Tuexenia 20: 259–281. Göttingen 2000.

Die Heuschrecken-Zönosen auf Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb und ihre Beziehung zur Vegetation

– Andreas Hemp, Claudia Hemp –

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung werden fünf für die Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb charakteristische Heuschreckenzönosen mit ihren Standortansprüchen beschrieben. Es zeigt sich eine deutliche Beziehung zwischen Heuschreckenzönosen und Pflanzengesellschaften, die mit Hilfe eines neu vorgestellten kombinierten Struktur- und Klimawertes (KSKW) belegt wird. Dieser Wert setzt sich aus topographischen, das Mesoklima bestimmenden (Hangneigung, Exposition) und strukturellen (Vegetationshöhe und -deckung) Komponenten zusammen und erlaubt, mit vergleichsweise geringem Aufwand Lebensräume zu vergleichen und Vorhersagen über ihre Besiedelbarkeit durch bestimmte Heuschreckenarten zu machen. Die Berechnung kann überdies auch in gleicher Form ohne erneuten Meßaufwand auf andere Offenlandgesellschaften des selben Naturraumes übertragen werden.

Die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb beherbergen 26 Heuschreckenarten, darunter große Seltenheiten wie *Oedipoda germanica* und *Podisma pedestris*. Äußerst spärlich von Hohlzahnfluren bewachsene, sich noch in Bewegung befindliche Kalkschutthalden werden nur von *Oedipoda germanica* besiedelt. Bei fortschreitendem Konsolidierungsgrad und dem damit einhergehenden dichteren Vegetationsschluß wechseln sich drei weitere Zönosen ab, in denen als charakteristische Arten *Chorthippus brunneus, Platycleis albopunctata* und *Podisma pedestris* vorkommen. Die thermophilen Säume auf Kalkschutthalden (*Vincetoxico-Seselietum*) als letztes Sukzessionsstadium vor der Bewaldung sind schließlich der Lebensraum für die *Stenobothrus lineatus-Platycleis albopunctata*-Zönose.

Abstract: Grasshopper cenoses on boulder screes of the Northern Frankenalb and their relation to vegetation

Five grasshopper cenoses typical of boulder screes of the northern Frankenalb are described along with their habitat requirements. The grasshopper communities seem to be strongly dependent on the local plant associations, defined by a combined structural and climatic parameter. This parameter describes the topographic conditions of the site (exposition, inclination) that are important for the mesoclimate as well as the structure of the vegetation (vegetation cover and height). It allows easy comparison of various habitats and predictions about their suitability for grasshopper colonization. This parameter can also be calculated for other plant communities, without further measurements.

The boulder screes of the northern Frankenalb are colonized by 26 grasshopper species, among them the highly endangered *Oedipoda germanica* and *Podisma pedestris*. The *Galeopsietum*, a very sparse vegetation community found on unstable stony debris, is populated by *Oedipoda germanica* only. In more stable debris with denser vegetation cover, three further grasshopper communities characterised by *Chorthippus brunneus, Platycleis albopunctata* and *Podisma pedestris* are found. In thermophilic fringes on screes (*Vincetoxico-Seselietum*), the last transitional stage towards forest communities, usually the *Stenobothrus lineatus Platycleis albopunctata* community is found.

Keywords: boulder screes, combined climatic and structural parameter, grasshopper cenoses, *Oedipoda germanica, Podisma pedestris*.

1. Einleitung

Ein kennzeichnendes Landschaftselement des Traufes der Nördlichen Frankenalb sind Blockschutthalden. Derartige Lebensräume gehören im außeralpinen Raum zu den wenigen von Natur aus teilweise waldfreien Habitaten in Mitteleuropa. Ihre extremen Standortbe-

dingungen ließen hier Relikte der postglazialen Wärmezeit wie der Eiszeit überleben (HEMP 1999, HEMP, C. & HEMP, A. 1996b).

Die größten Felsschutthalden der Frankenalb gibt es bei Hersbruck in der Pegnitzalb (Abb. 1). Sie weisen ein reiches Inventar an Heuschreckenarten auf, von denen einige deutschlandweit zu den vom Aussterben bedrohten Tierarten zählen.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die für die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb charakteristischen Heuschreckenzönosen zu beschreiben und den auf der Basis des pflanzensoziologischen Systems nach BRAUN-BLANQUET (1964) ermittelten Vegetationseinheiten gegenüberzustellen.

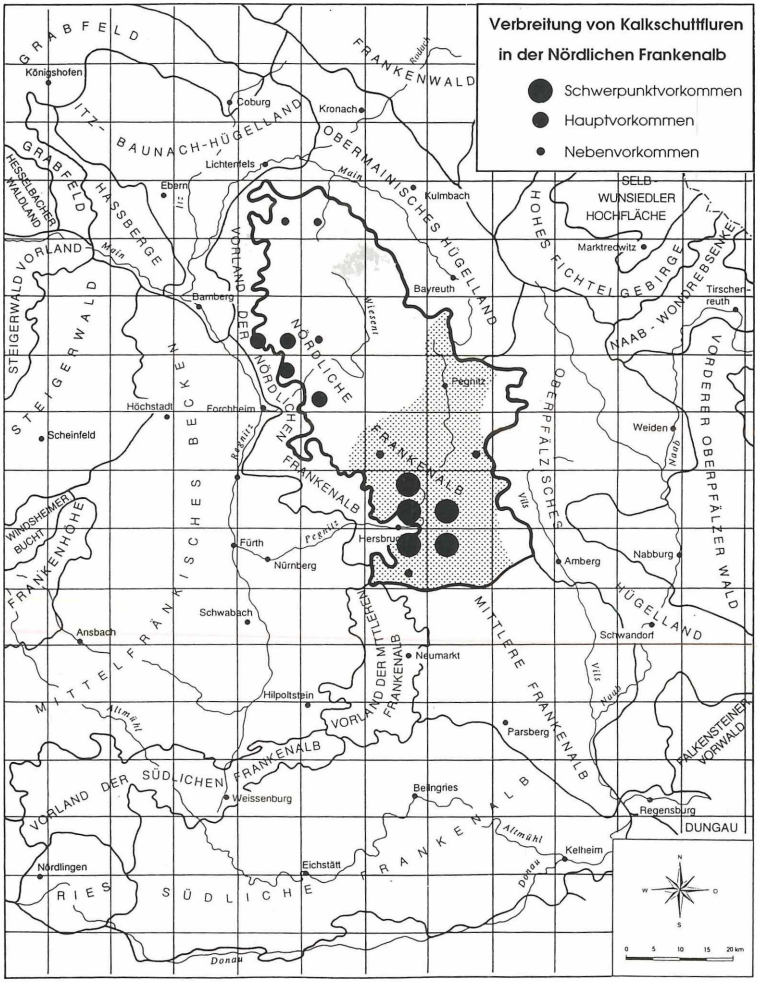


Abb. 1: Lage der Nördlichen Frankenalb (dick umrandet) mit der Pegnitzalb (gerastert) und den untersuchten Schwerpunktvorkommen der Kalkschuttfluren. **Schwerpunktvorkommen:** großflächige Vorkommen (>5ha) mit >6 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen oder zahlreiche (>6) Nebenvorkommen. **Hauptvorkommen:** großflächige Vorkommen (>5ha) mit 3–6 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen oder mehrere (3–6) Nebenvorkommen. **Nebenvorkommen:** kleinflächige Vorkommen mit 1–3 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen.

2. Untersuchungsgebiet

Lage. Das Untersuchungsgebiet (UG) umfaßt den südwestlichen Albtraufbereich der Pegnitzalb bei Hersbruck, einen Teil der Nördlichen Frankenalb (Abb. 1; zur Abgrenzung dieses Naturraumes vgl. HEMP 1995). Es gehört zum Regierungsbezirk Mittelfranken, Landkreis Nürnberger Land. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf dem Lindenberg bei Hohenstadt, der Houbirg bei Happurg, der Windburg bei Hubmersberg, dem stillgelegten Steinbruch bei Hartmannshof sowie auf der Wied, dem Zankelstein und der Mühlkoppe bei Pommelsbrunn.

Geologische Verhältnisse. Im Albtraufbereich sind mehrere Gesteinsschichten angeschnitten: die Kalke und Dolomite des Weißen Jura (Malm) und die Tone und Sandsteine des Braunen Jura (Dogger; vgl. z.B. HAARLÄNDER 1961).

Geologische Voraussetzungen für das Vorkommen von Blockschutthalden sind in der Frankenalb die gleitfähigen Tone der Ornatentonterrasse (Dogger Gamma bis Zeta), auf denen die Schichtkalke des Malm Alpha und Beta ruhen. In diesen Bereichen kommt es immer wieder zu Hangrutschungen (vgl. HÜTTEROTH 1994), die die Abbruchwände freiräumen und anreißen. Die Verbreitung dieser geologischen Schichten entlang des Albtraufes in Höhen zwischen 420 m NN und 480 m NN (vgl. Abb. 6) bedingt die Beschränkung von größeren Schutthalden auf diesen Bereich (zu Aufbau und Entstehung dieser Felsschutthalden in der Frankenalb vgl. HEMP 1999).

Klimatische Verhältnisse. Mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von rund 900 mm/Jahr bei einem Niederschlagsmaximum im Hochsommer und einem zweiten im Frühwinter zeigt der Jahresverlauf der Niederschläge Mittelgebirgstypus.

Die Jahresmitteltemperatur liegt nach KNOCH (1952) bei 7–8 °C, die Januar-Temperatur bei –3 bis –2 °C, die Juli-Temperatur bei 16–17 °C und die Zahl der Tage mit einer Mindesttemperatur von 10 °C, also die Vegetationszeit, bei 150–160 Tagen. Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur von 18,5–19 °C verleiht dem Untersuchungsgebiet eine leicht kontinentale Tönung.

3. Methoden

3.1. Heuschreckenerfassung

Seit 1988 läuft die systematische Erfassung der Heuschrecken im Albtraufbereich bei Hersbruck. Anhand der Gesänge ließen sich die Arten identifizieren und ihre Bestandesgröße abschätzen. Zusätzlich wurde an den verschiedenen Standorten gekeschert, um auch unauffälligere Arten in ihrem Bestand schätzen zu können. Der lange Untersuchungszeitraum ermöglicht sichere Aussagen über Heuschreckengesellschaften, da nur ein genügend langer Zeitraum eine befriedigende Erfassung aller Heuschreckenarten und ihrer Populationsdynamik erlaubt (vgl. REMMERT 1979).

Eine Schätzung der Bestandesdichte der Knarrschreckenart *Podisma pedestris* erfolgte mittels Markierungen (Genaueres zur Methode siehe HEMP C. & HEMP A. 1996b).

Erste Begehungen im Jahr fanden im Frühsommer statt, wobei das Augenmerk besonders auf den Nymphenstadien der Laubheuschrecken lag. Einige Laubheuschrecken halten sich vor der Imaginalhäutung häufig am Boden oder niederem Gebüsch auf und sind im Frühsommer leichter nachzuweisen (INGRISCH 1979). Die zeitige Imaginalreife von *Podisma pedestris*, die bereits im Juni ihr Populationsmaximum erreicht, gab Anlaß zu intensiven Nachforschungen im Frühsommer. Die eigentliche Heuschreckenerfassung wurde zwischen Ende Juli und Mitte September durchgeführt. Bei einem Großteil der Aufnahmen ließ sich die Populationsstärke einer Art anhand der singenden Männchen und der Anzahl wegspringender Tiere beim Durchgehen abschätzen. Es bedeuten in Tabelle 4:

3 = > 5 Tiere pro qm
2 = ca. 5 Tiere pro qm
1 = ca. 1 Tier pro qm
+ = nur einzelne Tiere auf der Aufnahmefläche vorhanden.

Die 41 Heuschrecken-Aufnahmen stammen aus den Jahren 1990–1998. Die Auswahl der Aufnahmeflächen richtete sich sowohl nach faunistischen als auch nach vegetationskundlichen Gesichtspunk-

ten. Erhebungen wurden nur auf pflanzensoziologisch einheitlichen Flächen vorgenommen. Zoozönologische Untersuchungen mit pflanzensoziologischem Bezug können zu Einblicken in Lebensgemeinschaften führen, die auf anderem methodischen Weg nicht zu erzielen sind (KRATOCHWIL 1987). Die Kenntnis der pflanzensoziologischen Zugehörigkeit der Aufnahmeflächen gewährleistet die Reproduzierbarkeit der faunistischen Untersuchungen. Ansätze, eine Korrelation zwischen Orthopterengesellschaften und Pflanzengesellschaften hervorzuheben, finden sich u. a. in den Arbeiten von LEITINGER-MICOLETZKI (1940), MARCHAND (1953), RABELER (1955) und FRICKE & NORDHEIM (1992), vertiefende Studien bei FEDERSCHMIDT (1989), HEMP, C. & HEMP, A. (1996a) und ZEHM (1997).

3.2. Vegetationserfassung

Es wurden im Zuge dieser Arbeit folgende für die Blockschutthalden des Albtraufes typische und von Heuschrecken besiedelte Pflanzengesellschaften vegetationskundlich untersucht (die griechischen Buchstaben α–ε finden sich in Tabelle 4):

α: *Galeopsietum angustifoliae typicum* (Hohlzahnflur), reine Variante
β: *Galeopsietum angustifoliae typicum* (Hohlzahnflur), *Rhytidium*-Variante
γ: *Galeopsietum angustifoliae, Clematis*-Subassoziation („Schwalbenwurzflur")
δ: *Teucrio-Melicetum, Campanula rapunculoides*-Subassoziation
ε: *Teucrio-Melicetum, Rhytidium-Subassoziation, Allium montanum*-Variante
ζ: *Teucrio-Melicetum, Rhytidium-Subassoziation, Echium*-Variante („*Echium*-Trockenrasen")
η: *Vincetoxico-Seselietum* (Heilwurz-Saum)

Von den meisten in Tabelle 4 enthaltenen Heuschreckenaufnahmen existieren parallel erhobene Vegetationsaufnahmen. Diese können den Vegetationstabellen von HEMP (1999) entnommen werden. Zu jeder Heuschreckenaufnahme ist die entsprechende Vegetationsnaufnahme-Nummer angegeben, so daß ein direkter Vergleich zwischen Vegetations- und Heuschreckenbestand einer Fläche möglich ist.

3.3. Kombinierter Struktur- und Klimawert (KSKW)

Entscheidende Faktoren für Heuschrecken sind das Mikroklima und die Raumstruktur eines Lebensraumes (vgl. z.B. JAKOVLEV 1957, 1959, SÄNGER 1977, KÖHLER 1988). Die verschiedenen Pflanzengesellschaften besitzen in der Regel ein spezielles Mikroklima, das sich in der entsprechenden Artenzusammensetzung widerspiegelt. Das in einer Pflanzengesellschaft herrschende Mikroklima hängt neben 1. der großräumlichen Lage mit ihrem Makroklima 2. von Höhenlage, Exposition und Hangneigung, also das Mesoklima bestimmenden Faktoren sowie 3. von der Vegetationsstruktur ab. Diese Parameter werden bei jeder Vegetationsaufnahme erfaßt.

In mitteleuropäischen Breiten erhalten südexponierte und steile (±45°) Hänge ein Maximum an Einstrahlung. Diese Einstrahlung wird in Abhängigkeit von der Hangoberfläche (Vegetation bzw. offene Felsen) unterschiedlich reflektiert. Dunklere Oberflächen mit hoher Wärmeaufnahmekapazität (graue Felspartien) können entsprechend hohe Wärmemengen der Sonneneinstrahlung aufnehmen und speichern. Auf der anderen Seite vermag das einstrahlende direkte Sonnenlicht dichter geschlossene, höhere Pflanzenbestände weniger gut zu durchdringen und somit zu erwärmen als schüttere und niedrige. Ausgehend von diesen allgemeinen Überlegungen wurden Exposition und Hangneigung als Kenngrößen für die potentielle Einstrahlung sowie Vegetationsbedeckung und -höhe der untersuchten Pflanzengesellschaften in folgender Weise in Beziehung gebracht:

Mesoklima. Im zwischen dem 49. und 50. nördlichen Breitengrad gelegenen UG erhält nach den Tabellen von BUFFO et al. (1972) ein 45° geneigter Südhang pro Jahr 231811 Cal. cm^{-2}. Setzt man die Werte für die übrigen Neigungen und Expositionen zu diesem Höchstwert in Beziehung, so ergibt sich Tabelle 1.

Beschattungseffekte durch Bäume und Sträucher fanden hierbei keine Berücksichtigung; aufwendige Messungen der Horizonteinengung, wie sie JÜRGENS & REHDING (1992) durchführten, unterblieben. Da keine Aufnahmefläche in unmittelbarer Nähe von nordseitigen Wald- und Gebüschrändern lag und die topographisch kaum überhöhten Gegenhänge meist etwa 1 km Luftlinie entfernt waren, fällt diese Vereinfachung der Einstrahlungscharakteristik zum Zeitpunkt hoher mittäglicher Sonnenstände im Sommer kaum ins Gewicht.

Die Höhenlage der Untersuchungsflächen schwankt zwischen 420 und 480 m NN. Daher kann dieser Faktor beim Vergleich der Heuschreckenzönosen innerhalb der Frankenalb unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 1: Prozentuale Sonneneinstrahlung an Hängen verschiedener Exposition und Inklination für den 50. Grad nördlicher Breite nach BUFFO et al. (1972)

Exposition	Neigung (Grad)						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
N	73,3	53,8	35,7	20,7	9,6	5,3	3,6
NNO/NNW	73,3	55,3	38,0	24,0	14,3	19,0	7,4
NO/NW	73,3	59,2	45,2	34,3	26,8	21,2	16,5
ONO/WNW	73,3	65,0	56,4	49,0	42,3	35,7	28,8
O/W	73,3	71,6	68,5	64,3	58,6	51,1	42,4
OSO/WSW	73,3	78,0	80,0	78,4	73,5	65,5	54,4
SO/SW	73,3	83,3	89,0	90,0	85,5	76,8	63,8
SSO/SSW	73,3	86,9	95,1	97,5	93,5	83,9	69,1
S	73,3	88,1	97,1	**100,0**	96,1	85,9	70,4

Vegetationsstruktur und Mikroklima. Je dichter und höher die Vegetation, desto weniger Einstrahlung erreicht den Boden. Um die Lichtextinktion durch die Vegetation zu quantifizieren, erfolgten Lichtmessungen mit einem Lichtmesser der Firma LI-COR (Typ LI-190SA Quantum Sensor). Hierbei wurde die Extinktion der auf einen Vegetationsbestand mit bestimmter Deckung und Höhe einstrahlenden Lichtmenge bis zum Boden in Prozent ermittelt (Extinktionswert der Einstrahlung). Der günstigste Zeitpunkt für derartige Untersuchungen liegt in der Hauptvegetationszeit bei voller Blattflächenausbildung. Aus organisatorischen Gründen mußten die Lichtmessungen später im Jahr, nämlich Anfang Oktober 1998 erfolgen; zu diesem Zeitpunkt waren die Blätter jedoch noch alle ausgebildet. Während der Messungen war der Himmel gleichmäßig bedeckt, denn um zu große Streuungen der Meßwerte zu vermeiden, sind diffuse Lichtverhältnisse erforderlich[1] (vgl. SUNDERMEIER 1997). Gemessen wurde die eintreffende Lichtmenge direkt oberhalb und am Boden des jeweiligen Pflanzenbestandes, um die relative Transmission der Strahlung zu berechnen. Gleichzeitig wurde die Gesamtdeckung geschätzt und die Vegetationshöhe notiert. Unter Gesamtdeckung der Vegetation wird die Deckung der senkrechten Projektion aller Pflanzenteile auf den Erdboden (= vertikale Vegetationsdichte, Durchdringbarkeit im Sinne von BARKMAN 1988) verstanden (BRAUN-BLANQUET 1964). Die damit mehr oder weniger korrelierte horizontale Vegetationsdichte blieb dagegen unberücksichtigt. Bei der Vegetationshöhe wurde das 90% Percentil geschätzt, ein „Mittelwert" der Wuchshöhe eines Bestandes, unter dem 90% der Vegetationsbiomasse liegen (vgl. ZEHM 1997). Im Gegensatz zu anderen aufwendigeren Vegetationsstrukturuntersuchungen mit Hilfe von Lichtmessungen (vgl. PERRY et al. 1988) erfordert die Bearbeitung einer Fläche nur einen Zeitaufwand von etwa 5 Minuten.

Durch wiederholtes Messen in verschiedenen Vegetationseinheiten mit unterschiedlicher Vegetationsstruktur (insgesamt 140 Messungen) konnten folgende Abhängigkeiten ermittelt werden:

Für das Lichtklima im Bestand ist der Deckungsgrad der Vegetation von entscheidender Bedeutung (Abb. 2). Mit sinkendem Deckungsgrad steigt die Transmission bis zum Boden entsprechend dem Lambert-Beerschen Extinktionsgesetz exponentiell an. Keine klare Abhängigkeit zeigt sich von der Vegetationshöhe (Abb. 3). Hier kommt es zu großen Streuungen. Trägt man jedoch Deckungsgrad und Vegetationshöhe gegen die relative Beleuchtungsstärke auf, so ordnet sich das Bild wieder (Abb. 4). Es wird deutlich, daß der Deckungsgrad der entscheidende Faktor ist, daß aber auch die Vegetationshöhe die relative Beleuchtungsstärke bei vorgegebenem Deckungsgrad beeinflußt. Diese Beziehung läßt sich in folgender normierter Formel ausdrücken (Abb. 4):

$z = 98{,}645\,\% - 1{,}735\,x - 0{,}324\,\%\ cm^{-1}\ y + 0{,}008\,\%^{-1}\ x^2 + 0{,}001\ cm^{-1}\ x\ y + 0{,}002\,\%\ cm^{-2}\ y^2$

mit x = Deckungsgrad (%), y = Vegetationshöhe (cm), z = relative Beleuchtungsstärke am Boden eines Pflanzenbestandes (%).

In Tab. 2 sind die aus oben stehender Formel errechneten prozentualen Lichtwerte für gegebene Deckungsgrade und Vegetationshöhen aufgeführt. Daß die relative Beleuchtungsstärke teilweise ab einer Vegetationshöhe von 70 cm wieder leicht ansteigt, ist sicherlich auf Ungenauigkeiten bei den Messungen zurückzuführen.

[1] vgl. aber die andere Methode und Zielsetzung der Lichtmessung bei HEMP (1999)

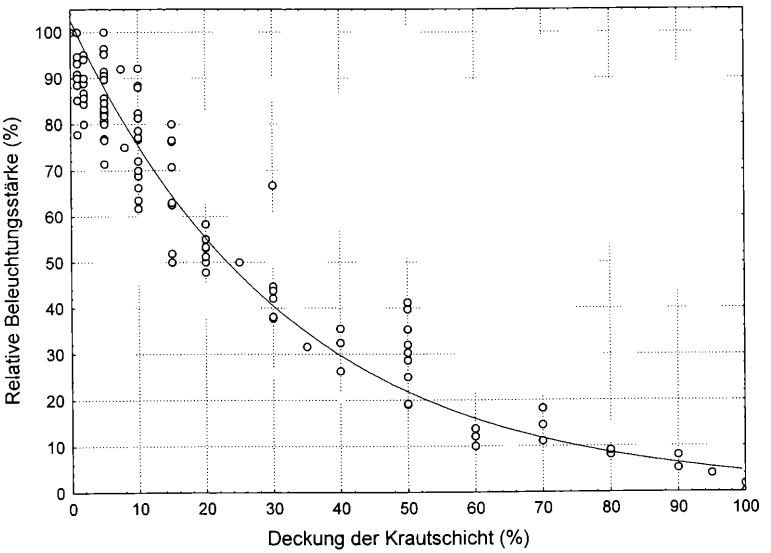


Abb. 2: Relative Beleuchtungsstärke y am Boden von Offenlandgesellschaften in Abhängigkeit von der Vegetationsbedeckung x (y=102,707*exp (–0,031 x)+eps; r=–0,93).

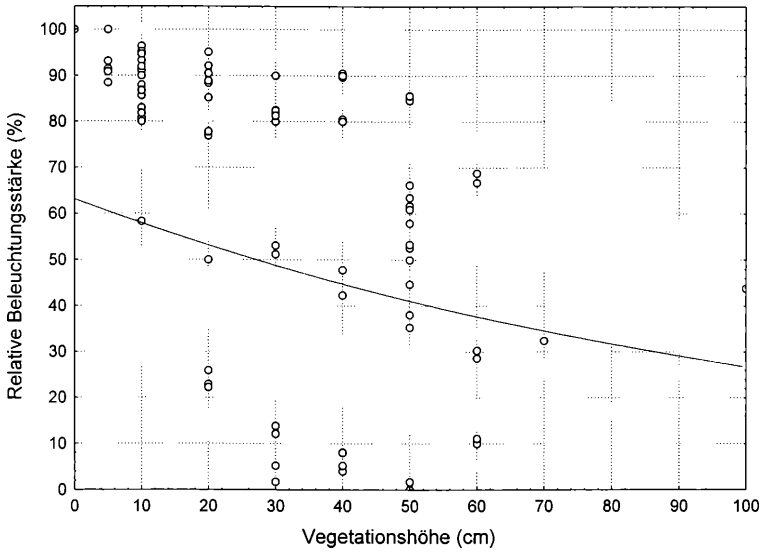


Abb. 3: Relative Beleuchtungsstärke y am Boden von Offenlandgesellschaften in Abhängigkeit von der Vegetationshöhe x (y=63,125*exp (–0,009 x)+eps; r=–0,33).

OPPERMANN et al. (1987) benutzen zum Vergleich verschiedener Wiesentypen und ihrer Besiedelung durch Heuschrecken einen Dichte- und einen Strukturwert, beruhend auf den Deckungsgraden in verschiedener Höhe, die jedoch sehr speziell auf die untersuchten gemähten Feuchtwiesen zugeschnitten sind.

Eine genaue, aber relativ aufwendige Methode, mittels photographischer Aufnahmen und deren computergestützter Auswertung die Vegetationsstruktur eines Pflanzenbestandes für eine ähnliche Fragestellung zu ermitteln, stellt ZEHM (1997) vor. Neben der Bestimmung des Deckungsgrades bestimmter Pflanzengruppen und der Wuchshöhen auf allen Probeflächen fertigte er Strukturphotos in

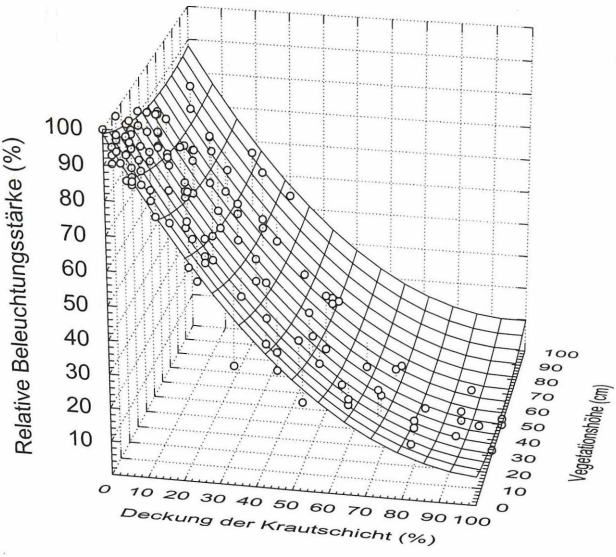


Abb. 4: Relative Beleuchtungsstärke z am Boden von Offenlandgesellschaften in Abhängigkeit von der Vegetationsbedeckung x und Vegetationshöhe y ($z = 98{,}645\,\%-1{,}735\ x-0{,}324\,\%\ cm^{-1}\ y+0{,}008\,\%^{-1}\ x^2+0{,}001\ cm^{-1}\ x\ y+0{,}002\,\%\ cm^{-2}\ y^2$; für x und y $p<0{,}001$).

ausgewählten, als repräsentativ erachteten Pflanzenbeständen an. Unsere Methode bietet abgesehen von ihrer leichten Handhabbarkeit den Vorteil, daß mittels einer einmal erstellten „Eichkurve" für viele andere, durch Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET belegte Offenlandgesellschaften sich ein entsprechender Wert errechnen läßt, ohne daß neue Messungen vorgenommen werden müssen. Außerdem beruhen die Ergebnisse nicht auf der Auswertung einzelner, als repräsentativ erachteter Pflanzenbestände, vielmehr fließen die Werte aller aufgenommenen Flächen in die Berechnung ein. Dies führt zu einer Erhöhung der statistischen Genauigkeit. Allerdings bedarf die oben vorgestellte Eichkurve noch der Überprüfung in anderen Pflanzengesellschaften, auch in Hinblick auf unterschiedliche Meßzeitpunkte.

Kombinierter Struktur- und Klimawert (KSKW). Die aus der Vegetationsstruktur sich ergebende relative Beleuchtungsstärke am Boden eines Pflanzenbestandes muß nun mit dem Mesoklimawert verrechnet werden und man erhält einen relativen, kombinierten Struktur- und Klimawert, der angibt, wie sich die Untersuchungsflächen hinsichtlich ihres Strahlungsklimas unterscheiden. Eine relative Beleuchtungsstärke von 87,2 %, entsprechend einer 5 % Vegetationsbedeckung und einer Vegetationshöhe von 10 cm (vgl. Tab 2) beispielsweise bedeutet, daß 87,2 % der Sonnenenergie, die dem betreffenden Standort aufgrund seiner Exposition und Hangneigung zur Verfügung stehen, zum Boden gelangen. Bei einem 15° geneigten Südhang, entsprechend einem Mesoklimawert von 88,1 % (vgl. Tab. 1), ergibt sich hieraus ein Kombinierter Struktur- und Klimawert (KSKW) von 76,8 %. Bei einem KSKW von 100 % liegt eine völlig unbewachsene, 45° Süd geneigte Fläche vor. Je dichter und höher die Fläche bewachsen ist und je mehr nordexponiert sie liegt, desto stärker verringert sich dieser Wert.

3.4. Bodenuntersuchungen

An den meisten Aufnahmeflächen wurde der Anteil an Kalkscherben im Oberboden bis 30 cm Tiefe, getrennt nach vier Größenklassen, geschätzt:

1–5 cm Durchmesser (Mittelwert 2,5 cm)
>5–10 cm Durchmesser (Mittelwert 7,5 cm)
>10–20 cm Durchmesser (Mittelwert 15 cm)
>20 cm Durchmesser (Mittelwert 30 cm)

Aus diesen vier Mittelwerten errechnet sich entsprechend den prozentualen Anteilen der Gesamtmittelwert des Kalkscherbendurchmessers, der als „Schuttgröße" in der Tabelle 4 neben dem Skelettanteil vermerkt ist.

Tab. 2: Relative Beleuchtungsstärke (%) am Boden von Vegetationsbeständen des Offenlandes in Abhängigkeit von Vegetationshöhe und Deckungsgrad

Deckungs-grad	Vegetationshöhe							
	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	80cm
5%	87,2	84,6	82,4	80,6	79,2	78,2	77,6	74,2
10%	79,2	76,6	74,5	72,7	71,4	70,5	69,9	69,8
20%	64,3	61,9	59,8	58,2	56,9	56,1	55,7	55,6
30%	51,1	48,7	46,8	45,2	44,1	43,4	43,0	42,9
40%	39,4	37,1	35,3	33,9	32,8	32,2	32,0	32,1
50%	29,4	27,2	25,5	24,1	23,2	22,7	22,5	22,8
60%	20,9	18,9	17,2	16,0	15,1	14,7	14,7	15,0
70%	14,1	12,1	10,6	9,4	8,7	8,4	8,4	8,9
80%	8,8	7,0	5,5	4,5	3,8	3,6	3,8	4,3
90%	5,2	3,4	2,1	1,1	0,6	0,5	0,7	1,4
100%	3,1	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

4. Die Pflanzengesellschaften der Kalkschutthalden

Eine ausführliche Beschreibung der nachfolgend aufgeführten Pflanzengesellschaften findet sich bei HEMP (1999).

Entsprechend der (sub-)montanen Höhenlage der Frankenalb und dem Vorherrschen kalkreicher Gesteine ist die eigentliche Klasse der Steinschuttgesellschaften (*Thlaspietea*) nur mit einer Ordnung, nämlich den wärmeliebenden Kalkschuttgesellschaften der *Stipetalia* mit den beiden Assoziationen *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum* vertreten. Dennoch gibt es eine ganze Reihe an Assoziationen auf kalkschuttreichen Standorten, die zu anderen Klassen gehören:

K: *Thlaspietea rotundifolii* Br.-Bl. et al. 1947
O: *Stipetalia calamagrostis* Oberd. et Seib. in Oberd. 1977
V: *Stipion calamagrostis* Jenny-Lips 1930
A: *Gymnocarpietum robertiani* Kuhn 1937, Tx. 1937
Ruprechtsfarnflur
A: *Galeopsietum angustifoliae* (Libb. 1938) Bük. 1942
Gesellschaft des Schmalblättrigen Hohlzahns

K: *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et Tx. in Tx. 1950
O: *Glechometalia hederaceae* Tx. in Tx. et Brun-Hool 1975
V: *Alliarion* Oberd. (1957) 1962
A: *Epilobio-Geranietum robertiani* Lohm. in Oberd. et al. 1967 ex Görs et Müller 1969
Ruprechtskraut-Saum
A: *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Kreh 1935) Lohm. 1949
Heckenkerbel-Saum

K: *Sedo-Scleranthetea* Br.-Bl. 1955 em. Müller 1961
O: *Sedo-Scleranthetalia* Br.-Bl. 1955
V: *Festucion pallentis* Klika 1931 em. Korneck 1974
A: *Teucrio botryos-Melicetum ciliatae* Volk 1937
Traubengamander-Wimperperlgrasflur

K: *Trifolio-Geranietea sanguinei* Müller 1961
O: *Origanetalia vulgaris* Müller 1961
V: *Geranion sanguinei* R. Tx. apud Müller 1961
A: *Vincetoxico hirundinariae-Seselietum libanotidis* Hemp 1999
Heilwurz-Saum

K: *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 1943
O: *Brometalia erecti* Br.-Bl. 1936
V: *Xerobromion* (Br.-Bl. et Moor 1938) Moravec in Holub et al. 1967
A: *Bromo-Seslerietum* (Kuhn 1937) Oberd. 1957
Kugelblumen-Blaugrashalde

Hauptstandortfaktoren sind auf der einen Seite Exposition, Licht- und Temperaturverhältnisse, also das Meso- und Mikroklima, auf der anderen der Kalkschuttanteil der Böden, Größe und Beweglichkeit der Kalkscherben, also der Konsolidierungsgrad. Eine Besonderheit stellen die an einigen Stellen zu beobachtenden Kaltluftaustritte dar.

Das ***Gymnocarpietum, Bromo-Seslerietum allietosum*** und ***Epilobio-Geranietum*** scheiden wegen kleinklimatischer Gründe (Nordexposition, Beschattung; Kaltluftaustritte) als Lebensraum für Heuschrecken weitgehend aus. Von Bedeutung für die vorliegende Untersuchung sind dagegen die übrigen Pflanzengesellschaften auf Kalkschutt.

Das ***Galeopsietum typicum*** ist eine sehr artenarme Pioniergesellschaft auf sonnigen Haldenpartien mit hoher Sonneneinstrahlung und besiedelt Feinschutt. Es besteht oft nur aus dem Schmalblättrigen Hohlzahn und wenigen Moosen wie *Homalothecium lutescens* und *Schistidium apocarpum*. Auf festliegendem Kalkschutt können zusätzlich *Rhytidium rugosum* und *Hieracium pilosella* Fuß fassen (**konsolidierte *Rhytidium*-Variante**). Die ***Clematis*-Subassoziation** (in der Literatur als „Schwalbenwurzflur" bekannt) ist durch das dominante Auftreten von *Vincetoxicum hirundinaria* gekennzeichnet. Typisch sind neben dem Schuttstauer Schwalbenwurz rankende und kletternde Pflanzen wie *Clematis vitalba*, *Rubus fruticosus* agg. und *Lathyrus sylvestris*. Die Schwalbenwurzflur tritt auf gröberem Schutt meist im Saumbereich der angrenzenden Wälder auf.

Mergelreiche Feinschutthalden besiedelt die *Campanula rapunculoides*-Subassoziation des ***Teucrio-Melicetum***. In dieser artenarmen Pioniergesellschaft gedeihen neben *Teucrium botrys, Anthemis tinctoria* und *Galeopsis angustifolia* v.a. *Campanula rapunculoides* und *Daucus carota*. Ganz anders strukturiert sind die *Allium montanum*- und *Echium vulgare*-Variante der *Rhytidium*-Subassoziation des *Teucrio-Melicetum*, bei denen es sich um Trockenrasen auf konsolidiertem Kalkschutt handelt.

Als Folgegesellschaft von konsolidierten Hohlzahnfluren besiedelt das ***Vincetoxico-Seselietum* (Heilwurz-Saum)** lange zur Ruhe gekommene Schutthaldenbereiche. *Seseli libanotis, Buphthalmum salicifolium, Scabiosa columbaria, Anthericum ramosum, Coronilla varia* und *Anthemis tinctoria* bestimmen im Sommer den Aspekt. *Seseli libanotis*, die charakteristische Art dieser Säume, hat in der Pegnitzalb nur auf den Blockschutthalden des Albtraufes und einigen wenigen hohen Felsriffen als Warmzeitrelikt überdauert.

5. Die Heuschrecken-Zönosen auf Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb

Die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb beherbergen 26 Heuschreckenarten, darunter große Seltenheiten wie *Oedipoda germanica* und *Podisma pedestris* (Tab. 3). Während die meisten dieser Arten auch außerhalb von Kalkschutthalden vorkommen, ist *Oedipoda germanica* in der Frankenalb auf Blockschutthalden beschränkt.

Auf den waldfreien Kalkschutthalden des Albtraufes um Hersbruck konnten fünf Heuschrecken-Zönosen unterschieden werden (Tab. 4).

5.1. *Oedipoda germanica*-Zönose (a)

Äußerst vegetationsarme Kalkschutthalden, die durch Schuttnachlieferung noch in Bewegung sind, werden fast ausnahmslos nur von *Oedipoda germanica* besiedelt. Sowohl die Nymphen als auch die Imagines der Rotflügligen Ödlandschrecke (Gefährdungsgrad 1) halten sich bevorzugt auf stark sonnenbestrahlten Flächen auf und sind nur ausnahmsweise in dichter bewachsenen Vegetationseinheiten anzutreffen (vgl. auch NIEHUIS 1991, HEß & RITSCHEL-KANDEL 1992, JÜRGENS & REHDING 1992, KÖHLER 1993, WAGNER & BERGER 1996).

Tabelle 3: Artenliste der in Kalkschuttgesellschaften gefundenen Heuschreckenarten am Trauf der Nördlichen Frankenalb*

Wissenschaftlicher Artname	Deutscher Artname	RL Bay**
Barbitistes serricauda (Fabricius)	Laubholz-Säbelschrecke	3
Chorthippus biguttulus (Linné)	Nachtigall-Grashüpfer	
Chorthippus brunneus (Thunberg)	Brauner Grashüpfer	
Chorthippus parallelus (Zetterstedt)	Gemeiner Grashüpfer	
Euthystira brachyptera (Ocskay)	Kleine Goldschrecke	
Gomphocerus rufus (Linné)	Rote Keulenschrecke	
Gryllus campestris Linné	Feldgrille	3
Isophya kraussii (Serville)	Plumpschrecke	
Meconema thalassinum (De Geer)	Eichenschrecke	
Metrioptera brachyptera (Linné)	Kurzflüglige Beißschrecke	
Metrioptera roeselii (Hagenbach)	Roesels Beißschrecke	
Nemobius sylvestris (Bosc)	Waldgrille	
Oedipoda germanica (Latreille)	Rotflüglige Ödlandschrecke	1
Omocestus haemorrhoidalis (Charpentier)	Rotleibiger Grashüpfer	3
Omocestus viridulus (Linné)	Bunter Grashüpfer	
Phaneroptera falcata (Poda)	Gemeine Sichelschrecke	4R
Pholidoptera griseoaptera (De Geer)	Gewöhnliche Strauchschrecke	
Platycleis albopunctata (Goeze)	Westliche Beißschrecke	3
Podisma pedestris (Linné)	Gewöhnliche Gebirgsschrecke	1
Psophus stridulus (Linné)	Rotflüglige Schnarrschrecke	2
Stenobothrus lineatus (Panzer)	Heide-Grashüpfer	4R
Tetrix bipunctata kraussi Saulcy	Zweipunkt-Dornschrecke	
Tetrix ceperoi (Bolivar)	Westliche Dornschrecke	4S
Tetrix tenuicornis Sahlberg	Langfühler-Dornschrecke	
Tettigonia cantans (Fuessly)	Zwitscherschrecke	
Tettigonia viridissima (Linné)	Großes Heupferd	

* Nomenklatur nach DETZEL (1995)
** nach KRIEGBAUM (1993)

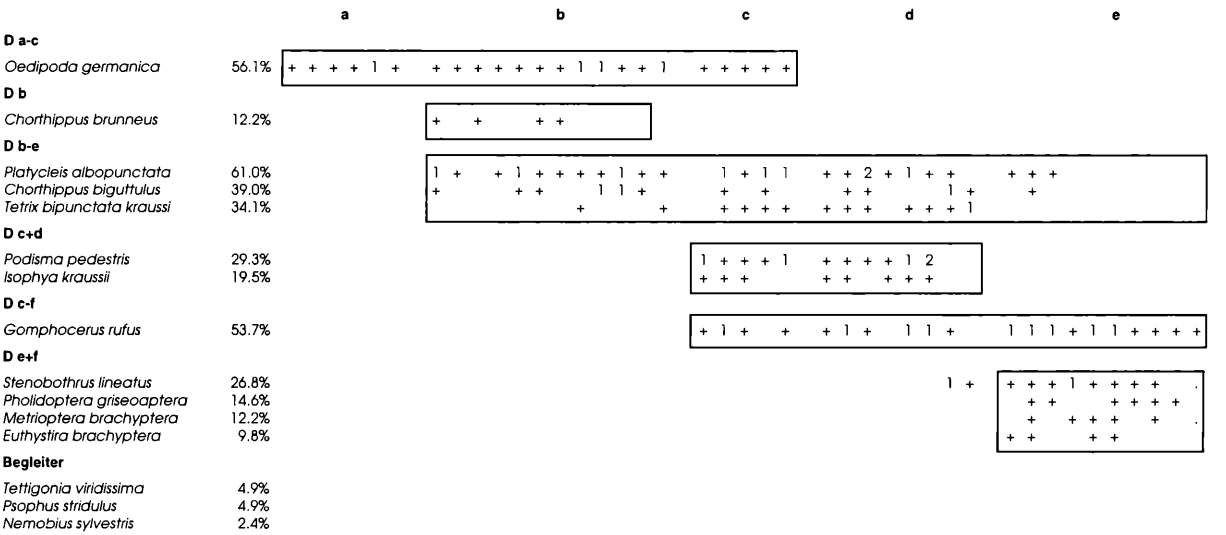
Auf Halden mit höherem Feinschuttanteil und Moosbewuchs findet sich gelegentlich auch die Dornschrecke *Tetrix bipunctata kraussi*, die aber ihren Schwerpunkt auf bereits konsolidierten Haldenbereichen mit höherem Deckungsgrad der Vegetation besitzt.

Ein Vergleich der Fundorte von *Oedipoda germanica* (Abb. 5) mit der Verbreitungskarte der acht wichtigsten Kalkschuttgesellschaften in der Pegnitzalb (Abb. 6) zeigt, daß diese Heuschreckenart nur in Gebieten mit der reichhaltigsten Ausstattung an verschiedenen Kalkschuttgesellschaften vorkommt. ZÖLLER (1995) kam in seiner Studie über *Oedipoda germanica* im Naturschutzgebiet „Haigergrund" im Main-Tauber-Kreis zu dem Ergebnis, daß diese geophile, offenen Boden benötigende Art Habitate mit weniger als 20 % Deckung der Vegetation bevorzugt. In der vorliegenden *Oedipoda-Zönose* liegt die mittlere Deckung der Krautschicht bei 14 %, die mittlere Höhe der Vegetation bei 20 cm, der Kalkscherbenanteil des Bodens bei 100 % und die mittlere Schuttgröße bei 6 cm (Tab. 5). Bei Betrachtung sämtlicher von *Oedipoda germanica* besiedelten Kalkschutthalden des UG betragen diese Werte beim Deckungsgrad 29 %, bei der Vegetationshöhe 27 cm, beim Kalkscherbenanteil 95 % und bei der Schuttgröße 6 cm (Tab. 8). Die Standorte der *Oedipoda germanica*-Zönose sind sämtlich südexponiert und zwischen 25° und 40° geneigt und werden durchweg von der reinen Variante des *Galeopsietum typicum* besiedelt, die oftmals ebenfalls nur aus einer Art, nämlich dem Kalkschuttpionier *Galeopsis angustifolia*, besteht. Der entsprechend hohe mittlere KSKW von 65 % belegt, daß es sich beim Lebensraum der *Oedipoda germanica*-Zönose um einen extrem lichtoffenen Standort handelt, bei dem rund zwei Drittel der maximal in der betreffenden Breitenlage möglichen Sonnenenergie zum Boden gelangen; vergleichbare Werte werden nicht einmal vom Trockenrasen-Lebensraum der *Psophus stridulus*-Heuschreckenzönose erreicht (vgl. HEMP C. & HEMP A. 1996a). Obwohl es sich bei den Dolomitsand-Trockenrasen (*Helichryso-Festucetum*) ebenfalls um ausgeprägt

Tabelle 4: Heuschreckenzönosen auf Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb

a: *Oedipoda germanica*-Zönose
b: *Oedipoda germanica-Platycleis albopunctata*-Zönose
c: *Oedipoda-Platycleis-Podisma pedestris*-Zönose
d: *Podisma pedestris-Platycleis albopunctata*-Zönose
e: *Stenobothrus lineatus-Platycleis albopunctata*-Zönose

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Heuschrecken-Aufnahme-Nr.	180		358		290		365		363		373		349		182		237		352		288		287		285		354		291		234		233		238		374		240		367
		350		357		376		361		375		359		292		337		353		289		286		284		345		346		366		364		368		239		235		293	
Vegetationsaufnahme-Nr.			63				616		136		789		772				129		775		521		502		519		776		515		85		122				595		130		611
				62		790		617		594		146		513		565		774		503		215								672				612		593		79		514	
Vegetationseinheit	α	α	α	α	α	α	α	ε	β	γ	β	β	α	β	β	δ	β	δ	η	η	β	β	η	γ	β	β	γ	η	ζ	ζ	η	η	η	η	η	η	η	η	η	η
Exposition	s		s		s		sso		w		s		s		s				ssw		sw		ssw	sw		sw		sw		sso	so		wsw			sso		so		o
		s		s		s		s		s		s		s		s		sw		ssw		s		sw		s		sw		s	so		ssw				so			
Neigung (Grad)	30	30	40	40	30	25	25	10	15	30	25	30	30	10	10	35	-	20	15	20	10	5	30	20	5	5	5	15	20	10	10	20	20	10	20	-	20	10	25	15	20
Deckung der Krautschicht (%)	15	15	30	35	15	1	3	20	50	30	20	50	10	35	40	40	60	10	60	40	25	60	40	60	70	60	60	50	60	50	60	95	95	60	60	80	60	60	80	50	60
Höhe der Krautschicht (cm)	20	20	20	20	20	20	30	30	20	50	30	20	30	10	20	50	10	30	40	50	30	20	40	70	60	50	40	50	50	40	30	50	50	70	60	70	60	60	60	50	80
Deckung der Moosschicht (%)	4	4			4	3	1	60	80	30	20	70	5	80	60	-	70		60	80	80	70	80	10	80	70	60	55	70	90	80	5	5	70	50	20	80	40	60	90	70
Kalkscherbenanteil (%, 1x=100)	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	1x	90	90	1x	1x	90	90	95	1x	70	80	90	1x	80	90	90	1x	90	80	70	30	70	15	15	50	20	20	30	30	30	50	20
Schuttgröße (cm)	7	7	4	4	7	6	5	5	8	11	6	5	10	5	7	5	5	3	8	5	7	6	6	11	6	7	7	11	4	4	5	8	8	6	6	6	5	7	5	5	5



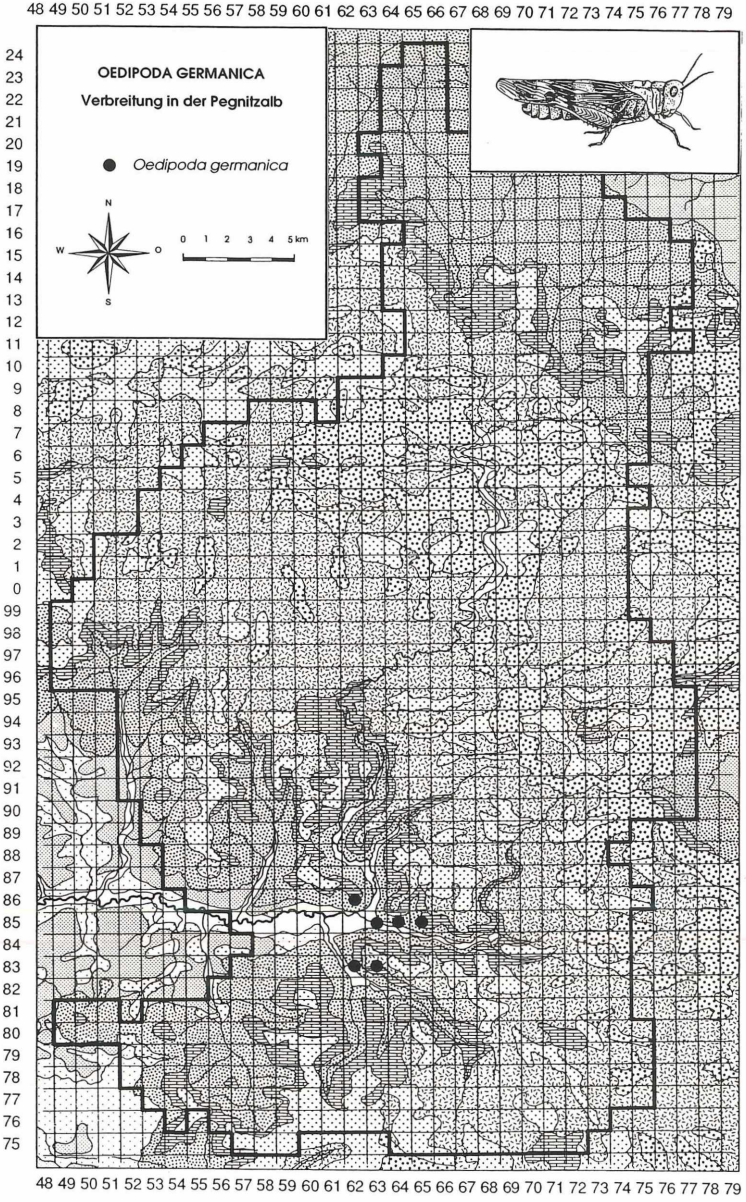


Abb. 5: Verbreitungskarte von *Oedipoda germanica* in der Pegnitzalb auf der Grundlage des Gauß-Krüger-Gitternetzes. Rastergröße 1 km².

warm-trockene Lebensräume handelt, liegt der mittlere KSKW mit 23 % deutlich niedriger (s.u.). Dies beruht auf den durchweg geringeren Neigungswinkeln der an den Hangfüßen gelegenen Standorte und der dichteren Krautschicht.

Durch Verbuschung der Lebensräume ist die Rotflüglige Ödlandschrecke auf vielen Kalkschutthalden der Frankenalb bereits ausgestorben, wie z.B. auf der Windburg bei Hubmersberg. Auch am Lindenberg bei Hohenstadt, der ausgedehnte Blockhalden aufweist, schrumpfte die Population von *Oedipoda germanica* durch die zunehmende Verbuschung und Beschattung der Halden bis auf eine kleine Restpopulation. Nach Entbuschungsmaß-

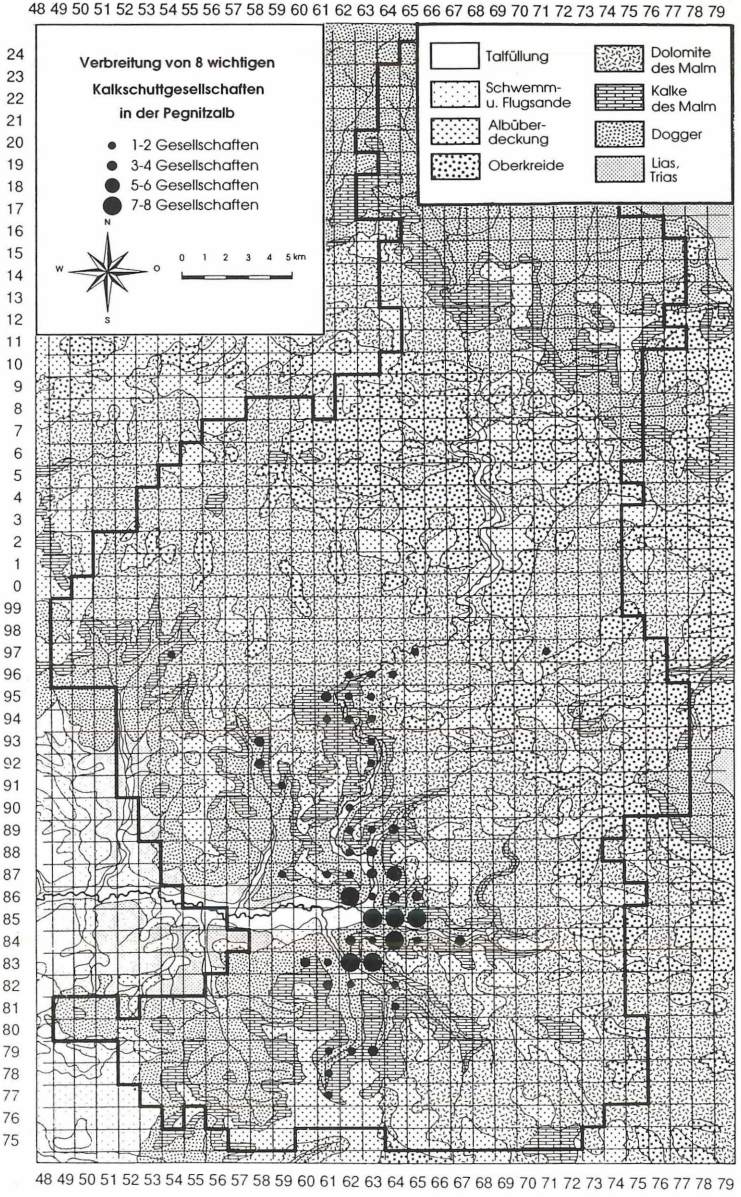


Abb. 6: Verbreitungskarte des *Bromo-Seslerietum allietosum, Galeopsietum typicum, Galeopsietum clematidetosum, Geranietum homalothecietosum, Gymnocarpietum robertiani, Teucrio-Melicetum campanuletosum, Teucrio-Melicetum, Echium*-Var. und *Vincetoxico-Seselietum* in der Pegnitzalb auf der Grundlage des Gauß-Krüger-Gitternetzes. Rastergröße 1 km².

nahmen, bei denen die Halden vergrößert und wieder miteinander verbunden wurden, erholten sich die Bestände rasch wieder, so daß innerhalb weniger Jahre alle Blockschutthalden des Lindenberges wieder von *Oedipoda germanica* besiedelt waren (HEMP, C. 1997, HEMP, A. & HEMP, C. 1996). Auch am Zankelstein bei Pommelsbrunn war der positive Einfluß von Entbuschungsmaßnahmen unmittelbar spürbar. Bereits ein Jahr nach der Pflege wurden freigestellte Haldenbereiche wieder besiedelt.

5.2. *Oedipoda germanica-Platycleis albopunctata*-Zönose (b)

Konsolidierte, also zur Ruhe gekommene Haldenbereiche, liegen meist am Haldenfuß und sind nicht so stark geneigt. Sie zeichnen sich durch einen höheren Feinerdeanteil und eine höhere Deckung der Vegetation aus. An derartigen Standorten liegt ein weiterer Vorkommens-Schwerpunkt von *Oedipoda germanica*, an dem ihre Nymphenstadien bevorzugt zu finden sind und Dichten von einem Tier pro Quadratmeter erreichen. Neben der Rotflügligen Ödlandschrecke besitzt hier auch die Westliche Beißschrecke (*Platycleis albopunctata*) ihre Hauptvorkommen. Auch *Chorthippus biguttulus* vermag ausgehend von benachbarten, dichter bewachsenen Bereichen diese Vegetationseinheit zu besiedeln. Die Westliche Beißschrecke kann als Charaktertier der offenen südexponierten Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb angesprochen werden, da sie außer auf vegetationslosem, grobblockigen Kalkschutt in allen typischen Kalkschuttgesellschaften anzutreffen ist. Hohe Dichten von mehr als einem Tier pro Quadratmeter werden in allen Ausprägungen des *Galeopsietum angustifoliae*, in Trockenrasen und schütteren Halbtrockenrasen sowie in thermophilen Säumen erreicht, wobei auch das Nahrungsangebot in Form von Samen und kleineren Insekten für die Habitatwahl dieser Heuschrecke eine Rolle spielt (WALTERT et al. 1999). Als weniger stenöker Bewohner thermophytischer Offenlandgesellschaften ist *Platycleis albopunctata* allerdings nicht wie etwa *Oedipoda germanica* auf Blockschutthalden beschränkt, sondern kommt z.B. auch im *Helichryso-Festucetum* der Dolomitkuppenalb bei Neuhaus-Velden vor (vgl. auch Daten zu Lebensraumansprüchen von *Platycleis albopunctata* bei WALTER 1994, GOTTSCHALK 1996, POETHKE et al. 1996, HEMP, C. & HEMP, A. 1996a sowie ZEHM 1997).

Chorthippus brunneus, eine stark geophile Feldheuschreckenart, die als Kulturfolger vegetationsarme Flächen besiedelt, ist im Bereich von Blockschutthalden auf konsolidierte Haldenbereiche beschränkt. Hier könnte einer der ursprünglichen Biotope dieser Art liegen, von wo aus sich der Braune Grashüpfer durch menschliche Tätigkeit auch auf Ödflächen, Wege und Äcker ausbreitete.

Die mittlere Deckung der Krautschicht im Lebensraum der *Oedipoda germanica-Platycleis albopunctata*-Zönose beträgt 31 %, die mittlere Höhe der Vegetation 28 cm, der Kalkscherbenanteil des Bodens liegt bei 96 % und die mittlere Schuttgröße bei 6 cm (Tab. 5). Die Standorte sind vorwiegend südexponiert und zwischen 0 und 35° geneigt.

Beim Lebensraum der *Oedipoda-Platycleis*-Zönose handelt es sich um frühe und mittlere Sukzessionsstadien der Kalkschuttfluren ohne stärkere Konsolidierung und dem damit einher gehenden dichteren Vegetationsschluß. Hierunter fallen v.a. die reine Variante des *Galeopsietum typicum* als die typische Pioniergesellschaft auf Kalkschutt, weiterhin die *Rhytidium*-Variante als ihre erste Folgegesellschaft sowie das *Teucrio-Melicetum campanuletosum*, die Pioniergesellschaft auf mergelreichen Feinschutthalden.

Der mittlere KSKW von 44 % liegt im Lebensraum dieser Heuschreckenzönose zwar schon niedriger als in dem der *Oedipoda germanica*-Zönose, aber noch deutlich höher als bei den übrigen Heuschrecken-Gemeinschaften.

5.3. *Oedipoda germanica-Platycleis albopunctata-Podisma pedestris*-Zönose (c)

Auf festliegenden, dichter und höher bewachsenen Kalkschutthalden als bei Heuschreckenzönose b ist an zwei Stellen in der Nördlichen Frankenalb die hochgradig gefährdete Knarrschreckenart *Podisma pedestris* (Gefährdungsgrad 1) zu finden. *Podisma pedestris* kommt ansonsten in der Frankenalb nur noch bei Pottenstein in einem *Pulsatillo-Caricetum humilis* und einem *Helichryso-Festucetum* vor (HEMP, C., im Druck). Im Albtrauf bei Hersbruck liegt das größte außeralpine Vorkommen dieser flügellosen Heuschreckenart innerhalb Deutschlands (HEMP, C. & HEMP, A. 1996b). Hohe Dichten der Gewöhnlichen Gebirgsschrecke werden sowohl in den schwalbenwurzreichen Ausbildungen der *Rhytidium*-Variante des *Galeopsietum typicum* als auch in den dichter bewachsenen Übergängen zum Heilwurz-Saum erreicht. Wichtige Voraussetzung für das Vorkommen von *Podisma pedestris* sind die mikroklimatischen Gegebenheiten des Standortes. Als boreoalpine Art

vermag sie gut die extremen Klimaschwankungen auf Blockschutthalden zu ertragen, benötigt andererseits jedoch hohe Wärmesummen für die Entwicklung der Eier (INGRISCH 1996), die sonnenexponiert zwischen Kalkscherben in vegetationsarme Kalkschuttgesellschaften abgelegt werden.

Vergesellschaftet mit *Podisma pedestris* ist die Dornschreckenart *Tetrix bipunctata kraussi*, die mit hoher Stetigkeit ebenfalls in schwalbenwurzreichen Schuttfluren anzutreffen ist. *Gomphocerus rufus* findet hier ebenfalls zusagende Lebensbedingungen und erreicht Dichten bis zu einem Tier pro Quadratmeter. Als typische Saumart kommt die Rote Keulenschrecke jedoch auch in allen anderen dichter bewachsenen Pflanzengesellschaften des Offenlandes, besonders aber in Säumen vor (vgl. auch HEMP, C. & HEMP, A. 1996a). In der Nördlichen Frankenalb ist sie eine weit verbreitete Art.

Der relativ lichtoffene Charakter des besiedelten Standortes (mittlere Deckung der Vegetation 45 %, mittlere Höhe 36 cm, vgl. Tab 5) bedingt das Vorkommen von *Platycleis albopunctata* und *Chorthippus biguttulus*, v. a. aber von *Oedipoda germanica*.

Aufmerksamkeit verdient auch das Vorkommen von *Psophus stridulus* in dieser Zönose. Die Rotflügelige Schnarrschrecke hat in der Pegnitzalb ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Dolomitsand-Trockenrasen der Kuppenalb bei Neuhaus-Velden (HEMP, C. & HEMP, A. 1996a, HEMP & ZEHM 1997). Der Licht- und Wärmehaushalt dieser Standorte gleicht recht genau den vorliegenden Verhältnissen: Der Lebensraum von *Psophus stridulus* in den Dolomitsand-Trockenrasen weist einen KSKW von 24 %±9 % (n = 26) auf, während in der Zönose c ein KSKW von 26 %±11 % erreicht wird.

5.4. *Podisma pedestris-Platycleis albopunctata*-Zönose (d)

Bei fortschreitender Konsolidierung nehmen die Vegetationsbedeckung und Vegetationshöhe zu. Die erste Art, die auf diese Veränderung negativ reagiert, ist *Oedipoda germanica*, die ab einem mittleren Deckungsgrad von 59 %, einer mittleren Höhe von 48 cm und einem KSKW von 17 % (Tab. 5) nicht mehr zu finden ist. Vegetationskundlich handelt es sich um mittlere und weiter fortgeschrittene Entwicklungsstadien der Kalkschuttfluren (v. a. *Galeopsietum angustifoliae typicum, Rhytidium*-Variante, *Echium*-Trockenrasen).

5.5. *Stenobothrus lineatus-Platycleis albopunctata*-Zönose (e)

Thermophile Säume bieten euryökeren Bewohnern Lebensraum, die außer in Kalkschuttgesellschaften auch in mikroklimatisch ähnlichen Pflanzengesellschaften der Nördlichen Frankenalb zu finden sind. So ist die Heuschrecken-Zönose e auf Heilwurz-Säume (*Vincetoxico-Seselietum*) beschränkt und durch das Auftreten von *Stenobothrus lineatus*, eine typische Trocken- und Halbtrockenrasenart (HEMP, C. & HEMP, A. 1996a) gekennzeichnet. Der Heidegrashüpfer als thermophile Art bevorzugt Pflanzengesellschaften, die nicht allzu dicht bewachsen sind, meidet jedoch zu offene Habitate wie die Hohlzahn- oder Schwalbenwurzfluren.

Als Folgegesellschaft von konsolidierten Hohlzahnfluren und Natternkopf-Trockenrasen besiedelt der Heilwurz-Saum seit langem zur Ruhe gekommene Schutthaldenbereiche. Die mittlere Vegetationsbedeckung beträgt in den Habitaten dieser Zönose 70 %, die mittlere Höhe der Vegetation 61 cm (Tab. 5). Auch in den Heilwurz-Säumen tritt *Platycleis albopunctata* noch auf.

Der Kleinen Goldschrecke (*Euthystira brachyptera*) sagen besonders die *Anthericum ramosum*-reichen, höherwüchsigen Ausbildungen des Heilwurz-Saumes zu. Ebenfalls auf Heilwurz-Säume beschränkt ist *Metrioptera brachyptera. Pholidoptera griseoaptera*, eine der am weitesten verbreiteten Heuschreckenarten am Albtrauf, ist nur ausnahmsweise in den Offenlandgesellschaften der Kalkschutthalden anzutreffen. Hohe Dichten weist die Gewöhnliche Strauchschrecke in den vielfältigen Strauch- und beschatteten Saumgesellschaften auf.

Das nur vereinzelte Auftreten von *Chorthippus parallelus*, der euryöksten Heuschreckenart der Nördlichen Frankenalb in den Kalkschuttgesellschaften des Albtraufes, verdeutlicht die extremen Lebensbedingungen auf den Blockschutthalden.

5.6. Heuschreckenarten weiterer Albtrauf-Lebensräume

Wie oben angedeutet, ist *Pholidoptera griseoaptera* eine der Arten, die die individuenstärksten Populationen am Albtrauf aufbaut. Besonders in den Abendstunden läßt das schrille Konzert der Männchen erahnen, wie häufig diese Laubheuschreckenart ist. In dichten Säumen, Hecken und Waldmänteln findet die Gewöhnliche Strauchschrecke ihr zusagende Lebensbedingungen. Häufig in besonntem Gebüsch und Waldrändern ist am Albtrauf auch die Waldgrille (*Nemobius sylvestris*) zu finden.

Eine Art der wärmeliebenden Gebüsche und Laubwaldränder ist *Barbitistes serricauda*. Während die Nymphen dieser Säbelschreckenart im Frühsommer mitunter auf niedrigen Sträuchern in den Schwalbenwurzfluren und Heilwurz-Säumen anzutreffen sind, finden sich die Imagines fast ausschließlich auf höheren Büschen und Bäumen sonniger Lagen. Da am Albtrauf bei Hersbruck wärmeliebende Gebüsche und Laubwälder noch häufig sind, ist auch diese gefährdete Laubheuschrecke hier regelmäßig anzutreffen.

6. Beziehung zwischen Heuschreckenzönosen und Pflanzengesellschaften

Im folgenden soll das Vorkommen von Heuschreckenzönosen in bestimmten Pflanzengesellschaften anhand von Struktur- und Standortparametern diskutiert werden.

In Tab. 5 sind wichtige Struktur- und Standortparameter der Lebensräume der Heuschrecken-Zönosen enthalten.

Abb. 7 gibt das Vorkommen der Heuschreckenzönosen a-e in den verschiedenen Vegetationseinheiten α–η in Abhängigkeit von Vegetationsstruktur und Mikroklima wieder. Auf der y-Achse steht der KSKW, auf der x-Achse stehen zunächst die von Heuschrecken besiedelten Pflanzengesellschaften, aufgetragen entsprechend ihren charakteristischen KSKW (Mittelwert±Standardabweichung, berechnet auf der Grundlage von 129 Vegetationsaufnahmen aus der Nördlichen Frankenalb), danach die Heuschreckenzönosen. Aus den Überschneidungen der KSKW der Heuschrecken-Zönosen mit denen der Pflanzengesellschaften, dargestellt durch verschiedene Schraffuren, lassen sich Rückschlüsse auf die Präferenz der Heuschrecken-Zönosen für bestimmte Pflanzengesellschaften ziehen. Das Ergebnis ist in Tab. 6 dargestellt. So ist beispielsweise das *Galeopsietum angustifoliae typicum*, reine Variante (α) als Lebensraum theoretisch, d.h. nur unter Berücksichtigung des KSKW, für die Heuschreckenzönose a und b geeignet. Dies wird durch die in Tab. 4 wiedergegebenen Geländebeobachtungen bestätigt.

Es ergibt sich somit eine gute Übereinstimmung zwischen der potentiellen, auf der Grundlage des KSKW ermittelten Besiedelbarkeit der untersuchten Pflanzengesellschaften durch Heuschrecken und den tatsächlich im Gelände gemachten diesbezüglichen Beobachtungen. Abweichungen lassen sich dadurch erklären, daß nicht in allen Pflanzengesellschaften die gesamte Standortspanne mit Heuschreckenaufnahmen belegt werden konnte, und daß manche Pflanzengesellschaften, wie z.B. die *Campanula rapunculoides*-Subassoziation des *Teucrio-Melicetum* im UG nur selten auftreten. Ein weiterer Grund ist, daß nicht nur Struktur und Mikroklima, sondern auch andere Faktoren, wie das Bodensubstrat, für die Eiablage eine Rolle bei der Zusammensetzung der Orthopterenfauna spielen können (INGRISCH & KÖHLER 1998).

Auf gleiche Weise lassen sich auch Aussagen über die Bindung der für die Kalkschutthalden typischen Heuschreckenarten an bestimmte Pflanzengesellschaften machen (Tab. 7). Wie bei der Bindung der Zönosen an die Pflanzengesellschaften sind auch die untersuchten Heuschreckenarten in der Regel nicht auf eine einzige Pflanzengesellschaft beschränkt, sondern kommen in mehreren, in ihrer Struktur und ihren Standortbedingungen ähnlichen, oftmals benachbarten, Komplexe bildenden Vegetationseinheiten vor. In Tab. 8 sind wichtige Struktur- und Standortparameter der Lebensräume der einzelnen Heuschreckenarten enthalten.

Nordexponierte und beschattete Blockschutthalden am Haldenfuß sind weitgehend unbesiedelt von Heuschrecken. Bei den an derartigen Standorten vorkommenden Pflanzen-

Tabelle 5: Wichtige Struktur- und Standortparameter der Lebensräume der Heuschrecken-Zönosen (∅)

Heuschrecken-Zönose (n)	Skelett (%)	Schutt-größe (cm)	Deckung Kraut-schicht (%)	Höhe Kraut-schicht (cm)	KSKW (%)	Pflanzen-gesellschaft
a: *Oedipoda germanica*-Zönose (6)	100,0	5,8	13,5	20,0	64,8±9,8	α
b: *Oedipoda-Platycleis*-Zönose (12)	96,2	6,3	30,6	27,5	44,0±20,7	α, β, γ, δ, ε,
c: *Oedipoda-Platycleis-Podisma*-Zönose (5)	84,0	6,4	45,0	36,0	25,5±11,2	β, η
d: *Podisma-Platycleis*-Zönose (8)	77,5	6,9	58,8	48,8	16,5±9,7	β, γ, ζ, η
e: *Stenobothrus-Platycleis*-Zönose (10)	28,0	6,0	70,0	61,0	8,5±6,7	η

Tabelle 6: Bindung der Heuschreckenzönosen a-e an die Pflanzengesellschaften α–η (+=zu erwartende Bindung aufgrund des KSKW, ++=zu erwartende Bindung durch in Tab. 4 wiedergegebene Geländebefunde bestätigt)

	α	δ	ε	β	γ	η	ζ
A	++	+					
B	++	++	++	++	++		
C			+	++	+	++	+
D			+	++	++	++	++
E					+	++	+

Tabelle 7: Bindung der Heuschreckenarten an die Pflanzengesellschaften α–η (+=zu erwartende Bindung aufgrund des KSKW, ++=zu erwartende Bindung durch in Tab. 4 wiedergegebene Geländebefunde bestätigt)

	Oe	Cb	Pa	Cg	Pp	Tb	Ik	Gr	Sl	Pg	Mb	Eb
α	++	++	++	++		++						
δ	++	+	++	++	++	++						
ε	++	+	++	+	+	+	+	+				
β	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+		
γ	++	+	++	+	++	++	++	++	+	+	+	+
ζ		+	++	++	+	++	+	++	++	+		
η		+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

Oe=*Oedipoda germanica*, Cb=*Chorthippus brunneus*, Pa=*Platycleis albopunctata*, Cg=*Chorthippus biguttulus*, Pp=*Podisma pedestris*, Tb=*Tetrix bip. kraussi*, Ik=*Isophya kraussii*, Gr=*Gomphocerus rufus*, Sl=*Stenobothrus lineatus*, Pg=*Pholidoptera griseoaptera*, Mb=*Metrioptera brachyptera*, Eb=*Euthystira brachyptera*.

gesellschaften handelt es sich vor allem um die Ruprechtsfarnflur (*Gymnocarpietum*) und um Blaugrasrasen (*Bromo-Seslerietum allietosum*). Hierbei spielt jedoch nicht nur die Beschattung eine Rolle, sondern die am Haldenfuß, auch in Südexpositionen, austretende Kaltluft. Diese Kaltluftaustritte führen zu einem extrem kühlen und feuchten Mikroklima mit Jahresmitteltemperaturen, die mehrere Grad niedriger liegen als in der Umgebung. An heißen Hochsommertagen kann die ausströmende Kaltluft um über 20°C kühler als die Umgebungstemperatur sein. Im Gegenzug wird im Oberteil der Halde die vergleichsweise warme Umgebungsluft nachgesogen, wodurch sich der Haldenkörper im Oberhangbereich bis ins Innere allmählich erwärmt. Im Winter kehrt sich der Luftstrom im Haldeninneren um und es kommt zu Warmluftaustritten am Haldenoberhang, die den Schnee zum Schmelzen bringen können (zu Ursachen und Wirkungsweisen dieses Temperaturphänomens vgl. HEMP 1999). Eine Blockschutthalde besitzt also gleichzeitig zwei temperaturbedingte Sonderstandorte: Einen wärmebegünstigten Lebensraum am Oberhang und einen extrazonal hochmontan getönten am Haldenfuß.

Tabelle 8: Wichtige Struktur- und Standortparameter der Lebensräume der für Kalkschutthalden typischen Heuschrecken (∅)

Heuschreckenart (n)	Skelett (%)	Schuttgröße (cm)	Deckung Krautschicht (%)	Höhe Krautschicht (cm)	KSKW (%)	Pflanzengesellschaft
Oedipoda germanica (23)	94,5	6,2	29,3	27,4	45,4±21,3	α, β, γ, δ, ε, η
Chorthippus brunneus (5)	98,0	7,0	34,6	30,0	41,5±31,4	α, β
Platycleis albopunctata (25)	81,4	6,5	45,7	39,2	29,1±21,8	α, β, γ, δ, ε, ζ, η
Tetrix bip. kraussi (14)	84,3	6,2	45,4	39,3	27,8±17,6	α, β, γ, δ, ζ, η
Chorthippus biguttulus (16)	73,8	5,9	52,4	38,1	22,3±19,6	α, β, δ, ζ, η
Podisma pedestris (12)	86,7	6,8	47,7	44,2	18,3±16,3	β, γ, δ, η
Isophya kraussii (8)	82,5	7,4	53,1	48,8	17,9±10,8	β, γ, η
Gomphocerus rufus (22)	57,3	6,6	57,3	51,4	17,7±16,3	α, β, γ, ζ, η
Stenobothrus lineatus (11)	36,4	6,0	65,5	52,7	11,3±11,4	β, ζ, η
Pholidoptera griseoaptera (6)	34,2	6,0	67,5	58,3	10,0±7,3	η
Metrioptera brachyptera (5)	23,0	6,0	75,0	60,0	5,9±5,5	η
Euthystira brachyptera (4)	20,0	6,8	82,5	57,5	3,8±5,8	η

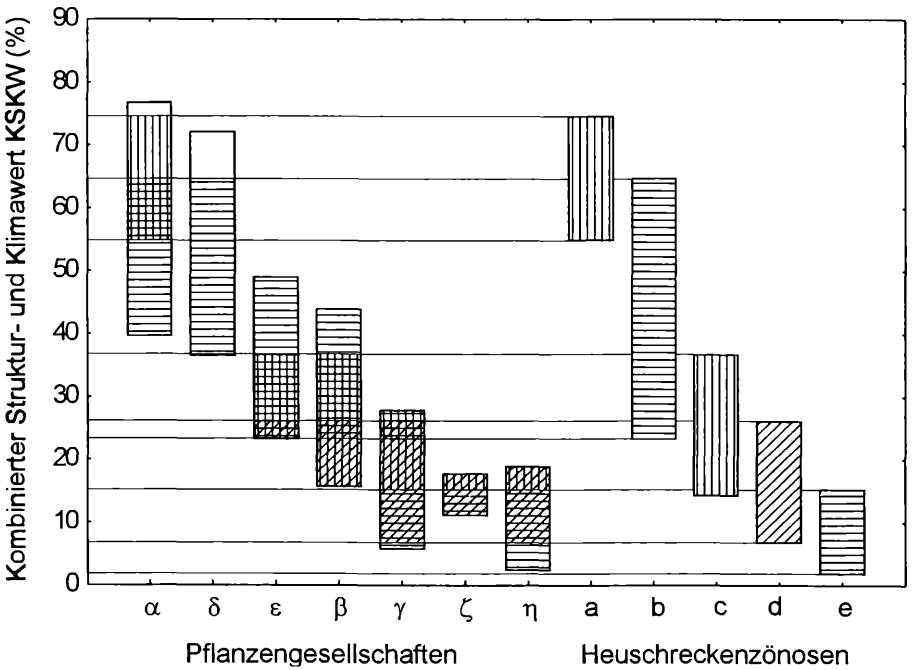


Abb. 7: Vorkommen der Heuschreckenzönosen in den verschiedenen Vegetationseinheiten in Abhängigkeit von Vegetationsstruktur und Mikroklima.

α: *Galeopsietum angustifoliae typicum* (Hohlzahnflur), reine Variante
β: *Galeopsietum angustifoliae typicum* (Hohlzahnflur), *Rhytidium*-Variante
γ: *Galeopsietum angustifoliae, Clematis*-Subassoziation („Schwalbenwurzflur")
δ: *Teucrio-Melicetum, Campanula rapunculoides*-Subassoziation
ε: *Teucrio-Melicetum, Rhytidium*-Subassoziation, *Allium montanum*-Variante
ζ: *Teucrio-Melicetum, Rhytidium*-Subassoziation, *Echium*-Variante („*Echium*-Trockenrasen")
η: *Vincetoxico-Seselietum* (Heilwurz-Saum)

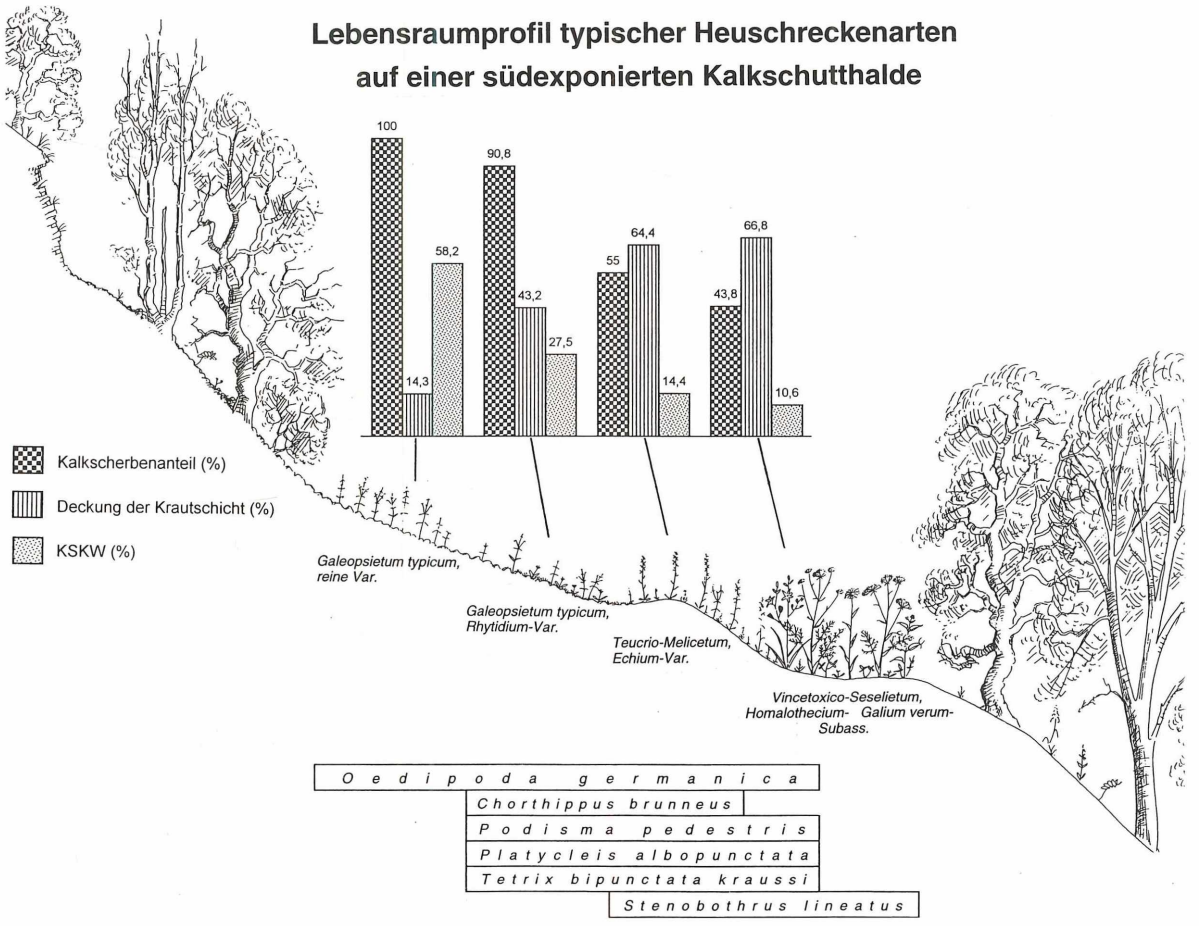


Abb. 8: Lebensraumprofil typischer Heuschreckenarten auf einer südexponierten Kalkschutthalde.

Dieses Temperaturphänomen wirkt sich nicht nur auf die Verbreitung demontaner Pflanzenarten und von Eiszeitrelikten wie den Rasensteinbrech (*Saxifraga decipiens*) aus (vgl. HEMP 1996); vielmehr wird neuerdings auch die zoogeographische Bedeutung solcher Sonderstandorte im außeralpinen Mitteleuropa für Relikt-Tierarten aus den Kaltzeiten verstärkt untersucht (RUZICKA et al. 1995, MOLENDA 1996).

Abb. 8 verdeutlicht die Abfolge der Vegetation und der Besiedelung durch Heuschrecken auf einer südexponierten Halde. Hier überwiegen die lichtliebenden Pflanzengesellschaften *Galeopsietum*, *Teucrio-Melicetum* und *Vincetoxico-Seselietum*. Standörtlich betrachtet sinkt, ausgehend von der reinen Variante des *Galeopsietum typicum* als Pioniergesellschaft bis zum Heilwurz-Saum als Endstadium der Entwicklung vor der Bewaldung, der Skelettanteil von 100 % auf 13 %. Parallel hierzu steigt die Deckung der Krautschicht von 14 % auf 78 % (Werte aus HEMP 1999). Der KSKW hingegen sinkt von 58 % auf 11 %. Entsprechend zu dieser standörtlich bedingten Vegetationsabfolge verändert sich die Artenzusammensetzung charakteristischer Vertreter der Kalkschutt-Heuschreckenfauna: Auf den sonnenreichsten Oberhanglagen, nämlich im *Galeopsietum typicum*, reine Var., in dem die Vegetationsbedeckung nur sehr schütter ausgebildet ist, befindet sich der Hauptlebensraum von *Oedipoda germanica*, die die höchsten Ansprüche aller untersuchten Arten hinsichtlich eines warmen Mikroklimas stellt. Mit dem hangabwärts zunehmenden Konsolidierungsgrad schließt sich die Krautschicht und der Böschungswinkel am Haldenfuß wird geringer. Dies führt zur Erniedrigung des KSKW und ermöglicht vergleichsweise mesophileren Arten ein Auskommen: *Podisma pedestris, Platycleis albopunctata* und *Tetrix bipunctata kraussi* sind schwerpunktmäßig im Mittel- und Unterhangbereich in den konsolidierteren Schuttfluren zu finden bis in schütter ausgebildete Pionierstadien der Heilwurz-Säume hinein (*Vincetoxico-Seselietum, Homalothecium*-Subass.). In dichter geschlossene Ausbildungen (*Galium verum*-Subass.) dringt nur noch *Stenobothrus lineatus* als thermophiler Offenlandbewohner vor und die typische Saumart *Gomphocerus rufus* gelangt zur Dominanz.

7. Schlußbetrachtung

Gemäß ihren ähnlichen ökologischen Ansprüchen kommen Heuschrecken gemeinsam in einem Lebensraum vor und bilden Gesellschaften (Zönosen), wobei die einzelnen Arten meistens beziehungslos nebeneinander existieren (INGRISCH & KÖHLER 1998). Im vorliegenden Fall sind die untersuchten Heuschreckenarten bzw. Zönosen in der Regel nicht auf eine einzige Pflanzengesellschaft beschränkt, sondern kommen in mehreren, in ihrer Struktur und ihren Standortbedingungen ähnlichen, oftmals benachbarten, Komplexe bildenden Vegetationseinheiten vor.

Heuschrecken sind in einem vielfältigen Faktorengefüge an ihr Habitat gebunden (vgl. z.B. das Schema bei TAUSCHER 1986), dessen Komponenten untereinander in Wechselwirkung stehen und offenbar im Mikroklima zusammenlaufen, dem somit eine dominierende Rolle zukommt (vgl. z.B. FRANZ 1933, RABELER 1955, OSCHMANN 1973, BROCKSIEPER 1978, INGRISCH 1979, INGRISCH & KÖHLER 1998). Die Bindungen der Heuschrecken an bestimmte Pflanzengesellschaften beruhen also vor allem auf deren mikroklimatischen Gegebenheiten (vgl. z.B. SÄNGER 1977, SMETTAN 1991). Das in einer Pflanzengesellschaft herrschende Mikroklima wird durch Makro- und Mesoklima sowie durch die Vegetationsstruktur bestimmt. Daneben ist die Raumstruktur auch hinsichtlich Fortbewegung, Flucht-, Paarungs- und Eiablageverhalten für die Biotopbindung der Heuschrecken ein wesentlicher Faktor (SÄNGER 1977) und hierbei vor allem die Höhe und prozentuale Deckung (CLARK 1948).

Bei unterschiedlicher Meereshöhe und geographischer Breite finden sich die jeweils für eine Heuschreckenart oder -zönose optimalen mikroklimatischen Bedingungen in unterschiedlichen Pflanzengesellschaften verwirklicht, wie dies im übrigen auch für Pflanzenarten gilt (vgl. das Gesetz der relativen Standortskonstanz, WALTER & WALTER 1953). Die Kongruenz zwischen Pflanzengesellschaft und Heuschreckenart bzw. Heuschreckenzönose ist daher regional begrenzt.

Diesen Sachverhalten versucht der hier vorgestellte Kombinierte Struktur- und Klimawert (KSKW) Rechnung zu tragen, indem die Vegetationsstruktur und das Mesoklima bestimmende Standortfaktoren zur Charakterisierung der untersuchten Heuschreckenhabitate herangezogen werden. Die verwendeten Parameter sind leicht zu erheben und werden bei jeder Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET (1964) erfaßt. Mit Hilfe einer einmal erstellten Eichkurve können sie ohne erneute aufwendige Messungen verrechnet werden. Innerhalb eines einheitlichen Naturraumes, wie ihn die Nördliche Frankenalb darstellt, lassen sich so vergleichende Aussagen zur Bindung von Heuschrecken an bestimmte Pflanzengesellschaften des Offenlandes machen.

Vereinfachend wird in der hier vorliegenden Untersuchung nur mit Hilfe indirekter Methoden auf das Strahlungsklima eingegangen, ohne daß z.B. konkrete Messungen der Temperatur oder anderer Klimaparameter wie der Luftfeuchte erfolgen. Im Gegensatz zu ephemeren Messungen einzelner Faktoren integriert die Vegetation die Gesamtheit der auf einen Standort einwirkenden Klimaeinflüsse. Daher besitzt die Untersuchung der Bindung einer Heuschreckenart an eine bestimmte Pflanzengesellschaft mehr Aussagekraft als mit Hilfe von sporadischen Messungen mit ihren unkalkulierbaren Schwankungen erzielt werden könnte.

Danksagung

Für die Durchsicht des Manuskriptes und zahlreiche kritische Anmerkungen danken wir herzlich den Herren Andreas Zehm, Darmstadt und Axel Hochkirch, Bremen, für wertvolle Anregungen bei meßtechnischen, statistischen und mathematischen Problemen gilt unser Dank den Herren Dr. Reiner Zimmermann, Dr. Andreas Jürgens und Gregor Woppert, alle Bayreuth. Diese Untersuchung wurde durchgeführt im Auftrag des Naturschutzzentrums Wengleinpark, Projekt Hutanger, Hersbruck.

Literatur

BARKMAN, J. J. (1988): A new method to determine some characters of vegetation structure. – Vegetatio 78: 81–90.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. – Wien: 865 S.

BUFFO, J., FRITSCHEN, L. J., MURPHY, J. L. (1972): Direct solar radiation on various slopes from 0 to 60 degrees north altitude. – USDA Forest Service Research Paper PNW-142: 1–74.

BROCKSIEPER, R. (1978): Der Einfluß des Mikroklimas auf die Verbreitung der Laubheuschrecken, Grillen und Feldheuschrecken im Siebengebirge und auf dem Rodderberg bei Bonn (Orthoptera: Saltatoria). – Decheniana Beih. 21, Naturhist. Verein Bonn: 141 S.

CLARK, E. J. (1948): Studies in the ecology of British grasshoppers. – Trans. Roy. Entomol. Soc. London 99: 173–222.

DETZEL, P. (1995): Zur Nomenklatur der Heuschrecken und Fangschrecken Deutschlands. – Articulata (10) 1: 3–10.

FEDERSCHMIDT, A. (1989): Zur Koinzidenz von Heuschreckenvorkommen und Pflanzengesellschaften auf den Rasen des NSG Taubergießen. – Mitt. bad. Landesbver. Naturkunde u. Naturschutz N.F. 14 (4): 915–26.

FRANZ, H. (1933): Auswirkungen des Mikroklimas auf die Verbreitung mitteleuropäischer xerophiler Orthopteren. – Zoogeographica 1: 549–565.

FRICKE, M., NORDHEIM, H. von (1992): Auswirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsweisen des Grünlandes auf Heuschrecken (Orthoptera, Saltatoria) in der Oker-Aue (Niedersachsen) sowie Bewirtschaftungsempfehlungen aus Naturschutzsicht. – Braunschw. naturkundl. Schr. 4(1): 59–89.

GOTTSCHALK, E. (1996): Population vulnerabiliy of the grey bush cricket *Platycleis albopunctata* (Goeze, 1778) (Ensifera: Tettigoniidae). – In: SETTELE, J. et al. (eds.): Species survival in fragmented landscapes: 324–328.

HAARLÄNDER, W. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:250000 Blatt Nr. 6434 Hersbruck. – München: 76 S.

HEMP, A. (1995): Die Landschaftsökologische Bedeutung der Dolomitkiefernwälder (*Buphthalmo-Pinetum*) in der Frankenalb. – Ber. ANL 19: 205–248.

– (1996): Ökologie, Verbreitung und Gesellschaftsanschluß ausgewählter Eiszeitrelikte (*Cardaminopsis petraea, Draba aizoides, Saxifraga decipiens, Arabis alpina* und *Asplenium viride*) in der Pegnitzalb. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 66/67: 233–267.
– (1999): Die Vegetation offener Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb. – Tuexenia 19: 241–304.
HEMP, A., HEMP, C. (1996): Kalkschuttfluren und Blockhaldenwälder: Der Lindenberg bei Hohenstadt und seine außergewöhnliche Vegetation und Fauna. – Berichte der ANL 20: 239–275.
HEMP, C. (1997): Blockschutthalden als Lebensraum bedrohter Heuschreckenarten (Saltatoria). – In: HEMP, A.: Das Blockschutthalden-Symposium am 6./7. September 1996 in Bayreuth. – Hoppea 58: 353–356.
HEMP, C., HEMP, A. (1996a): Die Heuschreckenfauna der Dolomitkuppenalb bei Neuhaus-Velden und ihre Beziehung zur Vegetation. – Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 23: 327–371.
–,– (1996b): *Podisma pedestris* Linné, 1761 (Saltatoria: Catantopinae) in der Hersbrucker Alb. – Ber. ANL 20: 177–286.
HEMP, C. (im Druck): Ein neues Vorkommen von Podisma pedestris (Linné, 1758) in der Nördlichen Frankenalb (Orthoptera: Acrididae, Melanophinae). – Articulata 15(2).
HEMP, C., ZEHM, A. (1997): Eine zweite Larvenschlupfwelle bei Heuschrecken – ein Beitrag zur Populationsbiologie von *Psophus stridulus* und *Myrmeleotettix maculatus* (Orthoptera: Acrididae). – Articulata 12(2): 123–129.
HESS, R., RITSCHEL-KANDEL, R. (1992): Die Beobachtung der Rotflügligen Ödlandschrecke (*Oedipoda germanica*) in Unterfranken als Beispiel für das Management einer bedrohten Art. – Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg 33: 75–102.
HÜTTEROTH, W. (1994): Bergrutsche an der nördlichen Fränkischen Alb. – Mitt. Fränkischen Geograph. Ges. 41: 185–203.
INGRISCH, S. (1979): Experimentell-ökologische Freilanduntersuchungen zur Monotopbindung der Laubheuschrecken (Orthoptera: Tettigoniidae) im Vogelsberg. – Beitr. Naturkunde Osthessen 15: 33–95.
– (1996): Fekundität und Entwicklung alpiner Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). – Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 69: 441–455.
INGRISCH S., KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Die Neue Brehm Bücherei 629: 1–460.
JAKOVLEV, V. (1957): Wasserdampfabgabe der Acrididen und Mikroklima. – Zool. Anz. Suppl. 20: 136–142.
– (1959): Mikroklimatische Untersuchungen in einigen Acrididenbiotopen. – Z. Morph. Ökol. Tiere 48: 89–101.
JÜRGENS, K., REHDING, G. (1992): Xerothermophile Heuschrecken (Saltatoria) im Hegau Bestandssituation von *Oedipoda germanica* und *Calliptamus italicus*. – Articulata 7: 19–38.
KNOCH, K. (Hrsg.) (1952): Klimaatlas von Bayern. – Kissingen.
KÖHLER, G. (1988): Persistenz und Genese von Heuschrecken-Assoziationen (Orthoptera: Acrididae) in zentraleuropäischen Rasenökosystemen. – Zool. Jb. Syst. 115: 303–327.
– (1993): Die Rotflüglige Ödlandschrecke, *Oedipoda germanica* (Latr.) (Orthoptera: Saltatoria) in Thüringen. – Landschaftspflege Naturschutz Thüringen 30: 67–73.
KRATOCHWIL, A. (1987): Zoologische Untersuchungen auf pflanzensoziologischem Raster Methoden, Probleme und Beispiele biozönologischer Forschung. – Tuexenia 7: 13–51.
KRIEGBAUM, H. (1993): Springschrecken (Saltatoria) und Schaben (Blattodea). – In: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern: 37–38.
LEITINGER-MICOLETZKI, E. (1940): Die Tiersukzessionen auf Fichtenkahlschlägen. – Zool. Jb. Syst. 73: 467–504.
MARCHAND, H. (1953): Die Bedeutung der Heuschrecken und Schnabelkerfe als Indikatoren verschiedener Graslandtypen. – Beitr. Entomol. 3: 116–162.
MOLENDA, R. (1996): Zoogeographische Bedeutung Kaltluft erzeugender Blockhalden im außeralpinen Mitteleuropa: Untersuchungen an Arthropoda, insbesondere Coleoptera. – Verh. naturwiss. Ver. Hamburg (NF) 35: 5–93.
NIEHUIS, M. (1991): Ergebnisse aus drei Artenschutzprojekten „Heuschrecken" (Orthoptera: Saltatoria). – Fauna Flora Rheinland-Pfalz 6: 335–551.
OPPERMANN, R., REICHHOLF, J., PFADENHAUER, J. (1987): Beziehungen zwischen Vegetation und Fauna in Feuchtwiesen – untersucht am Beispiel von Schmetterlingen und Heuschrecken in zwei Feuchtgebieten Oberschwabens. – Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 62: 347–379.

OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthopteren. – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden 4: 177–206.
PERRY, S. G., FRASER, A. B., NORMAN, J. M. (1988): Indirect sensing of plant canopy structure with simple radiation measurements. – Agricultural and Forest Meteorology 42: 255–278.
POETHKE, J., GOTTSCHALK, E., SEITZ, A. (1996): Gefährdungsanalyse einer räumlich strukturierten Population der Westlichen Beißschrecke (*Platycleis albopunctata*): Ein Beispiel für den Einsatz des Metapopulationskonzeptes im Artenschutz. – Z. Ökologie u. Naturschutz 5: 229–242.
RABELER, W. (1955): Zur Ökologie und Systematik von Heuschreckenbeständen nordwestdeutscher Pflanzengesellschaften. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem., N.F. 5: 184–192. Stolzenau/Weser.
REMMERT, H. (1979): Grillen – oder wie groß müssen Naturschutzgebiete sein? – Nationalpark 1: 6–9.
RUZICKA, V., HAJER, J., ZACHARDA, M. (1995): Arachnid population patterns in underground cavities of a stony debris field (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionidea, Acari: Prostigmata, Rhagidiidae). – Pedobiologia 39: 42–51.
SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken und der Raumstruktur ihrer Habitate. – Zool. Jb. Syst. 104: 433–488.
SMETTAN, H. W. (1991): Die Heuschreckensynusien in den Grünlandgesellschaften der nördlichen Kalkalpen unter Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. – Jb. Verein zum Schutz d. Bergwelt 56: 165–182.
SUNDERMEIER, A. (1997): Methoden zur Analyse der Vegetationsstruktur. – In: Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings. Umweltbundesamt Österreich. Wien: 397 S.
TAUSCHER, H. (1986): Beobachtungen zum Trombidiiden-Befall von Orthopteren. – Articulata 2: 249–250.
WAGNER, G., BERGER, U. (1996): A population vulnerability analysis of the red-winged grasshopper, *Oedipoda germanica* (Caelifera: Acrididae). – In: SETTELE, J. et al. (eds.): Species survival in fragmented landscapes: 312–319.
WALTER, H., WALTER, E. (1953): Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach SW-Afrika 1952/53: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. – Ber. Dtsch. Bot. Ges. 66: 228–236.
WALTER, R. (1994): Zur Mobilität und zum Habitat von *Platycleis albopunctata* (Goeze 1778). – Articulata 9(1): 1–23.
WALTERT, M., GOTTSCHALK, E., MÜHLENBERG, M. (1999): Zur Nahrungsökologie der Westlichen Beißschrecke (*Platycleis albopunctata* Goeze 1778). – Articulata 14(1): 17–29.
ZEHM, A. (1997): Zur Koinzidenz von Sandvegetation, ihre Struktur und Heuschrecken-Zönosen (Orthoptera) in der hessischen Oberrheinebene. – Tuexenia 17: 193–222.
ZÖLLER, S. (1995): Untersuchungen zur Ökologie von *Oedipoda germanica* (Latreille, 1804) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsstruktur, der Habitatbindung und der Mobilität. – Articulata 19(1): 21–59.

Dr. Andreas Hemp
Lehrstuhl für Pflanzensystematik
Universität Bayreuth
95440 Bayreuth

Dr. Claudia Hemp
Lehrstuhl für Tierökologie II
Universität Bayreuth
95440 Bayreuth

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: NS_20

Autor(en)/Author(s): Hemp Andreas, Hemp Claudia

Artikel/Article: Die Heuschrecken-Zönosen auf Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb und ihre Beziehung zur Vegetation 259-281