

7. Beitrag zur Wuchsform und Biologie der Gefäßpflanzen des hercynischen Raumes: *Bupleurum virgatum* CAV. (*B. gerardii* auct.; Apiaceae)

Nick HERRMANN

24 Abbildungen und 5 Tabellen

ABSTRACT

HERRMANN, N.: Contributions to the growth form and biology of Hercynian vascular plants: *Bupleurum virgatum* CAV. (*B. gerardii* auct.; Apiaceae). – Hercynia N.F. 39 (2006): 89–119.

Bupleurum virgatum CAV. is a wintergreen plant species, which occurs in Central Europe exclusively in the north-eastern Harz-mountains in the valley of the river Selke. The karyotype of the diploid species ($2n = 16$) is described for the first time. *B. virgatum* has linear, bifacial, amphistomatic leaves, which are arranged distichously at the base of the stem. Plants reach a height of up to 75 cm. The side shoots are branched to the 5th order and end in double umbels composed of 3–8 umbellules, that each consist of 4–8 flowers with yellow petals. The bisexual flowers are characterized by proterandry and self-pollination. From each fertile flower emerge two diaspores. The dispersal type is autochory. The diaspores germinate completely in autumn, the majority of seedlings decline during winter. Indicator values are proposed for the first time. In observations over 4 years at the site “Alter Falkenstein” in the valley of the river Selke a regressive population size was detected. The reason for this development was habitat destruction due to leisure activities by tourists. New aspects from the life history and biology of the species indicate a synanthropic origin of *B. virgatum* in Central Europe.

Key words: growth form, life history, endangered plant, indicator value, *Bupleurum virgatum*

1 EINLEITUNG

Obwohl *B. virgatum* in Deutschland vom Aussterben bedroht ist (KORNECK et al. 1996), existieren über die Biologie und Lebensgeschichte dieser Art bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur spärliche Kenntnisse. Erwähnungen von *B. virgatum* in der Literatur beschränkten sich bisher überwiegend darauf, für diese Art eine besondere Schutzwürdigkeit zu konstatieren (z.B. FRANK et NEUMANN 1999, SCHNITTLER et GÜNTHER 1999, EBEL et al. 2002, FRANK 2002). Die wenigen vorhandenen Angaben zur Lebensgeschichte und Ökologie (KLOTZ et al. 2002) sind lückenhaft und entsprechen teilweise nicht der Realität. Die Ursache für den Mangel diesbezüglicher Informationen ist vermutlich in der Seltenheit der Art begründet. Die einzigen Vorkommen von *B. virgatum* in Mitteleuropa befinden sich im nordöstlichen Harzvorland im Selketal. An den beiden Standorten der Art, dem „Alten Falkenstein“ und dem „Bunten Fleck“, blühen und fruchten jährlich insgesamt weniger als einhundert Individuen dieser annualen Sippe. Damit dürfte *B. virgatum* zu den seltensten Pflanzenarten der zentraleuropäischen Flora gehören.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, im Rahmen einer monographischen Abhandlung zum einen die beträchtlichen Kenntnislücken auf dem Gebiet der Biologie und Lebensgeschichte von *B. virgatum* zu schließen. Damit sollen nicht zuletzt die Grundlagen geschaffen werden für einen wissenschaftlich fundierten Artenschutz. Zum anderen soll *B. virgatum* anhand einiger für die *Bupleurum*-Systematik relevanter Merkmale näher charakterisiert werden, deren Ausprägung von den Taxonomen der Gattung (CAUWET-MARC 1976, SNOGERUP et SNOGERUP 2001) nur ungenügend bzw. noch gar nicht erfasst wurde. Dazu gehören anatomische, ultrastrukturelle und karyologische Merkmale sowie eine detaillierte Wuchsformanalyse.

2 MATERIAL UND METHODEN

Die morphologischen, anatomischen und karyologischen Untersuchungen wurden an Individuen von *B. virgatum* durchgeführt, die im Botanischen Garten Kiel kultiviert wurden. Bei der Auswahl der im Selketal am „Alten Falkenstein“ angewendeten Methoden wurde darauf geachtet, die Beeinträchtigung und Störung des Standortes von *B. virgatum* auf ein Minimum zu reduzieren. Zur Erfassung der Populationsdynamik sowie zur Untersuchung der Phänologie, der Blütenbiologie, des Reproduktionspotentials und der Standortsökologie wurde der „Alte Falkenstein“ zwischen September 2002 und Oktober 2003 im monatlichen Abstand sowie mehrfach in den Vegetationsperioden der Jahre 2004 und 2005 aufgesucht. Daten zur Demographie und zum Diasporenpotential wurden 2002–2005 im August bzw. September erhoben. Vegetationsaufnahmen wurden im Mai bzw. Juni der Jahre 2003–2005 nach der bei WILMANN (1978: 28) beschriebenen Methode angefertigt. Die Nomenklatur der Pflanzen richtet sich nach JÄGER et WERNER (2002) bzw. FRAHM et FREY (1992), die phytocoenologische Nomenklatur folgt SCHUBERT et al. (2001). Die im NSG „Selketal“ durchgeführten Untersuchungen wurden vom Regierungspräsidium Magdeburg genehmigt (AZ 47.32-22402-1b-NSG73M; AZ 407.3.2-1341/04-22402/2.1-ASL-NSG73M).

3 SYSTEMATIK UND MERKMALSBESTAND

3.1 *B. gerardi* ALL. / *B. virgatum* CAV. – Begründung des Namenswechsels

Die im Selketal vorkommende *Bupleurum*-Sippe wird in der Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (HAEUPLER et WISSKIRCHEN 1998) sowie in Exkursionsflora (z.B. OBERDORFER 1994, JÄGER et WERNER 2002) als zu *B. gerardi* ALL. (bzw. in falscher Schreibweise: *B. gerardii* ALL.) gehörig betrachtet. Die Ergebnisse neuerer taxonomischer Untersuchungen, die im Rahmen einer Revision der annuellen *Bupleurum*-Arten von SNOGERUP et SNOGERUP (2001) vorgelegt wurden, ließen jedoch vermuten, dass diese Zuordnung nicht korrekt ist. So konnten SNOGERUP et SNOGERUP (2001) anhand von Herbarmaterial von einem inzwischen erloschenen Standort bei Blankenburg (siehe Abschnitt 4.2) zeigen, dass diese Pflanzen unter *B. virgatum* CAV. subsumiert werden müssen. Die Zugehörigkeit der *Bupleurum*-Sippe aus dem Selketal ließen die Autoren jedoch offen. Die Vermutung, dass es sich dabei ebenfalls um *B. virgatum* handelt, wurde von S. SNOGERUP nach Übersendung einiger Belege, die im August 2003 am „Alten Falkenstein“ aufgesammelt worden waren, einwandfrei bestätigt (S. SNOGERUP, in litt.).

Die Unterscheidungsmerkmale zwischen *B. gerardi* und *B. virgatum* sind vor allem im generativen Bereich zu suchen (SNOGERUP et SNOGERUP 2001). So sind die gelben Kronblätter von *B. gerardi* schwach violett überhaucht und bleichen im getrockneten Zustand aus, während die Blüten von *B. virgatum* sowohl im vitalen als auch im trockenen Zustand vollständig gelb gefärbt sind. Auch die Form der Früchte beider Arten unterscheidet sich. Während die Frucht von *B. gerardi* zylindrisch gestaltet ist, weist die Frucht von *B. virgatum* einen elliptischen Umriss auf. Ein weiteres Differentialmerkmal ist nach SNOGERUP et SNOGERUP (2001) das Fehlen (*B. gerardi*) bzw. Vorhandensein (*B. virgatum*) von stark reduzierten und kaum gestielten Döldchen an der Doldenbasis. Auf den Bestimmungswert dieses Merkmals wird in Abschnitt 6.3 näher eingegangen.

3.2 Zur Taxonomie von *B. virgatum* und *B. gerardi*

Die infragenerische Gliederung der Gattung *Bupleurum* L. ist im Fluss. Die Gültigkeit des weithin anerkannten Systems von CAUWET-MARC (1976) wurde durch molekulare Untersuchungen grundsätzlich in Frage gestellt (NEVES et WATSON 2004). Davon unberührt bleibt bislang jedoch die infragenerische Stellung der eng verwandten annuellen Arten *B. virgatum* und *B. gerardi*.

Innerhalb der Untergattung *Bupleurum* gehört *B. virgatum*, dessen deutscher Name Ruten-Hasenohr lautet (lat. *virga* = Rute), zur Sektion *Aristata* GODRON und zur Subsektion *Juncea* BRIQ., in die auch das in Mitteleuropa heimische *B. tenuissimum* L. einzuordnen ist. Nach SNOGERUP et SNOGERUP (2001) sind folgende Taxa als Synonyme von *B. virgatum* zu betrachten: *B. filicaule* BROT., *B. jacquinianum* JORDAN,

B. scheffleri HAMPE, *B. gerardi* var. *subadpressum* ROUY & CAMUS. Dagegen handelt es sich bei *B. gerardi* JACQ., das nach ZIMMERMANN (1907) in den Jahren 1898 und 1901 im Hafen von Mannheim auftrat und danach nicht wieder bestätigt werden konnte, um ein Synonym von *B. affine* SADLER.

3.3 Beiträge zum Merkmalsbestand von *B. virgatum* CAV.

Anatomische Merkmale - Blattbau

Das bifaziale, amphistomatische Laubblatt von *B. virgatum* (s. Abb. 1 u. 2) wird von (3–) 5–9 parallel verlaufenden Blattnerven durchzogen. Unter dem einschichtigen Palisadenparenchym erstreckt sich das Schwammparenchym. Die von einer Bündelscheide umgebenen Leitbündel sind offen kollateral organisiert. Zwischen den Leitbündeln und der unteren Epidermis sowie an den Blatträndern befindet sich sklerenchymatisches Gewebe. Wie die Untersuchungen von CAUWET-MARC (1976) zeigten, existiert kein einheitlicher Laubblatt-Typ innerhalb der Gattung *Bupleurum*. Neben Arten mit bifazialen Laubblättern kommen Arten mit äquifazialen Blattbau vor.

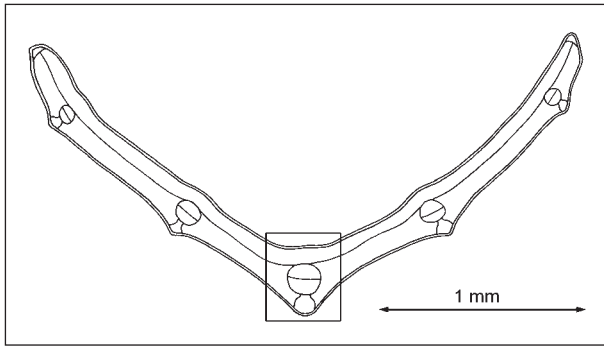


Abb. 1 *B. virgatum*, Blattquerschnitt. Schematische Darstellung

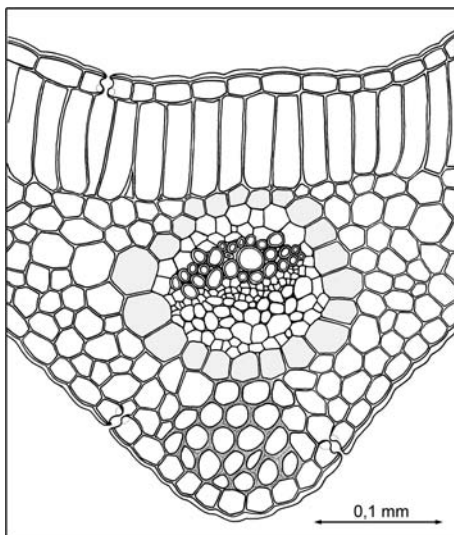


Abb. 2 Blattquerschnitt, zelluläre Darstellung des in Abb. 1 markierten Bereichs

Ultrastrukturelle Merkmale – Stomata

Wie bei vielen anderen Arten der Gattung *Bupleurum* (CAUWET-MARC 1979) gehören auch die Stomata von *B. virgatum* zum anisocytischen Typ. In Abb. 3 ist erkennbar, dass die Spaltöffnungen von 3 ungleich großen Nebenzellen umgeben sind. Die Spaltöffnungsdichte ist auf der Laubblattunterseite mit $252,3 \pm 33,9$ (Standardabweichung, $n = 20$) Stomata je mm^2 deutlich höher als auf der Blattoberseite, auf der die durchschnittliche Stomatadichte $188,2 \pm 27,5$ je mm^2 beträgt ($n = 20$).

Karyologische Merkmale

Die verbale Angabe von SNOGERUP et SNOGERUP (2001), nach der die diploide Chromosomenzahl von *B. virgatum* $2n = 16$ beträgt, kann bestätigt werden (Abb. 4). Ein haploider Chromosomensatz (Abb. 5) besteht aus sieben metacentrischen Chromosomen und einem submetacentrischem Chromosom (Nomenklatur nach LEVAN et al. 1964). Die Summe der Länge aller Chromosomen beträgt $18,64 \mu\text{m}$. Ähnlich kleine Chromosomen treten nach CAUWET-MARC (1971) z.B. bei *B. affine* und *B. tenuissimum* auf.

MALHEIROS-GARDÉ et GARDÉ (1951) ermittelten an Individuen aus Portugal, die diese Autoren unter *B. gerardi* All. subsumierten, die diploide Chromosomenzahl von $2n = 16$. Es ist unklar, ob es sich dabei tatsächlich um *B. gerardi* handelt. Die von MALHEIROS-GARDÉ et GARDÉ (1951) präsentierten Metaphase-Chromosomen ähneln jedoch sowohl in ihrer Form als auch in Größe nur entfernt dem Karyotyp von *B. virgatum*. Ungesichert ist auch die Identität des von CAUWET-MARC (1976) untersuchten Materials, an dem diese Autorin unter Zuordnung zu *B. gerardi* ALL. eine diploide Chromosomenzahl von $2n = 16$ feststellte und das aus Portugal, Frankreich und der Türkei stammte.

4 VERBREITUNG

4.1 Gesamtverbreitung

Das Areal von *B. virgatum* ist bisher nur ungenügend bekannt, da die Art in der Vergangenheit aufgrund von Verwechslungen zumeist unter *B. gerardi* ALL. subsumiert wurde und es deshalb fraglich ist, auf wel-

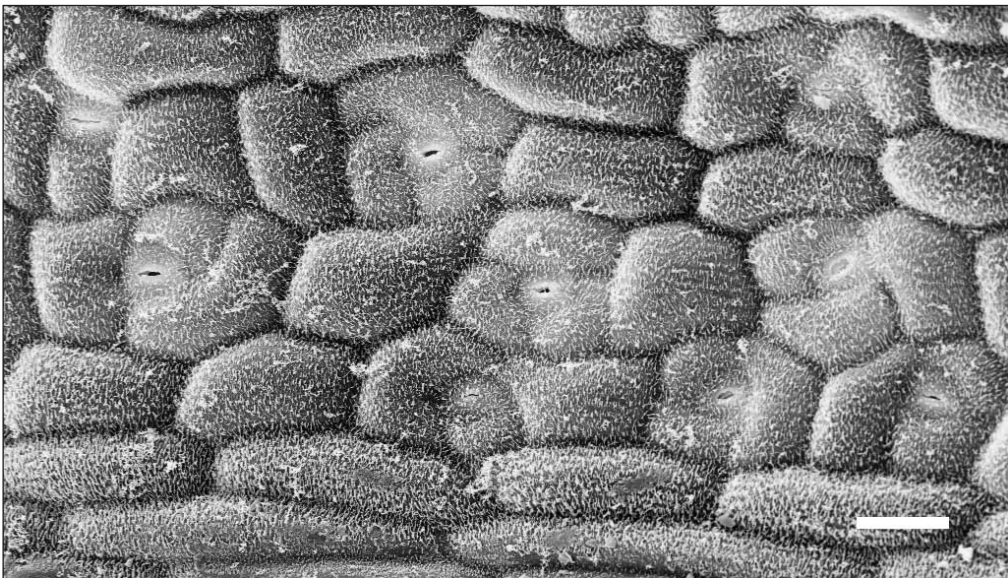


Abb. 3 Blattoberseite, REM-Aufnahme. Maßstab: $20 \mu\text{m}$

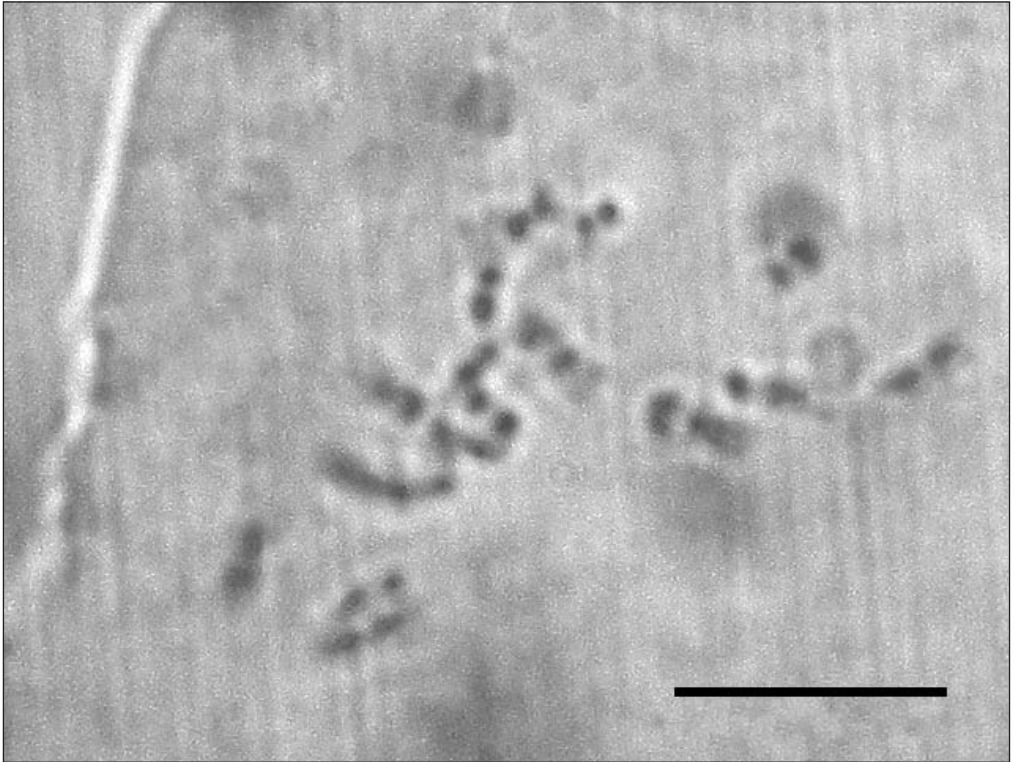


Abb. 4 Mitotische Metaphase. Maßstab: 5 μm

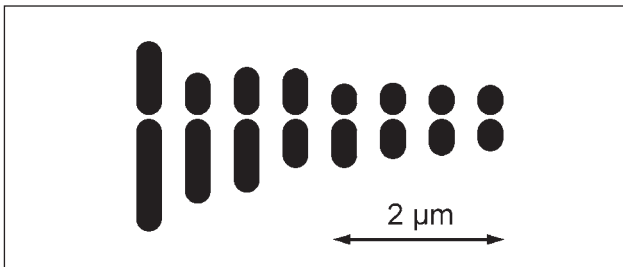


Abb. 5 Karyogramm von *B. virgatum*.

che Sippe sich entsprechende Angaben in Floren beziehen. Nach [SNOGERUP et SNOGERUP \(2001\)](#) handelt es sich bei *B. virgatum* um eine Art mit südwesteuropäischem Verbreitungsschwerpunkt mit Vorkommen in Frankreich und auf der Iberischen Halbinsel. Dagegen ist *B. gerardi* auch im östlichen Mediterrangebiet und auf der Halbinsel Krim anzutreffen. Weitere Vorkommen dieser Art befinden sich im Taurus, in Syrien sowie im Hochland von Iran ([RECHINGER et SNOGERUP 1987](#)). In Abb. 6 ist die gegenwärtig bekannte Verbreitung von *B. virgatum* sowie die Verbreitung von *B. gerardi* in Europa in Anlehnung an [SNOGERUP et SNOGERUP \(2001\)](#) dargestellt.

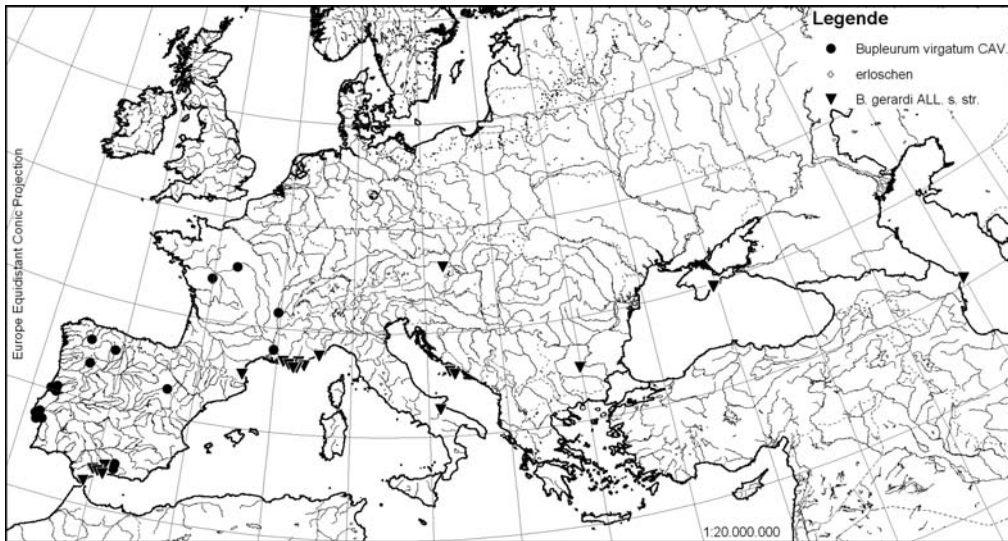


Abb. 6 Gesamtverbreitung von *B. virgatum* sowie europäische Verbreitung von *B. gerardi* nach bisherigem Erkenntnisstand

4.2 Regionalverbreitung

In Mitteleuropa kommt *B. virgatum* ausschließlich im nordöstlichen Harzgebiet im Selketal vor (s. Abb. 7). Der einzige rezente Standort, der bislang bekannt war, befindet sich auf dem Plateau der ehemaligen Burganlage „Alter Falkenstein“ (HERDAM 1995, MTB 4333/12). Aufgrund einer erfolgreich verlaufenen Revitalisierungsmaßnahme (HERRMANN et KISON 2005) ist *B. virgatum* darüber hinaus nun auch wieder am „Bunten Fleck“ (MTB 4333/12) anzutreffen, einem früheren Standort der Art, der zuletzt von SCHUSTER (1936) bestätigt wurde und zwischenzeitlich erloschen war. Eine allgemeine Standortcharakterisierung des „Bunten Flecks“ findet sich bei HERRMANN et KISON (2005).

Auch die übrigen mitteleuropäischen Fundorte von *B. virgatum*, an denen die Art in der Vergangenheit vorkam, waren auf das nordöstliche Harzgebiet beschränkt. Ein heute erloschener Standort befand sich bei Blankenburg (MTB 4131/44). Es handelt sich dabei um die zwischen Blankenburg und der Burgruine Regenstein gelegenen Kesselköpfe, die von HAMPE (1873) als Fundort von *B. scheffleri* aufgeführt werden. Dieser Standort ist identisch mit dem von SPORLEDER (1882) genannten Galgenberg bei Blankenburg. Weitere Vorkommen befanden sich im Selketal. An der „Selkesicht“ (MTB 4333/21) wurde die Art zum letzten Mal von SCHUSTER (1936) nachgewiesen. Für weitere Abhandlungen über historische Vorkommen von *B. virgatum* im nordöstlichen Harzgebiet siehe KISON et PISTRICK (1996) sowie HERRMANN et KISON (2005).

5 STANDORTSÖKOLOGIE

5.1 Allgemeine Charakterisierung des Standorts „Alter Falkenstein“

Der „Alte Falkenstein“ ist ein am westexponierten Oberhang des Selketales gelegener Felsrücken, dessen Plateau sich in 335 m Höhe über NN auf einer Fläche von ca. 60 x 20 m erstreckt. Auf dem Plateau befand sich im Mittelalter die Burganlage „Alter Falkenstein“ (Abb. 8), die im Jahr 1115 während der Kämpfe der Sachsenfürsten gegen Heinrich V. vollständig zerstört und danach nicht wieder aufgebaut wurde (WÄSCHER 1955). Lediglich am Nordabhang des Felsplateaus sind noch unscheinbare Mauerreste

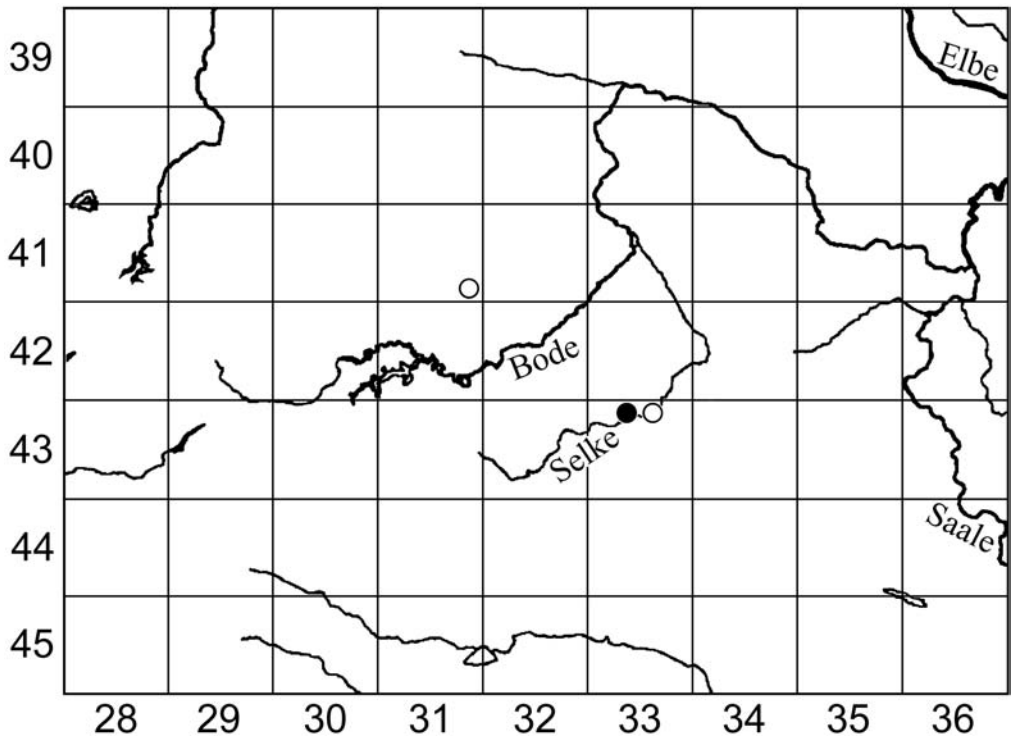


Abb. 7 Historische und rezente Verbreitung von *B. virgatum* in Deutschland. ○ = letzter Nachweis vor 1940, ● = rezentes Vorkommen

zu finden, die aber fast gänzlich überwachsen sind. Über eine weitere, nach der Zerstörung der Burg stattgefundenen siedlungsgeschichtliche Nutzung des Standorts durch den Menschen ist nichts bekannt.

Der Felsrücken, der die Burganlage trug, besteht aus Selke-Grauwacke, die nach DAHLGRÜN (1928) aus dem Unterkarbon stammt. Neuere Untersuchungen datieren den Ursprung des Gesteins jedoch in die

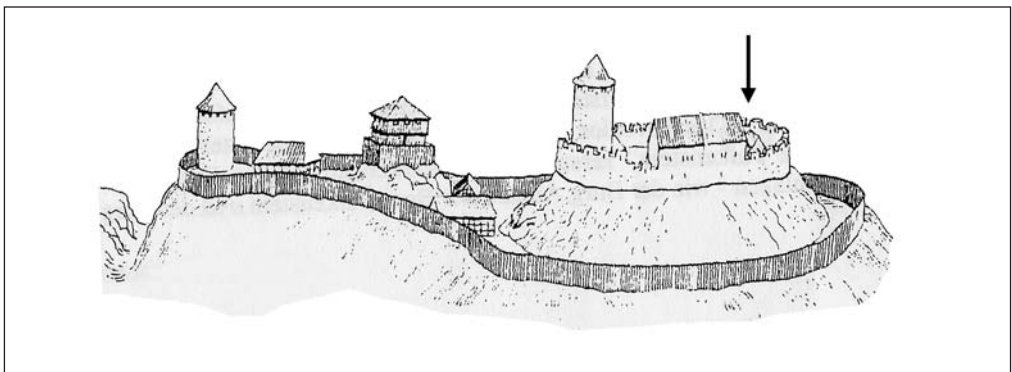


Abb. 8 Rekonstruktion der im 12. Jahrhundert zerstörten Burganlage „Alter Falkenstein“ (nach KÖRF et KÖRF [1985], verändert). Der Pfeil weist auf die Stelle, an der sich heute das Vorkommen von *B. virgatum* befindet.

Tab. 1 Bodenkundliche Parameter des Substrates auf dem „Alten Falkenstein“. Die Proben wurden zum einen direkt in der *Bupleurum*-Fläche entnommen, zum anderen 10 m östlich davon in dem mit Gehölzen bestandenen Bereich des Plateaus.

Probe	pH	Phosphat [mg/100g]	Kalium [mg/100g]	Mg [mg/100g]	Carbonat [%]
<i>Bupleurum</i> -Fläche (02.06.2003)	5,2	38	17	25,1	< 0,1
<i>Bupleurum</i> -Fläche (17.05.2005)	5,5	92	15	25,8	< 0,1
Gehölz-Fläche (02.06.2003)	4,6	29	31	22,3	< 0,1
Gehölz-Fläche (17.05.2005)	4,6	35	33	21,8	< 0,1

Zeit des Oberdevons (WAGENBRETH et STEINER 1990). Der an den Abhängen sowie im östlichen Bereich des Plateaus anstehende Fels wird von Lößauflagerungen unterschiedlicher Mächtigkeit bedeckt. Die Ergebnisse einer bodenkundlichen Analyse zeigen deutlich eine oberflächliche Versauerung des Substrates bei relativ niedrigen Carbonatgehalten an (s. Tab. 1). Fast alle Parameter der im Abstand von 2 Jahren entnommenen Bodenproben sind nahezu konstant. Der hohe Phosphat-Gehalt, der im Jahr 2005 innerhalb der *Bupleurum*-Fläche festgestellt wurde, ist vermutlich anthropogen bedingt und könnte im Zusammenhang stehen mit dem Abrennen von Lagerfeuern am Rand der *Bupleurum*-Fläche im Frühling 2005.

Im Bereich von tiefergründigen Felstaschen konnten sich Gehölze etablieren. Der größte Teil des Plateaus (> 90%) wird von einer mehrstufigen Baumschicht bedeckt, die sich hauptsächlich aus *Acer campestre*, *Tilia platyphyllos* und *Fraxinus excelsior* (jeweilige Höhe: 10–12 m) sowie *Crataegus laevigata* (Höhe: 5–8 m) zusammensetzt. Die am Süd- und Westabhang mit zahlreichen Individuen vorhandene *Prunus spinosa* ist unmittelbar auf dem Plateau nur mit wenigen juvenilen Exemplaren vertreten, die nicht zur Strauchschicht beitragen.

Eine eindeutige Ansprache der auf dem „Alten Falkenstein“ stockenden Waldgesellschaft ist nicht möglich, am ehesten scheint eine Einordnung in die Klasse der Carpino-Fagetea (Br.-Bl. Et Vlieg. 1937) Jakucs 1967 (mesophile, sommergrüne Laubmischwälder) gerechtfertigt zu sein. Für diese Einordnung spricht das Vorhandensein typischer Charakterarten, wie z.B. *Arum maculatum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Corydalis intermedia*, *Melica uniflora*, *Mercurialis perennis* und *Stellaria holostea*. Dieser Flora sind jedoch etliche nitrophile Arten beigemischt, die mit teilweise beträchtlicher Deckung die Krautschicht unter den Gehölzen stellenweise dominieren, z.B. *Alliaria petiolata*, *Chaerophyllum temulum*, *Galium aparine* und *Urtica dioica* (eine vollständige Auflistung der Flora des „Alten Falkensteins“ findet sich bei HERRMANN et KISON 2005). Nach BRANDES (1996), der die pflanzensoziologischen Verhältnisse zahlreicher anderer ehemaliger Burganlagen im östlichen Harzvorland untersuchte, gehören die aus Edellaubhölzern aufgebauten „Burgwälder“ zum Verband des *Tilio platyphyllo-Acerion pseudoplatani* Klika 1955. Es ist ungeklärt, ob diese Erkenntnis auch auf den „Alten Falkenstein“ bezogen werden kann. Dagegen sind deutliche Anklänge an das von BRANDES (1996) im Saumbereich der Gehölze beschriebene *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Kreh 1935) Lohm. 1949 im Saumbereich der Gehölze erkennbar. Am „Alten Falkenstein“ fehlt jedoch mit *Chelidonium majus* eine wichtige Charakterart dieser Gesellschaft.

Im oberen Bereich des Westabhangs des Plateaus sind auf einer ca. 60 m² umfassenden gehölzfreien Fläche einige xerophilen Pflanzenarten anzutreffen, wie z.B. *Ajuga genevensis*, *Carex humilis*, *Euphorbia cyparissias*, *Festuca pallens*, *Potentilla neumanniana*, *Saxifraga granulata* und *Sedum telephium*. Einige dieser xerophilen Arten kommen auch direkt auf dem Plateau vor, sie werden dort jedoch durch menschliche Tritteinwirkung stark zurückgedrängt. Auf den anthropogen entstandenen Offenstandorten konnten sich annuelle Störungszeiger etablieren, die zur weiteren Verdrängung der xerophilen Arten beitragen. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang vor allem *Anthriscus caucalis*, *Capsella bursa-pastoris* und *Viola arvensis*, die jährlich mit großer Individuenzahl und –dichte einen beträchtlichen Teil des nicht von Gehölzen beschatteten Plateaubereichs bedecken und auch innerhalb der von *B. virgatum* bestandenen Fläche anzutreffen sind. Nach BRANDES (1996) kommt *Anthriscus caucalis* auch an anderen ehemaligen Burganlagen des östlichen Harzvorlandes mit hohen Deckungsgraden vor und wird dort mit großer Stetigkeit von *Bromus sterilis* begleitet. Diese Art fehlt jedoch am „Alten Falkenstein“.

5.2 Pflanzensoziologische Charakterisierung der *Bupleurum*-Fläche

Die Individuen von *B. virgatum* kommen ausschließlich im offenen Bereich des Plateaus innerhalb einer ca. 15 m² großen Fläche vor, die im Norden von einem Feld-Ahorn, im Süden von einem Schlehengebüsch begrenzt wird (s. Abb. 9 und Abb. 10). Die Mächtigkeit der Lößauflage über Grauwacke beträgt innerhalb der Fläche ca. 10–20 cm. In Tab. 2 sind im Mai bzw. Juni der Jahre 2003–2005 erstellte Vegetationsaufnahmen des *Bupleurum*-Standortes ersichtlich. Die Vegetationsaufnahmen wurden vor der

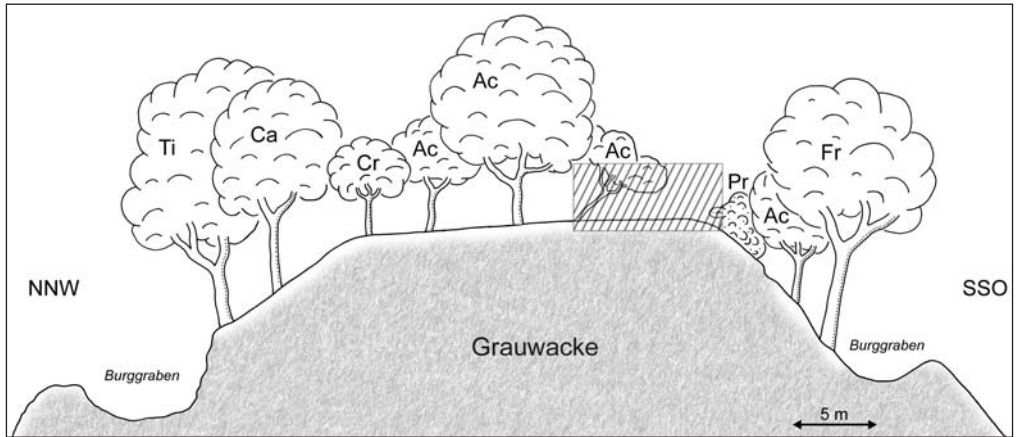


Abb. 9 Querschnitt durch das Felsplateau des „Alten Falkenstein“. Der schraffierte Bereich markiert den Wuchsort von *B. virgatum* und ist in Abb. 10 detailliert dargestellt. **Ac** = *Acer campestre*, **Ca** = *Carpinus betulus*, **Cr** = *Crataegus laevigata*, **Fr** = *Fraxinus excelsior*, **Ti** = *Tilia platyphyllos*, **Pr** = *Prunus spinosa*

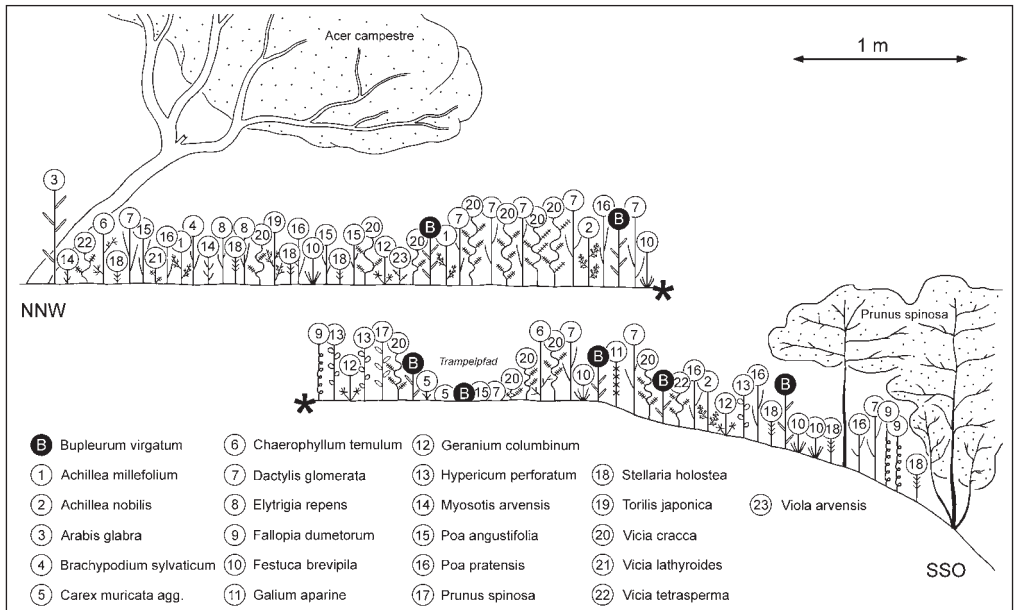


Abb. 10 Transekt durch den Wuchsort von *B. virgatum* auf dem „Alten Falkenstein“, 02.06.2003

im Juli eintretenden Vollblüte von *B. virgatum* angefertigt, weil zu dieser Zeit die meisten der mit *B. virgatum* vergesellschafteten Pflanzenarten bereits stark vertrocknet sind (s. Abschnitt 11).

Die innerhalb der *Bupleurum*-Fläche auftretenden Arten gehören zu gänzlich verschiedenen Klassen des pflanzensoziologischen Systems. So sind beispielsweise nach SCHUBERT et al. (2001) *Viola arvensis*, *Myosotis arvensis* und *Lamium purpureum* in die Klasse der Stellarietea mediae (Br.-Bl. 1921) R. Tx., Lohm. et Prsg. 1950 em. Schub. 1995 (Vogelmieren-Ackerunkraut-Gesellschaften) einzuordnen, während das Vorkommen von *Elytrigia repens* und *Poa angustifolia* auf die Klasse der Artemisietea vulgaris Lohm. et al. ex v. Rochow 1951 em. Dengler (eurosibirische ruderales Beifuß- und Distelgesellschaften und Queckenrasen) bzw. die Ordnung der Agropyretalia repentis Oberd. et al. ex Th. Müller et GÖRS 1969 (Queckenrasen und ruderales Halbtrockenrasen) hindeutet. Dahingegen weisen Arten wie *Poa pratensis*, *Vicia cracca* und *Dactylis glomerata* auf die Klasse der Molinio-Arrhenatheretea R. Tx. 1937 (Wirtschaftsgrünland) hin. Nach SCHUBERT (in litt.) handelt es sich bei der am „Alten Falkenstein“ vorliegenden Vergesellschaftung von *B. virgatum* um „eine stark gestörte und völlig instabile Pflanzengemeinschaft, die keiner stabilen Assoziation zugeordnet werden kann“.

Die Ursache für das stark durchmischte Artenspektrum dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit in der anthropogenen Beeinflussung des Standortes begründet sein. Der „Alte Falkenstein“ hat sich in den letzten Jahren zu einem touristischen Naherholungsziel entwickelt, das jährlich von mehreren Hundert Besuchern aufgesucht wird (vgl. HERRMANN et KISON 2005), die Offenstandorte schaffen (s. Kap. 14) und für den Eintrag von anthropochor ausgebreiteten Diasporen (z.B. *Capsella bursa-pastoris*) sorgen. Die *Bupleurum*-Fläche selbst wird direkt von einem Trampelpfad durchschnitten (s. Abb. 10).

Die genannten Faktoren haben offensichtlich einen qualitativen Vegetationswandel auf dem Felsplateau bewirkt. Nach SCHUBERT (in litt.) war am „Alten Falkenstein“ früher das Geranio sanguinei-Trifolietum alpestris Th. Müller 1962 vertreten, in das dieser Autor auch das Vorkommen von *Bupleurum virgatum* einordnete (SCHUBERT 2001). Rezent finden sich auf dem „Alten Falkenstein“ jedoch keine der zu dieser Assoziation gehörigen Vertreter mehr. Die einzige Ausnahme stellt die Verbandscharakterart *Tanacetum corymbosum* dar, die mit wenigen Exemplaren am Südrand des Plateaus weit außerhalb der *Bupleurum*-Fläche stockt.

5.3 Zeigerwerte-Empfehlung für *B. virgatum*

B. virgatum gehört zu den wenigen Pflanzenarten der zentraleuropäischen Flora, für die bislang noch keine ökologischen Zeigerwerte vorliegen (ELLENBERG et al. 2001). Die Zeigerwerte-Empfehlung in Tab. 3 basiert auf den in Tab. 2 präsentierten Vegetationsaufnahmen. Obwohl die erfasste Fläche, wie in Abschnitt 5.2 beschrieben, anthropogenen Störungen ausgesetzt ist und damit im strengen Sinne nicht das von ELLENBERG et al. (2001: 48) geforderte Kriterium erfüllt wird, nach dem sich Zeigerwerte immer „auf Pflanzen in ausgeglichenen Beständen beziehen sollten, die Zeit hatten, sich an ihre Umwelt anzupassen“, dürfte die Zeigerwerte-Empfehlung für *B. virgatum* vor allem in Anbetracht des bisherigen Mangels diesbezüglicher Informationen trotzdem eine gewisse Berechtigung besitzen. Es muss jedoch betont werden, dass die in Tab. 3 vorgeschlagenen Werte auch aufgrund der spärlichen Datenlage sowie der angewendeten Methode lediglich den Charakter einer ersten, vorläufigen Orientierung haben können und keineswegs als endgültig anzusehen sind.

Die empfohlenen Zeigerwerte für *B. virgatum* wurden auf indirekte Weise gewonnen. Sie orientieren sich maßgeblich an den mittleren Zeigerwertspektren, die nach der von DURWEN (1982: 42) beschriebenen Methode mit unterschiedlicher Wichtung der einzelnen Deckungsgrade berechnet wurden (Tab. 4). Zum Vergleich wurde das arithmetische Mittel herangezogen.

Wie aus Tab. 4 ersichtlich wird, sind die Zeigerwertspektren der *Bupleurum*-Fläche in den Jahren 2003–2005 annähernd identisch. Besonders konsistent sind die Temperaturzahlen sowie die gewichteten Mittel

Tab. 2 Vegetationsaufnahmen des *Bupleurum*-Standorts in den Jahren 2003–2005. Selketal (Ostharz), Plateau des „Alten Falkensteins“, 335 m NN, Löß über Grauwacke, Bodenmächtigkeit ca. 10–20 cm, Aufnahmefläche: ca. 15 m². Streuschicht 2003: 10 %, 2004: 8 %, 2005: 12 %

	Deckung 02.06.2003	Deckung 25.05.2004	Deckung 18.05.2005
Strauchschicht	5 %	5 %	5 %
<i>Acer campestre</i>	+	+	+
<i>Prunus spinosa</i>	+	+	+
Krautschicht	98 %	95 %	95 %
<i>Achillea millefolium</i>	1	1	1
<i>Achillea nobilis</i>	1	1	1
<i>Anthriscus caucalis</i>	+	2a	2a
<i>Arabis glabra</i>	r	-	-
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	+	+	+
<i>Bupleurum virgatum</i>	1	1	1
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1	1	1
<i>Carex muricata</i>	+	+	+
<i>Cerastium glutinosum</i>	+	+	1
<i>Chaerophyllum temulum</i>	1	1	+
<i>Dactylis glomerata</i>	1	1	1
<i>Elytrigia repens</i>	1	1	1
<i>Fallopia dumetorum</i>	1	1	1
<i>Festuca brevipila</i>	1	1	1
<i>Galeopsis tetrahit</i>	r	-	-
<i>Galium aparine</i>	1	1	1
<i>Geranium columbinum</i>	1	1	1
<i>Geranium pusillum</i>	1	2a	2b
<i>Hypericum perforatum</i>	1	1	1
<i>Lamium purpureum</i>	1	1	1
<i>Myosotis arvensis</i>	1	1	1
<i>Myosotis ramosissima</i>	+	+	1
<i>Poa angustifolia</i>	2a	2a	2a
<i>Poa pratensis</i>	1	1	1
<i>Prunus spinosa</i>	r	r	+
<i>Stellaria holostea</i>	+	+	+
<i>Stellaria pallida</i>	+	1	1
<i>Taraxacum laevigatum</i>	+	+	+
<i>Torilis japonica</i>	+	+	-
<i>Valerianella locusta</i>	1	1	1
<i>Veronica arvensis</i>	+	+	1
<i>Vicia cracca</i>	3	2b	2b
<i>Vicia lathyroides</i>	1	1	1
<i>Vicia tetrasperma</i>	2a	1	1
<i>Viola arvensis</i>	+	1	1
Moosschicht	5 %	3 %	3 %
<i>Rhynchosyrium megapolitanum</i>	1	1	1
<i>Plagiomnium affine</i>	1	1	1

Tab. 3 Zeigerwerte-Empfehlung für *B. virgatum*

L	T	K	F	R	N
7	6	4	4	6	5

Tab. 4 Zeigerwertspektren der *Bupleurum*-Fläche in den Jahren 2003–2005. Die gewichteten Mittelwerte wurden nach DURWEN (1982) errechnet.

Jahr	Methode	Zeigerwertspektrum					
		L	T	K	F	R	N
2003	Mittelwert (gew.)	6,92	5,92	4,15	4,55	6,40	5,14
	Mittelwert (ungew.)	6,81	5,93	4,00	4,61	6,56	5,17
2004	Mittelwert (gew.)	6,87	5,93	4,13	4,36	6,37	5,23
	Mittelwert (ungew.)	6,84	5,93	4,12	4,66	6,47	5,15
2005	Mittelwert (gew.)	6,95	5,93	4,17	4,26	6,36	5,15
	Mittelwert (ungew.)	6,87	5,92	4,17	4,64	6,38	5,04

der Licht-, Kontinentalitäts- und Reaktionszahlen. Lediglich die Feuchtezahlen weisen im Vergleich zu den anderen Werten eine größere Schwankung auf. Eine Ursache für die Abnahme des gewichteten Mittels der Feuchtezahlen in den Jahren 2003–2005 dürfte in den angestiegenen Deckungsgraden einiger xerophiler Annueller begründet sein (z.B. *Myosotis ramosissima*, *Cerastium glutinosum*, *Geranium pusillum*), die innerhalb der *Bupleurum*-Fläche als Folge der im Beobachtungszeitraum angestiegenen Trittbelastung bessere Etablierungsmöglichkeiten vorfanden.

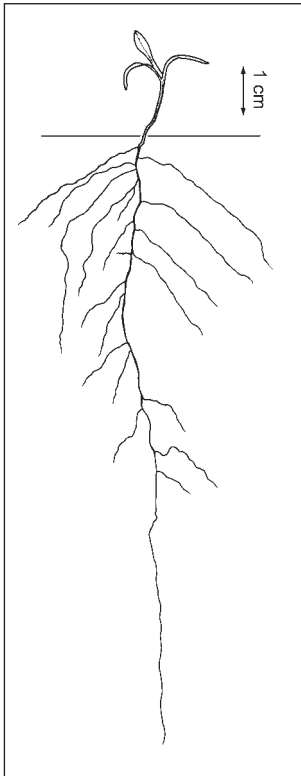
6 WUCHSFORM

6.1 Keimling

Der morphologische Aufbau des Keimlings von *B. virgatum* entspricht dem von HACCIIUS et REH (1956) beschriebenen *Eryngium planum*-Typ. Das unverdickte Hypokotyl ist ca. 8–25 mm lang und deutlich von der Keimwurzel abgesetzt, die sich bis zur ersten Ordnung verzweigt. Der basale Bereich des Hypokotyls befindet sich gewöhnlich einige Millimeter unter der Erdoberfläche (Abb. 11), bewurzelt sich dort jedoch nicht. Die linealischen Kotyledonen sind 8–12 mm lang und ca. 0,5 mm breit. Sie sind an ihrer Basis miteinander verwachsen und bilden eine kurze Kotyledonarscheide. Das verkehrteilanzettliche Primärblatt, das eine Länge von 10–15 mm und eine Breite von ca. 3 mm erreichen kann, entspringt transversal zu den Kotyledonen.

6.2 Juvenilstadium

Eine markante Eigenschaft der juvenilen Individuen von *B. virgatum* ist die Distichie der grasartigen, lineal-lanzettlichen Laubblätter, die bis zu 13 cm lang und 2–5 mm breit werden können. Die distiche Blattanordnung, die für mehrere Arten aus der näheren *B. virgatum*-Verwandschaft bereits von TROLL (1937) erwähnt wurde, wird besonders deutlich an kultivierten Individuen, an denen die basalen Internodien stark gestaucht sind. Am „Alten Falkenstein“ sind dagegen die basalen Internodien der juvenilen Pflanzen als Folge der standortsbedingten Konkurrenz deutlich verlängert (Abb. 12) und verle-



hen den in diesem Entwicklungsstadium befindlichen Pflanzen einen unscheinbaren, graminoiden Habitus. Im vegetativen Bereich werden gewöhnlich 8–12, in seltenen Fällen auch bis zu 16 Laubblätter gebildet. Das Wurzelsystem der juvenilen Pflanzen ist bis zur zweiten Ordnung verzweigt.

6.3 Adultstadium

Beim Übergang in das Adultstadium löst sich am Spross in distaler Richtung die streng distiche Anordnung der Laubblätter zugunsten einer alternierenden Blattstellung auf. Während die unteren Tragblätter noch laubblattartig gestaltet sind, weisen die distalen Tragblätter bracteose Beschaffenheit auf. Aus Abb. 13, in der der Habitus einer kultivierten Adultpflanze dargestellt ist, wird deutlich sichtbar, dass die Infloreszenz den größten Teil der adulten Pflanze bildet. Der morphologische Aufbau einer adulten Pflanze erschließt sich aus dem Wuchsformschema in Abb. 14.

Der Hauptspross endet in einer von (4–)5 pfriemlichen Hüllblättern umgebenen Doppeldolde (ED in Abb. 14), die sich aus 3–6(–8) Döldchen zusammensetzt, die wiederum jeweils aus 4–6(–8) zwittrigen Blüten bestehen. Die einzelnen Döldchen weisen 5 pfriemliche Hüllchenblätter auf und sind unterschiedlich lang gestielt (Abb. 15). Die ebenfalls in ganz ähnlich organisierten Doppeldolden endenden

Abb. 11 Keimling von *B. virgatum*

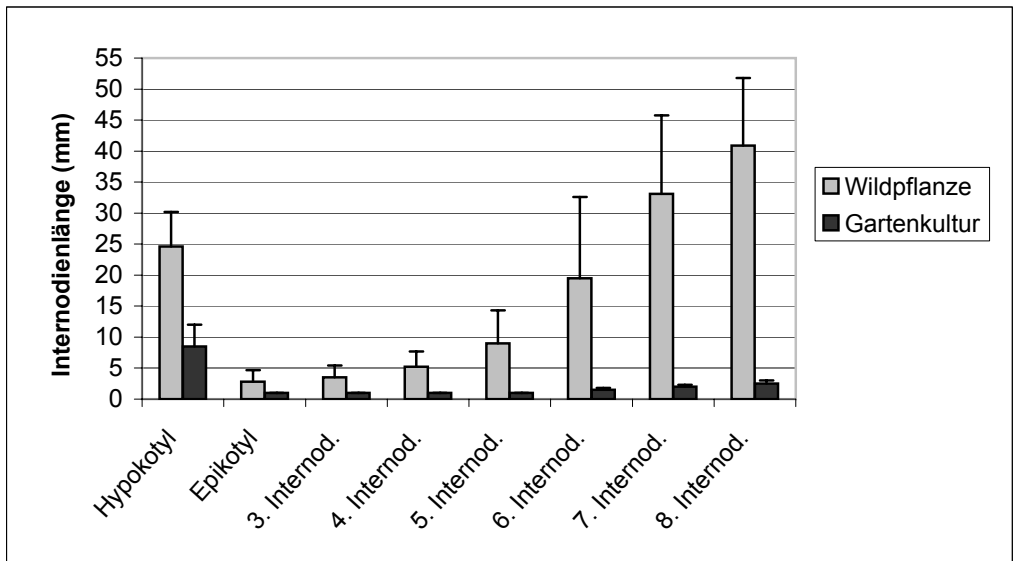


Abb. 12 Länge der basalen Internodien von kultivierten und wildwachsenden Individuen von *B. virgatum* im Vergleich (jeweils n = 30). Dargestellt sind die Mittelwerte sowie die Standardabweichungen.

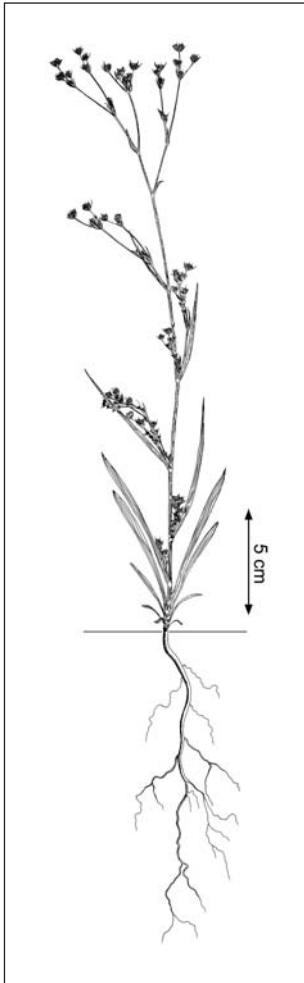


Abb. 13 *B. virgatum*, Habitus einer kultivierten Adultpflanze

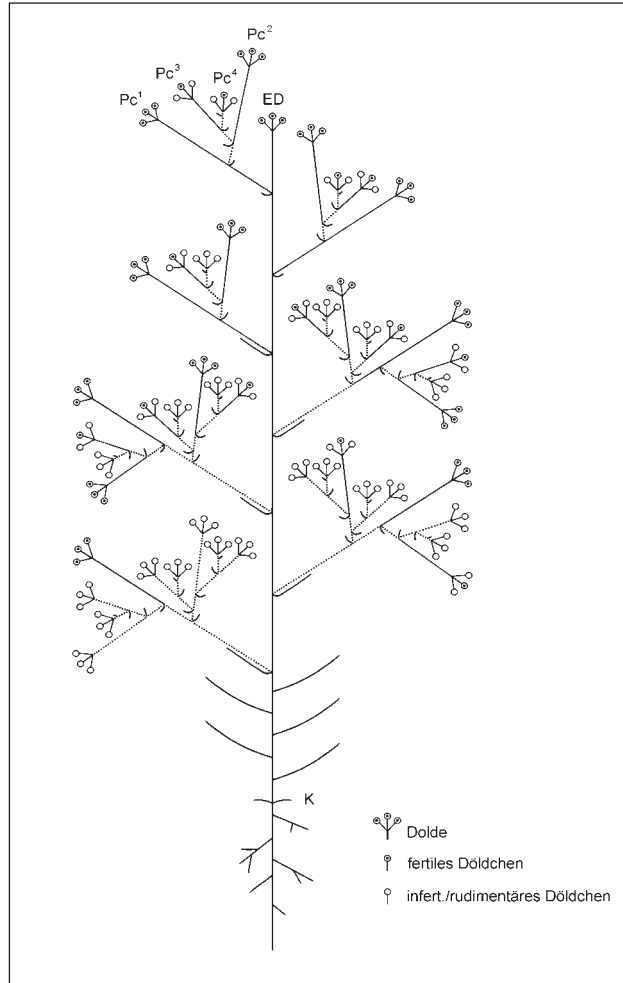


Abb. 14 *B. virgatum*, Wucherschema einer Adultpflanze. Die punktierten Bereiche symbolisieren stark gestauchte Internodien. Im basalen Bereich sind die zwischen den Kotyledonen (K) und dem untersten Seitentrieb befindlichen Internodien standortabhängig entweder gestauchte oder gestreckte. ED = Enddolde, Pc^n = Parakladium n-ter Ordnung

Seitentriebe sind regelmäßig bis zum vierten, seltener auch bis zum fünften Grad verzweigt. Auf diese Weise entstehen Parakladien n-ter Ordnung (s. Abb. 14).

Die Enddolde ist in ihrer Entwicklung gefördert, die Aufblühfolge schreitet am Blütenstand in basipetaler Richtung voran. Die Fertilität der Blüten im oberen Bereich der Infloreszenz ist bedeutend höher als im basalen Infloreszenzbereich, in dem die einzelnen Blüten, unabhängig von der Ordnung des betrachteten Parakladiums, zumeist nur rudimentär entwickelt sind. So weisen im oberen Infloreszenzbereich sämtliche der zu den Parakladien erster und zweiter Ordnung gehörigen Döldchen ausschließlich fertile Blüten auf. Die Doppeldolden der Parakladien dritter und besonders vierter Ordnung enthalten jedoch

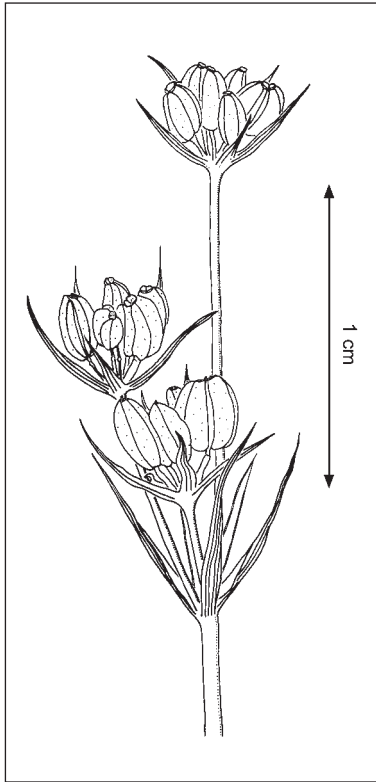
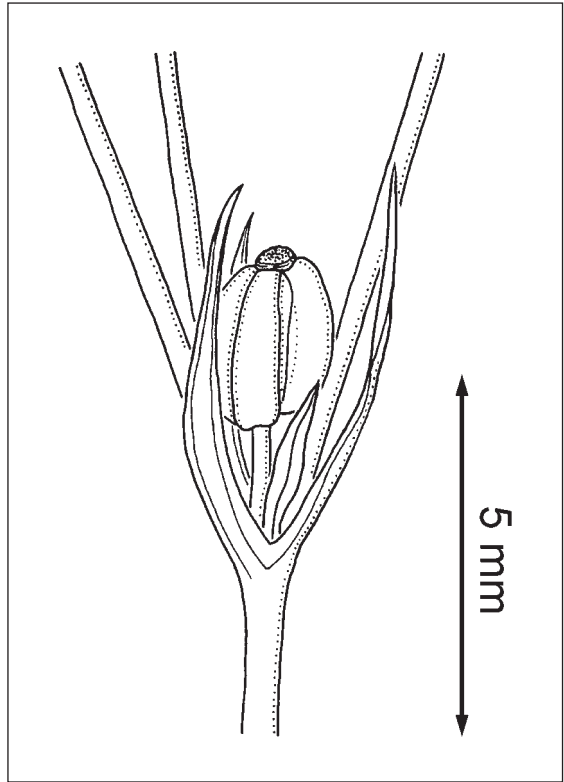
Abb. 15 Dolde von *B. virgatum*

Abb. 16 Stark verarmtes Döldchen an der Basis einer Dolde

bereits Döldchen, die nur noch aus infertilen bzw. rudimentären Blüten bestehen. Gelegentlich vorhandene Parakladien fünfter Ordnung sind nur rudimentär entwickelt. Im Bereich der basalen Seitentriebe bringen dagegen in der Regel nur noch die Parakladien erster Ordnung fertile Blüten hervor, während die Parakladien höherer Ordnung ausschließlich infertile Blüten bzw. gänzlich rudimentär bleiben. Damit einher geht eine unterschiedliche Ausprägung der Internodienlänge im Bereich der Seitentriebe. Während im oberen Infloreszenzbereich die Parakladien der ersten bis dritten Ordnung so stark gestreckt sind, dass sie teilweise sogar die Enddolde überragen, tritt in den mittleren und vor allem basalen Seitentrieben eine zunehmende Internodienstauchung auf, wodurch das geknäulte bzw. kopfige Erscheinungsbild der basalen Seitentriebe verursacht wird.

Der Standort beeinflusst den Habitus der adulten Individuen. Kultivierte Pflanzen wachsen orthotrop und erreichen eine Höhe von ca. 25–75 cm. Die Individuen vom „Alten Falkenstein“ wachsen dagegen nur selten aufrecht; häufig ist die Sprossachse im vegetativen Bereich, in dem die Internodien stark verlängert sind, aufgrund des interspezifischen Konkurrenzdrucks mehrfach gebogen und plagiotrop orientiert. Im Infloreszenzbereich richtet sich die Sprossachse jedoch zumeist auf und wächst orthotrop; insgesamt kann die Sprossachse der Individuen am „Alten Falkenstein“ eine Länge von ca. 65 cm erreichen.

Die Enddolde kann gelegentlich ein stark rudimentiertes, kurz gestieltes Döldchen enthalten, das nur aus einer fertilen Blüte besteht (Abb. 16). Das gleiche gilt für die Dolden der Parakladien erster Ordnung im oberen Infloreszenzbereich. Das Vorhandensein dieses schwach entwickelten Döldchens wird von **SNOGERUP** et **SNOGERUP** (2001) als wichtiges Differentialmerkmal zur Unterscheidung von *B. gerardi* bewertet, bei dem keine reduzierten Döldchen vorkommen. Tatsächlich eignet sich dieses Merkmal jedoch

nur bedingt zur Trennung beider Arten. Lediglich bei 83 von 192 daraufhin untersuchten Individuen von *B. virgatum* (= 43%) traten reduzierte Döldchen auf.

7 BLÜTE UND DIASPOROLOGIE

7.1 Blütenbiologie

Die Kronblätter sind in der Knospenlage grün gefärbt und vollständig eingerollt, so dass ihre Spitzen das Stylopodium berühren. Im entfalteten Zustand sind die Kronblätter ca. 0,4 mm breit und 0,5 mm lang. Die Spitze der Tepalen streckt sich nicht vollständig, sondern bleibt leicht einwärts gebogen (Abb. 17) und bildet auf diese Weise das auch bei anderen *Bupleurum*-Arten auftretende *lobulum inflexum* (vgl. SCHMITZ et FROEBE 1986). Die Filamente der zwischen den Petalen befindlichen Stamina sind im Knospenstadium zunächst eingerollt. Nachdem sich die Kronblätter entfaltet und dabei durch Carotinoide gelb gefärbt haben, entrollen sich auch die Filamente; häufig nicht synchron, sondern im Laufe eines Tages zeitlich versetzt.

Alle fertilen Blüten sind zwittrig und protandrisch. Die basifixen Antheren öffnen sich intrors. Die beiden Griffel sind während der Antherendehiszenz zunächst nur als rundliche Erhebungen auf dem Stylopodium zu erkennen. Etwa 2–3 Tage nach dem Öffnen der Blüten erfahren die beiden Griffel ein Längenwachstum und erreichen eine Länge von ca. 0,3 mm. Die Filamente sind zu diesem Zeitpunkt noch beweglich und können sich über die rezeptiven Narben neigen, wodurch Selbstbestäubung ermöglicht wird. Circa 8–10 Tage nach dem Öffnen der Blüten sind die Kronblätter bereits verwelkt und fallen schließlich zusammen mit den Staubblättern ab. Die beiden Griffel sind zunächst noch vorhanden und vertrocknen erst im Laufe der Diasporenreife.

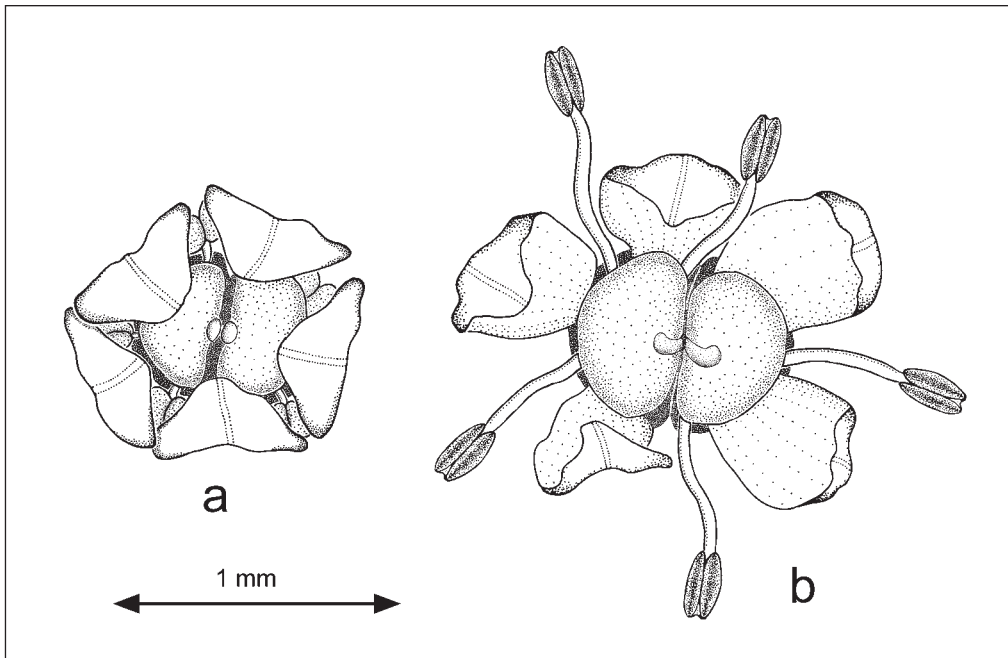


Abb. 17 Blüte von *B. virgatum*, Aufsicht.

a = geschlossenes Stadium, **b** = geöffnetes Stadium mit rezeptiven Narben

Trotz intensiver Beobachtungen konnten weder an Individuen des Standorts „Alter Falkenstein“ noch an kultivierten Pflanzen blütenbesuchende Insekten nachgewiesen werden. Zwar glänzt die Oberfläche des Stylopodiums während der Anthese durch Sekretion eines dünnen Nektarfilms, doch übt dieser offensichtlich keine Attraktionswirkung auf Insekten aus. Möglicherweise existieren potentielle Bestäuber im südwestlichen Europa im Hauptverbreitungsgebiet der Art, die jedoch in Mitteleuropa aufgrund klimatischer Gegebenheiten fehlen. Hinweise darauf, dass das Fortpflanzungssystem von *B. virgatum* nicht ausschließlich auf Selbstbestäubung und –befruchtung ausgerichtet ist, ergeben sich aus dem Pollen/Samenanlagen-Verhältnis (*pollen-ovule ratio*), das $481,5 \pm 70,2$ beträgt (Standardabweichung, $n = 12$). Nach CRUDEN (1977) ist *B. virgatum* damit als fakultativ-xenogam zu bezeichnen.

Im Bau und in der Funktionsweise ähneln die Blüten von *B. virgatum* stark den Blüten der anderen zentraleuropäischen *Bupleurum*-Arten. Der an *B. virgatum* beobachtete Entfaltungsmechanismus der Staubblätter tritt nach TROLL (1926) auch bei *B. longifolium* auf. In der Knospelage vollständig eingewickelte Blütenblätter und Protandrie beobachteten KIRCHNER (1888) und SCHULZ (1888) bei *B. tenuissimum*, *B. longifolium*, *B. rotundifolium* und *B. falcatum*. Bei den beiden letztgenannten Arten konnte KIRCHNER (1888) zusätzlich blütenbesuchende Insekten nachweisen (Fliegen, Hymenopteren, Käfer).

7.2 Entwicklung der Diasporen

Die Entwicklung der Diasporen erstreckt sich nach der Bestäubung über einen Zeitraum von mehreren Wochen (Abb. 18). Wenn die Kronblätter abgefallen sind, beginnt der grün gefärbte Fruchtknoten anzuschwellen, aus dem mit hoher Stetigkeit zwei Diasporen hervorgehen. Nachdem die Früchte ca. 3 Wochen später ihre endgültige Größe von 2–2,5 mm Länge und 0,8–1,2 mm Breite erreicht haben, färben sie sich dunkelviolett-bräunlich. Die Oberfläche des Perikarps, die zunächst noch glatt ist, durch Trocknungsprozesse im Laufe der nächsten Wochen aber leicht rau wird, ist am Ende der Diasporenreife vollständig dunkelbraun gefärbt. Vor der Dissemination, die ca. 6 bis 7 Wochen nach der Bestäubung erfolgt, löst sich die feste Bindung der beiden Teilfrüchte (Schizokarpie), die zunächst jedoch noch für kurze Zeit locker am nun sichtbaren Karpophor befestigt bleiben. Das durchschnittliche Diasporengewicht beträgt $1,37 \pm 0,45$ mg (Standardabweichung, $n = 1044$).

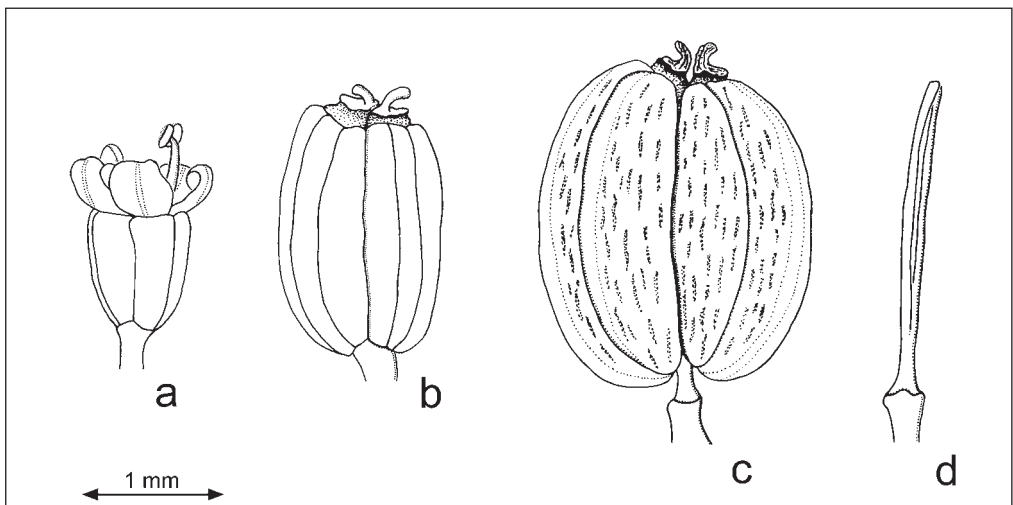


Abb. 18 Blüte und Fruchtentwicklung von *B. virgatum*. **a** = Blüte, laterale Ansicht; **b** = Fruchtknoten, ca. 2 Wochen nach der Bestäubung; **c** = Früchte, unmittelbar vor der Dissemination, ca. 7 Wochen nach der Bestäubung; **d** = Karpophor



Abb. 19 Diaspore von *B. virgatum*, REM-Aufnahme. Die Ausbreitungseinheit ist die Teilfrucht, an der sich Reste des Karpophors (siehe Pfeil) befinden können.

Die Ausbreitungseinheiten sind die Teilfrüchte, an denen sich Reste des Karpophors befinden können (Abb. 19). Die Anzahl der je Individuum gebildeten Diasporen ist standortsabhängig. Generell bringen kultivierte Pflanzen, die ohne Konkurrenzdruck aufwachsen, mehr Diasporen hervor, als die Individuen vom „Alten Falkenstein“. So bilden kultivierte Pflanzen durchschnittlich $318,7 \pm 116,9$ Diasporen (Standardabweichung, $n = 52$), während die Individuen am „Alten Falkenstein“, die nicht durch anthropogen bedingte Schädigungen beeinträchtigt werden, dagegen durchschnittlich nur $168,2 \pm 75,4$ Diasporen entwickeln (Standardabweichung, $n = 137$).

7.3 Ausbreitung

Die Diasporen werden autochor ausgebreitet. Sie fallen in der Regel ohne äußere Einflüsse von der Mutterpflanze zu Boden. Der Prozess der Ablösung der Disseminalen vom Fruchtstand kann zwar auch durch vorüberstreichende Menschen bzw. Tiere ausgelöst werden (Semachorie), doch ist Autochorie der dominierende Ausbreitungstyp. Die Diasporen besitzen keine morphologischen und anatomischen Anpassungen an Fernausbreitung (z.B. stachel-, haken- oder flügelförmige Emergenzen des Perikarps, vgl. SCHMIDT 1991). Dies dürfte eine der Ursachen für das annähernd ortskonstante Auftreten der Art sein, das über mehrere Jahre am „Alten Falkenstein“ beobachtet wurde (s. Kap. 9). Unbeeinflusst von der Tatsache, dass während der gesamten Disseminationszeit im Sommer zahlreiche Touristen die *Bupleurum*-Fläche direkt durchqueren und somit als mögliche Vektoren für Diasporenttransport zur Verfügung stehen, bleibt *B. virgatum* in seinem Vorkommen strikt auf die bislang besiedelte Fläche beschränkt. Aufgrund fehlender Anpassungen an Fernausbreitung scheint die Art zumindest in Mitteleuropa nicht in der Lage zu sein, selbständig in neue Habitats vorzudringen und ihr Areal zu erweitern.

7.4 Keimung und Lebensdauer der Diasporen

Die Diasporen haben keine Dormanz, sie sind nach der Dissemination sofort keimfähig. Die Voraussetzung dafür ist jedoch ein ausreichendes Wasserangebot (s.u.). Im Laborexperiment, das mit unmittelbar nach

der Dissemination aufgesammelten Diasporen durchgeführt wurde, lag die Keimrate nach 15 Tagen bei tageslichtexponierten Diasporen bei 100 % (n = 120). Ein ganz ähnliches Ergebnis erbrachte der Dunkelversuch, bei dem nach 16 Tagen eine Keimrate von 100 % (n = 120) erreicht wurde.

Am „Alten Falkenstein“ können zwischen Dissemination und Keimung einige Wochen vergehen. Während dieser Zeit bildet die Art eine vorübergehende Samenbank (*transient seed bank*, vgl. POSCHLOD 1991). Der Grund dafür liegt darin, dass der flachgründige Standort im Spätsommer in der Regel stark ausgetrocknet ist und deshalb zur Initiierung der Keimung nicht genügend Wasser vorhanden ist. Die epigäische Keimung erfolgt deshalb erst im Frühjahr, in dem die Niederschlagshäufigkeit zunimmt. Von 80 Diasporen, die am „Alten Falkenstein“ am 19.09.2002 innerhalb einer 25 cm² großen Dauerbeobachtungsfläche ausgebracht wurden, waren bereits vier Wochen später (17.10.02) 78 gekeimt.

Bei Raumtemperatur trocken aufbewahrte Diasporen wiesen 12 Monate nach ihrer im Jahr 2001 erfolgten Ernte eine Keimrate von 63 % auf (n = 100), ein weiteres Jahr später (2003) dagegen nur noch eine Keimrate von 21 % (n = 80). Im Jahr 2004 betrug die Keimrate von Diasporen aus dieser Aufsammlung 0 % (n = 80).

8 DEMOGRAPHIE UND DIASPOREN-POTENTIAL

8.1 Historische Daten zur Demographie

Die einzigen konkreten Angaben zur Demographie von *B. virgatum* stammen aus den 30er bzw. 60er Jahren des 20. Jahrhunderts. So fand SCHUSTER (1936) am „Alten Falkenstein“ sowie am „Bunten Fleck“ jeweils ca. 100 Exemplare vor, während er das Vorkommen an der Selkesicht nur als spärlich bezeichnete. Danach legte nur noch RAUSCHERT (1972) eine konkrete Angabe vor. Dieser Autor berichtete, dass er am „Alten Falkenstein“ 1965 etwa 50 Individuen vorfand. Obwohl die genannten Zahlen aufgrund der Unscheinbarkeit der Pflanzen vermutlich nur ungefähre Schätzwerte darstellen, zeigen sie jedoch deutlich, dass die Art an den genannten Standorten zumindest seit ihrer Entdeckung nie in großer Individuendichte vorgekommen sein dürfte, sondern dass pro Jahr immer nur relativ wenige Individuen für die Sicherung des Fortbestandes der Population zur Verfügung standen.

8.2 Entwicklung der Demographie und des Diasporenpotentials in den Jahren 2002 – 2005

Die Anzahl adulter Individuen von *B. virgatum* am „Alten Falkenstein“ war in den Jahren 2003 und 2004 im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr stark rückläufig (Abb. 20). Einen Tiefstand erreichte die Populationsgröße 2004 mit 43 adulten Individuen. Im darauf folgenden Jahr wurden dagegen 48 adulte Pflanzen gezählt. Die Zunahme der Individuenzahl im Jahr 2005 darf jedoch nicht als Konsolidierung der Population nach einer mehrjährigen Schrumpfungsphase interpretiert werden. Wie aus Abb. 21 deutlich wird, sank seit 2002, dem Jahr der ersten diesbezüglichen Datenerhebung, die Gesamtzahl der jährlich gebildeten Diasporen kontinuierlich. So standen im Jahr 2002 am Ende der Vegetationsperiode insgesamt 11208 Diasporen zur Regeneration der Population zur Verfügung, während 2005 nur noch 3626 Diasporen gebildet wurden. Im Vergleich dieser beiden Extremwerte des erfassten Zeitraumes ist dies gleichbedeutend mit einem Rückgang der jährlichen Diasporenanzahl um ca. 68 %. Eine wesentliche Ursache für diesen Negativtrend stellt die von 2002 bis 2005 ebenfalls kontinuierlich gesunkene durchschnittliche Anzahl der je Pflanze gebildeten Diasporen dar (Abb. 22). So wurden 2002 durchschnittlich noch 140 Diasporen je Individuum gezählt, während 2005 im Mittel nur noch 76 Diasporen je Pflanze gebildet wurden, was einem Rückgang um ca. 46 % entspricht.

8.3 Anthropogene Einflüsse auf die Demographie und das Diasporenpotential

Die Hauptursache für das rückläufige Diasporenpotential liegt in der angestiegenen anthropogenen Beeinträchtigung des Standorts „Alter Falkenstein“. Durch menschlichen Tritt werden jährlich zahlreiche

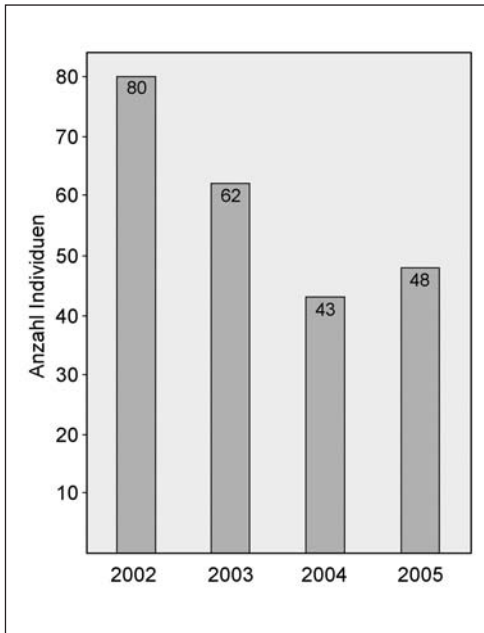


Abb.20 Anzahl adulter Individuen von *B. virgatum* auf dem „Alten Falkenstein“ in den Jahren 2002–2005

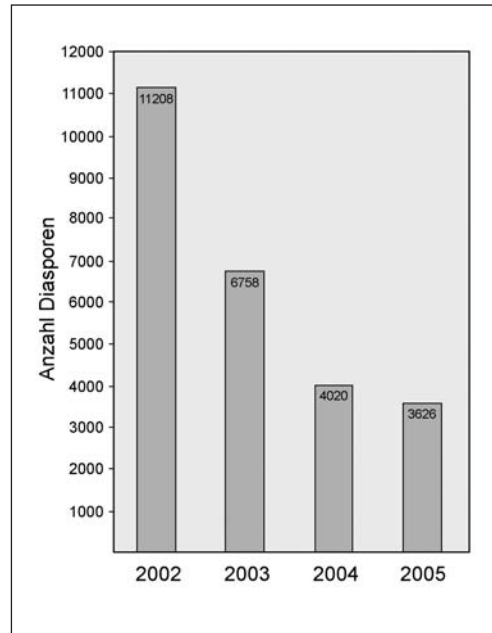


Abb.21 Gesamtzahl der in den Jahren 2002–2005 gebildeten Diasporen

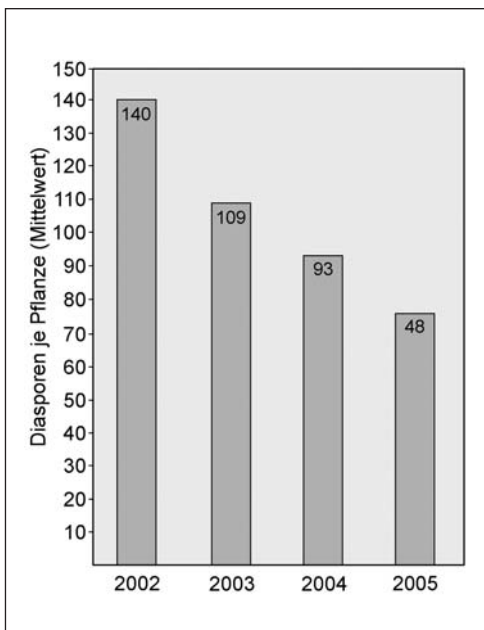


Abb.22 Durchschnittliche Diasporenanzahl je Individuum in den Jahren 2002–2005

Individuen von *B. virgatum* irreparabel geschädigt. In den meisten Fällen wird dabei die Sprossachse im Juvenil- bzw. im Adultstadium in der unteren Hälfte geknickt bzw. gänzlich abgebrochen. Da sich die Mehrzahl der Blüten und damit die potentiellen Orte reichhaltiger Diasporenproduktion im oberen Sprossbereich befinden, sind derart geschädigte Individuen nur in stark eingeschränktem Maße in der Lage, durch die Bildung relativ weniger Diasporen in den basalen Parakladien zum Erhalt der Population beizutragen. Aufgrund des eindeutigen Zusammenhangs zwischen der Intensität anthropogen bedingter Schädigungen an den Pflanzen und der daraus resultierenden Verminderung des Diasporenpotentials erscheint es nicht angebracht, die in den Jahren 2002–2005 beobachtete demographische Entwicklung des Bestandes von *B. virgatum* als einen intrapopulär bedingten Oszillationsprozeß zu interpretieren, wie er bei anderen annuellen Pflanzenarten gestörter Habitate beobachtet wurde (SYMONIDES et al. 1986, SYMONIDES 1988).

Generell sind die Folgen der anthropogenen Tritteinwirkung auf den Standort „Alter Falkenstein“ und damit auf die Demographie und das Diasporenpotential des Ruten-Hasenohrs als ambivalent zu bewerten. Wie andere annuelle Pflanzenarten (vgl. WATKINSON 1990) ist auch *B. virgatum* zur Etablierung seiner Keimlinge auf offene Mikrohabitate angewiesen, die im Falle des Ruten-Hasenohrs jedoch eine lockere Streuschicht tragen müssen (s. Kap. 10). Diese Mikrohabitate können durch äußere Störungen entstehen, wie z.B. Tritteinwirkung. Deshalb kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein gewisses, nicht näher quantifizierbares Ausmaß an Betritt für die Population von *B. virgatum* durchaus förderlich sein kann. In Anbetracht der zahlreichen unmittelbaren Schäden an den Individuen des Ruten-Hasenohrs sowie der starken Ruderalisierungserscheinungen auf dem Felsplateau als direkte Folge touristischer Übernutzung des „Alten Falkeinsteins“ muss jedoch konstatiert werden, dass das für *B. virgatum* erträgliche und förderliche Ausmaß an Betritt in den letzten Jahren weit überschritten wurde.

9 RÄUMLICHE VERTEILUNG

B. virgatum kommt auf dem Felsplateau des „Alten Falkensteins“ ausschließlich innerhalb einer ca. 15 m² großen Fläche vor. Die Individuen treten dabei sowohl vereinzelt auf, als auch in Form von Clustern, in denen mehrere Individuen (2–8) auf einer Fläche von wenigen Quadratzentimetern (meist < 10 cm²) dicht nebeneinander wachsen. Diese Cluster entstehen dann, wenn sich mehrere Keimlinge in einer gemeinsamen Schutzstelle (s. Kap. 10) etablieren konnten. Derartige Schutzstellen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu *Dactylis glomerata*-Horsten sowie am Rande des *Prunus spinosa*-Saumes. Da die *Dactylis*-Horste von den Besuchern des Felsplateaus zumeist umgangen werden und der Rand des Schlehen-Saumes nur selten betreten wird, sind die Individuen des Ruten-Hasenohrs in diesen Mikrohabitaten vor starker Trittschädigung bzw. Extinktion geschützt.

Im beobachteten Zeitraum waren die Individuen räumlich nicht gleichmäßig innerhalb der Fläche verteilt. Während in den Jahren 2002 und 2003 die Anzahl der in Clustern wachsenden Pflanzen ungefähr der Anzahl der singular auftretenden Pflanzen entsprach, deutete sich 2004 bereits ein Trend an, der im darauf folgenden Jahr besonders ausgeprägt war: die Individuen kamen 2005 hauptsächlich in wenigen Clustern vor, während zum Erfassungszeitpunkt kaum noch singular wachsende Pflanzen vorhanden waren. Auch diese Erscheinung muss als Folge der angestiegenen anthropogen verursachten Trittbelastung des Plateaus gewertet werden. Die Individuen des Ruten-Hasenohrs überleben zum größten Teil nur noch dort, wo sie durch die oben genannten biotischen Umweltfaktoren (*Dactylis*-Horste, *Prunus spinosa*-Saum) vor Extinktion durch den Menschen geschützt sind.

Wie bereits in Abschnitt 7.3 erwähnt, zeigte die Population von *B. virgatum* in vier aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden (2002–2005) eine auffällige Ortskonstanz, die vermutlich durch fehlende Anpassung an Fernausbreitung verursacht wird. Obwohl im Umkreis der besiedelten Fläche nach der Dissemination im Herbst zahlreiche potentielle, durch menschliche Tritteinwirkung geschaffene Keimungsstellen mit offenem Bodensubstrat zur Verfügung stehen, treten Keimlinge ausschließlich innerhalb der vom Ruten-Hasenohr besiedelten Fläche auf.

10 ASPEKTE DER POPULATIONSDYNAMIK IM JAHRESVERLAUF

In Abb. 23 ist der Lebenszyklus von *B. virgatum*, der anhand von drei verschiedenen Entwicklungsstadien beschrieben werden kann, unter Angabe quantitativer Daten schematisch dargestellt. Das Keimlingsstadium beginnt mit dem Sichtbarwerden der Radicula und umfasst zudem die gesamte Zeitspanne, in der außer den Kotyledonen bereits das Primärblatt vorhanden ist. Mit der Bildung eines weiteren Laubblattes setzt das eigentliche Juvenilstadium ein. Das Adultstadium beginnt mit der Anthese der Blüten im Bereich der Terminaldolde und dauert bis zur Reifung und Dissemination der Diasporen.

Die Keimung findet vollständig im Frühherbst statt (s. Kap. 11). Der weitaus größte Teil der Keimlinge (> 98%) überlebt den Winter jedoch nicht. Bei länger anhaltendem Frost entstehen vor allem im Bereich des Hypokotyls irreparable Schäden, die schließlich zum Absterben der Keimlinge führen. So lag die Mortalitätsrate der auf dem „Alten Falkenstein“ innerhalb der Dauerbeobachtungsfläche (s. Abschnitt 7.4) aufgekomenen Jungpflanzen im Winter 2002/2003 bei 100%. Weitere Keimlinge wurden innerhalb dieser Fläche auch im Frühling 2003 nicht beobachtet.

Zur erfolgreichen Etablierung sind die Keimpflanzen auf besondere Schutzstellen angewiesen (*safe sites*, vgl. HARPER et al. 1965). Es handelt sich dabei um Mikrohabitate, die durch eine ca. 2–4 cm hohe, lockere Streuauflage gekennzeichnet sind. Das Vorhandensein dieser vor allem aus abgestorbenen Gräsern bestehenden Streuschicht ist essentiell für das Überleben der Keimlinge im Winter. Fehlt diese oder ist sie nicht mächtig genug, laufen die Diasporen im Herbst zwar auf, bei Frosteinwirkung gehen die entstandenen Keimlinge aber schon bald zugrunde. Dies ist ein weiterer Beleg für die These, dass Keimungsstellen nicht identisch sein müssen mit Schutzstellen (URBANSKA 1992).

Die besondere Bedeutung der Streuschicht für *B. virgatum*-Keimlinge dürfte neben einer gewissen Isolationswirkung auch in der bei der Zersetzung der organischen Bestandteile freiwerdenden Wärme liegen. Zwar umfasst diese Zersetzungswärme keine großen Beträge, doch kann sie den schädlichen Einflüssen frostiger Witterung auf die Keimpflanzen für eine gewisse Zeit entgegenwirken. Dies gilt in

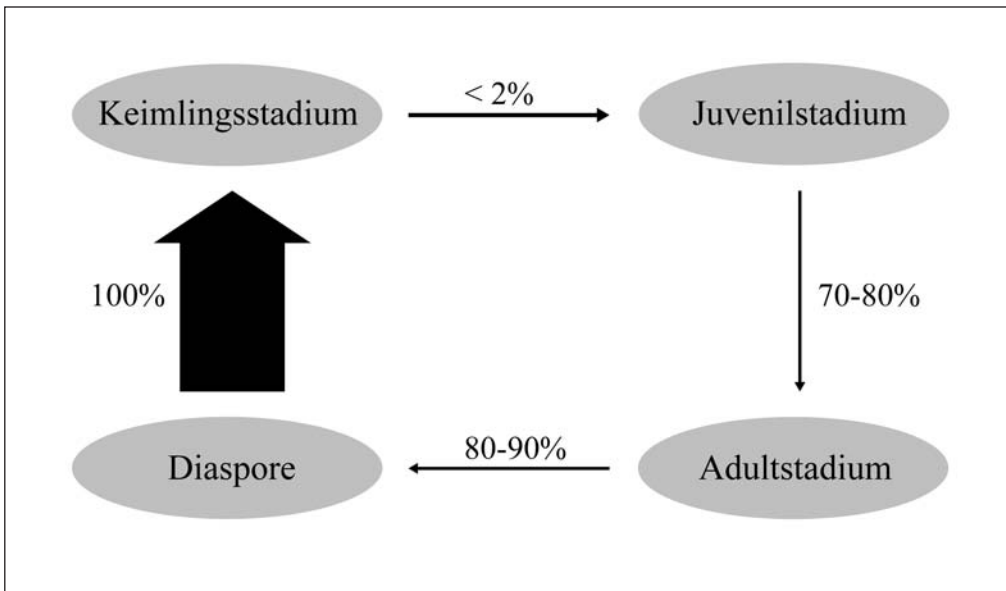


Abb. 23 Lebenszyklus von *B. virgatum*. Die Prozentzahlen geben den Anteil der Individuen bzw. Diasporen an, die in das nächste Entwicklungsstadium übertreten bzw. zur Reproduktion gelangen.

besonderem Maße bei Vorhandensein einer Schneedecke, unter der selbst bei Minusgraden Temperaturen oberhalb von 0 °C auftreten (vgl. Havas 1965). So wurden am „Alten Falkenstein“ am 07.12.02 während einer zum damaligen Zeitpunkt schon seit ca. einer Woche anhaltenden Frostperiode mit Durchschnittstemperaturen von ca. –2 °C unter einer 5 cm hohen Schneedecke, die eine lockere Streuauflage bedeckte, zahlreiche vitale Keimlinge von *B. virgatum* auf nicht gefrorenem Bodensubstrat vorgefunden. Die Einwirkungen einer länger andauernden Frostwitterung kann die Streuschicht jedoch nicht kompensieren. Es ist bislang ungeklärt, welche weiteren Mechanismen in diesem Fall das Überleben der Keimlinge im Winter und damit den Fortbestand der Population sichern.

Etwa zu Beginn des Monats April gehen mit steigenden Tagestemperaturen die wenigen Individuen, die den Winter überlebt haben, durch die Ausbildung des Sekundärblattes in das Juvenilstadium über. Während im Lebenszyklus der Individuen bislang fast ausschließlich klimatische Bedingungen limitierenden Einfluss auf die Population ausübten, dominiert ab nun der Einfluss des Menschen. Wesentliche Bedeutung haben dabei die durch Tritt verursachten Schäden. Vor allem im Frühjahr und im Sommer wird der Standort „Alter Falkenstein“ gehäuft von Touristen aufgesucht. Schätzungsweise 20–30 % der im Juvenilstadium befindlichen Individuen von *B. virgatum* werden durch Tritteinwirkung direkt zerstört oder so stark geschädigt, dass sie nicht ins reproduktive Stadium gelangen.

Im Adultstadium werden noch einmal ca. 10–20% der Individuen durch menschliche Tritteinwirkung ausgelöscht. Der generelle Anteil geschädigter adulter Pflanzen liegt jedoch deutlich höher. Jährlich weisen ca. 50–80 % der bis zur Reproduktion gelangenden Individuen anthropogen verursachte Schäden auf, die wesentlich zur Schwächung der Population beitragen.

11 JAHRESZYKLUS

Die Phänologie der winterannuellen Art, die zur Vollendung ihres Lebenszyklus von der Keimung bis zum Absterben nach erfolgter Reproduktion ca. 12 Monate benötigt, kann anhand der bereits in Kap. 10 vorgestellten Entwicklungsstadien beschrieben werden (Abb. 24).

Keimlingsstadium

Die Keimung der Diasporen findet vollständig im Oktober statt. Bei einem Teil der Keimlinge wird das Primärblatt bereits im Herbst gebildet, beim weitaus größten Teil jedoch erst im kommenden Frühjahr.

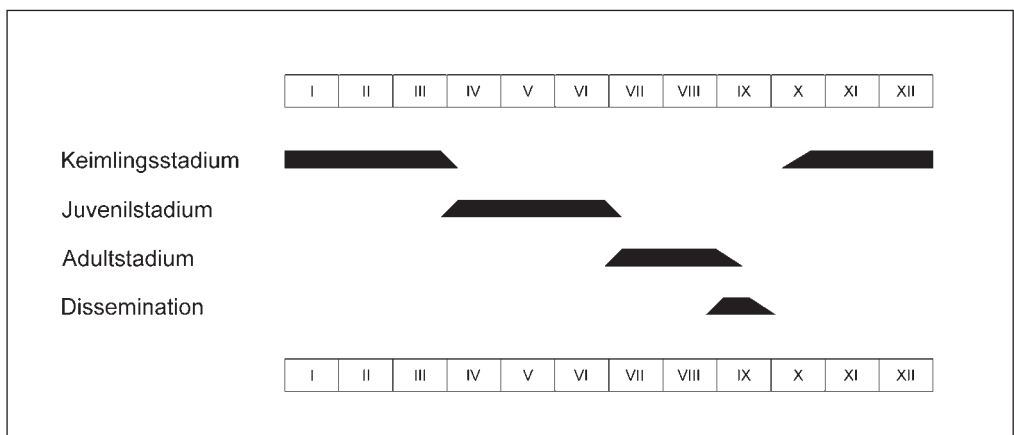


Abb. 24 Phänologie von *B. virgatum*

Im Keimlingsstadium, das insgesamt ca. 6 Monate dauert, verbleiben die Individuen bis Ende März bzw. Anfang April.

Juvenilstadium

Das Jugendstadium, in dessen Verlauf die Kotyledonen vertrocknen, dauert ca. 3 Monate von April bis Juni. Während des Juvenilstadiums sind die Individuen von *B. virgatum* an ihrem Standort verstärkt der Konkurrenz durch andere Pflanzenarten ausgesetzt. Dies äußert sich vor allem durch eine starke Streckung der im unteren Sprosssteil befindlichen Internodien, die bei kultivierten Individuen von *B. virgatum* nicht zu beobachten ist (s. Abb. 12).

Adultstadium

Das Adultstadium dauert von Juli bis Mitte September. Die Zeit der Vollblüte liegt etwa in der Mitte des Monats Juli. In dieser Zeit sind bereits viele der Pflanzen weitgehend vertrocknet, mit denen *B. virgatum* am Standort „Alter Falkenstein“ vergesellschaftet ist. Dies gilt besonders für *Vicia cracca*, die im Monat Juni den Aspekt der *Bupleurum*-Fläche dominiert. Im Juli beginnt das Absterben der Laubblätter im basalen Bereich der Individuen von *B. virgatum*. Die Diasporenreifung setzt sich bis in den September hinein fort.

Dissemination

Die ersten Diasporen werden gegen Ende des Monats August ausgebreitet. Sie stammen aus dem Bereich der Terminaldolde bzw. des ersten und zweiten Parakladiums. Nicht selten finden sich während dieser Zeit im Bereich der basalen Parakladien noch anthesische Blüten, aus denen jedoch keine Diasporen mehr hervorgehen. Während der Dissemination schreitet das Absterben der Laubblätter voran, wobei die chlorophyllhaltige Sprossachse am längsten photosynthetisch aktiv bleibt. Gegen Ende des Monats September sind alle Diasporen ausgebreitet, und die Pflanzen sterben endgültig ab.

12 ÖKO GEOGRAPHISCHE INTERPRETATION DER PHÄNOLOGIE UND DER POPULATIONSDYNAMIK

Im Lebenszyklus von *B. virgatum* stellt der Winter die ungünstige Jahreszeit dar, in der ein Großteil der Keimlinge an Frostschäden zugrunde geht und fast die gesamte Population erlischt. Dieses im Lebenszyklus der Art regelmäßig stattfindende *bottleneck*-Ereignis zeigt deutlich, dass *B. virgatum* nur unzureichend an das kontinental getönte Klima im nordöstlichen Harzgebiet mit kalten Wintern und relativ niedrigen Jahresniederschlägen (vgl. HERDAM 1995) angepasst ist. Allgemein stellt Herbstkeimung nicht dormanter Diasporen eine Anpassung an klimatische Bedingungen dar, die durch milde, humide Winter und trockene, heiße Sommer charakterisiert sind (BASKIN et BASKIN 1998). In diesem Sinne kann die Phänologie von *B. virgatum*, insbesondere das Phänomen der Herbstkeimung, als Anpassung an ein mediterranoides Klima gedeutet werden, das im Hauptverbreitungsgebiet der Art anzutreffen ist. Aus dieser Interpretation ergeben sich wichtige Schlussfolgerungen für den Status des Ruten-Hasenohrs in Mitteleuropa.

13 STATUS DER ART

In der Diskussion um den Status von *B. virgatum* in Mitteleuropa existieren verschiedene Meinungen. WEIN (1911) und BORNMÜLLER (zitiert in SCHUSTER 1936) sind der Auffassung, dass die Art in Deutschland spontan auftritt. Dagegen vermutet WOLFF (1910: 91) bezüglich des einzigen zur damaligen Zeit bekannten Standortes in Mitteleuropa: „bei Blankenburg am Harz sicher ausgesät“. Auch SNOGERUP et SNOGERUP (2001) bezweifeln das Indigenat der Art an diesem Standort. Nach der Entdeckung von *B.*

virgatum am „Alten Falkenstein“ weist erstmals SCHUSTER (1936) auf den Zusammenhang hin, dass sich sämtliche Vorkommen der Art im nördlichen Harzgebiet im Bereich bzw. in der unmittelbaren Nähe ehemaliger Burganlagen befinden. Daraus schlussfolgert SCHUSTER (1936: 18), dass das „Auftreten unseres *Bupleurum* irgendwie anthropogen bedingt ist“. KISON et PISTRICK (1996) tendieren dagegen dazu, die Art als indigen zu betrachten. Als Hauptargument führen diese Autoren die Unscheinbarkeit und den nicht vorhandenen Nutzwert von *B. virgatum* an. Schließlich hält WELK (2002) eine Einschleppung durch Kreuzritter für wahrscheinlich; in diesem Fall hätte die Art den Status eines Archäophyten.

Die Frage nach dem Status der Art lässt sich vermutlich nie endgültig klären. Unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse zur Biologie und Lebensgeschichte von *B. virgatum* scheinen sich jedoch deutliche Hinweise zu ergeben, die für ein anthropogen bedingtes und gegen ein spontanes Auftreten in Mitteleuropa sprechen. Zwei diese These stützende Tatsachen sind zum einen das Phänomen der im Herbst keimenden, nicht dormanten Diasporen, zum anderen die hohe Mortalitätsrate der Keimlinge im Winter. Beide Prozesse können als Anpassung an das im Hauptverbreitungsgebiet der Art herrschende submeridionale bzw. meridionale Klima interpretiert werden (s. Kap. 12). Auch die hohe Ortskonstanz, die vermutlich durch fehlende Anpassung der Diasporen an Fernausbreitung begründet ist, kann als Hinweis gewertet werden, der gegen ein spontanes Vorkommen der Art spricht. Ein bereits bekanntes Argument für ein anthropogen bedingtes Auftreten ist die enge räumliche Korrelation der historischen bzw. rezenten Standorte zu mittelalterlichen Burganlagen (SCHUSTER 1936).

Schließlich dürfte auch die eigentümliche chorologische Isolation des mitteleuropäischen Vorkommens als ein Indiz zu werten sein, das gegen ein spontanes Auftreten von *B. virgatum* spricht. Während andere isolierte mitteleuropäische Vorkommen seltener Pflanzenarten phytochorologisch schlüssig erklärt werden können (KORSCH 1999), ist dies im Falle von *B. virgatum* nicht möglich. Zwar vermutete bereits SCHUSTER (1936: 18), „dass sich in den warmen Perioden der Diluvialzeit dem großen Wanderschwarm aus dem Süden auch Formen des *B. Gerardii* s. l. angeschlossen haben.“ In der Tat war das Klima im Atlantikum im jährlichen Durchschnitt um ca. 2–4 °C wärmer als heute (LANG 1994), so dass eine in ihrem Lebenszyklus an ein mediterranoïdes Klima angepasste Pflanzensippe im Gebiet von Mitteleuropa geeignetere Lebensbedingungen vorgefunden hätte, als dies gegenwärtig der Fall ist. Es dürfte jedoch sehr unwahrscheinlich sein, dass sich im Zuge der Ausbildung des heutigen mitteleuropäischen Klimas mit im Vergleich zum Atlantikum gesunkenen Jahresdurchschnittstemperaturen phylogenetische Vorfahren von *B. virgatum* zufällig auf Standorte zurückgezogen haben, auf denen im Mittelalter Burganlagen gebaut wurden bzw. die sich in unmittelbarer Nachbarschaft solcher Burganlagen befanden. Zwar wurden Burgen im nordöstlichen Harzgebiet bevorzugt an exponierten und damit zumeist thermisch begünstigten Standorten errichtet, doch existieren besonders im Selketal zahlreiche andere Offenhabitate mit ganz ähnlichen Standortseigenschaften, an denen die Art jedoch nicht vorkommt.

Die Unscheinbarkeit und der nicht vorhandene Nutzwert des Ruten-Hasenohrs (KISON et PISTRICK 1996) sind im gegenwärtigen Stand der Diskussion die einzigen plausiblen Argumente, die gegen ein synanthrop bedingtes Auftreten der Art in Mitteleuropa sprechen. Beide Argumente können jedoch unter Hinweis auf die Tatsache entkräftet werden, dass die Einschleppung gebietsfremder Pflanzenarten in der Vergangenheit nicht zwingend vorsätzlich erfolgt sein muss, sondern im Gegensatz dazu häufig unabsichtlich (SUKOPP 1972, KOWARIK 2003).

Da das erste Auftreten des Ruten-Hasenohrs in Mitteleuropa zeitlich nicht rekonstruiert werden kann, erscheint die Klassifikation der Art als Archäophyt nicht gesichert. Unter der Annahme, dass die Existenz von *B. virgatum* in Mitteleuropa anthropogen bedingt ist, wird deshalb hiermit vorgeschlagen, der Art den Status eines Agriophyten zuzuweisen.

Das Agriophyten-Problem der Flora mittelalterlicher Burgen und Burgruinen wurde von DEHNEN-SCHMUTZ (2000) abgehandelt, jedoch ohne eine Erwähnung von *B. virgatum*. Zur Beurteilung, ob es sich bei einer Art um einen „festen Bestandteil der heutigen natürlichen Vegetation handelt“ (= Agriophyt im Sinne von LOHMEYER et SUKOPP 1992: 9), stellte DEHNEN-SCHMUTZ (2000: 15) 5 Kriterien auf:

1. Die Art wurde über mehrere Jahre angetroffen bzw. ist für das Gebiet aus der Literatur bekannt.
2. Die Art ist in individuenreicher Population vorhanden.
3. Der Wuchsort wird absehbar nicht durch anthropogene Eingriffe dauerhaft verändert und kann nicht durch außerhalb aufkommende Gehölze überschattet werden.
4. Die Art kommt im Gebiet seit mindestens 25 Jahren vor oder es existieren ältere Angaben zu den Fundorten in der Literatur.
5. Ein anthropogen verursachter Diasporennachschub als Voraussetzung eines dauerhaften Populationsbestandes kann ausgeschlossen werden.

Das Vorkommen des Ruten-Hasenohrs am „Alten Falkenstein“ erfüllt nahezu vollständig die genannten Kriterien. Lediglich die unter Punkt 3 erhobene Forderung nach einem Fehlen anthropogener Eingriffe, die den Wuchsort dauerhaft verändern, erscheint in ihrer Anwendung auf den „Alten Falkenstein“ zunächst problematisch. Da die anthropogene Standortsbeeinflussung jedoch ein Problem darstellt, das erst in den letzten Jahren massiv auftrat, und es bislang unklar ist, ob bereits von einer dauerhaften Veränderung des Wuchsortes gesprochen werden kann, dürfte auch dieses Kriterium erfüllt sein, so dass die Einordnung von *B. virgatum* als Agriophyt berechtigt erscheint.

14 NATURSCHUTZ

Die beiden Vorkommen des Ruten-Hasenohrs im Selketal werden durch mehrere Faktoren negativ beeinflusst, deren Bedeutung in Abhängigkeit vom Standort jeweils unterschiedlich gewichtet werden muss. So stellt Naherholungstourismus am inmitten eines Totalreservates gelegenen „Alten Falkenstein“ die bedeutendste Gefährdungsursache für die Art dar, während touristische Aktivitäten am „Bunten Fleck“ aufgrund der Abgeschiedenheit des Gebietes praktisch keine Rolle spielen. Damit im Zusammenhang dürfte ein weiterer Gefährdungsfaktor stehen. Am „Bunten Fleck“ besteht das derzeit größte Gefährdungspotential für *B. virgatum* in von Mufflons verursachten Verbiss-Schäden, während dieser Faktor am „Alten Falkenstein“ zumindest gegenwärtig noch keine Rolle spielt. Sukzession als dritte Gefährdungsursache hat an beiden Standorten eher eine untergeordnete Bedeutung und stellt mehr ein latentes Problem dar, das derzeit weder am „Alten Falkenstein“ noch am „Bunten Fleck“ die Vitalität der *B. virgatum*-Population maßgeblich beeinflusst. Nachfolgend sollen die drei genannten Faktoren näher erörtert sowie Möglichkeiten des Naturschutz-Managements vorgestellt und diskutiert werden.

Tourismus

Die in den letzten Jahren deutlich angestiegene synanthrope Beeinflussung des Standorts „Alter Falkenstein“ durch Naherholungstourismus wirkt sich in doppelter Hinsicht negativ für *B. virgatum* aus. Einerseits wird durch trittbedingte Schädigung bzw. Zerstörung der Pflanzen das reproduktive Potential der Population deutlich herabgesetzt (s. Abschnitt 8.3), andererseits wurden durch das erhöhte Besucheraufkommen Ruderalisierungsprozesse initiiert, die sich nachteilig auf *B. virgatum* auswirken. Ein Indikator für die angestiegene synanthrope Standortsbeeinflussung ist die jährlich im Hochsommer durch permanente Trittbelastung geschaffene vollständig vegetationsfreie Fläche, an der das Bodensubstrat offen zutage tritt und stark verdichtet ist (Tab. 5).

Die in Tab. 5 aufgeführten Flächen setzen sich aus zahlreichen kleinen Einzelflächen zusammen, die die Orte höchster Trittbelastung markieren und deren Größe zwischen ca. 0,01 und 0,65 m² schwankt. Die Teilflächen erstrecken sich entlang des Trampelpfades, der den *Bupleurum*-Standort direkt durchschneit-

Tab. 5 Durch menschlichen Tritt vollständig vegetationsfreie Fläche auf dem „Alten Falkenstein“ im Hochsommer der aufgeführten Jahre.

Jahr	2002	2003	2004	2005
vegetationsfreie Fläche	ca. 1,5 m ²	ca. 2,5 m ²	ca. 4 m ²	ca. 8,5 m ²

det, und befinden sich außerdem am Westrand des Plateaus am Aussichtspunkt über das Selketal, der eine hohe Attraktionswirkung ausübt und vermutlich von jedem Besucher des „Alten Falkensteins“ betreten wird. Die durch Tritt geschaffenen Offenstandorte werden nicht von den ursprünglich vorhandenen xerophilen Pflanzenarten wiederbesiedelt, sondern von den in Abschnitt 5.1 genannten winterannuellen Störungszeigern. Diese etablieren sich auch dort, wo die Vegetationsdecke durch das Abbrennen von Lagerfeuern vernichtet wurde. Die Störungszeiger prägten in den vergangenen Jahren mit fortschreitender Ruderalisierung des Felsplateaus in immer stärkerem Maße das Erscheinungsbild der Krautschicht und sind inzwischen auch innerhalb der *Bupleurum*-Fläche mit nicht unbeträchtlicher Deckung anzutreffen. Dort tragen sie zur Verdrängung des konkurrenzschwachen Ruten-Hasenohrs bei.

Bei einer Fortdauer des derzeitigen Erholungsdruckes auf den „Alten Falkenstein“ wird das Vorkommen von *B. virgatum* vermutlich schon in absehbarer Zeit erlöschen, weil durch die touristische Übernutzung des Standorts das Diasporenpotential des Ruten-Hasenohrs mit großer Wahrscheinlichkeit weiter sinken wird und sich das Habitat der Art permanent verkleinert. Das Ziel, die Population von *B. virgatum* am „Alten Falkenstein“ auf längere Sicht zu erhalten, kann nur durch eine wirksame Besucherlenkung erreicht werden. Erste Vorschläge in dieser Richtung wurden bereits von HERRMANN et KISON (2005) unterbreitet. Danach sollte gänzlich auf eine Ausschilderung des „Alten Falkensteins“ auf Informationstafeln und Wegweisern im umliegenden Wald- und Forstgebiet verzichtet werden. Als weitere wichtige Maßnahme wäre naturschutzkundliche Aufklärungsarbeit auf lokaler Ebene zu leisten, da seitens eines ortsansässigen Heimatvereins Bestrebungen existieren, den „Alten Falkenstein“ dauerhaft als Ausflugsziel für Wanderungen zu etablieren.

Eine vollständige Ausgrenzung der Besucher hätte auch unter Verweis auf das theoretisch schon jetzt vorhandene Betretungsverbot mit einiger Wahrscheinlichkeit ein Konfliktpotential zur Folge, das dem Ziel, die Population von *B. virgatum* am „Alten Falkenstein“ zu stabilisieren, nur wenig dienlich wäre. Als Kompromisslösung sollte in diesem Zusammenhang die Möglichkeit eines expliziten saisonalen Betretungsverbotes in Erwägung gezogen werden, das sich jeweils von Anfang April bis Ende September erstreckt. Da in dieser Zeitspanne im Lebenszyklus von *B. virgatum* die wichtigen Prozesse der Juvenilentwicklung, der Blüte, der Diasporenbildung und der Dissemination ablaufen (s. Kap. 11), bislang jedoch auch die meisten der anthropogen verursachten Schädigungen an den Pflanzen auftreten, würde sich eine drastische Reduktion der Besucherzahlen in der Vegetationsperiode mit großer Wahrscheinlichkeit positiv auf die Populationsentwicklung des Ruten-Hasenohrs auswirken.

Mufflonbesatz

Darüber, ob die zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgte Wiederansiedlung der Wildschafe im Selketal am Rückgang von *B. virgatum* maßgeblich beteiligt war oder ihn sogar ausgelöst hat, kann nur spekuliert werden. Der rezente negative Einfluss der Mufflons auf die Vegetation des „Bunten Flecks“ ist jedoch unverkennbar. Wie bereits in der Literatur vermerkt (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1997) ist die Besatzdichte an Mufflons im Selketal gegenwärtig zu hoch. Nach einer im Jahr 1990 vorgenommenen Schätzung belief sich der Bestand an Mufflons im Ostharzgebiet zum damaligen Zeitpunkt auf ca. 1650 Tiere (PIEGERT 1999). Im Selketal werden besonders die abgelegenen Südhänge als Einstandsgebiet genutzt, was dort zur partiellen Vernichtung der Bodenvegetation geführt hat (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1997). So ist die krautige Vegetation am „Bunten Fleck“ lediglich an speziellen Mikrohabitaten, wie z.B. Spalten und Vorsprünge in Grauwacke-Klippen gegen Verbiss durch Mufflons geschützt. Am „Alten Falkenstein“ geht von den Wildschafen derzeit noch keine akute Gefahr für das Ruten-Hasenohr aus. Wie eigene Beobachtungen ergaben, wird zwar auch dieser Standort gelegentlich von Mufflons aufgesucht, doch traten Verbiss-Schäden bislang lediglich im Randbereich des Felsplateaus auf und nicht innerhalb der *Bupleurum*-Fläche.

Das durch HERRMANN et KISON (2005) revitalisierte Vorkommen von *B. virgatum* am „Bunten Fleck“ kann dauerhaft nur durch aktive Schutzmaßnahmen erhalten werden, die den schädlichen Einwirkungen der Mufflons auf die Bodenvegetation vorbeugen. Zu denken ist in diesem Zusammenhang an die Errichtung von Schutzgattern. In Anbetracht der edaphischen Standortbedingungen (Hangneigung, Felsklippen)

erscheint dabei die Einzäunung mehrerer kleiner Flächen praktikabler, als die Eingatterung einer größeren Fläche. Der Sicherung der seit kurzem wieder vorhandenen Population von *B. virgatum*, die durch umgestürztes Totholz und Maschendraht vorläufig zwar noch geschützt, trotzdem jedoch der latenten Verbissgefahr durch Mufflons ausgesetzt ist, kommt bei der Durchführung dieser Maßnahme Priorität zu. Da eine selbständige Ausbreitung der Art in andere einzuzäunende Teilflächen hinein nicht zu erwarten ist, sollten dort aktiv Diasporen ausgebracht werden, die Erhaltungskulturen entstammen (EBEL et al. 2002). Generell ist bei der Auswahl der einzuzäunenden Flächen darauf zu achten, dass sich in ihnen die für die erfolgreiche Etablierung der Keimpflanzen erforderlichen Schutzstellen befinden (s. Kap. 10 sowie HERRMANN et KISON 2005).

Sukzession

Nach FRANK et NEUMANN (1998) stellt Sukzession für *B. virgatum* am „Alten Falkenstein“ einen wesentlichen Gefährdungsfaktor dar. Tatsächlich haben aber an diesem Standort Sukzessionsprozesse als Gefährdungsursache für das Ruten-Hasenohr gegenwärtig nur eine untergeordnete Bedeutung. Zwar kommt die Art hauptsächlich im offenen Bereich des Plateaus vor, einige Exemplare sind jedoch auch am Rande des Schlehensaumes anzutreffen (s. Abb. Transekt), wo sie, weitgehend geschützt vor menschlichem Tritt, relativ ungestört blühen und fruchten können. Ob die Beseitigung von Gehölzen (*Acer campestre*, *Prunus spinosa*) und damit die Schaffung neuer Offenstandorte positive Folgen für die Bestandsentwicklung von *B. virgatum* hätte, ist unklar. Wie bereits in Kap. 9 dargelegt, zeigt die Population des Ruten-Hasenohrs seit mehreren Jahren ein auffällige Ortskonstanz, an der sich trotz des Vorhandenseins prinzipiell geeigneter Mikrohabitate außerhalb der besiedelten Fläche nichts ändert. In Anbetracht der zahlreichen Ruderal- und Segetalarten, die sich inzwischen auf dem Plateau etablieren und eine Diasporenbank aufbauen konnten, würde das Freischlagen von Flächen vermutlich zu einer Expansion dieser Arten und nicht des Ruten-Hasenohrs führen. Am „Bunten Fleck“ spielt Sukzession als Gefährdungsfaktor dagegen praktisch keine Rolle. Das Aufkommen einer geschlossenen Strauch- bzw. Baumschicht wird durch die edaphischen Standortseigenschaften (Flachgründigkeit, südliche Exposition) verhindert.

Neben diesen konkret benennbaren Gefährdungsursachen existieren mit großer Wahrscheinlichkeit weitere Faktoren, die sich negativ auf die Populationsentwicklung auswirken, die aber gegenwärtig noch zu wenig bzw. gar nicht erforscht sind, so dass keine eindeutigen Aussagen bezüglich ihres Gefahrenpotentials für *B. virgatum* getroffen werden können. In diesem Zusammenhang ist auf die pflanzengeographische Isolation des Vorkommens zu verweisen, die mit großer Wahrscheinlichkeit die genetische Konstitution der Population beeinflusst. Wie zahlreiche Untersuchungen an anderen Pflanzenarten ergeben haben, weisen kleine isolierte Populationen häufig eine geringere Anzahl an Genotypen auf, als größere Populationen, die zudem miteinander im reproduktiven Austausch stehen (BARRETT et KOHN 1991; ELLSTRAND et ELAM 1993; FISCHER et MATTHIES 1997). Eine größere Variabilität des Erbgutes in einer Population ist zumeist gleichbedeutend mit einer höheren Toleranz gegen schwankende Umweltfaktoren. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die geringe Größe und die pflanzengeographische Isolation des Vorkommens von *B. virgatum* im Selketal selbst eine Gefährdungsursache darstellt.

15 ZUSAMMENFASSUNG

HERRMANN, N.: 7. Beitrag zur Wuchsform und Biologie der Gefäßpflanzen des hercynischen Raumes: *Bupleurum virgatum* CAV. (*B. gerardii* auct.; Apiaceae). – Hercynia N.F. 39 (2006): 89–119.

Bupleurum virgatum CAV. ist eine unscheinbare winterannuelle Pflanzenart, die in Mitteleuropa ausschließlich im nordöstlichen Harzgebiet im Selketal vorkommt. Die diploide Art ($2n = 16$), deren Karyotyp erstmals beschrieben wird, ist durch linealische, bifaziale, amphistomatische Laubblätter charakterisiert, die im basalen Sprossbereich streng distich angeordnet sind. Die Pflanzen erreichen eine Höhe von bis zu 75 cm. Die bis zur fünften Ordnung verzweigten Seitentriebe enden in Doppeldolden, die

sich aus 3–8 Döldchen zusammensetzen, die jeweils aus 4–8 Blüten mit gelb gefärbten Kronblättern bestehen. Aus den protandrischen, zwittrigen Blüten gehen nach Selbstbestäubung mit hoher Stetigkeit zwei Diasporen hervor, die zumeist autochor ausgebreitet werden und bereits im Frühherbst vollständig keimen. Die meisten Keimlinge gehen im Winter zugrunde. Es werden erstmals Zeigerwerte für *B. virgatum* empfohlen. Durch Langzeitbeobachtungen am Standort „Alter Falkenstein“ wurde nachgewiesen, dass das Diasporenpotential der konkurrenzschwachen Art seit mehreren Jahren rückläufig ist. Hauptursache für diese regressive Entwicklung ist die im Beobachtungszeitraum stark angestiegene anthropogene Standortsbeeinflussung durch Naherholungstourismus. Bislang unberücksichtigte Aspekte der Biologie und Lebensgeschichte sprechen gegen ein spontanes Auftreten von *B. virgatum* in Mitteleuropa.

16 DANKSAGUNG

Dr. H.-U. Kison (Wernigerode) zeigte mir den *Bupleurum*-Standort am „Alten Falkenstein“ und führte mit mir Exkursionen im Selketal durch. Prof. Dr. R. Schubert (Halle/Saale) teilte mir pflanzensoziologische Informationen mit. Prof. Dr. S. Snogerup (Lund, Schweden) bestätigte die Identität der *Bupleurum*-Sippe aus dem Selketal. Dr. E. Welk (Halle/Saale) erstellte die Arealkarte. Dr. W. Durka (Halle/Saale) und Prof. Dr. E. J. Jäger (Halle/Saale) gaben mir kritische Hinweise zum Manuskript. Bei den genannten Personen bedanke ich mich für die Unterstützung meiner Arbeit.

17 LITERATUR

- BARRETT, S.; KOHN, J. (1991): Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation. – In: FALK, D.; HOLSINGER, K. (Hrsg.): Genetic and conservation of rare plants: 3-30. – New York, Oxford.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. (1998): Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. – San Diego, London, Boston.
- BRANDES, D. (1996): Burgruinen als Habitatsinseln. – Braunsch. Naturk. Schr. 5: 125-163.
- CAUWET-MARC, A. M. (1971): Contribution à l'étude caryosystématique du genre *Bupleurum* (TOURN.) L. – Bull. Soc. Bot. Fr. 118: 55-68.
- CAUWET-MARC, A. M. (1976): Biosystématique des espèces vivaces de *Bupleurum* L. (Umbelliferae) du bassin méditerranéen occidental. Bd. 1-3. – Perpignan.
- CAUWET-MARC, A. M. (1979): Contribution de la caryologie à la connaissance de la systématique et de la phylogénie du genre *Bupleurum* L. – Candollea 34: 49-86.
- CRUDEN, R. W. (1977): Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. – Evolution 31: 32-46.
- DAHLGRÜN, F. (1928): Geologische Karte von Preußen und benachbarten Ländern. Blatt Pansfelde. – Preuß. Geolog. Landesanst., Berlin.
- DEHNEN-SCHMUTZ, K. (2000): Nichteinheimische Pflanzen in der Flora mittelalterlicher Burgen. – Diss. Botanicae 334: 5-119.
- DURWEN, K.-J. (1982): Zur Nutzung von Zeigerwerten und artspezifischen Merkmalen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas für Zwecke der Landschaftsökologie und -planung mit Hilfe der EDV – Voraussetzungen, Instrumentarien, Methoden und Möglichkeiten. – Arb.ber. Lehrst. Landschaftsökol. Münster 5: 3-138.
- EBEL, F.; FUHRMAN, H.-G.; JAHN, T.; KÜMMEL, F.; PANNACH, H. (2002): Der Botanische Garten der Martin-Luther-Universität Halle – eine „Intensivstation“ für vom Aussterben bedrohte Arten. – Schr.-R. f. Vegetationskunde 36: 151-155.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl. – Scripta Geobot. 18: 4-262.
- ELLSTRAND, N. C.; ELAM, D. R. (1993): Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. – Ann. Rev. Ecol. Syst. 24: 217-242.
- FISCHER, M.; MATTHIES, D. (1997): Mating structure and inbreeding and outbreeding depression in the rare plant *Gentianella germanica* (Gentianaceae). – American Journ. Bot. 84: 1685-1692.
- FRAHM, J. P.; FREY, W. (1992): Moosflora. 3. Aufl. – Stuttgart.
- FRANK, D. (2002): Artenhilfsmaßnahmen in Sachsen-Anhalt. – Schr.-R. f. Vegetationskunde 36: 61-67.
- FRANK, D.; NEUMANN, V. (1999): Bestandssituation der Tiere und Pflanzen Sachsens-Anhalts. – Stuttgart.

- HACCIUS, V.; REH, K. (1956): Morphologische und anatomische Untersuchungen an Umbelliferen-Keimpflanzen. – Beitr. Biol. Pfl. **32**: 185-218.
- HAEUPLER, H.; WISSKIRCHEN, R. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Stuttgart.
- HAMPE, E. (1873): Flora Hercynica oder Aufzählung der im Harzgebiet wildwachsenden Gefäßpflanzen. – Halle.
- HARPER, J.L.; WILLIAMS, J.T.; SAGAR, G.R. (1965): The behavior of seeds in soil. Part I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seeds. – J. Ecol. **53**: 273-286.
- HAVAS, P. J. (1965): Pflanzenökologische Untersuchungen im Winter. I. Zur Bedeutung der Schneedecke für das Überwintern von Heidel- und Preiselbeere. – Aquilo, Ser. Botanica **4**: 1-36.
- HERDAM, H. (1995): Neue Flora von Halberstadt. 2. Aufl. – Quedlinburg.
- HERRMANN, N.; KISON, H. U. (2005): Das Vorkommen des Ruten-Hasenohrs (*Bupleurum virgatum* CAV.) im Selketal. Anmerkungen zu Gefährdungsursachen sowie zu Schutz- und Erhaltungsmöglichkeiten der Art. – Natursch. im Land Sachs.-Anh. **42/2**: 33-39.
- JÄGER, E. J.; WERNER, K. (2002): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4. – Heidelberg, Berlin.
- KIRCHNER, O. (1888): Flora von Stuttgart und Umgebung. – Stuttgart.
- KISON, H. U.; PISTRICK, K. (1996): Paul Schuster (1876-1965) – ein bedeutender Nordharzflorist. – Abh. Ber. Mus. Heineanum **3**: 1-7.
- KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA, W. (2002): BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – Schr.-R. f. Vegetationskunde **38**: 3-334.
- KORF, I.; KORF, W. (1985): Burg Falkenstein. Geschichte, Baugeschichte, Museum. – Staßfurt, Aschersleben.
- KORNECK, D.; SCHNITTLER, M.; VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Schr.-R. f. Vegetationskunde **28**: 21-187.
- KORSCH, H. (1999): Chorologisch-ökologische Auswertung der Daten der Floristischen Kartierung Deutschlands. – Schr.-R. f. Vegetationskunde **30**: 3-200.
- KOWARIK, I. (2003): Biologische Invasion: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. – Stuttgart.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (1997): Die Naturschutzgebiete Sachsen-Anhalts. – Jena.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – Jena.
- LEVAN, A.; FREDGA, K. & SANDBERG, A. (1964): Nomenclature for centromeric position on chromosomes. – Hereditas **52**: 201-220.
- LOHMEYER, W.; SUKOPP, H. (1992): Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. – Schr.-R. f. Vegetationskunde **25**: 5-185.
- MALHEIROS-GARDÉ N.; GARDÉ, A. (1951): Contribuição para o estudo cariológico da família “Umbelliferae”. II. – Genetica Iberica **3**: 23-35.
- NEVES, S. S.; WATSON, M. F. (2004): Phylogenetic relationships in *Bupleurum* (Apiaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequence data. – Annals of Botany **93**: 379-398.
- ONBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl. – Stuttgart.
- PIEGERT, H. (1999): Das Muffelwild im Selketal. – Geschichte und Geschichten zwischen Harz und Börde **2**: 96-100.
- POSCHLOD, P. (1991): Diasporenbanken in Böden – Grundlagen und Bedeutung. – In: SCHMID, B.; STÖCKLIN, J. (Hrsg.): Populationsbiologie der Pflanzen: 15-36. – Basel.
- RAUSCHERT, S. (1972): Zur Flora des Bezirkes Halle (4. Beitrag). – Wiss. Z. Univ. Halle **21**: 63-65.
- RECHINGER, K. H.; SNOGERUP, S. (1987): *Bupleurum* L. – In: RECHINGER, K. H. (Hrsg.): Flora Iranica **162**: Umbelliferae. – Graz.
- SCHMIDT, K. (1991): Fruchtbiologische Untersuchungen an Disseminalen der Apiaceen (Umbelliferen). – Aachen.
- SCHMITZ, J.; FROEBE, H. A. (1986): Bestandsaufnahme der Kronblattstrukturen der mitteleuropäischen Umbelliferen und die Frage ihrer taxonomischen Auswertung. – Bot. Jahrb. Syst. **106**: 337-357.
- SCHNITTLER, M.; GÜNTHER, K.-F. (1999): Central European vascular plants requiring priority conservation measures – an analysis from national Red Lists and distribution maps. – Biodivers. Conserv. **8**: 891-925.
- SCHUBERT, R. (2001): Prodomus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. – Mitt. flor. Kart. Halle/Saale, Sonderh. **2**: 3-688.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (2001): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Heidelberg.
- SCHULZ, A. (1888): Beiträge zur Kenntniss der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen. I. – Bibliotheca Bot. **2/10**: 1-103.
- SCHUSTER, P. (1936): *Bupleurum gerardii* ALL. im Selketal. – Mitt. thüring. bot. Ver. N.F. **43**: 15-18.
- SNOGERUP, S.; SNOGERUP, B. (2001): *Bupleurum* L. (Umbelliferae) in Europe – 1. The annuals, *B. sect. Bupleurum* and sect. *Aristata*. – Willdenowia **31**: 205-308.
- SPORLEDER, F. W. (1882): Verzeichniß der in der Grafschaft Wernigerode und der nächsten Umgegend wildwachsenden Phanerogamen und Gefäß-Kryptogamen sowie der daselbst im Freien in größerer Menge gebauten Pflanzen. 2. Aufl. – Wernigerode.

- SUKOPP, H.** (1972): Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. – Ber. Landw. **50**: 112-139.
- SYMONIDES, E.** (1988): Population dynamics of annual plants.– In: **DAVY, A. J.; HUTCHINGS, M. J.; WATKINSON, A. R.** (Hrsg.): Plant Population Ecology: 221-248. – Oxford.
- SYMONIDES, E.; SILVERTOWN, J.; ANDREASEN, V.** (1986): Population cycles caused by overcompensating density-dependence in an annual plant. – Oecologia **71**: 156-158.
- TROLL, W.** (1926): Über die Staubblattkrümmung der Umbelliferen. – Flora **120**: 227-242.
- TROLL, W.** (1937): Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. 1. Bd. – Berlin.
- URBANSKA, K. M.** (1992): Populationsbiologie der Pflanzen. – Stuttgart, Jena.
- WAGENBRETH, O.; STEINER, W.** (1990): Geologische Streifzüge – Landschaft zwischen Kap Arkona und Fichtelberg. 4. Aufl. – Leipzig.
- WÄSCHER, H.** (1955): Die Baugeschichte der Burg Falkenstein im Selketal. – Halle/Saale.
- WATKINSON, A.R.** (1990): Annual Plants: A Life-History and Population Analysis. – In: **KAWANO, S.** (Hrsg.): Biological Approaches and Evolutionary Trends in Plants: 351-366. – London.
- WEIN, K.** (1911): Ludwig Scheffler. Ein Wort zu seinem Andenken. – Allg. Bot. Z. **17**: 68-69.
- WELK, E.** (2002): Arealkundliche Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands. – Schr.-R. f. Vegetationskunde **37**: 5-337.
- WILMANN, O.** (1978): Ökologische Pflanzensoziologie. – Heidelberg.
- WOLFF, H.** (1910): Umbelliferae-Apioideae *Bupleurum*, *Trinia* et reliquae Ammineae heteroclitae. – In: **ENGLER, A.** (Hrsg.): Das Pflanzenreich **IV/43**: 1-214.
- ZIMMERMANN, F.** (1907): Die Adventiv- und Ruderalflora von Mannheim, Ludwigshafen und der Pfalz nebst den selteneren einheimischen Blütenpflanzen und den Gefäßkryptogamen. – Mannheim.

Manuskript angenommen: 1. Mai 2006

Anschrift des Autors:
Dipl.-Biol. Nick Herrmann
Botanisches Institut & Botanischer Garten
-Biologiezentrum-
Olshausenstraße 40
D-24098 Kiel
e-mail: nherrmann@bot.uni-kiel.de

NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (ed.): Die Moose Baden-Württembergs. Band 3: Spezieller Teil (Bryophyta: Sphagnopsida, Marchantiophyta, Anthocerotophyta). – Ulmer-Verlag, Stuttgart 2005. 487 S., 222 Verbreitungskarten, 156 Farbfotos. – ISBN 3-8001-3278-8. Preis 49,90 Euro.

Nach dem Erscheinen der Bände 1 und 2 der Moose Baden-Württembergs in den Jahren 2000 und 2001 liegt nunmehr auch der lang erwartete, bereits mehrfach angekündigte dritte und abschließende Band dieser sowohl inhaltlich als auch hinsichtlich ihrer Aufmachung beeindruckenden Reihe vor, die in der Bibliothek eines jeden sich in Deutschland und Nachbargebieten mit Moosen beschäftigenden Botanikers nicht fehlen sollte.

Der dritte Band umfasst die Torf-, Leber- und Hornmoose. Außerdem enthält er Bestimmungsschlüssel für die Moose bis zu den Familien und Gattungen, eine systematische Übersicht der Moose, ein Glossar sowie Literaturverzeichnis und Register für alle drei Bände.

Das herausragendste Kapitel des Buches ist zweifelsfrei die von Adam Hölzer verfasste Bearbeitung der Torfmoose. Es enthält sehr interessante und lesenswerte einführende Abschnitte, u.a. zur Geschichte der Torfmoosforschung, zur Ökologie und wirtschaftlichen Bedeutung der Torfmoose, zu Bestimmungshinweisen und schließlich sehr detaillierte Beschreibungen der Einzelarten. Auf wichtige Bestimmungsmerkmale und ähnliche Arten wird in den Artbeschreibungen jeweils gesondert hingewiesen. Im Schlüssel finden sich gute und teilweise von den gängigen Floren abweichende Merkmale, z.B. bei dem oft mit *Sphagnum palustre* verwechselten *Sphagnum centrale* der Hinweis auf stark verdickte adaxiale Chlorocytenwände als diagnostisch wichtiges Merkmal.

Am Buch haben insgesamt sieben Autoren mitgearbeitet, die die nach einheitlichem Muster vorgenommene Bearbeitung der Familien und Gattungen unter sich aufgeteilt haben. Die Qualität der Abschnitte ist unterschiedlich. Neben der bereits oben erwähnten sehr guten Bearbeitung der Torfmoose gibt es andere Gattungen, z.B. *Lophozia* und *Scapania*, wo die Beschreibungen, insbesondere die Angaben zur Morphologie, sehr knapp ausfallen. Der *Lophozia*-Bestimmungsschlüssel ist aufgrund der für die Artabgrenzung verwendeten Merkmale insgesamt wenig befriedigend, da in ihm das in letzter Zeit als diagnostisch wesentlich erachtete Merkmal des Stämmchenquerschnittes vollständig außer Acht gelassen worden ist.

Für viele Nutzer des Buches dürften die zahlreichen Farbfotos (insgesamt 156) von Moosen und ihren Standorten eine unentbehrliche Bestimmungshilfe darstellen. Auch ästhetisch sind die Aufnahmen ein Genuss. Etwas verwunderlich ist, dass diesmal, wahrscheinlich in Ermangelung von geeignetem regionalem Bildmaterial, vielfach auf Fotos von außerhalb Baden-Württembergs zurückgegriffen worden ist, so insbesondere aus Österreich, der Schweiz und aus Italien. Das Foto von *Anthoceros punctatus* stammt gar aus Ecuador.

Da sich der Drucktermin des Buches mehrfach verzögert hat, war es offensichtlich nicht immer möglich, die Erkenntnisse von neuesten Arbeiten in den Text einzuarbeiten. Einige Aussagen sind deshalb nicht mehr auf dem Stand der Zeit, z.B., dass die Sphagnaceae eine monotypische Familie darstellen.

Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen. Es wird für Bryologen auch außerhalb von Baden-Württemberg ein unentbehrliches Nachschlagewerk werden. Aufgrund der sehr guten Aufmachung und der vielen Farbfotos wird es hoffentlich auch dazu beitragen, der Mooskunde neue Freunde zu gewinnen.

FRANK MÜLLER, Dresden