

Die Vegetation offener Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb

– Andreas Hemp –

Zusammenfassung

Die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb weisen ein reichhaltiges Inventar an Pflanzengesellschaften auf, das durch sehr dynamische Sukzessionsvorgänge miteinander verbunden ist. Insgesamt 23 Kalkschutt besiedelnde Gesellschaften aus 7 Assoziationen wurden im UG gefunden. Hauptstandortfaktoren sind auf der einen Seite Exposition, Licht- und Temperaturverhältnisse, also das Mikroklima, auf der anderen der Kalkschuttanteil der Böden, Größe und Beweglichkeit der Kalkscherben, also der Konsolidierungsgrad. Zur Charakterisierung der Standortverhältnisse wurden Licht- und Temperaturmessungen durchgeführt und der Skelettanteil der Böden geschätzt.

Schattige, luftfeuchte Standorte am Haldenfuß, die zudem häufig kaltauflaufbeeinflusst sind, bevorzugt das *Gymnocarpietum robertiani*, das über *Sesleria*-reiche Entwicklungsstadien mit dem *Bromo-Seslerietum allietosum* verbunden ist. Eine Übergangsstellung hinsichtlich der Lichtansprüche nimmt das *Epilobio-Geranietum homalothecietosum* ein, das zwischen *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum* vermittelt. Während das *Galeopsietum typicum* die sonnigsten Stellen der Feinschutthalden besiedelt, bevorzugt die Subassoziation mit *Clematis vitalba*, in der Literatur häufig als „Schwalbenwurzflur“ bezeichnet, halbschattige Bereiche mit größerem Schuttmaterial. Bei nachlassender Schuttnachlieferung entwickelt sich aus der reinen Variante des *Galeopsietum typicum* als Pioniergesellschaft über ein *Rhytidium*-Zwischenstadium ein *Echium*-Trockenrasen (*Teucro botryos-Melicetum ciliatae rhytidietosum*, *Echium*-Variante), der schließlich von einer *Geranion*-Gesellschaft abgelöst wird, nämlich dem hier neu beschriebenen *Vincetoxico-Seselietaum*. Mergelreiche Feinschutthalden besiedelt die *Campanula rapunculoides*-Subassoziation des *Teucro-Melicetum*.

Die größten natürlichen Blockschutthalden des Untersuchungsgebietes und gleichzeitig der Frankenalb liegen aufgrund geologischer Besonderheiten am Trauf der Pegnitzalb, wogegen die Gebiete der Wiesent- und Weismainalb vor allem mergelige Feinschutthalden, aber weniger Blockschutthalden aufweisen.

Die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb erfüllen eine wichtige Funktion als Überdauerungsstandorte für Relikte aus der Eis- und der postglazialen Würmezeit, sowohl für Tier- wie für Pflanzenarten. Da jedoch bei weitem nicht alle Schuttstandorte von Natur aus waldfrei sind, müssen derzeit nach Aufgabe der traditionellen Weidenutzung zum Schutz der lichtliebenden Flora und Fauna vielerorts Landschaftspflegemaßnahmen durchgeführt werden.

Abstract: The vegetation of open limestone screes in the northern Frankenalb

A rich array of plant communities is reported from boulder screes in the northern Frankenalb, Bavaria, Germany. Here the plant communities are linked by dynamic succession influenced by the physical features of the habitat. In total 23 plant communities, in seven associations, have been recorded for the area. Exposition of the site, light and microsite temperature regime, debris size and debris/soil relations as well as scree stability have been found to be the critical factors determining plant community arrays. To characterize each site, the light and temperature regime was measured and soil analyses were carried out.

Shady and more humid areas at the bottom of large boulder screes are colonised by the *Gymnocarpietum robertiani*. This community is linked to the *Bromo-Seslerietum allietosum* by a *Sesleria*-rich transitional stage. The *Galeopsietum angustifoliae typicum* is confined to the most exposed and sunny spots and is linked to the former associations by the *Epilobio-Geranietum robertiani homalothecietosum*. The *Clematis vitalba*-rich subassociation of the *Galeopsietum* (often described as Schwalbenwurzflur) is confined to semi-shaded sites on coarse debris. If the debris stabilises, the *Galeopsietum typicum* is succeeded first by the transitional *Rhytidium* stage, then by an *Echium*-rich community (*Teucro botryos-Melicetum ciliatae rhytidietosum*, *Echium*-Variante) and finally by a *Geranion* community, the *Vincetoxico-Seselietaum*. This plant community is described as new in this paper. The marl-rich debris screes (containing mainly small debris) are colonised by the *Campanula rapunculoides*-subassociation of the *Teucro-Melicetum*.

The largest boulder screes are located in the Pegnitz river system near the town of Hersbruck. Other areas in the Frankenalb, such as the Wiesent and Weismain river systems, have only marl-rich screes containing mainly small debris particles.

We regard the boulder screes of the northern Frankenalb as important refugia and sanctuaries for plants and animals that have survived here from former colder and warmer macroclimatic regimes during the last ice age and the Atlantic period. Changes of landscape management practice and grazing regimes in the last 50 years have led to invasion of bushes into many screes, since only few are naturally free of trees. In order to safeguard the boulder screes, such practices need to be re-instated and active management needs to be pursued.

Keywords: light intensity, microclima, scree plant communities, succession, *Thlaspietea rotundifolia*, *Vincetoxico-Seseliatum* ass. nov.

1. Ziel der Arbeit

Blockschutthalden gehören im außeralpinen Raum zu den wenigen von Natur aus teilweise waldfreien Habitaten in Mitteleuropa. Durch ihren geomorphologischen Aufbau, ihre Dynamik und mikroklimatische Besonderheiten bieten sie speziell angepassten Pflanzen- und Tierarten Lebensraum. Dies macht sie zu einem äußerst interessanten und wertvollen Objekt für Forschung und Naturschutz.

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* und dem Verband *Stipion calamagrostis* mit den beiden Assoziationen *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum* vertreten. Dennoch gibt es eine ganze Reihe von Kalkschutt besiedelnden Pflanzengesellschaften, die zu anderen Klassen gehören.

Ziel ist die vegetationskundliche Erfassung des Gesellschaftsinventars der offenen Kalkschutthalden der Nördlichen Frankenalb und die Untersuchung wichtiger Standortparameter. Die Waldgesellschaften auf Blockschutthalden sollen an anderer Stelle behandelt werden.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (UG) umfaßt die Nördliche Frankenalb mit Pegnitz-, Wiesent- und Weismainalb (Abb. 1; zur naturräumlichen Abgrenzung von Nördlicher und Mittlerer Frankenalb vergleiche HEMP 1995). Da die größten Blockschutthalden der Frankenalb in der Pegnitzalb bei Hersbruck liegen (vgl. HEMP 1996c), wurde dieses Gebiet besonders eingehend untersucht.

Die meisten Blockschutthalden liegen zwischen 420 und 480 m NN. Die Jahresmitteltemperatur beträgt nach KNOCH (1952) (Periode 1891–1930) im größten Teil der Nördlichen Frankenalb 7–8 °C, die Zahl der Tage mit einer Mindesttemperatur von 10 °C, also die Vegetationszeit, bei 140–150 Tagen. Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur von 18–19 °C verleiht dem Untersuchungsgebiet eine leicht kontinentale Tönung. Während die Niederschläge in den albraufnahen, höhergelegenen Bereichen bis auf 950 mm ansteigen, erhalten die meisten übrigen Gegenden 800–850 mm Niederschlag.

In der Regel wurden Steinbrüche von der Untersuchung ausgeklammert. Eine Ausnahme bildet der Steinbruch bei Hartmannshof, der seit 1970 stillliegt und eine sehr reiche Schuttvegetation trägt.

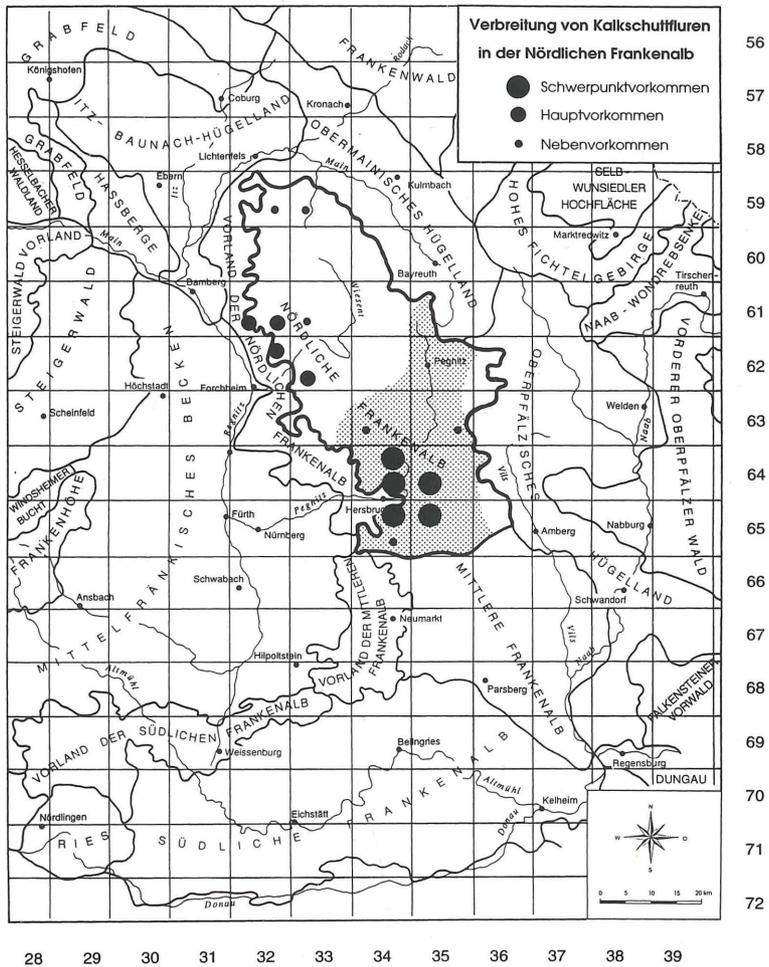


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes Nördliche Frankenalb (dick umrandet) mit der Pegnitzalb (gerastert) und Verbreitung der Kalkschuttfloren. Schwerpunktorkommen: großflächige Vorkommen (>5ha) mit >6 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen oder zahlreiche (>6) Nebenvorkommen. Hauptorkommen: großflächige Vorkommen (>5ha) mit 3–6 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen oder mehrere (3–6) Nebenvorkommen. Nebenvorkommen: kleinflächige Vorkommen mit 1–3 Kalkschutt besiedelnden Assoziationen.

3. Methoden

3.1 Vegetationsaufnahmen, Abkürzungen in den Vegetationstabellen, Verbreitungskarten

Die Aufnahme-Methode folgt BRAUN-BLANQUET (1964). In den Vegetationstabellen steht ac, AC, VC, OC, KC für regionale Assoziations-, Assoziations-, Verbands-, Ordnungs-, Klassen-Kennart (Charakterart), D für Trennart (Differentialart) und Δ für Trennarten geographischer Vikarianten. Die naturräumlichen Untereinheiten Pegnitz-, Wiesent- und Weismainalb sind mit P, Wi und Wa abgekürzt. Die Abkürzungen der genauen Aufnahmeorte mit ihren Lagebeschreibungen finden sich im Anhang. Die 202 Vegetationsaufnahmen stammen aus den Jahren 1990 bis 1998.

Die Verbreitungskarten wurde auf der Grundlage des Gauß-Krüger-Gitternetzes erstellt, dessen Koordinatenwerte im Kartenrahmen aller Meßtischblätter (= Topographische Karten 1:25000) eingetragen sind. Die sich ergebende Rastergröße von 1 km² (was ca. 1% der Ausdehnung des Kartierungsgebietes entspricht) ist besonders gut geeignet, Abhängigkeiten zwischen Pflanzenvorkommen und geologischen oder klimatischen Voraussetzungen scharf genug aufzuzeigen.

3.2 Nomenklatur und Begriffsdefinitionen

Der Vegetationsgliederung liegt im wesentlichen das System von OBERDORFER (1977, 1978, 1983, 1992) zugrunde. Die Benennung der Phanerogamen richtet sich in der Regel nach EHRENDORFER (1973), die der Moose nach FRAHM & FREY (1992). Die Nomenklatur der Flechten folgt WIRTH (1995).

Nach der Definition von ULLMANN (1960) unterscheidet sich eine Blockhalde von einer Schutthalde durch die Größe der Gesteinstrümmen, die bei ersterer größer sind („mindestens kopfgroß“). Unter „Blockschutthalde“ wird in dieser Arbeit eine sich in Bewegung befindende, tätige Halde mit einem Gemisch von größerem Block- und feinerem Schutt-Material am Fuße einer aktiven Felswand verstanden. Eine Feinschutthalde weist dagegen keine Grobblockkomponente auf. Die Begriffe „Felschutthalde, Kalkschutthalde“ werden neutral verwendet.

3.3 Expositions- und Hangneigungsdiagramme

Exposition und Hangneigung werden in kombinierten Diagrammen in Anlehnung an ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) dargestellt.

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 den Vegetationstabellen neben dem Skelettanteil vermerkt ist (als Beispiel vgl. Tab. 1).

3.5 Lichtmessungen

Die Durchführung der Lichtmessungen erfolgte mit Ozalid-Papier (Lichtpaspapier) nach der von FRIEND (1961) entwickelten und von WASNER (1976) modifizierten Methode. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, vergleichsweise einfach den integralen Lichtgenuß einer Fläche quantitativ zu erfassen! und wurde auch schon für ähnliche Fragestellungen bei Felspaltengesellschaften erfolgreich angewandt (HEMP 1996c, dort auch Genaueres zur Vorgehensweise).

Die Lichtmessungen wurden am 23.9.1994 nach Beginn der Dunkelheit am Lindenberg bei Hohenstadt, der Wied bei Pommelsbrunn, dem Zankelstein bei Pommelsbrunn und der Houbirg bei Happurg an insgesamt 34 Meßstellen aufgestellt (je Meßstelle 3 Meßeinheiten) und in der darauffolgenden Nacht wieder eingesammelt. Auf diese Weise fand der Lichteinfall eines ganzen Tages seinen Niederschlag. Vorversuche hatten gezeigt, daß Expositionsunterschiede bei Sonnenlicht wesentlich deutlicher hervortreten als bei diffusen Lichtverhältnissen. Daher wurden die Messungen bei sonnigem, wolkenlosem Wetter durchgeführt, wie dies auch JAHNS & FRITZLER (1982) und HALFMANN (1991) bei ähnlichen Untersuchungen auf Blockhalden taten. Exakte Vergleiche mit der bei ELLENBERG et al. (1992) zu den Licht-Zeigerwerten angegebenen relativen Beleuchtungsstärken sind daher nicht möglich, da diese auf Messungen bei gleichmäßig bedecktem Himmel beruhen.

Nach BARDON et. al. (1995) wird mit dieser Methode aber eher das Maximum als die Gesamtmenge des einfallenden Lichtes gemessen; die täglichen Maxima und Gesamtlichtmengen sind jedoch stark miteinander korreliert.

Zur Ermittlung des Maximalwertes diente eine Probestelle auf dem Felsgipfel des Zankelsteines, eines der höchsten Felsen der Pegnitzalb. Deren Meßergebnisse wurden in Abb. 16 und 18 und Tab. 4 gleich 100% Lichtintensität gesetzt und die übrigen gemessenen Werte als „relative Beleuchtungsstärke, relativer Lichtgenuß“ hierzu in Beziehung gebracht. Um bei der Charakterisierung der Standortansprüche eine grobe Orientierung zu ermöglichen, wurde die relative Beleuchtungsstärke in 4 Lichtintensitätsstufen von „tiefschattig“ bis „sonnig“ eingeteilt (Abb. 16).

3.6 Temperaturmessung

An sechs Tagen zwischen Mai und November 1998 erfolgten auf einer Blockschutthalde bei Pommelsbrunn Temperaturmessungen mit Thermoelementen. Hierbei wurde eine Stunde lang im Abstand von 10 min zwischen 14 und 15 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit gleichzeitig am Haldenfuß und am Haldenoberhang die Lufttemperatur in 1,5 m Höhe und am Boden mit jeweils 5 Fühlern gemessen. Die in Tab. 2 wiedergegebene Werte resultieren daher aus je 6 Messungen mit jeweils 5 Fühlern, also auf 30 Einzelwerten.

4. Aufbau, Entstehung und Mikroklima der Blockschutthalden

Geologische Voraussetzung für die Entstehung von Felsschutthalden sind in der Frankenalb die zur Frostsprengung neigenden Schichtkalke des Malm Alpha und Beta, die auf den gleitfähigen Tonen des Dogger Gamma-Zeta (Opalinuston) lagern. In diesem Bereich kommt es, besonders bei Vernässungen, immer wieder zu Hangrutschungen, die die Felswände freiräumen, anreißen und die Schuttbildung aktivieren. Die Verbreitung dieser geologischen Schichten entlang des Albtraufes bedingt die Beschränkung von größeren Schutthalden auf diesen Landschaftsraum (vgl. Abb. 5). Seltener finden sich Blockhalden unter den Dolomitriffen im zentralen Albgebiet.

Die Haupt-Entstehungszeit der Bergrutsche in der Frankenalb liegt im Periglazial (HÜTTEROTH 1994), jedoch sind auch unter rezenten Bedingungen derartige Vorgänge zu beobachten (vgl. z. B. GÜMBEL 1891, KRONBERGER 1958/60) und weit verbreitet; Säbelwuchs der Bäume auf Rutschungen und deutliche Abrißnischen und Abrißschluchten im Werkkalk belegen dies. Teilweise nehmen diese Rutschungen an ihrer Stirn die Form von Wällen mit Sprunghöhen von 3–4 m an, meist aber überfahren sie zungenförmig den Steilhang des Eisensandsteins. Beeindruckende Abrißschluchten, die sich durch beginnendes Abrutschen und Abspalten ganzer Felspartien bilden und auf künftige Bergstürze hindeuten, sind im Molsberger Tal bei Förrenbach zu beobachten. Es handelt sich hierbei um ausgeprägte, mehrere Meter tiefe und breite Spalten, die sich durchaus mit den bekannten Höhlenlöchern bei Bad Urach vergleichen lassen. Auch am Hardtberg im Trubachtal gibt es eine derartige Abrißschlucht. Ein besonders anschauliches Beispiel für die Entstehung und Dynamik aktiver Blockschutthalden bietet der Lindenberg bei Hohenstadt in der Pegnitzalb, der eingehend untersucht wurde (vgl. HEMP, A. & HEMP, C. 1996). Wie der geologischen Karte dieses Albtraufhanges (Abb. 2) zu entnehmen ist, haben sich hier offensichtlich in der Vergangenheit auch größere Rutschungen ereignet; der zentrale tiefe Ausbiß im Malm mit den besonders weitreichenden Hangschuttmassen deutet hierauf hin. Stellenweise sind die abgerutschten und dabei verkippten Malmschollen noch in tiefer gelegenen Hangpartien zu erkennen und geben hier Anlaß für die Entstehung von sekundären Kalkschutthalden.

Je nach dem Ausgangsmaterial der Halden unterscheidet sich deren Körnung. Der sehr mergelreiche Malm Alpha bildet Feinschutthalden ohne Grobblockkomponente. Aufgrund seiner geringen Widerstandsfähigkeit tritt er jedoch nur selten als Felswand in Erscheinung und ist in der Regel von Schuttmaterial des überlagernden Malm Beta bedeckt. Dieser verwittert zu Blockschutthalden unterschiedlicher Körnung. Die größten Blöcke, die entsprechend der Ablagerungsdicke der einzelnen Werkkalkschichten maximal 50 cm erreichen, meist aber deutlich kleiner ausfallen, stürzen am weitesten aus der Wand und sammeln sich am Haldenfuß, während der feinere Felsschutt die oberen Haldenbereiche aufbaut. Auf

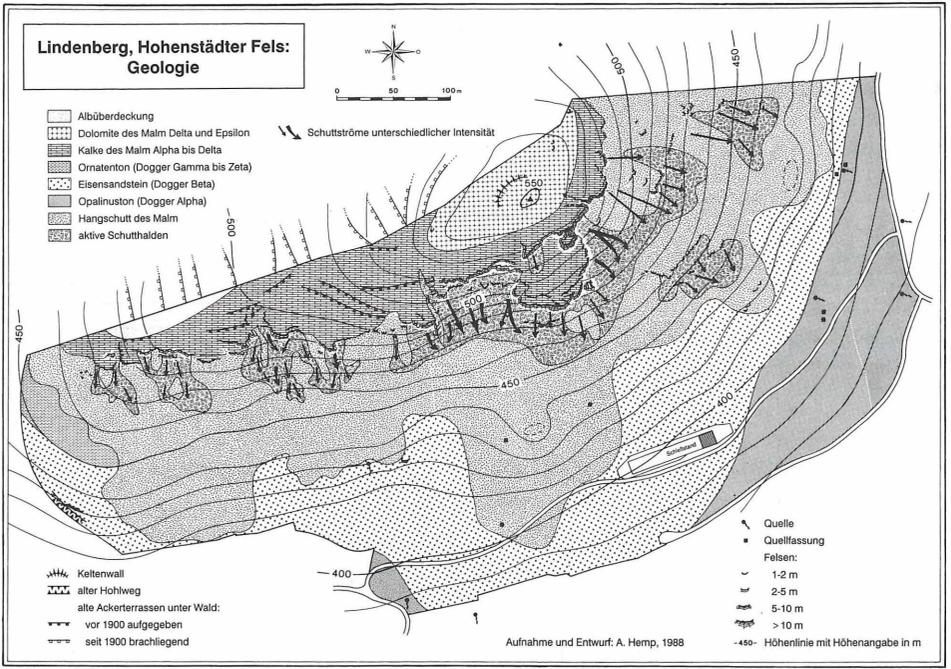


Abb. 2: Geologische Karte des Lindenberges bei Hohenstadt im Pegnitztal.

**Vegetationsabfolge auf einer ostexponierten
Blockschutthalde in Abhängigkeit von
Gesteinsgröße, Lichtverhältnissen
und Temperaturgefälle
(Lindenberg bei Hohenstadt)**

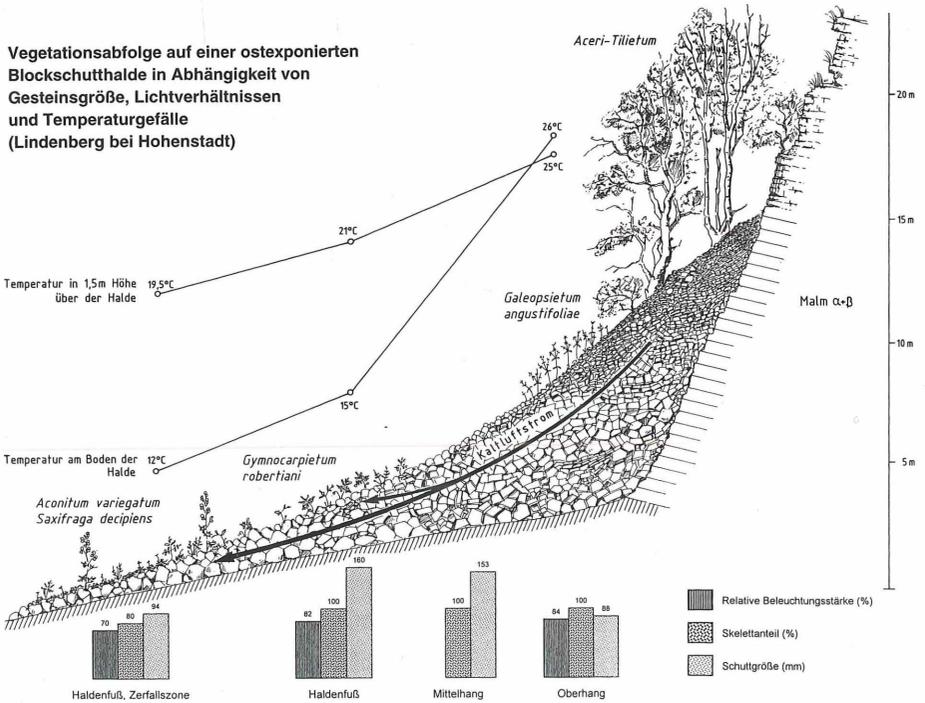


Abb. 3: Aufbau und Standortsverhältnisse einer ostexponierten Blockschutthalde am Lindenberg bei Hohenstadt im Pegnitztal. Die Temperaturmessungen wurden am 23.9.1985, die Lichtmessungen am 23.9.1994 durchgeführt.

diese Weise sortiert sich das Haldenmaterial und weist eine charakteristische Schichtung mit einem Böschungswinkel von 30–35 Grad auf (Abb. 3). Der schwächer geneigte Haldenfuß, der nicht mehr oder nur selten von nachstürzendem Gesteinsmaterial erreicht wird, ist die Zerfallszone, in der der hier lagernde Grobsschutt zu feinem Material verwittert. Oft konnte an derartigen Stellen beobachtet werden, wie größere Blöcke sich an Ort und Stelle gleichsam in der Art eines Puzzles in eine Vielzahl kleiner Bruchstücke auflösten, aber zunächst noch die ursprüngliche Gesamtblockgestalt beibehielten. Aufgrund dieser Verwitterungsprozesse, aber auch durch Abspülung aus oberen Haldenbereichen, führen die unteren Partien des Haldenfußes besonders viel Feinerde. Zudem kommt es hier mitunter zu einer Vermengung des Schuttes mit dem unterlagernden Tonschichten (Grundlegendes zu den Lebensbedingungen für die Pflanzenwelt auf Felschutt findet sich bei JENNY-LIPS 1930). In dem Profil der Abb. 3 lag der Kalkschuttanteil am Haldenoberhang bei 100%, der mittlere Kalkscherbendurchmesser bei 8,8 cm. Am Haldenfuß betragen diese Werte 100% und 16,0 cm, in der Zerfallszone 80% und 9,4 cm (Tab. 1). Auf den Schutthalde liegen entsprechend dem Konsolidierungsgrad (Roh-) Böden unterschiedlicher Entwicklungsstufen (Lockersyroseme bis (Proto-) Rendzinen) vor.

Neben diesen geomorphologischen Merkmalen weisen die Blockschutthalde des Albraufes bei Hersbruck auch noch mikroklimatische Besonderheiten auf. Im Sommer tritt am Fuß vieler Halden Kaltluft aus, während im Winter warme Luft den oberen Haldenzonen entweicht und dort zum Abschmelzen der Schneedecke führt. In Abb. 3 ist das Ergebnis einer Messung vom 23.9.1985 am Lindenberg bei Hohenstadt zu sehen (aus HEMP 1986). Tab. 2 und Abb. 4 geben die Meßergebnisse auf einer südexponierten Halde auf der Wied bei Pommelsbrunn aus dem Jahr 1998 wieder. Die untere Meßstelle am Haldenfuß lag im Bereich eines Blaugrassrasens (Vegetationsaufnahme 501 in Vegetationstabelle 1), die 10 m höher am Haldenoberhang gelegene in der reinen Variante eines *Galeospietum typicum*. Die Messungen wurden bei bedecktem Himmel durchgeführt. Am Haldenfuß gab es bis Anfang November sehr starke Kaltluftaustritte, aus denen permanent kühle Luft ausströmte, die die Halme und Blätter des ringsum wachsenden Blaugrasses in ständiger Bewegung hielt. Die Schwankung der Temperatur zeigte an diesen Austritten keinerlei Beziehung zur Umgebungstemperatur und stieg von 5,4 °C am 7.5. langsam auf 7,2 °C am 2.11. Die größten Differenzen zur Umgebungstemperatur wurden am 14.8. gemessen. An diesem Tag betrug die Lufttemperatur in 1,5m Höhe am Haldenfuß 28,6 °C, während die am Haldenboden austretende Luft mit 6,2 °C um 22,4 °C kühler war. Am Haldenoberhang konnten dagegen nie-

Tabelle 1: Geomorphologische und klimatologische Merkmale einer ostexponierten Blockschutthalde am Lindenberg bei Hohenstadt

	Haldenfuß		Mittelhang	Oberhang
	Zerfallszone			
Neigung	15°	25°	30°	30°
Skelettanteil gesamt	80%	100%	100%	100%
Skelettanteil 1-5cm	30%	10%	10%	20%
Skelettanteil 5-10cm	30%	20%	20%	40%
Skelettanteil 10-20cm	10%	45%	50%	25%
Skelettanteil >20cm	10%	25%	20%	5%
Mittlere Schutzgröße	9,4cm	16,0cm	15,3cm	8,8cm
Lufttemp. am Boden	12,0°C	15,0°C		26,0°C
Lufttemp. in 1,5m Höhe	19,5°	21,0°C		25,0°C
Rel. Beleuchtungsstärke	70%	82%		84%
Vegetation	Bromo-Seslerietum allietosum	Gymnocarpietum vincetoxicetosum, Sesleria-Var.	Geranietum homalothecetosum	Galeospietum typicum, reine Var.

Messung der Temperatur am 23.9.85, 14-15 Uhr, der Beleuchtungsstärke ganztags am 24.9.94.

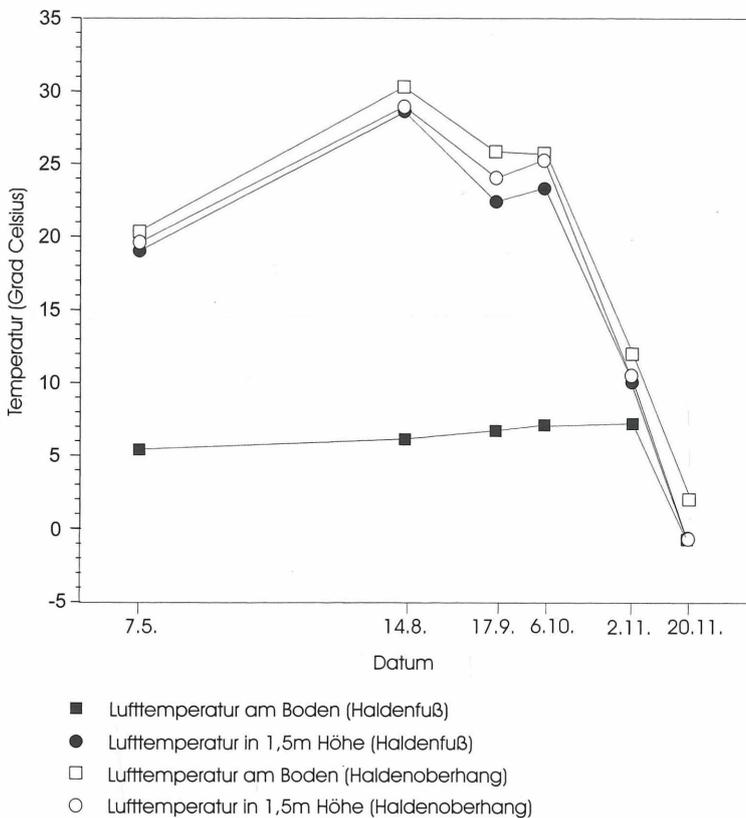


Abb. 4: Temperaturmessung an einer Blockschutthalde auf der Wied bei Pommelsbrunn im Jahr 1998.

mals Kaltluftaustritte nachgewiesen werden. Die Lufttemperatur am Boden zeigte vielmehr die gleichen Schwankungen wie die Umgebungstemperatur und lag aufgrund der stärkeren Erwärmung der bodennahen Luftschichten durch die Reflektion der Kalkscherben im Schnitt um 1,4 °C höher. Für die Vegetation von besonderer Bedeutung ist die am Haldenfuß gleichbleibend hohe relative Luftfeuchtigkeit, die ständig über 80% lag.

Schon am 2.11. ließ sich bei kühler Witterung ein Kaltluftstrom nicht mehr deutlich wahrnehmen, allerdings noch anhand der Temperatur nachweisen. Am 20.11., während einer Frostperiode mit einer geschlossenen Schneedecke, war die Kaltluftströmung völlig zum Erliegen gekommen. Es bestanden so gut wie keine Temperaturunterschiede mehr zwischen der Umgebungstemperatur der Luft am Haldenfuß und am Haldenoberhang sowie an den ehemaligen Kaltluftaustritten. Dafür zeichnete sich der Beginn der Umkehr des Luftstromes im Haldeninneren an. Der Schnee um die Meßstelle am Haldenoberhang war stellenweise geschmolzen. Während die Umgebungstemperatur bei -0,9 °C lag, betrug die Lufttemperatur an schneefreien Bereichen am Boden 1,8 °C.

Hauptfaktor für dieses Temperaturphänomen scheint der Isolationseffekt zu sein, den die luftegefüllten Halden auf den Felsuntergrund ausüben, der daher – bei gegebener Mindestmächtigkeit der Halde von einigen Metern – das ganze Jahr über eine gleichmäßige Temperatur um 7–8° Celsius (entsprechend der Jahresmitteltemperatur) aufweist (vgl. Tab. 2). Im Hohlraumssystem der Halde kann die Luft zirkulieren und mit diesem – im Sommer im Vergleich zur offenliegenden Erdoberfläche – kalten Gestein direkt in Berührung kommen,

Tabelle 2: Ergebnisse der Temperaturmessung auf einer südexponierten Blockschutthalde auf der Wied bei Pommelsbrunn

Datum	Haldenfuß					Haldenoberhang		
	1,5m über dem Boden		am Boden		Diff. (°C)	1,5m ü. Boden	am Boden	Diff. (°C)
	Temp. (°C)	Rel. Luftf.	Temp. (°C)	Rel. Luftf.		Temp. (°C)	Temp. (°C)	
7.5.98	19,1 (0,3)	52%	5,4 (0,6)	85%	13,7	19,7 (0,6)	20,6 (0,4)	-0,9
14.8.98	28,6 (0,2)	33%	6,2 (0,5)	85%	22,4	28,9 (0,7)	30,5 (1,2)	-1,6
17.9.98	22,4 (0,4)	48%	6,7 (0,8)	83%	15,7	24,0 (0,0)	26,6 (1,7)	-2,6
6.10.98	23,3 (0,5)	50%	7,1 (0,2)	86%	16,2	25,4 (0,4)	25,7 (4,2)	-0,3
2.11.98	10,1 (0,3)	59%	7,2 (0,4)	81%	2,9	10,5 (0,3)	12,3 (1,4)	-1,8
20.11.98	-0,8 (0,1)	83%	-0,8 (0,1)	83%	0,0	-0,9 (0,1)	1,8 (0,8)	-2,7

Zeitraum der Messungen jeweils 14-15 Uhr. Werte in Klammern: Standardabweichung, n=30.

sich abkühlen und in einem Windröhrensystem, wie es schon von PFAFF (1933) für die Eislöcher in Überetsch beschrieben wurde, austreten. Eine verstärkende Rolle bei den beobachteten Kaltluftaustritten kann Verdunstungskälte spielen, hervorgerufen durch eindringendes Niederschlagswasser. Eventuell ist hierbei auch der unterlagernde, wasserführende Ornatenton von Bedeutung. Im Gegenzug wird im Oberteil der Halde die vergleichsweise warme Umgebungsluft nachgesogen, wodurch sich der Haldenkörper im Oberhangbereich bis ins Innere allmählich erwärmt.

Umgekehrt gilt für die Warmluftaustritte im Winter. Wiederum ist an Isolationseffekte der luftgefüllten Halde zu denken, die in diesem Fall den Felsuntergrund im Winter vor dem Ausfrieren bewahrt und langsam die gespeicherte Wärme in Form von aufsteigender Warmluft abgibt. Im Gebirge könnten derartige Warmluftaustritte durch die Verlängerung der Vegetationszeit für das Vorkommen submontaner Pflanzenarten in relativ hohen Meereshöhen verantwortlich sein (KUBAT 1974). WALTER & MEDINA (1969) trafen in den Anden Venezuelas auf *Polylepis sericea*-Wäldchen weit oberhalb der Waldgrenze, die ihr Vorkommen offensichtlich den günstigeren Bodentemperaturen auf den warmen Oberhängen von Blockhalden verdankten. Dieses Luftzirkulationssystem funktioniert nur dann, wenn genügend Hohlräume in der Halde vorhanden sind. Mergelreiche Feinschutthalde sind also von derartigen Erscheinungen ausgenommen.

Auf jeden Fall sind die Kaltluftaustritte am Haldenfuß für die Vegetation bedeutungsvoll, da die ausströmende Luft nicht nur kühl, sondern auch relativ feucht ist. Bei vorgelagerten Mulden kann sich die kühle Luft überdies lange in Kaltluftseen halten. Im Oberteil der Halde kommt es dagegen – zusammen mit Hanglage und Exposition – zur Ausbildung eines wärmebegünstigten Lebensraumes. Eine Blockschutthalde besitzt also gleichzeitig zwei temperaturbedingte Sonderstandorte (vgl. auch LÜTH 1990).

Das oben beschriebene Phänomen ist schon lange aus dem Alpenraum als „Eislöcher, Wind- oder Wetterlöcher“ bekannt (vgl. z.B. CYSAT 1661, zit. in FURRER 1966). Überlegungen zu Ursachen derartiger Kaltluftströmungen und ihren Auswirkungen auf die Vegetation finden sich beispielsweise bei PFAFF (1933), JALAS (1961), FURRER (1961, 1966, 1972), PUNZ et al. (1989) und aus der Frankenalb bei HEMP (1986). Neuerdings wird auch die zoogeographische Bedeutung solcher Sonderstandorte im außeralpinen Mitteleuropa für Relikt-Tierarten aus den Kaltzeiten verstärkt untersucht (vgl. RUZICKA et al. 1995, MOLEND A 1996a,b).

Die Ursachen und Wirkungsmechanismen dieses Temperaturphänomens sind noch nicht restlos geklärt. MOLEND A (1996a) und WUNDER & MÖSELER (1996) vermuten, daß sich die betreffenden Blockhalden durch einen Eiskern im Inneren auszeichnen, der im Sommer durch sein langsames Schmelzen die Luft im Hohlraumssystem der Halde abkühlt,

die dann, der Schwerkraft folgend, am Haldenfuß ausströmt. Im Winter dagegen wird durch Eisneubildung Wärme frei, die als Warmluft aufsteigt und im oberen Haldenbereich austritt. Als Beleg führen WUNDER & MÖSELER (1996) Messungen an einer Basaltblockhalde in der Eifel an. Aus den Tagesmitteltemperaturen eines ganzen Jahres, gemessen in Felszwischenräumen an Kaltluftaustritten, errechnen sie für die ausströmende Kaltluft einen Mittelwert von nur 2,8 °C. Hieraus schließen sie auf einen Eiskern im Inneren der Halde, da dieser niedrige Wert durch Verdunstungskälte nicht erreicht werden könnte. Bei dieser Berechnung scheint mir jedoch ein grundlegender Fehler unterlaufen zu sein: Die an kalten Tagen gemessenen Werte, die bei WUNDER & MÖSELER (ebd.) zum Teil deutlich unter -10 °C liegen, dürfen natürlich nicht als ausströmende Kaltluft bewertet werden, sondern beruhen auf der kalten Lufttemperatur der Umgebung. Es dürfen nur solche Tage in die Berechnung der mittleren Temperatur der ausströmenden Kaltluft einbezogen werden, an denen die Umgebungstemperatur gleich hoch oder höher liegt als die Temperatur der auströmenden Luft, ansonsten erhält man einen viel zu niedrigen Wert. Läßt man die kühleren Tage außer acht, so schwanken auch in der Eifel die Temperaturen der ausströmenden Kaltluft um einen Mittelwert von 5 °C, den man ohne weiteres als mittlere Jahrestemperatur dieses Raumes abzüglich eines Wertes, der auf Verdunstungskälte zurückzuführen ist, interpretieren kann. Der Mittelwert von 2,8 °C stellt dagegen die Jahresmitteltemperatur dar, die am Standort des Haldenfußes um die Kaltluftaustritte herrscht und sich aus mikro- und makroklimatischen Einflüssen ergibt und als solche natürlich für die Vegetation von Bedeutung ist. Das langsame Ansteigen der Temperaturkurve der ausströmenden Kaltluft spiegelt also nicht den fortschreitenden Schwund des Eises, sondern die langsame Erwärmung des Untergrundes im Jahresgang wider. Anders verhält es sich in größerer Meereshöhe mit kühlerem Klima, beispielsweise im Alpenraum, wo (fossile) Eiskerne in Blockschutthalden in Betracht gezogen werden können.

Die gemessenen Temperaturen in der Eifel entsprechen den Verhältnissen in der Frankenalb: Am 19.8.1995 maßen WUNDER & MÖSELER (1996) bei einer Außentemperatur von 22,5 °C am Kaltluftaustritt 6,7 °C. Auf der in ähnlicher Meereshöhe gelegenen Wied betrug am 14.8.1998 diese Werte 28,6 °C und 6,2 °C. Es ist wahrscheinlich, daß auch die Jahresmitteltemperaturen um die Kaltluftaustritte ähnlich stark erniedrigt sind wie in der Eifel. Das bedeutet, derartige in der submontanen Höhenstufe gelegene Standorte der Frankenalb besitzen einen hochmontanen Klimacharakter.

5. Verbreitung der Blockschutthalden in der Nördlichen Frankenalb

Natürliche, auf Hangrutschungen zurückzuführende Blockschutthalden gibt es in der Nördlichen Frankenalb fast ausschließlicly am westlichen Albtrauf (Abb. 1). Der östliche Rand der Alb besitzt im Bereich des Dogger-Hügellandes, südlich einer Linie Bayreuth-Bamberg, keinen aus verschiedenen Schichtstufen aufgebauten Trauf, während die nördlich gelegenen Bereiche keine starken Höhenunterschiede und damit keine genügend große Reliefenergie zur Entstehung größerer Bergrutsche aufweisen. Seltener finden sich Blockschutthalden unter den Dolomitriffen im zentralen Albgebiet.

Die größten natürlichen Blockschutthalden der Frankenalb liegen in der Pegnitzalb bei Hersbruck, einem Gebiet, das sich durch große Höhenunterschiede auszeichnet und dadurch besonders berggrutschgefährdet ist. Hierbei sind hauptsächlich der Lindenberg bei Hohenstadt und die Houbirg bei Happurg (beide mit rund 15 ha offener Schuttfluren), die Wied, der Zankelstein und die Mühlkoppe bei Pommelsbrunn sowie die Windburg bei Hubmersberg neben zahlreichen kleineren Flächen zu nennen (Abb. 5). Für alle genannten Gebiete existieren Vegetationskarten (HEMP, A. & HEMP, C. 1996 sowie nicht publizierte Pflegepläne und Gutachten).

In der Wiesent- und Weismainalb sind größere natürliche Blockschutthalden dagegen wesentlich seltener und in ihrer Ausdehnung meist mit den Halden der Pegnitzalb nicht zu vergleichen. Erwähnenswerte Halden gibt es nur an der Friesener Warte, bei Tiefenstürmig

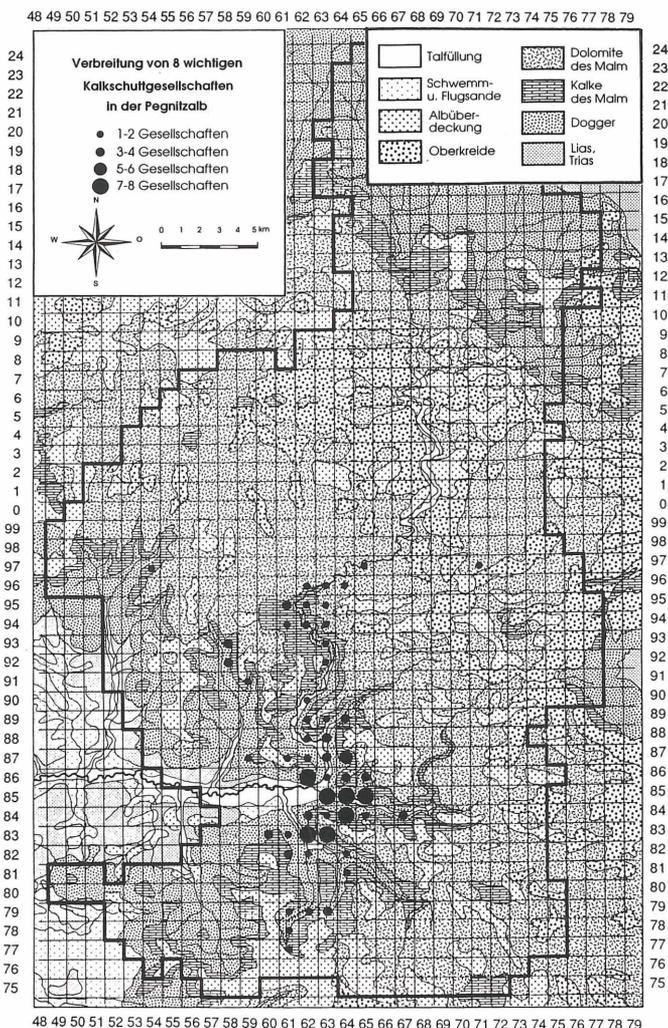


Abb. 5: Verbreitung des *Bromo-Seslerietum allietosum*, *Galeopsietum typicum*, *Galeopsietum clematidetosum*, *Geranietum homalotheciotosum*, *Gymnocarpietum robertiani*, *Teucrio-Melicetum campanuletosum*, *Teucrio-Melicetum*, *Echium*-Var. und *Vincetoxico-Seselietaum* in der Pegnitzalb.

(beide wohl anthropogenen Ursprungs), am Wacktknock bei Ebermannstadt, die auf einen Berggrutsch in historischer Zeit zurückgehen (vgl. SCHERZER 1922), und am Hardtberg im Trubachtal.

Welche Gründe lassen sich für diese auffällige Häufung von Blockschutthalden im Traufgebiet der Pegnitzalb anführen? Die geologischen Schichtungsverhältnisse sind die gleichen wie in der Wiesentalb, ebenso die relativen Höhenunterschiede; Hanggrutschungen ereignen sich hier wie dort. Allerdings fällt auf, daß die Halden der Wiesent- und Weismainalb wesentlich mergelreicher sind als die des Pegnitzgebietes. Dies hat zur Folge, daß selbst Grobblockhalden, sofern es sie gibt, deutlich feinerdreicher und als Standort für die Gesellschaften der *Thlaspietea* weniger geeignet sind als in der Pegnitzalb. Außerdem

bewalden sich mergelreiche Feinschutthalden schneller als feinschuttarme Blockhalden. Das *Teucro-Melicetum* als eine typische Feinschuttgesellschaft ist dagegen auch in der Wiesent- und Weismainalb weit verbreitet.

Der Grund für diesen Mergelreichtum des nördlichen Teiles der Nördlichen Frankenalb liegt im Ries-Wiesentriff, das sich im Jura-Meer vom Ries bis zur heutigen Wiesentalb erstreckte und als Schranke die vom Nordwesten bodennah anströmende tonige Trübe zurückhielt (MEYER 1981). Dieses Riff trennte dadurch eine mergelreiche, also lehmreiche Fazies im Nordwesten (heutige Weismain- und Wiesentalb) von einer mergelarmen im Südosten (Pegnitzalb). Dieses Riff hat auch für die Verbreitung anderer Pflanzengesellschaften, beispielsweise der Dolomitkiefernwälder und Dolomitsandtrockenrasen, große Bedeutung (HEMP 1995, 1997b).

6. Die Pflanzengesellschaften

6.1 Syntaxonomische Übersicht

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* und dem Verband *Stipion calamagrostis* mit den beiden Assoziationen *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum*, vertreten.

Auch an charakteristischen Felsschuttpflanzen ist die Nördliche Frankenalb arm. So fehlt z. B. *Rumex scutatus*, während diese Art in der Südlichen Frankenalb und der Schwäbischen Alb zu finden ist. *Arabis alpina*, die als *Thlaspietea*-Art gilt, wächst in der Nördlichen Frankenalb v.a. auf Felsen (HEMP 1996c). Für das gegenseitige Übergreifen von Kennarten der Felsspaltvegetation (*Asplenietea*) und der Felsschuttvegetation gibt es auch in der Schwäbischen Alb mehrere Beispiele (SEBALD 1980). Charakteristisch für Schuttstandorte in der Nördlichen Frankenalb sind *Vincetoxicum hirundinaria*, *Homalothecium lutescens* und *Sedum maximum*, die alle eine subkontinentale Verbreitungstendenz aufweisen (OBERDORFER 1994, FREY & HALFMANN 1986) und daher an starke Temperaturunterschiede, wie sie an Blockschutthalden auftreten, angepaßt sind. Eine wichtige Rolle spielt auch *Geranium robertianum*, das auf Kalkschutthalden eine weite Standortamplitude besitzt (vgl. Stetigkeitstabelle).

Ungeachtet des Mangels eigentlicher Steinschuttgesellschaften der *Thlaspietea* gibt es im UG eine ganze Reihe von Kalkschutt besiedelnden Pflanzengesellschaften, 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-Geranium 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: Teucro botryos-Melicetum ciliatae Volk 1937
 Traubengamander-Wimperperlgasflur
- K: Trifolio-Geranietea sanguinei Müller 1961
- O: Origanetalia vulgaris Müller 1961
- V: Geranion sanguinei R. Tx. apud Müller 1961
- A: Vincetoxico hirundinariae-Seselietum libanotidis ass. nov.
 Heilwurz-Saum
- K: Festuco-Brometeta 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

Nach den neuen, europaweit ausgerichteten Gliederungsvorschlägen von VALACHOVIC et al. (1997) werden den *Tblaspietea* außer den auf einzelne Regionen beschränkten Felsschutt-Vegetationseinheiten (wie die *Drypidetea spinosae* der Balkanhalbinsel) auch die Vegetationseinheiten auf schwermetallbeeinflussten Abraumhalden der Klasse *Violetea calaminae* angegliedert (vgl. auch MUCINA 1997). Die *Stipetalia* gehen in den arealmäßig weiter gefaßten *Galio-Parietalia officinalis* auf. Hierbei ist das *Stipion* der zentrale Verband der Ordnung im südlichen Mitteleuropa von den Alpen bis in die deutschen Mittelgebirge und von den Pyrenäen bis in die Karpaten.

6.2 *Gymnocarpietum robertiani* Kuhn 1937, Tx. 1937 und *Bromo-Seslerietum* (Kuhn 1937) Oberd. 1957 (Vegetationstabelle 1)

Auf Grobschutt am Haldenfuß (mittlerer Anteil der Felstrümmer 87,7 %, mittlerer Durchmesser 17,2 cm) stellt sich das *Gymnocarpietum robertiani* (Ruprechtsfarnflur, a-e) ein. Das Expositionsdiagramm (Abb. 6) zeigt zwar keine eindeutig bevorzugte Himmelsrichtung, die besiedelten Standorte sind jedoch überwiegend schattig bis halbschattig (zwischen 53 % und 82 % relativer Beleuchtungsstärke) infolge ihrer Lage am Haldenfuß, oftmals in der Grenzzone zum Wald. Neben diesen Standortfaktoren sind die in Kap. 4 geschilderten mikroklimatischen Besonderheiten für die Verbreitung des *Gymnocarpietum* von Bedeutung (Abb. 3, Abb. 7 Verbreitung). An feuchten Kaltluftaustritten kann es daher auch in reiner Südlage auftreten. Allerdings unterscheidet sich die floristische Zusammensetzung an südexponierten, halbschattigen Halden von derjenigen an schattigen und ermöglicht so die Teilung in eine *Ctenidium molluscum*- und eine *Vincetoxicum hirundinaria*-Subassoziation. Innerhalb dieser beiden Subassoziationen lassen sich sukzessionsbedingte Varianten abtrennen.

Als Charakterart gedeiht der schuttstauende Ruprechtsfarn im *Gymnocarpietum*, der im Gegensatz zum nahe verwandten *Gymnocarpium dryopteris* ein dickeres, weniger stark verzweigtes Rhizom besitzt, das die Scherkräfte der sich bewegenden Gesteinsbrocken besser aufnehmen kann (GARTMANN 1985). *Gymnocarpium robertianum* kommt im UG auch als Trennart im *Cystopteridetum fragilis* vor (HEMP 1996c). In der Tschechischen Republik baut der Ruprechtsfarn eine eigene Felsspaltengesellschaft auf (*Asplenio rutaemurariae-Gymnocarpietum robertiani*, KOLBEK & SADLO 1994). Nach diesen beiden Autoren unterscheidet sich die Wuchsform des Ruprechtsfarns auf den ökologisch relativ günstigen Schutthalden von der Wuchsform, die dieser Farn in seichten Felsspalten besitzt. Auf Blockschutthalden wächst er als Geophyt mit langen und starken, biegsamen plagiotropischen Rhizomen, die relativ weit voneinander entfernte Verzweigungen aufweisen, und bildet schütterere, oft großflächige Bestände. Die Rhizome liegen meist 5–30 cm tief im Felsschuttsubstrat. An Felsen wächst die Art als Hemikryptophyt mit dünnen, kurzen, oft aufgerichteten, reich verzweigten Rhizomen.

Kennzeichnend für die Ruprechtsfarnflur ist weiterhin die reich entwickelte Moos-schicht, die innerhalb der untersuchten Gesellschaften hier ihren höchsten mittleren Deckungsgrad von 64,1 % erreicht (Tab. 3 im Kap. 6.7). *Geranium robertianum* gedeiht im

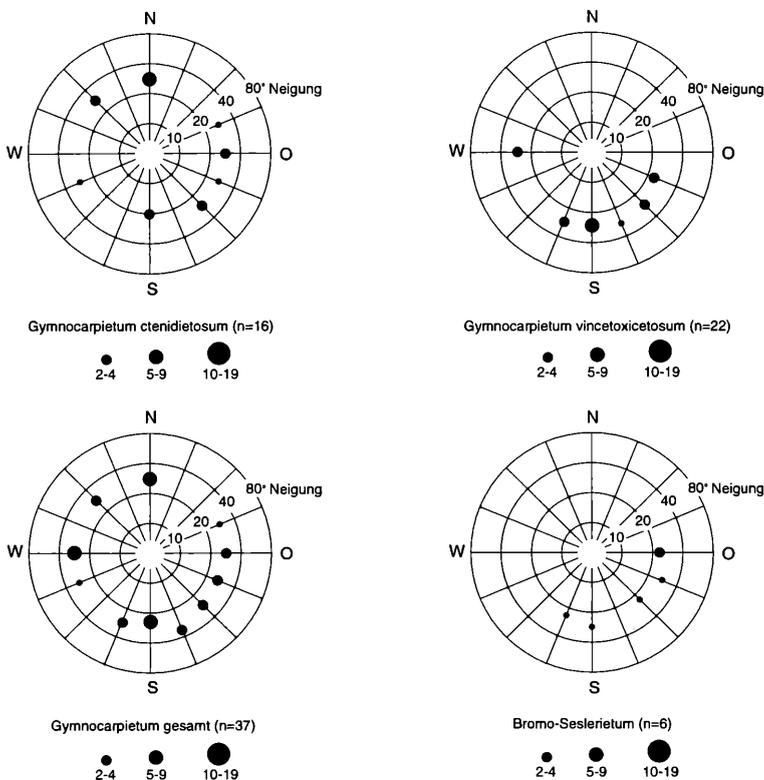


Abb. 6: Exposition und Neigung des *Gymnocarpietum robertianum* und *Bromo-Seslerietum allietosum*.

Gymnocarpietum häufig in dichten Beständen und *Cystopteris fragilis* und *Cardamine impatiens* sind gute Trennarten gegenüber den anderen Kalkschuttfloren.

Das mit hoher Deckung auftretende Kalkfelsesmoos *Ctenidium molluscum* besiedelt in der gleichnamigen Subassoziation (a + b) zusammen mit *Lamiastrum galeobdolon* agg. und *Dryopteris filix-mas* die schattigsten Haldenbereiche mit durchschnittlich 55 % relativer Beleuchtungsstärke, sei es in Nordexposition oder in Südlagen, hier allerdings nur im Schatten des angrenzenden Waldes. Im geschlossenen *Fraxino-Aceretum*, der typischen Kontaktgesellschaft, tritt *Gymnocarpietum robertianum* dagegen nur in der Stetigkeitsklasse II auf (HEMP 1995). Hier ist die Grenze seiner Schattenverträglichkeit erreicht.

Entlang eines meist schmalen Streifens am Übergang zum Wald, an der Grenzzone der offenen Blockschutthalde außerhalb der aktiven Schuttzzone, ist häufig eine *Sesleria*-reiche Variante (b) zu finden, die etwas günstigere Bodenbedingungen anzeigt: der Kalkscherbenanteil liegt hier bei 71,4 % statt bei 97,2 % und die Schuttgröße bei 18,7 cm statt 22,4 cm wie in der reinen Variante a.

Die *Vincetoxicum*-Subassoziation (c-e) meidet reine Nordlagen (vgl. Abb. 6) und zeichnet sich durch lichtfordernde Arten wie z. B. *Vincetoxicum hirundinaria*, *Ditrichum flexicaule* und *Sedum album* aus. Der durchschnittliche relative Lichtgenuß ist mit 71 % deutlich höher als in der *Ctenidium*-Subassoziation (Tab. 4 im Kap. 6.7).

Sekundäre Vorkommen des *Gymnocarpietum* auf Lesesteinriegeln u. ä. sind im UG selten. Nach dem *Epilobio-Geranietum homalothecetosum* (vgl. Kap. 6.3, Abb. 10) ist das *Gymnocarpietum* in der Pegnitzalb die häufigste Schuttflur (Abb. 7), da beschattete Block-

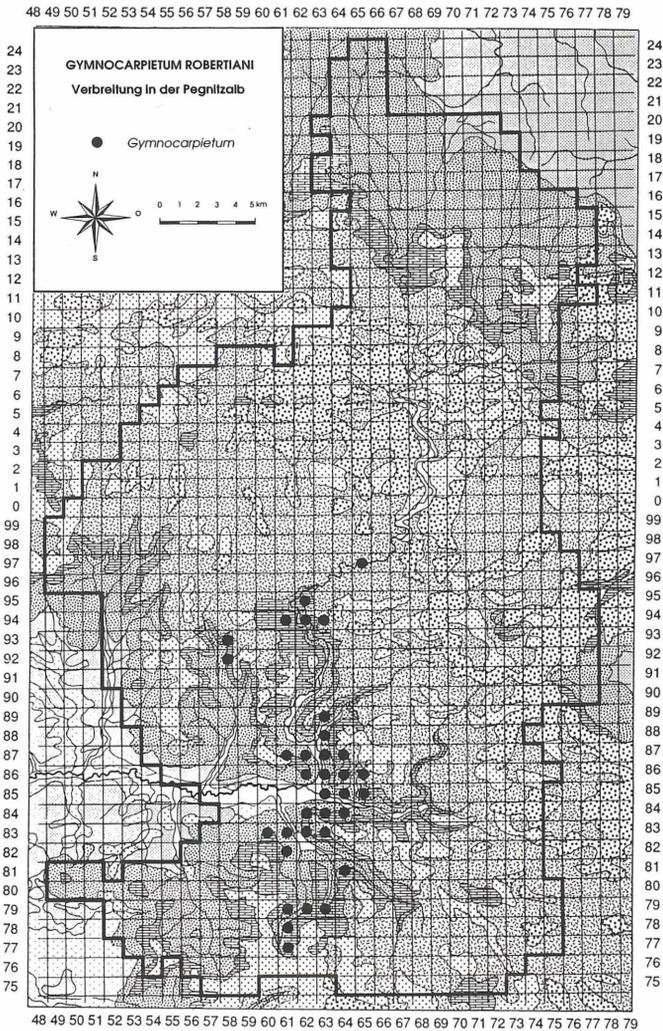


Abb. 7: Verbreitung des *Gymnocarpietum robertiani* in der Pegnitztal (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

schutthalden durch die zunehmende Verbuschung auf Kosten lichtoffener Halden in den letzten Jahrzehnten zugenommen haben und heute überwiegen (vgl. Kap. 7).

Unterbleibt Schuttnachlieferung aus oberen Partien, kommt die Halde zur Ruhe, so kann sich verstärkt humusreiche Feinerde zwischen den zerfallenden Steinen ansammeln: Ausgehend von einem Zwischenstadium mit *Rhytidium rugosum* (d) wird die Entwicklung über eine *Sesleria varia*-Variante (e) zu blaugrasreichen Magerrasen (f) eingeleitet. Als Zeiger für den zunehmenden Konsolidierungsgrad ist in diesen drei Gesellschaften neben *Rhytidium rugosum* und *Sesleria varia* vor allem *Thlaspi montanum* zu werten. Das *Bromo-Seslerietum allietosum* (f) stellt zwar den Abschluß der Sukzessionsreihe des *Gymnocarpietum vincetoxicetosum* vor dem Aufkommen des Waldes dar (vgl. Abb. 18), es kann aber, wie auch die *Sesleria*-Varianten des *Gymnocarpietum*, sehr dauerhaft sein (vgl. SEBALD 1980). Als Folgesellschaft besiedelt es ähnliche Expositionen wie das *Gymnocarpietum vincetoxicetosum* (Abb. 6) an halbschattigen, absonnigen Standorten mit durch-

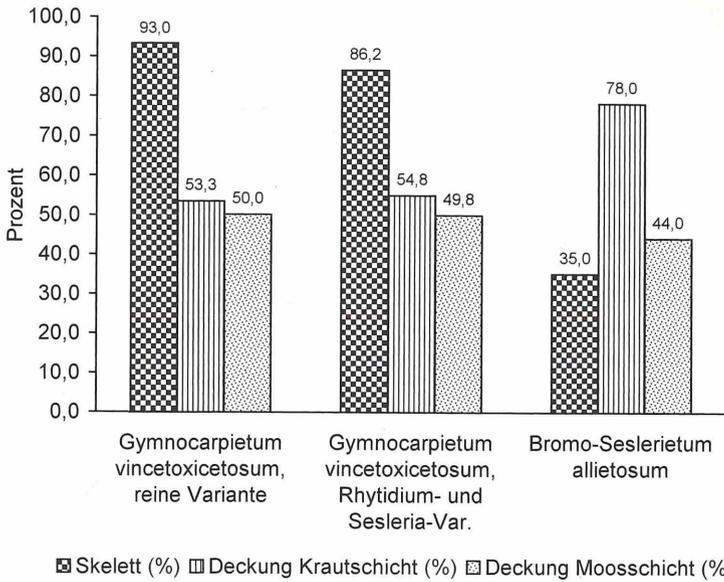


Abb. 8: Veränderung des Bodenskelettanteils und der Deckung der Kraut- und Moosschicht in der Sukzessionsreihe von der reinen Variante des *Gymnocarpietum vincetoxicetosum* zum *Bromo-Seslerietum allietosum*.

schnittlich 69 % relativer Beleuchtungsstärke. Im Verlauf der Entwicklung von der reinen Variante des *Gymnocarpietum vincetoxicetosum* auf bewegten Schutthalden mit durchschnittlich 93,0 % Skelettanteil zum *Bromo-Seslerietum* auf festliegenden Standorten mit 35,0 % Schuttanteil steigt die Deckung der Krautschicht von 53,3 % auf 78,0 %, während die der Moosschicht von 50,0 % auf 44,0 % sinkt (Tab. 3, Abb. 8).

Hauptbestandbildner im *Bromo-Seslerietum allietosum* ist *Sesleria varia*, daneben gewinnen zunehmend Arten der *Festuco-Brometea*, wie *Pimpinella saxifraga* und *Hippocrepis comosa*, aber auch der *Trifolio-Geranietea* (*Viola hirta* und *Anthericum ramosum*) an Bedeutung; auf *Thlaspi montanum* wurde bereits hingewiesen. Floristisch bemerkenswert ist das Vorkommen des Gescheckten Eisenhutes (*Aconitum variegatum*) und des Rasensteinbrechs (*Saxifraga decipiens*) in den blaugrasreichen Gesellschaften b, e und f (vgl. Kap. 7). Ähnlich wie auf Felsstandorten, wo die Vorkommen im Bereich zwischen 54 und 89 % relativer Beleuchtungsstärke liegen (HEMP 1996c), bevorzugt *Saxifraga decipiens* auch auf Blockschutthalden halbschattige Standorte zwischen 60 und 82 % relativer Beleuchtungsstärke

Am Hardtberg im Trubachtal gibt es auf sehr mergelreichen Felschutthalden in voll besonnener Lage blaugrasreiche Bestände mit *Carex humilis*, *Galium glaucum* und dem Endemiten *Hieracium franconicum*, die sich im Bestandaufbau, ihren Standortsansprüchen und ihrer Genese stark vom eben geschilderten Blaugrasrasentyp unterscheiden und den von OBERDORFER & KORNECK (1976) geschilderten Verhältnissen entsprechen (*Carex humilis*-Ausbildung des *Bromo-Seslerietum*, e23 in Stetigkeitstabelle). Darüberhinaus gedeihen in der Frankenalb Blaugrasrasen auf Felsriffen, die mit dealpinen Elementen wie *Cardaminopsis petraea*, *Draba aizoides* und *Arabis alpina* angereichert sind und im Zusammenhang mit Blockschutthalden keine Bedeutung haben.

Das *Gymnocarpietum* ist eine in Mittel- und Süddeutschland an entsprechenden Standorten verbreitete Schuttfurflur und beispielsweise aus Südthüringen (KAISER 1926, HILBIG 1971), dem Südharz (MEUSEL 1939), dem Südwestfälischen Bergland (BÜKER 1942,

BUDDE & BROCKHAUS 1954), dem hessischen Werrabergland (WINTERHOFF 1965) und der Schwäbischen Alb (KUHN 1937, SEBALD 1980, MÜLLER 1991, KOLTZENBURG 1995, HERTER 1996) beschrieben. Eine detaillierte Aufführung, die auch Vorkommen in anderen europäischen Ländern berücksichtigt, findet sich bei KOLBEK & SADLO (1994).

Eine der *Allium montanum*-Subassoziation nahestehende Felsschutt-Ausbildung des *Bromo-Seslerietum* mit *Thlaspi montanum*, *Vincetoxicum hirsutinaria* und vereinzelt *Gymnocarpium robertianum*, allerdings ohne den Berglauch, beschreibt KOLTZENBURG (1995) vom Nägelesfelsen in der Schwäbischen Alb. Die von SCHMIDT (1994) mitgeteilte *Allium montanum*-*Sesleria varia*-Gesellschaft aus dem Werratal besitzt außer den namensgebenden Arten keine floristischen und standörtlichen Gemeinsamkeiten zur vorliegenden Gesellschaft. Blaugrasrasen auf mergelreichen Felshalden sind dagegen wesentlich häufiger und aus mehreren Gegenden Deutschlands beschrieben. Hier ist neben dem *Bromo-Seslerietum* der Schwäbischen und Fränkischen Alb (vgl. KUHN 1937, ZIELONKOWSKI 1973, OBERDORFER & KORNECK 1976) das *Teucrio-Seslerietum* der süd- und mitteldeutschen Muschelkalkgebiete zu nennen (vgl. z. B. KAISER 1950, WINTERHOFF 1965, SCHMIDT 1994).

6.3 *Epilobio-Geranium robertianum* Lohm. in Oberd. et al. 1967 ex Görs et Müller 1969 und *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Kreh 1935) Lohm. 1949 (Vegetationstabelle 2)

Alliarion-Gesellschaften spielen auf den Blockschutthalden der Frankenalb eine bedeutende Rolle, insbesondere das *Epilobio-Geranium*, das hier eines seiner natürlichen Vorkommen besitzt. Eine Sonderstellung nimmt hierbei als kurzfristig auftretende Lichtungsgesellschaft die *Impatiens noli-tangere*-Subassoziation (a) ein, die im Bereich schattiger Blockschuttwälder (*Fraxino-Aceretum*) an durch umgestürzte Bäume entstandenen Lichtlücken gedeiht. Die Standorte sind vorwiegend nord- und ostexponiert (Abb. 9) und tief-schattig bis schattig, der Skelettanteil und die Schuttgröße sind mit 88,3 % und 28,3 cm groß (Tab. 3). Anzeichen hoher Feuchtigkeit sind neben dem dominant auftretenden Springkraut *Dryopteris filix-mas*, *Thamnobryum alopecurum*, *Plagiomnium undulatum* und *Ctenidium molluscum*.

MÜLLER (1981) unterscheidet mehrere Varianten des *Epilobio-Geranium impatiens-tosum*, zu denen die vorliegende Ausbildung als *Ctenidium molluscum*-Variante hinzuge stellt werden könnte.

Als eine weitere ausdauernde Schuttflur halbschattiger Standorte neben dem *Gymnocarpium*, jedoch mit größerer Amplitude, was die Faktoren Licht und Feuchtigkeit betrifft, kommt im Gebiet die *Homalothecium*-Subassoziation des *Epilobio-Geranium* (b+c) vor. In dieser sehr artenarmen *Alliarion*-Gesellschaft (mittlere Gefäßpflanzenzahl 6,4) gedeihen neben dem Stinkenden Storchschnabel meist nur *Sedum album* und Moose wie *Hypnum cupressiforme* und *Homalothecium lutescens*. Diese in der Pegnitzalb an Schutzstandorten verbreitete (vgl. Abb. 10) und auch auf Sekundärstandorten wie Lesesteinriegeln häufig vorkommende Gesellschaft vermittelt zwischen dem *Gymnocarpium* und *Galeopsietum* und besitzt den Schwerpunkt ihres Vorkommens an mittleren, nicht zu schattigen Haldenbereichen auf Grobschutt (mittlerer rel. Lichtgenuß 71 %, mittlerer Durchmesser der Felsbrocken 21 cm, mittlerer Skelettanteil 91 %). Sie ähnelt der *Cardaminopsis arenosa*-Variante des *Epilobio-Geranium typicum* bei MÜLLER (1981), die beispielsweise von BOHN & LOHMEYER (1990) aus der Rhön, von WINTERHOFF & HÖLLERMANN (1968) aus Nordhessen und von TÜRK (1994) aus dem Frankenwald in entsprechenden Ausbildungen beschrieben ist.

Innerhalb der *Homalothecium*-Subassoziation läßt sich eine reine Variante (b) an Standorten mit einer mittleren relativen Beleuchtungsstärke von 66 % von einer mehr Licht

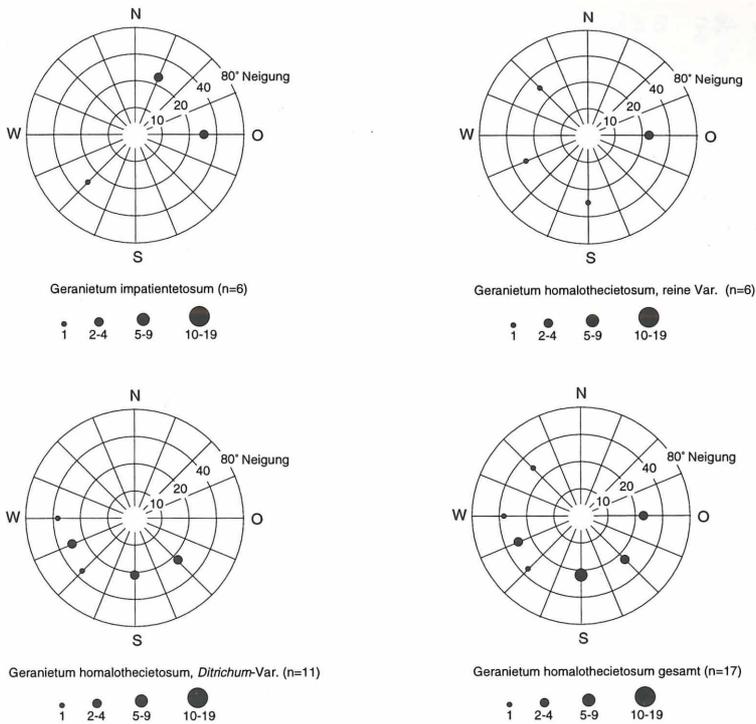


Abb. 9: Exposition und Neigung des *Epilobio-Geranium*.

benötigenden, vorwiegend südexponierten Variante (c, mittlerer relativer Lichtgenuß 77 %, Tab. 4, Abb. 9) mit *Ditrichum flexicaule*, *Tortella tortuosa* und *Schistidium apocarpum* unterscheiden, in der mitunter auch bereits schon *Galeopsis angustifolia* zu finden ist.

Eine lokale Besonderheit der Pegnitzalb stellt die *Aethusa cynapium* ssp. *cynapioides*-Ausbildung des *Chaerophylletum temuli* (d) dar. Synsystematisch gehört sie wie das *Epilobio-Geranium* dem *Alliarion*-Verband an, aber durch das reichliche Auftreten des Schmalblättrigen Hohlzahns steht sie bereits dem *Galeopsietum angustifoliae* sehr nahe. Sie findet sich auf bewegtem Feinschutt im Saum von Ahorn-Lindenwäldern und am Fuße halbschattiger Felspartien. Kennzeichnend ist neben Arten der Schutthalden die auffällig hohe *Aethusa cynapium* ssp. *cynapioides*, die auch in den angrenzenden Ahorn-Lindenwäldern vorkommt. Die Hohe Hundspetersilie ist in der Pegnitzalb nur auf diese Standorte mit wenigen Vorkommen beschränkt (zu Standortansprüchen und Verbreitung dieser Sippe in der Bundesrepublik Deutschland vgl. GERSTBERGER 1988).

Weiter verbreitet im Untersuchungsgebiet, aber insgesamt ebenfalls nur an wenigen Stellen kommen *Physalis alkekengi*-reiche Schuttfloren vor (e). Sie besiedeln ähnliche Standorte wie die vorige Gesellschaft und können ebenfalls zum *Alliarion-Chaerophylletum* gestellt werden. Neben der Judenkirsche ist besonders *Clematis vitalba* am Bestandaufbau beteiligt. Aus der Südlichen Frankenalb sind ebenfalls *Physalis*-Vorkommen auf Kalkschutt bekannt (MILBRADT 1997). Auch KAISER (1926) beschreibt eine *Physalis alkekengi*-Assoziation auf Kalkschutt aus dem thüringischen Muschelkalkgebiet. Auf flachgründigen Muschelkalkstandorten bei Jena gedeiht die Judenkirsche im *Physalo-Campanuletum*, einer *Caucalidion*-Gesellschaft extensiv bewirtschafteter Pfingstrosenkulturen, die deutliche Bezüge zu Kalkschuttfloren aufweist (HILBIG 1973, vgl. Kap. 6.5).

48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79

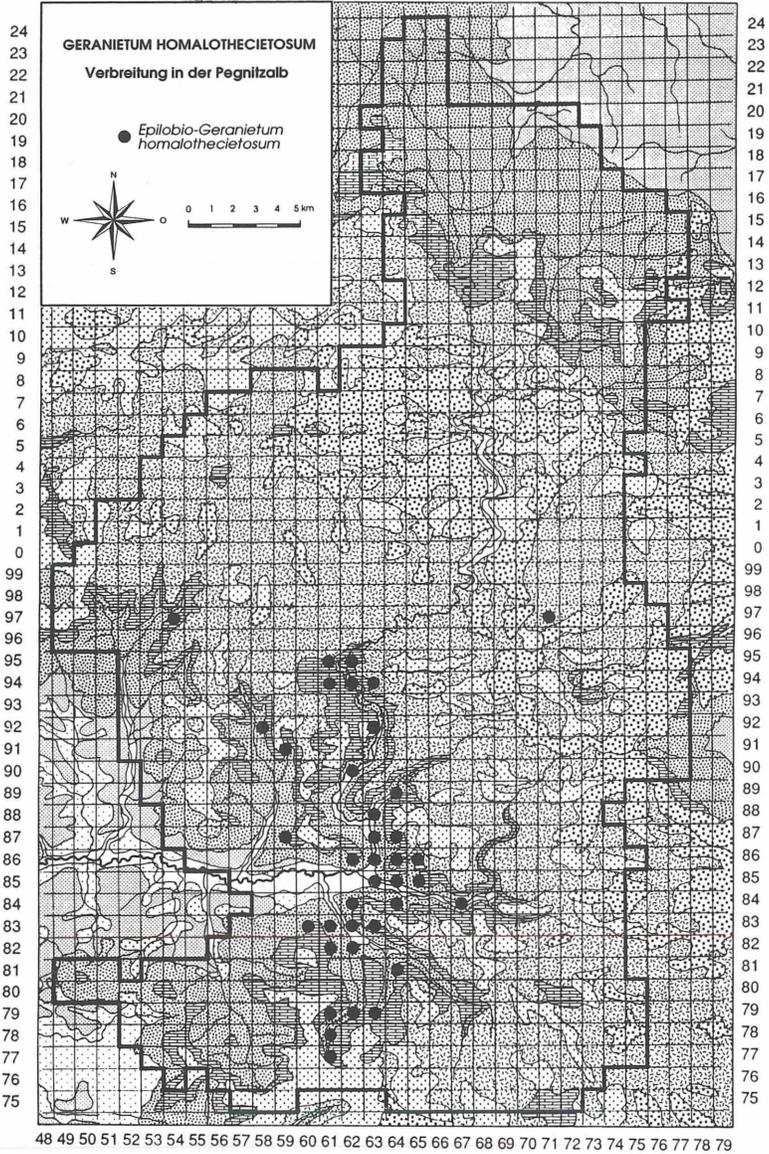


Abb. 10: Verbreitung des *Epilobio-Geranium homalothecietosum* in der Pegnitzalb, ohne sekundäre Vorkommen auf Lesesteinriegeln (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

6.4 *Galeopsietum angustifoliae* (Libb. 1938) Bük. 1942 (Vegetationstabelle 3)

Sonnige Schutthalden besiedelt die Gesellschaft des Schmalblättrigen Hohlzahnnes mit dem Therophyten *Galeopsis angustifolia* als Charakterart, die in einer reinen und einer Subassoziation mit *Vincetoxicum hirundinaria* vorliegt.

In der artenarmen **reinen Variante der reinen Subassoziation (a)** auf noch nicht zur Ruhe gekommenem Feinschutt (mittlerer Kalkscherbenanteil 100 %, mittlerer Durchmesser der Kalkscherben 6,5 cm, Tab. 3) finden in der Regel neben dem Hohlzahn selbst nur noch *Sedum album* und *Vincetoxicum hirundinaria*, allerdings mit geringen Deckungsgraden, ein Auskommen. Die Deckung der Krautschicht ist mit 14,3 % die geringste aller untersuchten Gesellschaften. Abgesehen von *Homalothecium lutescens*, dem Charaktermoos der Kalkschutthalden, gedeihen in der ebenfalls nur sehr spärlich entwickelten Mooschicht *Schistidium apocarpum* und *Orthotrichum anomalum*. Auch auf Bergsturzhalden in Nordhessen besitzt *Schistidium apocarpum* Pioniercharakter und besiedelt hier voll besonnte Standorte (FREY & HALFMANN 1986, KÜRSCHNER 1986).

Rhytidium rugosum, *Hieracium pilosella* und *Ranunculus bulbosus* leiten bei nachlassender Schuttnachlieferung mit der ***Rhytidium*-Variante des *Galeopsietum typicum* (b)** die Sukzession zu Trockenrasen der *Sedo-Scleranthetea* ein (*Teucrio-Melicetum*, *Echium*-Variante, Vegetationstabelle 4). Die *Rhytidium*-Variante gedeiht in Bereichen des schwächer geneigten Haldenfußes, die weniger häufig von nachstürzendem Gesteinsmaterial erreicht werden und zur Zerfallszone der Halde gehören (vgl. Kap. 4). In dieser Zerfallszone der Halde (mittlerer Skelettanteil 90,8 %, mittlerer Durchmesser der Kalkscherben 7 cm) liegt der zweite Vorkommensschwerpunkt des *Galeopsietum typicum*, das insgesamt sonnige Süd- bis Westexpositionen mit 80 bis 92 % relativer Beleuchtungsstärke bevorzugt (Abb. 11 und 17). Abgesehen von Steinbrüchen werden Sekundärstandorte im UG selten besiedelt. Nur auf besonnten, mit Steinen befestigten Bahndämmen tritt *Galeopsis angustifolia* mitunter auf. Auch auf isolierten, kleinen Blockschutthalden fehlt der lichtliebende Hohlzahn; er ist eine der ersten Arten, die bei zunehmender Beschattung verschwinden, und durch die zunehmende Verbuschung der Blockschutthalden (vgl. Kap. 7) heute wesentlich seltener zu finden als beispielsweise der schattentolerante Ruprechtsfarn (Abb. 12).

Die ***Clematis*-Subassoziation („Schwalbenwurzflur“, c–e)** ist durch das dominante Auftreten von *Vincetoxicum hirundinaria* gekennzeichnet, das zwar auch in der reinen Subassoziation mit hoher Stetigkeit vorkommt, dort aber nur geringere Deckungsgrade erreicht. Typisch sind neben der durch ihre zahlreichen Adventivwurzeln als Schuttbefestiger wirkenden Schwalbenwurz rankende Pflanzen wie Waldrebe (*Clematis vitalba*) und Brombeeren (*Rubus fruticosus* agg.). Die *Clematis*-Subassoziation gliedert sich in eine reine, eine (konsolidierte) *Rhytidium*- und eine *Origanum*-Variante. Standörtlich unterscheiden sich die reinen Varianten der beiden Subassoziationen durch die Größe der Gesteinsbrocken, die bei der *Clematis*-Untergesellschaft durchschnittlich 12,4 cm beträgt, während die reine Untergesellschaft auf Feinschutt mit 6,5 cm Durchmesser gedeiht. Letztere findet sich auf den oberen Haldenpartien und steigt nur auf Feinschuttbahnen bis zum Haldenfuß herab, während die Schwalbenwurzflur meist im Saumbereich der angrenzenden Wälder auftritt. Dies spiegelt sich auch in den Lichtverhältnissen wider: Das *Galeopsietum typicum* ist an die sonnigsten Standorte gebunden, während das *Galeopsietum clematidetosum* mit seinen Lichtansprüchen von 64 bis 78 % sich mit habschattigen Standorten begnügt (Abb. 16). Da sich beide Subassoziationen deutlich in ihrem Bestandaufbau und ihren Standortsansprüchen unterscheiden, werden sie in der Abb. 16 getrennt aufgeführt.

Das *Galeopsietum* ist eine auch in anderen deutschen Mittelgebirgen (Teutoburger Wald, Südwestfälisches Bergland, Eifel, Muschelkalkgebiete Hessens, Thürigens und Frankens, Schwäbische Alb) verbreitete Schuttflur auf kalkreichem Substrat (vgl. z. B. BÜKER 1942, WINTERHOFF 1965, SCHÖNFELDER 1967, LIENENBECKER 1969, HILBIG 1971, SCHUMACHER 1977, HERTER 1996) und aus dem UG von BRACKL & ZINTL (1983), SUCK & SUCK (1983) und MERKEL (1979) bereits durch Aufnahmen belegt. Schwalbenwurzreiche Schuttfluren sind in der Literatur als *Vincetoxicum*-Gesellschaft

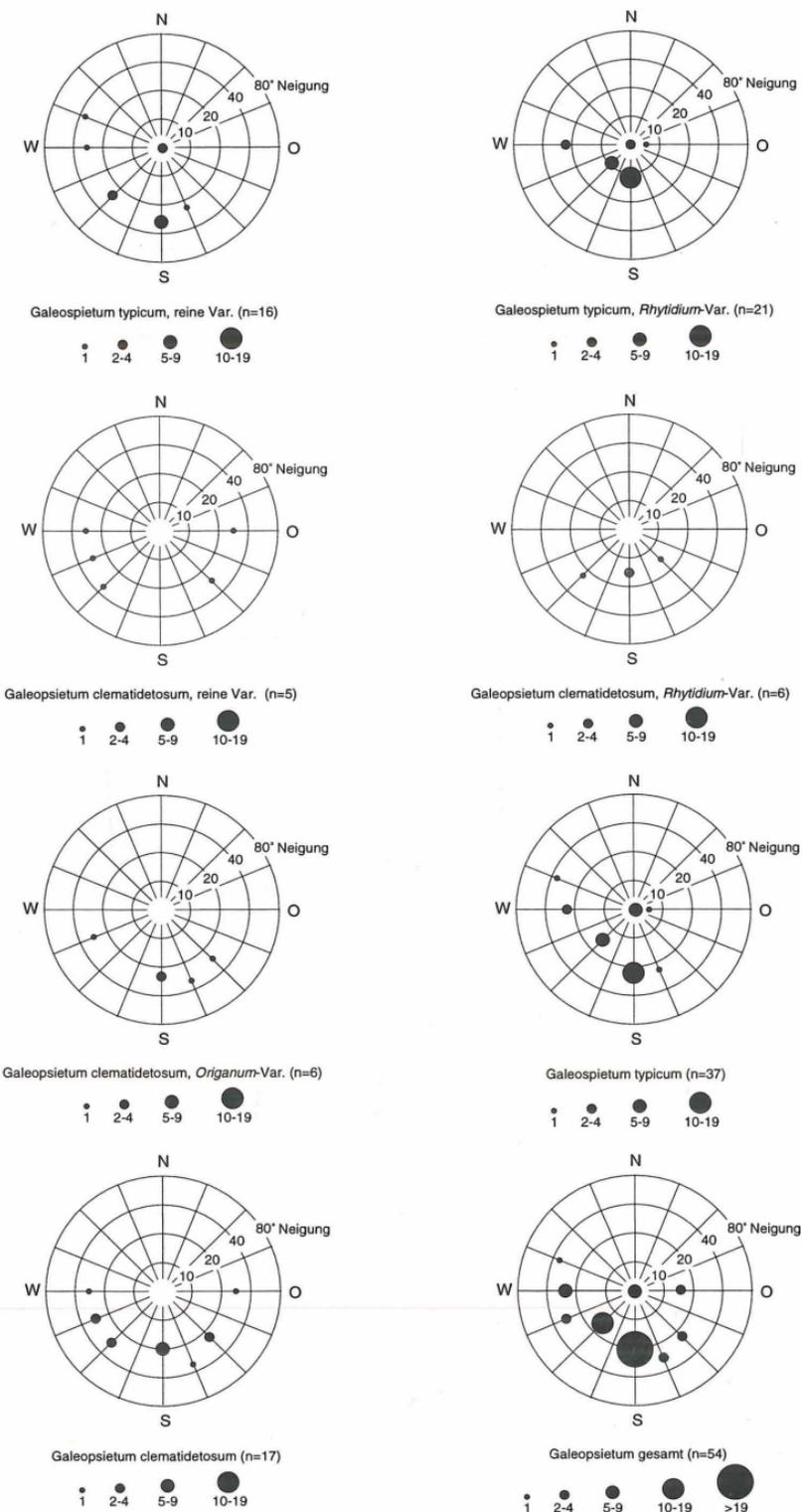


Abb. 11: Exposition und Neigung des *Galeopsietum angustifoliae*.

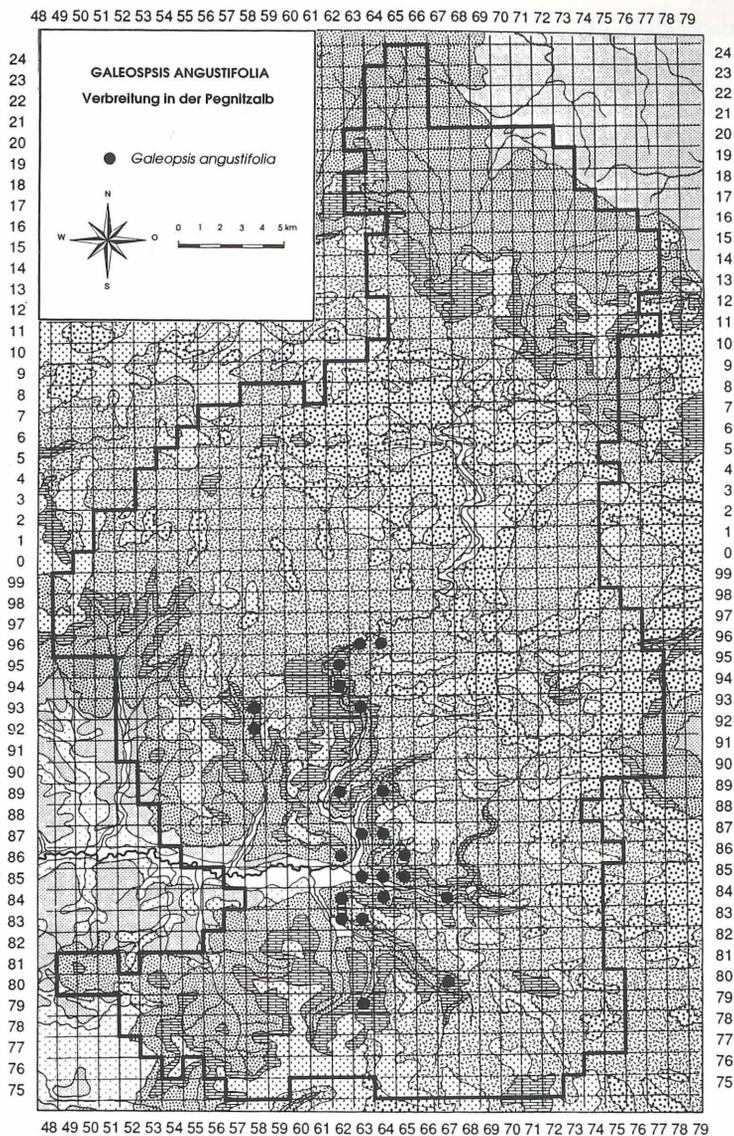


Abb. 12: Verbreitung von *Galeopsis angustifolia* in der Pegnitzalb (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

(„Schwalbenwurzflur“) beschrieben (KAISER 1926, KUHN 1937, SCHWICKERATH 1944, BUDDE & BROCKHAUS 1954, WINTERHOFF 1965, HILBIG 1971, ULLMANN 1977, KOLTZENBURG 1995, HERTER 1990, 1996) und finden sich ebenfalls in zahlreichen Mittelgebirgen von den Alpen bis ins Hohe Venn (SEIBERT 1974). Mitunter werden sie auch als Saumgesellschaften aufgefaßt (SCHUMACHER 1977, TÜRK 1994). Oftmals sind in den als *Vincetoxicum*-Gesellschaft beschriebenen Beständen Aufnahmen zusammengestellt, die zu verschiedenen Einheiten gehören. Die *Vincetoxicum*-Schuttfluren zeichnen sich hierbei meist durch *Geranium robertianum* aus, während sich die an Saumarten reichen Aufnahmen teilweise zum *Vincetoxico-Seselietum* stellen lassen (vgl. Kap. 6.6).

In vorliegendem Fall sollen die *Vincetoxicum*-reichen Bestände auf Kalkschutt dem *Galeopsietum* angegliedert werden, da die Charakterart *Galeopsis angustifolia* mit hoher Stetigkeit vertreten ist. Die synsystematische Stellung von *Vincetoxicum hirundinaria* selbst ist zwar unsicher (vgl. OBERDORFER 1994), die floristischen und standörtlichen Gegebenheiten derartiger Bestände in der Frankenalb sprechen aber für deren Zuordnung zu den *Stipetalia*. Auch bei VALACHOVIC et al. (1997) wird die Schwalbenwurz als Charakterart der wärmeliebenden Kalkschuttfluren der europaweit ausgerichteten Ordnung *Galio-Parietalia officinalis* angesehen (vgl. Kap. 6.1). In der Variante mit *Origanum vulgare* (e) ist die unbestreitbare Beziehung, die auch zu den Säumen der *Trifolio-Geranietaea* – hierbei zum *Vincetoxico-Seselietaum* – besteht, zwar deutlich zu erkennen, gleichzeitig werden jedoch auch die Unterschiede klar: die für sonnige Kalkschutthalden typische Moosflora (v. a. *Homalothecium lutescens*) und das im Vergleich zum *Vincetoxico-Seselietaum* deutliche Zurücktreten von Saum- und Rasenpflanzen weist die Schwalbenwurzflur als eine Kalkschuttgesellschaft aus. Auch *Geranium robertianum* ist eine gute Trennart der Schuttfluren.

VALACHOVIC (1990) trennt die Gesellschaften mit *Galeopsis angustifolia* der Fränkischen Alb, der Slowakei und der Karpaten als eigene Assoziation *Chaenorrhino-Galeopsietum angustifoliae* mit *Chaenarrhinum minus* als Charakterart ab und stellt sie dem eigentlichen *Galeopsietum angustifoliae* Südwestdeutschlands und des Schweizer Jura gegenüber. Dieser Einteilung kann ich nicht folgen, da *Chaenarrhinum minus* seinen Verbreitungsschwerpunkt im UG an Sekundärstandorten wie Bahnschotter u. ä. hat und im *Galeopsietum* nicht vorkommt; in allen untersuchten Schuttfluren wurde es nur zweimal im *Teucrio-Melicetum* gefunden.

6.5 *Teucrio botryos-Melicetum ciliatae* Volk 1937 (Vegetationstabelle 4)

Die in der Vegetationstabelle 4 enthaltenen Aufnahmen gehören zu zwei Ausprägungen des *Teucrio-Melicetum*, die sich standörtlich stark unterscheiden. Während die Subassoziation mit *Campanula rapunculoides* mergelreichen Feinschutt besiedelt, ist die Subassoziation mit *Rhytidium rugosum* an konsolidierten mergelarmen Blockschutt gebunden. Als Charakterart ist *Teucrium botrys* vertreten, als regionale Kennart kann *Hieracium baubini* gelten (zur Verbreitung in der Pegnitzalb vgl. Abb. 13). Typisch sind weiterhin *Anthemis tinctoria* und *Thlaspi perfoliatum*, bemerkenswert überdies das Vorkommen des Österreichischen Leines (*Linum austriacum*). Die zweite Charakterart, das namensgebende Wimperperlgras, fehlt den meisten Beständen; da *Melica ciliata* insgesamt in der Nördlichen Frankenalb selten ist und hier v. a. auf Felsen vorkommt, können die vorliegenden Bestände nur als eine artenarme, regionale Ausbildung des *Teucrio-Melicetum* angesehen werden (MÜLLER, OBERDORFER pers. Mitt.).

Teucrio-Melicetum, Campanula rapunculoides-Subassoziation (a). Diese Schuttflur ist im Gegensatz zum *Galeopsietum* eine Pioniergesellschaft mergelreicher Feinschutthalden und als solche in der Pegnitzalb unter den leicht verwitternden Malm Alpha-Bänken und meist nur sehr kleinräumig ausgebildet. In den übrigen Teilen der Nördlichen Frankenalb ist sie aus den in Kap. 5 aufgeführten geologischen Gründen dagegen die häufigste Kalkschuttgesellschaft. Die Standorte sind süd- bis westexponiert, 30 bis 40 Grad geneigt und als sonnig zu bezeichnen (Abb. 14). Entsprechend dem Pioniercharakter dieser Gesellschaft fällt die Deckung der Krautschicht mit *Daucus carota*, *Inula conyza*, *Senecio erucifolius* und *Campanula rapunculoides* nur spärlich aus (Tab. 3).

Die für die Gesellschaft typische, zur vegetativen Vermehrung mittels unterirdischer Seitensprosse befähigte Ackerglockenblume besitzt ein reich verzweigtes Wurzelsystem, wobei die Primärwurzel der Mutterpflanze und die Hauptwurzeln der Tochterpflanzen mehrjährige Rüben ausbilden (SUKOPP & LANGER 1996). Ergänzend zur Speicherfunktion dienen sie als Zugwurzeln. Damit ist *Campanula rapunculoides* gut an die instabilen Standortsverhältnisse mit ihrer ungünstigen Wasser- und Nährstoffversorgung angepaßt. Auf flachgründigen, skelettreichen Muschelkalkhängen bei Jena gedeiht sie im *Physalo-alkengi-Campanuletum rapunculoides*, einer *Caucalidion*-Gesellschaft extensiv bewirtschafte-

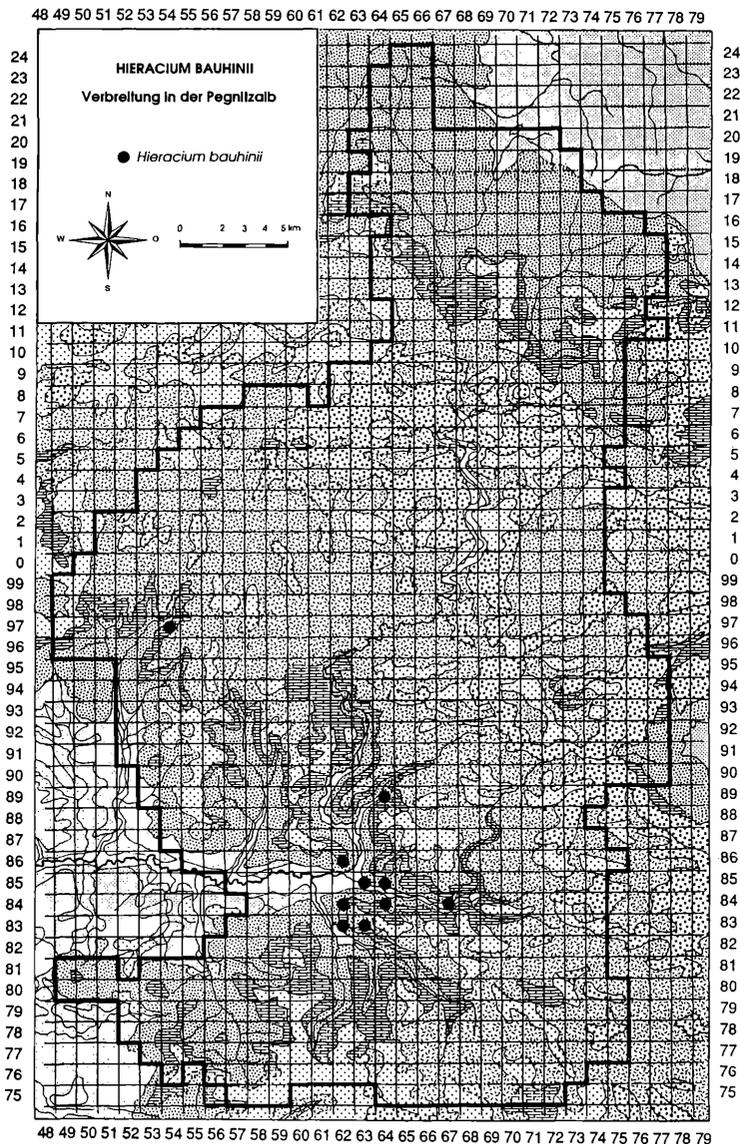


Abb. 13: Verbreitung der regionalen Charakterart des *Teucro-Melicetum Hieracium bauhinii* in der Pegnitzal (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

ter Pfingstrosenkulturen (HILBIG 1973), die mit *Teucrium botrys*, *Anthemis tinctoria* und *Galeopsis angustifolia* gewisse Gemeinsamkeiten mit vorliegender Gesellschaft aufweist. Besonders ungünstig ist die Besiedlungsmöglichkeit des infolge der Bodenlockerung durch Fröste und Quellungsvorgänge instabilen Substrates für Moose, worauf schon VOLK (1937) hinweist.

Die Hauptverbreitung des *Teucro-Melicetum* liegt in den Muschelkalkgebieten Hessens, Thüringens und Frankens (vgl. KAISER 1926, 1930, 1950, VOLK 1937, ULLMANN 1977, REICHHOFF 1975, SCHMIDT 1994). KORNECK (1976/1977) unterscheidet in Süddeutschland eine reine und eine Subassoziation mit dem Schmalblättrigen Hohlzahn, der die vorliegende Gesellschaft am ehesten entspricht.

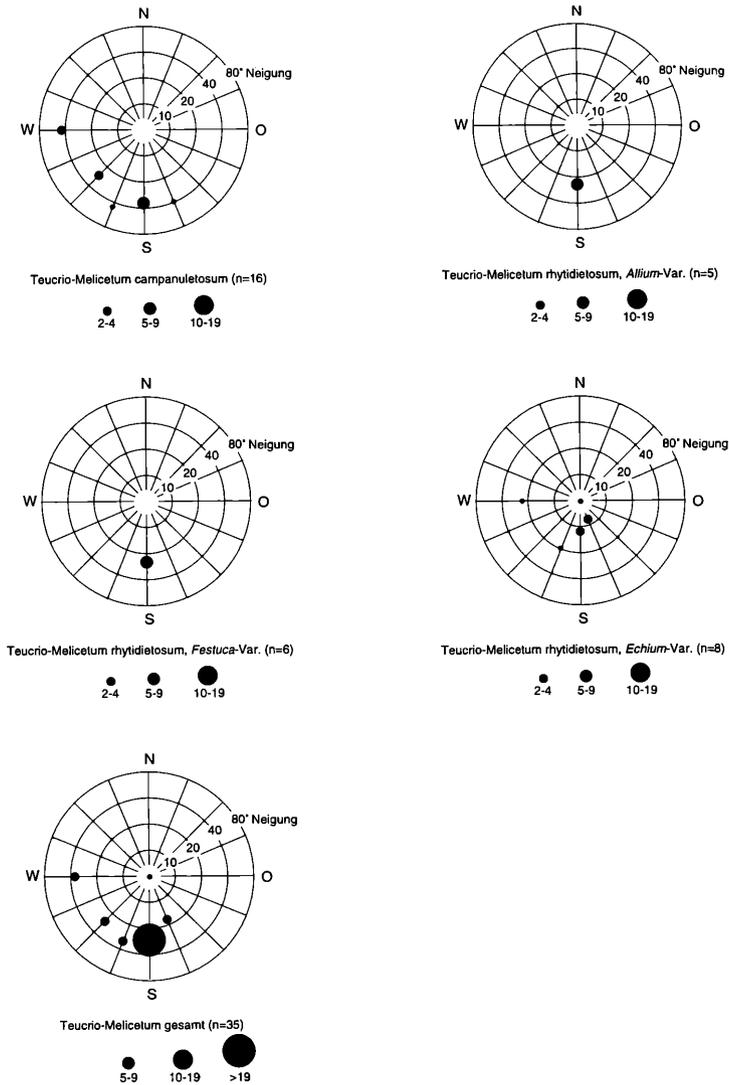


Abb. 14: Exposition und Neigung des *Teucrio-Melicetum*.

Die *Allium montanum*-Variante (b) und die *Festuca pallens*-Variante (c) der *Rhytidium*-Subassoziation sind nur von lokaler Bedeutung. Erstere besiedelt stark besonnte, abgerutschte Malmschollen in exponierter Lage (relativer Lichtgenuß 96%) und wurde nur auf der Wied bei Pommelsbrunn und der Houbirg angetroffen. Die *Festuca pallens*-Variante wächst auf skelettreichen Böden im Bereich des stillgelegten Teiles des Steinbruches bei Hartmannshof.

Dort, wo der Alterungsprozeß der besonnten Blockschutthalden in der Zerfallszone weiter fortgeschritten ist, ohne daß es zu Beschattungseffekten durch aufwachsende Gebüschse kommt, tritt die Pionierart *Galeopsis angustifolia* zurück, und Arten der Trockenrasen (*Sedo-Scleranthetea*) fassen in der *Echium*-Variante des *Teucrio-Melicetum rhytidetosum* (d) Fuß: *Anthemis tinctoria*, *Echium vulgare* und *Sedum sexangulare* bestimmen hier neben *Thlaspi perfoliatum*, *Arenaria serpyllifolia* und *Petrorhagia prolifera* das Bild. Die Standorte

ähneln sehr denen der konsolidierten Hohlzahnfluren, sowohl, was Hangneigung und Exposition betrifft (Abb. 14), als auch, was die mittlere Kalkscherbengröße von 6,5 cm betrifft. Allerdings liegt der Skelettanteil bei nur noch 55 %. Die reine Variante des *Galeopsietum typicum*, die *Rhytidium*-Variante, die *Echium*-Variante des *Teucrio-Melicetum* und das *Vincetoxico-Seselietum* bilden eine deutlich zusammenhängende Sukzessionsreihe (vgl. Kap. 6.7).

Synsystematisch lassen sich diese Bestände am ehesten dem *Teucrio-Melicetum* mit den oben gemachten Einschränkungen zuordnen; die Verwandtschaft zu konsolidierten Ausbildungen des *Galeopsietum* ist noch überdeutlich, wogegen es zur *Campanula*-Subassoziatio des *Teucrio-Melicetum* – abgesehen von der gemeinsamen Charakterart – standortsbedingt kaum Beziehungen gibt.

6.6 *Vincetoxico hirundinariae-Seselietum libanotidis* ass. nov. (Vegetationstabelle 5)

Als Folgegesellschaft von konsolidierten Hohlzahnfluren und Natternkopf-Trockenrasen besiedeln Heilwurz-reiche Saumgesellschaften lange zur Ruhe gekommene Schutthaldebereiche, seltener treten sie auch auf Felsen auf. Floristisch ähneln sie am ehesten dem *Geranio-Peucedanetum*, einer *Geranion*-Saumgesellschaft, die in den wärmeren Kalkgebieten Mittel- und Süddeutschlands weit verbreitet ist (vgl. MÜLLER 1962, 1966, 1977, MARSTALLER 1970, KORNECK 1974, WINTERHOFF 1965, WITSCHHEL 1980, HILBIG et al. 1982, PHILIPPI 1984, TÜRK & MEIEROTT 1992). Allerdings fehlen in den Beständen der zu behandelnden Saumgesellschaft (wie in der gesamten Pegnitzalb) die Charakterarten *Peucedanum cervaria* und *Thesium bavarum*. Heilwurz-Säume haben den Schwerpunkt ihrer Verbreitung im UG am Trauf der Pegnitzalb, in den übrigen Gebieten der Nördlichen Frankenalb sind sie aufgrund des weitgehenden Fehlens größerer Schuttf Flächen selten.

In der Wiesent- und Weismainalb finden sich dafür stellenweise gut entwickelte *Geranio-Peucedanetum*-Säume (Vegetationstabelle 6), die der submontanen Form angehören (vgl. MÜLLER 1962). Sie enthalten nur ausnahmsweise auch *Seseli libanotis*. Auf der Ehrenbürg gedeiht nach BRACKL & ZINTL (1983) die Heilwurz vereinzelt zusammen mit *Peucedanum cervaria* in brachliegenden, versauerten Mesobrometen, die der Gesellschaft a1 entsprechen. Das *Geranio-Peucedanetum* der Wiesent- und Weismainalb ist durch *Peucedanum cervaria* und *Thesium bavarum* gut charakterisiert und besitzt mit *Inula salicina*, *Geranium sanguineum*, *Carex humilis*, *Carduus defloratus* und *Laserpitium latifolium* zahlreiche weitere Arten, die es gut gegen die vorliegende Saumgesellschaft abgrenzen und die aus unten genannten Gründen in der Pegnitzalb (mit Ausnahme von *Laserpitium latifolium*) weitgehend fehlen. Aufnahme lfd. Nr. 17 aus der Wiesentalb bei Pottenstein dokumentiert die standörtliche (skelettreicher Boden am Fuße eines Dolomitfelsens) und räumliche Übergangssituation zwischen den beiden *Geranion*-Assoziationen. Insgesamt ist *Seseli libanotis* im UG wesentlich seltener als *Peucedanum cervaria*, beide Arten schließen sich in der Nördlichen Frankenalb weitgehend aus.

Ähnlich ist die Situation in den Muschelkalk- und Keuperlandschaften Nordbayerns. Hier spielt *Seseli libanotis* in den *Geranion*-Gesellschaften nach den Tabellen von TÜRK & MEIEROTT (1992) so gut wie keine Rolle. Im Tauber-Main-Gebiet fehlt die Heilwurz im *Geranio-Peucedanetum* und *Geranio-Dictamnietum* (PHILIPPI 1984), ebenso in der Rheinpfalz und im nördlichen Rheinhessen (KORNECK 1974).

Anders liegen die Verhältnisse in der Südlichen Frankenalb, der Schwäbischen Alb und in Mittelthüringen. Hier ist *Seseli libanotis* im *Geranio-Peucedanetum* mit höherer Stetigkeit vertreten und gilt in diesen Gebieten als regionale Charakterart (MÜLLER 1962, 1977, MARSTALLER 1970, vgl. auch WITSCHHEL 1980, KÖPPLER 1995 und HERTER 1996). Jedoch trifft auch hier zu, daß die Heilwurz wesentlich seltener als *Peucedanum cervaria* ist.

Allerdings ist das Gesamtareal von *Seseli libanotis* wesentlich größer als das von *Peucedanum cervaria* (nach HEGI 1975, MEUSEL et al. 1978, SEBALD et al. 1992). Es reicht von Spanien nordwärts bis Südnorwegen und ostwärts bis Japan und China und weist eine

obere Höhengrenze von 2500 m NN auf. *Peucedanum cervaria* hingegen geht nordwärts nur bis zur Oder und Weichsel und ostwärts bis Mittelrußland und steigt nur bis 920 m NN. Die Heilwurz hat also im Gegensatz zum Hirschhaarstrang ein deutlich kontinentales Verbreitungsgebiet.

Es stellt sich die Frage, wie der ökologische und soziologische Schwerpunkt der Heilwurz im UG zu bewerten ist. In der Nördlichen Frankenalb besiedelt sie zwei Haupttypen an Standorten: Felsen und Blockschutthalden. Das Fehlen von *Peucedanum cervaria* in der gesamten Pegnitzalb kann nicht auf eine arealbedingte Verarmung, wie beispielsweise am Nordrand des Verbreitungsgebietes der *Geranio-Säume* in Südniedersachsen und Nordhessen (MÜLLER 1962, WINTERHOFF 1965, DIERSCHKE 1974), zurückgeführt werden, und die Heilwurz-Säume können demzufolge nicht als artenarme Ausbildung des *Geranio-Peucedanetum* aufgefaßt werden. Vielmehr sind hierfür die landschaftlichen Besonderheiten der Pegnitzalb verantwortlich (vgl. HEMP 1996b): Die im Vergleich zur Wiesentalb relative Seltenheit sehr hoher, den Wald weit überragender Talflankenfelsen, andererseits der überaus große Reichtum an kleinen bis mittelhohen Felsriffen in der markant ausgebildeten Dolomittuppenalb sowie die aus den in Kap. 5 genannten Gründen besonders mergelarmen und ausgedehnten Blockschutthalden des Albtraufes sind für die Pegnitzalb charakteristische Merkmale, die sich besonders auf die Verbreitung felsbewohnender Eiszeitrelikte auswirken (HEMP 1996c), aber auch in vorliegendem Zusammenhang von Bedeutung sind.

Peucedanum cervaria ist als Element der „Steppenheide“ (vgl. MÜLLER 1962) auf dauerhaft waldfreie Standorte, wie sie hohe Felsen und große Blockschutthalden darstellen, angewiesen. Offensichtlich vermag es jedoch mergelarme Blockschutthalden, wie sie in der Pegnitzalb vorherrschen, nicht zu besiedeln, während dies *Seseli* sehr wohl kann. Dies erklärt das Fehlen von *Peucedanum* und weiterer, oben aufgeführter Kenn- und Trennarten des *Geranio-Peucedanetum* in der Pegnitzalb. Auch HEGI (1975) betont den Charakter der Heilwurz als Besiedlungspionier und Felsschutt- und Felsspaltenpflanze. Inwieweit hiermit die monokarpische Lebensform, d.h. das Absterben der zwei- bis mehrjährigen Pflanze nach einmaligem Blühen und Fruchten zusammenhängt, ist unklar. Es fällt auf, daß in manchen Jahren die Bestände der Heilwurz-Säume von *Seseli*-Blütenständen schier strotzen, während in anderen Jahren kaum ein blühendes Exemplar zu finden ist. Ausgebogene Heilwurz-Pflanzen wiesen, dies nun sicherlich in Anpassung an den Felsschutt-Standort, eine in den oberen fünf Zentimetern fingerdicke, danach ca. 0,5 cm dicke und bis zu 80 cm lange, sehr zugfeste, in ca. 15cm Tiefe horizontal streichende spindelförmige Wurzel auf.

Aufgrund der klaren floristischen und standörtlichen Unterschiede sollen die Heilwurz-Säume als *Vincetoxico-Seseliolum* an dieser Stelle neu beschrieben und dem *Peucedano-Geraniumetum* gegenübergestellt werden. *Lectotypus* dieser Assoziation und zugleich der *Homalothecium lutescens*-Subassoziation ist die Vegetationsaufnahme 595 in Vegetationstabelle 5, die der *Galium verum*-Subassoziation die Vegetationsaufnahme 122. Regionale Charakterart ist *Seseli libanotis*; *Vincetoxicum hircundinaria*, das seinen Verbreitungsschwerpunkt auf skelettreichen Standorten hat (vgl. VALACHOVIC et al. 1997), ist höchstet mit meist höherer Deckung vertreten und diagnostisch von hohem Wert. Neben den Dolomitkiefernwäldern (*Buphthalmo-Pinetum*) und deren vorgelagerten Säumen als Hauptstandort besitzen *Buphthalmum salicifolium* und *Polygala chamaebuxus* im *Vincetoxico-Seseliolum* einen weiteren Vorkommensschwerpunkt (vgl. die Stetigkeitstabellen der Pflanzengesellschaften der Pegnitzalb bei HEMP 1995). Seltener, aber besonders bezeichnend sind *Linaria vulgaris*, *Anthemis tinctoria*, *Picris hieracioides* und *Poa compressa*, aber auch der rankende *Lathyrus sylvestris*. Trennarten gegenüber dem *Geranio-Peucedanetum* sind neben den oben genannten vor allem die Sukzessionsrelikte der vorangegangenen Kalkschuttgesellschaften und als solche vor allem die unten aufgeführten Trennarten der *Homalothecium*-Subassoziation. Auf die im Vergleich zum *Geranio-Peucedanetum* gemäßigeren Standortbedingungen weisen die zahlreichen *Mesobromion*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten hin.

Die Bestände des *Vincetoxico-Seseliolum* untergliedern sich in eine *Homalothecium lutescens*-Subassoziation und eine *Galium verum*-Subassoziation. Die *Homalothecium*-Subassoziation (a), die den Gesellschaftskern darstellt, gedeiht im Kontakt zu Hohlzahnfluren

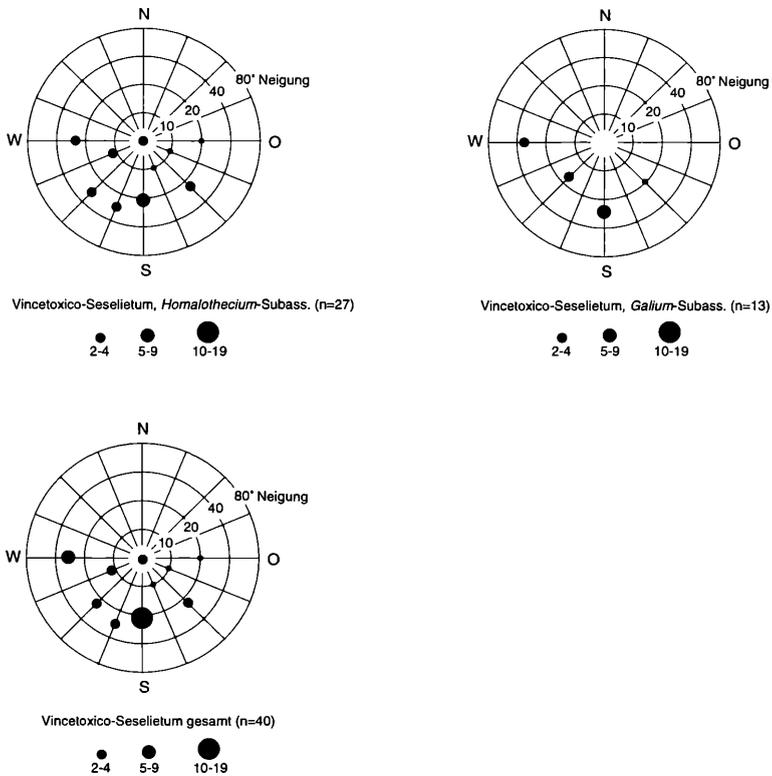


Abb. 15: Exposition und Neigung des *Vincetoxico-Seselieta*.

und Trockenrasen, deren direkte Folgegesellschaft sie ist (vgl. Kap. 6.7). Sie besiedelt hierbei sonnige, im Vergleich zu den Schuttfluren skelettärmere und feinkörnigere Standorte (relativer Lichtgenuß 84 %, mittlerer Kalkscherbenanteil der Böden 48,1 %, mittlere Schuttgröße 5,9 cm) in Südexposition (Abb. 15, Tab. 3).

Arten wie *Galeopsis angustifolia*, *Hieracium pilosella*, *Clematis vitalba*, *Teucrium botrys*, *Thlaspi perfoliatum*, *Homalothecium lutescens* und *Rhytidium rugosum* weisen als Sukzessionsrelikte auf die Entstehung aus konsolidierten Hohlzahnfluren und *Echium*-Trockenrasen zurück, während diese Arten in weiter vorgerückten Entwicklungsstadien (*Galium verum*-Subassoziation, b) vor allem durch höherwüchsige und, was die Bodenreifung betrifft, anspruchsvollere Vertreter der *Festuco-Brometea* (*Brachypodium pinnatum*, *Centaurea scabiosa*, *Galium verum*) verdrängt werden. Die *Galium verum*-Subassoziation kommt zudem auch oberhalb der Abbruchkante des Werkkalkes in Lichtungen des Blaugrasbuchenwaldes und Ahorn-Linden-Waldes sowie auf Felsriffen vor und weist Bezüge zum *Geranio-Peucedanetum* auf. Der Skelettanteil liegt mit 13,3 % deutlich niedriger als in der *Rhytidium*-Subassoziation; dies liegt neben Verwitterungsvorgängen vor allem daran, daß die *Galium verum*-Ausbildung häufig auf Rutschungen steht, die im Verlauf des Abgleitens eine Vermengung des Schuttes mit dem unterlagernden Tonschichten erfahren haben.

Das *Vincetoxico-Seselieta* kommt an vergleichbaren Standorten auch in anderen Mittelgebirgen vor, wurde bislang aber offensichtlich in seiner Eigenständigkeit übersehen und meist zur *Vincetoxicum*-Gesellschaft (Schwalbenwurzflur) gestellt (vgl. Kap. 6.4). So kann

die Aufnahme 4 in Tabelle 11 („Gesellschaft von *Vincetoxicum officinale*-*Brachypodium pin-natum*“) von einer Schutthalde im Neckargebiet der Schwäbischen Alb bei KUHN (1937) zwanglos zur *Rhytidium rugosum*-Subassoziation des *Vincetoxico-Seselietaum* gestellt werden. Auch in der Tabelle B.3 von HERTER (1996) sind die Aufnahmen der *Arrhenatherum*-Ausbildung der Schwalbenwurzflur aus dem Oberen Donautal (Nr. 73, 72, 10, 13, 2 und 74) sowie die Aufnahme 127 des *Rumicetum scutati galeopsietosum* zum *Vincetoxico-Seselietaum* zu stellen, wenngleich auch zu einer frühen Sukzessionsphase. Das Gleiche gilt für die von HILBIG (1971) mitgeteilten Bestände des *Vincetoxicetum officinalis* auf Diabas-Grob-schutthalden an der Bleilochtalesperre im thüringischen Saaletal (Tabelle 2, Aufnahme-Nr. 10–12).

Es zeichnen sich hierbei drei geographische Vikarianten des *Vincetoxico-Seselietaum* ab (Vegetationstabelle 6): Eine der Nördlichen Fränkischen Alb mit *Buphthalmum salicifolium* und *Polygala chamaebuxus*, eine Ausbildung der Schwäbischen Alb mit *Chrysanthemum adustum*, *Helleborus foetidus*, *Hieracium maculatum* und *Knautia dipsacifolia* und eine des thüringischen Vogtlandes mit *Verbascum nigrum*, *Lembotropis nigricans* und *Hieracium pal-lidum*.

Nach oben gegebener Beschreibung hat das *Vincetoxico-Seselietaum* seinen Vorkommens-schwerpunkt auf mergelarmen, festliegenden Schuttstandorten im Kontakt mit sonnen-exponierten *Thlaspietea*-Gesellschaften (*Galeopsietum angustifoliae*, *Rumicetum scutati*), das *Geranio-Peucedanetaum* dagegen auf mergelreichen Felsschutthalden oder Felsen im Kontakt mit Blaugras- und Erdseggenrasen (*Bromo-Seslerietum*, *Teucrio-Seslerietum*, *Pulsa-tillo-Caricetum humilis*) oder Felsfluren (*Diantho-Festucetum*).

Das azidokline Gegenstück des *Vincetoxico-Seselietaum* findet sich im *Teucrio scorodo-niae-Polygonatetaum odorati*, das KORNECK (1974) aus dem Nahebergland, der Nordpfalz und dem Moseltal beschreibt. *Seseli libanotis* wächst auch hier auf skelettreichen Böden, die allerdings kalkarm sind. Bezeichnenderweise spielt auch in dieser Gesellschaft *Vincetoxicum hirsutinaria* eine bedeutende Rolle.

Auf den Ostsee-Inseln Rügen und Seeland gibt es heilwurzreiche Saumgesellschaften, die von MÜLLER (1962) als artenarmes *Geranio-Peucedanetaum* aufgefaßt werden. Sie wei-sen Ähnlichkeiten mit dem *Vincetoxico-Seselietaum* auf (Vegetationstabelle 6, lfd. Nr. 69–74; die Überlassung der Originalaufnahmen verdanke ich Herrn Prof. Müller, Nürtingen). Da die Aufnahmeorte deutlich außerhalb des Verbreitungsgebietes von *Peucedanum cervaria* liegen, läßt sich diese Gesellschaft nur schwerlich dem *Geranio-Peucedanetaum* angliedern. Zur Klärung der syntaxonomischen Stellung wären weitere Untersuchungen nötig. Bei dem nur dem Namen nach ähnlichen, ansonsten aber u. a. durch das hochstete Vorkommen von *Bromus erectus* anders strukturierten *Seseli-Brometum* von ZOLLER (1954) handelt es sich um ein nicht mehr bewirtschaftetes anthropogenes *Mesobrometum* mit eindringenden Stauden der *Trifolio-Geranietea* (MÜLLER 1962). Die *Seseli libanotis*-Assoziation von KAISER (1926) repräsentiert dagegen einen auf den Stock gesetzten thermophilen Laub-wald, in dem kurzzeitig *Geranion*-Stauden dominieren.

6.7 Vergleich der untersuchten Gesellschaften

Je nach Exposition, Feuchtigkeit, Beschattung, Größe und Anteil der Kalkscherben, Alter, Beweglichkeit und Schuttnachlieferung werden die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb von unterschiedlichen Pflanzengesellschaften besiedelt.

In Abb. 16 ist die Spannweite der relativen Beleuchtungsstärke an den Standorten verschiedener Schuttgesellschaften dargestellt. Zum Vergleich sind die entsprechenden Werte der drei Felsspalten-Gesellschaften *Asplenio-Cystopteridetum*, *Asplenietum trichomano-rutae-murariae* und *Cardaminopsietum petraea* (aus HEMP 1996c) aufgetragen. Die Ergebnisse der Lichtmessungen zeigen (vgl. auch Tab. 4), daß sich die Kalkschuttgesellschaften in ihren Lichtansprüchen deutlich unterscheiden. Die schattenverträglichste Assoziation ist das *Gymnocarpietum*, das schattige bis halbschattige Standorte zwischen 53 % und 82 % relativer Beleuchtungsstärke besiedelt, im Vergleich zur Felsspaltenengesellschaft *Cystopteridetum* jedoch deutlich höhere Ansprüche an den Lichthaushalt stellt. Innerhalb des *Gymnocarpietum* bevorzugt die Subassoziation mit *Vincetoxicum hirundinaria* halbschattige Standorte. Für das Vorkommen des *Gymnocarpietum* ist hohe Luftfeuchtigkeit ausschlaggebend, wie sie vor allem am Haldenfuß infolge von Kaltluftaustritten herrscht. Beschattung spielt hierbei nur eine zweitrangige Rolle. Als Folgegesellschaft des *Gymnocarpietum vincetoxicetosum* ist auch das *Bromo-Seslerietum allietosum* in seinem Vorkommen an halbschattige Standorte gebunden, die ebenfalls kaltluftbeeinflusst sind. Das *Epilobio-Geraniatum* vermittelt in seinen Lichtansprüchen zwischen *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum*. Die beiden Subasso-

Tabelle 3: Wichtige Struktur- und Standortparameter der Schuttfloren

Gesellschaft	Skelett (%)	Schuttgröße (cm)	Deckung Krautschicht (%)	Deckung Moosschicht (%)	Artenzahl Moose und Flechten	Artenzahl Gefäßpflanzen
a1 Chaerophylletum, <i>Aethusa</i> -Ausb.			40,0			20,0
a2 Chaerophylletum, <i>Physalis</i> -Ausb.	62,5	5,5	55,0	5,0	1,0	13,5
a3 Epilobio-Geraniatum, <i>Impatiens</i> -Subass.	88,3	28,3	76,7	50,0	8,0	9,5
a4 Epilobio-Geraniatum, <i>Homalothecium</i> -Subass., reine Var.	88,3	27,5	24,2	49,2	5,7	4,8
a5 Epilobio-Geraniatum, <i>Homaloth.</i> -Subass., <i>Ditrichum</i> -Var.	92,0	17,7	25,7	60,5	5,7	7,2
Epilobio-Geraniatum gesamt	90,1	23,0	38,6	54,8	6,3	7,2
b6 Gymnocarpietum, <i>Ctenidium</i> -Subass., reine Var.	97,2	22,4	34,4	80,0	7,3	14,4
b7 Gymnocarpietum, <i>Ctenidium</i> -Subass., <i>Sesleria</i> -Var.	71,4	18,7	46,4	70,0	5,4	14,9
b8 Gymnocarpietum, <i>Vincetoxicum</i> -Subass., reine Var.	93,0	17,6	53,3	50,0	5,4	10,6
b9 Gymnocarpietum, <i>Vincetoxicum</i> -Subass., <i>Rhytidium</i> -Var.	86,3	13,6	49,4	50,6	6,9	18,2
b10 Gymnocarpietum, <i>Vincetoxicum</i> -Subass., <i>Sesleria</i> -Var.	86,0	17,4	67,0	48,0	4,2	20,6
Gymnocarpietum gesamt	87,7	17,2	50,7	64,1	6,4	16,0
b11 Galeopsietum, reine Subass., reine Var.	100,0	6,5	14,3	3,9	2,1	5,2
b12 Galeopsietum, reine Subass., <i>Rhytidium</i> -Var.	90,8	7,0	43,2	62,1	5,4	15,4
b13 Galeopsietum, <i>Clematis</i> -Subass., reine Var.	88,0	12,4	62,0	7,0	2,0	6,8
b14 Galeopsietum, <i>Clematis</i> -Subass., <i>Rhytidium</i> -Var.	95,0	9,5	48,3	51,7	4,7	10,3
b15 Galeopsietum, <i>Clematis</i> -Subass., <i>Origanum</i> -Var.	86,3	11,0	59,2	30,8	2,8	23,2
Galeopsietum gesamt	93,5	7,9	38,7	35,1	3,7	11,9
c16 Teucrio-Melicetum, <i>Campanula</i> -Subass.	64,3	5,8	19,4	1,7	1,4	22,1
c17 Teucrio-Melicetum, <i>Rhytidium</i> -Subass., <i>Allium</i> -Var.	86,0	8,8	54,0	56,0	4,2	22,8
c18 Teucrio-Melicetum, <i>Rhytidium</i> -Subass., <i>Festuca</i> -Var.	86,0	11,2	39,0	39,0	2,8	23,7
c19 Teucrio-Melicetum, <i>Rhytidium</i> -Subass., <i>Echium</i> -Var.	55,0	6,5	64,4	60,0	4,0	33,5
Teucrio-Melicetum gesamt	69,7	7,3	33,2	25,7	2,6	25,8
d20 Vincetoxico-Seseliatum, <i>Homalothecium</i> -Subass.	48,1	5,9	61,3	43,7	4,3	35,7
d21 Vincetoxico-Seseliatum, <i>Galium verum</i> -Subass.	13,3	7,3	78,2	14,8	2,5	36,6
Vincetoxico-Seseliatum gesamt	43,8	6,1	66,8	34,3	3,7	36,0
e22 Bromo-Seslerietum, <i>Allium montanum</i> -Subass.	35,0	15,5	78,0	44,0	4,2	32,8

ziationen der Hohlzahnflur unterscheiden sich in ihren Lichtansprüchen stark: während die *Clematis*-Ausbildung halbschattige Standorte besiedelt, gedeiht das *Galeopsietum typicum* nur an sonnigen Stellen, ebenso wie der Heilwurz-Saum.

Bei einem Vergleich der Lichtmessungsergebnisse mit dem Licht-Wert nach ELLENBERG et al. (1992) zeigen sich auffallende Abweichungen u.a. beim *Gymnocarpietum* und *Galeopsietum*. Da es sich in diesen Fällen um artenarme Gesellschaften handelt, in denen die namengebende Charakterart fast alleine vorherrscht, können die Lichtwerte auf die entspre-

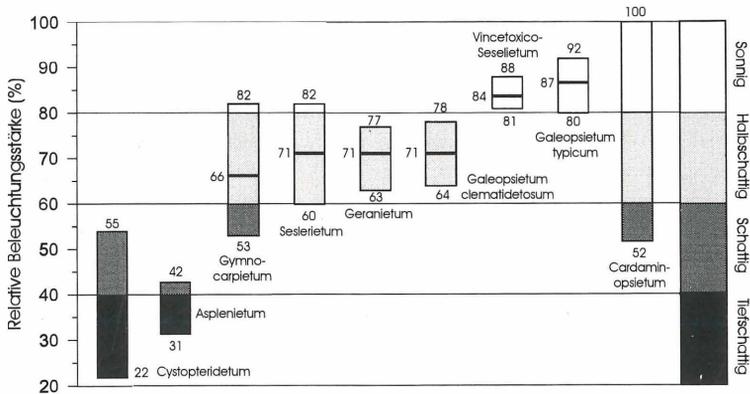


Abb. 16: Spannweite der relativen Beleuchtungsstärke an den Standorten wichtiger Kalkschuttgesellschaften im Vergleich zu den drei Felsspaltengesellschaften *Cystopteridetum*, *Asplenietum* und *Cardaminopsietum*.

Tabelle 4: Mittlere relative Beleuchtungsstärke an den Standorten wichtiger Kalkschuttfluren

Gesellschaft	Rel. Beleuchtungsstärke (%)	Standardabweichung	Stichprobenumfang
a4 Epilobio-Geranietum, <i>Homalothecium</i> -Subass., reine Var.	65,5		2
a5 Epilobio-Geranietum, <i>Homaloth.</i> -Subass., <i>Ditrichum</i> -Var.	76,5		2
Epilobio-Geranietum, <i>Homalothecium</i> -Subass..	71,0	6,7	4
b6 Gymnocarpietum, <i>Ctenidium</i> -Subass.	54,5		2
b8 Gymnocarpietum, <i>Vincetoxicum</i> -Subass.	71,3	7,7	4
Gymnocarpietum gesamt	65,7	10,6	6
b11 Galeopsietum, reine Subass., reine Var.	88,8	2,7	6
b12 Galeopsietum, reine Subass., <i>Rhytidium</i> -Var.	85,3	3,9	4
b11 Galeopsietum, reine Subass.	87,4	3,5	10
b13 Galeopsietum, <i>Clematis</i> -Subass.	70,7	7,0	3
Galeopsietum gesamt	83,5	4,3	13
c17 Teucrio-Melicetum, <i>Rhytidium</i> -Subass., <i>Allium</i> -Var.	96,0		1
d20 Vincetoxico-Seselietaum, <i>Homalothecium</i> -Subass.	84,5	2,4	4
d21 Vincetoxico-Seselietaum, <i>Galium verum</i> -Subass.	82,8		1
Vincetoxico-Seselietaum gesamt	84,4	2,7	5
e22 Bromo-Seslerietum, <i>Allium montanum</i> -Subass.	71,4	7,9	5

chenden Arten bezogen werden. *Gymnocarpium robertianum* besitzt bei ELLENBERG et al. (1992) den Licht-Zeigerwert 7, gilt also als Halblichtpflanze. In der Frankenalb halte ich dagegen bei *Gymnocarpium robertianum* einen Licht-Zeigerwert von 6 für angemessen. Der Licht-Zeigerwert von *Galeopsis angustifolia* ist im UG von 8 auf 9 zu erhöhen. Der Schmalblättrige Hohlzahn ist stets die erste Pflanze, die sehr empfindlich auf Verbuschung reagiert und daher den meisten kleineren, isolierten Halden fehlt. Hier offenbart sich ein grundlegendes Problem der Zeigerwerte: im Falle von artenarmen Gesellschaften führen schon geringe Zeigerwertabweichungen bei den dominanten Arten zu großen Berechnungsfehlern des gesellschaftsbezogenen Zeigerwertes.

Ähnliche Einschränkungen müssen auch bei der Betrachtung der übrigen Zeigerwerte gemacht werden. Beispielsweise ist der Stickstoff-Zeigerwert für *Galeopsis angustifolia* viel zu hoch angesetzt. Nach den in den vorigen Kapiteln dargelegten Standortbedingungen, wonach *Galeopsis* die skelettreichsten, sonnigsten Oberhangbereiche der Halden besiedelt, müsste der Stickstoff-Wert von 4 auf mindestens 2 herabgesetzt werden. Ohne diese Korrektur läge beispielsweise der errechnete Stickstoff-Wert der reinen Variante des *Galeopsietum typicum*, also einer extremen Pioniergesellschaft, höher als der des *Bromo-Seslerietum* oder des Heilwurz-Saumes; dies würde den tatsächlichen standörtlichen Gegebenheiten keinesfalls gerecht. Aufgrund dieser offensichtlichen Fehlbewertungen soll von einer Diskussion der ELLENBERG-Zeigerwerte für die einzelnen Gesellschaften abgesehen werden.

Abb. 3 im Kap. 4 zeigt die Vegetationsabfolge auf einer ostexponierten Halde des Lindenberges in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen, Blockgröße und Temperaturgefälle. Auf felsigem Untergrund, zum größten Teil aber auf dem feinschuttreichen Oberbereich der Halde stockt der Ahorn-Lindenwald (*Aceri-Tilietum*). Sobald der Grobblockanteil der Halde zu hoch wird und ihre Mächtigkeit zunimmt, vermag Wald nicht mehr zu wachsen. Stattdessen siedeln hier die verschiedenen Kalkschuttgesellschaften. In Ostexposition ist das heliophile *Galeopsietum typicum* auf die obersten, wärmsten und zugleich feinschuttreichsten Haldenpartien beschränkt. Meist folgt dann eine vegetationsfreie oder nur spärlich von *Geranium robertianum* und einzelnen Moosen (*Epilobio-Geranium homalothecietosum*) besiedelte Zone, bis im unteren, kühl-feuchten, oft beschatteten Grobschutt-Bereich der Halde das *Gymnocarpietum robertiani* mit seinen verschiedenen Entwicklungsstadien bis hin zum *Bromo-Seslerietum* auftritt.

Abb. 17 verdeutlicht die Vegetations- und Sukzessionsabfolge auf einer südexponierten Halde. Hier überwiegen die lichtliebenden Pflanzengesellschaften *Galeopsietum*, *Teucrio-Melicetum* und *Vincetoxico-Seslerietum*. Standörtlich betrachtet sinkt, ausgehend von der reinen Variante des *Galeopsietum typicum* als Pioniergesellschaft bis zum Heilwurzaum als Endstadium der Entwicklung vor der Bewaldung, der Skelettanteil von 100 % auf 13,3 %, die relative Beleuchtungsstärke von 89 % auf 83 %. Parallel hierzu steigt die Deckung der Krautschicht von 14,3 % auf 78,2 %. Die Moosschicht erreicht ihre optimale Entfaltung auf den konsolidierten Schutthaldengesellschaften, in denen die Krautschicht noch nicht zu stark geschlossen ist, und sinkt dann im Heilwurzaum wieder stark ab. Abb. 18 faßt die Sukzessionswege auf nord- und südexponierten Halden zusammen. All diese Pionier- und Folgegesellschaften bilden meist äußerst abwechslungsreiche, eng verzahnte Vegetationsmosaiken (vgl. die Vegetationskarte des Lindenberges bei HEMP, A. & HEMP, C. 1996).

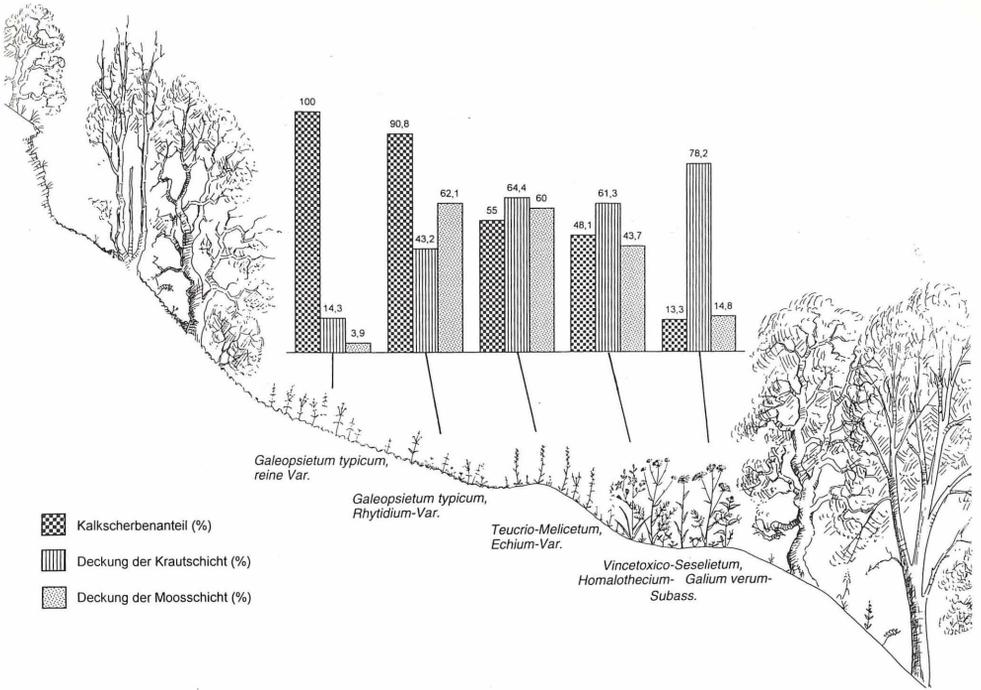


Abb. 17: Vegetationsabfolge auf einer südexponierten Kalkschutthalde.

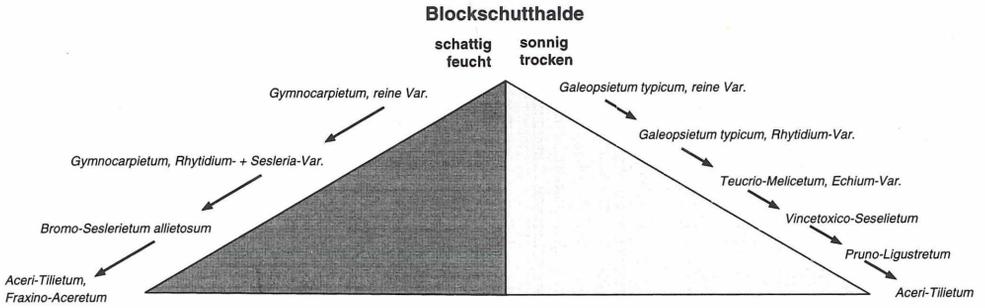


Abb. 18: Sukzessionsschema der Kalkschuttfloren in der Nördlichen Frankenalb.

Stetigkeitstabelle der Kalkschuttfloren der Nördlichen Frankenalb

Artemisietae, Alliarion

- a1: Chaerophylletum temuli, *Aethusa*-Ausbildung
 a2: Chaerophylletum temuli, *Physalis*-Ausbildung
 a3: Epilobio-Geranietum, *Impatiens noli-tangere*-Subass.
 a4: Epilobio-Geranietum, *Homalothecium*-Subass, reine Variante
 a5: Epilobio-Geranietum, *Homalothecium*-Subass, *Ditrichum*-Var

Sedo-Scleranthetea, Festucion

- c16: Teucrio-Melicetum, *Campanula*-Subass.
 c17: Teucrio-Melicetum, *Rhytidium*-Subass., *Allium montanum*-Var.
 c18: Teucrio-Melicetum, *Rhytidium*-Subass., *Festuca pallens*-Var.
 c19: Teucrio-Melicetum, *Rhytidium*-Subass., *Echium*-Var.

Trifolio-Geranietea, Geranion

- d20: Vincetoxico-Seseliatum, *Homalothecium*-Subass.
 d21: Vincetoxico-Seseliatum, *Galium verum*-Subass.

Festuco-Brometea, Xerobromion

- e22: Bromo-Seslerietum, *Allium-montanum*-Subass.
 e23: Bromo-Seslerietum, *Carex humilis*-Ausbildung

Thlaspietea, Stipion

- b6: Gymnocarpietum, *Ctenidium*-Subass., reine Var.
 b7: Gymnocarpietum, *Ctenidium*-Subass., *Sesleria*-Var.
 b8: Gymnocarpietum, *Vincetoxicum*-Subass., reine Var.
 b9: Gymnocarpietum, *Vincetoxicum*-Subass., *Rhytidium*-Var.
 b10: Gymnocarpietum, *Vincetoxicum*-Subass., *Sesleria*-Var.
 b11: Galeopsietum, reine Subass., reine Variante
 b12: Galeopsietum, reine Subass., *Rhytidium*-Variante
 b13: Galeopsietum, *Clematis*-Subass., reine Variante
 b14: Galeopsietum, *Clematis*-Subass., *Rhytidium*-Variante
 b15: Galeopsietum, *Clematis*-Subass., *Origanum*-Variante

Gesellschafts-Nr.	a1	a2	a3	a4	a5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14	b15	c16	c17	c18	c19	d20	d21	e22	e23	
Aufnahmen pro Gesellschaft	1	2	6	6	11	9	7	9	9	4	16	21	5	6	6	16	5	6	8	27	13	6	3	
AC Chaerophylletum temuli																								
D a1		1																						
VC <i>Aethusa cynapium</i> ssp. <i>cynapioides</i>		1																						
D a2					2																			
Physalis <i>alkenkengi</i>																								
AC + D Epilobio-Geranietum																								
AC <i>Geranium robertianum</i>		1																						
VC <i>Mycelis muralis</i>																								
Arten der Artemisietae vulgaris																								
VC <i>Galium aparine</i>		1																						
D <i>Agropyron caninum</i>		2																						
VC <i>Lamium maculatum</i>		2																						
OC <i>Alliaria petiolata</i>		2																						
D a3																								
<i>Impatiens noli-tangere</i>																								
VC <i>Urtica dioica</i>																								
<i>Galium odoratum</i>																								
<i>Thymobryum alopecurum</i>																								
<i>Thuidium recognitum</i>																								
<i>Corydalis cava</i>																								
<i>Actaea spicata</i>																								
<i>Plagiochila poroloides</i>																								
<i>Asarum europaeum</i>																								

7. Landschaftsökologische Bedeutung der Blockschutthalden

Blockschutthalden gehören im außeralpinen Raum zu den wenigen von Natur aus teilweise waldfreien Habitaten in Mitteleuropa. Doch auch die nicht dauerhaft waldfreien Schuttfuren können recht langlebige Entwicklungsstadien darstellen, wie auf den mehrere Jahrhunderte alten Bergsturzegebieten in Nordhessen (WINTERHOFF & HÖLLER-MANN 1968). Durch ihren geomorphologischen Aufbau, ihre Dynamik und mikroklimatische Besonderheiten bieten Blockschutthalden speziell angepassten Pflanzen- und Tierarten Lebensraum. Dies macht sie zu einem äußerst interessanten und wertvollen Objekt für Forschung und Naturschutz (vgl. HEMP 1997a). Die Blockschutthalden der Nördlichen Frankenalb stellen einen wichtigen Überdauerungsstandort für Relikte aus der Eiszeit, aber auch der postglazialen Wärmezeit dar.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Verbreitung des Bergtäschelkrautes *Thlaspi montanum*. Während es in der Weismain- und Wiesentalb auf Felsen gedeiht, hat es in der Pegnitzalb seinen Verbreitungsschwerpunkt auf den Blockschutthalden des Albraufes, abgesehen von kleineren Vorkommen in Dolomitkiefernwäldern (Abb. 19). Auffälligerweise fehlt diese Art auf den beiden größten Schutthängen Houbirg und Lindenberg, während sie beispielsweise auf der nur einen Kilometer Luftlinie entfernten Wied zahlreich vertreten ist. Umgekehrt fehlt auf der Wied die Heilwurz (*Seseli libanotis*), die dafür beispielsweise auf der Houbirg und dem Lindenberg vorkommt. *Seseli libanotis* hat in der Pegnitzalb nur auf den Blockschutthalden des Albraufes und einigen wenigen hohen Felsriffen als Relikt der postglazialen Wärmezeit überdauert (Abb. 20). Offensichtlich können sich diese Arten unter den derzeitigen Umweltbedingungen nicht mehr über größere Distanzen hinweg ausbreiten, eine Erscheinung, die für zahlreiche Reliktarten typisch ist (vgl. BRESINSKY 1965, WILMANN & RUPP 1966 und WITSCHERL 1986, 1989).

Während *Thlaspi montanum* und *Seseli libanotis* ihre Existenz hauptsächlich den lichtoffenen, waldfreien Bedingungen verdanken, ist *Saxifraga decipiens* als weitere Reliktart zusätzlich auf kühle, luftfeuchte Standortsverhältnisse angewiesen, wie sie an den Kaltluftaustritten am Haldenfuß herrschen. Hier kommt sie zusammen mit dem demontanen *Aconitum variegatum* vor, das seine Hauptverbreitung in den kühleren Gebieten nördlich des Pegnitzdurchbruches bei Rupprechtstegen hat (HEMP 1986, dort auch Verbreitungskarte). *Saxifraga decipiens* besitzt ihre Hauptverbreitung in der Kuppenalb bei Neuhaus-Velden, wo sie auf halbschattigen Dolomitfelsen unter Kiefern vorkommt (HEMP 1996c, dort auch Verbreitungskarte). Beide Arten sind am Albrauf sehr selten und hier in ihrem Auftreten auf konsolidierte Rupprechtarnfluren und Blaugrassrasen im Bereich von Kaltluftaustritten beschränkt (Abb. 3). Eine ähnliche Bindung an die gleichen Standortsverhältnisse zeigt die dem Rasensteinbrech nahe verwandte *Saxifraga sponhemica* in der Eifel (WUNDER & MÖSELER 1996, vgl. auch KORNECK 1974). Außerdem ist *Vicia sepium* var. *montana* zu erwähnen, die auch MÜLLER (1991) an derartigen Standorten in der „Hölle“, in der Umgebung des Uracher Wasserfalls, beobachtet hat.

Steinschutthalden können auch als Ursprungsorte für Arten der Kulturlandschaft wie den Glatthafer und das Wiesenlabkraut angesehen werden, wie dies z. B. SEBALD (1980) und MÜLLER (1997) darlegen.

Bei einer Bewertung aller Pflanzengesellschaften der Pegnitzalb mit den Parametern Anteil von Zeigerarten für nach Artikel 13d BayNatSchG geschützte Flächen, Anteil von regional seltenen Arten und Rote-Liste-Arten, Fundortzahl und Rote-Liste-Status der Gesellschaft nehmen das *Gymnocarpium*, das *Galeopsium*, das nur mit der *Echium*-Variante einbezogene *Teucrio-Melicetum* und der Heilwurz-Saum die Rangplätze im obersten Drittel der knapp 100 verglichenen Vegetationseinheiten ein (HEMP 1995, 1996a). Viele Gesellschaften stehen zudem nach Artikel 13d BayNatSchG unter Schutz.

Aber auch für die Tierwelt sind die Blockschutthalden der Frankenalb von besonderer Bedeutung. Insbesondere für bedrohte Heuschrecken stellen sie einen wichtigen Lebensraum dar und dienen auch für diese Tiergruppe als Reliktstandort (HEMP, C 1997). Leider sind die meisten Blockschutthalden der Frankenalb jedoch in Verbuschung begriffen. Denn

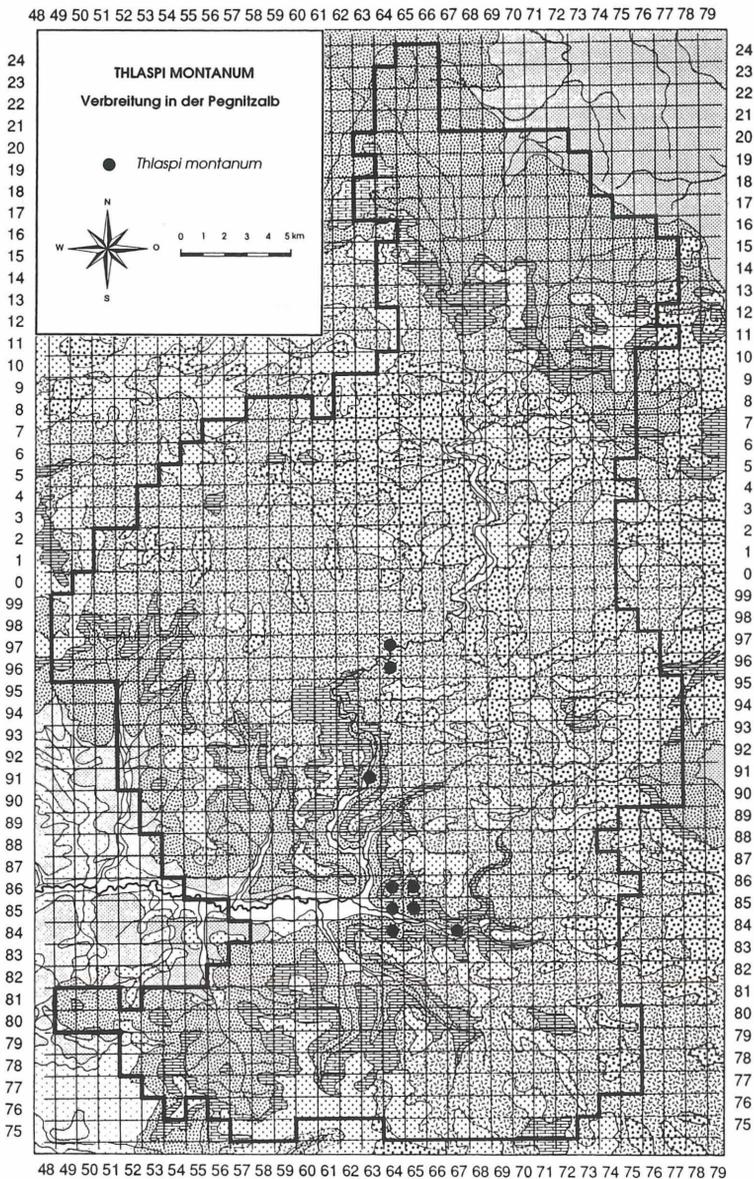


Abb. 19: Verbreitung von *Thlaspi montanum* in der Pegnitzalb (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

bei weitem nicht alle Schutzstandorte sind von Natur aus waldfrei, sondern nur die besonders aktiven Bereiche. Die Mehrzahl der Flächen diente als Hutanger und wurde durch jahrhundertelange Beweidung künstlich offen gehalten. Dies wirft das Problem von Landschaftspflege und Naturschutz auf Schutzstandorten auf. Durch Verbuchungseffekte sind alle thermophilen Offenlandbewohner, wie z. B. die Heuschrecken bedroht. Bereits durchgeführte Entbuschungen verhalten jedoch den beiden Zielarten *Podisma pedestris* und *Oedipoda germanica* zu einer sprunghaften Ausbreitung und Wiederbesiedelung der freigestell-

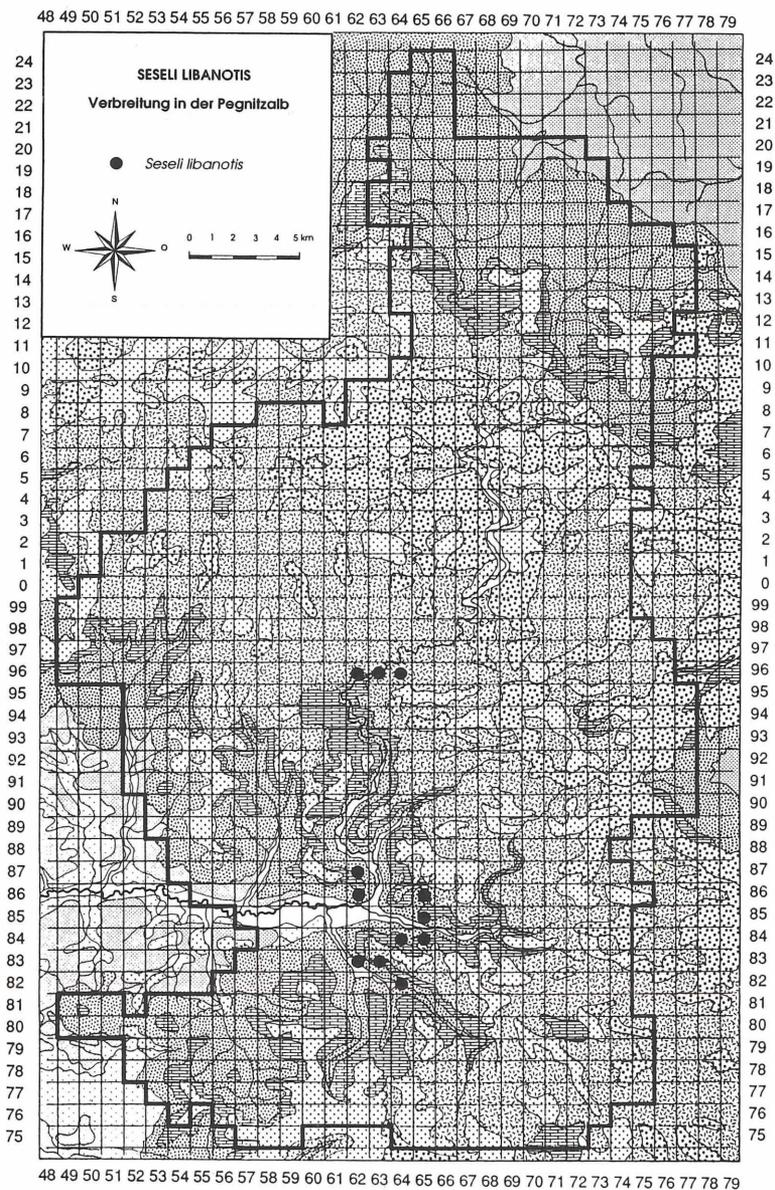


Abb. 20: Verbreitung von *Seseli libanotis* in der Pegnitzalb (zur Stratigraphie vgl. Abb. 5).

ten Flächen (HEMP, A. & HEMP, C. 1996, HEMP, C. & HEMP, A. 1996). Bislang wurden die Maßnahmen zum großen Teil vom Bund Naturschutz, Hersbruck, im Rahmen seines Hutangerprojektes durchgeführt, in letzter Zeit auch vom Landschaftspflegeverein Nürnberger Land. Um jedoch alle Kalkschuttberge der Hersbrucker Alb freizustellen, bedarf es einer groß angelegten Entbuschungs-Kampagne, die die ehrenamtlichen Kapazitäten des Bund Naturschutz bei weitem überschreitet.

Danksagung

Herrn Prof. Theo Müller, Steinheim, und Herrn Prof. Erich Oberdorfer, Freiburg, gilt mein herzlichster Dank für die Überprüfung der Vegetationstabellen und Hilfe bei der synsystematischen Einordnung der Vegetationseinheiten, Herrn Prof. Müller überdies für die Durchsicht des Manuskriptes und gemeinsame Exkursionen im Untersuchungsgebiet. Die Bestimmung der Flechten der Gattung *Cladonia* übernahm dankenswerterweise Frau Heidi Döring, Bayreuth, die der Gattung *Peltigera* Herr Orvo Vitikainen, Helsinki. Bei der Identifizierung der Moose war mir Herr Bernhard Kaiser, Velden, behilflich, bei der Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische Herr Dr. Johannes Vogel, London. Für Fundorthinweise aus der Wiesentalb bei Ebermannstadt bin ich den Herren Dr. Joachim Milbradt und Johannes Mohr, Ebermannstadt, zu Dank verpflichtet. Diese Untersuchung wurde durchgeführt im Auftrag des Naturschutzzentrums Wengleinpark, Projekt Hutanger, Hersbruck.

Anhang: Aufnahmeorte

- P a = Aichatal bei Pommelsbrunn, MTB 6435/3
P d = Lehberg bei Dietershofen, MTB 6434/2
P de = Nordhang des Deckersberges bei Happurg, MTB 6534/2
P e = linker Talhang der Pegnitz bei Enzendorf, MTB 6434/2
P fi = Steinbruch bei Fischbrunn, MTB 6435/3
P fo = Wachtfelsen bei Förrenbach, MTB 6535/1
P g = Griesmühle bei Enzendorf, MTB 6434/2
P h = Houbirg bei Happurg, MTB 6534/2
P ha = Steinbruch bei Hartmannshof, MTB 6535/1
P hn = Nordhang der Houbirg bei Happurg, MTB 6534/2
P j = Jungfernsprung bei Kainsbach, MTB 6534/2
P l = Lindenberg bei Hohenstadt, MTB 6434/4
P m = Mühlkoppe bei Pommelsbrunn, MTB 6535/1
P mo = Mosenhofer Tal, MTB 6534/2/4
P r = Eingang des Ankatales bei Rupprechtstegen, MTB 6334/4
P r = Nordhang unterhalb der Burgruine Reicheneck, MTB 6534/2
P s = Berghang unterhalb Stallbaum, 6535/1
P v = Pegnitztal in Velden, MTB 6535/3
P w = Windburg bei Hubmersberg, MTB 6435/3
P we = Wengleinpark bei Eschenbach, MTB 6434/4
P wi = Wied bei Pommelsbrunn, MTB 6435/3
P z = Zankelstein bei Pommelsbrunn, MTB 6435/3
Wa kl = Kleinziegenfelder Tal bei Weihermühle, MTB 5933/3
Wi fr = Friesener Warte bei Friesen, MTB 6132/3
Wi hu = Hummerstein bei Gasseldorf im Wiesenttal, MTB 6133/3
Wi t = linker Talhang bei Tiefenstürmig, MTB 6132/4
Wi tr = Hardtberg bei Schweinthal im Trubachtal, MTB 6233/3
Wi wa = Wacktknock, 1 km w Ebermannstadt, MTB 6232/2

Literatur

- BARDON, R. E., COUNTRYMAN, D. W., HALL, R. B. (1995): A reassessment of using light-sensitive diazo paper for measuring integrated light in the field. – *Ecology* 76 (3): 1013–1016.
BÖCHER, T. W. (1945): Über die Waldsaum- und Graskrautgesellschaften trockener und halbtrockener Böden der Insel Seeland mit besonderer Berücksichtigung der Strandabhänge und Strandebenen. – *Biol. Skr.* 4 (1). Kopenhagen.
BOHN, U., LOHMEYER, W. (1990): Über natürliche Vorkommen der Bergweidenröschen-Rupprechtskraut-Saumgesellschaft (*Epilobio-Geranietum robertiani* Lohm. in Oberd. et al. 1967) und das soziologische Verhalten von *Cynoglossum germanicum* Jacq. in der Rhön. – *Tuexenia* 10: 137–145.
BRACKEL, W. V., ZINTL, R. (1983): Die Pflanzengesellschaften der Ehrenbürg bei Forchheim. – *Hoppea* 41: 205–288.
BRAUN-BLANQUET, J. (1964): *Pflanzensoziologie*. – Wien: 865 S.

- BRESINSKY, A. (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 38: 5–67.
- BÜDDE, H., BROCKHAUS, W. (1954): Die Vegetation des Südwestfälischen Berglandes. – Decheniana 102B: 247–275.
- BÜKER, R. (1942): Beiträge zur Vegetationskunde des südwestfälischen Berglandes. – Beihefte Bot. Centralblatt 61 B: 452–558.
- DIERSCHKE, H. (1974): Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortsgefälle an Waldrändern. – Scripta Geobot. 6: 5–246.
- EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Stuttgart: 318 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobot. 18 (2. Aufl.): 258 S.
- , KLÖTZLI F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 48(4): 587–930. Zürich.
- FRAHM, I.-P., FREY, W. (1992): Moosflora. – Stuttgart: 528 S.
- FREY, W., HALFMANN, J. (1986): Analyse der Bryophytenflora und -vegetation der Bergsturzhalde am Manrod (Ringgau, Nordhessen). – Berliner Geogr. Abh. 41: 107–123.
- FRIEND, D. T. C. (1961): A simple method of measuring integrated light values in the field. – Ecology 42: 577–580.
- FURRER, E. (1961): Über Windlöcher und Kälteflora am Lauerzersee (Schwyz). – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 32: 83–96.
- (1966): Kieferbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz. – Schweizerische Zeitschrift für Forstw. 10: 720–733.
- (1972): Kaltluftvegetation im Waagtal (Schwyz). – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 41.
- GARTMANN, F. (1985): Das doppelte Lottchen. Betrachtungen über den Eichen- und Ruprechtsfarn (*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman und *Gymnocarpium robertianum* (L.) Newman). – Farnblätter 13: 6–16.
- GERSTBERGER, P. (1988): Zur Kenntnis von *Aethusa cynapium* subsp. *cynapioides* (M. Bieb) Nyman in der Bundesrepublik Deutschland. – Tuexenia 8: 3–12.
- GÜMBEL, C. W. v. (1891): Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern 4. Abtheilung. Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstossenden Fränkischen Keupergebiete. – Neuauflage 1998. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München: 761 S.
- HALFMANN, J. (1991): Die Struktur der Vegetation auf periglazialen Basaltblockhalden des Hessischen Berglandes. – Diss. Bot. 168: 1–212.
- HEGI, G. (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Pteridophyta, Spermatophyta Band 5, 2. Teil, Dicotyledones 3. Teil: 1243–1249; 1389–1392. – Berlin, Hamburg.
- HEMP, A. (1986): Die Vegetation des Pegnitztales. – Diplomarbeit. Universität Bayreuth: 143 S.
- (1995): Die Dolomitkiefernwälder der Nördlichen Frankenalb. – Dissertation. Bayreuther Forum Ökologie 22: 150 S.
- (1996a): Die landschaftsökologische Bedeutung der Dolomitkiefernwälder in der Frankenalb (*Buphtalmo-Pinetum*). – Ber. der ANL 19: 205–248.
- (1996b): Landschaft und Vegetation der Pegnitzalb. – Natur und Mensch 1995, Jahresmitteilungen der Naturhist. Ges. Nürnberg: 9–21.
- (1996c): 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.
- (1997a): Das Blockschutthalden-Symposium am 6. und 7. September 1996 in Bayreuth. – Hoppea 58: 313–356.
- (1997b): *Orobanche coerulescens* – eine in Deutschland vom Aussterben bedrohte Sommerwurzart. – Hoppea 58: 357–372.
- , HEMP, C. (1996): Kalkschuttfloren und Blockhaldenwälder: Der Lindenberg bei Hohenstadt und seine außergewöhnliche Vegetation und Fauna. – Ber. ANL 20: 239–275.
- HEMP, C. (1997): Blockschutthalden als Lebensraum bedrohter Heuschreckenarten (Saltatoria). – In: A. HEMP: Das Blockschutthalden-Symposium am 6. und 7. September 1996 in Bayreuth. – Hoppea 58: 353–356.
- , HEMP, A. (1996): *Podisma pedestris* Linné, 1761 (Saltatoria: Catantopinae) in der Hersbrucker Alb. – Ber. ANL 20: 177–286.
- HERTER, W. (1990): Zur aktuellen Vegetation der Allgäuer Alpen. Die Pflanzengesellschaften des Hintersteiner Tales. – Diss. Bot. 147: 1–124.
- (1996): Die Xerothermvegetation des Oberen Donautals. – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 10: 274 S. Karlsruhe.

- HILBIG, W. (1971): Kalkschuttgesellschaften in Thüringen. – *Hercynia* N. F. 8: 85–95.
- (1973): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. VII. Die Unkrautvegetation der Äcker, Gärten und Weinberge. – *Hercynia* N. F. 10 (4): 394–428.
- , KNAPP, H. D., REICHHOFF, L. (1982): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. XIV. Die thermophilen, mesophilen und acidophilen Saumgesellschaften. – *Hercynia* N. F. 19 (2): 212–248.
- HÜTTEROTH, W. (1994): Berggrutsche an der nördlichen Fränkischen Alb. – *Mitt. Fränkischen Geograph. Ges.* 41: 185–203.
- JAHNS, H. M., FRITZLER, E. (1982): Flechtenstandorte auf einer Blockhalde. – *Herzogia* 6: 243–270.
- JALAS, J. (1961): Besondere Züge der Vegetation und Flora auf den Osen. – *Arch. Soc. Zool.-Bot. Fenn.*: 25–33.
- JENNY-LIPS, H. (1930): Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felsschutt. – *Beih. Bot. Centralblatt* 46: 119–296.
- KAISER, E. (1926): Die Pflanzenwelt des Hennebergisch-Fränkischen Muschelkalkgebietes. – *Repert. spec. nov. regni veg.*, *Beih.* 44: 280 S.
- (1930): Die Steppenheiden in Thüringen und Franken zwischen Saale und Main. – *Sonderschriften Akad. gemeinnütziger Wissenschaften Erfurt* 2: 75 S.
- (1950): Die Steppenheiden des mainfränkischen Wellenkalkes zwischen Würzburg und dem Spessart. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 28: 125–180.
- KNOCH, K. (Hrsg.) (1952): *Klimaatlas von Bayern*. – Kissingen.
- KOLBEK, J., SADLO, J. (1994): Zu Vorkommen und Ökologie von *Gymnocarpium robertianum* in Schutthalden- und Felsspaltengesellschaften. – *Preslia* 66: 115–131. Prag.
- KOLTZENBURG, M. (1995): Vegetationskundliche Untersuchungen im Naturschutzgebiet Näglesfelsen bei Bad Urach. – *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 70: 199–290.
- KÖPPLER, D. (1995): Vegetationskomplexe von Steppenheide-Physiotopen im Juragebirge. – *Diss. Bot.* 249: 1–228.
- KORNECK, D. (1974): Xerothermvegetation in Rheinland-Pfalz und Nachbargebieten. – *Schr.Reihe Vegetationkde* 7: 1–196.
- (1976/1977): Klasse: *Sedo-Scleranthetea* Br.-Bl. 55 em. Th. Müller 61. – In: OBERDORFER, E. (1978): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil II*: 13–85. Stuttgart.
- KRONBERGER, K. (1958/60): Der große Berggrutsch am Hasenberg bei Ebermannstadt. – *Naturwiss. Ges. Bayreuth* 10: 77–82.
- KUBAT, K. (1974): Proudini Vzduchu Sutemi Jako Ekologicky Faktor (Die Luftströmung in den Blockmeeren als ökologischer Faktor). – *Opera Corcontica* 11: 53–62.
- KUHN, K. (1937): Die Pflanzengesellschaften im Neckargebiet der Schwäbischen Alb. – Öhringen.
- KÜRSCHNER, H. (1986): Raumverbreitungsmuster basiphiler Felsmoosgesellschaften am Beispiel der Graburg (Nord-Hessen). – *Berliner Geogr. Abh.* 41: 125–133.
- LIENENBECKER, H. (1969): Die Gesellschaft des Schmalblättrigen Hohlzahns auch in Ostwestfalen. – *Natur und Heimat* 29: 122–123.
- LÜTH, M. (1990): Moosgesellschaften und Gesellschaftskomplexe auf Blockhalden im Südschwarzwald in der Umgebung Freiburgs. – *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 58: 1–88.
- MARSTALLER, R. (1970): Die natürlichen Saumgesellschaften des Verbandes *Geranion sanguinei* Th. Müller 61 der Muschelkalkgebiete Mittelthüringens. – *Feddes Repertorium* 81(6–7): 437–455.
- MERKEL, J. (1979): Die Vegetation im Gebiet des Meßtischblattes 6434 Hersbruck. – *Diss. Bot.* 51, 174 S.
- MEUSEL, H. (1939): Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. Ein Beitrag zur Steppenheidefrage. – *Hercynia* 2. 372 S.
- , JÄGER, E., RAUSCHERT, S., WEINERT E. (1978): Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. – Jena: 418 S. (Textteil), 421 S. (Kartenteil).
- MEYER, R. K. F. (1981): Malm (Weißer oder Oberer Jura). – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000: 62–68. München.
- MILBRADT, J. (1997): Verbreitung und vegetationskundliche Aspekte der Blasenkirische *Physalis alkekengi* L. in Nordbayern und in der Südlichen Frankenalb. – *Geol. Bl. NO-Bayern* 47 (1–4): 181–190.
- MOLENDI, R. (1996a): Das Ökosystem „Kaltluft erzeugende Blockhalde“. – *Natur- und Kulturlandschaft* 1: 133–136.
- (1996b): Zoogeographische Bedeutung Kaltluft erzeugender Blockhalden im außeralpinen Mitteleuropa: Untersuchungen an Arthropoda, insbesondere Coleoptera. – *Verh. naturwiss. Ver. Hamburg (NF)* 35: 5–93.

- MUCINA, L. (1997): *Conspectus of classes of European vegetation.* – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 117–172.
- MÜLLER, TH. (1962): Die Saumgesellschaften der Klasse *Trifolio-Geranietea sanguinei*. – *Mitt. Flor.-Soz. Arbem.* 9: 95–140.
- (1966): Die Wald-, Gebüsch-, Saum-, Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften des Spitzbergs. – In: *Der Spitzberg bei Tübingen.* – *Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ.* 3: 278–475.
- (1977): Klasse: *Trifolio-Geranietea sanguinei* Th. Müller 61. – In: OBERDORFER, E. (1978): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften II:* 249–298. Stuttgart.
- (1981): Klasse: *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et Tx. 50. – In: OBERDORFER, E. (1983): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften III:* 135–277. Stuttgart.
- (1991): *Aus der Pflanzenwelt.* – In: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hsg.): *Der „Rutschen“.* Ein Führer durch das Naturschutzgebiet um den Uracher Wasserfall. – *Führer Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ.* 20: 67–110.
- (1997): Steinschutthalden als Wuchsorte von Reliktarten und als Ursprungsorte von Arten der Kulturlandschaft. – In: HEMP, A.: *Das Blockschutthalden-Symposium am 6. und 7. September 1996 in Bayreuth.* *Hoppea* 58: 327–330.
- OBERDORFER, E. (1977): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil I.* – Stuttgart: 311 S.
- (1978): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil II.* – Stuttgart: 355 S.
- (1983): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil III.* – Stuttgart: 455 S.
- (1992): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV.* – Stuttgart: 282 S. (Textband), 580 S. (Tabellenband).
- (1994): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora.* 7. Auflage: 1050 S.
- , KORNECK, D. (1976): Klasse: *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 43 – In: OBERDORFER, E. (1978): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften II:* 86–180. Stuttgart.
- PFÄFF, W. (1933): Die Eislöcher in Ueberetsch. – *Veröff. zur Landeskunde von Südtirol* 24. 72 S.
- PHILIPPI, G. (1984): *Trockenrasen, Sandfluren und thermophile Saumgesellschaften des Tauber-Main-Gebietes.* – *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 57/58: 533–618.
- PUNZ, W., MAIER, R., SIEGHARDT, H., ENGENHART, M., NAGL, A., DOMSCHITZ, E., NEUMANN, G., KOVACS, G. (1989): *Mikrometeorologische und ökophysiologische Untersuchungen in den Eppaner „Eislöchern“.* – *Der Schlern* 63 (5): 261–278.
- REICHHOFF, L. (1975): Zur Vergesellschaftung von *Melica ciliata* L. im hercynischen Raum. – *Hercynia N.F.* 12: 92–114.
- RUZICKA, V., HAJER, J., ZACHARDA, M. (1995): *Arachnid population patterns in underground cavities of a stony debris field (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionidea, Acari: Prostigmata, Rhabdidiidae).* – *Pedobiologia* 39: 42–51.
- SCHERZER, H. (1922): *Erd- u. pflanzengeschichtliche Wanderungen durchs Frankenland. II. Teil: Die Juralandschaft.* 1. Band. – Nürnberg: 191 S.
- SCHMIDT, M. (1994): *Kalkmagerrasen- und Felsband-Gesellschaften im mittleren Werratal.* – *Tuexenia* 14: 113–137.
- SCHÖNFELDER, P. (1967): *Das Galeopsietum angustifoliae* Büker 1942 – eine Kalkschuttpioniergesellschaft Nordbayerns. – *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F.* 11/12: 5–79.
- SCHUHMACHER, W. (1977): *Flora und Vegetation der Sötenicher Kalkmulde (Eifel).* – *Decheniana* Beihefte 19: 95–97.
- SCHWICKERATH, M. (1944): *Das Hohe Venn und seine Randgebiete.* – *Pflanzensoziologie* 6: 1–278.
- SEBALD, O. (1980): *Über einige interessante Ausbildungen der Vegetation aus moosreichen Felschutthalden im oberen Donautal (Schwäbische Alb).* – *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 51/52 (2): 451–477.
- , SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. (1992): *Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs.* – Band 4: 362 S.
- SEIBERT, P. (1974): Klasse: *Thlaspietea rotundifoliae* Br.-Bl. et al. 48. – In: OBERDORFER, E. (1977): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil I:* 42–66. Stuttgart.
- SUCK, B., SUCK, R. (1982): *Pflanzengesellschaften des Friesener Altraufs bei Bamberg.* – *Ber. Naturf. Ges. Bbg.* 57: 1–102.
- SUKOPP, H., LANGER, A. (1996): *Campanula rapunculooides* – ein Apophyt in der Vegetation Mitteleuropas. – *Verh. Ges. Ökologie* 25: 261–276.
- TÜRK, W. (1994): *Das „Höllental“ im Frankenwald – Flora und Vegetation eines floristisch bemerkenswerten Mittelgebirgstales.* – *Tuexenia* 14: 17–52.

- , MEIEROTT, L. (1992): Wärmeliebende Saumgesellschaften (*Trifolio-Geranietea sanguinei* Th. Müller 1961) der Muschelkalk- und Keuperlandschaften Nordbayerns. – *Tuexenia* 12: 95–146.
- ULLMANN, I. (1977): Die Vegetation des südlichen Maindreiecks. – *Hoppea* 36: 5–190.
- ULLMANN, R. (1960): Verwitterungsdecken im südlichen Schwarzwald. – *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.* 50: 197–246.
- VALACHOVIC, M. (1990): *Galeopsietum angustifoliae* – Ekologicka a geograficka diferenciacia, syntaxonomicka revizia. – *Biologia* 45: 61–70. Bratislava.
- , DIERSSEN, K., DIMOPOULOS, P., HADAC, E., LOIDI, J., MUCINA, L., ROSSI, G., VALLE TENDERO, F., TOMASELLI, M. (1997): The vegetation on screes – a synopsis of higher syntaxa in Europe. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 173–192.
- VOLK, O. H. (1937): Über einige Trockenrasengesellschaften des Würzburger Wellenkalkgebietes. – *Beih. Bot. Centralblatt* 57: 577–598.
- WALTER, H., MEDINA, E. (1969): Die Bodentemperatur als ausschlaggebender Faktor für die Gliederung der subalpinen und alpinen Stufe in den Anden Venezuelas. – *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 82 (3/4): 275–281.
- WASNER, U. (1976): Eine Methode zur Mikroklimamessung im Freiland. Eich Tabellen zur integrierten Lichtmengemessung nach Friend. – *Zool. Jb. Syst.* 103: 355–360.
- WILMANN, O., RUPP, S. (1966): Welche Faktoren bestimmen die Verbreitung alpiner Felsspaltpflanzen auf der Schwäbischen Alb? – *Veröff. Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ.* 34: 62–86.
- WINTERHOFF, W. (1965): Die Vegetation der Muschelkalkfelshänge im hessischen Werrabergland. – *Veröff. Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ.* 33: 146–197.
- , HÖLLERMANN, P. (1968): Morphologie, Flora und Vegetation des Bergsturzes am Schickeberg (Nordhessen). – *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen* 1: 62 S.
- WIRTH, V. (1995): Flechtenflora. – Stuttgart: 661 S.
- WITSCHHEL, M. (1980): Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. Vegetationskundliche Untersuchungen und die Entwicklung eines Wertungsmodells für den Naturschutz. – *Beih. Veröff. Naturschutz Bad.-Württ.* 17: 1–212. Karlsruhe.
- (1986): Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina* L.) und Horst-Segge (*Carex sempervirens* Vill.) in Baden-Württemberg. – *Jh. Ges. Naturkde. Württemberg* 144: 177–209.
- (1989): Zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von *Daphne cneorum* L. in Baden-Württemberg, unter Berücksichtigung der zöologischen Verhältnisse in den anderen Teilarealen. – *Jh. Ges. Naturkde. Württemberg* 141: 157–200.
- WUNDER, J., MÖSELER, B. M. (1996): Kaltluftströme auf Basaltblockhalden und ihre Auswirkung auf Mikroklima und Vegetation. – *Flora* 191: 959 (1–10). Jena.
- ZIELONKOWSKI, W. (1973): Wildgrasfluren der Umgebung Regensburgs. Vegetationskundliche Untersuchungen an einem Beitrag zur Landespflege. – *Hoppea* 31: 1–181.
- ZOLLER, H. (1954): Die Typen der *Bromus erectus*-Wiesen des Schweizer Juras. – *Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz. Heft* 33. 309 S.

Dr. Andreas Hemp
 Lehrstuhl für Pflanzensystematik
 Universität Bayreuth
 95440 Bayreuth