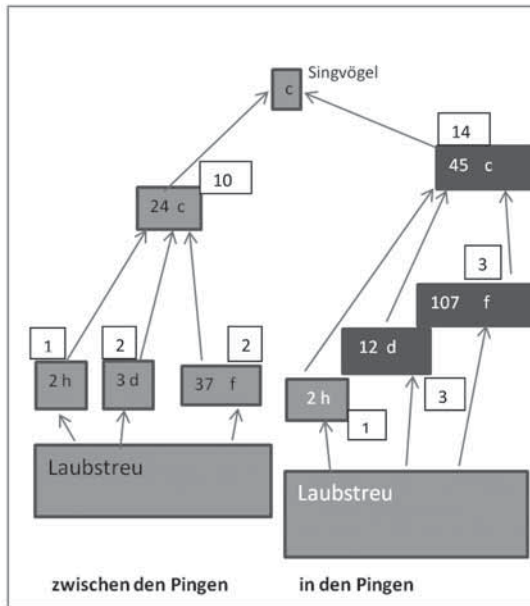


Abb. 11: Trophische Struktur in der Laubstreu von Buchenwäldern in der Laubstreu zwischen den Pingen (links) und in den Pingen (rechts). In den schattierten Kästchen ist die mittlere Besiedlungsdichte (für ½ m², n = 6 Bergbaufelder) und die Ernährung vermerkt (d = detritivor, f = fungivor, c = karnivor, h = herbivor). Signifikante Veränderungen in der Besiedlungsdichte der Pingen im Vergleich zu den Werten zwischen den Pingen sind durch dunkle Schattierung hervorgehoben. Die Zahlen in den hellen Kästchen geben die durchschnittlichen Artenzahlen für ½ m² an.

Fig. 11: Trophic structure in the litter layer of beech forests in areas between pits (left) and within pits (right). In the shaded boxes the mean number of individuals (½ m², n = 6 mining fields) and the feeding group are indicated (d = detritivorous, f = fungivorous, c = carnivorous, h = herbivorous). Significant differences of numbers in the mining pits when compared to the numbers in the litter layer between pits are dark shaded. The numbers in the boxes not shaded indicate the mean number of species in ½ m².

auf drei (Abb. 7). Die Besiedlungsdichten veränderten sich entsprechend. Karnivore: von 24 auf 45, Detritivore: von 3 auf 12, Fungivore: von 37 auf 107. Für die Herbivoren blieben die durchschnittliche Artenzahl (1) und Besiedlungsdichte (2) unverändert (Abb. 11).

4. Diskussion

Die Artenvielfalt von Lebensräumen spiegelt sich oft in seiner Strukturvielfalt wider. So leben mehr Arten von Säugetieren in Bergregionen als in Savannen (SIMPSON 1969). Vögel reagieren auf Vegetationsstrukturen. Mit zunehmender Vertikalzonierung, wie sie in Wäldern und waldartigen Strukturen ausgeprägt sein kann, leben mehr Arten als in Steppen und Savannen (MACARTHUR et al. 1966; CODY 1975). Wälder bieten im Zerfallsstadium mit dem Totholz zusätzliche Strukturelemente, die von Höhlenbrütern genutzt werden (MCCOMB & LINDENMAYER 1999). Auch zahlreichen detritoxyle Käferarten dient Totholz als Lebensgrundlage (KÖHLER 2000; KAPPES & TOPP 2004). Stark verzweigte Pflanzen beherbergen mehr herbivore Arten als einfach verzweigte Pflanzen (MORAN 1980). Verändert sich die Korngrößenverteilung an einem Seeufer und gibt es neben schlammigen Zonen auch sandige und kiesige Abschnitte, so leben dort mehr Arten als bei einem einheitlichen Korngrößenvorkommen (STEIN 1984). Im Boden von Wäldern steigt mit zunehmender Untergliederung der Humus- und Streuschicht die Anzahl der Hornmilbenarten (ANDERSON 1978). Die aufgeführten Beispiele unterstützen die Habitat-Heterogenität-Hypothese und zeigen, dass die Beziehungen zwischen Umweltheterogenität und Artenvielfalt unabhängig von der Größe eines Lebensraumes sind. Historische Bergbauflächen mit ihren ausgeprägten Oberflächenstrukturen dürften ein weiteres Beispiel für die Habitat-Heterogenität-Hypothese sein.

Oberflächenstrukturen in Bergbaufeldern

bewirken aber mehr als nur eine Erhöhung der Artenzahlen. Pingen führten bei vielen Arten des Waldbodens zu erhöhten Populationsdichten. Somit können Pingen in Bergbaufeldern wegen ihrer hohen Artenzahl und großen Besiedlungsdichte als Schlüsselstruktur (= Biochorion sensu TISCHLER 1993) gewertet werden. Schlüsselstrukturen auf dem Waldboden sind außerdem Aas (TOPP et al. 1982) und Blätterpilze (KÖHLER 1996). Durch diese Strukturen werden zusätzliche Arten „angelockt“; sie sind aber auch Anziehungspunkte für Arten des Waldbodens. Dies gilt ebenso für die Pingen, in denen viele Arten des Waldbodens erhöhte Populationsdichten erreichten und in denen zusätzliche hygrophile Arten vorkamen, die auf dem ebenen Waldboden fehlten.

Ein weiteres Beispiel bietet Totholz. Totholz auf dem Waldboden, mit einem Durchmesser von > 20 cm gibt nicht nur xylobionten Arten eine Lebensgrundlage; es bietet darüber hinaus zahlreichen Arten der Laubstreu reiche Ernährungsmöglichkeiten und vielfältigen Schutz (JABIN et al. 2004; TOPP et al. 2006; KAPPES et al. 2009). Schlüsselstrukturen in Buchenwäldern sind auch Quellhorizonte und Bäche (KÖHLER 1996). In der Agrarlandschaft zählen temporäre Feuchtstellen dazu (BROSE 2003), in ariden und semi-ariden Savannen sind dies solitär stehende Bäume (TEWS et al. 2004).

Umweltstrukturen können die Populationsdynamik beeinflussen. Theoretische Grundlagen werden durch die Modelle der „Metapopulation“ (HANSKI & GILPIN 1991) und der „Source-Sink-Dynamik“ (PULLIAM 1988) beschrieben. Diese Modelle berücksichtigen in einer heterogenen Umwelt die unterschiedliche Qualität von Strukturen und somit die Möglichkeit, dass Subpopulationen in einigen Strukturteilen wachsen (source), sich von dort ausbreiten und andere Subpopulationen (sink) vor ihrem Aussterben bewahren. Pingen können als Quellenstandorte (source) im Waldöko-

system angesehen werden. So beruhte die hohe Besiedlungsdichte im Bergbaugesamt Loshardt im Sommer (Abb. 7, 10) wesentlich auf einer erfolgreichen Entwicklung des Fächerflüglers *Acrotichis intermedia* in den Pingen (beurteilt nach der Anzahl der nicht ausgefärbten Imagines, Daten nicht dargestellt), die höher war ($p < 0,01$) als in der Laubstreu außerhalb der Pingen. Als Bestätigung für die „source-sink-hypothese“ könnten auch die höhere Artenzahl und die höhere Besiedlungsdichte in der Laubstreu außerhalb der Pingen im Vergleich zu der Laubstreu in Buchenwäldern ohne historischen Bergbau gelten. Innerhalb der Bergbaufelder waren auch außerhalb der Pingen die Artenzahlen und Besiedlungsdichten im Vergleich zu den Daten in Laubstreuschichten von Buchenwäldern ohne historischen Bergbau signifikant erhöht (Kap. 3.4.). Veränderungen in Artenzahlen und Besiedlungsdichten könnten aber auch auftreten, wenn Pingen als Refugien wirken. In trockenen Sommern, sobald Laubstreu und oberste Bodenschichten austrocknen, oder im Winter, bevor die obersten Bodenschichten mit ihren dünnen Laubstreuauflagen durchfrieren, könnten Käfer die Pingen aufsuchen, weil diese ein ausgeglichenes Mikroklima aufweisen und somit größere Überlebenschancen bieten als der wenig strukturierte Waldboden.

Trophische Kaskaden in terrestrischen Detritus-Systemen können von unten („bottom up“) kontrolliert sein. So führte die experimentelle Zugabe von Detritus in die Streuschicht eines Laubwaldes zu einer gesteigerten Besiedlungsdichte von Collembolen, Trauer- und Pilzmücken (Sciaridae, Mycetophilidae) sowie deren Fressfeinden (CHEN & WISE 1999). Als ein Freilandexperiment sind die Pingen anzusehen. Sie enthalten durch Windverfrachtung mehr Laubstreu als die weitgehend ebenen Flächen des Waldbodens. Außerdem bleibt die Laubstreu an den Nordhängen der Pingen wegen ihrer ständigen

Schattlage im Gegensatz zu der Laubstreu des weniger strukturierten Waldbodens auch in Trockenzeiten durchfeuchtet. Somit dürfte die Laubstreu der Pingen nicht nur ein ideales Nahrungsangebot für detritivore Käfer sein, sondern auch für die Entwicklung von Pilzhypen. Die größere Besiedlungsdichte durch fungivore Arten, wie *Acrotichis intermedia*, sowie deren Fressfeinden ist die Folge eines „bottom up“-Effekts. In den Pingen der Buchenwälder ist der außergewöhnlich hohe prozentuale Anteil des Zersetzersystems im Vergleich zum Weidegängersystem (vgl. BEGON et al. 1996) bemerkenswert. Insektivore Vögel reagieren auf die Dichte ihres Beuteangebots (SEKERCIOGLU 2006). Dies gilt sicherlich auch für die zahlreichen insektivoren Singvogelarten, welche die Streuschicht zum Nahrungserwerb aufsuchen (SCHLENDER et al. 2007). Die Anzahl der Singvogelreviere dürfte in historischen Bergbaufeldern daher höher sein als in Buchenwäldern ohne Bergbauspur.

5. Folgerung

Die aufgelassenen Bergbaufelder mit ihren Pingen und Halden sind Zeugen eines mehr als 2000-jährigen Bergbaus. Die Spuren dieses Bergbaus, die fast nur noch in Forstgebieten erkenntlich sind, drohen zu verschwinden. Pingen werden mit Astwerk und Reisig verfüllt oder dienen als Müllgruben; Halden werden bei der Forstbewirtschaftung durch das Anlegen von Rückegassen und den Einsatz von Vollerntern zunehmend eingeebnet.

Historische Bergbaufelder mit ihren Einsturztrichtern (= Pingen) beherbergen zahlreiche seltene Arten und sind in ihrer Artenvielfalt höher einzuschätzen als manche Naturwaldzelle. Pingen sind in Bergbaufeldern als Schlüsselstrukturen zu betrachten und dienen als Quellenstandorte für die Besiedlung des umgebenden Waldbodens. Struktur- und mikroklimatische Eigenschaften der Pingen dürften dazu beitragen, die

Artenvielfalt in Waldökosystemen stabil zu halten. Dies gilt besonders bei den sich jahreszeitlich und jährlich verändernden Klimabedingungen.

Historische Bergbaufelder sollten daher nicht nur als Kulturdenkmale und Zeugen einer historischen Vergangenheit sondern auch als Naturdenkmale unter strengen Schutz gestellt werden.

Danksagung

Für großzügige Unterstützung danke ich Herrn FRANK KÖHLER. Herr KÖHLER stellte mir freundlicherweise seine Originaldaten vom Kermeter zur Verfügung, überprüfte mehrere Arten und gab mir Hinweise zum faunistischen Status der Käfer aus dem Sammelgebiet Nordrhein. Frau MIRIAM ZÖLLER (Marix Verlag) danke ich für die Abdruckgenehmigung aus dem Werk von Georg Agricola.

Literatur

AGRICOLA, G. (1556): *De Re Metallica. Libri XII.* Nachdruck der Erstausgabe des VDI-Verlags (2006). Marix Verlag; Wiesbaden.

ANDERSON, J.M. (1978): Inter- and intra-habitat relationships between woodland Cryptostigmata species diversity and the diversity of soil and litter microhabitats. *Oecologia* 32: 341-348.

BEGON, M., HARPER, J.L., & TOWNSEND, C.R. (1996): *Ecology* (3rd ed.). Blackwell; Oxford.

BROSE, U. (2003): Bottom-up control of beetle communities in early successional wetlands mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 135: 407-413.

CHEN, B., & WISE, D.H. (1999): Bottom-up limitation of predaceous arthropods in a detritus-based terrestrial food web. *Ecology* 80: 761-772.

CODY, M.L. (1975): Towards a theory of continental species diversities: Bird distributions over Mediterranean habitat gradients. Pp 214-257 in: CODY, M.L., & DIAMOND, J.M. (eds.): *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press; Cambridge.

FREUDE, H., HARDE, K.W., & LOHSE, G.A. (1964-1994): *Die Käfer Mitteleuropas*. Goecke & Evers; Krefeld.

HANSKI, I., & GILPIN, M.E. (1991): Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 3-16.

JABIN, M., MOHR, D., KAPPES, H., & TOPP, W. (2004): Influence of deadwood on the density of soil macro-arthropods in a managed oak-beech forest. *Forest Ecology and Management* 194: 61-69.

KAPPES, H. & TOPP, W. (2004): Coleoptera from woody debris in a managed broadleaved forest in Central Europe. *Biodiversity and Conservation* 13: 1905-1924.

KAPPES, H., JABIN, M., KULFAN, J., ZACH, P. & TOPP, W. (2009): Spatial patterns of litter dwelling taxa in relation to the amounts of coarse woody debris in European temperate deciduous forests. *Forest Ecology and Management* 257: 1255-1260.

KLEY, N. & BRUNEMANN, H.-G. (1995): Auf der Suche nach Eisenstein-Spuren Kaller Bergleute. Pp 17-43 in: EIFELVEREIN ORTSGRUPPE KALL (Hrsg.). *Festschrift der Ortsgruppe Kall des Eifelvereins*. Barthel; Kall-Steinfelderheistert.

KÖHLER, F. (1996): Käferfauna in Naturwaldzellen und Wirtschaftswald. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW (Hrsg.). *LÖBF-Schriftenreihe* 6: 1-283.

KÖHLER, F. (2000): Tothholzkäfer in Naturwaldzellen des nördlichen Rheinlands. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW (Hrsg.). *LÖBF-Schriftenreihe* 18: 1-352.

KREBS, C.J. (1972): *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row; New York.

LASSAU, S.A., HOCHULI, D.F., CASSIS, G., & REID, C.A.M. (2005): Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distribution* 11: 73-82.

MACARTHUR, R. (1969): Patterns of communities in the tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 1: 19-30.

MACARTHUR, R., RECHER, H., & CODY, M. (1966): On the relation between habitat selection and species diversity. *American Naturalist* 100: 319-325.

- McCOMB, W., & LINDENMAYER, D. (1999): Dying, dead and down trees. Pp 335-372 in: HUNTER, M.J. JR. (ed.): *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press; Cambridge.
- MORAN, V.C. (1980): Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. *Ecological Entomology* 5: 153-164.
- OMMER, H. (2002): Bergbaurelikte im Königsforst. Pp 123-195 in: GESCHICHTSVEREIN RÖSRATH (Hrsg.): *Bergbau im Bergischen Land. Schriftenreihe des Geschichtsvereins Rös Rath 32. Dalmacija Papir; Split*.
- PULLIAM, H.R. (1988): Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 132: 652-661.
- ROMERO-ALCARAZ, E., & AVILA, J. (2000): Landscape heterogeneity in relation to variations in epigeic beetle diversity of a Mediterranean ecosystem. Implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 9: 985-1005.
- SACHS, L. (1999): *Angewandte Statistik*. 9. Aufl. Springer; Berlin.
- SCHLENDER, M., SKIBBE, A., KAPPES, H., & TOPP, W. (2007): Complex responses of songbirds to soil acidification of managed beech forests in Central Europe. *Ecosystems* 10: 579-587.
- SEKERCIOGLU, C.H. (2006): Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 464-471.
- SIMPSON, G.G. (1969): Species density of North American recent mammals. *Systematic Zoology* 13: 57-73.
- STEIN, W. (1984): Untersuchungen zur Mikrohabitatbindung von Laufkäfern des Hypolithions eines Seeufers (Col., Carabidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 98: 190-200.
- TEWS, J., BROSE, U., GRIMM, V., TIELBRÖGER, K., WICHMANN, M.C., SCHWAGER, M.C., & JELTSCH, F. (2004): Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity. The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92.
- TISCHLER, W. (1993): *Einführung in die Ökologie*. 4. Aufl. Fischer; Stuttgart.
- TOPP, W., HANSEN, K., & BRANDL, R. (1982): Artengemeinschaften von Kurzflüglern an Aas (Coleoptera, Staphylinidae). *Entomologia Generalis* 7: 347-364.
- TOPP, W., KAPPES, H., KULFAN, J., & ZACH, P. (2006): Litter dwelling beetles in primeval forests of Central Europe: does deadwood matter? *Journal of Insect Conservation* 10: 229-239.
- TOPP, W., THELEN, K., & KAPPES, H. (2010): Soil dumping techniques and afforestation drive ground-dwelling beetle assemblages in a 25-year-old open-cast mining reclamation area. *Ecological Engineering* 36: 751-756.
- WEGENER, W. (2004): *Alte Pingen und Schächte. Eisenerzbergbau im Gemeindegebiet von Kall*. www.Wisoveg.de/wisoveg/heimatkalender.

Prof. Dr. Werner Topp
Danielsweg 8
D-51429 Bergisch Gladbach
E-Mail: w.topp@uni-koeln.de

Anhang

Tab. 4: Artenliste der Käfer. Die Zahlen geben die Anzahl der Individuen an, die in den Bergbau-feldern (je 4 m²) gefunden wurden. Der Faunistische Status (s = selten, s* = im Flachland selten) nach KÖHLER (schriftl. Mitt.).

Tab. 4: Species list. The numbers refer to the specimen in the mining fields per 4 m². The faunistic situation (s = rare, s* = rare in the lowland) is given in accordance to KÖHLER (in corresp.).

	Bergisches Land		Eifel	Girzen- berg	Los- hardt	Kinds- hardt	Σ	Faunist. Status
	Verein. Glückauf	Grube Werner	Weiler heck					
Carabidae								
<i>Cychrus attenuatus</i>			1			1	2	s
<i>Nebria brevicollis</i>			1				1	.
<i>Notiophilus biguttatus</i>					2		2	.
<i>Loricera pilicornis</i>			2				2	.
<i>Trechus obtusus</i>	1		14	6	28	5	54	.
<i>Trichotichnus nitens</i>	3		1		5	2	11	s*
<i>Pterost. oblongopunctatus</i>				1	4	1	6	.
<i>Pterostichus madidus</i>	1				1		1	.
<i>Molops piceus</i>			1				1	.
<i>Abax parallelepipedus</i>	2	1	1				4	.
<i>Abax parallelus</i>		1			1		2	s*
<i>Abax ovalis</i>		1	2	1		3	6	s*
Hydrophilidae								
<i>Coelostoma orbiculare</i>	1						1	.
<i>Sphaeridium bipustulatum</i>					2		2	.
<i>Sphaeridium lunatum</i>			1				1	.
<i>Cryptopleurum minutum</i>				4	2	1	7	.
<i>Megasternum obscurum</i>			9	28	12	7	56	.
Cholevidae								
<i>Nargus wilkinii</i>	3	18	53	8	28	18	128	.
<i>Catops neglectus</i>			2				2	.
Colonidae								
<i>Colon latum</i>						1	1	s
Leiodidae								
<i>Leiodes strigipenne</i>				1			1	s
<i>Amphycyllis globus</i>					2		2	.
<i>Agathidium varians</i>						3	3	.
<i>Agathidium rotundatum</i>			1				1	.
<i>Agathidium atrum</i>			1		1	1	3	.
<i>Agathidium seminulum</i>			2	2	1		5	.
<i>Agathidium laevigatum</i>					2		2	.
Ptiliidae								
<i>Ptenidium pusillum</i>			1			4	5	.
<i>Ptenidium nitidum</i>			1		5		6	.
<i>Euryptilium saxonicum</i>						5	5	s
<i>Pteryx suturalis</i>	29	20	1	20	76		146	.
<i>Nephanes titan</i>	1						1	.
<i>Acrotrichis intermedia</i>	381	393	584	585	1036	409	3388	.
<i>Acrotrichis sitkaensis</i>				1			1	.

Tab. 4: Fortsetzung.

Tab. 4: Continued.

	Bergisches Land		Eifel		Girzen- berg	Los- hardt	Kinds- hardt	Σ	Faunist. Status
	Verein. Glückauf	Grube Werner	Weiler heck						
Staphylinidae									
<i>Cephennum gallicum</i>	23	20	22	5	4		74	.	
<i>Neuraphes elongatulus</i>	3	3	22	12	3	21	64	.	
<i>Neuraphes rubicundus</i>			2				2	s	
<i>Stenichnus collaris</i>	7	1	5	2	6	2	22	.	
<i>Microscydnum nanus</i>	4	3	3	4	1	1	16	s	
<i>Megarthritis sinuatocollis</i>			1				1	.	
<i>Proteinus brachypterus</i>	1		1	11	1	1	15	.	
<i>Proteinus macropterus</i>			1				1	.	
<i>Omalius rivulare</i>	1		1	28	3	1	34	.	
<i>Omalius caesum</i>	1		2	49	2	3	57	.	
<i>Phloeonomus punctipennis</i>	1						1	.	
<i>Anthobium atrocephalum</i>	3	8	20	10	5	2	48	.	
<i>Lesteva longelytrata</i>				1			1	.	
<i>Carpelimus elongatulus</i>		6					6	.	
<i>Carpelimus corticinus</i>			1	1			2	s	
<i>Carpelimus subtilicornis</i>		2					2	.	
<i>Anotylus rugosus</i>			3				3	.	
<i>Anotylus tetracarinatus</i>			1	1			2	.	
<i>Anotylus inustus</i>						1	1	.	
<i>Stenus impressus</i>	6		6		1		13	.	
<i>Domene scabricollis</i>	3						3	s	
<i>Rugilus rufipes</i>	6	8					14	.	
<i>Medon brunneus</i>	5	25				14	44	.	
<i>Lathrobium fulvipenne</i>						1	1	.	
<i>Lathrobium brunnipes</i>	1	4					5	.	
<i>Lathrobium longulum</i>		1					1	.	
<i>Xantholinus clarei</i>					3	1	4	.	
<i>Xantholinus tricolor</i>	1	2	1		2		6	.	
<i>Othius punctulatus</i>	8	11	6	9	7	10	51	.	
<i>Othius myrmecophilus</i>	12	18	25	32	28	13	128	.	
<i>Ocypus compressus</i>			1	1		1	3	.	
<i>Philonthus laminatus</i>			1				1	.	
<i>Philonthus decorus</i>	4		3		4		11	.	
<i>Philonthus cognatus</i>		4	1				5	.	
<i>Quedius lateralis</i>	2	1					3	.	
<i>Quedius cinctus</i>			1	1			2	.	
<i>Quedius picipes</i>			1	1		2	3	.	
<i>Quedius umbrinus</i>						3	3	s*	
<i>Quedius suturalis</i>	2		7	9	1	9	28	s	
<i>Quedius fumatus</i>	11	6	8	8	4	10	47	s*	
<i>Habrocerus capillaricornis</i>	55	50	98	42	2	83	330	.	
<i>Mycetoporus rufescens</i>					2		2	s*	
<i>Bolitobius cingulata</i>					1		1	.	
<i>Tachyporus nitidulus</i>			4				4	.	
<i>Tachyporus obtusus</i>			3				3	.	
<i>Tachinus signatus</i>			1		1		2	.	

Tab. 4: Fortsetzung.

Tab. 4: Continued.

	Bergisches Land		Eifel	Girzen- berg	Los- hardt	Kinds- hardt	Faunist. Σ	Faunist. Status
	Verein. Glückauf	Grube Werner	Weiler heck					
<i>Tachinus laticollis</i>		1		1			2	.
<i>Sepedophilus obtusus</i>	1				1	3	5	.
<i>Sepedophilus littoreus</i>	1						1	.
<i>Gyrophæna gentilis</i>	1		1	5			7	.
<i>Rhopalocercina clavigera</i>	1		3	9			13	s
<i>Amischa analis</i>			18	1			19	.
<i>Geostiba circellaris</i>	40	33	9	17	14	6	119	.
<i>Liogluta longiuscula</i>						1	1	.
<i>Liogluta wüsthoffi</i>				1	1		2	s
<i>Liogluta microptera</i>	2	1	2	4	5	1	15	.
<i>Atheta benickiella</i>		1	1		1	1	4	s
<i>Atheta pittionii</i>				1			1	.
<i>Atheta sodalis</i>				4	1	1	6	.
<i>Atheta fungi</i>		1	31	7	8	1	48	.
<i>Atheta aterrima</i>				1			1	.
<i>Atheta sordidula</i>			2	1	1	1	5	.
<i>Atheta celata</i>				1			1	.
<i>Atheta nigripes</i>			2				2	s*
<i>Oxypoda lividipennis</i>	1						1	.
<i>Oxypoda opaca</i>				1			1	.
<i>Oxypoda umbrata</i>		1			3	1	5	.
<i>Oxypoda annularis</i>		3	17	9	7	50	86	.
<i>Ilyobates nigricollis</i>		1					1	s*
<i>Ocalea picata</i>	2	3	3	7	2	7	24	.
<i>Meotica capitalis</i>	4						4	s*
<i>Biploporus bicolor</i>					2		2	.
<i>Bythinus burelli</i>		1	7	58	1		67	.
<i>Bryaxis puncticollis</i>	52	48	45	35	8	19	207	.
<i>Tychus niger</i>			1				1	.
Cantharidae								
<i>Cantharis pallida</i>				1		2	3	.
<i>Rhagonycha fulva</i>		1					1	.
<i>Malthodes spec.</i>		1				1	2	.
Elateridae								
<i>Dalopius marginatus</i>			1				1	.
<i>Athous subfuscus</i>					1		1	.
Throscidae								
<i>Trixagus dermestoides</i>					1		1	.
Clambidae								
<i>Clambus armadillo</i>			1				1	.
<i>Clambus simsoni</i>	1						1	.
Cerylonidae								
<i>Cerylon fagi</i>					1		1	.
Sphaerosomatidae								
<i>Sphaerosoma pilosum</i>			18	8	2	2	30	.
<i>Sphaerosoma piliferum</i>			34	5		30	69	s

Tab. 4: Fortsetzung.

Tab. 4: Continued.

	Bergisches Land		Eifel	Girzen- berg	Los- hardt	Kinds- hardt	Σ	Faunist. Status
	Verein. Glückauf	Grube Werner	Weiler heck					
Nitidulidae								
<i>Meligethes aeneus</i>			1	7			8	.
<i>Eपुरaea melanocephala</i>	22	4	1	1		3	31	.
<i>Eपुरaea unicolor</i>				1			1	.
Cryptophagidae								
<i>Cryptophagus dentatus</i>			1				1	.
<i>Cryptophagus pilosus</i>			7				7	.
<i>Cryptophagus setulosus</i>			3				3	.
<i>Micrambe abietes</i>		2		1			1	s*
<i>Atomaria lewisi</i>		1					1	.
Lathridiidae								
<i>Stephostethus alternans</i>				1			1	s*
<i>Aridius nodifer</i>	1						1	.
<i>Enicmus transversus</i>		1	1		1		3	.
Coccinellidae								
<i>Calvia decemguttata</i>					1	1	2	s*
Geotrupidae								
<i>Geotrupes stercorarius</i>	1			2			3	.
Scarabaeidae								
<i>Aphodius depressus</i>			1				1	.
<i>Aphodius prodromus</i>				1			1	.
Chrysomelidae								
<i>Phyllotreta undulata</i>						1	1	.
<i>Phyllotreta nigripes</i>			1				1	.
<i>Longitarsus melanocephalus</i>					1	1	2	.
Scolytidae								
<i>Hylurgops palliatus</i>			6					6
<i>Xyloterus lineatus</i>	1					1	2	.
<i>Dryocoetes villosus</i>	1						1	.
Apionidae								
<i>Trichapion simile</i>	1		1				2	.
<i>Ischnopterapion virens</i>			1		1		2	.
<i>Protapion fulvipes</i>					1		1	.
Curculionidae								
<i>Otiorhynchus singularis</i>	1					1	2	.
<i>Otiorhynchus sulcatus</i>						1	1	.
<i>Otiorhynchus tenebricosus</i>				2			s	.
<i>Barynotus moerens</i>			1				1	s
<i>Barypeithes araneiformis</i>		16					16	.
<i>Strophosoma melanogrammum</i>					1	1	.	.
<i>Curculio venosus</i>		1					1	.
<i>Mitoplonthus caliginosus</i>				1	3		4	s
<i>Leiosoma oblongulum</i>						1	1	s
<i>Acallis roboris</i>	1				2		3	.
<i>Ceutorhynchus contractus</i>						1	1	.
<i>Ceutorhynchus erysimi</i>					1		1	.
<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i>			1				1	.
<i>Rhynchaenus fagi</i>	1	3	5	5		3	17	.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologie heute](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Topp Werner

Artikel/Article: [Historische Bergbaufelder: Pingen sind Schlüsselstrukturen und Quellenstandorte für die streulebenden Käfer in Buchenwäldern. Historical Mining Fields: Mining Pits are Keystone Structures and Sources for the Litter Dwelling Beetles in Beech Forests 123-143](#)