

Die Situation des Wander-Andorns (*Marrubium peregrinum* L.) im Mansfelder Seengebiet – ein Beitrag zur Bedeutung von In-situ-Erhaltungskulturen

Henryk BAUMBACH, Erhard LÜHNE und Horst K. M. VOLKMANN

9 Abbildungen und 8 Tabellen

Abstract

BAUMBACH, H.; LÜHNE, E.; VOLKMANN, H. K. M.: On the situation of *Marrubium peregrinum* L. in the Mansfeld Lake district – a contribution to the importance of in-situ plant conservation. – *Hercynia N. F.* 43 (2010): 85–118.

One of the rarest and critically endangered plants of the German flora is *Marrubium peregrinum* L. (Lamiaceae), the horehound. It is confined to dry loam slopes near the village Wormsleben at the northwest edge of the lake Süßer See and the churchyard of the village Erdeborn (federal state of Saxony-Anhalt) in the central German dry region. *M. peregrinum* was first mentioned there by V. Cordus in 1542. Between 1956, were the first scientific study took place, and the mid of the 1970s the population at the locus classicus decreased rapidly due to increasing bush encroachment of the dry- and semi-dry meadows mainly caused by the abandonment of sheep grazing. Since 1979 considerable efforts were undertaken to stabilize the species by in-situ conservation and accompanying habitat management measures. In total, 575 plants of *Marrubium peregrinum* were grown up and planted at the sites of the three natural populations, at new established protection sites in their surroundings, and at the churchyard of Erdeborn between 1979 and 2002. Despite extensive nurse three of these protection sites had to abandon after four and five years, respectively, and one more after 13 years. Nevertheless, the total population increased from 24 plants in the year 1979 to 59 in the year 2009. So, regarding only the number of individuals, the situation of 1956 is achieved.

The described bastard (*M. x paniculatum*) of *M. peregrinum* and *M. vulgare* was detectable neither by AFLP analysis nor by sequence analysis of the *internal transcribed spacer* (ITS) II. The ITS II contains nine variable positions. Seven of them separate *Marrubium vulgare* and *M. peregrinum*. Plants with the morphological characters of *M. peregrinum* and *M. x paniculatum* are not distinguishable by their ITS II-sequences.

The genetic structure and the genetic variability of the seven central German populations and of two Austrian populations was analysed by amplified fragment length polymorphism (AFLP). Genetic structure of the seven central German populations does not reflect their geographical structure. Due to the re-plantations we can only detect three genetic populations which can be assumed as subpopulations of one *Marrubium peregrinum* metapopulation in the Mansfeld Lake district.

The large genetic distances between the Austrian and the central German populations indicate a long-term isolation from the latter to the main area of the species. Nevertheless, our molecular data don't allow conclusions at which time *M. peregrinum* was dispersed or migrated into the central German dry region.

Key words: *Marrubium peregrinum*, endangered plant species, in-situ plant conservation, AFLP, vegetation change, historical analysis

1 Einleitung

Die Gefährdung vieler Farn- und Blütenpflanzenarten durch Zerstörung oder Beeinträchtigungen ihrer Standorte aber auch durch veränderte Landnutzung ist trotz eines wachsenden Problembewusstseins ein nach wie vor drängendes Problem. So gelten derzeit etwa 30 % der Arten der Flora Deutschlands als stark

bis potentiell gefährdet (LUDWIG & SCHNITTLER 1996). Bereits Ende der 1970er Jahre wurde durch Mitarbeiter des Botanischen Gartens Halle/S. unter Leitung von F. EBEL und S. RAUSCHERT die Möglichkeit geprüft, Arten, die als vom Aussterben bedroht oder als stark gefährdet gelten, durch Vermehrung im Botanischen Garten und Ausbringung der Jungpflanzen auf entsprechenden Schutzflächen in der Umgebung der Mutterpflanzen im Freiland zu erhalten (EBEL 1979, EBEL & RAUSCHERT 1982). Zu den zuerst ausgewählten Arten gehörte neben *Artemisia rupestris* L., *Carex hordeistichos* VILL., *Arabis alpina* L. und *Salix bicolor* ERH. ex WILLD. auch *Marrubium peregrinum* L., der Wander-Andorn.

Das Verbreitungsgebiet von *M. peregrinum* (Abb. 1) reicht von der südlichen Balkan-Halbinsel und Peleponnes, über Westanatolien, den mazedonischen und albanischen Gebirgen, der östlichen Balkan-Halbinsel, dem Gebiet nördlich des Schwarzen Meeres bis in das Pannonische Becken (MEUSEL et al. 1978). Aus diesem Areal erstreckt sich die Verbreitung der Art bis in die Hügelsteppen der Trockengebiete Mitteleuropas, wo sie trockene, offene Habitats kalkreicher Böden bevorzugt. *M. peregrinum* gehört damit zu den (zentral)-ostsubmediterran-südpontisch-pannonisch-kontinentalen Pflanzenarten, die einen großen Anteil an der mitteleuropäischen Xerothermflora haben. Als heimische Sippe der pontisch-pannonischen Steppegebiete stellt *M. peregrinum* eine Art dar, die ein großes Wärme- und Lichtbedürfnis aufweist, woraus sich ihre ehemalige Häufung an geschützten Lagen der Südhänge im trockenwarmen Mansfelder Seengebiet mit Jahresniederschlägen unter 500 mm erklärt (VOLKMAN 2001). Aktuell kommt *M. peregrinum* in Sachsen-Anhalt nur noch bei Wormsleben und in Erdeborn vor und ist auf den Roten Listen Sachsen-Anhalts (FRANK et al. 2004) und Deutschlands (LUDWIG & SCHNITTLER 1996) in Kategorie 1 verzeichnet.

Außer *M. peregrinum* kommt von den 12 europäischen Arten der Gattung *Marrubium* (CULLEN 1972) auch *Marrubium vulgare* L. (= *M. album* GILIB., = *M. lanatum* KUNTH, = *M. germanicum* SCHRANK) in Sachsen-Anhalt vor. Beide Arten können offenbar bastardieren: *M. peregrinum* x *M. vulgare* = *M. x paniculatum* DESR. [*M. x remotum* KIT.] (Tab. 1). *M. peregrinum* ist wie *M. vulgare* ein ausdauernder Hemikryptophyt. Selbstbestäubung wird bei *M. peregrinum* durch Proterandrie verhindert. Die Ausbreitung der Diasporen erfolgt bei *M. vulgare* epizoochor durch Kleb- bzw. Klettausbreitung (JÄGER & WERNER 2005); bei *M. peregrinum* fallen die Klausen aus.

Der erste Nachweis von *M. peregrinum* im Gebiet „an rauen und etwas erhöhten Orten um die Dörfer, wie zwischen Seeburg und Eisleben“ geht bereits auf Valerius Cordus (1542) zurück (CORDUS 1561, S. 146a).

Drei Belege aus dem 16. Jahrhundert befinden sich im Herbar von Caspar Ratzenberger (ZAHN 1901). Eine Pflanze (bezeichnet als „Stachis, Sideritis Islebiaceo“), gesammelt „zu Eisleben an Weinbergen. Zu Ryesdorff am Berge 1557“ befindet sich im Kasseler Herbar (Band III, 594) von 1592 (jetzt in der Sammlung des Naturkundemuseums im Ottoneum Kassel). Dieser Beleg wurde von KESSLER (1870) zu *Stachys annua* L. erklärt, von SCHULZ (1913) allerdings als „vielleicht *M. creticum* oder *M. creticum* x *vulgare*?“ bezeichnet.

Die beiden anderen Herbarbelege Ratzenbergers (bezeichnet mit „Stachys seu Syderitis Mansfeldica et Hercinia“) in der Herzoglichen Sammlung zu Gotha (1598) wurden durch ZAHN (1901) erst zu *Sideritis montana* L. erklärt. Eine auf Anregung von Schulz erfolgte nochmalige Überprüfung durch Zahn ergab jedoch, dass es sich bei den Belegen um *Marrubium peregrinum* (Band II, 136,1) und um *Marrubium x paniculatum* (Bd. II, 141,1) handelt (SCHULZ 1913). Genauere Fundortangaben sind auf beiden Belegen nicht vorhanden. Ein weiteres Exemplar Ratzenbergers (Bd. II, 137,2; bezeichnet mit „*Marrubium creticum*“) befindet sich ohne Fundortangaben ebenfalls in der Gothaer Sammlung (ZAHN 1901), stammt aber wahrscheinlich nicht aus dem Mansfelder Raum (SCHULZ 1913).

BUXBAUM (1721, S. 209) gibt sowohl *M. peregrinum* „um die Dörfer, in Menge bei Erdeborn“ als auch seinen Bastard mit *M. vulgare* an. In Rupps zweiter Auflage der „Flora Jenensis“ (1726, S.187) finden sich die Angaben: „bey Erdeborn und Helffta“, in der „Flora Halensis“ (LEYSER 1761, S. 111): „Erdeborn, Helffta, zwischen Bottendorf und Schönewerda“, bei Roth (in HOFFMANN 1791): „Rollsdorf, Erdeborn“ sowie bei SPRENGEL (1806, S. 172): „Erdeborn“. Aus diesen Angaben lässt sich schlussfolgern, dass die Art früher offenbar weiter verbreitet war als heute (vgl. auch EBEL & RAUSCHERT 1982) und als Relikt der traditionellen Schafbeweidung nur an wenigen Stellen überdauern konnte.

Tab. 1 Morphologische Merkmale von *Marrubium peregrinum*, *M. vulgare* und *M. x paniculatum*.Tab. 1 Morphological characters of *Marrubium peregrinum*, *M. vulgare*, and *M. x paniculatum*.

| | <i>Marrubium peregrinum</i> L. | <i>M. x paniculatum</i> DESR. | <i>Marrubium vulgare</i> L. |
|--------------------|--|--|--|
| Laubblätter | | | |
| Form | elliptisch-lanzettlich, nur untere ± eiförmig, keilförmig in den Stiel verschmälert | | rundlich-eiförmig, obere schmaler |
| Stiel | sehr kurz | | unscharf abgesetzt; 1–3 cm lang, obere kürzer und breiter |
| Behaarung | beiderseits dicht weißfilzig | | Us. graufilzig, Os. verkahlend |
| Spreite | glatt, 3–4 cm lang | | runzelig, 2–4 cm lang |
| Netznerven | Us. stark hervortretend | | Os. vertieft, Us. stark hervortretend |
| Rand | vorn klein kerbzählig (ob. jederseits 3–10, untere bis 15), ob. Hochblätter ganzrandig | | grob kerbzählig |
| Blüten | | | |
| Scheinquirle | 6–12 blütig, locker entfernt, obere dicht, bis 12 pro Stängel | ± 5–10 blütig, meist voneinander entfernt | reichblütig, dicht, fast kugelig; 6–8 pro Stängel |
| Vorblätter | lineal | | lineal, herabgebogen, dicht behaart |
| Kelchzähne | 5; aufrecht, vorgestreckt; bis zur Spitze filzig | 5–10; ± vorgestreckt | 10; anfänglich vorgestreckt, später zurückgebogen, stechend, Spitze verkahlend |
| Kelch | weißfilzig, Schlund weniger behaart, sitzenbleibend, Nüsschen ausfallend | | weißfilzig, Schlund dicht behaart, mit den Nüsschen abfallend |
| Krone | weiß, 8–9 mm, Mittelzipfel der Unterlippe kaum länger als seitl. Zipfel | Mittelzipfel ± 1,5 x so lang wie seitl. Zipfel | weißlich, 5–7 mm, Mittelzipfel der Unterlippe 3 x so lang wie seitl. Zipfel |
| Blütezeit | 7–9 | | 6–8 |
| Stängel | | | |
| Verzweigung | meist sehr zahlreich mit ± abstehenden Ästen | | nur am Grunde ästig, oben meist einfach |
| Behaarung | flaumig, filzig | | locker flaumig |
| Höhe | 30–60 (–100) cm | | 40–50 cm |
| Wuchsform | sperrig ästig | | aufsteigend ästig |

In den späteren Floren, ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, werden nur noch die Standorte am Kirchberg bzw. auf dem Kirchhof zu Erdeborn und bei Wormsleben (GARCKE 1848, 1885, SCHÖNHEIT 1850, EGGERS 1897, 1898, ENGLER 1931) aufgeführt. EGGERS (1902, S. 62) gibt für Erdeborn noch einen weiteren Standort an: „in der Lehmgrube unweit des Schulackers“. Die Angabe von WALLROTH (1840, S. 61): „... seit Jahrhunderten auf dem Kirchhofe in Erdeborn (dem einzigen Standorte im nördlichen Teutschlande)“ beruht sicherlich auf Unkenntnis der Wormsleber Population. PETZOLD (1885) fand bei Wormsleben „üppige Exemplare“ von *M. peregrinum*, „die sich über einen weiteren Raum ausbreiteten, ca. 50 Stöcke, darunter viele mit 10 bis 20 fast meterhohen Stängeln“. Den genauen Standort verschweigt er absichtlich, da kurz davor in Erdeborn durch Botaniker drei große Andornbüsche ausgegraben worden seien. EGGERS (1897) berichtet von einem Vorkommen an „einem berasten Abhang“ bei Wormsleben, wenige Minuten nördlich des Süßen Sees und der „benachbarten Gegend“, und etwas später noch genauer



Abb. 1 Der Wander-Andorn, *Marrubium peregrinum* L. am locus classicus (Foto: H. Baumbach).

Fig. 1 *Marrubium peregrinum* L. at the locus classicus (photograph: H. Baumbach).

(s. WÜNSCHMANN 1939, S. 484): „Am Abhange neben dem Weg oberhalb der 10 Äcker bei Wormsleben“. Da er außerdem noch die ehemalige Gemeindegrube Wormsleben und die Badendorfer Schlucht angibt, ist anzunehmen, dass *M. peregrinum* früher auch noch weiter westlich und östlich als heute vorkam. Der locus classicus von *M. peregrinum*, der sogenannte Andornhang (LOC), ist ein schmaler Streifen von ca. 120 m Länge und 12 m Breite am Fuß eines südexponierten Hanges, ca. 500 m östlich von Wormsleben gelegen. Der Standort ist durch tiefgründigen, kieselreichen Lößboden charakterisiert (LÜHNE 1957). Nördlich und südlich wird der Bereich durch Obstplantagen, nach Osten hin durch den Birngraben, einer nach Süden zum See auslaufenden Schlucht, begrenzt (Abb. 2). Bereits 1937 erfolgte die Unterschutzstellung als Naturdenkmal „Kretischer Andornhang in den Wormslebener Weinbergen“ (seit 1954 Flächennaturdenkmal). 1956 gab es *M. peregrinum* außer am locus classicus noch an zwei weiteren Stellen: drei Pflanzen im Birngraben (das Vorkommen ist 1993 erloschen) und 10 Büsche (mit etwa 15 Pflanzen) 300 m südöstlich davon am Seeweg.

Starke, durch Verbuschung und Eutrophierung bedingte Bestandsrückgänge am klassischen Standort zwischen 1956 und der Mitte der 1970er Jahre gaben letztlich Anlass für die umfangreichen Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen und die In-situ-Erhaltungskulturen ab 1979, die in diesem Beitrag dokumentiert werden. Die genetische Variabilität und die Struktur der Populationen von *M. peregrinum* wurden mit der AFLP-Analyse untersucht. Durch eine ITS-Sequenzanalyse wurde zudem untersucht, ob in den rezenten Beständen außer *M. peregrinum* auch sein Bastard mit *M. vulgare* vertreten ist.

Anhand dieser Daten werden Pflegeempfehlungen für die Populationen von *M. peregrinum* gegeben, um deren Bestand im Mansfelder Seengebiet auch zukünftig zu sichern.



Abb. 2 Lage der Wuchsorte von *Marrubium peregrinum* östlich Wormsleben am Nordwestufer des Süßen Sees. Kartengrundlage: CIR-Luftbild des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Befliegung 2005).

Fig. 2 Sites of *Marrubium peregrinum* east of Wormsleben at the northwest edge of Lake Süßer See. Map based on aerial CIR photograph (2005).

2 Material und Methoden

2.1 Vegetationskundliche Untersuchungen und Bestandserfassungen

Vegetationskundliche Untersuchungen wurden am Andornhang erstmals 1956 (LÜHNE 1957) durchgeführt und in den Jahren 2003 und 2008 durch Lühne & Volkmann wiederholt. Neben den pflanzensoziologischen Aufnahmen (1956: 12, 2003: 24 und 2008: 49) nach Braun-Blanquet wurden in den drei Untersuchungsjahren auch genaue Vegetationskarten angefertigt. Aus Platzgründen können hier nur die Vegetationstabellen für die Jahre 1956 (Tab. 3, im Anhang) und 2008 (Tab. 4 und 5, im Anhang) veröffentlicht werden. Für das Jahr 2003 sind die Vegetationstabellen bei Bedarf von den Autoren erhältlich. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzenarten folgt JÄGER & WERNER (2005), die der Pflanzengesellschaften SCHUBERT (2001) und die der Moose FRAHM & FREY (2004).

Die Dokumentation des aktuellen Bestandes von *Marrubium peregrinum* und der vorgenommenen Auspflanzungen am klassischen Standort und auf den Erhaltungsschutzflächen erfolgte seit 1956 bzw. 1979 in Form von Lageskizzen, Tabellen und Aufzeichnungen durch Erhard Lühne, zwischen 1979 und 1982 auch durch Schüler einer von ihm geleiteten Arbeitsgemeinschaft. Das Material befindet sich vollständig im Privatarchiv E. Lühne sowie in wesentlichen Teilen im Archiv H. Volkmann und wird im Rahmen dieser Arbeit erstmals veröffentlicht.

2.2 Populationsgenetische Untersuchungen

Für die populationsgenetische Untersuchung wurde die AFLP-Analyse (amplified fragment length polymorphism; Vos et al. 1995), die zu den Techniken des DNA-Fingerabdrucks gehört, eingesetzt. Als PCR-gestützte Methode macht sie Untersuchungen mit wenig Materialeinsatz möglich, was von besonderem Interesse bei Untersuchungen von gefährdeten Arten ist. Allerdings hat die AFLP-Methode den Nachteil, dass sie dominante Marker erzeugt, d. h. homozygot dominante (AA) und heterozygote (Aa) Merkmalszustände können visuell nicht unterschieden werden und müssen über die Annahme des Hardy-Weinberg-Gleichgewichtes ermittelt werden.

Um die Frage klären zu können, ob es aktuell noch einen Bastard *M. x paniculatum* gibt, wurde außerdem der *internal transcribed spacer* (ITS) II des Kerngenoms von *M. peregrinum*, *M. vulgare* und *M. x paniculatum* sequenziert. Er befindet sich zwischen den hochkonservierten Genen für die 5,8 S- und 26 S-Untereinheiten der Ribosomen. Das gesamte nrDNA-Repeat kommt in mehreren tausend Kopien auf einem oder mehreren Chromosomenloci vor (ROGERS & BENDICH 1987), wodurch die Amplifizierung und Sequenzierung der nrDNA begünstigt wird. Die Sequenz der ITS-Region hat sich für taxonomische Untersuchungen auf dem Artniveau in vielen Verwandtschaftskreisen als geeignet erwiesen.

Für die DNA-Analysen wurde am 21.9.2004 Blattmaterial von insgesamt 48 Pflanzen von allen sechs rezenten Fundorten im Mansfelder Seengebiet gesammelt (Tab. 2, Abb. 2). Mit in die Analyse einbezogen wurden auch sechs Pflanzen aus dem Hausgarten von E. Lühne in Wormsleben (WOG). Von jeder Pflanze wurden im Feld die bestimmungskritischen Merkmale (Tab. 1) erfasst, eine Zuordnung zu *M. peregrinum* oder *M. x paniculatum* vorgenommen sowie ein Herbarbeleg angefertigt. Die Belege befinden sich im Herbar Volkmann (Lutherstadt Eisleben).

Zu Vergleichszwecken wurden jeweils 9 bzw. 10 Pflanzen in zwei Populationen in Österreich (NES, HAI) gesammelt:

- NES: Österreich, Burgenland, Neusiedl am See, Kalvarienberg, ca. 150 m NN, N 47°56'34", E 16°51'40", *Salvia-Marrubietum peregrini* Mucina 1981, leg. Th. Englisch, 9/2004
 HAI: Österreich, Niederösterreich, Hainburg a. d. Donau, Schlossberg, S-Seite, 290 m NN, N 48°08'32", E 16°54'49", *Elytrigia intermedia-Bromus sterilis*-Trockenrasen, leg. Th. Englisch, 16.10.2004.

Pro Pflanze wurden 3–5 Blätter entnommen, in Teefilterbeutel eingelegt und sofort in Silicagel getrocknet. Das getrocknete Pflanzenmaterial wurde mit sterilem Seesand gemörsert und bis zur DNA-Isolation in Mikroreaktionsgefäßen bei -24 °C gelagert. Die DNA-Isolation der Proben erfolgte unter Verwendung des EZNA-DNA plant mini kit (PqLab). Die qualitative Überprüfung des DNA-Extraktes erfolgte durch Agarosegel-Elektrophorese [1,5 %]; die DNA-Konzentration wurde photometrisch bei 260 nm bestimmt [Spektralphotometer Gene Quant II (Pharmacia Biotech)].

Die labortechnischen Details der AFLP-Analyse können BAUMBACH (2005, S.11) entnommen werden. Für die AFLP-Analyse wurden vier Primerkombinationen verwendet: I) *EcoRI*-CCC/*MseI*-CAC (36 Loci, 73-482 bp), II) *EcoRI*-CCC/*MseI*-CAT (33 Loci, 100-529 bp), III) *EcoRI*-CCC/*MseI*-CTT (30 Loci, 91-408 bp), IV) *EcoRI*-CGC/*MseI*-CCT (38 Loci, 61-547 bp). Insgesamt wurden 137 polymorphe Loci im Fragmentgrößenbereich von 61 bis 547 bp ausgewertet, mit denen alle 67 Pflanzen als separate AFLP-Phänotypen charakterisiert werden konnten.

Tab. 2 Die Vorkommen von *Marrubium peregrinum* bei Wormsleben und Erdeborn: Entwicklung der Bestände (B) und Auspflanzungen (+) in den natürlichen Populationen und auf den Erhaltungsschutzflächen im Zeitraum von 1882 bis 2009. Abkürzungen: WOF (Feldweg zum locus classicus), LOC (Kretischer Andornhang, locus classicus), 3 (Birngraben), 4 (Lösshang), 5 (Pallas Berg, westl. Bereich), 6 (Klemms Berg, sdl. Teil), 7 (Klemms Berg, nrdl. Teil), SEW (Seeweg, Anglerstelle), BAD (Seeweg, Badendorf), PAB (Pallas Berg, östl. Bereich), ERD (Erdeborn, Kirche). RW: Rechtswert, HW: Hochwert (in Gauss-Krüger-Koordinaten), Dist. LOC: Distanz zum locus classicus, NT: Anzahl der genetisch untersuchten Pflanzen, !: ursprüngliche/natürliche Population, +: erloschene Population.

Tab. 2 The *Marrubium peregrinum* sites (natural populations and protection sites) near Wormsleben and Erdeborn. Inventories between 1882 and 2009: stock (B) and plantations (+). Natural (!) or extinct (+) population. HW: northing, RW: easting (in Gauss-Krüger-coordinates), Dist. LOC: distance to the locus classicus, NT: Number of genetically analysed plants.

| | WOF | LOC ! | 3 ! | 4 | 5 | 6 | 7 | SEW ! | BAD | PAB | ERD | Σ _n | Σ _B | |
|-------------------------|---------|----------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------------|----------------|-----|
| RW: 447- | 4705 | 4928 | 4970 | 4968 | 5178 | 5268 | 5265 | 5216 | 5683 | 5303 | 4649 | | | |
| HW: 570- | 8385 | 8343 | 8320 | 8352 | 8443 | 8533 | 8550 | 7974 | 7927 | 8511 | 4700 | | | |
| Dist. LOC (m) | 220 m E | | 50 SE | 40 NE | 260 NE | 400 NE | 400 NE | 480 SSE | 860 SE | 420 NE | 3600 S | | | |
| Größe (m ²) | 300 | 1550 | 300 | 300 | 1000 | 500 | 400 | 500 | 750 | 150 | | | | |
| N _T | 6 | 11 | | | | | | 4 | 5 | 8 | 7 | | | |
| | + B | + B | + B | + | + | + | + B | + B | + B | + B | + B | | | |
| 1882 | | 50* | ? | | | | | ? | | | ? | | 50+x | |
| 1956 | | 32 | 3 | | | | | 15 | | | 2 | | 52 | |
| 1979 | | 7 | 2 | | | | | 13 | | | 2 | | 24 | |
| 1980 | 20 | 51 | | 11 | 25 | 30 | 80 | | | | | | 217 | |
| 1981 | | 5 | | | | | | | 38 | 21 | | | 59 | |
| 1982 | | 24 | | | | | | | 62 | 20 | 2 | | 106 | |
| 1984 | | 25 | 1 | ϕ | | ϕ | 41 | 13 | 35 | 15 | 1 | | 75 | |
| 1985 | 2 | 11 | 5 | | ϕ | | | | | | | | 18 | |
| 1986 | 4 | 32 | 2 | | | | 15 | 13 | 27 | 14 | 5 | 1 | 5 | 108 |
| 1987 | 5 | | | | | | | | 12 | | | | 17 | |
| 1990 | | 28 | | | | | | | | | | | 28 | |
| 1991 | | | | | | | | 14 | | | 10 | | 24 | |
| 1992 | 9 | 32 | 1 | | | | 15 | 26 | 10 | 16 | 17 | 9 | 10 | 125 |
| 1993 | | | ϕ | | | | ϕ | 5 | 6 | | | | 11 | |
| 1998 | 7 | 21 | | | | | | 9 | 8 | 12 | 8 | | 65 | |
| 2001 | | | | | | | | 3 | | | | | 3 | |
| 2002 | 7 | 21 | | | | | | 7 | 6 | 12 | 2 | 7 | 2 | 60 |
| 2006 | 7 | 21 | | | | | | 4 | 7 | 12 | 9 | | 60 | |
| 2009 | 7 | 22 | | | | | | 4 | 5 | 12 | 9 | | 59 | |
| Σ _n | 27 | 139 | 5 | 11 | 25 | 30 | 80 | 22 | 163 | 56 | 17 | 575 | | |

Die AFLP-Bandenmuster wurden mit der Software Saga generation 2 (Li-Cor Inc. 2001) in einen binären Code (0/1-Matrix) überführt. Die phänetische Auswertung erfolgte durch eine Hauptkoordinatenanalyse (Software NTSYSpc ver. 2.11a, APPLIED BIostatistics Inc. 2002) und eine UPGMA-Clusteranalyse (Software TFGA, MILLER 1997). Die zugrundeliegende Distanzmatrix wurde für beide Analysen unter allelischer Interpretation des Datensatzes (Annahme des Hardy-Weinberg-Gleichgewichtes) nach NEI (1978) berechnet. Als weiteres Maß für die genetische Differenzierung wurden die paarweisen F_{ST}-Werte zwischen den Populationen (REYNOLDS et al. 1983) berechnet (Software Arlequin, SCHNEIDER et al. 2000). Als Parameter der genetischen Variabilität wurden der Heterozygotiegrad (allelische Interpretation; Software TFGA) und der Anteil polymorpher Loci (direkte Zählung ohne weitere Annahmen) berechnet. Korrelationen zwischen intervallskalierten Variablen wurden nach PEARSON (r_p) berechnet.

Um die Anzahl von genetischen Clustern (K) im vorliegenden Datensatz zu testen und um die untersuchten Individuen diesen Clustern zuzuordnen, wurde das Programm Structure version 2.2 (PRITCHARD et al. 2000, FALUSH et al. 2007) verwendet. Dem Programm wird ein Wertebereich für K vorgegeben und getestet, welches K die höchste geschätzte log-Wahrscheinlichkeit (log-probability) der Daten ergibt. Für jedes mögliche K von 1 bis 9 wurden fünf unabhängige Durchläufe mit jeweils 100.000 Wiederholungen (50.000 burn ins und 50.000 data collection repetitions) berechnet. Alle Iterationen wurden unter der Annahme gemischter Abstammung der Individuen (admixture model) sowie korrelierter Allelfrequenzen berechnet. Die graphische Darstellung der Structure-Analyse erfolgte mit der Software Distruct (ROSENBERG 2004).

ITS-Sequenzierung

Die labortechnischen Details der Sequenzanalyse können BAUMBACH (2005, S. 13) entnommen werden. Leider konnten nur die Sequenzen des ITS-II ausgewertet werden, da es auch nach verschiedenen Versuchen der PCR-Optimierung und Verwendung anderer Primer nicht gelang, ITS I oder ITS Gesamt komplett zu sequenzieren. Die Auswertung und Editierung der Sequenziergele wurde mit der Software e-Seq. v. 2.0 (LI-COR INC. 1999) durchgeführt. Das paarweise Alignment der Sequenzen von Hin- und Rückreaktion wurde mit der Software Bioedit ver. 5.0.9 (HALL 1999) erstellt, das multiple Alignment mit dem Programm Clustal W (implementiert in Bioedit). Die Herbarbelege der sequenzierten Pflanzen (Tab. 7) befinden sich im Herbarium Haussknecht Jena (JE).

3 Ergebnisse

3.1 Vegetationsveränderungen, Bestandsentwicklung und Erhaltungsbemühungen

3.1.1 Die Vorkommen von *Marrubium peregrinum* bei Wormsleben

Vegetationsentwicklung am locus classicus 1956 bis 2008

Der Andornhang war 1956 noch überwiegend gehölzfrei und durch ruderal beeinflusste Trocken- und Halbtrockenrasen charakterisiert (Abb. 3, 5). Die aus dem Jahr 1956 vorliegenden 12 Vegetationsaufnahmen (Tab. 3, im Anhang) wurden für diese Arbeit neu gegliedert und konnten dem Festuco valesiacae-Stipetum capillatae (Aufnahmen 3, 5), dem Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati (1, 4, 7, 9, 10, 11), dem Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis (2, 8, 12) und dem Euphorbio exiguae-Silenetum noctiflorae (6) zugeordnet werden.

In den 1950er Jahren wurden der Andornhang und seine Umgebung noch extensiv durch Schafe beweidet, wodurch Gehölzaufwuchs weitgehend verbissen wurde. Nur den westlichsten Teil des Hanges bedeckte auf etwa 30 m Länge niedriges, noch lückenhaftes Schlehen- und Bocksdorngebüsch (Abb. 5). Auch im östlichen Oberhangbereich gab es schon eine lockere Ausbreitung von Bocksdorn. Rosenschösslinge traten am ganzen Unterhang verstreut auf. An der oberen Hangkante fallen mehrere größere Pflaumenbäume (*Prunus domestica*) auf.

Die Hälfte der damals 32 Andorn-Pflanzen befand sich im westlichen Drittel des Hanges auf einer, von einigen Pflaumen- und Rosen-Schösslingen abgesehen, gehölzfreien Fläche (Abb. 5). 1961, also nur fünf Jahre später, waren zehn dieser 16 Pflanzen bereits von teils mannshohem Pflaumen-, Rosen-, Bocksdorn- und Schlehengebüsch umgeben. Während *Marrubium peregrinum* Halbschatten noch ganz gut verträgt, verschwindet es bei zu starker Beschattung allmählich. Das war wohl auch die Hauptursache, dass 1979 schließlich nur sieben von den noch 1961 gezählten 32 Pflanzen am verhältnismäßig wenig verbuschten Mittelhang übrig geblieben waren. Auch die wenigen, aber stattlichen Individuen am östlichen unteren Rand gab es nicht mehr. Um das völlige Erlöschen des Vorkommens zu verhindern, wurden Ende der 1970er Jahre umfangreiche Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen eingeleitet und mit wechselnder Intensität bis in die Gegenwart fortgesetzt.



Abb. 3 Der Andornhang (LOC) im Jahr 1957, Blick von Westen nach Osten (Foto: E. Lühne).

Fig. 3 The *Marrubium slope* (LOC) in 1957, view from west to east (photograph: E. Lühne).



Abb. 4 Blick vom etwa gleichen Standpunkt (vgl. Abb. 3) im September 2009 (Foto: H. Baumbach).

Fig. 4 View from nearly the same position (see Fig. 3) in September 2009 (photograph: H. Baumbach).

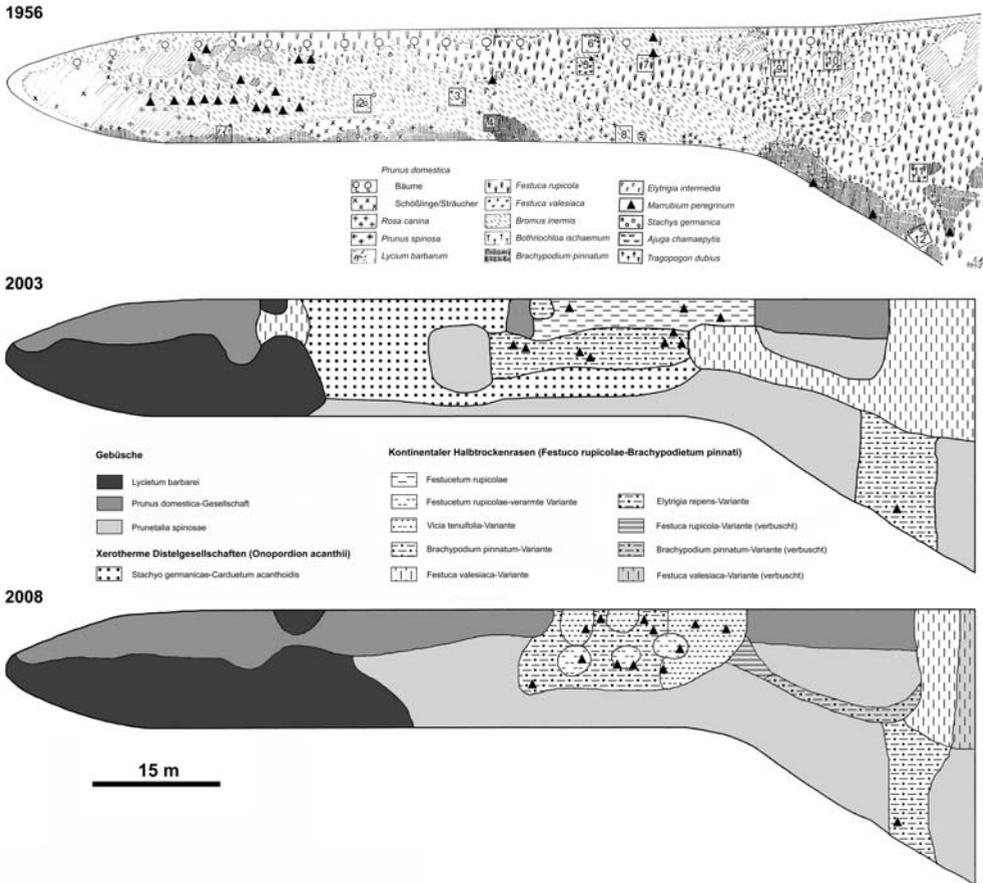


Abb. 5 Vegetationszusammensetzung und Vorkommen von *Marrubium peregrinum* am Andornhang (locus classicus) bei Wormsleben in den Jahren 1956, 2003 und 2008.

Fig. 5 Composition of the vegetation and occurrence of *Marrubium peregrinum* at the *Marrubium* slope (locus classicus) near Wormsleben in 1956, 2003, and 2008.

Trotzdem zeigte sich bei der Erfassung im Jahr 2003 eine weiter vorangeschrittene Verbuschung des Andornhanges (Abb. 5), insbesondere durch die starke Ausbreitung des Bocksdorn- und des Schlehengebüsches in die Bestände der Halbtrockenrasen. Das Vorkommen von *M. peregrinum* beschränkte sich auf den östlichen Teil des Hanges, die Pflanzen im westlichen Bereich waren komplett verschwunden. Die pflanzensoziologischen Vegetationsaufnahmen lassen sich anhand diagnostischer Arten den drei schon 1956 vorhandenen Assoziationen zuordnen: dem Festuco valesiaca-Stipetum capillatae, dem Festuco rupicolae-Brachypodium pinnati und dem Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis, wenngleich nicht nur quantitative sondern auch qualitative Unterschiede festgestellt werden mussten. So repräsentierte der Bestand des Festuco valesiaca-Stipetum capillatae deutlich einen sekundären Trockenrasen, in dem einige Arten auf eine anthropogene und/oder zoogene Beeinflussung hinwiesen. Etliche wärmeliebende und trockenheitsertragende Arten wie *Bromus inermis*, *Stipa capillata*, *Trifolium campestre*, *Erigeron acris* und *Nonea erecta*, aber auch Segetalarten wie *Setaria viridis* und *Nigella arvensis* kamen im Vergleich zur Erstaufnahme 1956 nicht mehr vor. Das Festuco rupicolae-Brachypodium pinnati nahm 2003 eine

deutlich kleinere Fläche als 1956 ein. Von den Arten der Festuco-Brometea kamen *Trifolium campestre*, *Echium vulgare*, *Thymus pulegioides*, *Artemisia campestris* und *Galium glaucum* nicht mehr vor, von den Artemisietea fehlte *Geranium columbinum* und von den Segetalarten *Polygonum aviculare*, *Sonchus oleraceus* und *Anagallis foemina*. Dafür hatten sich *Potentilla argentea*, *Carlina vulgaris* und *Galium album* neu angesiedelt und *Vicia angustifolia*, *V. tenuifolia*, *Linum catharticum*, *Torilis japonica*, *Picris hieracioides*, *Sisymbrium loeselii*, *Glechoma hederacea* und *Bromus tectorum* kamen häufiger vor, was auf die veränderten Standortbedingungen am Andornhang, vor allem die zunehmende Beschattung und den Nährstoffeintrag hinweist.

Während *Stachys germanica* noch 1956 auf der Fläche in kleinen und verstreut liegenden Beständen oder als Einzelpflanze angetroffen wurde, hatte sich das Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis bis 2003 stark ausgebreitet. Häufig vertreten waren darin noch die Arten der Festuco-Brometea, aber auch die Arten der Ruderalgesellschaften der Artemisietea und Sisymbrietea sowie Arten der Weiden, Wiesen und Kulturrasen. Insgesamt hatte sich die Artenanzahl von 88 auf 95 Arten erhöht.

In Vorbereitung dieser Publikation sollte im Jahr 2008 nur eine Aktualisierung der im Jahr 2003 aufgenommenen Vegetationskarte vorgenommen werden, da große Veränderungen im Verlauf von fünf Jahren nicht erwartet wurden. Es zeigte sich aber, dass aufgrund der angetroffenen gravierenden Veränderungen eine komplette Neuaufnahme der Vegetationskarte notwendig werden würde. Die aus dem Jahr 2008 vorliegenden Vegetationsaufnahmen (Tab. 4, 5, im Anhang) dokumentieren die weitere Verbuschung der Trocken- und Halbtrockenrasen, die nicht mehr der regelmäßigen Pflege unterliegen. Das Bocksdorn-Gebüsch (*Lycietum barbarae*) am Unterhang hatte sich im Vergleich zum Jahr 2003 auf dem mäßig trockenen humosen Boden weiter nach Osten hin ausgebreitet. Auch die Pflaumen-Polykormone (*Prunus domestica*-Gesellschaft) hatten sich im oberen Hangbereich entlang des Weges ebenso wie die Schlehen-Gebüsche (*Prunetalia spinosae*) im westlichen Hangbereich großflächig ausgebreitet. Von den ehemals ausgedehnten xerothermen Distelgesellschaften (*Stachyo germanicae*-*Carduetum acanthoidis*) waren im Verlauf von fünf Jahren nur noch Reste in Form einzelner Pflanzen von *Stachys germanica* übrig geblieben.

Auf den Flächen, auf denen noch im Jahr 2003 der Trockenrasen des Festuco valesiacae-Stipetum capillatae ausgebildet war, dominierte nun *Festuca rupicola* während *Festuca valesiaca* viel geringer vertreten war, sodass diese Bestände dem Festucetum rupicolae zuzuordnen sind (Tab. 5, Aufnahmen 23, 24, 28, im Anhang).

Die noch vorhandenen 16 Andorn-Pflanzen beschränkten sich wie schon 2003 ausschließlich auf den östlichen Teil des Hanges und dort auf die noch nicht verbuschten Bereiche des Festucetum rupicolae.

Die Gesamtartenanzahl hatte sich zwischen 2003 und 2008 von 95 auf 118 Arten erhöht. Ein Vergleich der mittleren Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) für alle am Andornhang gefundenen Pflanzenarten zeigt einen leichten, statistisch allerdings nicht signifikanten Rückgang der Lichtzahl, der Temperaturzahl, der Kontinentalitätszahl und der Reaktionszahl sowie einen Anstieg von Feuchtezahl und Stickstoffzahl im Zeitraum von 1956 bis 2008 (Tab. 6). Einen Eindruck von der aktuellen Situation (September 2009) am Andornhang gibt Abb. 4.

Tab. 6 Mittlere Zeigerwerte (Ellenberg et al. 1991) für die am Andornhang gefundenen Pflanzenarten in den Jahren 1956, 2003 und 2008.

Tab. 6 Mean indicator values (Ellenberg et al. 1991) for the plant species growing at the *Marrubium* slope in the years 1956, 2003, and 2008.

| | | L | T | K | F | R | N |
|------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1956 | N = 88 | 7,5 | 6,2 | 4,9 | 3,7 | 7,6 | 4,5 |
| 2003 | N = 95 | 7,3 | 6,2 | 4,8 | 3,8 | 7,5 | 4,4 |
| 2008 | N = 118 | 7,1 | 6,0 | 4,4 | 4,0 | 7,3 | 4,8 |

Erhaltungsbemühungen

Ende der 1970er Jahre leitete E. Lühne eine Schüler-Arbeitsgemeinschaft, die er in die Pflege des Andornhanges einbezog. Im September 1979 entbuschten sie zunächst den Teil des Hanges, wo sich noch Andornpflanzen befanden. Ein Hinweis von H. Volkmann führte zur Kontaktaufnahme mit F. Ebel, der sich um die Erhaltung seltener Pflanzenarten durch Vermehrung im Botanischen Garten und Auspflanzung am natürlichen Standort bemühte. Die ersten 1979/80 im Botanischen Garten Halle aus Saatgut vom Wormsleber Andornhang gezogenen Jungpflanzen wurden Anfang Juni 1980 an diesem Hang ausgebracht. Bei den folgenden fünf Pflanzaktionen bis 1982 wurde versucht, den Wander-Andorn noch an weiteren Stellen in der Nähe des FND anzusiedeln. Sieben geeignet erscheinende ungenutzte Ränder und Hänge, bis zu 800 m vom ursprünglichen Vorkommen entfernt, waren dafür ausgesucht und bepflanzt worden (Tab. 2). Ein Kriterium für die Auswahl der Flächen war das gemeinsame Vorkommen von *Stipa capillata* und *Festuca valesiaca* (EBEL, pers. Mitt.). Zwischen 1980 und 1982 wurden auf acht Flächen zusammen 382 Pflanzen ausgebracht (Tab. 2).

Die Kontrolle und Betreuung dieser Schutzflächen wurde bis zum Sommer 1983 von den Schülern der AG übernommen. Sie setzten die Entbuschung fort, fertigten Lageskizzen der Vorkommen und Pflanzstellen an, kontrollierten den Pflanzenbestand, gossen Jungpflanzen, hielten sie von Konkurrenz frei und versahen einen großen Teil mit Schutzgittern.

Drei der neuen Erhaltungsflächen (4, 5, 6) mussten bis 1985 wieder aufgegeben werden, da die Setzlinge verkümmerten. Das kleine Restvorkommen im Birngraben (3) erlosch 1993 durch die starke Verbuschung und Nr. 7 wurde nach 1992 wieder landwirtschaftlich genutzt. Somit blieben noch fünf Standorte, die bis heute durch E. Lühne betreut werden.

Eine spontane Vermehrung aus Samen konnte im Freiland nur zweimal beobachtet werden, während im Garten (WOG) von E. Lühne, wo einige ältere Andornpflanzen stehen, jedes Jahr Sämlinge zu finden sind. Auch das Ausstreuen von Samen in der freien Flur blieb immer erfolglos, es sei denn, man bereitete dafür ein Stück Boden entsprechend vor und schützte die Stelle vor scharrenden oder wühlenden Tieren. Drei derartige Versuche erwiesen sich aber als nicht sicher und effektiv genug. Die für Nachpflanzungen benötigten Jungpflanzen zieht E. Lühne deshalb seit 1983 im eigenen Garten und bringt die Jungpflanzen nach ein bis zwei Jahren aus.

Wie geschildert, muss besonders am Andornhang ständig der Verbuschung entgegengewirkt werden. Bewährt hat es sich, nach dem Abholzen die Stöcke mit Selest oder einem ähnlichen Mittel zu behandeln, um einen Neuaustrieb zu verhindern. Die Flächen am Seeweg (SEW, BAD), wo keine Beweidung erfolgt und der Boden nährstoffreicher ist, müssen wenigstens um die Andornpflanzen einmal jährlich gemäht werden. An mehreren Standorten (PAB, WOF, BAD) wurden zum Schutz vor Beschädigung und Fraßschäden durch Beweidung um die Pflanzen Schutzgitter aus Maschendraht angebracht.

3.1.2 Das Vorkommen von *Marrubium peregrinum* in Erdeborn

Als 1980 die Arbeiten zur Erhaltung des Wander-Andorns bei Wormsleben begonnen wurden, war man sich bewusst, dass auch das seit 1721 bekannte, aber schon sehr kleine Vorkommen an der Erdeborner Kirche (ERD) bald ganz erlöschen könnte. Historische Nachweise, die vor allem ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts einen Bestandsrückgang belegen, gehen auf HALLIER (1885a, 1885b), PETZOLD (1885) und EGGERS (1897) zurück. Ursprünglich kam *M. peregrinum* (auch) am Südhang unterhalb der Kirche, außerhalb der Grundstücksmauer, vor. Mit dem Bau eines neuen Weges zur Kirche in den 1880er Jahren (HALLIER 1885b, PETZOLD 1885) wurde dieser Standort vollständig zerstört. Offenbar gelang es vorher aber noch, zumindest einen Teil der Pflanzen auf den Kirchhof umzusetzen. Die rezenten Vorkommen befinden sich alle innerhalb der Grundstücksmauer südlich der Kirche. Im Februar 1982 gab es dort nur noch eine große und, etwa fünf Meter westlich von dieser, eine kleinere Pflanze mit einem bogenförmig aus der Erde ragendem Wurzelhals. Diese ist heute noch vorhanden und demnach einige Jahrzehnte alt. Im Jahr 2006 hatte sie 25 starke Stängel von 80 cm Länge. Die andere Pflanze ist Anfang

der 1980er Jahre beim Entbuschen und Kultivieren der Fläche vor der Kirche mit beseitigt worden. Im Jahr 1986 pflanzte man anlässlich des 400. Geburtstags von Martin Rinkart, der drei Jahre Pfarrer in Erdeborn war, trotz der Einwände des Naturschutzhelfers Paul Kurze, knapp drei Meter vom letzten Andorn entfernt, eine Linde. Im gleichen Jahr wurden fünf und 1991 nochmals zehn Andorn-Pflanzen in eine Rabatte südlich der Kirche gepflanzt. Sie waren aus Wormsleber Saatgut gezogen worden, da es bis dahin nicht gelungen war, von der Erdeborner Pflanze keimfähige Samen zu gewinnen. Insgesamt sechs davon sind Dank der Bemühungen von P. Kurze und der Unterstützung durch den Förderverein der Erdeborner Kirche heute noch vorhanden. So hat sich der Verein die Erhaltung des Wander-Andorns zu einer seiner Aufgaben gemacht und dessen Betreuung in die Pflegearbeiten vor der Kirche integriert. Unter anderem wurden die Beete bzw. Pflanzstellen der Alt- und Jungpflanzen mit Steinen eingefasst, die Erde gelockert und die Pflanzen mit Eisenstäben gekennzeichnet. Wo aufgrund zunehmender Beschattung notwendig, wurden Pflanzen umgesetzt. Ein Schild an der Altpflanze weist auf die botanische Besonderheit hin. Darüber hinaus wurden die Einwohner Erdeborns an dieses besondere und schützenswerte Pflanzenvorkommen in ihrem Ort mit einem Beitrag im Amtsblatt der Verwaltungsgemeinschaft erinnert (VOLKMANN 2002).

Im Spätherbst 2002 konnten erstmals Diasporen von der Altpflanze gewonnen und 2003 für die Vermehrung genutzt werden. Auch der Botanische Garten Halle, der von Zeit zu Zeit Saatgut für die Erhaltungskultur anfordert, wurde damit versorgt. Im selben Jahr waren sogar einige Sämlinge unter der Mutterpflanze aufgegangen. Mitte September 2009 wurden 12 Pflanzen angetroffen, darunter waren vier Jungpflanzen (je zwei auf der Rabatte und am Südhang). Inzwischen macht sich allerdings bei der ältesten Andorn-Pflanze die Beschattung durch die 1986 gepflanzte Linde negativ bemerkbar. Da eine Umpflanzung der sehr alten Pflanze nicht ratsam erscheint, sollte zumindest der unterste Ast der Linde entfernt werden.

3.1.3 Bilanz

Insgesamt wurden von 1979 bis 2002 575 Pflanzen von *M. peregrinum* aufgezogen und auf den Erhaltungsschutzflächen, an den natürlichen Standorten und an der Erdeborner Kirche angepflanzt (Tab. 2). Ein großer Teil der Pflanzen ist bereits kurze Zeit nach der Auspflanzung wieder eingegangen. Von den sieben neu angelegten Erhaltungsschutzflächen mussten drei nach vier bzw. fünf Jahren und eine weitere sowie das kleine Vorkommen im Birngraben nach 13 Jahren wieder aufgegeben werden. Trotzdem konnte der Gesamtbestand (einschließlich Erdeborn) von 24 Pflanzen im Jahr 1979 auf 59 im Jahr 2009 erhöht werden, womit hinsichtlich der Individuenanzahl die Situation von 1956 nicht nur wieder erreicht sondern sogar übertroffen ist.

3.1.4 Ex-situ-Erhaltungskulturen von *Marrubium peregrinum*

Seit 1979 wird *M. peregrinum* auch im Botanischen Garten Halle in einer Erhaltungskultur mit 10–15 Individuen kultiviert. Die erstmalige Sammlung von Saatgut und Stecklingen erfolgte 1979 durch F. Ebel, S. Rauschert & H. Schmidt am locus classicus. Zwischen 1980 und 2002 wurde das Saatgut ebenfalls am locus classicus durch E. Lühne gesammelt. Zwischen 1979 und 2002 wurden die Pflanzen als Topf- und Beetkultur in der eurasiatischen Steppen-Anlage gehalten. Im Jahr 2002 wurden alle vom locus classicus stammenden Pflanzen ausgesondert, da angenommen wurde, dass dort möglicherweise eine Mischpopulation aus *M. peregrinum* und *M. x paniculatum* vorliegt. Seitdem werden im BG Halle nur noch Nachkommen der Erdeborner Mutterpflanze gezogen, die sich in Topf- und Beetkultur in der eurasiatischen Steppen-Anlage und der System-Anlage befinden (Ebel schriftl., EBEL & FUHRMANN 2010).

In dem im November 2000 gegründeten Schutzgarten an der Kapenmühle bei Dessau im Biosphärenreservat Mittelelbe wird *M. peregrinum* seit 2001 mit ca. 100 Individuen in Beetkultur kultiviert (EBEL & FUHRMANN 2010). Das Saatgut stammt von Pflanzen vom locus classicus ab und wurde durch E. Lühne gesammelt (Ebel schriftl., EBEL & FUHRMANN 2010).

3.2 Populationsgenetische Untersuchungen

3.2.1 Ergebnisse der ITS-Sequenzanalyse

Von den fünf untersuchten Pflanzen konnte ITS II mit einer Länge von 321 Basen vollständig sequenziert werden. Der Anteil an Guanin und Cytosin (G+C-Gehalt) beträgt 68,9 %. Das Alignment ist aufgrund der Einheitlichkeit der ITS II-Region unproblematisch. Von den neun variablen Positionen (vgl. Tab. 7) trennen sieben *M. vulgare* und *M. peregrinum*. *M. peregrinum* und *M. x paniculatum* sind voneinander nicht zu unterscheiden.

Tab. 7 Polymorphe Positionen in der ITS II-Region von *Marrubium peregrinum*, *M. vulgare* und *M. x paniculatum*. A: Adenin, C: Cytosin, G: Guanin, T: Thymin, R: Adenin oder Guanin.

Tab. 7 Polymorphic positions of the ITS II-region of *Marrubium peregrinum*, *M. vulgare*, and *M. x paniculatum*. A: Adenine, C: Cytosine, G: Guanine, T: Thymine, R: Adenine or Guanine.

| Pflanze | Art | Herkunft | 53 | 131 | 144 | 154 | 178 | 193 | 195 | 220 | 236 |
|---------|-------------------------|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mp19 | <i>M. peregrinum</i> | LOC | A | R | T | C | G | C | G | C | G |
| Mp25 | <i>M. peregrinum</i> | PAB | A | G | T | C | G | C | G | C | A |
| Mp35 | <i>M. peregrinum</i> | BAD | A | R | T | C | G | C | G | C | R |
| Mxp27 | <i>M. x paniculatum</i> | PAB | A | G | T | C | G | C | G | C | G |
| Mv5 | <i>M. vulgare</i> | WOG | G | G | C | T | C | T | A | T | G |

3.2.2 Genetische Struktur

Auch die Ergebnisse der AFLP-Analyse geben keinen Hinweis auf die Existenz eines Bastards zwischen *M. peregrinum* und *M. vulgare*. Weder in der Hauptkoordinatenanalyse (Abb. 6) noch in der Structure-Analyse (Abb. 9) sind die Individuen mit den morphologischen Merkmalen von *M. x paniculatum* von den „reinen“ *M. peregrinum*-Individuen abgetrennt. Allerdings konnte die zweite vermeintliche Elternart *M. vulgare* nicht mit der AFLP-Analyse untersucht werden, da die Art im Mansfelder Seengebiet ausgestorben ist. Für die weitere Analyse und Interpretation der Ergebnisse wurde davon ausgegangen, dass es sich bei den untersuchten Pflanzen genetisch nur um Individuen der Art *M. peregrinum* handelt.

Die Hauptkoordinatenanalyse aller Individuen (Abb. 7) zeigt zunächst eine deutliche Auftrennung in einen österreichischen und einen mitteldeutschen Individuenschwarm. Im österreichischen Schwarm sind die Phänotypen beider Populationen voneinander abgetrennt, wobei die Population Hainburg (HAI) eine sehr große Individuenstreuung zeigt. Im Schwarm der mitteldeutschen Phänotypen ist aufgrund der starken Individuenstreuung eine Anordnung entsprechend der Populationszugehörigkeit kaum erkennbar.

Ein ähnliches Resultat bringt die auf den genetischen Distanzen (NEI 1978) basierende Clusteranalyse (Abb. 8). Die beiden österreichischen Populationen sind deutlich von den mitteldeutschen abgetrennt, haben aber eine vergleichsweise große genetische Distanz zueinander. Innerhalb des mitteldeutschen Clusters bilden die Populationen LOC und BAD einen statistisch abgesicherten Subcluster. Der zweite Subcluster wird durch die übrigen Populationen gebildet, von denen die Population ERD abgetrennt ist.

Auch die paarweisen F_{ST} -Werte zwischen den Populationen (Tab. 8) zeigen nach WRIGHT (1978) eine sehr starke genetische Differenzierung ($F_{ST} > 0,25$) aller mitteldeutschen von den österreichischen Populationen an. Mit Ausnahme der Populationen ERD und LOC ist zwischen den mitteldeutschen Populationen keine signifikante genetische Differenzierung feststellbar. Die Populationen ERD und LOC sind sowohl untereinander als auch von fast allen anderen Populationen stark ($0,15 < F_{ST} < 0,25$) bis sehr stark differenziert ($0,25 < F_{ST}$).

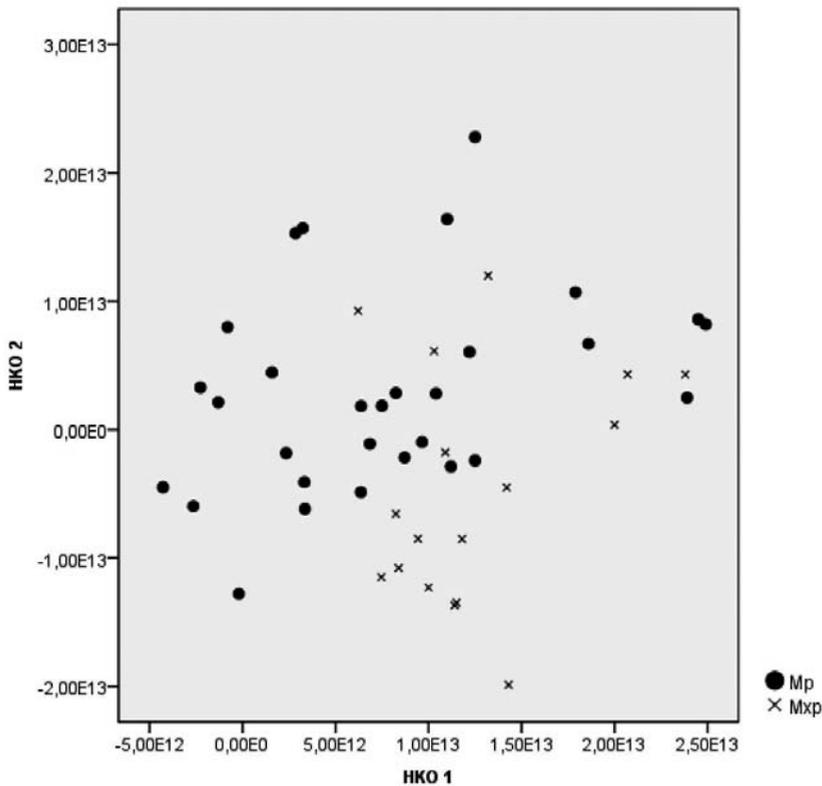


Abb. 6 Hauptkoordinatenanalyse für alle untersuchten Individuen aus dem Mansfelder Seengebiet. Mp: Pflanzen von *Marrubium peregrinum*, Mxp: Pflanzen mit dem morphologischen Merkmalsyndrom von *Marrubium x paniculatum*. Die zwei Hauptkoordinaten erklären 58 % der Gesamtvariation des Datensatzes.

Fig. 6 Principal coordinates analysis for all central German individuals. Mp: plants of *Marrubium peregrinum*, Mxp: plants with the morphological character syndrome of *Marrubium x paniculatum*. Variation explained by the principal coordinates: 58 %.

Nach den Ergebnissen der Structure-Analyse (Abb. 9) ist die wahrscheinlichste Anzahl von genetischen Clustern im Datensatz $K = 5$, wovon zwei auf die beiden österreichischen Populationen und drei auf die sieben mitteldeutschen Populationen entfallen. Während eine eindeutige Zuordnung der österreichischen Individuen zu ihren Populationen problemlos möglich ist, gelingt dies für die mitteldeutschen Individuen nicht.

In der ursprünglichen Population am Andornhang (LOC) überwiegen die Anteile zweier genetischer Cluster; der dritte, bei allen anderen Populationen überwiegende, Anteil ist hier bei nur einem Individuum in nennenswertem Anteil erkennbar. Merkmale der österreichischen Population NES sind nur bei dem ältesten Individuum der Population Erdeborn nachweisbar, das zudem auch Anteile von allen drei mitteldeutschen Clustern aufweist.

Sehr homogen zusammengesetzt sind außer den österreichischen die Populationen WOG und ERD; eine sehr heterogene Struktur zeigen die übrigen Populationen.

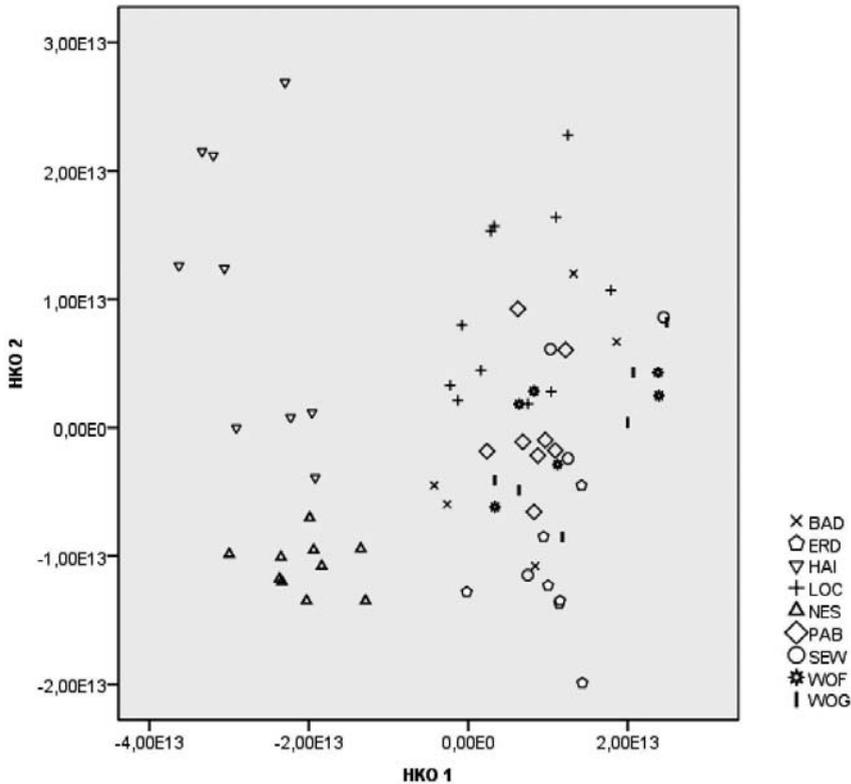


Abb. 7 Hauptkoordinatenanalyse für alle untersuchten Individuen. Die zwei Hauptkoordinaten erklären 58 % der Gesamtvariation des Datensatzes.

Fig. 7 Principal coordinates analysis for all central German and Austrian individuals. Variation explained by the principal coordinates: 58 %.

3.2.3 Genetische Variabilität

Als Parameter der genetischen Variabilität wurden der Heterozygotiegrad sowie Anzahl und Anteil polymorpher Loci bestimmt (Tab. 8). Die niedrigste genetische Variabilität wurde in der kleinsten Population SEW gefunden. Von allen mitteldeutschen Populationen hat die Population LOC die größte genetische Variabilität, von allen untersuchten Populationen die Population NES. Populationsgröße und genetische Variabilität der untersuchten Populationen sind signifikant positiv korreliert (N und Het.: $r_p = 0,72^*$; N und % p. L.: $r_p = 0,80^{**}$; N und #p.L.: $r_p = 0,82^{**}$).

4 Diskussion

Im vorliegenden Beitrag werden erstmals Daten zur Bestandsentwicklung von *M. peregrinum* im Mansfelder Seengebiet in den letzten 50 Jahren vorgestellt. Durch die seit 1979 durchgeführten Ausspflanzungen und Pflegemaßnahmen konnte der Gesamtbestand von *M. peregrinum* nicht nur stabilisiert sondern sogar vergrößert werden. Allerdings war dafür ein hoher personeller und materieller Aufwand nötig. Insgesamt wurden in 30 Jahren nachweislich 575 Pflanzen angezogen, ausgespflanz und gepflegt. Es kann davon

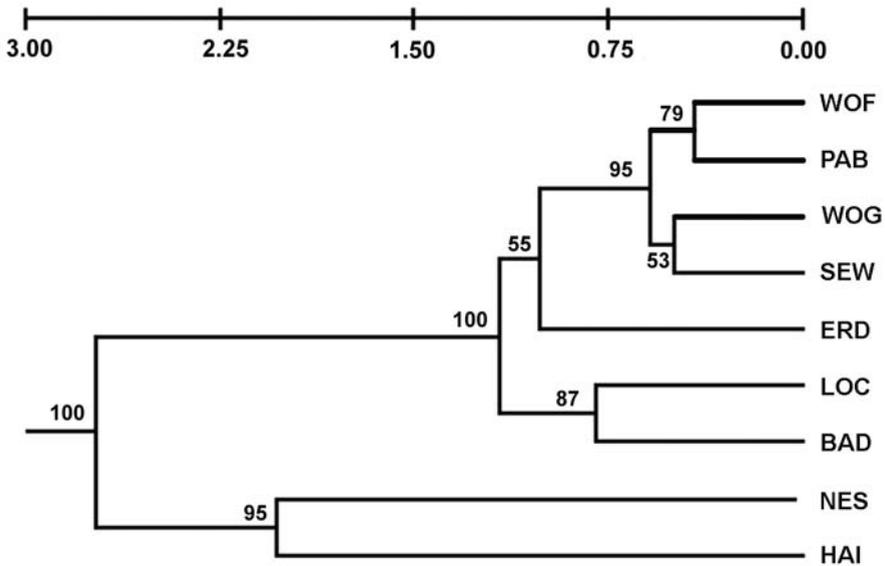


Abb. 8 UGPMA-Clusteranalyse der untersuchten Populationen, basierend auf den genetischen Distanzen nach Nei (1978). Über den Ästen sind die Bootstrapwerte (1000 Replikationen) angegeben.

Fig. 8 UGPMA cluster analyses of all populations based on the genetic distances (Nei 1978). Bootstrap values (1000 replicates) are given above the branches.

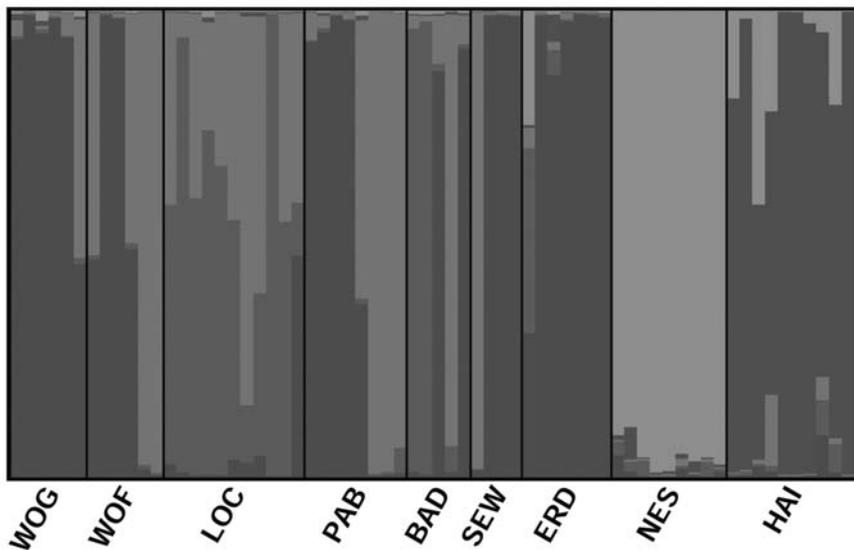


Abb. 9 Graphische Darstellung der Ergebnisse der Structure-Analyse für K = 5. Jedes Individuum wird durch einen Balken repräsentiert. Die Abkürzungen der Populationen entsprechen denen in Tab. 2.

Fig. 9 Results of Structure analysis for K = 5. Every single individual is represented by a bar. Abbreviations of populations correspond to table 2.

Tab. 8 Geographische Distanzen (in km, über der Diagonale) und paarweise F_{ST} -Werte (REYNOLDS et al. 1983, unter der Diagonale) zwischen den untersuchten Populationen und genetische Variabilität der Populationen: Anzahl untersuchter Individuen (N), Heterozygotie (Het.), Anzahl (p. L.) und Anteil (% p. L.) polymorpher Loci.

Tab. 8 Geographic distances (in km, above diagonal) and pairwise F_{ST} -values (REYNOLDS et al. 1983, below diagonal) between populations and genetic variability of populations: number of analysed individuals (N), heterozygosity (Het.), number (p. L.) and amount (% p. L.) of polymorphic loci.

| Pop. | WOG | WOF | LOC | PAB | BAD | SEW | ERD | NES | HAI | N | Het. | p. L. | % p. L. |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----|------|-------|---------|
| WOG | - | 0,57 | 0,80 | 1,17 | 1,64 | 1,18 | 3,79 | 547,04 | 535,04 | 6 | 15,9 | 57 | 41,6 |
| WOF | 0,05 | - | 0,23 | 0,61 | 1,08 | 0,66 | 3,69 | 546,58 | 534,58 | 6 | 18,2 | 66 | 48,2 |
| LOC | 0,27* | 0,14* | - | 0,41 | 0,86 | 0,47 | 3,65 | 546,40 | 534,39 | 11 | 20,4 | 78 | 56,9 |
| PAB | 0,09 | -0,04 | 0,19* | - | 0,70 | 0,54 | 3,87 | 546,25 | 534,22 | 8 | 18,5 | 66 | 48,2 |
| BAD | 0,16* | 0,05 | 0,07 | 0,04 | - | 0,47 | 3,39 | 545,57 | 533,55 | 5 | 19,8 | 69 | 50,4 |
| SEW | 0,01 | 0,03 | 0,22* | 0,02 | 0,04 | - | 3,32 | 545,93 | 533,92 | 4 | 14,0 | 50 | 36,5 |
| ERD | 0,16* | 0,21* | 0,35* | 0,20* | 0,16* | 0,07 | - | 544,03 | 532,12 | 7 | 16,7 | 62 | 42,3 |
| NES | 0,44* | 0,39* | 0,39* | 0,39* | 0,33* | 0,41* | 0,43* | - | 23,04 | 9 | 25,3 | 86 | 62,8 |
| HAI | 0,44* | 0,40* | 0,37* | 0,40* | 0,34* | 0,41* | 0,47* | 0,28* | - | 10 | 24,5 | 90 | 65,7 |

* Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$ (3024 Permutationen)

Level of significance: $p \leq 0,05$ (3024 permutations)

ausgegangen werden, dass ohne diese In-situ-Erhaltungskulturen *M. peregrinum* im Mansfelder Seengebiet ausgestorben wäre. Die Tatsache, dass von den sieben neuen Erhaltungsschutzflächen vier wieder aufgegeben werden mussten, weil trotz intensiver Betreuung keine Ansiedlung von *M. peregrinum* gelang, zeigt, dass die Wahl von geeigneten Ersatzstandorten auch bei scheinbar ähnlichen edaphischen und mikroklimatischen Verhältnissen problematisch ist. Es kann vermutet werden, dass die vor allem aufgrund des Vorkommens von *Stipa capillata* und *Festuca valesiaca* (beide Feuchtigkeitszahl 2) ausgewählten Flächen zumindest in der Etablierungsphase, in der ein regelmäßiges Gießen nicht immer gewährleistet werden konnte, für *M. peregrinum* zu trocken waren.

Wie unsere Beobachtungen zeigen, ist das größte Problem für die Erhaltung der Art ihre geringe spontane Vermehrung am Standort. Jungpflanzen konnten an den verschiedenen Stellen nur sehr selten beobachtet werden. Experimentelle Untersuchungen zum Reproduktionserfolg bei *M. peregrinum* fehlen bisher noch völlig und konnten im Rahmen dieser Arbeit auch nicht durchgeführt werden. Die von EGGERS (1897) erwähnte fehlende Bildung keimfähiger Samen bezog sich offenbar nur auf den Bastard und konnte von uns für *M. peregrinum* nicht bestätigt werden. Allerdings erfolgt der Samenansatz erst relativ spät im Jahr (etwa ab Ende August bis Mitte Oktober) und wurde deshalb in der Vergangenheit (vgl. GERLACH 1926) möglicherweise übersehen. Problematischer als der Samenansatz sind aber offenbar spontane Samenkeimung und Etablierung der Jungpflanzen, die durch offene Bodenstellen gefördert werden können. Hier könnte eine Beweidung mit ihren kleinflächig auftretenden Trittschäden durch die Schaffung von Schutzstellen eine positive Wirkung auf die Keimung und Etablierung haben.

Wie die populationsgenetischen Analysen zeigen, spiegelt die genetische Struktur der mitteldeutschen Populationen nicht ihre räumliche Struktur wider. Genetisch handelt es sich offenbar nur um drei Populationen (I: ERD, WOF und WOG, II: LOC, III: SEW, BAD, PAB), die man als Subpopulationen einer einzigen *M. peregrinum*-Metapopulation im Mansfelder Seengebiet auffassen kann. Diese Struktur ist nicht verwunderlich, da es sich bei vier der untersuchten (Sub-)Populationen um Anpflanzungen handelt und auch in den übrigen drei Populationen in den letzten 30 Jahren immer wieder Anpflanzungen vorgenommen wurden. Bemerkenswert ist jedoch, dass sich die genetische Struktur der ursprünglichen Population am locus classicus deutlich von der der anderen (Sub-)Populationen unterscheidet, obwohl die Pflanzen an den anderen Standorten zu einem wesentlichen Teil aus Samen vom Andornhang gezogen

wurden und somit eigentlich eine größere Ähnlichkeit zu erwarten gewesen wäre. Möglicherweise sind aber die Pflanzen, von denen seinerzeit die Samen gewonnen wurden, nicht mehr in der Population am locus classicus vertreten.

Unabhängig von der genetischen Struktur der Gesamtpopulation zeigt sich, dass die genetische Variabilität deutlich positiv mit der (Sub-)Populationsgröße korreliert ist: größere (Sub-)Populationen haben eine höhere genetische Variabilität als kleine. Dieser Trend ist genereller Natur und bei seltenen Arten stärker als bei häufigen und bei selbst-inkompatiblen stärker als bei selbst-kompatiblen Arten (LEIMU et al. 2006).

Da *M. peregrinum* im Gegensatz zu *M. vulgare* vormännlich blüht, wird Selbstbestäubung weitgehend verhindert. Trotzdem können, vor allem in isolierten Populationen mit einer kleinen Individuenanzahl, Inzuchtdepression und genetische Drift auftreten. Beide *Marrubium*-Arten sind insektenbestäubt, wobei Wildbienen wie bei vielen Lamiaceae die wichtigsten Bestäuber sind. Die Entfernungen zwischen den Standorten nördlich des Süßen Sees betragen zwischen 230 und 1600 m und dürften von bestäubenden Hymenopteren überwunden werden können, sodass zumindest ein sporadischer Genfluss durch Pollenübertragung möglich ist. Ein zoochorer Diasporenaustausch kann ebenso wie der Pollenaustausch aufgrund fehlender Daten nicht quantifiziert werden, dürfte aber durch Schaftrift erheblich begünstigt werden.

Um die noch vorhandene genetische Variabilität der *M. peregrinum*-Gesamtpopulation zu erhalten, muss es das Ziel von Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen (s. u.) sein,

(I) die (Sub-)Populationen in ihrer jetzigen Größe zu stabilisieren und die Bedingungen so zu verbessern, dass es im besten Fall zu einer Vergrößerung der Individuenzahlen kommt, und

(II) die (Sub-)Populationen an allen Standorten zu erhalten, um den genetischen Austausch zwischen ihnen zu erleichtern und das Aussterberisiko für die Gesamtpopulation zu verringern.

Der in der Literatur beschriebene Bastard von *M. vulgare* und *M. peregrinum* konnte weder mit der AFLP-Analyse noch mit der Sequenzanalyse des ITS II nachgewiesen werden. Zwar zeigte ein Teil der untersuchten Individuen intermediäre morphologische Merkmale zwischen beiden Arten, in der auf der genetischen Ähnlichkeit basierenden Hauptkoordinatenanalyse waren diese jedoch nicht vom *M. peregrinum*-Schwarm abgetrennt. Die Sequenzen des ITS II von *M. peregrinum* und *M. vulgare* unterscheiden sich in 8 Basen. Ein Hybrid zwischen beiden Arten sollte folglich intermediäre Merkmale aufweisen. Dies ist nicht der Fall: die ITS II Sequenzen von *M. x paniculatum* und *M. peregrinum* sind identisch. Damit kann ein aktuelles Auftreten des Hybriden in den untersuchten Populationen nahezu ausgeschlossen werden. Dies ist nicht sonderlich verwunderlich, da mit *M. vulgare* eine der Elternarten schon seit etwa 30 Jahren im Gebiet fehlt. Die letzten Nachweise von *M. vulgare* in mittelbarer Nähe des Andornhanges, am Seeweg unterhalb der Himmelshöhe (ca. 1,5 km südöstlich vom Andornhang), gehen auf das Jahr 1975 zurück (Datenbank Farn- und Blütenpflanzen Sachsen-Anhalt). In weiterer Entfernung (ca. 6,3 km südöstlich vom Andornhang) wurde die Art noch im August 1993 durch K. F. Günther (Jena, pers. Mitt.) am Südhang der Teufelsspitze (ca. 1,5 km nördl. Amsdorf, 100 m westlich der B80) nachgewiesen.

Aufgrund der zu erwartenden Bastardsterilität, die eine Fortpflanzung des Hybriden verhindert, ist ein aktuelles Auftreten des Bastards eigentlich nicht mehr möglich, es sei denn, einige der Individuen hätten eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten. Somit stellen die morphologisch noch als Hybride erkennbaren Individuen offenbar das Ergebnis mehrfach erfolgter Rückkreuzungen des Bastards mit *M. peregrinum* dar. Leider kann diese Frage nicht mit letzter Sicherheit geklärt werden, da für eine populationsgenetische Analyse Vergleichsmaterial von *M. vulgare* aus dem Gebiet nicht mehr zur Verfügung steht.

Die Frage nach dem Indigenat von *M. peregrinum* im Mitteldeutschen Trockengebiet wird bereits seit 170 Jahren diskutiert und kann auch mit unseren Daten nicht abschließend geklärt werden. Die genetische Ähnlichkeit zwischen den mitteldeutschen und den untersuchten österreichischen Populationen von *M. peregrinum* ist so gering, dass davon ausgegangen werden kann, dass die mitteldeutschen Populationen schon sehr lange vom Hauptareal isoliert sind. Eine Aussage, wann *M. peregrinum* ins Mitteldeutsche Trockengebiet eingewandert oder verschleppt worden ist, lässt sich aus den vorliegenden Daten allerdings nicht ableiten.

Bereits WALLROTH (1840) erwähnt die Möglichkeit, dass *M. peregrinum* ebenso wie *Dracocephalum moldavica* L. „als Andenken an die Wanderungen oder Gebräuche im südlichen Europa, von dort hierher zuerst verpflanzt sei“. Ähnlich sieht es EGGERS (1897): „...wahrscheinlich sind sie zur Zeit der Kreuzzüge von Bewohnern der Seedörfer, die sich an jenen Zügen beteiligten, aus Vorliebe für *Marrubium vulgare* L., welches schon seit alten Zeiten in der ganzen Umgegend unter dem Namen „Berghopfen“ häufig gegen Lungenkrankheiten angewandt wird, an hiesigen Standorten zuerst angebaut worden“. SCHULZ (1913) hält *M. peregrinum* ebenfalls nicht für indigen sondern für verwildert und nimmt als Herkunft einen Kloostergarten, wahrscheinlich den des Klosters Helfta an. Das Zisterzienserinnenkloster Helfta (gegründet 1229 in Mansfeld, seit 1258 in Helfta) hatte mit Sicherheit einen Kloostergarten, in dem Arzneipflanzen und insbesondere viele der an ätherischen Ölen reichen Vertreter der Lamiaceae kultiviert wurden. Dass sich darunter auch mindestens eine der Andornarten befand ist anzunehmen, zumal bereits der Benediktinermönch Wahlafrid Strabo im Jahr 827 in seinem Lehrgedicht über den Gartenbau („De cultura hortorum“) die Heilwirkungen von *Marrubium* beschrieb und die Pflanzen in seinem Kloostergarten der Abtei Reichenau kultivierte (STOFFLER 2000).

WEIN (1937, S. 119) betrachtet die Vorkommen von *M. peregrinum* im Mansfelder Seengebiet als ursprünglich, da *M. peregrinum* zur Zeit der ersten Erwähnung durch CORDUS (1542) in Deutschland noch nicht in Kultur gewesen sei und auch von keinem anderen Botaniker beschrieben worden war. Erst einige Jahrzehnte nach CORDUS wurde *M. peregrinum* durch den Niederländer MATTHIAS LOBEL (1570) beschrieben und der erste Nachweis als Gartenpflanze bei Joachim Camerarius in Nürnberg geht auf das Jahr 1588 zurück, sodass es nicht unwahrscheinlich ist, dass *M. peregrinum* erst vom Mansfelder Seengebiet aus in Gartenkultur genommen worden sein könnte (WEIN 1914, S. 505; WEIN 1937). Als Arten mit ähnlichem Verbreitungsmuster, die die These vom autochthonen Vorkommen von *M. peregrinum* stützen, führt WEIN (1937) *Carex secalina* und *Trifolium retusum* an. Hierher ließen sich auch andere wärme- und trockenheitsliebende Steppenpflanzen wie *Astragalus exscapus*, *Stipa capillata*, *Scabiosa ochroleuca*, *Muscari tenuiflorum*, *Salvia nemorosa*, *Euphorbia seguieriana* und *Oxytropis pilosa* stellen, die im Mitteldeutschen Trockengebiet eine Häufung ihres Vorkommens aufweisen (vgl. BENKERT et al. 1996) und hier auch die Westgrenze ihres Areals haben. Denkbar erscheint eine Einwanderung dieser Arten gegen Ende der Mittleren Wärmezeit vor etwa 7000 Jahren, als das Klima deutlich wärmer war als heute (LANG 1994). Mit dem Beginn des Ackerbaus während der Jungsteinzeit könnte sich der Andorn dann auf ruderale, warme Standorte ausgebreitet haben und war auf diesen dann in der Regel auch nur vorübergehend zu finden, während er im trocken-warmen Mansfelder Seengebiet auf tiefgründigen Lössböden offenbar geeignete Bedingungen für ein dauerhaftes Vorkommen gefunden hat. JÄGER & WERNER (2005) zählen *M. peregrinum* wie *M. vulgare* zu den Archäophyten.

Handlungsempfehlungen

Die dokumentierten Vegetationsveränderungen am klassischen Standort (LOC) in den letzten 50 Jahren, insbesondere die fortschreitende Verbuschung, aber auch die Zunahme von Ruderal- und Segetalarten in den verbliebenen kontinentalen Trocken- und Halbtrockenrasen, sind vor allem auf die fehlende extensive Schafbeweidung zurückzuführen. Hinzu kommt ein anthropogener Stickstoffeintrag durch die (zum Teil durch Agrarflieger erfolgte) Düngung der unterhalb des Andornhanges liegenden Acker- und späteren Plantagenfläche sowie die generell erhöhte Deposition atmosphärischen Stickstoffs in den letzten Jahrzehnten. Trotzdem konnte der Pflanzenbestand durch die seit 1979 durchgeführten Maßnahmen verdreifacht werden und ist seit einigen Jahren mit einer Populationsgröße um die 20 Individuen relativ stabil.

Es zeigte sich aber, dass der zukünftige Erhalt der Art an die Fortführung der Pflegemaßnahmen geknüpft ist. Am klassischen Standort sind vor allem regelmäßige Entbuschungsmaßnahmen notwendig. Empfehlenswert ist auch die Abholzung der restlichen Pflaumenbäume an der oberen Hangkante, die Quelle der Pflaumenpolykormone sind. Die ausgedehnten Gebüsch am südlichen Hangfuß sowie im westlichen und östlichen Bereich müssten vollständig gerodet werden. Anschließend sollten die gerodeten Flächen über einen Zeitraum von mindestens 3 Jahren zweimal jährlich und anschließend mindestens einmal jährlich gemäht werden. Eine kurzzeitige Beweidung, die an den Standorten Feldweg (WOF) und Pallas Berg

(PAB) bereits durchgeführt wird, wäre wahrscheinlich auch für den Andornhang (LOC) die beste Lösung, da sie die klassische Nutzungsform darstellt. Sie setzt allerdings voraus, dass die Pflanzen (zumindest vorerst) weiterhin durch Gitter geschützt werden, um den Verbiss durch Schafe zu minimieren.

Für die beiden Flächen am Seeweg (BAD und SEW) haben die bisher durchgeführten Mahden offensichtlich eine positive Wirkung und sollten fortgeführt werden. Allerdings ist es hier unbedingt notwendig, diese Maßnahmen zukünftig regelmäßig und mit unterwiesenem Personal durchzuführen. Erst vor wenigen Jahren wurden am Standort SEW von den damals noch sieben vorhandenen Pflanzen vier durch die Ablagerung von Reisig vernichtet. Aufgrund der Kleinflächigkeit kommt eine Beweidung an beiden Stellen nicht in Frage.

Die Population auf dem Erbeborner Kirchhof, die de facto inzwischen eine In-situ-Beetkultur darstellt, kann dauerhaft nur erhalten werden, wenn der drohenden genetischen Verarmung durch das gelegentliche Einbringen von Pflanzen anderer Standorte begegnet wird. Ein natürlicher Genfluss durch Pollen oder Diasporenaustausch erscheint unter den gegebenen Umständen äußerst unwahrscheinlich. Die 3,3 bis 3,9 km Entfernung (überwiegend See- und Ackerflächen) zu den übrigen Populationen dürfte durch Bestäuber aber auch durch Zoochorie der Diasporen nur in seltenen Fällen überwunden werden. Notwendig ist auch hier die kontinuierliche Fortführung der Pflegemaßnahmen.

Generell bleibt festzuhalten, dass Arten mit begrenztem lokalem Vorkommen nicht nur durch genetische Faktoren, sondern auch durch stochastische Ereignisse ein erhöhtes Aussterberisiko aufweisen. So können lokale Katastrophenereignisse (wie zum Beispiel Feuer) zum Auslöschen der ganzen Population führen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, für besonders gefährdete Arten auch Ex-situ-Erhaltungskulturen anzulegen, wie es sie von *M. peregrinum* als unterstützende Art-Erhaltungsmaßnahme seit 1979 im Botanischen Garten der Universität Halle sowie seit 2001 auch im Wildpflanzen-Schutzgarten Kapenmühle gibt (EBEL et al. 2002, EBEL & FUHRMANN 2010). So sehr solche Ex-situ-Kulturen für den kurzfristigen Erhalt von akut vom Aussterben bedrohten Arten zu begrüßen sind, sollte langfristig der Erhalt der Arten in situ erste Priorität haben. Ex-situ-Kulturen können auch bei sorgfältiger Wahl des Standortes die klimatischen und edaphischen Faktoren des Originalstandortes nur annähernd widerspiegeln. Während im BG Halle der mittlere Jahresniederschlag von 451 mm (Halle-Kröllwitz; langjähriges Mittel des Deutschen Wetterdienstes 1960–1990) noch den klimatischen Gegebenheiten am natürlichen Standort entspricht, liegt der mittlere Jahresniederschlag an der Kapenmühle mit etwa 570 mm (Dessau-Mildensee) deutlich über dem des Mansfelder Seengebietes. Die Bodenverhältnisse entsprechen weder im BG Halle noch an der Kapenmühle den tiefgründigen Lößböden, wie sie am Wormsleber Andornhang angetroffen werden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass in Topf- und Beetkultur die Konkurrenzsituation eine wesentlich andere ist als in der freien Natur.

Es ist deshalb zu befürchten, dass in einer über viele Generationen bestehenden Ex-situ-Erhaltungskultur ein an die Kulturverhältnisse sehr gut angepasster Geno- und damit Ökotyp selektiert wird, der aber unter den abiotischen und biotischen Verhältnissen des natürlichen Standortes nicht mehr bestehen könnte. Damit wäre der langfristige Arterhalt letztendlich nur noch in Kultur möglich.

Die generelle Gefahr der Bastardierung in Erhaltungskulturen von Botanischen Gärten besteht auch bei *M. peregrinum*, von dem ein Bastard mit *M. vulgare* in der Literatur beschrieben worden ist. Auch wenn die genetischen Analysen im Rahmen dieser Arbeit keinen Hinweis auf die Existenz eines (rezenten) Bastards in der Population am natürlichen Standort geben, sollte in der Erhaltungskultur weiterhin auf eine strenge Isolation von *M. vulgare* geachtet werden. Für weitere Entnahmen von Samen oder Stecklingen vom locus classicus kann aber nach derzeitigem Erkenntnisstand davon ausgegangen werden, dass es sich um „reinen“ *M. peregrinum* handelt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass trotz aller Probleme die Ex-situ-Erhaltungskulturen zusätzlich zu den In-situ-Maßnahmen unterstützend fortgeführt werden sollten. Das Hauptaugenmerk muss jedoch auch zukünftig auf den vorgeschlagenen in-situ Maßnahmen an den verbliebenen sechs Standorten liegen. Ohne regelmäßige Pflegemaßnahmen kann der Wander-Andorn im Mansfelder Seengebiet nicht erhalten werden!

5 Zusammenfassung

BAUMBACH, H.; LÜHNE, E.; VOLKMANN, H. K. M.: Die Situation des Wander-Andorns (*Marrubium peregrinum* L.) im Mansfelder Seengebiet – ein Beitrag zur Bedeutung von In-situ-Erhaltungskulturen. – *Hercynia* N. F. **43** (2010): 85–118.

Der Wander-Andorn, *Marrubium peregrinum* L. (Lamiaceae), der im Mansfelder Seengebiet seit 1542 nachgewiesen ist, gehört zu den seltenen und vom Aussterben bedrohten Arten der heimischen Flora. Die einzigen rezenten Vorkommen befinden sich auf tiefgründigen Lößböden an den Trockenhängen bei Wormsleben am Nordwestrand des Süßen Sees und auf dem alten Kirchhof in Erdeborn (Sachsen-Anhalt) im Mitteldeutschen Trockengebiet. Seit der ersten wissenschaftlichen Untersuchung im Jahr 1956 bis in die Mitte der 1970er Jahre war ein starker Bestandsrückgang der Population am locus classicus bei Wormsleben zu verzeichnen, der hauptsächlich auf zunehmende Verbuschung der ruderalisierten Halbtrocken- und Trockenrasen infolge der aufgegebenen Schafbeweidung zurückzuführen ist. Seit 1979 wird versucht, die Art durch In-situ-Erhaltungskulturen und begleitende Pflegemaßnahmen nachhaltig zu stabilisieren. Insgesamt wurden von 1979 bis 2002 575 Pflanzen von *Marrubium peregrinum* aufgezogen und auf sogenannten Erhaltungsschutzflächen, an den drei natürlichen Standorten und auf dem Kirchhof in Erdeborn ausgepflanzt. Von den sieben neu angelegten Erhaltungsschutzflächen mussten drei nach vier bzw. fünf Jahren und eine nach 13 Jahren wieder aufgegeben werden. Trotzdem konnte der Gesamtbestand von 24 Pflanzen im Jahr 1979 auf 59 im Jahr 2009 erhöht werden, womit hinsichtlich der Individuenanzahl wieder die Situation von 1956 erreicht ist.

Der beschriebene Bastard (*M. x paniculatum*) von *M. peregrinum* und *M. vulgare* konnte weder durch die AFLP-Analyse noch durch eine Sequenzanalyse des *internal transcribed spacers* (ITS) II nachgewiesen werden. In der ITS II-Sequenz treten neun variable Positionen auf, von denen sieben *Marrubium vulgare* und *M. peregrinum* trennen. *M. peregrinum* und *M. x paniculatum* sind anhand der ITS II-Sequenz voneinander nicht zu unterscheiden.

Von den sieben mitteldeutschen und zwei österreichischen Populationen wurden die genetische Variabilität und die Struktur mit einer AFLP-Analyse untersucht. Bedingt durch die Verpflanzungen handelt es sich im Mansfelder Seengebiet genetisch offenbar nur um drei Populationen, die man als Subpopulationen einer einzigen *Marrubium peregrinum*-Metapopulation auffassen kann. Die genetische Distanz zwischen den österreichischen und den mitteldeutschen Populationen ist so groß, dass davon ausgegangen werden kann, dass letztere schon sehr lange vom Hauptareal isoliert sind. Eine Aussage, wann *M. peregrinum* ins Mitteldeutsche Trockengebiet eingewandert oder verschleppt worden ist, lässt sich aus unseren Daten allerdings nicht ableiten.

6 Danksagung

Für Hinweise zu den Erhaltungskulturen im Botanischen Garten Halle und im Wildpflanzenschutzgarten Kapenmühle danken wir Herrn Dr. F. Ebel. Die Digitalisierung der Vegetationskarten unterstützte Rosemarie Stimper (Jena). Herr Thomas Englisch (Wien) sammelte das Material der österreichischen Populationen. Für Anregungen, Hinweise, Diskussionsbeiträge oder die Bereitstellung von Daten danken wir weiterhin Dr. D. Frank, Kathrin Hünig, Dr. H. John, Prof. Dr. R. Schubert, Dr. E. Welk (alle Halle/S.), Dr. H. Dietrich, Dr. H. Manitz und Dr. K. F. Günther (alle Jena).

7 Literatur

- BAUMBACH, H. (2005): Genetische Differenzierung mitteleuropäischer Schwermetallsippen von *Silene vulgaris*, *Miuartia verna* und *Armeria maritima* unter Berücksichtigung biogeographischer, montanhistorischer und physiologischer Aspekte. – Diss. Bot. **398**, Cramer, Stuttgart.
- BENKERT, D.; FUKAREK, F.; KORSCH, H. (1996): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. – Gustav Fischer Verlag, Jena.

- BUXBAUM, J. C. (1721): Enumeratio plantarum accuratio in agro Hallensi locisque vicinis crescentium. - Halae.
- CORDUS, V. (1561): Historiae plantarum libri IV. (Hrsg. von C. GESNER). - Argentorati.
- CULLEN, J. (1972): *Marrubium* L. In: TUTIN et al.: Flora Europaea. Volume III. Diapensiaceae to Myoporaceae. - Cambridge University Press, Cambridge: 137–138.
- EBEL, F. (1979): Die Bedeutung der Botanischen Gärten für Landeskultur und Naturschutz. Mitteilungen aus dem Botanischen Garten der Sektion Biowissenschaften Halle, Nr. 40. - Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-nat. Reihe **28**: 95–105.
- EBEL, F.; FUHRMANN, H.-G. (2010): Dokumentation der in Erhaltungskultur genommenen bzw. an einen naturnahen Standort ausgebrachten Pflanzensippen. - Schlechtendalia **20**: 21–55.
- EBEL, F.; RAUSCHERT, S. (1982). Die Bedeutung der Botanischen Gärten für die Erhaltung gefährdeter und vom Aussterben bedrohter heimischer Pflanzenarten. - Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. (Berlin) **22** (3): 187–199.
- EBEL, F.; FUHRMANN, H.-G.; JAHN, T.; KÜMMEL, F.; PANNACH, H. (2002): Schutzgärten-„Intensivstationen“ für vom Aussterben bedrohte Arten. - Naturschutz im Land Sachsen-Anh. **39** (1): 23–28.
- EGGERS, H. (1897): Zur Flora des früheren Salzsees, des jetzigen Seebeckens und des süßen Sees in der Provinz Sachsen. - Allg. Bot. Zeitschrift **3**: 51–52, 67–68, 83–84, 97–99, 125–126, 141–142, 191–193.
- EGGERS, H. (1898): Verzeichnis der in der Umgebung von Eisleben beobachteten wildwachsenden Gefäßpflanzenarten. 2. verb. Aufl. - Verlag von Max Gräfenhan's Buchhandlung, Eisleben.
- EGGERS, H. (1901): Nachtrag zu meinem Pflanzenverzeichnis. - Allg. Bot. Zeitschrift **6**: 185–187.
- EGGERS, H. (1902): Nachtrag zu meinem Pflanzenverzeichnis. - Allg. Bot. Zeitschrift **7**: 8–9, 26–28, 60–63, 80–81.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobot. **18**.
- ENGLER, A. (1931): Die Pflanzenwelt im Mansfelder Seengebiet. - Mein Mansfelder Land **7** (19): 145–147, (20): 157–160, (21): 161–165, (22): 169–172, (23): 177–181, (24): 185–187.
- FALUSH, D.; STEPHENS, M.; PRITCHARD, J. K. (2007): Inference of population structure using multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. - Mol. Ecol. Notes **7**: 574–578.
- FRAHM, J.-P.; FREY, W. (2004): Moosflora. 4. neubearb. Auflage. - Ulmer, Stuttgart.
- FRANK, D.; HERDAM, H.; JAGE, H.; JOHN, H.; KISON, H.-U.; KORSCH, H.; STOLLE, J. (2004): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) des Landes Sachsen-Anhalt. - Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anh. **39**: 91–110.
- GARCKE, A. (1848): Flora von Halle. 1. Teil: Phanerogamen. - Anton-Verlag, Halle.
- GARCKE, A. (1885): Flora von Deutschland. 15. Aufl. - Verlag von Paul Parey, Berlin.
- GERLACH, H. (1926): Zwei seltene Gestalten unserer heimischen Pflanzenwelt: Löwenschwanz und Kretischer Andorn. - Mein Mansfelder Land **18**: 126–128.
- HALLIER, E. (1884): Floristische Beobachtungen in der Umgegend von Halle an der Saale und im Mansfelder Seekreis. - Dt. Bot. Monatsschrift **2** (12): 187–189
- HALLIER, E. (1885a): Floristische Beobachtungen in der Umgegend von Halle an der Saale und im Mansfelder Seekreis. - Dt. bot. Monatsschrift **3** (1/2): 15–19, (4/5): 63–66.
- HALLIER, E. (1885b): Neue Untersuchungen am Standort des *Marrubium peregrinum* L. - Dt. bot. Monatsschrift **3** (7/8): 113–114.
- HOFFMANN, G. F. (1791): Deutschlands Flora oder Botanisches Taschenbuch für das Jahr 1791. - Verlag von J. J. Palm, Erlangen.
- JÄGER, E. J.; WERNER, K. [Hrsg.] (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Kritischer Band. 10. bearb. Aufl.. - Spektrum, Heidelberg.
- KESSLER, H. F. (1870): Das älteste und erste Herbarium Deutschlands im Jahre 1592 von Dr. Caspar Ratzenberger angelegt. - Kassel.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. - Gustav Fischer Verlag, Jena.
- LEIMU, R.; MUTIKAINEN, P.; KORICHEVA, J.; FISCHER, M. (2006): How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? - J. Ecol. **94**: 942–952.
- LEYSER, F. W. (1761): Flora Halensis. - Halae Salicae.
- LUDWIG, G.; SCHNITTLER, M. (1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. - Schr.-R. für Veg. kde **28**.
- LÜHNE, E. (1957): Die Vegetationsverhältnisse an einem Steppenheidehang bei Wormsleben im Mansfelder Seengebiet. Examensarbeit. - Halle.
- MEUSEL, H.; JÄGER, E.; RAUSCHERT, S.; WEINERT, E. (1978): Vergleichende Chorologie der zentral-europäischen Flora. Text Band II & Karten Band II. - Gustav Fischer Verlag, Jena.
- NEI, M. (1978): Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. - Genetics **89**: 583–590.
- PETZOLD, W. (1885): Bemerkungen zur Flora der Mansfelder Seen. - Dt. Bot. Monatsschrift **3** (6): 87–88.

- PRITCHARD J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. (2000): Inference of population structure using multilocus genotype data. – *Genetics* **155**: 945–959.
- REYNOLDS, J.; WEIR, B. S.; COCKERHAM, C. C. (1983): Estimation for the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance. – *Genetics* **105**: 767–779.
- ROGERS, S. O.; BENDICH, A. J. (1987): Ribosomal RNA genes in plants: variability in copy number and in the intergenic spacer. – *Pl. Mol. Biol.* **9**: 509–520.
- RUPP, H. B. (1726): *Flora Ienenis sive enumeratio plantarum, tam sponte circa Ienam.* – Francofurti et Lipsiae.
- SCHÖNHEIT, F. C. H. (1850): *Taschenbuch der Flora Thüringens.* – Verlag von L. Renovanz, Rudolstadt.
- SCHUBERT, R. (2001): *Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts.* – Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt, Sonderheft **2**.
- SCHULZ, A. (1913): Über das Vorkommen von *Marrubium creticum* Mill. und *M. creticum* Mill. x *vulgare* L. in der Grafschaft Mansfeld im 16. Jahrhundert. – *Mitt. Thüring. Bot. Ver. N. F.* **30**: 65–68.
- SPRENGEL, C. (1806): *Florae Halensis tentamen novum.* – Verlag von C. A. Kümmel, Halae.
- STOFFLER, H.-D. (2000): *Der Hortulus des Walahfrid Strabo.* – Thorbecke Verlag, Stuttgart.
- VOLKMANN, H. K. M. (2001): Die Pflanzen der ehemaligen Weinberge zwischen Eisleben und Seeburg. Eine historische Betrachtung. – *Neue Mansfelder Heimatblätter* **10** (9): 44–60.
- VOLKMANN, H. K. M. (2002): Ein Kleinod in Erbeborn und sein Schicksal. – *Amtsblatt der Verwaltungsgemeinschaft „Seegebiet Mansfelder Land“*, Nr. 9/2002: 15–17.
- VOS, P.; HOGERS, R.; BLEEKER, M.; REIJANS, M.; VAN DE LEE, T.; HORNES, M.; FRUITERS, A.; POT, J.; PELEMAN, J.; KUIPER, M.; ZABENAU, M. (1995): AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. – *Nucleic Acids Res.* **23**: 4407–4414.
- WALLROTH, F. W. (1840): Scholion zu Hampe's *Prodromus Flora Hercyniae.* Ein Sendschreiben an den Apotheker Herrn Ernst Hampe zu Blankenburg. – *Linnaea* **14**: 1–158 und 529–704.
- WEIN, K. (1914): Deutschlands Gartenpflanzen um die Mitte des 16. Jahrhunderts. – *Beih. Botan. Centralblatt* **31**: 463–555.
- WEIN, K. (1937): Die Pflanzendecke des Mansfelder Landes. – *Mein Mansfelder Land* **12** (14): 106–112, (15): 113–120, (16): 121–128, (17): 129–130.
- WRIGHT, S. (1978): *Evolution and the genetics of populations. Vol. IV – Variability within and among natural populations.* – The University of Chicago Press, Chicago.
- WÜNSCHMANN, K. (1939). Hinterlassener Nachtrag zu H. Eggers Verzeichnis der in der Umgebung von Eisleben wildwachsenden Pflanzen. In: *Beiträge zur Kenntnis der Flora Mitteldeutschlands.* – *Hercynia* **1** (3): 475–488.
- ZAHN, G. (1901): Das Herbar des Dr. Caspar Ratzenberger (1598) in der Herzoglichen Bibliothek zu Gotha. – *Mitt. Thüring. Bot. Ver. N. F.* **16**: 50–121.

Software

- BIostatistics INC. (2002): NTSYSpc ver. 2.11a.
- HALL, T. A. (1999): BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.* **41**: 95–98.
- LI-COR INC. (1999): e-Seq. Version 2.0
- LI-COR INC. (2001): Saga Generation 2.
- MILLER, M. (1997): Tools for population genetic analysis (TFPGA) 1.3: A windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data.
- ROSENBERG, N. (2004): DISTRUCT: a program for the graphical display of population structure. – *Molecular Ecology Notes* **4**: 137–138.
- SCHNEIDER, S.; ROESSLI, D.; EXCOFFIER, L. (2000): Arlequin ver. 2.000. University of Geneva.

Manuskript angenommen: 10. Mai 2010

Anschrift der Autoren:

Dr. Henryk Baumbach

Institut für Spezielle Botanik, Herbarium Haussknecht und Botanischer Garten,
Friedrich-Schiller-Universität, Philosophenweg 16, 07743 Jena

Erhard Lühne

Unterrißdorfer Straße 8, 06317 Wormsleben

Dr. Horst K. M. Volkmann

Bucherstraße 2, 06295 Lutherstadt Eisleben

Anhang:

Tab. 3 Trocken- und Halbtrockenrasen, xerotherme Distel- und Segetalgesellschaften am Andornhang bei Wormsleben im Jahr 1956.

Tab. 3 Dry- and semi-dry meadows, xerothermous Thistle- and Segetal-communities at the *Marrubium* slope near Wormsleben in 1956.

| Aufnahme-Nr. | Festuco valesiacae-Stipetum capillatae | | Festuco rupicolae-Brachypodium pinnatii | | | | | | Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis | | | Eu.-Sil.* |
|--------------------------------|--|----|---|----|----|----|----|----|--|----|-----|-----------|
| | 5 | 3 | 9 | 10 | 7 | 11 | 1 | 4 | 2 | 8 | 12 | |
| Fläche (m ²) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Lage ^a | O | M | O | O | M | M | U | U | M | U | U | O |
| Exposition | S | S | S | S | S | S | U | S | S | S | S | S |
| Inklination (°) | 35 | 35 | 28 | 28 | 28 | 33 | 35 | 35 | 33 | 35 | 35 | 28 |
| Deckungsgrad (%) | 75 | 70 | 75 | 80 | 65 | 65 | 95 | 60 | 95 | 95 | 95 | 40 |
| Artenanzahl | 21 | 29 | 23 | 24 | 17 | 25 | 24 | 20 | 36 | 37 | 18 | 20 |
| Festuco-Brometea | | | | | | | | | | | | |
| <i>Festuca rupicola</i> | r | . | 3 | 2 | 3 | 3 | . | 1 | r | . | . | . |
| <i>Eryngium campestre</i> | + | r | 1 | + | + | + | r | + | 1 | . | + | r |
| <i>Achillea pannonica</i> | + | 1 | 1 | r | + | 2 | . | r | 2 | + | 2 | . |
| <i>Salvia nemorosa</i> | r | 2 | r | r | + | r | r | 2 | 2 | + | . | . |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | 1 | 2 | 2 | . | 3 | 2 | + | + | 2 | + | . | . |
| <i>Bromus inermis</i> | 1 | 3 | . | + | 3 | . | . | 1 | 4 | 4 | . | . |
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> | r | r | + | . | r | r | . | + | + | . | . | . |
| <i>Bothriochloa ischaemum</i> | + | . | 4 | 4 | + | 3 | . | . | . | . | + | . |
| <i>Galium verum</i> | r | . | + | + | + | . | + | . | . | . | + | . |
| <i>Salvia pratensis</i> | . | . | + | r | . | + | r | + | r | . | . | . |
| <i>Centaurea stoebe</i> | . | r | . | . | . | 2 | . | r | r | r | . | . |
| <i>Koeleria macrantha</i> | r | . | r | 1 | + | + | . | . | . | . | . | . |
| <i>Hypericum perforatum</i> | r | r | . | . | . | . | r | . | 2 | r | . | . |
| <i>Poa angustifolia</i> | . | . | . | . | . | . | 1 | r | + | 3 | + | . |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i> | . | + | r | . | + | r | . | . | . | . | . | . |
| <i>Asperula cynanchica</i> | r | . | + | . | . | r | . | . | . | . | . | . |
| <i>Echium vulgare</i> | . | . | r | . | . | r | . | . | + | . | . | . |
| <i>Falcaria vulgaris</i> | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | (+) | . |
| <i>Erigeron acris</i> | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Acinos arvensis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Artemisia campestris</i> | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . |
| <i>Asparagus officinalis</i> | . | . | + | r | . | r | . | . | . | . | . | r |
| <i>Thymus pulegioides</i> | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . |
| Festucetalia valesiacae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Festuca valesiaca</i> | 4 | 2 | + | . | . | + | . | . | . | . | . | . |
| <i>Potentilla cinerea</i> | . | 2 | r | + | + | 1 | . | . | . | . | . | . |
| Festucion valesiacae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Euphorbia seguieriana</i> | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | + | + | r | . | . | . | . |
| <i>Trifolium campestre</i> | + | + | + | + | + | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Erysimum crepidifolium</i> | + | 1 | + | . | . | r | . | . | . | . | . | . |
| <i>Marrubium peregrinum</i> | 2 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | 1 | r |
| <i>Melica transsilvanica</i> | . | + | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . |
| <i>Elytrigia intermedia</i> | + | + | . | 1 | . | . | 2 | . | . | . | . | . |
| <i>Galium glaucum</i> | . | . | . | r | . | r | . | . | . | . | . | . |

| Aufnahme-Nr. | Festuco valesiacae-Stipetum capillatae | | Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnatii | | | | | Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis | | | Eu.-Sil.* | |
|---|--|---|---|----|---|----|---|--|---|---|-----------|-----|
| | 5 | 3 | 9 | 10 | 7 | 11 | 1 | 4 | 2 | 8 | | 12 |
| <i>Stipa capillata</i> | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Cirsio-Brachypodion | | | | | | | | | | | | |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | r | . | r | . | r | r | 3 | + | r | 3 | 2 | . |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> | . | . | . | . | . | . | 2 | 5 | . | . | 2 | . |
| <i>Bupleurum falcatum</i> | . | . | . | + | . | . | . | 1 | . | + | . | . |
| <i>Inula conyzae</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | r | . |
| <i>Fragaria viridis</i> | . | . | . | l | . | . | 2 | . | . | . | . | . |
| <i>Plantago media</i> | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . |
| <i>Tragopogon dubius</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . |
| <i>Verbena officinalis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . |
| Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis | | | | | | | | | | | | |
| <i>Stachys germanica</i> | r | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | 2 | . |
| <i>Cynoglossum officinale</i> | . | r | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| Sisymbrietea officinalis | | | | | | | | | | | | |
| <i>Conyza canadensis</i> | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Lappula squarrosa</i> | . | . | . | . | . | . | r | . | l | . | . | . |
| <i>Cichorium intybus</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>Lactuca serriola</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . |
| Artemisietea vulgaris | | | | | | | | | | | | |
| <i>Elytrigia repens</i> | . | + | + | . | . | . | + | . | + | + | . | + |
| <i>Ballota nigra</i> | . | . | . | r | . | . | . | . | + | r | r | . |
| <i>Erodium cicutarium</i> | r | + | . | . | . | . | . | . | l | . | . | . |
| <i>Nonea erecta</i> | . | l | . | r | . | . | . | . | l | . | . | . |
| <i>Reseda luteola</i> | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | 2 |
| <i>Cuscuta europaea</i> | . | . | . | . | . | . | + | . | + | . | . | . |
| <i>Dactylis glomerata</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | . |
| <i>Geranium columbinum</i> | . | . | . | . | . | . | r | . | r | . | . | . |
| <i>Potentilla reptans</i> | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . |
| <i>Allium scorodoprasum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . |
| <i>Arctium lappa</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . |
| <i>Marrubium x paniculatum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . |
| Stellarietea mediae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | . | r | + | . | r | + | . | r | . | r | . | + |
| <i>Cirsium arvense</i> | . | + | . | . | . | . | . | r | 3 | r | . | . |
| <i>Polygonum aviculare</i> | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | + | r |
| <i>Papaver rhoeas</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | r |
| <i>Solanum nigrum</i> | . | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . | r |
| <i>Anagallis arvensis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | r |
| <i>Anagallis foemina</i> | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | r |
| <i>Caucalis platycarpos</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | (r) |
| <i>Consolida regalis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | r |
| <i>Galium spurium</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | r |
| <i>Lathyrus tuberosus</i> | . | . | . | . | . | . | 3 | . | . | + | . | . |
| <i>Nigella arvensis</i> | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Setaria viridis</i> | . | l | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r |
| <i>Torilis japonica</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . |

| Aufnahme-Nr. | Festuco valesiacae-Stipetum capillatae | | Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnatii | | | | | | Stachyo germanicae-Carduetum acanthoidis | | | Eu.-Sil.* |
|--------------------------------|--|---|---|----|---|----|-----|---|--|-----|----|-----------|
| | 5 | 3 | 9 | 10 | 7 | 11 | 1 | 4 | 2 | 8 | 12 | |
| <i>Viola arvensis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + |
| <i>Ajuga chamaepytis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 |
| <i>Atriplex sagittata</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . |
| <i>Campanula rapunculoides</i> | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Erodium cicutarium</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r |
| <i>Sonchus oleraceus</i> | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . |
| <i>Stellaria media</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Thlaspi arvense</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r |
| <i>Torilis arvensis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>Vicia angustifolia</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| Moose | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tortula muralis</i> | . | + | . | . | r | + | . | . | + | r | . | . |
| <i>Abietinella abietina</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | . |
| <i>Ctenidium molluscum</i> | . | . | r | . | . | . | . | . | . | r | . | . |
| Sträucher | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rosa canina</i> (juv.) | . | r | . | . | . | + | (+) | + | r | (3) | . | . |
| <i>Lycium barbarum</i> | . | . | . | r | . | . | r | . | . | . | . | . |
| <i>Prunus domestica</i> | . | . | . | r | . | . | 1 | . | . | . | . | . |
| <i>Rubus fruticosus</i> | . | . | . | . | . | . | 3 | 2 | . | . | . | . |

* Euphorbio exiguae-Silenetum noctiflorae

| Aufnahme-Nr. | verbuschende Trocken- und Halbtrockenrasen | | | | | | | | Lycietum barbarei | | | | | | | | Prunus domestica-Gesellschaft | | | | | | | | Prunetalia spinosae | | | | | | | |
|---------------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|---|---|---|---|---|----|----|-------------------------------|----|---|---|---|----|----|----|---------------------|----|----|--|--|--|--|--|
| | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 41 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 6 | 13 | 14 | 15 | 16 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 17 | 18 | 19 | | | | | |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> | . | 2 | r | + | + | r | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | 1 | 2 | + | 1 | r | 2 | 3 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | 1 | 2 | 2 | . | . | | | | | | |
| <i>Inula conyzae</i> | r | + | . | r | + | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | + | . | . | . | | | | | | |
| <i>Ononis repens</i> | + | 1 | 2 | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Bupleurum falcatum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | r | 1 | 1 | . | . | | | | | | |
| <i>Fragaria viridis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 3 | 1 | . | 1 | . | . | . | | | | | | |
| <i>Ranunculus bulbosus</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | r | . | | | | | | |
| <i>Plantago media</i> | + | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | r | . | | | | | | |
| <i>Picris hieracioides</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| Molinio-Arrhenatheretea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | + | + | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Hieracium sabaudum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | r | + | + | . | . | . | . | . | r | r | . | . | | | | | | |
| <i>Poa trivialis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 3 | 1 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Bellis perennis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Galium album</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Lathyrus pratensis</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Vicia angustifolia</i> | . | . | . | . | . | . | . | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| Sisymbrietea officinalis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Bromus sterilis</i> | . | . | . | r | 1 | 2 | . | . | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | r | 1 | r | 3 | 1 | 3 | r | . | 1 | + | r | 1 | | | | | |
| <i>Sisymbrium loeseli</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Lappula squarrosa</i> | . | . | . | . | . | . | . | r | r | . | r | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Atriplex sagittata</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Bromus hordeaceus</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Erodium cicutarium</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| <i>Bromus tectorum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | |
| Artemisietea vulgaris | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Geum urbanum</i> | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | . | + | r | 1 | 3 | 2 | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | | | | | | |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> | . | . | . | . | . | . | . | r | . | + | 1 | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | + | 1 | + | 2 | + | 1 | + | . | r | . | | | | | |
| <i>Elytrigia repens</i> | . | . | . | . | . | . | r | 1 | 2 | + | 1 | + | r | 3 | . | . | . | . | . | + | 1 | + | r | 3 | 1 | . | . | | | | | |
| <i>Geranium robertianum</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | 1 | + | + | . | r | 1 | . | . | . | . | . | r | | | | | |
| <i>Glechoma hederacea</i> | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | r | r | + | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | . | | | | | |

