

*Abhandlungen
der Arbeitsgemeinschaft für tier-
und pflanzengeographische
Heimatsforschung im Saarland*

HERAUSGEGEBEN
VON DER ARBEITSGEMEINSCHAFT
FÜR TIER- UND PFLANZENGEOGRAPHISCHE
HEIMATFORSCHUNG IM SAARLAND
UND DER LANDESSTELLE
FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE
BEIM MINISTER FÜR UMWELT,
RAUMORDNUNG UND BAUWESEN

MÄRZ 1975 | HEFT 5
ZUGLEICH BAND 7 DER
UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE AUS LANDSCHAFTS- UND
NATURSCHUTZGEBIETEN IM SAARLAND
SCHRIFTFÜHRUNG: PROFESSOR DR. PAUL MÜLLER
DR. H. G. PERNUTZ
BUCHDRUCKEREI A. BALZERT

INHALTSVERZEICHNIS

- 3 – 13 GERMER, R.:
Lokalformen aus der Flora des Saarkarbons
- 14 – 21 SCHMIDT-KOEHL, W.:
Die lepidopterologische Erforschung des Saarlandes von den Anfängen bis
zum Jahre 1972
- 22 – 48 REIS, H.:
Populationsmessungen an bodennahen Arthropoden in saarländischen Natur-
waldzellen unter besonderer Berücksichtigung der Carabidae (Coleoptera)

Populationsmessungen an bodennahen Arthropoden in saarländischen Naturwaldzellen unter besonderer Berücksichtigung der Carabidae (Coleoptera)

von H. REIS

1.0.0.0. *Einleitung*

Vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zur biogeographischen Forschung dar. Die Biogeographie untersucht die biotische Ausstattung von Landschaften und Ländern, die Areale von Pflanzen- und Tiergesellschaften über einen längeren Zeitraum zu erfassen. Die quantitative Erfassung von Individuen und Populationen weist, wie schon DE LATTIN (1967) sagt, keine spektakulären Ergebnisse auf, ist aber unbedingt notwendig, um Grundlagen zur weiteren Forschung zu liefern.

Angeregt wurde diese Arbeit durch die Einrichtung von Naturwaldzellen im Saarland und der damit gegebenen Möglichkeit, nach einer ersten Bestandsaufnahme die Sukzession von Pflanzen- und Tiergesellschaften über einen längeren Zeitraum zu erfassen. Die quantitative Erfassung von Individuen und Populationen weist, wie schon DE LATTIN (1967) sagt, keine spektakulären Ergebnisse auf, ist aber unbedingt notwendig, um Grundlagen zur weiteren Forschung zu liefern.

Mein besonderer Dank gilt meinem Lehrer Herrn Prof. Dr. Paul Müller für die Anregung zu dieser Arbeit und die Überlassung eines Arbeitsplatzes sowie für seine tatkräftige Hilfe und dem ständigen Interesse an ihrem Fortgang. Weiterer Dank gilt Herrn Forstdirektor A. Wagner für die Möglichkeit der Einsichtnahme von z. T. nicht veröffentlichten Standortsuntersuchungen in den Staatsforsten, meinen Kollegen und Kolleginnen von der Abteilung Biogeographie, deren Hilfe die Durchführung der Mikroklimamessungen ermöglichte, und besonders Herrn P. Nagel, der mich in die Bestimmung der Carabiden einführte.

1.1.0.0 *Problemstellung*

Jede Population wird in ihrer Existenzmöglichkeit durch ihre ökologische Valenz eingeschränkt. Zur kausalen Interpretation eines Raumes ist es daher wichtig, das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Populationen und Arten und deren ökologische Valenz zu kennen. Ist dies wie bei den hier näher untersuchten Carabiden der Fall (BOER 1970, KNOPF 1962, LAUTERBACH 1964, LÖSER 1970, 1972, NEUMANN 1971, PAARMANN 1966, RABELER 1962, THIELE 1956, 1959, 1961, 1964 a, 1964 b, 1967, 1968 und THIELE und KOLBE 1962), so werden Organismen zu Indikatoren für die Gesamtheit der äußeren Lebensbedingungen. Daher ist es für den Biogeographen bei der Beurteilung von Landschaftsqualitäten notwendig, eine Bestandsaufnahme durchzuführen.

Eine der Bedeutungen der Biogeographie für die ökologische Landschaftsforschung liegt in der Beurteilung zukünftiger Entwicklungstendenzen von Räumen durch die Untersuchung von Individuen, Populationen und deren Standorten, ihrer wechselseitigen und funktionalen Beziehungen und der sich daraus ergebenden Dynamik. Diese Arbeit kann noch keine Aussagen über die Sukzession von saarländischen Waldbiotopen geben, sondern soll das erste Glied in einer Reihe weiterer zeitlich späterer Untersuchungen auf den gleichen Flächen sein.

1.2.0.0. *Naturwaldzellen*

Da in einer Kulturlandschaft wie dem Saarland nur in eingeschränktem Maße die naturräumliche Ordnung herrscht (SCHMITHÜSEN 1957), ist es notwendig, die potentielle Verbreitung der Biozönosen in einer Landschaft im Bereich verschiedener Standortstypen zu ermitteln. Durch den jahrhundertelangen menschlichen Einfluß ist es heute kaum noch möglich, das Wuchspotential der Standorte eindeutig zu bestimmen. Die Einrichtung von Waldzellen, die in ihrer Entwicklung sich selbst überlassen werden, wird einen enorm praktischen Wert für die wissenschaftliche Forschung haben (SCHMITHÜSEN 1973). Mit Erlaß vom 18. Dezember 1970 wurden in den Staatsforsten des Saarlandes 17 Naturwaldzellen konstituiert. Erste Bereisungen fanden im Juli 1971 und September 1972 unter Mitwirkung von Wissenschaftlern der Fachrichtungen Geographie und Biologie der Universität Saarbrücken statt. Dabei wurden die in dieser Arbeit untersuchten Flächen als für Naturwaldzellen geeignet festgestellt. Nur der „Wusterhang (7)“ mußte als ungeeignet erklärt werden.

Die mindestens 10 ha großen Naturwaldzellen sollen die vom Menschen unbeeinflusste Waldentwicklung auf verschiedenen Standorten zum potentiellen Naturwald ermöglichen. Dies wird durch Vermeidung aller direkten menschlichen Einwirkungen, wie forstwirtschaftliche Maßnahmen jeglicher Art, außer der normalen Ausübung der Jagd zur Erhaltung eines natürlichen Wildbestandes, und durch eindeutige Abgrenzung gegenüber dem konservierenden Naturschutz erreicht. Langfristige, regelmäßige abiotische Einflüsse, wie Immissionen, werden als Standortfaktoren angesehen. Dies gibt die Möglichkeit, eine Naturwaldentwicklung unter Bedingungen, wie sie in einem industriellen Ökosystem herrschen, zu studieren.

2.0.0.0. *Das Untersuchungsgebiet*

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die als Naturwaldzellen erklärten Wälder im südwestlichen Saarland in der Umgebung von Saarbrücken.

2.1.0.0. *Die naturräumliche Gliederung*

Die untersuchten Flächen liegen in zwei geomorphologischen Großbereichen, dem Saar-Nahe-Bergland und dem davon südlich gelegenen Lothringischen Schichtstufenland (LIEDTKE 1969, SCHNEIDER 1972).

Zum Saar-Nahe-Bergland gehören die naturräumlichen Haupteinheiten Saarkohlewald mit den Naturwaldzellen Hölzerbachtal bei Fischbach, Emsenbruch und Heidhübel bei Riegelsberg und der Warndt mit der Naturwaldzelle Weinbrunn bei Lauterbach. In der Schichtstufe des Pfälzisch-Saarländischen Muschelkalkgebietes liegen in der naturräumlichen Einheit Saarbrücken-Kirkeler-Wald die Naturwaldzelle Rheinfels bei Ensheim und im Saar-Blies-Gau die Untersuchungsfläche Wusterhang bei Fechingen.

2.2.0.0. *Geologie und Bodenverhältnisse*

Nach der Geologischen Karte des Saarlandes (1964) und E. H. MÜLLER (1965) liegen die Untersuchungsgebiete im Bereich der Oberen Saarbrücker Schichten (Westfalien) des Oberkarbon, dem Mittleren und Oberen Buntsandstein und dem Unteren Muschelkalk. Die unterschiedlichen Ausgangsgesteine bedingen verschiedene Bodenverhältnisse auf den einzelnen Untersuchungsflächen (siehe Tabelle 1).

Die in der folgenden Tabelle 1 gemachten Angaben über Bodenart und Bodentyp wurden aus Untersuchungsergebnissen der Standortkartierung Saarland (1973) zusammengestellt.

Tabelle 1: Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Geologische Schicht	Bodentyp	Bodenart	Untersuchungsfläche
Obere Saarbrücker Schichten (Westfalen)	Parabraunerde mit pseudo-vergleytem Unterboden	mäßig frischer lehmiger Sand bis Ton	Hölzerbachtal (Hang)
	Braunerde, Talgleye	frischer bis sehr frischer sandiger Lehm	Hölzerbachtal (Bachtal)
	Pseudogley	vernässender lehmiger Sand bis lehmiger Ton	Emsenbruch
	pseudovergleyte Parabraunerde	frischer lehmiger Sand bis Ton	Heidhübel
Mittlerer Buntsandstein	Podsol-Pseudogley	verdichteter wecheltrockener Sand bis schwach toniger Quarzsand	Weinbrunn
Oberer Buntsandstein	Braunerde und Parabraunerde	mäßig frischer lehmiger Sand bis sandiger Lehm	Rheinfels
Unterer Muschelkalk	Pelosoal-Braunerde	mäßig trockener toniger Lehm	Wusterhang

2.3.0.0 Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt im maritimen Klimabereich der Westwindzone. Das höchste Monatsmittel der Temperatur wird ausnahmslos im Juli, das niedrigste im Januar gemessen. Das Maximum der Niederschläge liegt im Dezember / Januar und im August. Die Jahresmengen betragen im südwestlichen Saarland zwischen 700 und 800 mm (SORG 1965).

Die Jahresmittel der Relativen Luftfeuchtigkeit betragen für die Meßstation Saarbrücken langjährig (1948–61) 77 %, für 1972 76 % und für die Meßstation Ensheim für 1948–61 80 % und 1972 77 %.

Die folgenden Tabellen 2 und 3 wurden für die im Untersuchungsgebiet liegenden meteorologischen Meßstationen nach dem Deutschen Meteorologischen Jahrbuch (1961), SORG (1965) und aus Unterlagen der Wetterwarte Ensheim zusammengestellt.

Tabelle 2: Jahressumme der Niederschläge in mm

Meßstation	Höhe ü. NN	1949–60	1972
Saarbrücken	191	770	643,9
Ludweiler	200	800	745,3
Riegelsberg	275	797	722,0
Ensheim	323	760	727,5

Tabelle 3: Jahresmittel der Lufttemperatur in °C

Meßstation	1949–60	1972	Max. 1972	Min. 1972	Min. (5 cm)
Saarbrücken	9,8	9,6	13,6	5,2	4,2
Ludweiler	8,5	8,4	13,3	2,9	1,8
Riegelsberg	—	—	13,2	4,5	2,3
Ensheim	—	8,4	12,4	4,4	2,9

3.0.0.0. Untersuchungsmethoden

Zur Erfassung der bodennahen Arthropodenpopulationen wurde ausschließlich die Formalinfallenfangmethode (BARBER 1931) angewandt. Daneben wurden die für die Habitatbindung und Charakterisierung des Habitats wichtigsten abiotischen und biotischen Faktoren (KÜHNELT 1970) des bodennahen Standorts ermittelt.

3.1.0.0. Wahl der Untersuchungsflächen

Die saarländischen Wälder gehören in ihrer potentiell natürlichen Vegetation (SCHMITHÜSEN 1942, 1970 und P. MÜLLER 1971) zu den subatlantisch verbreiteten Waldgesellschaften der Fageten (SCHMITHÜSEN 1968) oder Fagetalia (HARTMANN und JAHN 1972). Durch die unterschiedlichen ökologischen Faktoren, wie Ausgangsgestein, Bodenverhältnisse, Höhenlage, Exposition und tatsächliche Vegetation u. a. können sich verschiedene Waldgesellschaften auf den einzelnen Standorten entwickeln. Die Untersuchungsflächen gehören den verschiedenen, im Untersuchungsgebiet vorkommenden, Standortstypen an (Tabelle 4).

Zusätzlich wurde bei der ersten Begehung im Mai 1972 in jeder Naturwaldzelle zwei oder drei Untersuchungsflächen mit unterschiedlicher Vegetation ausgesucht. Sie liegen 20 bis 50 m voneinander entfernt. Nach Möglichkeit wurde eine Fläche mit einer der Standortgesellschaft gleichen oder ähnlichen Florenzusammensetzung und eine Fläche mit einer vom „Klimaxstadium“ (SCHMITHÜSEN 1950) weit entfernten Pflanzengesellschaft gewählt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Höhenlage, Exposition und Waldgesellschaften

Naturwaldzelle	Fläche	Höhe ü. NN	Exp.	*	Standortgesellschaft **	Regional- gesellschaft
Hölzerbachtal	2.1	275	SW	—	Maiglöckchen-Hainb.- Eichen-Buchenwald	Submontaner Eichen-Buchenwald
	2.2	270	—	+	Eschen-Erlenwald	
Emsenbruch	8.1	300	SO	+	Hainbuchen-Eichen- Buchenwald	
	8.2	297	SO	(—)		
Heidhübel	12.1	315	NO	(+)	Waldzwenken-Eichen- Ahorn-Buchenwald	
	12.2	308	NO	(+)		
Rheinfels	9.1	288	SW	+	Traubeneichen- Buchenwald	Kolliner Laubwald mit Kiefern
	9.2	288	SW	—		
Weinbrunn	17.1	266	—	+	Birken-Eichen- Buchenwald	
	17.2	267	—	(+)	Adlerfarn-Birken- Stieleichenwald	
	17.3	268	—	(+)	Pfeifengras-Birken- Stieleichenwald	
Wusterhang	7.1	270	SSW	(—)	Hainrispengras- Hainbuchen-Eichenwald	Kolliner Kalklaubwald
	7.2	274	SSW	(+)		

* + rezente Vegetation = pot. natürliche Vegetation

(+) = naturnahe Vegetation

(—) = naturferne Vegetation

— = unnatürliche Vegetation

** die für diesen Standortstyp potentiell natürliche Vegetation (Standortskartierung)

3.2.0.0. Formalinfallenfang

Die Formalinfallenfang- oder Barberfallenfangmethode wurde von TRETZEL (1955), HEYDEMANN (1956 a, 1956 b), BOMBOSCH (1962) und DUNGER (1963) beschrieben und diskutiert. Sie hat sich zur objektiven Erfassung der epigäisch lebenden Arthropodenfauna bewährt. Ihre Vorteile sind für die Möglichkeit der Populationsmessung über längere Zeiträume, das Erfassen der vorwiegend nachtaktiven Waldcarabiden (LAUTERBACH 1964) und die exakte quantitative Vergleichbarkeit der Fangergebnisse auf den untersuchten Flächen bei vergleichbar geringen subjektiven Fehlern des Bearbeiters.

Als Fallen wurden Gläser von 10 cm Höhe und einem oberen Innendurchmesser von 7 cm bis zum oberen Rand in den Boden einmodelliert und zum Schutz gegen Niederschlag mit

einer auf Holzstäben ruhenden Glasplatte von 12×12 cm überdacht. Die Fallen wurden mit 4%igem Formalin (Formaldehyd) als Tötungs- und Konservierungsmittel, dem ein Zusatz eines Entspannungsmittels (Haushaltsspülmittel) zur schnelleren Benetzung und Abtötung der hereinfallenden Kleintiere beigegeben war, halb gefüllt. Je 5 Fallen wurden während der Periode erhöhter Aktivität der Carabiden von Juni bis November 1972 auf jeder Untersuchungsfläche exponiert, je eine Falle auf den vier Eckpunkten und in der Mitte eines 10×10 m großen Quadrats. Die Kontrolle der Fallen erfolgte monatlich. Dabei wurde der Inhalt der Gläser durch ein Haarsieb geschüttet und in ein luftdicht verschließbares Glas gefüllt und darin bis zur Auswertung aufbewahrt. Da alle Untersuchungsflächen schlecht zugänglich sind, liegen die Ausfälle durch Zerstörung bei 325 Fallenleerungen unter 0,7 %.

3.3.0.0. *Mikroklimamessungen*

Nach FRANZ (1931), KÜHNELT (1933, 1934, 1970), TISCHLER (1949), BAUMGARTNER (1960) ist das Klima der bodennahen Luftschicht ein abiotischer Faktorenkomplex von entscheidender Bedeutung für die Biotopbindung von epi- und endogäisch lebenden Tieren. Besonders für die Carabiden wurde dies von PERTTUNEN (1951), SCHMIDT (1956), HEERDT, ISINGS und NIJENHUIS (1956/59), LAUTERBACH (1964), THIELE (1964 b, 1968 a, 1968 b) und STEIN (1965) u. a. nachgewiesen.

Um die unterschiedlichen Mikroklimabedingungen der einzelnen Habitate zu ermitteln, wurden an einem Strahlungstag, dem 6. 9. 73, von 10.00 bis 17.00 Uhr die Temperatur und Evaporation der bodennahen Luftschicht auf allen Untersuchungsflächen gleichzeitig festgestellt. Die Lufttemperatur wurde mit Minimum-Maximum-Thermometer (System Müller) in 15 und 150 cm Höhe über dem Boden, die Evaporation mit Piche-Evaporimeter (STEUBING 1965) in 100 cm Höhe gemessen. Die Geräte wurden zu jeder halben Stunde abgelesen.

3.4.0.0 *Messung der Bodenacidität*

Da die Wasserstoffionenkonzentration Ausdruck komplexer Umweltbedingungen ist (KÜHNELT 1970), wurde die Acidität der obersten Bodenschicht gemessen. Bei der Begehung der Flächen am 15. 8. 73 wurde von jeder Untersuchungsfläche eine Bodenprobe genommen und in Kunststofftüten luftdicht verpackt ins Labor gebracht. Dort wurden 20 g Bodensubstrat in 250 ml Aqua dest. gelöst und der pH (H_2O) elektrometrisch mit einem Taschen-pH-Meter mit Einstabelektrode, Modell pH 54 der Firma WTW, Weilheim, gemessen.

3.5.0.0 *Messung von Bodenstreu und Phytomasse*

Der Bodenstreu und Krautschicht kommt als eigentlicher Lebensraum der epigäisch lebenden Arthropoden besondere Bedeutung zu. Zu ihrer quantitativen Erfassung wurde am 15. 8. 73 die Bodenstreu (Laub, Totholz) und die Krautschicht von $1 m^2$ jeder Untersuchungsfläche gesammelt. Die Proben wurden im Trockenschrank 6 Stunden bei $150^\circ C$ getrocknet und anschließend auf einer elektrischen Feinwaage ($1/10$ g) gewogen.

3.6.0.0 *Auswertung*

Die Determination der Carabiden erfolgte nach GANGLBAUER (1892), REITTER (1908), MROZEK-DAHL (1928), KOCH (1968) und der Biogeographischen Sammlung der Abteilung Biogeographie des Geographischen Instituts der Universität Saarbrücken. Die Ergebnisse der Populationsmessungen und der begleitenden Untersuchungen wurden quantitativ ausgewertet und falls erforderlich graphisch dargestellt.

4.0.0.0. *Ergebnisse*

4.1.0.0. *Mikroklima der untersuchten Standorte*

Das Klima der bodennahen Luftschicht über einem mit Vegetation bedeckten Boden ist anders als über der nackten Bodenoberfläche. Dies trifft besonders für das Klima im Wald zu. Nach GEIGER (1961) kann man von einer äußeren tätigen Oberfläche sprechen, die etwa der Vegetationsoberfläche entspricht und die Rolle der Bodenoberfläche übernimmt. Bei einem Wald mit Kronenschluß liegt die aktive Oberfläche im Kronenraum. Darunter bilden sich das Stammraumklima und das Waldbodenklima. Beide unterscheiden sich gegenüber dem Klima der offenen Fläche durch veränderte Strahlungs- und Austauschverhältnisse und durch einen veränderten Wasserhaushalt (BAUMGARTNER 1956, GEIGER 1961). Nach SAUBERER (1937) beträgt die Helligkeit in einem 3 m hohen Ulmenbestand mit Unterwuchs in 10 cm Höhe über dem Boden 0,06 % und in 100 cm Höhe 2,1 % der Außenhelligkeit. Sie nimmt erst im Kronenraum zu (TRAPP 1938). Die geringere Einstrahlung bedeutet eine niedrigere Temperatur. Durch die größere Luftruhe ist der Massenaustausch ebenfalls reduziert. Ein lichter Wald hat das 4- bis 12fache, mit Krautschicht das 30- bis 50fache an Oberfläche gegenüber dem Boden. Durch die höhere Verdunstungsmöglichkeit und geringere Lufttemperatur steigt die Luftfeuchtigkeit beträchtlich, wobei das Maximum des Wasserdampfdrucks kurz über der Bodenoberfläche liegt. Das Mikroklima des Waldes ist ein „ruhig feuchtes Schonklima“ (GEIGER 1961). Über die Klimagrundlagen natürlicher Wälder in deutschen Mittelgebirgen berichten HARTMANN und SCHNELLE (1970) ausführlich.

4.1.1.0. *Tagesgang von Temperatur und Evaporation*

Das Minimum der Lufttemperaturen liegt zu Beginn der Messungen bei etwa 22° C. Der Anstieg der Temperatur erfolgt gleichmäßig bis zum ersten Maximum um die Mittagszeit. Ein zweites Maximum, das in den offeneren Waldbeständen deutlich über dem ersten liegt, fällt in die Nachmittagsstunden (15.00 – 16.00 Uhr). Die Beobachtungen von WILMERS (1968), daß der Gang von Temperatur und Feuchte im Wald dem Freiland mit einer Verzögerung folgt, die in Bodennähe am größten ist, lassen sich bestätigen. Nach dem zweiten Maximum fällt die Temperatur nur gering ab. Abgesehen von einigen thermischen Unruhen in kurzperiodischen kleinen Schwankungen verläuft die Temperatur ausgeglichen.

Die durch das Piche-Evaporimeter gemessene potentielle Verdunstung verhält sich gegenüber der Luftfeuchtigkeit umgekehrt proportional und gegenüber der Temperatur proportional. Der Verlauf der Evaporation ist auf den einzelnen Untersuchungsflächen unterschiedlich. Es lassen sich aber parallel der Temperatur zwei mehr oder weniger deutliche Maxima zur Mittagsstunde und am Nachmittag feststellen.

4.1.2.0. *Vergleich des Mikroklimas der Untersuchungsflächen*

Obwohl es sich bei allen untersuchten Flächen um Waldstandorte handelt, zeigen sie eine beträchtliche Differenzierung. Ohne Berücksichtigung des Extremwertes von 39,0° C auf Fläche 7.2 liegen die Minimum- und Maximumwerte der Lufttemperatur in 15 cm Höhe über dem Boden (T^{15}) und 150 cm Höhe (T^{150}) auf den einzelnen Flächen 7,0 – 8,5° C auseinander.

Die Extremwerte für die Evaporation in 7 Stunden liegen bei 0,1 ml auf Fläche 2.2 und 2,8 ml auf Fläche 7.2. Das Mittel der Temperaturmaxima ($T^{15} + T^{150}$) von 27,2° C und das Mittel der Gesamtevaporation aller Flächen von 1,7 ml sind relative Grenzen der Mikroklimata. Alle Temperaturmaxima, die über dem Durchschnittslimit liegen, kennzeichnen

die Fläche als warm, alle darunter als kühl. Liegt die Gesamtevaporation einer Fläche über dem Durchschnittslimit, wird der Standort als trocken, liegt er darunter, als feucht bezeichnet. Die Untersuchungsflächen lassen sich in drei Klimagruppen trennen:

1. Trocken-warme Standorte (7.2, 7.1, 17.3, 17.1, 12.1, 17.2)
2. Feucht-kühle Standorte (2.2, 8.2, 2.1, 8.1, 9.2, 12.2)
3. Trocken-kühle Standorte (9.1), in der Abb. 3 (unten links) punktiert.

Diese Einteilung soll und kann nur zum Vergleich zwischen den in dieser Arbeit untersuchten Flächen dienen.

Die Ursache für das unterschiedliche Mikroklima ist vor allem die Dichte und die Zusammensetzung der Waldvegetation. Die trocken-warmen Standorte am Wusterhang besitzen Mikroklimawerte, wie sie nach WILMERS (1968) für offene Bestandsränder charakteristisch sind, wobei bei der Fläche 7.2 die fast nackte Bodenoberfläche mit zu den hohen bodennahen Temperaturen beiträgt. Auch die klimatisch ähnlichen Flächen 17.3 und 12.1 sind lichte Waldstandorte. Alle Flächen, die durch eine Baumvegetation mit Kronenschluß gekennzeichnet sind, haben ein für den Wald typisches kühleres Mikroklima. Für die beiden extrem feucht-kühlen Untersuchungsflächen 2.2 und 8.2 hat die gut ausgebildete Krautschicht mikroklimatische Bedeutung.

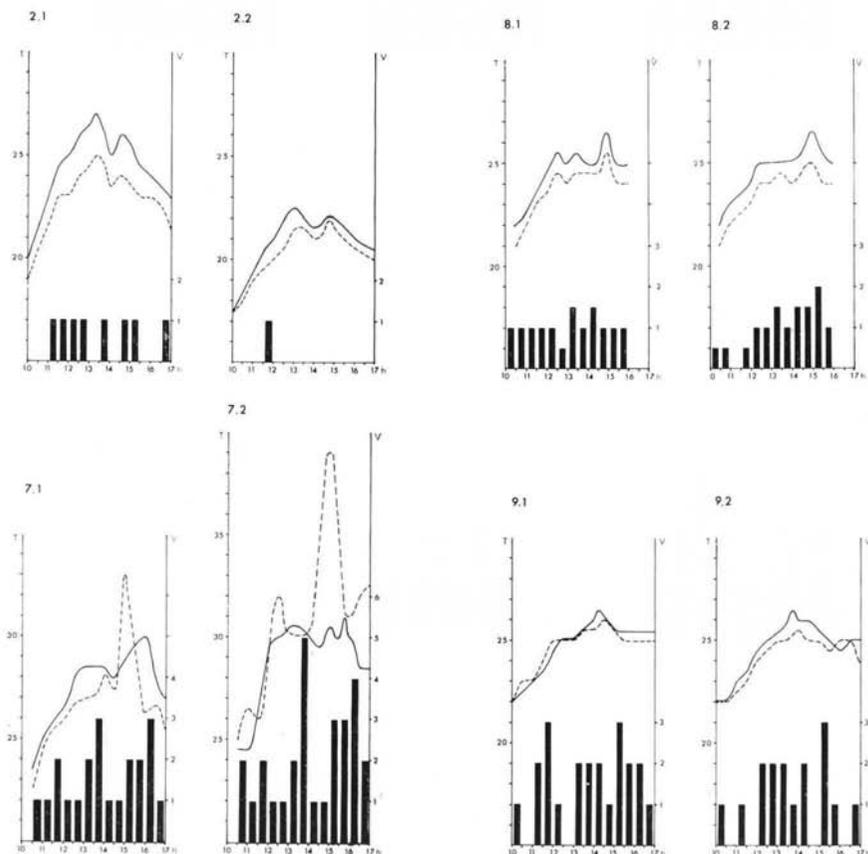


Abb. 1: Mikroklimadiagramme der Flächen 2.1 bis 9.2 (Erklärung siehe Abb. 2 S. 30)

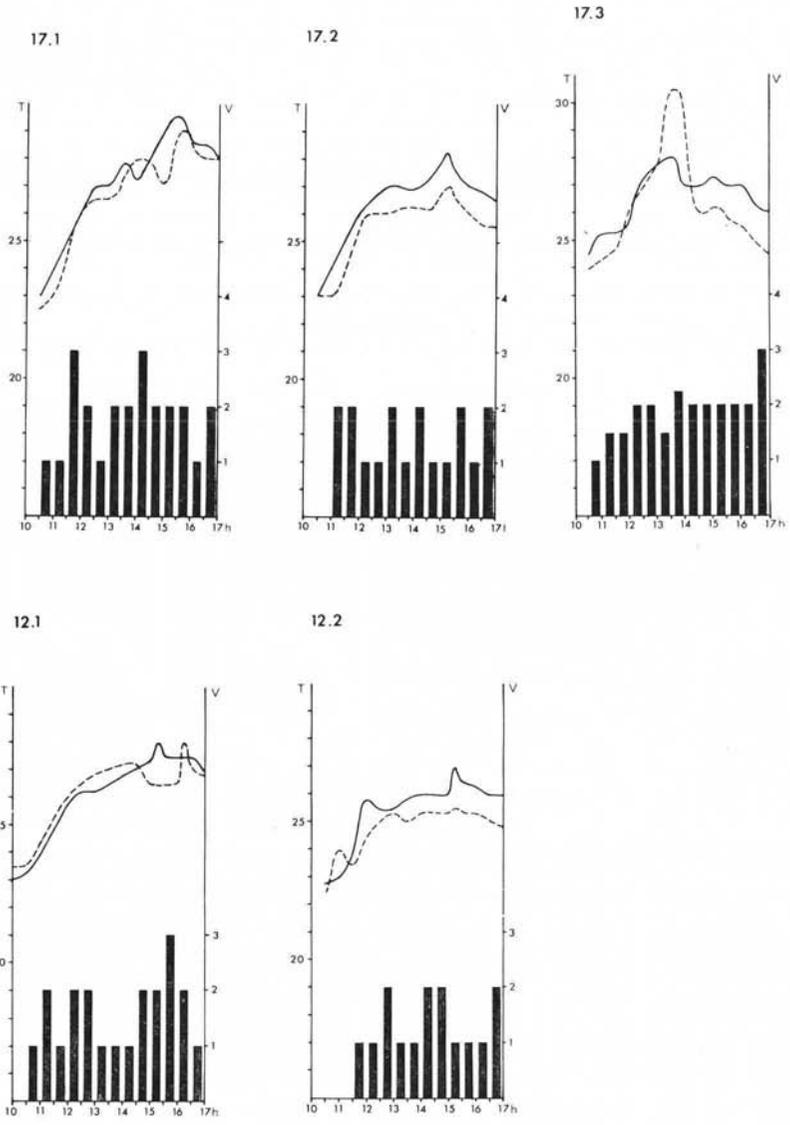


Abb. 2: Mikroklimadiagramme der Flächen 12.1 bis 17.3.
 Linke Ordinate: Temperatur (T) °C
 Rechte Ordinate: Evaporation (V) in 1/10 ml. Abzisse: Zeit in Stunden (h).
 Durchgezogene Linie: Temperatur in 150 cm Höhe.
 Unterbrochene Linie: Temperatur in 15 cm Höhe.
 Säulendiagramme: Evaporation.

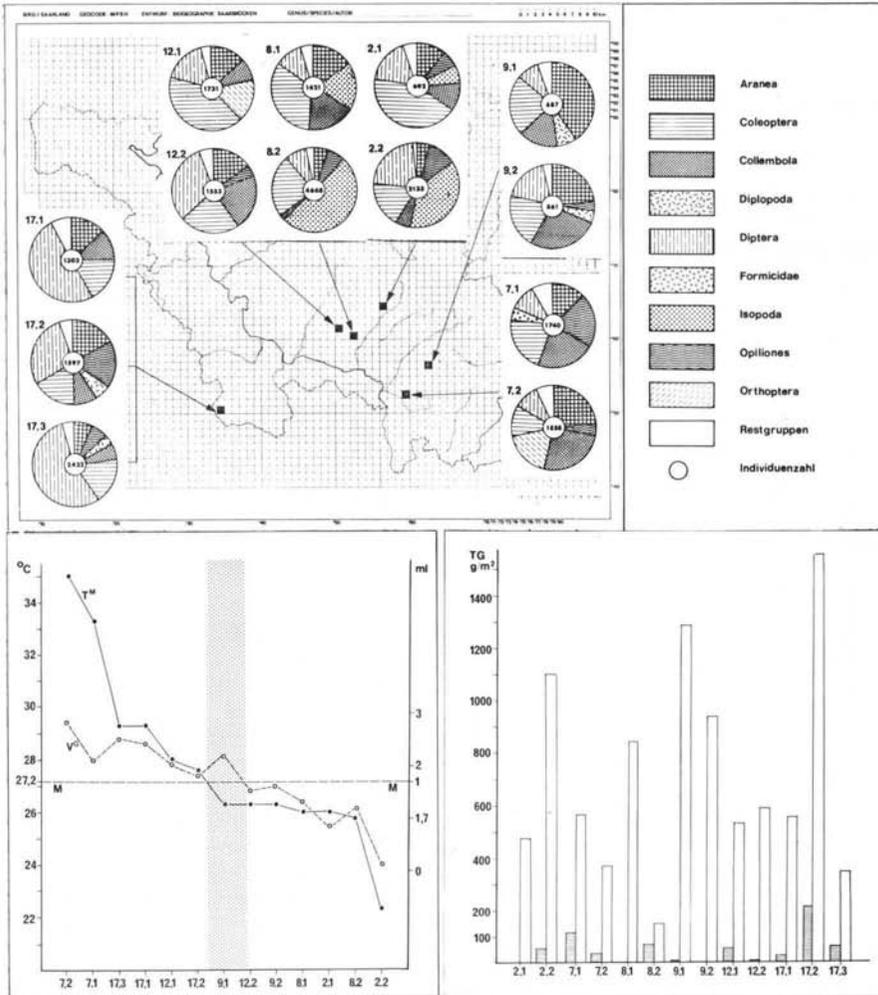


Abb. 3 oben: Darstellung der Arthropodenpopulation auf den Untersuchungsflächen.

unten links: Die Maxima der Lufttemperatur (TM) und der Gesamtevaporation (VG) aller Flächen und ihre Lage zu den beiden Mittelwerten (M).

unten rechts: Das Trockengewicht (TG) der Phytomasse der Krautschicht (dunkle Säulen) und der Bodenstreu (helle Säulen).

4.2.0.0 Bodenacidität, Bodenstreu und Phytomasse

Alle Böden liegen im sauren Bereich (Tab. 5). Als Extreme wurden pH-Werte von 4,5 und 7,1 gemessen. Die Gesamtschwankungsbreite ist vergleichsweise gering. Die pH-Werte decken sich mit denen von THIELE (1964 a) in einer Heckenlandschaft des Bergischen Landes (pH-Werte von 4,0 bis 6,5) gemessenen. Dagegen schwanken die von THIELE (1956, 1959) ermittelten Werte für Waldstandorte im gleichen Gebiet zwischen 4,0 (häufig gemessen) und 8,2, während die von LÖSER (1972) angegebenen pH-Werte von Böden in vergleichbarer Höhenlage ausnahmslos unter pH 4 liegen. Böden mit einem hohen Wassergehalt (Flächen 2.2 und 8.2) weisen als Folge der durch die hohe Feuchtigkeit bedingten Versauerung niedrigere pH-Werte auf. Fast neutrale pH-Werte finden sich auf den trockenwarmen Standorten. Von den beiden Untersuchungsflächen auf dem Muschelkalk hätte man basische Böden erwartet.

Tabelle 5

Untersuchungsfläche	pH (H ₂ O)	Trockengewicht der Phytomasse	Trockengewicht der Bodenstreu
Hb 2.1	5,2	1,6	478,1
Hb 2.2	4,8	55,7	1107,1
Wh 7.1	6,7	115,4	564,4
Wh 7.2	6,5	34,7	369,4
Eb 8.1	5,7	0,2	884,4
Eb 8.2	4,8	69,0	154,8
Rf 9.1	4,9	4,3	1291,5
Rf 9.2	4,5	0,3	938,9
Hh 12.1	6,6	51,0	531,9
Hh 12.2	6,1	4,9	586,1
Wb 17.1	5,2	24,2	564,4
Wb 17.2	5,4	204,3	1558,3
Wb 17.3	4,9	56,8	341,8

Nach VITE (1949) läßt sich ein Waldbiotop in zwei Lebensräume gliedern, das vegetationserfüllte, produktive Vegetativum (oder Productivum) und der Lebensraum der organischen Abfallstoffe, das Destructivum. Hierzu gehören alle abgestorbenen Organismen oder Organismenteile der Biozönose. Der weitaus größte Teil findet sich in der Bodenstreichschicht. Sowohl das Vegetativum als auch das Destructivum dienen den epigäisch lebenden Arthropoden als Lebensraum.

Die Krautschicht als bodennahes Vegetativum ist auf den Untersuchungsflächen verschieden. Zwei Faktoren bestimmen wesentlich ihre Ausbildung, die Intensität der Lichteinstrahlung in den Stammraum und der Wassergehalt des Bodens. Mit Ausnahme der bodenfeuchten Standorte besitzen die untersuchten Waldflächen mit geschlossenem Kronendach keine Krautschicht. Die höchsten Phytomassen der Krautschicht wurden auf den lichten Standorten mit Waldrandklima und auf den bodenfeuchten Standorten gemessen. Der Maximalwert von 204,3 g/m² Trockengewicht findet sich auf Fläche 17.2 mit *Pteridium aquilinum* in der oberen und *Vaccinium myrtillus* in der unteren Krautschicht.

Weit stärker als die Krautschicht tritt auf allen Untersuchungsflächen die zum Destructivum gehörende Bodenstreu als Lebensraum der bodennahen Arthropoden in Erscheinung. Das gemessene Trockengewicht der Bodenstreu ist direkt abhängig von der Gesamtphyto-

masse des Standortes, dem spezifischen Gewicht der anfallenden Totsubstanz und der Abbaugeschwindigkeit, die durch Temperatur und Feuchtigkeit beeinflusst wird. Diese Faktoren nehmen auf den einzelnen Flächen einen unterschiedlichen Stellenwert ein.

4.3.0.0. *Formalinfallenfänge*

Bei der Beurteilung der quantitativen Fallenfänge ist es notwendig, die Faktoren, von denen das Fallenfangergebnis abhängt, zu kennen. Die Summe aller Tiere, die die Randlinie der Falle in einem definierten Zeitraum überschreiten, bilden das Fallenfangergebnis dieses Zeitraumes. Je größer der Umfang der Falle und je länger die Expositionszeit ist, um so größer ist das Fangergebnis. Ein weiterer wichtiger Faktor oder Faktorenkomplex für das Fangergebnis ist die Eigenheit der gefangenen Art.

Eine Art ist erstens umso häufiger in einer Falle enthalten, je größer ihre Siedlungsdichte ist, zweitens wird eine aktivere Art bei gleicher Siedlungsdichte zahlreicher als eine weniger aktive Art im Fang enthalten sein. Das Fangergebnis ist von der Aktivitätsdichte (Aktivität = zurückgelegter Weg in einer Zeiteinheit) und der Siedlungsdichte der Arten abhängig. Nach HEYDEMANN (1953) aus KIRCHNER (1960) kann man das Fallenfangergebnis einer Art als ihre Aktivitätsdichte bezeichnen.

Von der Aktivitätsdichte bzw. dem Fangergebnis einer Art kann nicht ohne weiteres auf die absolute Siedlungsdichte oder absolute Abundanz der Art geschlossen werden. Aus diesem Grund verstehen sich alle in dieser Arbeit angegebenen Fangergebnisse als relative Abundanz oder relative Siedlungsdichte. Nach TISCHLER (1949) gibt die relative Abundanz den durchschnittlichen Anteil der Individuen einer Art pro Flächeneinheit zu dem der übrigen Art an. Als günstig hat sich die Einteilung in vier Abundanzklassen (TISCHLER 1949) erwiesen.

Zur besseren Vergleichsmöglichkeit benutzen wir die gleiche Abwandlung in der Dominanzklasseneinteilung wie KIRCHNER (1960), LEHMANN (1962), LAUTERBACH (1964) und BECKER (1972):

Dominanten: = Arten, die mehr als 5 % aller Individuen umfassen.

Subdominanten: = Arten, die 1 – 5 % aller Individuen umfassen.

Rezedenten: = Arten, die 0,5 – 1 % aller Individuen umfassen.

Subrezedenten: = Arten, die weniger als 1,0 % aller Individuen umfassen.

4.3.1.0. *Arthropodenpopulationen*

Bei der Auswertung der Formalinfallenfänge wurde das gesamte für die Bodenfallen charakteristische Arthropodenmaterial berücksichtigt. Denn wie für die einzelne Art von ihrem Vorhandensein auf Raumqualitäten geschlossen werden kann, so sind auch höhere systematische Gruppen (z. B. Ordnungen) an bestimmte Biotope gebunden (TISCHLER 1949). Schon STROHL (1921) schreibt, daß wie der funktionelle Moment für die Verbreitung der Individuen ein und derselben Art in Betracht kommt, so besteht er auch zu Recht für die Verbreitung der höheren systematischen Kategorien.

Eine Übersicht der Arthropodenpopulationen gibt Tabelle 6. Insgesamt wurden 22 676 Individuen ausgewertet. Die Individuendichte ist auf den verschiedenen Untersuchungsflächen großen Schwankungen unterworfen. Die hohe Gesamtindividuenzahl einer Fläche ist immer das Ergebnis der Überrepräsentation einer bestimmten Gruppe. Die individuenstärksten systematischen Gruppen sind die *Coleoptera*, *Diptera*, *Isopoda*, *Collembola*, *Aranea* und *Opiliones*. Die übrigen Populationen sind individuenärmer, obwohl einige Gruppen, wie die *Diplopoda*, *Chilopoda* und *Formicidae*, auf allen Untersuchungsflächen auftreten.

Tabelle 6: Die Arthropodenpopulationen der Untersuchungsflächen
in absoluter Anzahl der Individuen

	2.1	2.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	12.1	12.2	17.1	17.2	17.3	S ₁
Coleoptera	288	380	398	286	477	1018	154	200	725	405	228	293	436	5288
Diptera	139	460	156	199	141	372	67	133	289	454	664	444	1343	4861
Isopoda	50	884	9	4	250	2612	13	13	10	27	—	7	6	3885
Collembola	67	108	375	466	230	198	96	220	144	351	129	179	180	2743
Aranea	71	87	229	432	246	151	276	205	204	204	196	229	182	2712
Opiliones	40	161	349	74	30	224	6	44	25	58	22	263	88	1384
Orthoptera	1	—	23	294	3	2	1	—	311	22	19	9	58	743
Diplopoda	12	29	29	49	12	25	51	38	9	18	27	119	90	508
Formicidae	5	5	85	32	6	5	6	2	5	5	7	32	10	208
Homoptera	5	7	28	—	8	41	5	—	—	1	—	—	12	107
Hymenoptera *	9	9	15	10	10	6	3	3	6	3	4	12	2	92
Chilopoda	4	1	22	6	4	5	9	1	1	5	5	7	17	87
Heteroptera	1	2	22	6	4	9	—	2	2	—	2	3	8	61
S ₂	692	2133	1740	1858	1421	4668	687	861	1731	1553	1303	1597	2432	22 676
														S ₃

S₁ = Summe aller Individuen einer systematischen Gruppe
S₂ = Summe aller Individuen einer Untersuchungsfläche
S₃ = Gesamtsumme der ausgewerteten Individuen
* außer Formicidae

4.3.1.1. Abhängigkeit der Populationsgröße und -verteilung von verschiedenen Faktoren

Die Populationsgröße und -verteilung sind von einem Komplex von Standortfaktoren, die sich auf vielfältige Art untereinander beeinflussen, abhängig. Es soll versucht werden, einige kausale Bindungen zwischen der Population und dem Habitat darzustellen.

Die *Coleopteren* sind auf allen Untersuchungsflächen relativ gleichmäßig vertreten. Neben der individuenreichsten Familie der *Carabidae* dominieren die *Staphyliniden*, *Geotrupiden* und *Curculioniden*. Im Fichtenjungwuchs der Fläche 2.1 finden sich die wenigsten *Carabiden*. Häufig kommen dort 3 mm große *Curculioniden* vor. Eine große Population von *Geotrupes stercorosus* läßt sich auf dem extrem bodenfeuchten Standort 8.2 nachweisen.

Die Dipteren lassen eine deutliche Bindung an feuchte bis wechselfeuchte Standorte erkennen. Die hohe Individuenzahl auf der nach den mikroklimatischen Messungen trockenen Fläche 17.3 läßt sich durch in der Nähe befindliche Wassertümpel und feuchte Böden erklären. Noch stärker als die Dipteren sind die Isopoden als hygrophil anzusprechen. Deutlich ist die Populationsgröße mit der Feuchtigkeit des Standorts korreliert. Die Orthopteren besitzen eine entgegengesetzte Habitatbindung. Sie sind an die lichten trocken-warmen Waldbiotope gebunden. Hier finden sich die individuenstärksten Populationen.

Die Collembolen, Araneen und Opiliones zeigen keine deutliche Bindung an bestimmte ökologische Faktoren. Die Diplopoden kommen als Destruenten am häufigsten auf den Flächen mit hoher Bodenstreu vor.

Die restlichen individuenärmeren systematischen Gruppen lassen keine direkten kausalen Beziehungen zwischen ihrem Vorkommen auf der Untersuchungsfläche und dem Standortstyp erkennen.

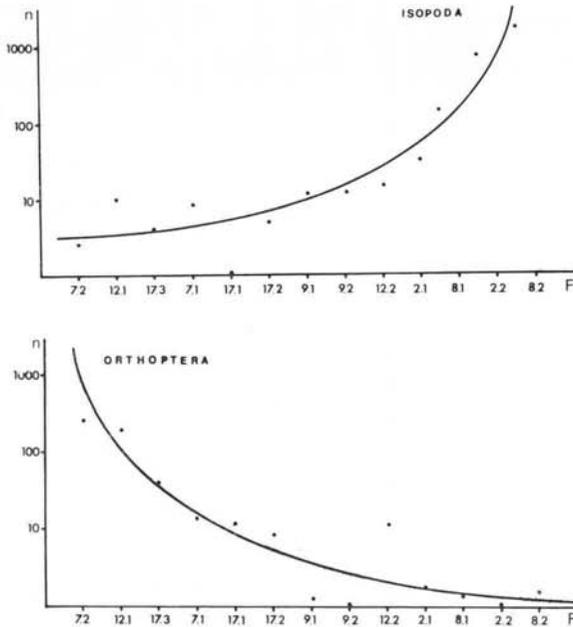


Abb. 4: Das Verhalten von Isopoden und Orthopteren in einem Faktorengefälle. Die absolute Individuenzahl (n) ist logarithmisch über einem Faktorengefälle (F) aufgetragen. Von 7.2 nach 8.2 nehmen Lufttemperatur, Luft- und Bodenfeuchtigkeit sowie die Beleuchtungsstärke kontinuierlich zu, wobei die Lufttemperatur abnimmt.

4.3.2.0. Die Carabidenpopulationen

Einen Überblick über die Arten, ihre Aktivitätsdichte und Verteilung gibt Tabelle 7. Die Anzahl der Arten und Individuen ist auf den Waldstandorten geringer als im offenen Gelände. Auf allen Untersuchungsflächen konnten in 315 Fangeinheiten (eine Fanginheit = 1 Falle pro Monat) 38 Carabidenarten mit 3 291 Individuen gefangen werden. Zur Feststellung der relativen Häufigkeit auf allen Flächen wurden die Dominanzverhältnisse berechnet. 5 Arten sind dominant, je 6 Arten subdominant und rezedent und 21 Arten subrezedent. Die mit Abstand häufigste Art ist *Abax ater*. Man kann sie für das Unter-

Tabelle 7: Artenspektrum, Aktivitätsdichte und Verteilung der Carabiden

ART				Hölzerbachtal	Hölzerbachtal	Wusterhang	Wusterhang	Emsenbruch	
				2.1	2.2	7.1	7.2	8.1	
Dominanten									
<i>Abax ater</i> Vill.	—	—	O	G 2	24	55	184	92	98
<i>Carabus problematicus</i> Thoms.	—	—	O	G 1	25	11	—	3	26
<i>Pterostichus cristatus</i> Duf.	m	—	H	G 3	3	126	—	—	102
<i>Abax ovalis</i> Dft.	m	—	F	G 3	—	2	18	—	1
<i>Carabus purpurascens</i> F.	—	—	H	G 1	15	3	—	1	1
Subdominanten									
<i>Abax parallelus</i> Dft.	m	—	F	G 2	—	3	29	26	17
<i>Pterostichus niger</i> Schall.	—	f	H	G 2	22	9	—	—	1
<i>Cychnus attenuatus</i> F.	m	—	H	G 2	—	2	—	—	4
<i>Pterostichus madidus</i> F.	—	—	H	G 3	—	—	23	4	10
<i>Agonum assimile</i> Payk.	—	—	F	G 3	1	13	—	—	21
<i>Molops piceus</i> Panz.	m	—	F	G 3	1	1	15	—	2
Rezedenten									
<i>Carabus nemoralis</i> Müll.	—	—	F	G 1	—	3	2	3	1
<i>Carabus coriaceus</i> L.	—	—	H	G 1	—	—	1	21	—
<i>Nebria brevicollis</i> F.	—	f	H	G 3	—	—	—	—	12
<i>Patrobus atrorufus</i> Stroem.	—	—	F	G 4	—	5	—	—	—
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> L.	—	—	H	G 3	—	4	—	—	4
<i>Agonum ruficorne</i> Gze.	—	—	F	G 4	—	6	—	—	—
Subrezedenten									
<i>Trichotichnus laevicollis</i> Dft.	m	—	H	G 4	1	2	—	—	1
<i>Trechus quadristriatus</i> Schrk.	—	f	H	G 4	—	13	—	—	1
<i>Carabus arcensis</i> Hbst.	—	—	F	G 2	—	—	—	—	—
<i>Bembidion lampros</i> Hbst.	—	—	F	G 4	—	—	—	6	—
<i>Pterostichus nigrita</i> F.	—	f	F	G 4	—	2	—	—	—
<i>Harpalus latus</i> L.	—	f	H	G 4	—	—	—	2	—
<i>Pterostichus vulgaris</i> L.	—	—	H	G 3	—	—	1	1	3
<i>Leistus ferrugineus</i> L.	—	—	H	G 4	—	5	—	—	—
<i>Bembidion mannerheimi</i> Sahlb.	—	—	F	G 4	—	2	—	—	—
<i>Carabus auronitens</i> F.	m	—	F	G 1	—	—	—	—	—
<i>Leistus piceus</i> Fröl.	m	—	H	G 4	—	—	2	—	—
<i>Notiophilus biguttatus</i> F.	—	—	F	G 4	—	—	—	2	—
<i>Carabus convexus</i> F.	—	—	H	G 2	1	—	—	—	—
<i>Dyschirius globosus</i> Hbst.	—	—	F	G 4	—	—	—	—	—
<i>Trechus secalis</i> Payk.	—	—	?	G 4	—	—	—	—	—
<i>Amara lunicollis</i> Schiödt	—	f	F	G 4	—	—	—	—	—
<i>Pterostichus coerulescens</i> L.	—	f	F	G 3	—	—	—	—	—
<i>Pterostichus anthracinus</i> Illig.	—	—	F	G 3	—	—	—	1	—
<i>Pterostichus minor</i> Gyll.	—	—	F	G 4	—	—	—	—	—
<i>Pterostichus strenuus</i> Panz.	—	—	F	G 4	—	1	—	—	—
<i>Haptoderus pumilio</i> Dej.	m	—	?	G 4	1	—	—	—	—
S_2					94	268	275	162	305

Gebrauchte Abkürzungen:

m = montane Art (HORION 1951)

O = Carabiden mit instabiler

Überwinterung

F = Frühlingstier (LARSSON 1939)

f = bewiesen flugfähige Art
(LINDROTH (1949))

H = Herbsttier (LARSSON 1939)

G 1 = Größe 20 mm

G 2 = Größe 20–15 mm

suchungsgebiet als eurytop bezeichnen. Von den 38 Arten sind neun montan im Sinne von HORION (1951). Sie verteilen sich gleichmäßig im Aktivitätsdichtespektrum.

Ein ökologisch interessantes Einteilungsprinzip ist die Aufteilung der Carabiden nach ihrem Fortpflanzungsrythmus. Nach LARSSON (1939) unterscheidet man zwischen Frühjahrstieren (= Imagoüberwinterer) mit der Larvalentwicklung im Sommer und Herbsttieren (= Larvenüberwinterer) mit der Larvalentwicklung im Winter. Im Gesamtfang gehören 15 Arten zu den Herbsttieren und 19 Arten zu den Frühjahrstieren. Die beiden häufigsten Arten *Abax ater* und *Carabus problematicus* haben nach LARSSON (1939) einen instabilen Fortpflanzungsrythmus, was für *Abax ater* von LÖSER (1972) bestätigt wird.

Die Körpergröße der Carabiden ist mit der Aktivitätsabundanz negativ korreliert. Auf den schattigen Waldflächen mit einer geringen Krautschicht kommen mehr größere Arten vor als auf den offenen Waldstandorten mit gut entwickelter Krautschicht. Hier macht sich der größere Raumwiderstand im Sinne von HEYDEMANN (1956 b) bemerkbar.

4.3.2.1 Die Carabidenfauna der einzelnen Untersuchungsflächen

Entsprechend der unterschiedlichen biotischen und abiotischen Ausstattung der Untersuchungsflächen ist mit verschiedenen Carabidengesellschaften zu rechnen. Eine in den einzelnen Waldbiotopen unterschiedliche Verteilung der Carabiden wiesen schon GERSDORF (1937), TISCHLER (1948), LINDROTH (1949), RÖBER und SCHMIDT (1949), VAN DER DRIFT (1951, 1959), RABELER (1951), WILMS (1961), LAUTERBACH (1964), NEUMANN (1971), BECKER (1972) und LÖSER (1972) nach.

Auf allen 13 Flächen gehört *Abax ater* zu den dominanten Arten, davon ist er auf 8 Flächen die zum Teil mit Abstand häufigste Art. Auf den Untersuchungsflächen 7.1, 9.1, 12.1 und 12.2 liegt seine Aktivitätsdominanz über 50 %. Die Individuenanzahl unterscheidet sich auf den Standorten erheblich. Bei einem Durchschnitt von 253 Individuen pro Fläche liegen die Extreme bei 81 Individuen auf Fläche 9.1 und 587 Individuen auf Fläche 12.1. Die Anzahl der Arten und Individuen nimmt von den warmen zu den kühlen Standorten ab, während sie in feuchten Biotopen wieder zunimmt.

Neben einer Individuenarmut zeichnen sich die beiden Flächen 9.1 und 9.2 auf der Naturwaldzelle Rheinfels durch einen relativ großen Anteil von Arten mit hoher Aktivitätsdominanz aus. Wenn Q der Quotient aus der Anzahl der Arten und der Anzahl der Dominanten ist, so ist für 9.1 $Q = 1,4$ und 9.2 $Q = 1,7$. Beides, Individuenarmut und ein niedriger Q -Wert, deuten auf eine geringe Anzahl ökologischer Nischen. Entgegengesetzte Verhältnisse finden sich auf folgenden Flächen mit einer hohen Anzahl an Individuen. Für die Fläche 2.2 (268) ist $Q = 10$, für 12.1 (587) ist $Q = 7$, für 12.2 (328) ist $Q = 6,5$ und für 8.2 (498) ist $Q = 5,3$ (die Zahl in der Klammer gibt jeweils die Anzahl der Individuen an).

Die beiden Fortpflanzungstypen verteilen sich auf den Untersuchungsflächen wie folgt: Überwiegend Herbsttiere wurden auf den Flächen 2.1, 8.1, 9.1, 17.1 und 17.2 gefangen, während auf den Flächen 2.2, 7.1 und 7.2 Frühlingstiere dominieren. Die übrigen Standorte zeigen eine ausgeglichene Verteilung der Arten mit Frühjahrs- und Herbstfortpflanzung.

Alle Untersuchungsflächen weisen in ihrem Artenspektrum montane Arten auf, doch besitzen die schattigen, feucht-kühlen Standorte einen höheren Anteil montaner Arten als die lichten, trocken-warmen-Standorte.

Tabelle 8: Verteilung ökologischer Gruppen auf Standorttypen

Standorttyp	feucht-kühl				dunkel				trocken-warm				hell			
Untersuchungsflächen	8.2	2.2	8.1	2.1	12.2	9.2	9.1	17.2	17.1	7.1	17.3	12.1	7.2	12.1	7.2	12.1
Stenöke Waldarten																
<i>Patrobis atrorufus</i>	21	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Agonum ruficorne</i>	15	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Trechus quadristriatus</i>	1	13	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	
<i>Pterostichus nigrita</i>	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Bembidion mannerheimi</i>	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Agonum assimile</i>	5	13	21	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Pterostichus niger</i>	83	9	1	22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Nebria brevicollis</i>	15	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Euryöke Waldarten																
<i>Abax ater</i>	181	55	98	24	228	36	48	27	54	184	123	324	92	—	—	
<i>Carabus problematicus</i>	82	11	26	25	14	52	6	24	52	—	81	16	3	—	—	
<i>Carabus purpurascens</i>	6	3	1	15	49	—	—	35	6	—	38	29	1	—	—	
<i>Carabus nemoralis</i>	3	3	1	—	2	—	—	—	1	2	9	4	3	—	—	
<i>Cychrus attenuatus</i>	10	2	4	—	4	9	11	6	18	—	27	3	—	—	—	
<i>Pterostichus niger</i>	83	9	1	22	1	—	—	5	—	—	14	—	—	—	—	
<i>Pt. oblongopunctatus</i>	6	4	4	—	—	—	5	—	3	—	3	1	—	—	—	
<i>Pterostichus madidus</i>	1	—	10	—	—	—	—	—	—	23	—	4	4	—	—	
Differentialarten der Fagetalia (LÖSER 1972)																
<i>Abax ovalis</i>	—	2	1	—	14	—	2	—	18	—	—	—	171	—	—	
<i>Molops piceus</i>	—	1	2	1	4	—	—	—	—	15	—	13	—	—	—	
<i>Abax parallelus</i>	8	3	17	—	6	2	8	1	21	29	22	13	26	—	—	
<i>Pterostichus cristatus</i>	47	126	102	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>(Tr. laevicollis)</i>	2	2	1	1	1	1	1	1	1	—	1	4	—	—	—	
Lichtungsarten																
<i>Carabus coriaceus</i>	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	3	21	—	—	
<i>Harpalus latus</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	1	2	—	—	
<i>Bembidion lampros</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	6	—	—	
<i>Carabus arcensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—	—	
<i>Notiophilus biguttatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	
<i>Trechus secalis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	
<i>Amara lunicollis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	
<i>Pt. anthracinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	

4.3.2.2. Zusammensetzung der Carabidenfauna

Die Arten mit ähnlicher ökologischer Valenz können zu ökologischen Gruppen zusammengefaßt werden. Neben den auf allen Flächen vorkommenden euryöken Waldarten finden sich stenöke Waldcarabiden, Differentialarten der mitteleuropäischen Fagetalia (nach LÖSER 1972) und typische Lichtungscarabiden (Tabelle 8).

Die stenöken Waldcarabiden lassen sich nur auf schattigen und kühlen Standorten nachweisen. Unter ihnen finden sich mit *Patrobus atrorufus*, *Agonum assimile*, *Nebria brevicollis* und *Pterostichus niger* Arten, die sich im Experiment (THIELE 1964 b) als dunkelpräferent erweisen.

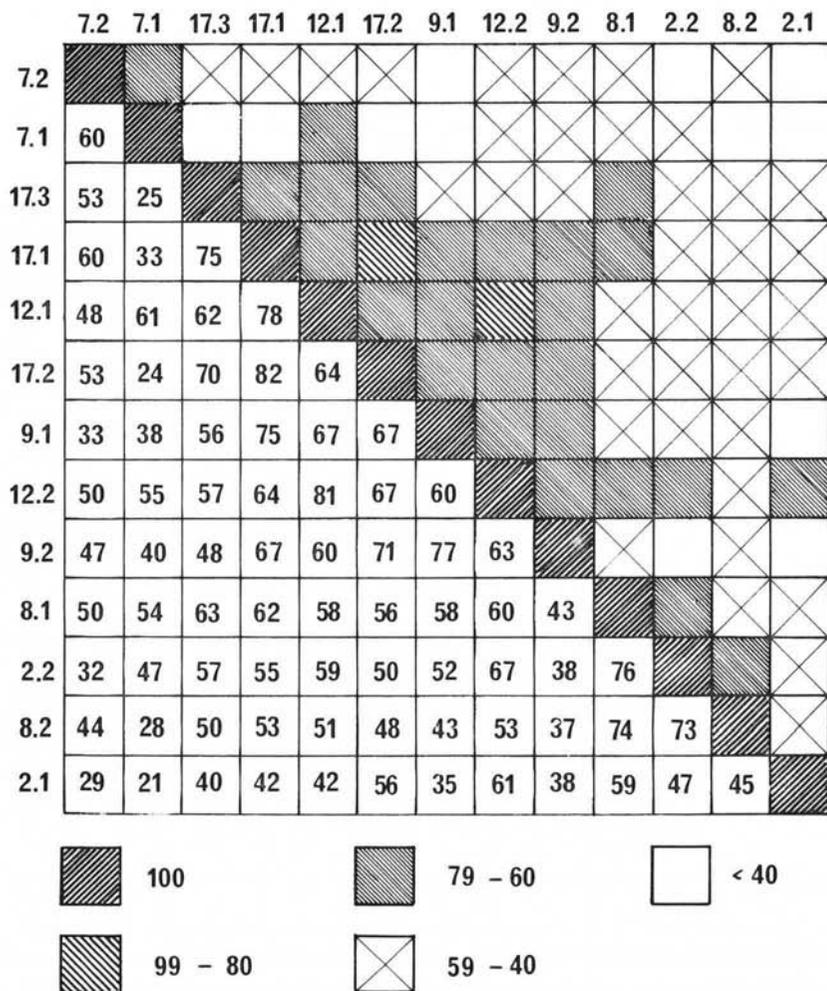


Abb. 5: Ähnlichkeit der verschiedenen Carabidengesellschaften. Die Flächen sind von links nach rechts und von oben nach unten in einem Faktorengefälle von trocken—warm—hell nach feucht—kühl—dunkel geordnet. Die Ähnlichkeitsquotienten stehen in den Quadraten.

Patrobus atrorufus und *Pterostichus niger* zeigen dazu noch eine Feuchtigkeitspräferenz. Auf besonders lichten Waldstandorten kommen neben den euryöken Waldcarabiden auch Arten des offenen Geländes (*Harpalus latus*, *Bembidion lampros*) und des Waldrandes (*Carabus coriaceus*) vor. Sie werden wegen ihres zum größten Teil hellpräferenten Verhaltens in der Tabelle als Lichtungscarabiden zusammengefaßt. Sie lassen eine deutliche Bevorzugung der lichtintensiven Standorttypen erkennen.

Die von LÖSER (1972) als Differentialarten der mitteleuropäischen Faegitalia bezeichneten Arten *Abax ovalis*, *Abax parallelus*, *Molops piceus* und mit Einschränkung *Pterostichus cristatus* und *Trichotichnus laevicollis* werden in einer Gruppe zusammengefaßt. *Trichotichnus laevicollis* kommt außer auf den beiden warmen Kalkstandorten des Wusterhanges auf allen Flächen vor. *Pterostichus cristatus* ist in seiner Verbreitung auf die feucht-kühl-dunklen Standorte beschränkt. Relativ gut vertreten sind die drei übrigen Differentialarten auf den Flächen 12.1 (Buchenaltbestand mit dichtem Buchenunterwuchs in der Strauchschicht), 7.1 (lichter Kiefernaltbestand mit Buchenjungwuchs und *Melica uniflora* in der Krautschicht), 17.1 (Buchen-Eichen-Hainbuchenwald) und 8.1 (Buchen-Eichen-Birkenwald).

4.3.2.3. Vergleich der Carabidengesellschaften der Untersuchungsflächen

Eine gute und einfache Möglichkeit, den Ähnlichkeits- oder Verwandtschaftsgrad der verschiedenen Carabidengesellschaften der Untersuchungsflächen zahlenmäßig darzustellen, ist die Berechnung des Ähnlichkeitsquotienten (QS) für alle Flächen untereinander. Die Formel

$$QS = \frac{2c}{a+b} \cdot 100$$

wurde von SØRENSEN (1948) aufgestellt und von FRANZ (1963) u. a. für synökologische Untersuchungen der Bodenfauna benutzt. In der Formel bedeutet a die Gesamtzahl der Arten des einen und b diejenige des anderen Standortes und c die Zahl der den bei Vergleichsstandorten gemeinsamen Arten. Diese Formel besitzt wie jedes statistische Verfahren nur eine begrenzte Leistungsfähigkeit, doch hat sie sorgfältigen Vergleichen (FRANZ 1963) standgehalten. Die QS-Werte schwanken zwischen 21 und 82. Die zwei höchsten Ähnlichkeitsgrade bestehen zwischen den benachbarten Flächen 17.2/17.1 und 12.1/12.2. Da die Untersuchungsflächen in Abb. 5 nach einem mikroklimatischen Faktorengefälle geordnet sind, müssen bei einer Abhängigkeit der Carabidengesellschaften von diesen Faktoren in der Abbildung benachbarte Flächen einen hohen QS-Wert und von einander entfernte Flächen einen entsprechend niedrigeren Wert haben. Diese Erwartung wird bestätigt und beweist, daß mikroklimatisch verwandte Flächen eine ähnlich zusammengesetzte Carabidenfauna besitzen.

5.0.0.0. Diskussion

Diese Arbeit soll einen Überblick über die bodennahen Arthropoden in saarländischen Naturwaldzellen geben. Mit Hilfe der parallel durchgeführten Messungen abiotischer und biotischer Faktoren kann der rezente Zustand der Untersuchungsflächen dargestellt werden. Denn Zweck jeder quantitativen Studie über das Vorkommen von Tieren ist die kausale Deutung ihrer Verbreitung. Doch allein die Verbreitung im Biotop vermag eine solche Deutung nicht zu begründen, weil das Vorkommen einer Art stets mit einem Komplex

von Standort zu Standort unterschiedlich variierender Faktoren verknüpft ist (THIELE 1964 b). Dadurch wird es notwendig, die Meß- und Fangergebnisse mit denen anderer Arbeiten zu diskutieren.

Die Verteilungsspektren der Populationsmessungen zeigen im Vergleich mit synökologischen Arbeiten von VAN DER DRIFT (1951, 1959), RABELER (1951, 1962, 1963), PSCHORN-WALCHER (1952), BIRCH (1953), RONDE (1957), DUNGER (1958), TISCHLER (1958), LEUTHOLD (1961) und KARAFIAT (1970), die sich mit der bodennahen Fauna unterschiedlicher Standorte befassen, ähnliche Verbreitungsmuster. Einige Vergleiche sollen beispielhaft dargestellt werden. NEUMANN (1971) und BECKER (1972) bestätigen, abgesehen von einigen wenigen Arten, eine deutliche Bindung der Isopoden an den feuchten Lebensraum, wobei KARAFIAT (1970) ein Besiedlungsoptimum an feuchten, sumpfigen Standorten feststellt.

Eine geringe Bindung der Spinnen (*Aranidae*) an bestimmte Waldtypen konnten sowohl THIELE (1956) als auch KNÜLLE (1951), RABELER (1967) und KARAFIAT (1970) feststellen. Nach THIELE (1956) zeigen auch die Collembolen keine Beziehungen zu bestimmten Waldarten.

Das Dominieren der Orthopteren auf den lichten und warmen Waldflächen und ihr zum Teil vollständiges Fehlen auf den schattigen Standorten stimmt mit der Ansicht von TISCHLER (1948), daß Orthopteren in Wäldern nur als Ubiquisten oder eurytope Arten am Waldrand vorkommen, überein. Ebenso weist TISCHLER (1948) auf die Bindung der im Wald hygrophilen Dipterenarten an schattige, feuchte Standorte hin. Leider ist die spezifische Bindung an den Standort bei den meisten Arthropoden zu wenig bekannt, um ihre Anwesenheit oder Fehlen in einem definierten Biotop kausal erklären zu können.

Eine ökologisch und physiologisch gut bearbeitete Gruppe sind die Coleopteren (BURGMEISTER 1931, BORCHERT 1938, MEYER 1958, HEYDEMANN 1962, KNOPF 1962, RABELER 1967, KARAFIAT 1970 u. a.). Besonders die Laufkäfer (*Carabidae*) sind eine in ihrer Verbreitung als auch experimentell in ihrer Bindung an das Habitat sehr gut untersuchte Familie (DELKESKAMP 1930, KROGERIUS 1948, PERTUNNEN 1951, SCHMIDT 1956, SKURAVY 1957, SCHERNEY 1957, DAVIES 1959, THIELE 1959, 1961, 1962, 1964 b, 1967, 1968 a, 1969, 1971, WILLIAMS 1959, KIRCHNER 1960, KLESS 1961, LEHMANN 1962, PAARMANN 1965, BOER 1965, THIELE und LEHMANN 1967, LÖSER 1970, 1972, NEUMANN 1971 und BATHON 1974).

Die Bindung an den Lebensraum wird bei den Carabiden über die Faktoren Feuchtigkeit, Temperatur und Licht gesteuert, wobei für Waldcarabiden die Feuchtigkeit (LAUTERBACH 1964, THIELE und LEHMANN 1966) und für Feldtiere die Temperatur (THIELE und LEHMANN 1966) der letztlich ausschlaggebende Faktor zu sein scheint. Um eine Beziehung zwischen Biotopbindung und dem Mikroklima des Standortes zu erkennen, wurden Mikroklimamessungen durchgeführt. Nach den Ergebnissen konnte man die 13 Untersuchungsflächen nach einem Faktorengefälle von feucht-kühl-dunkel nach trocken-warm-hell ordnen. Ein gleiches Faktorengefälle konnte auch LAUTERBACH (1964) für sauerländische Wälder nachweisen und in Präferenzversuchen mit Carabiden bestätigen.

Sowohl die Anzahl der Arten als auch weniger deutlich die Anzahl der Individuen ist gegenüber den Funden auf Feldern (GEILER 1956/57, KIRCHNER 1960, HEYDEMANN 1964, NOVAK 1971) und offenen Grasflächen (BECKER 1972) wesentlich geringer, aber vergleichbar den Werten, die LAUTERBACH (1964), WILMS (1961) und NEUMANN (1971) für Waldstandorte gefunden haben. Stärker als durch das Klima

scheint der Artenreichtum von der Entwicklung der Krautschicht abhängig zu sein. Da alle Flächen in ähnlichem Höhengiveau liegen, lassen sich keine Zusammenhänge zwischen der Carabidenfauna und der Höhenlage, wie sie LÖSER (1972) festgestellt hat, erkennen. Dagegen kann man die Bindung von montanen Arten an feucht-kühle Standorte (THIELE und KOLBE 1962) bestätigen.

Nach THIENEMANN (1956) beeinflussen die Faktoren die Ausbreitung einer Art am stärksten, die für das Entwicklungsstadium mit der geringsten ökologischen Valenz im Minimum zur Verfügung stehen. So kann die ökologische Valenz der Carabidenlarven eine große Bedeutung für die Verbreitung der Imagines haben. Wie schon HEYDEMANN (1962) und KIRCHNER (1960) feststellten, ist auf den kühl-feuchten Untersuchungsflächen ein Vorherrschen der Herbsttiere, also der Larvenüberwinterer, charakteristisch. Auch die von LARSSON (1939) gemachten Beobachtungen, daß Grasbewuchs die Frühjahrsfortpflanzung fördert und hohe Bodenfeuchtigkeit die Herbstfortpflanzung hemmt, werden durch die Funde bestätigt.

Alle häufigen Arten, d. h. sowohl individuenreiche als auch auf fast allen Standorten vorhandene Arten, sind euryöke Waldtiere. Die beiden häufigsten Arten *Abax ater* und *Carabus problematicus* sind auch auf allen neun von LAUTERBACH (1964) untersuchten Waldstandorten vertreten und bilden auch dort die häufigsten Arten. Die von ihm als typische Waldecarabiden bezeichneten Arten *Carabus purpurascens*, *Pterostichus madidus*, *Pt. metallicus*, *Pt. cristatus*, *Abax ovalis*, *A. parallelus*, *Molops piceus* und *Nebria brevicollis* konnten bis auf *Pt. metallicus*, der wie die ebenfalls montane Art *Molops elatus* fehlt, alle festgestellt werden, wobei nur *Nebria brevicollis* auf eine Naturwaldzelle beschränkt bleibt.

Die durch die Mikroklimamessungen gefundene Differenzierung der Waldstandorte läßt sich durch die Carabidenfunde ergänzen und bestätigen. Nur auf den lichten Waldstandorten mit einem für den Waldrand typischen Mikroklima konnten wir Arten der offenen Landschaft finden. Auf der Fläche 17.3 konnten mit *Carabus arcensis* und *Bembidion lampros* Arten festgestellt werden, deren Verbreitungsschwerpunkt nach LAUTERBACH (1964) im lichten Eichen-Birkenwald liegt. *Carabus coriaceus*, ein typisches Heckeninsekt (RABELER 1948, THIELE 1964, BECKER 1972) mit einer extrem hohen Vorzugstemperatur von 29,2° C (KNOPF 1962), hat auf der wärmsten Untersuchungsfläche ein deutliches Verbreitungsmaximum. Mit *Pterostichus anthracinus*, *Notiophilus biguttatus*, *Amara lunicollis*, *Trechus secalis* und *Harpalus latus* finden sich Arten der Kulturfelder und mit *Bembidion lampros* ein Bewohner xerothermer Rasen (BECKER 1972) auf den lichten-warmen Standorten 7.2 und 17.3. Sie sind entweder Ubiquisten oder als euryöke Tiere Bestandteil der Waldrand- oder Waldlichtungsauna. Der bei THIELE (1964 a) und STEIN (1965) auf Feldern dominante *Pterostichus vulgaris* wurde sowohl auf dem Wusterhang als auch auf den dunkel-feucht-kühlen Flächen des Emsenbruchs gefunden. Auch der bei BECKER (1972) als Art mit Verbreitungsschwerpunkt auf den Trockenrasen bezeichnete *Leistus ferrugineus* wurde auf der extrem feuchten Fläche 2.2 gefangen. Eine sichere Begründung für diese starken ökologischen Abweichungen in der Verbreitung läßt sich nicht ohne entsprechende experimentelle Untersuchungen geben.

Im Hinblick auf die Beurteilung zukünftiger Entwicklungstendenzen der untersuchten Naturwaldzellen verdienen die mitteleuropäischen Differentialarten der Fagetalia als Indikatoren für den rezenten Zustand der Flächen besondere Beachtung. Bis auf die bachbegleitenden Erlen-Eschen-Wälder (Hölzerbachtal) werden für das Saarland Fageten der verschiedenen Typen als potentiell natürliche Vegetation angegeben (SAUER 1972). Die Verbreitung und die Abundanz der Differentialarten können Aufschluß über die Annäherung des Systems und den Stand der Sukzession geben. Danach wären die Flächen 12.1, 12.2, 7.1 und 17.1 naturnahe Flächen. Bei drei dieser Standorte (12.1, 12.2 und 17.1) ent-

spricht die aktuelle der potentiell natürlichen Vegetation. Die Fläche 7.1 bietet als lichter Standort mit *Pinus silvestris* und *Melica uniflora* *Molops piceus* und *Abax ovalis* günstige Lebensbedingungen. Dies deutet nicht auf eine direkte Bindung an die Vegetation im Sinne von KÜHNELT (1943) und FRANZ (1963). Eher scheint das von der Vegetation erzeugte Mikroklima entscheidend für die Bindung an das Habitat zu sein. Die Bindung an die Vegetation erweist sich als Bindung an das in ihr herrschende Standortklima. Mit dem fast völligen Fehlen der Differentialarten der Fagetalia können die Flächen 2.1, 9.2, 17.2 und 17.3 als naturfremde Biotope angesprochen werden. Drei dieser vier Flächen sind durch Fichte bzw. Kiefer in der Baumschicht gekennzeichnet. Eine deutliche Abstufung der Sukzessionen, wie sie LEITINGER-MICOLETZKY (1940), GRETSCHY (1952) und NEUMANN (1971) nachweisen, konnte nicht festgestellt werden.

Neben den Differentialarten könnten auch die Arten- und Individuenzahl Aufschluß über den rezenten Zustand des Standortes geben. Nach THIENEMANN (1920) steigt mit der Variabilität der Lebensbedingungen auf einer Lebensstätte die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft, und je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops vom Normalen und für die meisten Organismen Optimalen entfernen, um so artenärmer wird die Biozönose, um so charakteristischer wird sie, in um so größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf. WILSON und BOSSERT (1973) führten die Regel „Stabilität durch Vielfalt“ ein. Nach FRANZ (1952/53) ist eine Lebensgemeinschaft um so artenreicher, ausgeglichener und stabiler, je kontinuierlicher sich die Milieubedingungen an einem Standort entwickelt haben, und je länger er gleichartige Umweltbedingungen aufgewiesen hat. Diese Sachverhalte können zum Teil mathematisch in einer Formel erfaßt werden. Als Maß für die Mannigfaltigkeit der Arten wird häufig die Shannon-Wiener-Formel als Maß für die Entropie eines Systems benutzt (STUGREN 1972, WILSON und BOSSERT 1973). Einer weitergehenden Untersuchung sollte es vorbehalten sein, diese hypothetischen Überlegungen am konkreten Beispiel zu überprüfen (vgl. MÜLLER, KLOMANN, NAGEL, REIS und SCHÄFER 1975).

6.0.0.0. Zusammenfassung

Durch bodennahe Arthropoden (unter besonderer Berücksichtigung der Carabiden) als Bioindikatoren sollen die Raumqualitäten von 6 saarländischen Naturwaldzellen erhellt werden.

Alle 13 Untersuchungsflächen von 100 m² Größe liegen in der Umgebung der Stadt Saarbrücken im kollinen bis submontanen Bereich des Oberkarbons, des Buntsandstein und im Muschelkalk.

Zur Populationsmessung wird die Formalinfallenfangmethode angewandt. Parallel werden ökologisch wichtige abiotische (Mikroklima, pH-Boden) und biotische Faktoren (Phytomasse, Bodenstreu) ermittelt.

Mikroklimatisch lassen sich die Untersuchungsflächen in trocken-warme, feucht-kühle und trocken-kühle Standorte trennen. Die Flächen werden zu einem abiotischen Faktorengefälle von trocken-warm-hell zu feucht-kühl-dunkel geordnet.

Im Jahre 1972 wurden pro Fläche 5 Fallen von Mai bis Oktober (= 315 Fangeinheiten) exponiert. Insgesamt wurden 22 676 Individuen bearbeitet. Die Arthropodenpopulationen (Isopoda, Aranea, Opiliones, Diplopoda, Chilopoda, Collembola, Homoptera, Heteroptera, Orthoptera, Hymenoptera, Formicidae, Diptera, Coleoptera) jeder Fläche werden in Kreisdiagrammen dargestellt. Die Coleopteren bilden die stärksten Populationen. Am Beispiel der Isopoden und Orthopteren wird die Abhängigkeit der Populationsgröße vom Standortklima verdeutlicht.

38 Carabidenarten mit 3 291 Individuen wurden gefangen. Davon sind 5 Arten dominant (*Abax ater* 45 %, *Carabus problematicus* 12 %, *Pterostichus cristatus* 8 %, *Abax ovalis* 6 %, *Carabus purpurascens* 6 %). Die Carabidenfauna der Flächen wird auf ihre Individuenzahl, Artenzahl und Dominanten untersucht. Der Anteil an Herbst- und Frühlingstieren und an montanen Arten wird festgestellt. Die Arten werden zu ökologischen Gruppen zusammengefaßt und mit den Standorttypen in bezug gebracht. Stenöke Waldcarabiden kommen nur auf den schattig-kühlen Standorten vor. Auf lichten Standorten erscheinen neben euryöken Waldarten auch Arten des offenen Geländes.

Nach dem Vorkommen der mitteleuropäischen Differentialarten der Fagetalia erweisen sich die Flächen 12.1, 12.2, 7.1 und 17.1 als naturnahe Systeme. Dabei entspricht auf 3 dieser Standorte die aktuelle der potentiell natürlichen Vegetation. Vier andere Flächen werden als naturfremde Biotope angesprochen.

Mit Hilfe der Sørensen-Formel wird die Ähnlichkeit der einzelnen Carabidengesellschaften ermittelt und nachgewiesen, daß mikroklimatisch verwandte Flächen eine ähnlich zusammengesetzte Carabidenfauna besitzen.

In der Diskussion werden die Ergebnisse mit denen anderer biocoenotischer und experimentell ökologischer Arbeiten verglichen.

7.0.0.0. Literatur

- BARBER, H. S. (1931): Traps for cave inhabiting Insects. *Journal. Elish. Mitchell. Science Soc.* 46: 259—266.
- BARNER, K. (1954): Die Cicindeliden und Carabiden der Umgegend von Minden und Bielefeld. *Abhandl. Landesmuseum für Naturkunde Münster* 16.
- BATHON, H. (1974): Woran erkennen Laufkäfer einen Unterschlupf? Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde 78: 34—40.
- BAUMGARTNER, A. (1956): Untersuchungen über den Wärme- und Wasserhaushalt des jungen Waldes. *Ber. dt. Wetterdienst* 5: Nr. 28.
- (1960): Die Lufttemperatur als Standortfaktor am großen Falkenstein. *Forstw. Cbl.* 79: 362—373.
- BECKER, J. (1972): Art und Ursachen der Habitatbindung von Bodenarthropoden (Carabidae [Coleoptera], Diplopoda, Isopoda) xerothermer Standorte in der Eifel. *Diss. Köln*.
- BOER, P. J. DEN (1965): Lebeort- (Habitat-) Bindung einiger Wald-Carabidenarten in Drenthe (Holland) in Zusammenhang mit Waldtypus, Boden und Strukturelementen des Waldes. Reprint from Proceedings of the Coenological Colloquium, Zagreb, 9.—14. Sept. 1963, Zagreb.
- (1970): On the Significance of Dispersal Power for Populations of Carabid-Beetles (Coleoptera, Carabidae). *Oecologica* 4: 1—28.
- BOMBOSCH, S. (1962): Untersuchungen über die Auswertbarkeit von Fallenfängen. *Z. ang. Zool.* 49: 149—160.
- BORCHERT, W. (1938): Die Verbreitung der Käfer Deutschlands, Tatsachen und Folgerungen. *Schönebeck (Elbe)*.
- DIRCH, L. (1953): Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. *Evolution* 7: 136—144.
- BURGMEISTER, F. (1931): Biologie, Ökologie und Verbreitung der europäischen Käfer. Bd. 1. Krefeld.
- DAVIES, M. (1959): A contribution to the ecology of species of Notiophilus and allied genera (Col., Carabidae). *Ent. Month. Mag.* 95: 25—28.
- DELKESKAMP, K. (1930): Biologische Studien an *Carabus nemoralis* MÜLL. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 19: 1—58.
- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch (Saarland 1945—1955) (1961). Offenbach a. M.
- DRIFT, J. VAN DER (1951): Analysis of the animal community in a beach forest floor. *Tijdschr. Entomol.* 94: 1—168
- (1959): Field studies on the surface fauna of forests. *Bijdr. Dierkunde* 29: 79—103.
- DUNGER, W. (1958): Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. *Zool. Jb. (Syst.)* 86: 129—180.
- (1963): Praktische Erfahrungen mit Bodenfallen. *Entom. Nachr.* 4: 41—46.
- FRANZ, H. (1931): Über die Bedeutung des Mikroklimas für die Faunenzusammensetzung auf kleinem Raum. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 22: 587—628.
- (1950): Qualitative und quantitative Untersuchungsmethoden in Biozönotik und Ökologie. *Acta biotheoret.* A 3: 101—114.
- (1952/53): Dauer und Wandel der Lebensgemeinschaften. *Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse Wien* 93: 27—45.

- (1963): Biozönotische und synökologische Untersuchungen über die Bodenfauna und ihre Beziehungen zur Mikro- und Makroflora. In: DOEKSEN, J. und VAN DER DRIFT, J.: Soil Organism, 345—367. Amsterdam.
- GANGLBAUER, L. (1892): Die Käfer von Mitteleuropa. Erster Band: Familienreihe Carabidae, Wien.
- Geologische Karte des Saarlandes 1:100 000 (1964). Hrsg.: Geologisches Institut der Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl. Braunschweig.
- GEILER, H. (1956/57): Zur Ökologie und Phänologie der auf mitteldeutschen Feldern lebenden Carabiden. Wiss. Z. Univ. Leipzig. Math.-naturwiss. Reihe 6: 35—61.
- GERSDORF, E. (1937): Ökologisch-faunistische Untersuchungen über die Carabiden der mecklenburgischen Landschaft. Zool. Jb., Abt. System., Ökol. u. Geogr. 70: 17—86.
- GRETSCHY, G. (1952): Die Sukzession der Bodentiere auf Fichtenschlägen. Veröffentl. Bundesanst. Alp. Landwirtschaft Admont 6: 25—85.
- HARTMANN, F. K. und JAHN, G. (1972): Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen. Stuttgart.
- HARTMANN, F. K. und SCHNELLE, F. (1970): Klimagrundlagen natürlicher Waldstufen und ihrer Waldgesellschaften in deutschen Mittelgebirgen. Stuttgart.
- HEERDT, P. F. VAN, ISINGS, J. und NIJENHUIS, L. E. (1956/59): Temperature and humidity preferences of various Coleoptera from the duneland area of Terschelling. I. + II. Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. Ser. C.
- HEYDEMANN, B. (1956a): Die Bedeutung der Formalinfallen für die zoologische Landesforschung. Faun. Mitt. Norddeutschl. 6: 19—24.
- (1956b): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. Verh. Dtsch. Zool. Ges. Hamburg 50: 332—347.
- (1962): Die biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. II. Teil: Käfer (Coleoptera). Abh. Akad. Wiss. Lit. Mainz, Math.-naturwiss. Kl. 11: 170—370.
- (1964): Die Carabiden der Kulturbiotop von Binnenland und Nordseeküste — ein ökologischer Vergleich (Coleopt. Carabidae). Zool. Anz. 172 (1): 49—86.
- HORION, A. (1951): Verzeichnis der Käfer Mitteleuropas. Stuttgart.
- KARAFIAT, H. (1970): Die Tiergemeinschaften in den oberen Bodenschichten schutzwürdiger Pflanzengesellschaften des Darmstädter Flugsandgebietes. Institut für Naturschutz Darmstadt Schriftenreihe IX 4: 1—128.
- KIRCHNER, H. (1960): Untersuchungen zur Ökologie feldbewohnender Carabiden. Diss. Köln.
- KLESS, J. (1961): Tiergeographische Elemente in der Käfer- und Wanzenfauna des Wutachgebietes und ihre ökologischen Ansprüche. Z. Morph. Ökol. Tiere 49: 541—628.
- KNOPF, H. E. (1962): Vergleichende ökologische Untersuchungen an Coleopteren aus Bodenoberflächenfängen in Waldstandorten auf verschiedenem Grundgestein. Z. ang. Entomol. 49: 353—362.
- KNÜLLE, W. (1951): Die Bedeutung natürlicher Faktorengefälle für tierökologische Untersuchungen, demonstriert an der Verbreitung der Spinnen. Verh. Dtsch. Zool. Ges. Wilhelmshaven 45: 418—433.
- KOCH, K. (1968): Käferfauna der Rheinprovinz. Dedeniana 13. Beiheft, Bonn.
- KROGERIUS, H. (1948): Ökologische Untersuchungen über Uferinsekten. Acta zoll. Fenn. 53: 1—153.
- KÜHNELT, W. (1933): Kleinklima und Landtierwelt. Zoogeographica 1: 566—572.
- (1934): Die Bedeutung des Klimas für die Tierwelt. Biokl. Beibl. 1: 120—125.
- (1943): Über Beziehungen zwischen Tier- und Pflanzengesellschaften. Biol. Gen. 17: 566—593.
- (1970): Grundriß der Ökologie, 2. Aufl. Jena.
- Landschaftsplan für den Waldbereich im Großraum Saarbrücken, Waldfunktionsplan (1972). Selbstverlag der Landesforstverwaltung Saarbrücken, Saarbrücken.
- LARSSON, S. G. (1939): Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänischen Carabiden. Entomol. Medd. 20: 277—560.
- LATTIN, G. DE (1967): Grundriß der Zoogeographie. Stuttgart.
- LAUTERBACH, A. W. (1964): Verbreitungs- und aktivitätsbestimmende Faktoren bei Carabiden in sauerländischen Wäldern. Abh. Landesmus. Naturkd. Münster 26: 1—103.
- LEHMANN, H. (1962): Ökologische Untersuchungen über die Carabidenfauna des Rheinufers in der Umgebung von Köln. Diss. Köln.
- LEITINGER-MICOLETZKY, E. (1940): Die Tiersukzessionen auf Fichtenschlägen. Zool. Jb. 73: 467—504.
- LEUTHOLD, R. (1961): Vergleichende Untersuchungen der Tierwelt verschiedener Wiesenböden im oberbayrischen Raum unter besonderer Berücksichtigung der Collembolen. Z. f. angew. Entomol. 49: 1—49.
- LIEDTKE, H. (1969): Grundzüge und Probleme der Entwicklung der Oberflächenformen des Saarlandes und seiner Umgebung. Forschungen zur deutschen Landeskunde 183: 1—63.
- LINDROTH, C. H. (1949): Die Fennoskandischen Carabidae. Göteborgs Kgl. Vetenskaps-Vitterhets-Samhäl. Handl. Ser. B 3: 1—911.
- 33: 322—326.
- LÖSER, S. (1970): Brutfürsorge und Brutpflege bei Laufkäfern der Gattung Abax. Zool. Anz. Suppl.-Bd. 33: 322—326.
- (1972): Art und Ursachen der Verbreitung einiger Carabidenarten (Coleoptera) im Grenzraum Ebene — Mittelgebirge. Zool. Jb. Syst. 99: 213—262.
- MEYER, K. H. (1958): Faunistisch-ökologische Untersuchungen zur Coleopterenfauna des Spitzberges bei Tübingen. Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg 113: 147—246.

- MROZEK-DAHL, T. (1928): Coleoptera oder Käfer, I: Carabidae. In: DAHL, F.: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Gebiete. Jena.
- MÜLLER, E. M. (1965): Überblick über die Geologie des Saarlandes. Z. deutsch. geol. Ges. 117: 57—60.
- MÜLLER, P. (1971): Biogeographische Probleme des Saar-Mosel-Raumes dargestellt am Hammelsberg bei Perl. Faun. flor. Notizen aus d. Saarland 4, 1—15.
- (1972): Die Bedeutung der Biogeographie für die ökologische Landschaftsforschung. Biogeographica 1: 25—56.
- , KLOMANN, U., NAGEL, P., REIS, H. und SCHÄFER, A. (1975): Indikatorwert unterschiedlicher biotischer Diversität im Verdichtungsraum von Saarbrücken. Verh. Ges. f. Ökologie, Verl. W. Junk, Den Hague.
- NEUMANN, U. (1971): Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae [Coleoptera], Diplopoda und Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlenreviers. Pedobiologica 11: 193—226.
- NOVAK, B. (1971): Fallenfang und Bewegungsaktivität der feldbewohnenden Carabiden (Coleoptera, Carabidae). 13. International Congress of Entomology, Moscow, 2.—9. August 1968. Proceedings Vol. 1: 532—533. Leningrad.
- NUNBERG, M. (1949): The influence of the composition of the forest on the fauna of beetles of the family Carabidae (Col.). Institut Polonais des Recherches forestières, Serie A 58: 58—60.
- PAARMANN, W. (1966): Vergleichende Untersuchungen über die Bindung zweier Carabidenarten (Pterostichus angustatus DFT. und P. oblongopunctatus L.) an ihre verschiedenen Lebensräume. Z. wiss. Zool. 174: 83—176.
- PERTTUNEN, V. (1951): The humidity preferences of various Carabid species (Col., Carabidae) of wet and dry habitats. Ann. Entom. Fenn. 17: 72—84.
- PSCHORN-WALCHER, H. (1952): Vergleich der Bodenfauna in Mischwäldern und Fichtenmonokulturen der Nordostalpen. Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anstalt Mariabrunn 48: 44—111.
- RABELER, W. (1951): Biozönotische Untersuchungen im hannoverschen Kiefernforst. Z. angew. Entomol. 32: 591—598.
- (1962): Die Tiergesellschaften von Laubwäldern (Quercus-Fageta) im oberen und mittleren Wesergebiet. Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 9: 200—229.
- (1963): Charakterisierung der Streu fauna einiger nordwestdeutscher Waldgesellschaften. In: DOEKSEN, J. und DRIFT, J. VAN DER: Soil Organism, 386—394, Amsterdam.
- (1967): Zur Charakterisierung der Fichtenwald-Biozönose im Harz auf Grund der Spinnen- und Käferfauna. Schriftenr. Vegetationsk. 2: 204—236.
- (1969): Zur Kenntnis der nordwestdeutschen Eichen-Birkenwaldfauna. Schriftenr. Vegetationsk. 4: 131—154.
- REITTER, E. (1908): Fauna Germanica, die Käfer des Deutschen Reiches, Band 1. Stuttgart.
- RÜBER, H. und SCHMIDT, G. (1949): Untersuchungen über die räumliche und biotopmäßige Verteilung einheimischer Käfer (Carabidae, Silphidae, Necrophoridae, Geotropidae). Natur und Heimat 9: 1—19.
- RONDE, G. (1957): Studien zur Waldbodenkleinfauna. Forstw. Cbl. 76: 95—126.
- SAUBERER, F. (1937): Zur Kenntnis der Strahlungsverhältnisse in Pflanzenbeständen. Bickl. B. 4: 145—155.
- SAUER, E. (1972): Vegetation. In: Landschaftsplan für den Waldbereich im Großraum Saarbrücken, Wald funktionsplan, 28—35. Selbstverlag der Landesforstverwaltung Saarbrücken, Saarbrücken.
- SCHERNEY, F. (1957): Über Biologie und Zucht von Carabus Arten. Ber. 8. Wandervers. Dt. Entomol. 120—126.
- (1960): Über die Zu- und Abwanderung von Laufkäfern in Feldkulturen. Pflanzenschutz 12: 169—171.
- (1960a): Beiträge zur Biologie und ökonomischen Bedeutung räuberisch lebender Käferarten. Z. angew. Entom. 47: 231—255.
- SCHMIDT, G. (1956): Die Bedeutung des Wasserhaushalts für das ökologische Verhalten der Caraben (Ins. Coleopt.). Z. ang. Entomol. 40: 390—399.
- SCHMITHÜSEN, J. (1942): Vegetationsforschung und ökologische Standortlehre in ihrer Bedeutung für die Biogeographie. Z. Ges. f. Erdk. zu Berlin.
- (1950): Das Klimaxproblem, vom Standpunkt der Landschaftsforschung aus betrachtet. Mitt. Flor. soz. Arbeitsgem. N. F. 2: 176—182.
- (1968): Allgemeine Vegetationsgeographie. 3. Aufl. Berlin.
- (1970): Vegetation und Landschaft. Vegetatio 20: 210—213.
- (1973): Begründung von Naturwaldzellen im Staatswald des Saarlandes. Faun.-flor. Notizen Saarland 5 (1): 1—3.
- SCHNEIDER, H. (1972): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 159 Saarbrücken. Reihe: Geographische Landesaufnahme 1:200 000 Naturräumliche Gliederung Deutschlands, Bonn-Bad Godesberg.
- SKURAVY, V. (1957): Bewegungsareal einiger Carabidenarten. Acta Soc. entom. cecosloveniae 53: 171—179.
- SØRENSEN, T. (1948): A Method of Establishing Groups of equal Amplitude in Plant Sociology based on Similarity of Species Content and its Application to Analyses of the Vegetation on danish Commons. Vid. Selsk. Biol. Skr. 5.
- SORG, W. (1965): Grundlagen einer Klimakunde des Saarlandes nach den Messungen von 1949—1960. Annales Universitatis Saraviensis 4: 7—36.
- Standortskartierung Saarland (Wuchsgebiet I) (1973). Kurzfassung, 2. Ausgabe, Selbstverlag der Landesforstverwaltung, Saarbrücken.

- STEIN, W. (1965): Die Zusammensetzung der Carabidenfauna einer Wiese mit stark wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **55**: 83—99.
- STEBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin und Hamburg.
- STROHL, J. (1921): Physiologische Gesichtspunkte in der Tiergeographie. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich **66**: 49—70.
- STUGREN, B. (1972): Grundlagen der allgemeinen Ökologie. Jena.
- THIELE, H. U. (1956): Die Tiergesellschaften der Bodenreue in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes. *Z. angew. Entomol.* **39**: 316—367.
- (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standortes. *Z. angew. Entomol.* **44**: 1—21.
 - (1961): Zuchtversuche an Carabiden, ein Beitrag zu ihrer Ökologie. *Zool. Anzeiger* **167**: 431—442.
 - (1962): Zusammenhänge zwischen der Jahreszeit der Larvalentwicklung und Biotopbindung bei waldbewohnenden Carabiden. *Verh. XI. Internat. Congr. Entom. Wien* **3**: 165—169.
 - (1964a): Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Coleopteren einer Heckenlandschaft. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **53**: 537—586.
 - (1964b): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **53**: 387—453.
 - (1967): Ein Beitrag zur experimentellen Analyse von Euryökie und Stenökie bei Carabiden. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **58**: 355—372.
 - (1968a): Was bindet Laufkäfer an ihre Lebensräume? *Naturwiss. Rundschau* **21**: 57—65.
 - (1968b): Beziehungen zwischen der vertikalen Verbreitung von Pflanzen und Tieren und dem Klima. *Rhein. Heimatpflege N. F.* **11**: 110—116.
 - (1969): Zusammenhänge zwischen Tagesrhythmik, Jahresrhythmik und Habitatsbindung bei Carabiden. *Oecologia* **3**: 227—229.
 - (1971): Wie isoliert sind Populationen von Waldcarabiden in Feldhecken? *Misc. Papers Landb. hogesch. Wageningen* **8**: 105—110.
 - und KOLBE, W. (1962): Beziehungen zwischen bodenbewohnenden Käfern und Pflanzengesellschaften in Wäldern. *Pedobiologica* **1**: 157—173.
 - und LEHMANN, H. (1967): Analyse und Synthese im tierökologischen Experiment. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **58**: 373—380.
- THIENEMANN, A. (1956): *Leben und Umwelt*. Hamburg.
- (1920): Die Grundlagen der Biozönotik und Monards faunistische Prinzipien. Festschrift für ZSCHOKKE Nr. 4, Basel.
- TISCHLER, W. (1948): Biozönotische Untersuchungen an Wallhecken. *Zool. Jb. Syst.* **77**: 283—400.
- (1949): Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig.
 - (1958): Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze. *Z. Morph. Ökol. Tiere* **47**: 54—114.
- TRAPP, E. (1938): Untersuchung über die Verteilung der Helligkeit in einem Buchenbestand. *Biokl. B.* **5**: 153—158.
- TRETZEL, E. (1955): Technik und Bedeutung des Fallenfangs für ökologische Untersuchungen. *Zool. Anz.* **155**: 276—287.
- VITE, J. P. (1949): Die ökologische Gliederung des Waldes. *Verh. Dtsch. Zool. Ges. Mainz*, 265—568.
- WILLIAMS, G. (1959): Seasonal and diurnal activity of carabidae, with particular reference to *Nebria*, *Notiophilus* and *Feronia*. *The Journal of animal ecology* **28**: 309—330.
- WILMERS, F. (1968): Kleinklimatische Untersuchungen von Laubwaldrändern bei Hannover. *Ber. Inst. Meteorol. u. Klimat. TU Hannover* **1**.
- WILMS, B. (1961): Untersuchungen zur Bodenkäferfauna an drei pflanzen-soziologisch unterschiedenen Wäldern der Umgebung Münsters. *Abhandlg. Landesmuseum für Naturkunde Münster* **23**: 1—15.
- WILSON, E. O. und BOSSERT, W. H. (1973): *Einführung in die Populationsbiologie*. Berlin, Heidelberg, New York.

Anschrift des Verfassers:

H. REIS, 66 Saarbrücken, Abt. für Biographie, Geographie, Universität des Saarlandes