

Ökologische Valenzen der Carabiden (Ins., Coleoptera) in hochmontanen, naturnahen Habitaten des Sauerlandes (Westfalen)

HARALD GROSSESCHALLAU, Verl

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1. Einleitung	4
2. Das Untersuchungsgebiet	5
2.1 Charakterisierung der Hochmontanstufe des Sauerlandes	5
2.1.1. Lage und Grenzen	5
2.1.2. Makroklima	5
2.1.3. Böden und pflanzengeographische Verhältnisse	6
2.2. Pflanzensoziologische Charakterisierung der Fangstellen	6
2.3. Lokalklimatische Charakterisierung ausgewählter Fangstellen	10
2.3.1. Methode	10
2.3.2. Meßdaten	11
2.3.3. Zusammenfassende Kennzeichnung der klimatischen Verhältnisse	13
2.4. Die Böden der Fangstellen	14
3. Die Fangmethode und ihre Auswertung	15
3.1. Fallenfang nach BARBER (1931)	15
3.2. Gruppierung von Fallen und Fangzeiträume	16
3.3. Fangraten	16
3.4. Konkordanzanalyse nach RENKONEN	16
4. Ergebnisse	17
4.1. Arten- und Individuendichte	17
4.2. Gruppierung der Fangstellen mittels der RENKONEN-Analyse	18
4.3. Charakterisierung der Fangstellengruppen durch Carabidengesellschaften	23
4.4. Jahresrhythmik	25
5. Diskussion	30
6. Literatur	32

Zusammenfassung

1. Im Hochsauerland (Westfalen) wurde die Carabidenfauna an 14 Fangstellen (Heide, Moor, Wald) mittels BARBER-Fallen untersucht. Die Fangstellen werden pflanzensoziologisch charakterisiert. Parallel zu den Fängen wurden lokalklimatische Messungen und Bodenuntersuchungen durchgeführt.

2. Die Carabidenfauna ist von Habitat zu Habitat nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ unterschiedlich. In der untersuchten Hochheide fehlt sowohl das typische Arteninventar der Sandheiden des Flachlandes als auch das der alpinen Zwergstrauchheiden. Die Carabidenfauna der Hochheide besteht vielmehr zu einem großen Teil aus Arten, die in niederen Lagen ausschließlich in Wäldern vorkommen. Dies spricht nicht für eine natürliche Genese der Hochheide.
3. Die Carabidenbestände der einzelnen Fangstellen werden mit Hilfe der Konkordanzanalyse nach RENKONEN miteinander verglichen. Die Diskordanz, die sich mit der Konkordanz stets zu 100 % ergänzt, wird als ökologisches Abstandsmaß betrachtet. Die Darstellung dieser Abstände in einem dreidimensionalen Modell ist nur jeweils für einen Teil der Fangstellen möglich. Einigen Achsen der räumlichen Modelle lassen sich Gradienten abiotischer Faktoren zuordnen. Artverteilungen scheinen vor allem die Strahlungsexposition der Bodenoberfläche, die Bodenfeuchte und der Bodenchemismus zu wirken. Frühjahrs- und Herbstbrüter reagieren auf Strahlungsexposition und Bodenfeuchte unterschiedlich.

1. Einleitung

In Gebirgen sind charakteristische, meist gut abgrenzbare Höhenstufen der Vegetation ausgebildet. Jede dieser Stufen (montane, subalpine, alpine und nivale Stufe) besitzt ein typisches Inventar von Pflanzen und Pflanzengesellschaften.

In Westfalen ist allein der südöstliche Teil des Sauerlandes hochmontan. Auf seinen höchsten Erhebungen, dem Kahlen Asten mit 840 m NN und dem Neuen Hagen mit 786 m NN, sind ausgedehnte Heideflächen ausgebildet, die den unbefangenen Betrachter leicht zu der Annahme einer natürlichen oberen Waldgrenze verleiten. Das Auftreten relikitärer heliophiler Gefäßpflanzen, seltener Moose und Flechten könnte die Vermutung bestärken, daß im Hochsauerland eine „alpine Stufe“ in vergleichsweise geringerer Höhe existiert. So schloß NIESCHALK (1953) aus dem Vorkommen von *Lycopodium alpinum*, *Empetrum nigrum* und *Leucorchis albida* auf eine natürliche Genese der Hochheiden. Zudem spräche ihre große Ähnlichkeit mit dem Vegetationsbild des seit dem Postglazial waldfreien Schottischen Hochlandes für eine „unberührte Hochheide, die niemals aus einem Waldgebiet hervorgegangen sein kann“.

Gegen die Existenz klimabedingter Hochheiden spricht sich vor allem HABER (1966) aus. Er bezeichnet die Hochheiden im Sinne ELLENBERG's (1963) als eine „vom Menschen mitgeschaffene und miterhaltene Halbkultur-Formation“. Im Harz sind die letzten verkrüppelten Buchen in 968 m Höhe zu finden (HABER, 1966). Im Sauerland würde die Buche – da die Fichte nicht autochthon ist – die natürliche Waldgrenze bilden. Stellt man in Rechnung, daß die Waldgrenze durch ozeanisches Klima gesenkt wird, ist im Sauerland eine potentielle Buchengrenze bei etwa 920 m anzunehmen. Diese liegt also um etwa 80 m über der höchsten Erhebung. Allein die starke Ausbildungskraft des Waldes, die heute zu einer zunehmenden Wiederbewaldung der Hochheiden (mit Birke und Eberesche als den natürlichen Bestandteilen des hochmontanen Sauerlandwaldes, wie auch mit der nicht ursprünglichen Fichte und Kiefer) führt, spricht gegen die Annahme eines ursprünglich waldfreien Gebietes.

Wenn auch die Frage nach der Entstehung der Hochheiden heute grundsätzlich richtig beantwortet zu sein scheint, so ist es doch zu bedauern, daß faunistische Befunde bisher nicht in die Argumentation einbezogen werden konnten. Die vorliegende Arbeit

soll durch Untersuchungen der Carabidenfauna helfen, diese Lücke zu schließen. Die besondere Eignung der Carabiden für terrestrische, tierökologische Untersuchungen erklärt sich aus ihrer z. T. ausgesprochen engen Habitatbindung und ihrem feinen Reaktionsvermögen auch auf geringfügige Intensitätsschwankungen der abiotischen Umweltfaktoren. Sie lassen sich somit im besonderen Maße als „Bio-Indikatoren“ heranziehen (vgl. HEYDEMANN 1953, THIELE & KOLBE 1962, LAUTERBACH 1964, THIELE 1964 b, GIERS 1973, KOTH 1974). Zum anderen ermöglicht der Einsatz automatisch fangender Bodenfallen die Entnahme repräsentativer Stichproben aus dem Carabidenbestand der Probeflächen (TRETZEL 1955).

Da nicht nur die Carabidenfauna der Hochheiden, sondern auch die der hochmontanen Wälder des Sauerlandes unbekannt ist, mußten möglichst naturnahe Buchenwälder vergleichend untersucht werden. Reste der ursprünglichen Waldgesellschaft des artenarmen Rotbuchenwaldes stocken noch auf der Hunau (BROCKHAUS & SCHRÖDER 1976). Hier sind zudem Hangmoore als waldfreie Habitate natürlicher Genese ausgebildet. Ein Vergleich ihrer Carabidenfauna mit der Fauna der artifiziiell waldfreien Hochheiden bietet sich an.

Das Untersuchungsziel dieser Arbeit läßt sich somit in folgenden Fragestellungen konkretisieren:

- Existiert auf der Hochheide eine heliophile, waldmeidende Carabidenfauna?
- Enthält die Carabidenfauna der Hochheide Elemente, die anderenorts auf die subalpine oder alpine Gebirgstufe beschränkt sind?
- Weist die Fauna der Hochheide Ähnlichkeiten mit der Fauna der Sandheiden des Tieflandes auf?

Die Carabidenfauna des westlichen und nördlichen Sauerlandes ist durch die Untersuchungen von LAUTERBACH (1964) und KOTH (1974) gut bekannt. Im sich westlich anschließenden Bergischen Land arbeiteten THIELE & KOLBE (1962), THIELE (1964 b) sowie LÖSER (1972).

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Charakterisierung der Hochmontanstufe des Sauerlandes

2.1.1 Lage und Grenzen

Als Hochsauerland wird die Dachstufe mit einer geschlossenen Höhenlage über 600 m bezeichnet, die sich vom Rothaargebirge im Südwesten über das Astengebirge bis zum Willinger Bergland im Nordosten erstreckt (A. & F. RINGLEB 1966). Diese einzige hochmontane Landschaft in Westfalen erreicht ihre höchsten Erhebungen in der Ziegenhelle (816 m), der Hunau (818 m), im Kahlen Asten (841 m) und im Langenberg (843 m). Das NSG „Neuer Hagen“ liegt an der Nordostgrenze der eigentlichen Dachstufe, wo mit dem Langenberg die höchste Erhebung erreicht wird. Das Hunaubergland stellt den deutlich abgesetzten Nordwestflügel dar. In einer Höhenlage von 700-818 m verteilen sich zahlreiche Kuppen und Rücken, über deren Scheitel die Wasserscheide zwischen Ruhr und Lenne verläuft (BROCKHAUS & SCHRÖDER 1976).

2.1.2 Makroklima

Das Sauerland reicht durch seine bastionartige Lage besonders weit in den atlantisch-ozeanischen Klimabereich hinein (MEYEN & SCHMITHÜSEN 1957). Sein Anteil an

dessen Besonderheiten ist durch kühle Sommer und milde Winter bei nur relativ geringen Temperaturschwankungen zwischen den Jahreszeiten, durch hohe Niederschläge und starke Bewölkung gekennzeichnet. Die klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden durch die absolute Höhenlage und vornehmlich durch die Exposition der Gebirgszüge zu den ostwärts ziehenden Regenwinden geprägt. Die absolute Höhenlage bewirkt vorwiegend eine thermische Gliederung (Abnahme des Jahresmittels um $0,6^{\circ}\text{C}$ je 100 m). Bei einem Jahresmittel von nur 5°C auf den höchsten Erhebungen und der Gefahr von Früh- und Spätfrösten, von denen eigentlich nur der Juli verschont bleibt, ist die Vegetationszeit von Mai bis August anzusetzen. Neben den thermischen Bedingungen stellt die Niederschlagsmenge einen charakteristischen klimabestimmenden Faktor dar. Mit seinen höchsten Erhebungen ist das Hochsauerland die niederschlagsreichste Region der deutschen Mittelgebirge. Bei einem hohen Anteil an Steigungsregen und exponierter Luvlage zu den Westwinden erfolgt eine Verschiebung des Niederschlagsmaximum in die Monate Juli und August. Die Dachstufe des Sauerlandes wird mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 1100 mm bis 1400 mm zu einem „hydrographischen Knotenpunkt“ (MEYEN & SCHMITHÜSEN 1957).

Zum Witterungsverlauf während der Untersuchungsperiode ist anzumerken, daß den normalerweise kühlen Sommern mit hohen Niederschlägen und starker Bewölkung im Jahre 1976 ein ausgesprochen warm-trockener Sommer gegenüberstand, während im Sommer 1977 die Witterung wieder der mittleren Charakteristik angenähert war. Einem milden Winter 1976/77 folgte allerdings im Frühjahr 1977 ein starker Kälteeinbruch, der sich auf die Bodentemperatur bis in den Frühsommer hinein auswirkte.

2.1.3 Böden und natürliche potentielle Vegetation

Die das Sauerland aufbauenden Gesteine des Devon und Karbon sind durchweg silikatischer Natur, wobei Grauwacken, Grauwackenschiefer und Tonschiefer die Hauptgesteine sind (MEYEN & SCHMITHÜSEN 1957). Diese Gesteine ergeben im Zusammenwirken mit dem Klima und der Vegetation mehr oder weniger nährstoffarme Böden (DIEKJOBST 1976). Vorherrschende Waldbodentypen sind basenarme und podsolige azide Braunerden auf Tonschiefer und Grauwacken (TASCHENMACHER 1954), welche auf wenig geneigten Flächen tiefgründig zersetzt, an steilen Hängen aber nur bis zu Gesteinsbrocken unterschiedlicher Größe zerfallen sind (MEYEN & SCHMITHÜSEN 1957). Trotz des Kalkgehalts des Muttergesteins und der feinen tiefgründigen Aufbereitung auf den Hochflächen sind doch Kalk und andere mineralische Nährstoffe aufgrund der hohen Niederschläge an der Oberfläche stark ausgewaschen. Intakte Braunerdeböden mit Mull sind nur noch dort anzutreffen, wo sich Reste des ehemals vorherrschenden Buchenwaldes vorfinden und die natürliche Waldgesellschaft anthropogen nur geringfügig gestört wurde, wie in höheren und unzugänglichen Gebirgslagen (z. B. in der Hunau). Die durch Holznutzung und Weide verwüsteten und in Bergweiden umgewandelten Wälder führten zur Entstehung podsoliger Braunerden.

Die natürliche Waldgesellschaft des Hochsauerlandes ist der Hainsimsen-Buchenwald (*Luzulo-Fagetum*), der jedoch heute weitgehend durch Fichtenmonokulturen ersetzt ist.

2.2 Pflanzensoziologische Charakterisierung der Fangstellen (I-XIII)

Untersuchungsgebiet „Neuer Hagen“ (I-IV)

Der Neue Hagen, eine der beiden Hochheiden des Südwestfälischen Berglandes, die noch vor einer Verfichtung bewahrt geblieben ist, liegt 3 km östlich der Ortschaft

Niedersfeld in 740-838 m Meereshöhe. Der Hochheide droht eine allmähliche Wiederbewaldung mit Warzen- und Karpatenbirke (*Betula pendula* und *B. carpatica*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Ohrweide (*Salix aurita*), Kiefer (*Pinus silvestris*) und Fichte (*Picea abies*). Das Heidekraut (*Calluna vulgaris*) ist auf dem Neuen Hagen bestandsbildend. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse und der kurzen Vegetationszeit ist es in seiner Konkurrenzkraft aber etwas geschwächt.

Gegenüber den Sandheiden des Tieflandes zeichnen sich die Hochheiden durch größeren Artenreichtum aus (HABER, 1966). Neben dem Heidekraut findet sich in großer Menge Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Preiselbeere (*V. vitis-idaea*); in geringer Menge kommen Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), Rauschbeere (*V. uliginosum*) und Glockenheide (*Erica tetralix*) hinzu. Als weitere Arten sind in der Krautschicht Steinlabkraut (*Galium saxatile*), Kolben- und Tannenbärlapp (*Lycopodium clavatum* und *L. selago*), Borstgras (*Nardus stricta*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Blutwurz (*Potentilla erecta*) und Haarginster (*Genista pilosa*) zu finden. Während BUDDE & BROCKHAUS (1954) wie auch HABER (1966) die Hochheide als „Calluno-Genistetum pilosae“ bezeichnen, folgt RUNGE (1961) mit der Bezeichnung „Calluno-Vaccinietum“ der Einteilung BÜKERS (1942) und beschreibt sie als hochmontane Assoziation, die zwischen den alpinen Zwergstrauchheiden und den montanen Besenginsterheiden steht.

(I) Buchengebüsch

Im südlichen Teil der Hochheide stocken oberhalb des Rundwanderweges viele Einzelbuchen, die zur Grenze des Naturschutzgebietes von einem ausgedehnten Fichtenbestand umgeben werden. Die im Volksmund „Katerkenbüske“ genannten Krüppelbuchen erreichen nur eine geringe Höhe und verzweigen als Folge von Wildverbiß und klimatischen Faktoren kurz über dem Erdboden zu kurzen verbogenen Einzelstämmen (RUNGE 1961). Zwischen den Buchen sind vereinzelt schwachwüchsige Birken eingestreut. Die Fallengruppe I wurde in zwei Fangbereiche unterteilt (Ia und Ib). Fangbereich Ia faßt die Fallen zusammen, die auf Lichtungen standen. Hier weist der Boden eine mehr oder weniger geschlossene Krautschicht mit *Calluna vulgaris* und *Vaccinium*-Arten auf. Die Fallen des Fangbereichs Ib standen unmittelbar unter Buchengebüsch mit dichtem Kronenschluß. Hier ist der Boden extrem beschattet und nur mit einer dicken Laubschicht bedeckt.

(II) Moorstelle

Ebenfalls im Südteil der Heide befindet sich ein kleines offenes Moor, von dem einer der Hoppeckequellbäche ausgeht. *Sphagneta* in hoher Artenzahl und andere Moose (KOPPE 1952), schmalblättriges Wollgras (*Eriophorum angustifolium*), Flatterbinse (*Juncus effusus*), liegende Binse (*Juncus bulbosus*), bitteres Schaumkraut (*Cardamine amara*), Bachsternmiere (*Stellaria alsine*) und Quellkraut (*Montia fontana*) bilden den Bewuchs auf einer nur schwach ausgebildeten Torfschicht.

(III) *Calluna*-Heide

Freie Heideflächen nehmen den Hauptteil des Neuen Hagen ein. An der Fangstelle III wachsen zwischen der bestandsbildenden *Calluna*-Heide verstreut Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Heidelbeere (*V. myrtillus*). Im weiteren kommen vereinzelt Wacholder (*Juniperus communis*), Besenginster (*Cytisus scoparius*), Haarginster (*Genista pilosa*), Kiefer (*Pinus silvestris*) und Fichte (*Picea abies*) vor.

(IV) Trockene Borstgraswiese

Neben der Zwergstrauchheide kommen auf dem Neuen Hagen auch ausgesprochene Borstgrasmatten (Nardeten) vor (RUNGE 1961). Ohne ausgeprägte Übergangszone zur Heide wächst in einer früher vermutlich zu Grünland kultivierten Senke, die dann

aber wieder sich selbst überlassen wurde (RUNGE 1961), statt der *Calluna*-Heide ein dichter Borstgrasrasen. Neben dem vorherrschenden Borstgras (*Nardus stricta*) dominieren Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) und Schafschwingel (*Festuca ovina*). Andere Wiesenpflanzen fehlen dieser Grastrift. HABER (1966) stellt diese Gesellschaft zu den Magertriften, die nach BUDDÉ & BROCKHAUS (1954) „etwas nährstoffreichere, weniger flachgründige und mehr lehmige Böden bevorzugen“.

Untersuchungsgebiet Hunau (V-XIII) (Abb. 1)

Die Hunau beherbergt ein Mosaik der verschiedensten Pflanzengesellschaften und dementsprechend eine große Zahl von Pflanzenarten. Große Teile des ehemals beherrschenden Hainsimsen-Buchenwaldes sind heute in Fichtenforste umgewandelt. Kennzeichnend für das Gebiet sind die grundwasserbeeinflussten Hangmoore „Rauhes Bruch“ und „Nasse Wiese“ mit starker natürlicher Entwässerung. Zwischen feuchten, torfmoosreichen und trockenen Stellen mit mehr Heide- und Nardetumcharakter finden sich alle Übergangsbereiche (Seggensümpfe, Bultenstadien). Auch Grauerlensämpfe und verwandte Sumpfgesellschaften befinden sich am Nordhang der Hunau. Bemerkenswert ist weiterhin der östlich exponierte Schluchtwald „Tiefes Hohl“, auf dessen von Quellwasser durchsickertem Boden eine vielfältige Kraut- und Baumschicht ausgebildet ist.

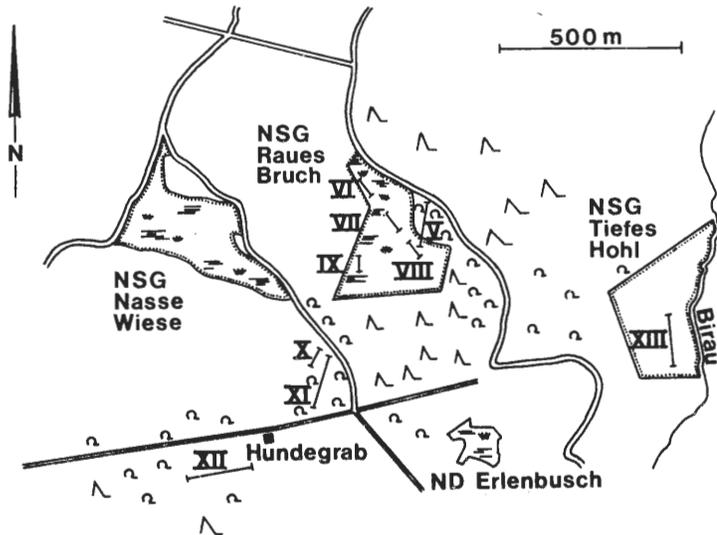


Abb. 1: Lage der Fangstellen V bis XIII im Untersuchungsbezirk der Hunau bei Bödefeld.

(V) Krüppelbuchenwald am Rande des „Rauhen Bruchs“

Nordöstlich des „Rauhen Bruchs“ stockt in 750 m Höhenlage ein mittelgroßer Buchenwald. Verkrüppelte, kurzschäftige Buchen prägen das Bild dieses Waldes. Nur vereinzelt sind gerade, glattwüchsige Stämme zu finden. Stockausschläge gefällter Bäume ließen zusammenstehende Buchen unterschiedlicher Stammentwicklung entstehen. Ein Strauchstockwerk ist aufgrund des dichten Kronenschlusses der Baumschicht nicht ausgebildet. Der Deckungsgrad der Krautschicht mit Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Hainsimse (*Luzula albida*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), Schattenblume (*Maianthemum bifolium*), Waldbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Sauerklee (*Oxalis acetosella*) ist nur gering. Große Teile des Bodens sind mit einer dicken Laubschicht überzogen.

Fallenkomplex NSG „Rauhes Bruch“ (VI-IX)

Auf der Nordabdeckung des Hunaurückens erstrecken sich in einer flachen Mulde die beiden grundwasserbeeinflussten Hangmoore „Nasse Wiese“ und „Rauhes Bruch“. Das 7,7 ha große „Rauhe Bruch“ ist am Nordrand von einem Buchenwald (Fangstelle V) und am Südrand von ausgedehnten Fichtenforsten umrahmt. Das fast baum- und strauchfreie Gebiet mit leicht gewölbter, sumpfig-rasiger Vegetationsfläche wird nur stellenweise durch Ohrweidengebüsch (*Salix aurita*) und vereinzelt Fichten (*Picea abies*) aufgelockert. Trotz der ökologisch negativen Beeinflussung durch den Menschen (Austrocknung als Folge der Verfichtung) besteht nach RUNGE (1961) das Rauhe Bruch im Gegensatz zur Nassen Wiese „nur aus natürlicher Vegetation“.

(VI) Torfmoosreicher Wald-Binsenbestand - *Juncetum acutiflori sphagnosum* KOCH 1926

Fangstelle VI befand sich im eigentlichen Quellmoorgebiet des „Rauhen Bruchs“. Großflächige Torfmoospolster (*Sphagnum recurvum*) mit ausgeprägtem Waldbinsenvorkommen (*Juncus acutiflorus*) zeigen große Bodennässe an. Diese Gesellschaft ist sehr artenarm; nur am Rande stehen vereinzelt Sumpfwelken (*Viola palustris*), Siebenstern (*Trientalis europaea*) und verschiedene Seggenarten. BUDDE & BROCKHAUS (1954) schließen aus dem Auftreten dieser Arten auf den mesotrophen Charakter des Moores - eine Folge der starken Wasserzügigkeit.

(VII) Übergang zum Bultenstadium - *Sphagnetum papilloso-rubelli* SCHW. 1940

In etwa 25 m Entfernung schließt sich an die Fangstelle VI ein Übergang zum Bultenstadium an. Die Bulte entstehen an erhöhten und trockenen Stellen durch die zur Polsterbildung neigenden Torfmoose *Sphagnum papillosum* und *Sphagnum rubellum*. *Sphagnum recurvum* tritt nicht mehr auf. Die Fangstelle lag in einer 6-7 m breiten, langsam ansteigenden Erosionsmulde, deren Flanken mit großen Beständen der Wald-Hainsimse (*Luzula silvatica*) und vereinzelt auch der Haarsimse (*Luzula pilosa*) bewachsen sind. In etwa 3-5 m Abstand von der Fangstelle stocken Gebüschgruppen der Ohrweide (*Salix aurita*) und kleinere Einzelfichten (*Picea abies*) sowie Karpaten- und Warzenbirke (*Betula carpatica* und *B. pendula*).

(VIII) *Molinia*-Bulten-Stadium

Im hangwärtigen, trockeneren Bereich des „Rauhen Bruchs“ breitet sich eine großflächige Pfeifengraswiese (*Molinietum caeruleae*) mit extrem bultiger Oberfläche aus. Die dichte, aber artenarme Vegetation setzt sich aus Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und eingestreuten Polstern des Goldenen Frauenhaars (*Polytrichum commune*) sowie den beiden Wollgrasarten *Eriophorum angustifolium* und *E. vaginatum* zusammen.

(IX) Ohrweidengebüsch

Im Südzipfel des „Rauhen Bruchs“ befand sich unter Ohrweidengebüsch (*Salix aurita*) Fangstelle IX. Auf dem staunassen Boden mit teilweise bis zur Oberfläche anstehendem Wasser wachsen unter den *Salix*-Beständen neben *Sphagnum recurvum* und einigen anderen Torfmoosarten Waldschachtelhalm (*Equisetum silvaticum*) und Flatterbinse (*Juncus effusus*). Neben den Gebüschgruppen schließen sich rasenartige Stellen mit Schnabelsegge (*Carex rostrata*) und Pfeifengras (*Molinia caerulea*) an.

(X) Waldschaumkrautflur - *Cardaminetum flexuosae* OBERD. 1957

In einem Sumpf unterhalb einer langsam sickernden Waldquelle befand sich am Rande eines Buchenwaldes auf der Nordabdachung der Hunau Fangstelle X. Auf einer wasserundurchlässigen Bodenschicht sammelt sich das austretende Wasser in einer fla-

chen Mulde von etwa 20 m². Auf dem schlickig-morastigen Boden siedeln Waldschaumkraut (*Cardamine flexuosa*) und Gegenblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium oppositifolium*) in großer Menge. Sumpfmühe (*Stellaria alsine*), Bitterschaumkraut (*Cardamine amara*) und Frühlingswasserstern (*Callitriche palustris*) finden sich zerstreut im dichten Bestand der Charakterarten.

(XI) Luzulo-Fagetum auf der Nordabdachung der Hunau

In der nördlichen Hochregion unterhalb des Hunaugipfels stockt ein alter Buchenwald mit ausgedehnten Eichenfarnherden. Es handelt sich um einen unbewirtschafteten Altholzbestand mit zahlreichen Baumruinen. Beschattung und Feuchtigkeit sowie eine von Pilzmycelien durchzogene lockere Laubstreu bieten dem Eichenfarn (*Gymnocarpium dryopteris*) gute Entwicklungsmöglichkeiten. Infolge früherer Auslichtung hat sich an Stellen stärkerer Lichteinstrahlung eine üppige Krautschicht mit Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Hainsimse (*Luzula albida*) und Waldbeere (*Vaccinium myrtillus*) entwickelt.

(XII) Luzulo-Fagetum auf dem Hunau-Hauptrücken

Auf der Südseite des Hauptrückens befand sich Fangstelle XII. Pflanzensoziologisch kann auch sie als Hainsimsen-Rotbuchenwald angesprochen werden. Die wenig dichte Krautschicht setzt sich aus Siebenstern (*Trientalis europaea*), Waldsimse (*Luzula silvatica*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Schattenblume (*Maianthemum bifolium*) und Rippenfarn (*Blechnum spicant*) zusammen.

(XIII) Schluchtwald im NSG „Tiefes Hohl“ - Acero-Fraxinetum KOCH 1926

Etwa 1 km südöstlich der Hangmoore „Nasse Wiese“ und „Rauhes Bruch“ liegt in einer Höhenlage von 585-680 m der ostexponierte Steilhang „Tiefes Hohl“ (Neigung: 30°). Auf dem wasserdurchsickerten Boden wird der Baumbestand durch Bergahorn (*Acer pseudo-platanus*), Bergulme (*Ulmus glabra*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Rotbuche (*Fagus silvatica*) und vereinzelt Spitzahorn (*Acer platanoides*) gebildet (BUDE & BROCKHAUS 1954). Je nach Lichteinfall und Beschaffenheit des Bodens wechselt der Artenbestand der üppigen Krautschicht. Mondviole (*Lunaria rediviva*), Waldbingelkraut (*Mercurialis perennis*), Märzenbecher (*Leucojum vernum*), Lungenkraut (*Pulmonaria officinalis*), Hohler Lerchensporn (*Corydalis cava*), Gegenblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium oppositifolium*) und Schuppenwurz (*Lathraea squamaria*) finden sich in großer Menge in unmittelbarer Umgebung der Fangstelle. Alpenen Einschlag erhält das Gebiet durch das ausgeprägte Vorkommen der Weißen Pestwurz (*Petasites alba*).

2.3. Lokalklimatische Charakterisierung ausgewählter Fangstellen

2.3.1 Methode

Von Juli 1976 bis Juni 1977 wurden an sieben der insgesamt dreizehn Fangstellen lokalklimatische Langzeitmessungen durchgeführt (Tab. 1). Daneben wurden Tagesgänge der Luftfeuchtigkeit, Evaporation, Lichteinstrahlung, Luft- und Bodentemperaturen gemessen, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen werden soll (vgl. GROSSESCHALLAU 1977).

Minimum-Maximum-Temperaturen: An fünf Fangstellen wurden Mini.-Max.-Thermometer ausgelegt. Zur Vermeidung eines direkten Bodenkontaktes wurden die Thermometer auf Holzstäbchen gelegt, die diese etwa 1 cm über dem Boden hielten. Die Quecksilbersäule war jeweils dem Boden zugekehrt. Das Ablesen der Extremwerte erfolgte mit den Leerungen der Fallen.

Tab. 1: Stationen der parallel zu den Fängen durchgeführten mikro-
klimatischen Langzeit-Messungen.

Fangstelle	Mini.-Max. Temperaturen	Mitteltemp. (n.Pallmann)	Evaporation
Buchengebüsch (Ib)			
Falle 2	-	+	-
Falle 3	+	+	+
Moorstelle (II)	+	+	+
Calluna-Heide (III)	+	+	+
Krüppelbuchenwald (V)	+	+	+
Überg.z.Bultenstad. (VII)	+	+	+
Schluchtwald (XIII)	-	+	+

Temperaturintegralmessung: Die Mitteltemperaturen der oberen Bodenschicht wurden mit Hilfe der polarimetrischen Rohrzucker-Inversions-Methode gemessen. Diese von PALLMANN, EICHENBERGER und HASLER (zit. nach SCHMITZ & VOLKERT 1959) entwickelte Methode beruht darauf, daß eine wäßrige Rohrzuckerlösung bei hinreichend hoher Wasserstoffionenkonzentration zeitlich abhängig von der Temperatur in ein äquimolares Gemisch aus Glucose und Fructose hydrolysiert („Invertzucker“). Sowohl die Ausgangslösung als auch die Reaktionsprodukte sind wegen der asymmetrischen C-Atome optisch aktiv. Die Berechnung des exponentiellen Temperaturmittels, das in unmittelbarer Nähe des arithmetischen liegt, erfolgt nach einer bei SCHMITZ & VOLKERT (1959) angegebenen Formel unter Eingabe des Anfangsdrehwinkels, des Drehwinkels nach Exposition, des Enddrehwinkels nach vollständiger Hydrolyse, des pH-Wertes der Lösung sowie der Expositionszeit. Der Drehwinkel wurde mit einem Zeiss-Kreispolarmeter im Licht der gelben Na-Doppellinie gemessen. Der Strahlengang in der Meßküvette betrug 20 cm.

Evaporation: Zur Messung der Verdunstungskraft wurden die gleichen Gläser benutzt, die auch als Fallen dienten. Die Gläser waren zur Hälfte in den Boden eingegraben und mit 250 ml destilliertem Wasser gefüllt. Gegen ein Auffüllen durch Niederschlag waren die Gläser durch gleich große rechtwinklige Plexiglasdächer geschützt, deren Giebelseiten offen und nur mit Maschendraht bespannt waren, so daß ausreichende Luftzirkulation gewährleistet war. Die verdunstete Menge wurde bei den Leerungen der Fallen bestimmt, und die Gläser wieder auf die Ausgangsmenge aufgefüllt. Während der Wintermonate waren die Evaporationsgläser eingezogen.

2.3.2 Meßdaten

Extremtemperaturen: In den Frühlings- und Sommermonaten wurden die höchsten Maximaltemperaturen im Buchengebüsch (Ib), auf der freien *Calluna*-Fläche (III) sowie im Bulten-Übergangsstadium (VII) gemessen, während die entsprechenden Werte an der Moorstelle (II) und im Krüppelbuchenwald (V) erheblich niedriger lagen (Abb. 2). Die Ursachen hierfür dürften auf die temperaturdämpfende Wirkung des oberflächlich anstehenden Wasserkörpers an der Moorstelle bzw. auf die strahlungsabschirmende Wirkung des geschlossenen Kronendachs im Krüppelbuchenwald zurückzuführen sein. Die hohen Temperaturen unter dem Buchengebüsch sind vermutlich die Folge einer Erwärmung der bodennahen Luftschicht über den zahlreichen großen Lich-
tungen. Wegen des relativ geringen Deckungsgrades der *Calluna* werden an der Fang-
stelle III (*Calluna*-Fläche) die höchsten Temperaturamplituden gemessen. Während
der Herbst-, Winter- und Vorfrühlingsmonate waren die Unterschiede zwischen den
Meßstellen weniger deutlich ausgeprägt.

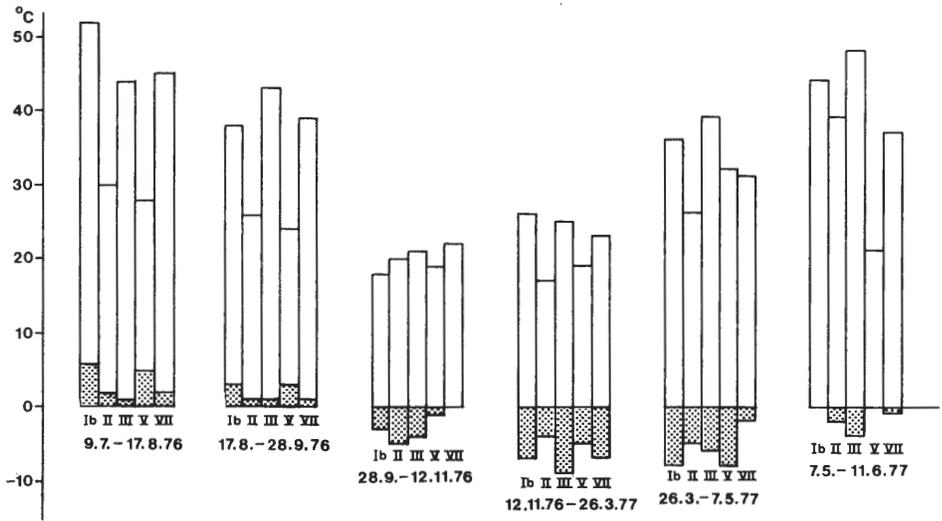


Abb. 2: Minimum- und Maximumtemperaturen der bodennahen Luft. Römische Ziffern: Fangstellen

Die Minimaltemperaturen waren in den Sommermonaten unter dem Buchengebüsch (Ib) und dem Krüppelbuchenwald (V) nicht so niedrig wie an den anderen Meßstellen. Dies kann auf die abstrahlungsmindernde Wirkung des Laubdaches zurückgeführt werden. Im Winterhalbjahr zeigen die Minimaltemperaturen ein einheitlicheres Bild. Im Vergleich zu den anderen Meßstellen werden jetzt auch im Buchengebüsch und in den Wäldern als Folge der Entlaubung sehr niedrige Temperaturen gemessen.

Mitteltemperaturen der Bodenschicht: Relativ hohe Bodenmitteltemperaturen kennzeichnen das Bild auf der *Calluna*-Fläche (III), im Bulten-Übergangsstadium (VII) und z. T. auch an der Moorstelle (II) (Abb. 3). Hierin drückt sich die starke Aufwärmung des Substrats durch ungehinderte Sonneneinstrahlung aus. Auf eine gewisse temperatenausgleichende Wirkung extremer Feuchtstellen (Moorstelle, II) wurde bereits hingewiesen. Im Jahresverlauf differieren die Temperaturmittel um minimal $9,8^{\circ}\text{C}$

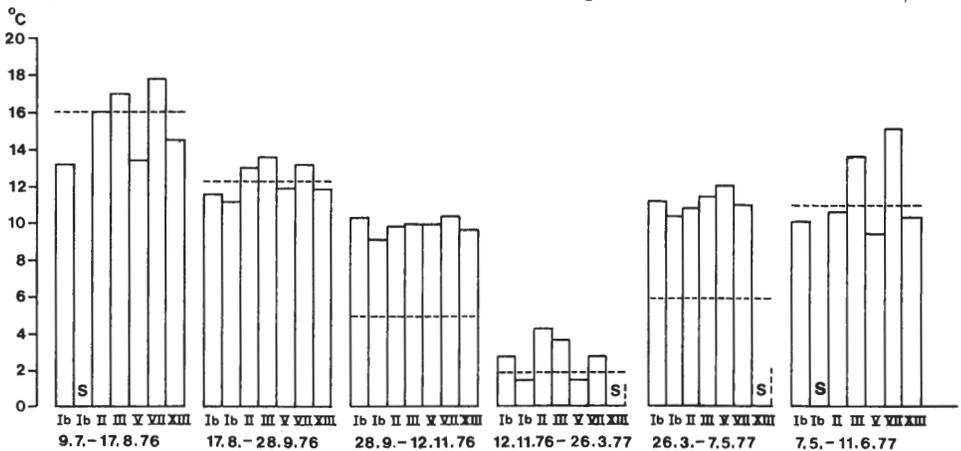


Abb. 3: Mitteltemperaturen der oberen Bodenschicht (Pallmann-Methode). Waagerechte, gestrichelte Linien: Mittelwerte der Bodentemperatur (Thermometer-Messungen) auf dem „Kahlen Asten“ (Wetterstation). S gestörte Messungen.

(Buchegebüsch, Ib) bis maximal 15,7° C (Übergangsstadium, VII). Die untersuchten Waldstandorte (Ib, V, XIII) zeigen trotz unterschiedlicher Bodenfeuchte ein homogenes Bild mit einem Unterschied von maximal 1,5° C. Erstaunlicherweise waren im Schluchtwald (XIII) trotz oberflächlich abfließenden Quellwassers und steiler Ost-Exposition die Mitteltemperaturen nicht geringer als in den Buchenwäldern.

Evaporation: Die Verdunstungsraten der freien *Calluna*-Fläche (III) sowie des Übergangsstadiums (VII) sind relativ groß, in den Wäldern (Buchegebüsch, Ib, und Krüppelbuchenwald, V) sowie auch an der Moorstelle (II) aber bedeutend geringer (Abb. 4). Die Ursachen dürften in der Windexponierung und der stärkeren Erwärmung der *Calluna*-Fläche und des Übergangsstadiums zu suchen sein. An der ebenfalls windexponierten Moorstelle (II) schwächen vermutlich die verdunstete Wasseroberfläche, relativ niedrige Maximaltemperaturen sowie die dichten Bestände an Wollgras und Flatterbinse die Evaporation ab. Minimale Evaporation wurde im Schluchtwald (XIII) gemessen. Hohe Luftfeuchtigkeit und die wegen der Ausrichtung des Steilhangs nach Ost windgeschützte Lage bedingen hier niedrige Verdunstungsraten.

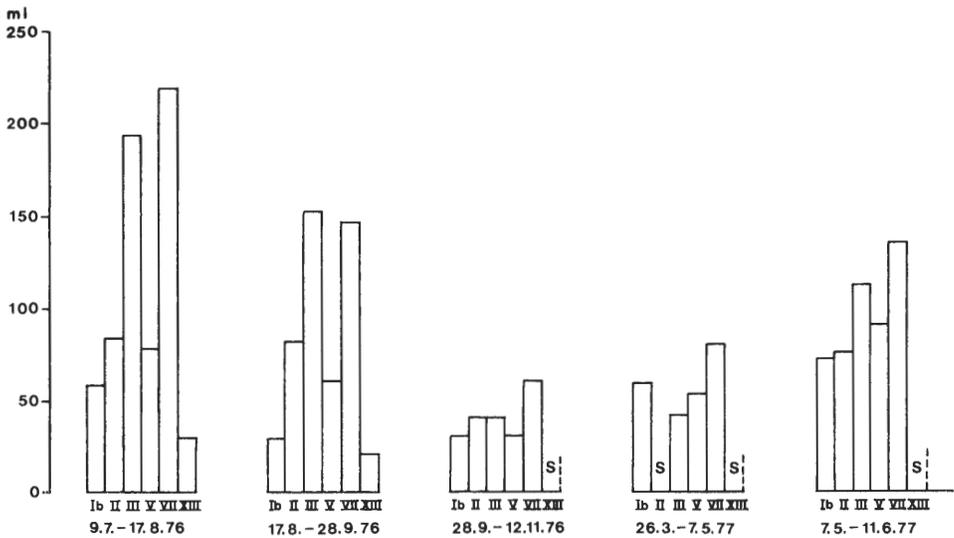


Abb. 4: Evaporation in Bodennähe. S gestörte Messungen.

2.3.3 Zusammenfassende Kennzeichnung der klimatischen Verhältnisse (unter Einbeziehung der Tagesgangmessungen)

Die *Calluna*-Fläche auf dem Neuen Hagen (III) und das Übergangsstadium des Rauhen Bruchs (VII) sind relativ tagwarm und nachtkalt; beide Fangstellen sind zudem durch hohe Verdunstungsraten und im Mittel relativ niedrige Luftfeuchtigkeit charakterisiert. Plötzliche Änderungen der lokalklimatischen Werte treten besonders auf der windexponierten *Calluna*-Fläche auf (vgl. GROSSESCHALLAU 1977).

Gegenüber den Strahlungshabitaten zeichnen sich die Wälder durch ausgeglichene thermische Verhältnisse aus (geringe Maximaltemperaturen, kleine tageszeitliche Temperaturamplitude). Die Luftfeuchtigkeit ist im Mittel höher und die Verdunstungsrate niedriger.

Die im Untersuchungsgebiet an einigen Stellen z. T. nur kleinräumig ausgeprägten geomorphologischen Besonderheiten haben oft großen Einfluß auf die mikroklimatischen Verhältnisse: Der oberflächlich anstehende Wasserkörper an der Moorstelle (II) wirkt sich in Bezug auf die Temperatur- und Luftfeuchtigkeit ausgleichend aus. Ebenso ermöglicht die steile, windgeschützte Ostexposition des Schluchtwaldes (XIII) die Ausprägung eines kühl-feuchten Mikroklimas mit gedämpften tages- und jahreszeitlichen Amplituden.

2.4 Die Böden der Fangstellen

Die im allgemeinen flach- bis mitteltiefgründigen, steinig-lehmigen und kalkarmen Böden des Untersuchungsgebietes neigen besonders bei Verfichtung zur Rohhumusbildung und Versauerung (BUDE & BROCKHAUS 1954). Die im Sauerland mit ansteigender Höhenlage zunehmende Häufigkeit basenarmer Braunerden ist zudem die Folge einer verstärkten Auswaschung durch Niederschläge (LÖSER 1972).

An allen 13 Fangstellen wurden zur Untersuchung der Bodeneigenschaften aus dem A-Horizont Bodenproben entnommen, bei 105° C 24 Stunden lang getrocknet und auf eine Krümelgröße von 2 mm ausgesiebt. Von einem Teil der Proben jeder Fangstelle wurde eine Suspension mit 2,5 Volumenteilen einer 0,01 m CaCl₂-Lösung hergestellt und der pH-Wert durch zweimaliges Messen mit der Einstab-Glaselektrode ermittelt. Der andere Teil der Proben wurde noch weitere 24 Stunden getrocknet und nach Abkühlen im Exsikkator zur Wasserkapazitätsbestimmung herangezogen. Nach Bestimmung des Trockengewichts (TG) wurden die Proben in ein Papiertütenfilter gegeben und so lange mit Wasser übergossen, bis maximale Wasseraufnahme gegeben war. Der Wägezeitpunkt zur Gewichtsbestimmung des wassergesättigten Bodens wurde willkürlich festgesetzt und galt dann als erreicht, wenn erstmals 5 Minuten lang kein Wasser mehr abtropfte. Die maximale Wasserkapazität (Haltekapazität gegen die Schwerkraft)

Tab. 2: Azidität und Wasserkapazität des Bodens.

Fangstelle	pH-Wert (0,01 CaCl ₂)	Wasserkapazität (% des TG)
Buchengebüsch (Ib)	3,7	96,3
Moorstelle (II)	3,7	105,6
Calluna-Heide (III)	3,8	90,0
Borstgraswiese (IV)	3,9	85,8
Krüppelbuchenwald (V)	4,3	106,3
Torfmoosr. Waldbinsenbest.(VI)	3,1	384,8
Überg.z.Bultenstadium (VII)	3,0	350,4
Molinia-Bultenstadium (VIII)	3,1	103,3
Ohrweidengebüsch (IX)	3,4	107,7
Waldschaumkrautflur (X)	4,0	52,7
Hunau-Nordabdachung (XI)	3,3	84,2
Hunau-Haupt Rücken (XII)	3,4	92,0
Schluchtwald	5,4	140,9

in % des Trockengewichts berechnet sich wie folgt:

$$WK = \frac{\text{Gew. (gesätt. Boden)} - \text{Gew. (Filterpap.)} - \text{TG (Boden)}}{\text{TG (Boden)}} \times 100$$

Die gemessenen Aziditäts- und Wasserkapazitätswerte sind typisch für „stark saure“ bis „sehr stark saure“ Böden (Tab. 2). Dabei erweisen sich die des „Rauhen Bruchs“ als besonders sauer (pH 3.0 bis 3.1). Im Schluchtwald „Tiefes Hohl“ (XIII) war der pH-Wert mit 5,4 am größten - vermutlich als Folge des Wasseraustritts aus dem Gestein.

Die ermittelten Wasserkapazitätswerte lassen deutlich die Extremsituation einiger Fangstellen erkennen (Tab. 2). Besonders groß ist die Kapazität der Böden mit hohem Sphagnumtorfanteil (Quellmoor und Übergangsstadium im „Rauhen Bruch“, VI u. VII). Die Kapazität der Torfböden des *Molinia*-Bultenstadiums (VIII) und der Moorstelle (II) ist hingegen bedeutend geringer. Die Waldfangstellen unterscheiden sich nicht auffällig voneinander; ein relativ hoher Kapazitätswert wurde allerdings im Schluchtwald (XIII) gemessen. Die Böden der *Calluna*-Heide (III) und der Borstgraswiese (IV) zeichnen sich durch annähernd die gleiche Wasserkapazität aus wie die Böden der trockenen Hunauwälder (XI, XII).

3. Die Fangmethode und ihre Auswertung

3.1 Fallenfang nach BARBER (1931)

Qualitative und quantitative Untersuchungen über das Vorkommen der epigäisch aktiven Carabiden erforderten eine Fangmethode, die von subjektiven Faktoren unabhängig ist. Zur Anwendung kam die nach dem Prinzip einer Fallgrube automatisch fangende Formalin-Becherfallen-Methode (BARBER 1931; TRETZEL 1955; HEYDEMANN 1956). Diese bei biologischen Freilanduntersuchungen bewährte Methode ermöglicht die Entnahme repräsentativer Stichproben aus der Gesamtheit der an der jeweiligen Fangstelle aktiven Carabidenfauna, so daß objektive Aussagen über

Tab. 3: Fangstellen, Anzahl der Fallen und Fangzeiträume.

Fangstelle	Anzahl der Fallen	Fangzeitraum
Ia Buchengebüsch; Lichtungsbereich	5	1.5.76-11.6.77
Ib dichtes Buchengebüsch	8	1.5.76-11.6.77
II Moorstelle	10	1.5.76-13.7.77
III Calluna-Heide	14	1.5.76-11.6.77
IV Borstgraswiese	10	8.6.76-11.6.77
V Krüppelbuchenwald	10	8.6.76-17.6.77
VI Torfmoosreicher Waldbinsenbestand	5	8.6.76-17.6.77
VII Übergang zum Bultenstadium	5	8.6.76-17.6.77
VIII <i>Molinia</i> -Bultenstadium	5	8.6.76-17.6.77
IX Ohrweidengebüsch	5	8.6.76-17.6.77
X Waldschaumkrautflur	4	8.6.76-12.11.76
XI Hunau-Nordabdachung	10	1.5.76 - 1.8.77
XII Hunau-Haupt Rücken	10	1.5.76-11.6.77
XIII Schluchtwald	10	8.6.76-17.6.77

die „Aktivitätsabundanz“ einer Art gemacht werden können. Der von HEYDEMANN (1956) geprägte Begriff besagt, daß die Anzahl der pro Falle und Fangperiode gefangenen Individuen nicht nur von ihrer absoluten Häufigkeit, sondern auch von ihrer Aktivitätsintensität abhängt. Als Fallen dienten handelsübliche Honiggläser von 7,5 cm Höhe und 7,2 cm lichtem Durchmesser, die niveaugleich in den Boden eingegraben wurden. Die Fallen waren etwa zur Hälfte mit einer 4%igen Formaldehydlösung beschickt, der zur Reduktion der Oberflächenspannung einige Tropfen eines Haushaltsspülmittels zugesetzt waren. Gegen Regen und Laubverwehungen wurden die Fallen durch Plexiglasdächer geschützt.

3.2 Gruppierung von Fallen und Fangzeiträume

Die Untersuchung der Carabidenfauna erstreckte sich vom 1. Mai 1976 bis zum 17. Juni 1977. 4 bis maximal 14 Fallen bildeten jeweils eine Fangeinheit, die hinsichtlich Vegetation, Bodenbeschaffenheit, Feuchtigkeit und Lichteinstrahlung in einem homogen erscheinenden Bereich stand (Tab. 3). Bei der Auswertung sind somit auch nicht die Fangergebnisse einer Falle für sich betrachtet worden, sondern die Werte beziehen sich jeweils auf eine Fangeinheit. Der Abstand der Fallen untereinander richtete sich nach Ausdehnung und Beschaffenheit des Gebietes, betrug aber mindestens 2 m. Im Abstand von 4-5 Wochen wurden alle Fallen geleert; lediglich während der Wintermonate war die Zeit zwischen den Leerungen verlängert.

Die Carabiden wurden nach FREUDE, HARDE & LOHSE (1964 u. f.) bestimmt.

3.3 Fangraten

Für einen Vergleich verschiedener Carabidenbestände sind einheitliche und feste Parameter erforderlich: gleiche Zahl fängiger Fallen, gleiche Fangintervalle etc. Da aber sowohl Fallenzahl wie auch Fangintervalle nicht identisch waren, werden für jedes Fangintervall „Fangraten“ errechnet. Dieser für jede Art und jedes Fangintervall gebildete Wert (FR) gibt die Anzahl der in einem Zeitraum von 30 Tagen und in 10 Fallen gefangenen Individuen einer Art an und berechnet sich nach der Formel:

$$FR = \text{Anzahl gef. Ind.} \times \frac{30 \text{ Tage}}{\text{Expositionszeit in Tagen}} \times \frac{10 \text{ Fallen}}{\text{Anzahl fängiger Fallen}}$$

In ähnlicher Weise wird eine mittlere Fangrate (mFR) über den gesamten Untersuchungszeitraum errechnet. Sie bezeichnet die Anzahl der in 30 Tagen und in 10 Fallen gefangenen Individuen einer Art bezogen auf die Gesamtexpositionszeit.

$$mFR = \text{Gesamtzahl gef. Ind.} \times \frac{30 \text{ Tage}}{\text{Gesamtexpositionszeit in Tagen}} \times \frac{10 \text{ Fallen}}{\text{mittlere Anzahl fängiger Fallen}}$$

3.4 Konkordanzanalyse nach RENKONEN (1938)

Um nicht nur einzelne Arten, sondern auch die Carabidenbestände der verschiedenen Fangstellen quantitativ miteinander vergleichen zu können, wurde die Dominanzidentität (Konkordanz) nach RENKONEN (1938) errechnet. Als Maßzahl für die Übereinstimmung zweier Organismenbestände wird im bilateralen Vergleich für jeweils zwei Fangstellen die Summe der jeweils niedrigeren Artendominanzen gebildet. Bei nur an einer Fangstelle vertretenen Arten geht der Dominanzwert 0 % in die Summe

ein, während bei Arten, die an beiden Fangstellen mit gleicher Dominanz gefangen wurden, einer der beiden Werte berücksichtigt wird. Der Konkordanzwert (Renkonen-zahl) gibt den prozentualen Anteil der beiden Vergleichsfangstellen gemeinsamen Ar-tanteile wieder. Für den multilateralen Vergleich hat RENKONEN das Konkordanzgitter verwendet, bei dem die Konkordanzwerte an den Schnittstellen eines waagrecht und senkrecht gleichermaßen geordneten Rasters eingetragen werden. KOTH (1974) benutzte nicht nur die Konkordanz als Maßzahl der Übereinstimmung verschiedener Organismenbestände, sondern definierte die „Diskordanz“, ein Unterschiedsmaß, das sich mit der Konkordanz zu 100 % ergänzt, als „ökologischen Abstand“ zwischen miteinander zu vergleichenden Fangstellen.

Die Fangeinheit der Fallen an Fangstelle X war so oft gestört, daß die Fallen schon im November 1976 eingezogen wurden. Die Fangstelle X blieb aus diesem Grunde bei der Renkonenanalyse unberücksichtigt.

4. Ergebnisse

4.1 Arten- und Individuendichte

Die Dachstufe des Sauerlandes beherbergt eine relativ arme Carabidenfauna. Von den insgesamt 58 nachgewiesenen Arten waren allein 23 mit weniger als 10 Exemplaren vertreten. Augenfällig ist die unterschiedliche Arten- und Individuendichte an den einzelnen Fangstellen (Abb. 5).

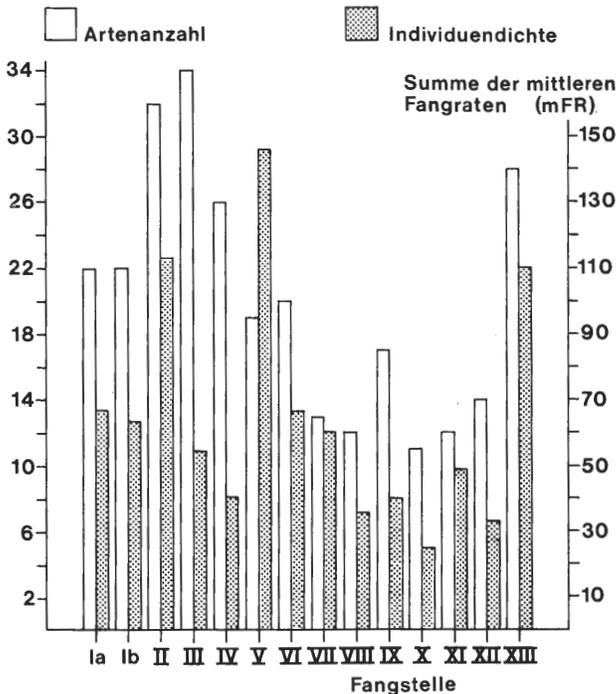


Abb. 5: Artenanzahl und Individuendichte (= Summe der mittleren Fangraten) an den einzelnen Fangstellen für die gesamte Untersuchungszeit.

Bruchs". Die Fangeinheit I war zunächst wegen der starken Unterschiede in Lichteinstrahlung und Ausbildung der Krautschicht in zwei Unterbereiche (Ia und Ib) unterteilt worden. Dies läßt sich nach der Konkordanzanalyse nicht rechtfertigen: Die Lichtungsfau- na (Ia) ist der Fauna der größeren freien Flächen (III, IV) nur wenig ähnlicher als es die Fauna der beschatteten Teile der Fangeinheit (Ib) ist.

Die größten Ähnlichkeiten bestehen zwischen den drei trockenen Waldstandorten auf der Hunau (82 % zwischen V und XII, 81 % zwischen XI und XII, 71 % zwischen V und XI). Hohe Konkordanzen werden auch in den feuchten Strahlungshabitaten erreicht (z.B. 81 % zwischen II und VII). Die Diskordanzen sind zwischen den trockenen Waldstandorten und den feuchten Strahlungshabitaten besonders groß. Die licht-trockenen Fangstellen des „Neuen Hagen“ weisen größere Ähnlichkeiten mit den trockenen Waldstandorten als mit den licht-feuchten Fangstellen auf.

· Es wurde versucht, die Relativlagen der Fangstellen mittels Draht (Darstellung des Abstandes; 100 % Diskordanz entsprechen im Original 200 mm) und Plastilinkugeln (Darstellung der Fangstellen) in einem dreidimensionalen Modell anzuordnen. Eine Lageunschärfe der Fangstellen war durch die Größe der Plastilinkugeln (\varnothing 10 mm; das entspricht einer Diskordanz von 5 %) gegeben. Maximal konnten 7 Carabidenbestände widerspruchsfrei in einem dreidimensionalen Modell dargestellt werden. Die vier entwickelten Modelle (Abb. 6) umfassen die „Waldstandorte“ Ia, Ib, V, XI, XII, XIII zusammen mit der freien *Calluna*-Fläche (III), alle Fangstellen des „Neuen Hagen“, alle Strahlungshabitate und die Feuchtstellen der Hunau. Nicht möglich war es, alle Fangstellen der Hunau in einem dreidimensionalen Modell darzustellen; dabei mußte entweder auf die Fangstelle VIII (*Molinia*-Bultenstadium) oder XIII (Schluchtwald „Tiefes Hohl“) verzichtet werden.

Einer These KOTH's (1974) zufolge kann möglicherweise aus der räumlichen Zuordnung von Carabiden-Gesellschaften mittels eines Unähnlichkeitsmaßes (der Renkonen-Diskordanz) auf artverteilende Faktorenkomplexe geschlossen werden. In den Abstandsmodellen (Abb. 6) lassen sich einzelnen Raumachsen bestimmte Faktorengradienten zuordnen. Im Modell der Wald- und Heidegesellschaften (Abb. 6a) liegen die Fangstellen V, XI, XII, Ia, Ib, und III fast auf einer Geraden, der ein Gradient „abnehmender Waldcharakter innerhalb der bodentrockeneren Habitate“ entspricht. Ein mit Vegetationshöhe und -dichte korrelierter Faktorenkomplex hat also auch im Hochsauerland einen erkennbaren Einfluß auf die Carabidenbesiedelung. Die Waldfangstelle XIII „Tiefes Hohl“ spannt im Modell 6a eine 2. Dimension auf. Offenbar rücken spezielle Faktoren (z. B. hohe Bodenfeuchte, ausgeglichene Temperaturbedingungen) die Carabidengesellschaft dieser Fangstelle sowohl von der Gesellschaft der bodentrockenen Wälder als auch der der Hochheide ab. Im Modell der Strahlungshabitate (Abb. 6b) stehen die relativ trockenen Habitate (Ia, III, IV) den bodenfeuchteren (II, VI, VII, VIII) fast diametral gegenüber. Hierin drückt sich mit großer Wahrscheinlichkeit der Einfluß der Substratfeuchte bzw. eines mit der Substratfeuchte korrelierten Faktorenkomplexes aus.

Betrachtet man das Modell der Feuchthabitate der Hunau (Abb. 6c), so fällt wiederum der große Abstand der Gesellschaft des „Tiefen Hohls“ (XIII) von denen des „Rauhen Bruchs“ (VI, VII, VIII) auf. Da keine gravierenden Unterschiede in den Feuchtigkeitsbedingungen vorliegen, dürften hierfür die Unterschiede in der Strahlungsexposition oder im Bodenchemismus (vgl. Tab. 2) verantwortlich sein. Die Aufspannung der Fangstellen VI, VII und VIII auf annähernd einer Geraden ist möglicherweise die Folge des Variierens der Substratfeuchte (vgl. Abb. 7). Der relativ große Abstand des Ohrwei-

dengebüsches (XI) von den anderen Gesellschaften des „Rauhen Bruchs“ könnte durch die unterschiedliche Strahlungsexposition bedingt sein.

Auch die Fangstellen des „Neuen Hagens“ (Abb. 6d) lassen sich in einem ausgeprägt dreidimensionalen Modell anordnen, das durch große Abstände der Moorstelle (II) von allen anderen Fangstellen sowie durch annähernd äquidistante Abstände zwischen Hochheide (III), Borstgraswiese (IV) und Buchengebüsch (Ia, Ib) charakterisiert ist. Strahlungsexposition, Bodenfeuchte und -chemismus dürften auch in diesem Modell die wirksamen carabidenverteilenden Faktoren sein.

Abb. 6 a-d: Modelle der „ökologischen Abstände“ der Carabidengesellschaften nach der RENKONEN-Analyse. Die Fangstellen sind mit römischen Ziffern gekennzeichnet (vgl. Tab. 3). Maßstab: 1 cm entspricht 10 % Diskordanz.

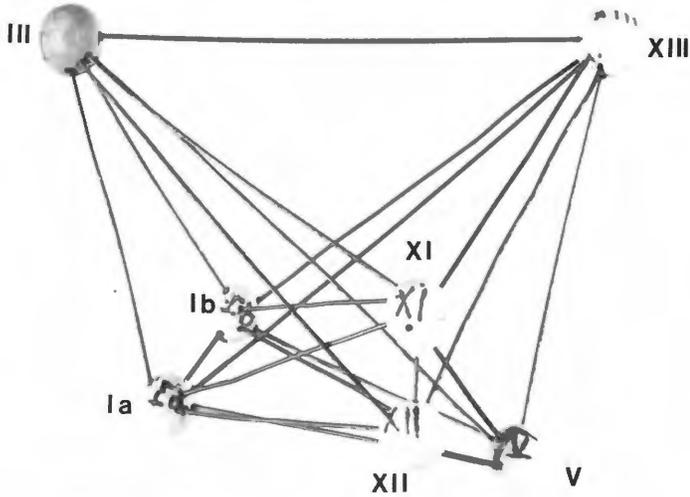


Abb. 6 a: Wälder und Hochheide.

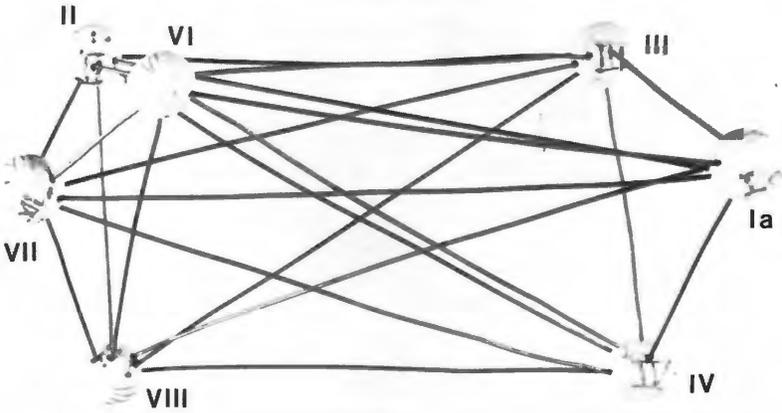


Abb. 6 b: Strahlungshabitate.

Nach der Renkonen-Analyse sind also vermutlich folgende Faktoren für das Vorkommen von Carabiden im Hochsauerland bedeutungsvoll: Strahlungsexposition der Bodenoberfläche (Neigungsrichtung sowie Dichte und Höhe der Vegetation), Bodenfeuchte und Bodenchemismus. Ob diese Faktoren direkt oder indirekt über andere, mit ihnen korrelierte Parameter auf die Carabidenbesiedlung einwirken, kann durch die Renkonen-Analyse nicht entschieden werden. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß z. B. die Strahlungsexposition der Bodenoberfläche nicht direkt, sondern über Temperatur und Feuchtigkeit die Carabidenbesiedlung eines Habitats beeinflusst. Die korrelativen Beziehungen zwischen lokalklimatischen und edaphischen Faktoren und die Beeinflussung der Carabidengesellschaften durch abiotische Faktorenkomplexe wurden von LÖSER (1972) im Bergischen Land genauer untersucht.

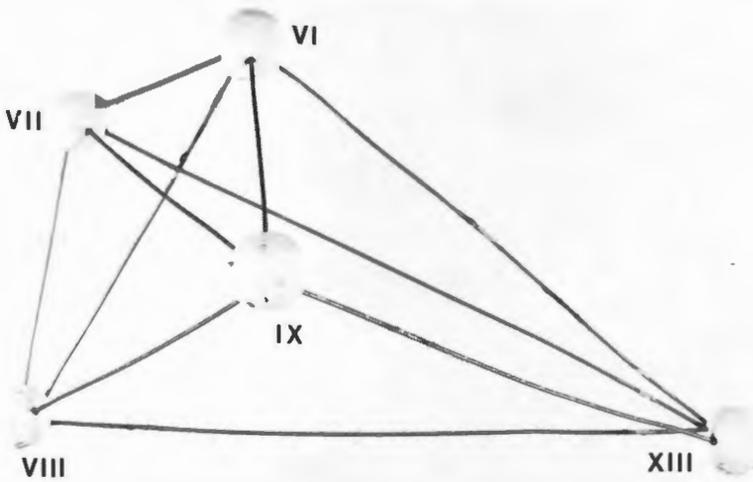


Abb. 6 c: Feuchthabitate der „Hunau“.

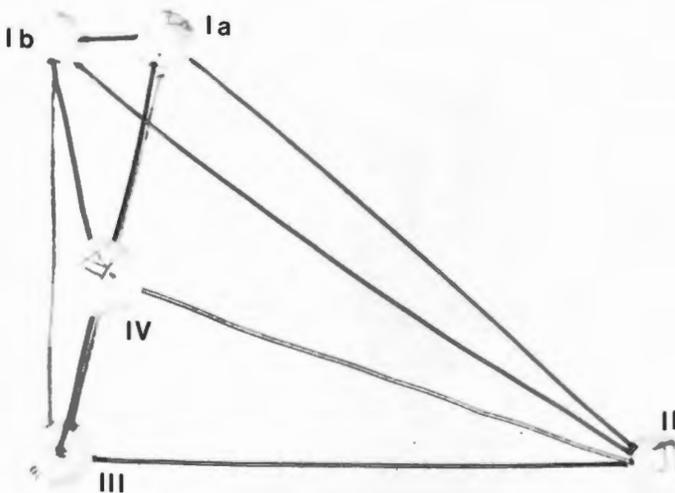


Abb. 6 d: Fangstellen des „Neuen Hagens“.

Tab. 5: Absolute Individuenanzahlen, prozentuale Individuen-Anteile der Herbstbrüter und mittlere Fangraten (mFR) an den einzelnen Fangstellen.

Fangstellen	VIII	VII	VI	II	IX	X	XIII	XI	XII	V	Ib	Ia	III	IV	
Charakterisierung der Fangstellen nach Bodenfeuchte und Insolation	licht-feucht				halb-schattig-feucht	schattig-feucht		trockene Waldfangstellen					Lichtung	licht-trocken	
absolute Individuenanzahlen	225	374	404	1347	226	52	1079	570	409	1742	600	511	994	495	
Individuenanteile der Herbstbrüter (%)	5.8	2.9	6.7	5.3	17.7	15.4	76.0	71.6	70.7	69.8	53.2	46.4	24.5	52.5	
<u>Hygrophile, Tagwärme liebende Arten</u>															
P. diligens	25.9	24.3	7.10	32.6	3.70	0.49	0.10						0.39	0.25	
P. nigrita	6.24	31.8	44.7	52.6	9.50	0.84							0.83		
A. fuliginosum	0.16	1.12	3.30	10.8	13.6	2.87							0.06		
B. unicolor			0.17	0.17										0.08	
<u>Hygrophile, Temperatur-indifferente Arten</u>															
L. rufescens		0.16	0.33	0.50	0.88		0.10						0.11	0.10	
L. pilicornis			0.17		4.93	15.8	3.47			0.08					
C. caraboides	0.16	0.16		0.17	0.53		0.41			0.17					
<u>Hygrophile, Kälte liebende Arten</u>															
P. cristatus							1.53								
P. assimilis							0.41								
P. melanarius						0.48	1.53								
A. ovalis						0.49	9.28			0.50					
L. piceus					0.18		6.02			0.17	0.11				
C. attenuatus			0.17				1.84			0.08					
M. piceus							0.92	0.09					0.06	0.10	
P. atrorufus	0.32	0.17	0.42		0.88		29.3		0.16	5.21			0.06	0.06	
<u>Feuchtigkeits- und Insolations-indifferente Arten</u>															
T. secalis				0.76			13.5	4.21	1.05	0.34	0.11		0.61	12.2	
C. glabratus		0.16	0.33		1.41	0.48	0.20	0.43	0.41	0.76					
P. oblongopunctatus				1.09			3.57	0.77	2.33	2.02	2.76	1.57	1.60	0.57	
M. elatus							0.41		0.08	0.50					
T. laevicollis	0.32	0.16	0.17	0.67	0.53		4.07	0.43	0.57	3.28	3.07	3.28	2.09	2.46	
C. auronitens	0.16		0.17	0.76	0.35		5.51	2.84	1.22	6.97	1.59		1.49	1.31	
A. ater		0.32	1.49	1.51	0.70	2.39	21.7	3.59	11.7	53.4	27.7	24.5	3.14	1.56	
P. metallicus	0.64	0.48	0.11	3.95			1.33	9.03	4.29	10.5	21.3	25.4	13.3	12.5	
C. micropterus	0.16				0.33	0.49	0.10		0.08	0.25	0.32	0.26	0.77	0.41	
<u>Schatten- und Bodentrockenheit-liebende Arten</u>															
N. biguttatus				0.17			0.20	0.17		15.9	0.95		0.44	0.08	
T. obtusus	1.44	0.16	1.32	0.50	1.58		3.16	16.5	9.32	38.5	1.48	0.79	1.21	3.03	
C. problematicus				0.08			1.02	0.95	1.70	7.64	1.80	0.92	0.11		
<u>Bodenwärme und Bodentrockenheit-liebende Arten</u>															
P. aethiops				0.67						0.17	0.11	0.79	0.66		
B. obtusum				0.08							0.11		0.06	0.08	
B. lampros							0.10		0.08			0.26	0.11		
C. arvensis				0.36	0.35						0.53	3.51	1.66	0.66	
C. convexus											0.11	0.52	0.22		
A. lunicollis		0.32		0.50	0.18			0.09			0.11	0.11	0.52	0.28	
N. aquaticus											0.11	0.20	0.06	0.08	
N. hypocrita			0.17	0.34							0.35	0.65	0.33		
N. palustris	0.48		0.17	1.60							0.32	1.31	1.16	0.33	
P. strenuus				1.01							0.11	1.44	1.10	0.83	
<u>Calluna-Folger</u>															
B. ruficollis			0.17	0.25						0.08		0.13	14.3	0.66	
B. harpalinus		0.32		0.50							0.21	0.26	4.18	0.08	
B. collaris				0.50								0.13	3.80	0.90	
<u>Präferenten rasenartiger Vegetation</u>															
A. communis				0.25									0.06	0.30	
A. convexior				0.08								0.13		0.30	
H. latus				0.08								0.26		0.49	
<u>Einzelfunde ohne deutliche Bevorzugung einzelner Fangstellen</u>															
A. montivaga	0.18														
H. quadristriatus	0.10														
A. plebeja		0.16													
C. melanocephalus				0.08											
A. nitida				0.08											
A. gracile				0.08											
S. nivalis							0.10								
P. niger							0.10								
B. nitidulum							0.10								
P. madidus											0.11				
D. globosus											0.11				
A. aenea												0.13			
A. familiaris													0.06		
N. brevicollis									0.08				0.17		
P. versicolor				0.08									0.06		

4.3 Charakterisierung der Fangstellengruppen durch Carabidengesellschaften

Tab. 5 gibt die Zusammenstellung der mittleren Fangraten an allen Fangstellen wieder. In der Eingangszeile stehen die Fangstellen gruppiert nach der Renkonen-Analyse. In der Eingangsspalte sind die Carabidenarten so aufgeführt, daß die für die Fangstellen bzw. Fangstellengruppen charakteristischen Carabidenarten in möglichst geschlossenen Blöcken erscheinen. Im unteren Teil der Tabelle sind die Arten aufgeführt, die nur in Einzelfängen nachgewiesen wurden und keine deutliche Bevorzugung einzelner Fangstellen erkennen lassen.

Zur Charakterisierung der Bindungsgrade der Arten an die Fangstellen bzw. Fangstellengruppen werden folgende Begriffe definiert:

Eine Art ist für eine Fangstelle oder für eine Fangstellengruppe *stenotop*, wenn hier ein Anteil von 100-80 % des Gesamtfanges gefangen wurde, und wenn – im Falle einer Fangstellengruppe – die Art an allen Fangstellen dieser Fangstellengruppe vertreten ist.

Eine Art ist für eine Fangstelle oder für eine Fangstellengruppe *semistenotop*, wenn hier ein Anteil von 80-50 % des Gesamtfanges gefangen wurde und wenn – im Falle einer Fangstellengruppe – die Art an allen Fangstellen dieser Fangstellengruppe vertreten ist.

Eine Art kann nur für eine Fangstelle bzw. eine Fangstellengruppe *stenotop* sein; praktisch gilt dies auch für *semistenotope* Arten.

Licht-trockene Fangstellen der Hochheide (III, IV)

Stenotope Arten dieser Fangstellengruppe sind die drei *Bradycellus*-Arten *ruficollis*, *harpalinus* und *collaris*. Auf der Hochheide ist besonders das häufige Auftreten von Arten auffallend, die in niedrigeren Lagen fast nur aus Wäldern bekannt sind: *Pterostichus aethiops*, *Pterostichus metallicus*, *Pterostichus oblongopunctatus*, *Abax ater*, *Trichotichnus laevicollis*, *Carabus arvensis*, *C. auronitens*, *C. problematicus*, *Trechus obtusus*, *Calathus micropterus* und *Notiophilus biguttatus*.

Licht-feuchte Fangstellen (II, VI, VII, VIII)

Stenotop für die lichten und feuchten Fangstellen – die baumlosen Moore und Sümpfe – sind nur *Pterostichus diligens* und *Pterostichus nigrita*. Die licht-feuchten Habitate werden im Hochsauerland also von einer sehr artenarmen Carabidengesellschaft besiedelt. An jeder Fangstelle dieser Gruppe kamen *Pterostichus diligens* und *Pterostichus nigrita* gemeinsam in einer Dominanz von 75-93 % vor. Die höchsten Abundanzen werden für beide Arten an der Moorstelle des Neuen Hagen (II) gefunden. Obwohl *Agonum fuliginosum* mit Verbreitungsschwerpunkt im halbschattig-feuchten Bereich zu finden ist, ist er doch auch an allen licht-feuchten Fangstellen anzutreffen (GROSSE-SCHALLAU 1979).

Im „Rauhen Bruch“ waren die Fanggläser entlang eines Feuchtigkeitsgradienten angeordnet. Die Bodenfeuchte nahm von Fangstelle VI über VII nach VIII ab. Auch innerhalb der Fangstellen VII und VIII war die Bodenfeuchtigkeit nicht konstant, sondern nahm mit steigender Fallnummer ab. Entlang dieses Gradienten ging mit abnehmender Bodenfeuchte die Individuendichte von *Pterostichus nigrita* zurück, während die Häufigkeit von *Pterostichus diligens* anstieg (Abb. 7).

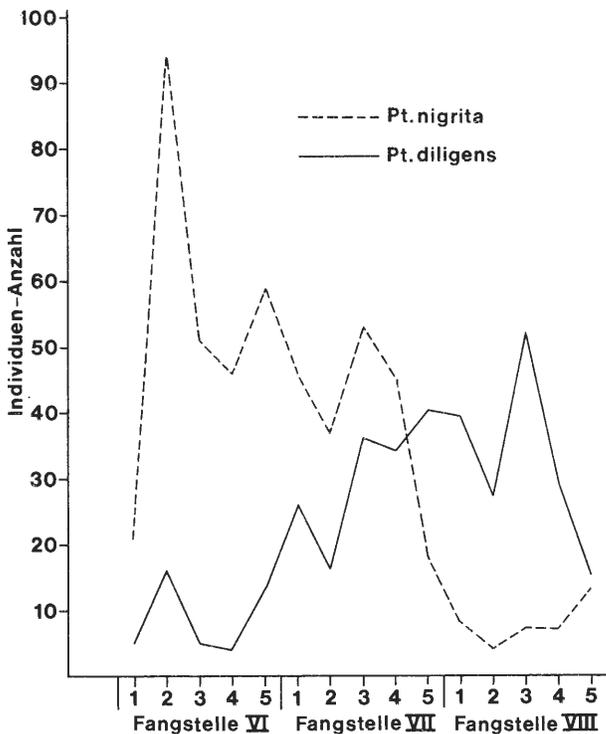


Abb. 7: Verteilung von *Pterostichus nigrita* und *diligens* im Bodenfeuchte-Gradienten der lichten Fangstellen im „Rauhen Bruch“. Die Bodenfeuchte nimmt von links nach rechts ab.

Trocken-schattige Waldfangstellen (Ia, Ib, V, XI, XII)

Zu den stenotopen Arten dieser Waldfangstellen im Sauerland zählen *Trechus obtusus* und *Carabus problematicus*, während *Abax ater* semistenotop ist. Häufig sind an allen Waldfangstellen *Pterostichus metallicus*, *Pterostichus ablongopunctatus* und *Trichotichnus laevicollis*. *Carabus auronitens* kommt an allen Waldfangstellen mit Ausnahme der Fangstelle Ia vor

Das Vorkommen von *Cychrus caraboides*, *Cychrus attenuatus* und *Abax ovalis* beschränkt sich in dieser Fangstellengruppe auf den etwas feuchteren und schattigeren Krüppelbuchenwald (V), der auch für *Notiophilus biguttatus* ein eindeutiges Vorzugshabitat darstellt. Das Buchengebüsch des „Neuen Hagen“ (Ia, Ib) nimmt insofern eine Sonderstelle ein, als es neben den typischen Waldarten eine Anzahl sonst nicht in den untersuchten Wäldern vorkommender Arten beherbergt: *Carabus arvensis*, *Notiophilus palustris*, *N. hypocrita*, *N. aquaticus*, *Pterostichus aethiops*, *P. strenuus*, *Bembidion obtusum* und *Bradycellus harpalinus*. Es handelt sich dabei um Zuwanderer aus der Hochheide.

Halbschattig-feuchte Fangstellen (IX, X)

Das Ohrweidengebüsch und die Waldschaumkrautflur der Hunau sind relativ artenarm. Nur *Loricera pilicornis* tritt als stenotope Art auf, die andererseits noch im „Tiefen Hohl“ (XIII) häufiger ist. Typische Waldarten sind selten. *Pterostichus diligens*, *Pterostichus nigrita* und *Agonum fuliginosum* stellen Gemeinsamkeiten zur Gruppe der licht-feuchten Fangstellen dar.

Schattig-feuchte Fangstelle (XIII)

Das „Tiefe Hohl“ ist besonders arten- und individuenreich. Es weist eine Reihe stenotoper Arten auf: *Cychnus attenuatus*, *Leistus piceus*, *Patrobus atrorufus*, *Pterostichus cristatus*, *Abax ovalis* (einige Exemplare noch im Krüppelbuchenwald, V), *Molops piceus* und *Platynus assimilis*. *Pterostichus melanarius* tritt im „Tiefen Hohl“ semistenotop auf. Bemerkenswert ist ferner das häufige Vorkommen von *Trechus secalis*, der auch in den trockenen Wäldern zu finden ist, aber im „Tiefen Hohl“ sowie im Nardetum der Fangstelle IV höchste Abundanzen erreicht.

4.4 Jahresrhythmik

Nach LARSSON (1939) sind Carabiden durch den Zeitpunkt ihrer Fortpflanzung gekennzeichnet: Frühlingsarten mit Sommerlarven pflanzen sich im Frühling oder Frühsommer (März-Juni) fort. In den Sommermonaten entwickeln sich die Larven; im Spätsommer/Herbst schlüpfen die überwinterten Imagines. Dieser Fortpflanzungstyp kann durch eine über den Winter verlängerte Larvalentwicklung verändert werden, wie WEIDEMANN (1971) z. B. bei *Pterostichus metallicus* nachwies. Zu den Herbstarten mit Winterlarven zählen solche, deren Fortpflanzungsaktivität im Hochsommer oder Herbst liegt (Juli-Oktober). Die Larven entwickeln sich während der Wintermonate; im Frühjahr/Frühsommer schlüpfen die Imagines. Nach der Eiablage stirbt die Mehrzahl der Adulten ab*. Bei jahreszeitlich später Eiablage können jedoch auch Imagines überwintern. Bei einigen Arten (z. B. *Carabus problematicus*) überwintert grundsätzlich ein Teil der Population, um an der folgenden Fortpflanzung noch einmal teilzunehmen. Angaben zu den bestimmenden Faktoren des Fortpflanzungstermins bzw. der Gesamtjahresrhythmik, deren ökologische Bedeutung in einer optimalen jahreszeitlichen Einmischung liegt, finden sich bei KREHAN (1970) und THIELE (1971).

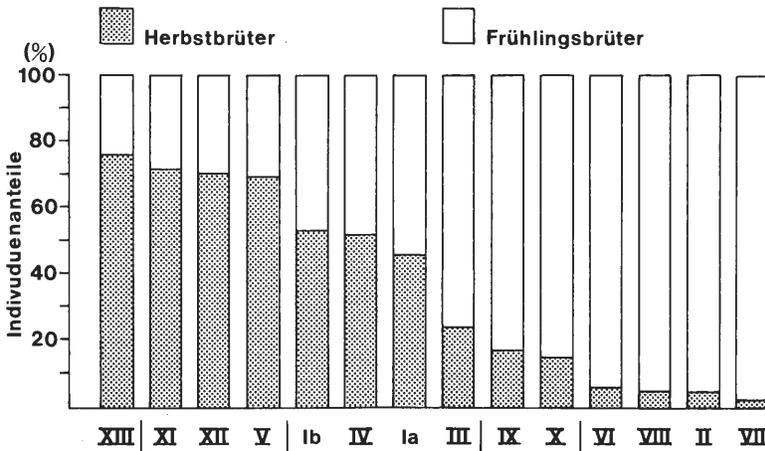


Abb. 8: Prozentuale Individuenanteile von Herbst- und Frühlingsbrütern in der Reihenfolge abnehmender Anteile der Herbstbrüter.

Bereits LARSSON (1939) wies auf die auffällig unterschiedlichen Anteile von Frühlings- und Herbstbrütern in verschiedenen Habitaten hin. Die Anzahl der Frühlingsbrüter ist bei gleicher Bodenfeuchte im offenen Land größer als im Wald; bei vergleichbarem Charakter der Vegetation nimmt der Anteil der Frühlingsbrüter außerdem mit der Bodenfeuchte zu. Auch im Hochsauerland scheinen die Individuenanteile von

*) Siehe Zusatz bei der Korrektur (Seite 32).

Frühlings- und Herbstbrütern in dieser Weise von Pflanzenbedeckung und Bodenfeuchte beeinflusst zu werden (Abb. 8). Innerhalb der relativ bodentrockenen Habitate erreicht der Prozentsatz der Herbstbrüter im Wald einen Anteil von etwa 70 %, während er auf der Hochheide nur 25 % beträgt. Um den Einfluß der Bodenfeuchte abzuschätzen, ist der Vergleich für Waldhabitate und Freilandhabitate getrennt durchzuführen. Gegenüber der Hochheide ist der Anteil der Herbstbrüter auf den offenen Feuchtstellen um etwa 20 % reduziert.

Im Vergleich zwischen feuchten und trockenen Waldstellen ergibt sich zwischen dem Schluchtwald und den bodentrockenen Wäldern kein Unterschied, wohl aber im Vergleich zwischen diesen und dem Ohrweidengebüsch bzw. der Waldschaumkrautflur, die zu über 80 % von Frühjahrsbrütern besiedelt werden.

Tab. 6: Individuenanteile von Frühlings-, Herbst- und Winterbrütern in bodentrockenen Heiden, baumfreien Mooren, in bodentrockenen und bodennassen Wäldern der Hochmontan- und Montanstufe des Sauerlandes sowie des westfälischen Tieflandes.

		Frühlingsbrüter %	Herbstbrüter %	Winterbrüter %
Bodentrockene Heiden	Hochheide (III)	76	24	0
	Genisto-Callunetum (westl. Münsterland, GROSSECAPPENBERG u.a., 1978)	18-36	22-34	30-60
Baumfreie Moore	Hochmontane baumfreie Moore (II, VI, VII, VIII)	93-97	3-7	0
	Hochmoor-Relikt (westl. Münsterland, GROSSECAPPENBERG u.a., 1978)	97	2	1
Bodentrockene Wälder	Hochmontanes Luzulo-Fagetum (V, XI, XII)	28-30	70-72	0
	Montanes Melico-Fagetum allietosum (westl. Sauerland, BRAUN, 1980)	27	73	0
	Montanes Melico-Fagetum typicum (westf. Sauerland, BRAUN, 1980)	14	86	0
	Montanes Luzulo-Fagetum (Arnsberger Wald, KOTH, 1973)	35	65	0
	Eichen-Birkenwald (westl. Münsterland, MEISNER, 1979)	31-52	48-69	0
Bodennasse Wälder	Hochmontaner Schluchtwald (XIII)	24	76	0
	Ohrweidengebüsch, Waldschaumkrautflur, hochmontan (IX, X)	82-85	15-18	0
	Montaner Erlen-Auwald (Arnsberger Wald, KOTH, 1973)	87	13	0
	Montanes Wald-Hangmoor (Arnsberger Wald, KOTH, 1973)	96	4	0
	Bruchwälder im Tiefland (westl. Münsterland, MEISNER, 1979)	93-100	0-7	0

Die Anteile von Frühjahrs- und Herbstbrütern in baumfreien Mooren, bodentrockenen sowie bodennassen Wäldern sind im Tiefland, montanen und hochmontanen Bergland Westfalens weitgehend identisch (Tab. 6). Die abweichenden Prozentsätze im hochmontanen Schluchtwald sind wahrscheinlich eine Folge der hier kleinflächig stark variierenden Bodenfeuchte. Ein deutlicher Unterschied ergibt sich jedoch bei den bodentrockenen Heiden. Im westlichen Münsterland gehören 30-60 % aller im Genisto-Callunetum lebenden Individuen zu „Winterbrütern“ (vgl. den BOER 1977). Winterbrüter sind im atlantisch getönten Tiefland auch die *Bradycellus*-Arten. Da jedoch Fortpflanzungsaktivität im Winter im Hochsauerland sehr unwahrscheinlich ist (vgl. auch die phänologischen Kurven der Abb. 9), wurde entsprechend den Beobachtungen von LARSSON (in Dänemark) *Bradycellus harpalinus* den Herbstbrütern und *Bradycellus colaris* und *ruficollis* den Frühjahrsbrütern zugerechnet.

Für die häufiger gefangenen Arten wurden phänologische Kurven erstellt. Dabei wurden diejenigen Fangstellen zugrunde gelegt, an denen die Arten besonders häufig waren (Abb. 9 a-f).

Die Ursachen der unterschiedlichen Abhängigkeit der frühjahrs- und herbstbrütenden Carabiden von Bodenfeuchte sowie Höhe und Dichte der Vegetation sind noch nicht genau bekannt. Jedoch erscheinen folgende Annahmen plausibel: (1) zunehmende Bodenfeuchte und damit auch zunehmende Bodenkälte erschweren eine Weiterentwicklung der Larven im Winterhalbjahr; (2) andererseits wird Larvenaktivität im Winter durch eine hohe und dichte Vegetation sowie durch eine relativ trockene Streuaufgabe gefördert; (3) gewisse Frühlingsbrüter scheinen zur Entwicklung Bodentemperaturen zu benötigen, die in Mitteleuropa nur in sonnenexponierten Habitaten im Frühjahr und Sommer erreicht werden. (Näheres und Literaturhinweise in SCHILLER & WEBER 1975; zum letzten Punkt s. VAN DIJK 1980).

Abb. 9 a-f: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik häufiger gefangener Carabiden-Arten. Die römischen Ziffern hinter den Artnamen bezeichnen die zugrunde gelegten Fangstellen.

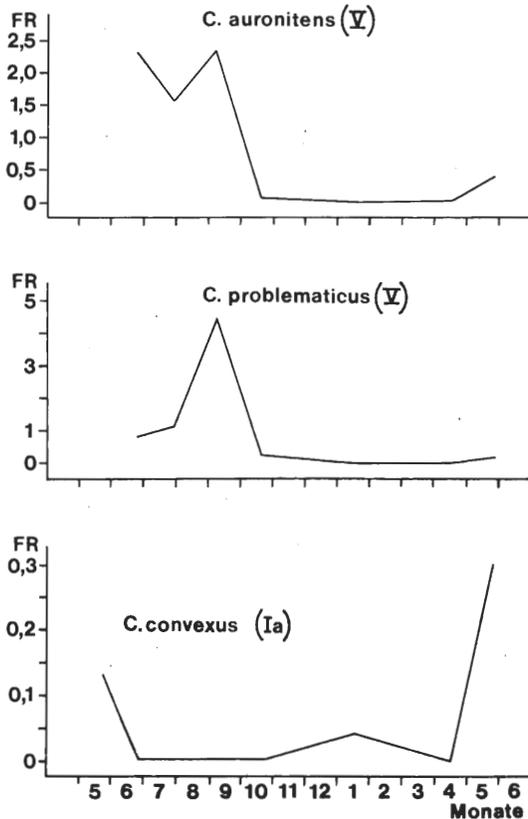


Abb. 9 a: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik von *Carabus auronitens*, *Carabus problematicus* und *Carabus convexus*.

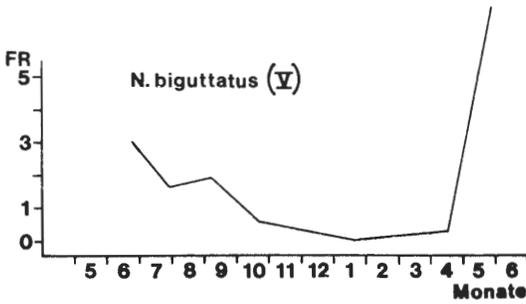
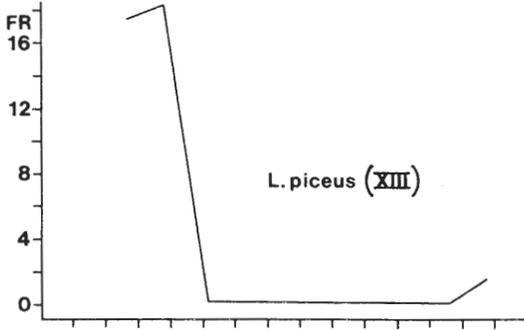
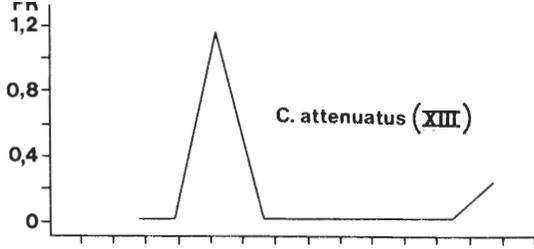


Abb. 9 b: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik von *Cychrus attenuatus*, *Leistus piceus* und *Notiophilus biguttatus*.

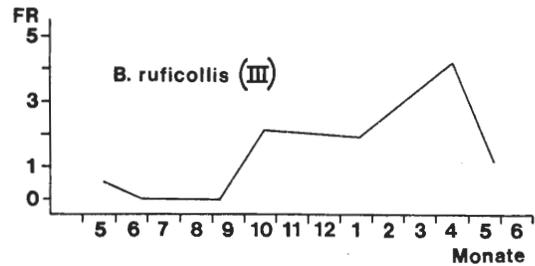
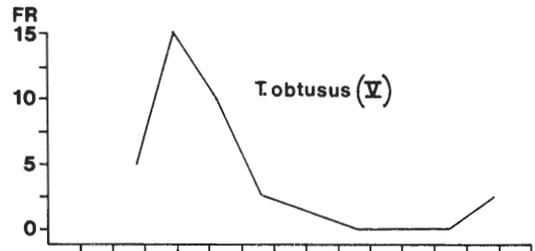
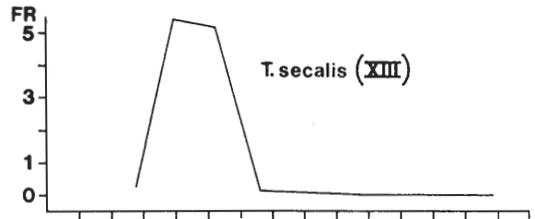


Abb. 9 c: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik von *Trechus secalis*, *Trechus obtusus* und *Bradycellus ruficollis*.

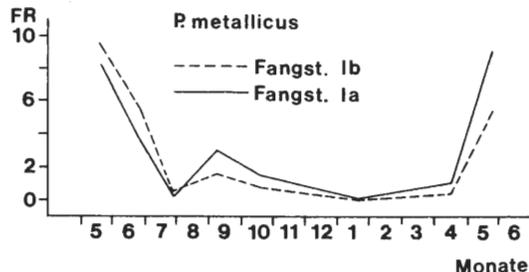
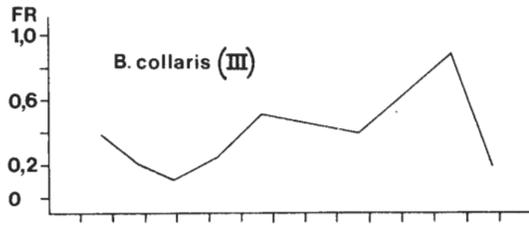
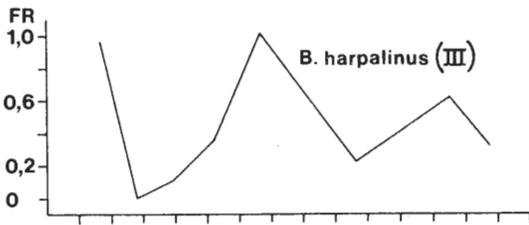


Abb. 9 d: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik von *Bradycellus harpalinus*, *Bradycellus collaris* und *Pterostichus metallicus*.

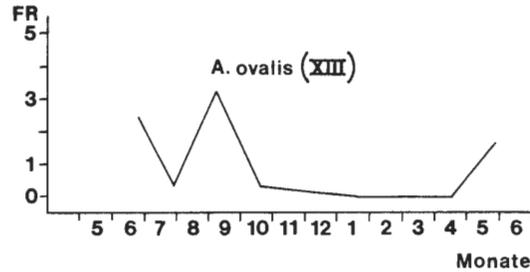
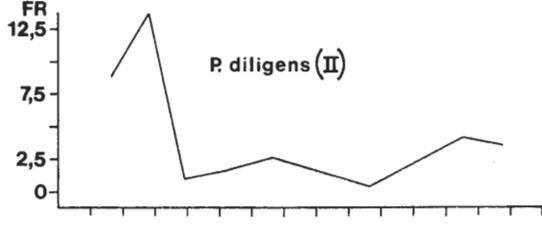
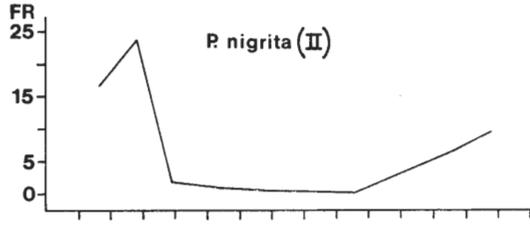


Abb. 9 e: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik von *Pterostichus nigrita*, *Pterostichus diligens* und *Abax ovalis*.

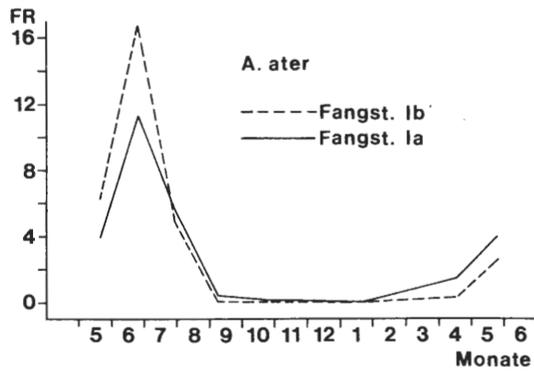


Abb. 9 f: Die jahreszeitliche Aktivitätsrhythmik *Abax ater*.

5. Diskussion

Abwandlung der Habitatbindung mit der Höhe

Das Carabideninventar des „Neuen Hagen“ besteht überwiegend aus Arten, die in der Ebene bzw. in der niedermontanen Stufe des Sauerlandes an Wälder gebunden sind: *Carabus auronitens*, *Carabus arvensis*, *Carabus problematicus*, *Notiophilus biguttatus*, *Pterostichus metallicus*, *Pterostichus ablongopunctatus*, *Pterostichus aethiops*, *Abax ater*, *Trichotichnus laevicollis*, *Calathus micropterus* und *Trechus obtusus*. Hinzu kommen einige auch in niedrigeren Lagen eurytope Arten: *Carabus convexus*, *Trechus secalis*, *Leistus rufescens*, *Pterostichus strenuus*, *Pterostichus diligens*, *Pterostichus nigrita* und *Nebria brevicollis*. Als stenotope Freilandcarabiden treten nur *Bembidion lampros* sowie die *Bradycellus*-Arten (*Calluna*-Folger) auf.

Das Vorkommen von „Waldarten“ auf den Heiden des hochmontanen Sauerlandes wurde inzwischen auch für den „Kahlen Asten“ bestätigt (BALKENOHL, mdl. Mitteilung). Die meisten dieser Arten verteilen sich im Hochsauerland eurytop, d. h. sie bleiben auch in Buchenwäldern häufig; *Pterostichus aethiops* und *Carabus arvensis* aber werden zu bevorzugten Bewohnern der Hochheide. Eine Habitatsausweitung erfährt auch *Carabus glabratus* - zwar nicht auf die Hochheide, sondern auf das baumlose Hangmoor, das im übrigen auch von den genannten eurytopen „Waldarten“ besiedelt wird.

Die Hochheide des Sauerlandes weist also eine wesentlich andere Artenzusammensetzung als die Sandheiden (Genisto-Callunetum) des nordwestdeutschen Tieflandes auf (vgl. RABELER 1947, MOSSAKOWSKI 1970, SCHILLER 1973, GROSSECAPPENBERG et al. 1978). Andererseits fehlen aber Arten, die in anderen Gebieten Mitteleuropas auf die subalpine bzw. alpine Vegetationsstufe beschränkt sind. Die vorliegenden Befunde stehen also nicht im Widerspruch zu der klimatisch und waldgeschichtlich begründeten Annahme, daß die Hochheiden des Sauerlandes als Folge extensiver Nutzung durch den Menschen entstanden sind (vgl. Einleitung).

Die Gründe für die Besiedlung der Hochheiden durch „Waldarten“ sind vermutlich sowohl makroklimatischer als auch mikroklimatischer Natur. Hohe Niederschläge und

niedrige Bodentemperaturen bedingen ein feucht-kühles Bodenklima, das es den genannten Arten ermöglicht, sich auch auf der Hochheide zu entwickeln. Hinzu kommt, daß durch den dichten, struppig-hohen Wuchs der *Calluna* und *Vaccinium*-Arten zumindest punktuell ein „waldähnliches“ Mikroklima erzeugt wird.

Das Vorkommen von „Waldarten“ in waldfreien Habitaten der hochmontanen, subalpinen und auch alpinen Stufe scheint ein weit verbreitetes Phänomen zu sein. So fand WEBER (mdl. Mitteilung) *Pterostichus aethiops* und *Carabus auronitens* auf den Hochwiesen der Rhön. *Carabus auronitens*, *Trichotichnus laevicollis* und *Pterostichus metallicus* werden in den Alpen nicht nur auf den Almwiesen der hochmontanen und subalpinen Stufe, sondern stellenweise auch im alpinen Bereich angetroffen. Leider fehlen aber für Mitteleuropa exakte vergleichende Untersuchungen über die Abwandlung der Habitatbindung mit der Höhe. So liegen keine vergleichenden Untersuchungen über die Carabidenbesiedlung der alpinen Stufe des Harzes, des Schwarzwaldes, des Bayrisch-Böhmischen Waldes, der Alpen oder der hochmontanen Stufe der Mittelgebirge vor (vgl. SCHMIDT u. a. 1966, RABELER 1967, SCHERF 1968). Nur bei dem ostalpinen Laufkäfer *Carabus creutzeri* wurde ein höhenbedingter Habitatwechsel bisher genauer analysiert (BRANDMAYR & BRANDMAYR 1979).

Im Hochsauerland scheint noch ein anderer Typ einer höhenbedingten Abwandlung der Habitatbindung aufzutreten. Gewisse Arten, die in tieferen Lagen eine weitere Verbreitung in Wäldern unterschiedlichen Types aufweisen, wurden nur oder bevorzugt im Schluchtwald „Tiefes Hohl“ gefunden: *Platynus assimilis*, *Pterostichus cristatus*, *Pterostichus melanarius*, *Abax ovalis*, *Molops piceus*, *Patrobus atrorufus* und *Cychnus attenuatus*. Die Ursachen dieser Habitatregression sind im Gegensatz zur Habitatexpansion schwerer zu verstehen. Möglicherweise sind es die mit der Höhe zunehmenden tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der klimatischen Faktoren, die das Vorkommen dieser Arten auf Habitate mit relativ ausgeglichenen lokalklimatischen Verhältnissen beschränken (vgl. die lokalklimatischen Messungen).

Dem Phänomen der höhenabhängigen entspricht das der Breitengrad- sowie Längengradabhängigen Abwandlungen der Habitatbindung. In all diesen Fällen scheinen die Tiere durch Veränderung der Habitatpräferenz Veränderungen klimatischer Faktoren zu kompensieren (KÜHNELT 1943, THIELE 1964 b, GRIES u. a. 1973).

Die faunistische Sonderstellung des hochmontanen Schluchtwaldes

Im Gegensatz zur Hochheide weist der Schluchtwald mit *Leistus piceus* eine hochgebirgscharakteristische Carabidenart auf. Zudem beherbergt er noch eine Reihe weiterer interessanter Tiere mit relikitärer Verbreitung: So konnte das Verbreitungsbild des Schneckenkankers *Ischyropsalis hellwigi*, dessen Habitatsansprüche durch vollschattiges, feuchtes Substrat, hohe relative Luftfeuchtigkeit und ausgeglichene tägliche Temperaturschwankungen bei niedrigeren Mitteltemperaturen (MARTENS 1965) charakterisiert sind, durch neue Funde erweitert werden. Bemerkenswert ist auch das Auftreten von *Necrophilus subterraneus* (Silphidae) (KROKER 1978) und *Dianous coerulescens* (Staphylinidae), der im Uferbereich kalter Bäche und an Wasserfällen anzutreffen ist (HORION 1963). Auch der streng gebirgsgebundene Winterhaft *Boreus westwoodi* konnte während des Winterfangintervalls nachgewiesen werden. In den Rinnsalen des Schluchtwaldes leben die winzige Quellschnecke *Bythinella dunkeri* und der Alpenstrudelwurm *Planaria alpina*.

Offenbar sind die Schluchtwälder des Hochsauerlands und nicht die Hochheiden bevorzugte Habitate hochgebirgstypischer Evertbraten.

Zusatz bei der Korrektur:

Es mehren sich die Beispiele dafür, daß auch frühlingsbrütende Laufkäfer langlebiger sind, als bisher angenommen wurde. Dies gilt nach WEBER (mündliche Mitteilung) z. B. auch für *Carabus auronitens*.

6. Literatur

- BARBER, H. S. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. - Journ. Elish. Mitchell, Science Soc. **46**, 259-266.
- BRANDMAYR, P. & T. ZETTO-BRANDMAYR (1979): Contribution to ecology of an euryhypsic ground-beetle of eastern Alps and dinaric karst, *Carabus creutzeri* Fabr. - Zool. Jb. Syst. **106**, 50-64.
- BRAUN, W. (1980): Carabidenfauna wärmebegünstigter Standorte auf Massenkalk im Westsauerland. - Staatsarbeit Nr. 302 des Zool. Inst. Münster.
- BROCKHAUS, W. & E. SCHRÖDER (1976): Landschaft, Vegetation und Tierwelt im geplanten Naturschutzgebiet Hunau (Hochsauerlandkreis, Reg.-Bez. Arnsberg). - Höhere Landschaftsbehörde/ Reg.-Präs. Arnsberg.
- BUDDE, H. & W. BROCKHAUS (1954): Die Vegetation des Südwestfälischen Berglandes. - Decheniana **102**, 47-275.
- BÜKER, R. (1942): Beiträge zur Vegetation des Südwestfälischen Berglandes. - Beih. Bot. Centralbl. Bd. LXI/Abt. **B**.
- DEN BOER, P. J. (1977): Dispersal Power and Survival. - Miscellaneous Papers, **14**, 1-190.
- DIEKJOBST, H. (1976): Landschaften und Lebensräume. - In: Feldmann, R.: Tierwelt im Südwestfälischen Bergland, S. 11-17. Kreuztal 1976.
- DIJK, T. S. VAN (1979): Reproduction of young and old females in two carabid beetles and their relationship between the number of eggs in the ovaries and the number of eggs laid. - Miscellaneous Papers (Wageningen), **18**, 167-187.
- DRIFT VAN DER, J. (1959): Feld studies on the surface fauna of forests. - Bijdr. Dierkde. **29**, 79-103.
- ELLENBERG, H. (1961): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - Stuttgart.
- FREUDE, H., K. W. HARDE & G. A. LOHSE (1964 und ff.): Die Käfer Mitteleuropas. - Krefeld.
- GIERS, E. (1973): Die Habitatsgrenzen der Carabiden (Col., Ins.) im Melico-Fagetum des Teutoburger Waldes. - Abh. Landesm. Naturk. Münster **35**, (3), 3-36.
- GRIES, B., D. MOSSAKOWSKI & F. WEBER (1973): Coleoptera Westfalica: Familia Carabidae: Genera: Cvchrus, Carabus und Calosoma. - Abh. Landesmus. Naturk. Münster **35** (4), 3-80.
- GROSSECAPPENBERG, W., D. MOSSAKOWSKI & F. WEBER (1978): Beiträge zur Kenntnis der terrestrischen Fauna des Gildehauser Venns bei Bentheim. - I. Die Carabidenfauna der Heiden, Ufer und Moore. - Abh. Landesmus. Naturk. Münster **40** (2), 12-34.
- GROSSECHALLAU, H. (1977): Ökologische Bindungen der Carabiden (Ins., Col.) in naturnahen, hochmontanen Habitaten (Wald, Heide, Moor) im Rothaargebirge. - Staatsarbeit Nr. 222 des Zool. Inst. Münster.
- , (1979): Beitrag zur Kenntnis des Flügeldimorphismus bei *Agonum fuliginosum* PANZER 1809 (Col.: Carabidae), - Entomol. Ztschr. **89**, 49-54.
- HABER, W. (1966): Über die ursprüngliche Vegetation auf den höchsten Erhebungen im Sauerland. - Naturk. in Westf. **2**, 1-7.
- HEYDEMANN, B. (1953): Agrarökologische Problematik, dargetan an Untersuchungen über die Tierwelt der Bodenoberfläche der Kulturfelder. - Diss. Kiel.
- , (1956): Die Bedeutung der Formalinfallen für die zoologische Landesforschung. - Faun. Mitt. Norddtschl. **6**, 19-24.
- HORION, A. (1963): Faunistik der mitteleuropäischen Käfer. Bd. IX, Staphylinidae, I. Teil. - Überlingen/Bodensee.
- KOPPE, F. (1952): Die Pflanzenwelt des Neuen Hagen bei Niedersfeld. - Beiheft Natur u. Heimat **12**, 114-120.
- KOTH, W. (1974): Vergesellschaftungen von Carabiden (Col., Ins.) bodennasser Habitate des Arnsberger Waldes verglichen mit Hilfe der RENKONEN-Zahl. - Abh. Landesmus. Naturk. Münster **36** (3), 1-43.
- KREHAN, I. (1970): Die Steuerung der Jahresrhythmik und Diapause bei Larval- und Imaginalüberwinterern der Gattung *Pterostichus* (Col., Car.). - Oecologia (Berlin) **6**, 58-105.

- KROKER, H. (1978): Neufunde von Silphiden in Westfalen. - Natur u. Heimat **38** (1/2), 57-59.
- KÜHNELT, W. (1943): Über Beziehungen zwischen Tier- und Pflanzengesellschaften. - Biol. Gener. **17**, 566-593.
- LARSSON, S. G. (1939): Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten dänischer Carabiden. - Ent. Meddelelser **20**, 277-560.
- LAUTERBACH, A. W. (1964): Verbreitungs- und aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in sauerländischen Wäldern. - Abh. Landesmus. Naturk. Münster **26** (4), 1-103.
- LÖSER, S. (1972): Art und Ursachen der Verbreitung einiger Carabidenarten (Coleoptera) im Grenzraum Ebene-Mittelgebirge. - Zool. Jb. Syst. **99**, 213-261.
- MARTENS, J. (1965): Verbreitung und Biologie des Schneckenkankers *Ischyropsalis hellwigi*. - Natur u. Museum **95**, 143-149.
- MEISNER, W. (1979): Die Habitatbindung der Carabiden in Gebüsch- und Waldstandorten des Gildehauser Venns bei Bentheim. - Staatsarbeit Nr. 287 des Zool. Inst., Münster.
- MEYEN, E. & J. SCHMIDTHÜSEN (Hrsg., 1957): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. - 4. u. 5. Liefer. - Veröff. d. Bundesanstalt f. Landesk.
- MOSSAKOWSKI, D. (1970): Ökologische Untersuchungen an epigäischen Coleopteren atlantischer Moor- und Heidestandorte. - Z. wiss. Zool. **181**, 233-316.
- NIESCHALK, A. (1953): Beitrag zur Pflanzenwelt des Neuen Hagen bei Niedersfeld. - Natur u. Heimat **13**, 112-115.
- RABELER, W. (1947): Die Tiergesellschaften der trockenen Callunaheiden in Nordwestdeutschland. - Jber. naturhist. Ges. Hannover **94/98**, 357-394.
- , (1967): Zur Charakterisierung der Fichtenwald-Biozönose im Harz auf Grund der Spinnen- und Käferfauna. - Schriftenreihe f. Vegetationskunde, Heft 2, 205-236.
- RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. - Ann. Zool. Soc. Vanamo **6**, 1-231.
- RINGLEB, A. & F. (1966): Das Hochsauerland in klimatischer Sicht. - Naturk. in Westfalen **2**, 7-10.
- RUNGE, F. (1961): Die Naturschutzgebiete Westfalens und des Regierungsbezirks Osnabrück. - Aschendorff, Münster.
- SCHERF, H. (1968): Die Carabidenfauna des Naturparks Hoher Vogelsberg. - Entomol. Bl. **67**, 147-156.
- SCHILLER, W. (1973): Die diurnale Aktivitätsrhythmik der Bodenarthropen in verschiedenen Pflanzengesellschaften (mit besonderer Berücksichtigung der Carabiden). - Staatsarbeit 143 des Zool. Inst. Münster.
- SCHILLER, W. & F. WEBER (1975): Die Zeitstruktur der ökologischen Nische der Carabiden. - Abh. Landesmus. Naturk. Münster **37**(3), 1-43.
- SCHMIDT, G. H., K. RENNER & W. GERNERT (1966): Ein Beitrag zur Coleopteren-Fauna des Bayrischen Waldes mit Untersuchungen über ihre räumliche Verteilung. - Zool. Anz. **176**, 327-348.
- SCHMITZ, W. & E. VOLKERT (1959): Die Messung der Mitteltemperaturen auf reaktionskinetischer Grundlage mit dem Kreispolariometer und ihre Anwendung in Klimatologie und Bioökologie, speziell Forst- und Gewässerkunde. - Zeiss Mitt. **1**, 300-337.
- TASCHENMACHER, W. (1955): Die Böden des Südergebirges. - Landesk. Beitr. und Ber. Münster **6**, 1-135.
- THIELE, H. U. (1964 a): Experimentelle Untersuchungen über die Biotopbindung bei Carabiden. - Z. Morph. Ökol. Tiere **53**, 387-452.
- , (1964 b): Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Coleopteren einer Heckenlandschaft. - Z. Morph. Ökol. Tiere **53**, 537-586.
- , (1971): Die Steuerung der Jahresrhythmik von Carabiden durch exogene und endogene Faktoren. - Zool. Jb. Syst. **98**, 341-371.
- , & W. KOLBE (1962): Beziehungen zwischen bodenbewohnenden Käfern und Pflanzengesellschaften in Wäldern. - Pedobiologia **1**, 157-173.
- TRETZEL, E. (1955): Technik und Bedeutung des Fallenfangs für ökologische Untersuchungen. - Zool. Anz. **155**, 276-287.
- WEIDEMANN, G. (1971): Zur Biologie von *Pterostichus metallicus* (Col., Carabidae). - Faunist. ökol. Mitt. **4**, 30-36.

Anschrift des Verfassers: Harald Großeschallau, Veilchenweg 52, 4837 Verl 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [43_3_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Grosseschallau Harald

Artikel/Article: [Ökologische Valenzen der Carabiden \(Ins., Coleoptera\) in hochmontanen, naturnahen Habitaten des Sauerlandes \(Westfalen\) 3-33](#)