

## Erfolgskontrollen der Renaturierungsmaßnahmen auf der Brockenkuppe im Nationalpark Harz

Christina HÜNIG, Sabine TISCHEW und Gunter KARSTE

10 Abbildungen und 3 Tabellen

### Abstract

HÜNIG, C.; TISCHEW S.; KARSTE, G.: Evaluation of restoration measures on top of the mountain Brocken in the Harz National Park. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 201-217.

Since 1990 great efforts have been done to restore the former military area on top of the mountain Brocken into the Harz National Park. The restoration measures aimed to establish mosaics of the former natural vegetation with subalpine *Calluna*-heathland and meadow vegetation as well as to support endangered plant species like *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*. Moreover, effective management to control the increasing dominance of grasses (e.g. *Calamagrostis villosa*) caused by a tremendous input of atmospheric nitrogen should be developed. Since 1991 small-scale heathland restoration experiments were performed using two different methods (sod cutting in different depths and mowing). In the same year deconstruction of the military infrastructure has been started and experiments with application of different substrates have been executed to counteract effects of the soil sealing. On half of the plots seeding of target species was performed.

Important results of the heathland restoration measures were that (1) continuous mowing successfully reduced the dominance of *Calamagrostis villosa*, (2) only complete removal of the duff supported the rejuvenation of *Calluna vulgaris* and of other target species as well as it restricted the re-colonization of *Calamagrostis villosa*, (3) adjacent vegetation strongly influenced the colonization of the areas where sod cutting took place, and (4) re-colonization of these areas was accelerated by seeding of target species. The small-scale experiments after deconstruction of the military infrastructure showed best results after application of granite gravel and seeding target species. However, *Calluna vulgaris* very slowly developed full-grown individuals in the course of all experiments caused by the unfavourable conditions on top of the mountain Brocken.

In 1996 large-scale destruction of the military infrastructure was finished and granite gravel and granite rocks were put on the surface. Vegetation development was continuously monitored on permanent plots subsequently. Accordingly to the goals of the National Park Harz vegetation developed spontaneously. In some parts of that area subalpine heathlands emerged, but large parts were colonized by *Deschampsia cespitosa*. Therefore these restoration areas should be necessarily monitored for the next years.

Overall the sum of the restoration measures led to an increasing number of *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* individuals on top of the Brocken. To stabilize that positive trend in population dynamics the management and restoration of the subalpine heathland communities on the Brocken must be continued. At the moment deep sod cutting and planting of *Calluna vulgaris*- and *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-individuals are performed as well as mowing of the grass-dominated heathlands on 25% of the area on top of the Brocken. Without these measures endangered and poor competitive species such as *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* would be seriously endangered because there is no evidence that the input of atmospheric nitrogen will decrease noticeably in the future.

*Key words:* Mountain Brocken, restoration, subalpine *Calluna*-heathland, subalpine meadow vegetation, *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*

## 1 Einleitung

Der Brocken im Harz stellt im Bereich der deutschen Mittelgebirge eine ökologische Besonderheit dar. Im Gegensatz zu anderen Bergen im deutschen Mittelgebirgsraum verhindert die permanente Belastung durch Wind und Stürme das Entstehen eines geschlossenen Waldes auf dem Brockenplateau. Zudem ist die Hauptvegetationszeit stark verkürzt und beträgt auf dem Brocken nur ca. 95 Tage (KARSTE et al. 2006). Im Bereich der Waldgrenze können sich nur noch Blockfichtenbestände und subalpine Offenwälder etablieren (DAMM 1993). Oberhalb der Waldgrenze kommen auf den weniger anthropogen beeinträchtigten Flächen des Brockenplateaus subalpine Heiden vor. Neben dem relativ seltenen *Anemone micranthae-Callunetum* SCHUB. 1960 emend. SCHUB. 1995 sind das *Vaccinio-Callunetum* BÜK. 1942 emend. SCHUB. 1995 und das relativ häufige *Calamagrostio villosae-Vaccinietum* SCHUB. 1960 vertreten (vgl. KARSTE et al. 2006). *Calluna vulgaris* (L.) HULL besiedelt dabei vorrangig Rohböden auf dem Plateau. Die Standorte sind meist sehr flachgründig, im Sommer zeitweilig austrocknend und liegen im Bereich von Granitblöcken. In diesen natürlichen Zwergstrauchheiden entwickeln sich besonders gefährdete Arten wie die Brocken-Anemone (*Pulsatilla alpina* (L.) DELARBRE subsp. *alba* (RCHB.) ZÄMELIS et PAEGLE). Zu den bedrohten Arten zählen auch *Hieracium alpinum* L., *Hieracium nigrescens* WILLD. und *Cladonia bellidiflora*. Andere vorkommende Gesellschaften wie Grasflächen mit *Nardus stricta* und Hochstaudenfluren gliedern sich kleinflächig mosaikartig ein (KARSTE & SCHUBERT 1997).

Im Zuge der Grenzpolitik der DDR wurde 1961 das Betreten des Brockens durch das Militär verboten. Aufgrund der militärischen Nutzung kam es zur weiträumigen Vernichtung der Vegetation, da in großem Umfang Beton und Kalkschotter zur Errichtung von Bauwerken und zur Versiegelung großer Bereiche ausgebracht wurden. Unmittelbar nach der Grenzöffnung 1989 konnte durch schnelles Handeln einzelner Naturschützer das Brockenplateau zur Nationalparkfläche erklärt werden (WEGENER & KARSTE 1999).

Mit der Gründung des Nationalparks Hochharz 1990 wurde die Grundlage für die Entfernung und den Rückbau der überflüssig gewordenen Gebäude und Versiegelungen geschaffen. Im gleichen Jahr wurden auf vorerst kleinen Flächen im Erweiterungsteil des, bereits seit 1890 bestehenden, Brockengartens (EBEL et al. 1999) die ersten Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt, die von Beginn an durch die Anlage von Dauerbeobachtungsflächen wissenschaftlich betreut wurden. Auf diesen Flächen wurden unterschiedliche Varianten der Standortvorbereitung, teilweise kombiniert mit Einsaaten, erprobt. 1994 begann die Beseitigung der großflächigen Versiegelungen, um Voraussetzungen zu schaffen, wieder einen naturnahen Zustand auf dem Brockenplateau zu erreichen. Auf diesen Flächen wurde anschließend Granitgrus und Granitfelsen aufgebracht. Seit 1997 werden auch hier Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt. Das Ziel der Renaturierung auf diesen Flächen war es, Voraussetzungen für die Ausbildung verschiedener standorttypischer Pflanzengesellschaften oberhalb der Waldgrenze auf den anthropogen stark überformten Flächen zu schaffen. Die gesamte Brockenkuppe liegt in der Nutzungszone des Nationalparks und alle mit Vegetation bedeckten Flächen gehören zum Pflegebereich innerhalb dieser. Obwohl prinzipiell möglich, sollte nach der Schaffung geeigneter Standortbedingungen aber kein weiteres Management der Vegetation vorgenommen werden (KARSTE 1997). Zudem war es ein Ziel, Standorte für die vom Aussterben bedrohten Arten (z. B. *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* und *Hieracium nigrescens* subsp. *bructerum*) zu schaffen, die durch die Zunahme einiger Gräser (vorrangig *Calamagrostis villosa*, *Deschampsia cespitosa* und *Deschampsia flexuosa*) zunehmend an Lebensraum auf dem Brockenplateau verloren hatten.

Im Gegensatz zu diesen großflächigen Renaturierungsflächen sollten in kleineren Bereichen des Brockenplateaus im Bereich der Pflegezone durch ein geeignetes Management gezielt Bergheidegesellschaften erhalten und entwickelt werden. Dieses Management wurde notwendig, da durch die oben genannte massive Zunahme von konkurrenzstarken Gräsern die Bergheidegesellschaften sowie die mit ihnen vergesellschafteten offenen Grasfluren auf der Brockenkuppe verdrängt wurden (KARSTE & SCHUBERT 1997). Das verstärkte Wachstum der Gräser steht eng im Zusammenhang mit den erhöhten Stickstoffeinträgen

aus der Luft, die im Bereich der Brockenkuppe zwischen 60 und 80 kg/ha/Jahr betragen (KISON 2002). Um eine wissenschaftliche Grundlage für gezieltes Management zu schaffen, wurden deshalb im Brockengarten 1991 auf Versuchsflächen verschiedene Varianten des Bergheidemanagements, wie Mahd und Plaggenhieb getestet und seitdem durch Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen wissenschaftlich begleitet (TACKENBERG 1996, KARSTE 1997, KARSTE et al. 2001).

Im Erweiterungsteil des Brockengartens wurden außerdem seit 1990 durch Plaggen und nachfolgender Pflanzung von Setzlingen von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* DOMIN gezielt Maßnahmen zur Stärkung der Population der Brockenanemone durchgeführt.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (HÜNIG 2007) wurden die verschiedenen Renaturierungsvorhaben auf der Brockenkuppe einer erneuten Erfolgskontrolle unterzogen. Diese Diplomarbeit stellt die Grundlage für die vorliegende Veröffentlichung dar, die zum Ziel hat, die 15jährige Renaturierungsarbeit auf der Brockenkuppe vergleichend zu analysieren und die Ergebnisse in Hinblick auf die unterschiedlichen Entwicklungsstrategien auf der Brockenkuppe zu bewerten sowie Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen bei der Entwicklung einer möglichst naturnahen Vegetation zu ziehen.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt auf dem Brocken, dem mit 1142m ü. NN höchsten Berg des Harzes. Der Oberharz wird von einem granitischen Intrusionsmassiv überragt, welches im Bereich des Brockens den geologischen Untergrund bildet (KARSTE 1997). In der Arbeit werden die natürlich waldfreien Bereiche der Brockenkuppe betrachtet. Es herrscht hier, aufgrund der Höhe und der nach Norden vorgeschobenen ungeschützten Lage, ein ozeanisch geprägtes kühles Klima. Dieses äußert sich durch hohe Niederschlagsmengen (Mittelwert der Jahresniederschlagssummen lag im Zeitraum von 1971–2000 bei 1811,4 mm), niedrige Temperaturen (Jahresmitteltemperatur betrug zwischen den Jahren 1901–2000 +3,2 °C) und eine geringe Schwankung der Jahrestemperatur. Durch die genannten Klimabedingungen ist die Vegetationszeit auf der Brockenkuppe verkürzt. Die Hauptvegetationszeit (Tagesmitteltemperatur über 10 °C) auf dem Brocken beträgt ca. 95 Tage. Im Vergleich zum Harzrand mit 185 Tagen sind dies außerordentlich wenige Tage, in denen die Pflanzen ihren kompletten Vegetationszyklus absolvieren müssen (KARSTE et al. 2006). Der Wind ist der begrenzende Faktor für das Gehölzwachstum auf dem Brocken, der als windreichster Ort Deutschlands gilt. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt in den Sommermonaten bei 9,5 m/s (Windstärke 5) und in den Wintermonaten bei 13,5 m/s (Windstärke 6–7). Sturmböen mit Geschwindigkeiten bis zu 263 km/h (höchste je gemessene Windgeschwindigkeit) treten durchschnittlich an 151 Tagen im Jahr auf. Die starken Winde kommen meist aus südwestlicher Richtung (KARSTE et al. 2006).

Im Bereich der Waldgrenze können sich nur noch Blockfichtenbestände und subalpine Offenwälder etablieren (DAMM 1993). Das *Calamagrostio villosae-Piceetum* Hartm. ex Schlüt. 1966 ist in diesem Gebiet charakteristisch. Das *Piceo-Sorbetum aucupariae* Aich. ex Oberd. 1973 kommt dagegen nur auf sehr blockreichen Standorten vor und bildet auf der Brockenkuppe einen „Dauerwald“. Oberhalb der Waldgrenze werden die Flächen des Brockenplateaus von subalpinen Heiden (in Mosaiken mit offenen Grasfluren und Hochstauden) eingenommen, die aktuell aber überwiegend durch Grasdominanzbestände geprägt sind. Durch ihre großflächige Ausbreitung auf der Brockenkuppe wurden sie von DAMM (1993) als *Deschampsia cespitosa*-, *Calamagrostis villosa*- und *Deschampsia flexuosa*-Matten bezeichnet. Da diese nicht die „Struktur“ von klassischen subalpinen Matten besitzen, werden sie aktuell als Dominanzbestände eingestuft (KARSTE mdl. 2006). Die derzeitig vorhandene Vegetation auf der Brockenkuppe ist damit stark anthropogen geprägt. Es ist anzunehmen, dass sich die potentielle natürliche Vegetation grundlegend davon unterscheidet und bei niedrigeren atmosphärischen Einträgen an Stickstoff wesentlich grasärmer ausgeprägt wäre. Die nicht durch militärische Nutzung geprägten Bereiche sind durch Podsolböden bzw. Böden mit Podsolierungserscheinungen charakterisiert, welche pH-Werte von 4–5 aufweisen und damit mehr oder weniger stark sauer sind.

### 3 Methodik

#### 3.1 Übersicht zu den Renaturierungsflächen

##### 3.1.1 Kleinflächige Versuche zur Renaturierung 1991 – 2006

Diese Maßnahmen wurden vor den großflächigen Renaturierungsvorhaben auf der Brockenkuppe durchgeführt, um unterschiedliche standortvorbereitende Maßnahmen und den Einfluss der Einsaat von Zielarten (*Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*) zu überprüfen. Dabei haben jeweils zwei Flächen durch das Aufbringen von Granitgrus (60 cm) oder das Aufbringen von Granitgrus (60 cm) und Erde (10 cm) die gleiche Ausgangssituation. Deren Entwicklung sollte mit und ohne einmalige Einsaat von Diasporen analysiert werden (Tab. 1). In den Varianten mit Einsaat wurden ca. 40 g Saatgut (ca. 25.000 Samen) von *Calluna vulgaris* und 5 Fruchtstände (ca. 250 Samen) von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* pro Probestfläche ausgebracht. Auf diesen Flächen konnte nach den standortvorbereitenden Maßnahmen ein saurer pH-Wert erzielt werden, so dass generell günstige Voraussetzung für die Ansiedlung von Bergheiden bzw. der mit ihnen vergesellschafteten offenen Grasfluren bestehen. Zudem konnte eine Tendenz zu einer beginnenden Podsolierung festgestellt werden, so dass eine für die Brockenkuppe typische Bodenentwicklung zu erwarten ist.

Es wurden vier Dauerbeobachtungsflächen mit je 25 m<sup>2</sup> im Zeitraum von 1991–2006 aufgenommen (Abb.1, Flächengruppe 1).

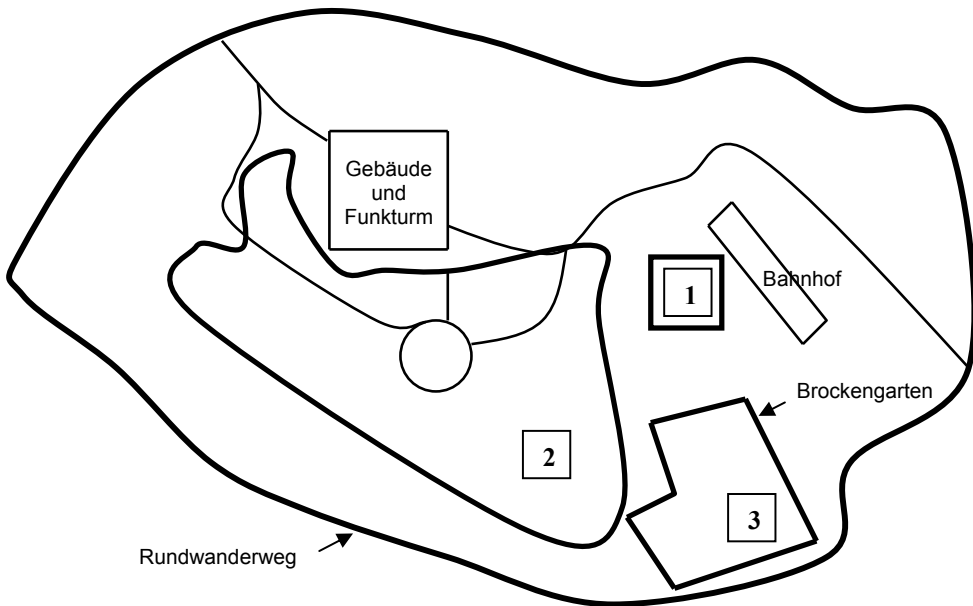


Abb. 1 Lage der Dauerbeobachtungsflächen auf der Brockenkuppe (1-kleinflächige Renaturierung, 2 - großflächige Renaturierung, 3 - Bergheidemanagement im Brockengarten)

Fig. 1 Location of the permanent plots on the top of the mountain Brocken (1 - small-scale restoration, 2 - large-scale restoration, 3 - management of *Calluna*-heathlands in the Brocken garden)

Tab. 1: Übersicht über die Ausgangssituationen der Dauerflächen (kleinflächige Renaturierung)

Tab. 1: Starting situation on the permanent plots (small-scale restoration)

Dauerfläche 1:	Aufbringung von Granitgrus und Erde sowie Einsaat von <i>Calluna vulgaris</i> und <i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alba</i>
Dauerfläche 2:	Aufbringung von Granitgrus sowie Einsaat von <i>Calluna vulgaris</i> und <i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alba</i>
Dauerfläche 3:	Aufbringung von Granitgrus
Dauerfläche 4:	Aufbringung von Granitgrus und Erde

### 3.1.2 Großflächige Renaturierung ab 1996

1994 begann die Beseitigung der Bauten und Anlagen inklusive der vorhandenen Versiegelungen des ehemaligen Militärgeländes auf einer Fläche von 35.000 m<sup>2</sup>. Danach wurde die gesamte Fläche an den Stellen des Plateaus, wo die alte Reliefform des Brockens wiederhergestellt werden musste, mit Granitgrus aufgefüllt und es wurden unregelmäßig Granitfelsen in unterschiedlichen Größen auf der Fläche verteilt, um einen möglichst naturnahen Ausgangszustand für die Sukzession zu schaffen. Trotz der fast vollständigen Beseitigung der anthropogen eingebrachten Substrate wiesen die Flächen nach den standortvorbereitenden Maßnahmen pH-Werte zwischen 7 und 8 auf, was auf die vorangegangene Nutzung (starke Versiegelungen und Kalkschotterauftragungen) zurückzuführen ist. Basisches Material ist in Form von Feinanteilen im Boden zurückgeblieben und verursacht somit die Veränderung des pH-Wertes. 1996 wurden in den renaturierten Bereichen (Abb. 1, Flächengruppe 2) unterhalb des höchsten Punktes 10 Dauerbeobachtungsflächen mit jeweils 100 m<sup>2</sup> angelegt, um die natürliche Besiedlung der Fläche ohne weiteres Management der Vegetation analysieren zu können. Die Auswahl der Dauerbeobachtungsflächen erfolgte in vorwiegend vegetationsfreien Bereichen mit unterschiedlichen standörtlichen Verhältnissen (variierte Bedingungen in Bezug auf Höhe der Granitgrusaufgabe, Beblockung, Relief, Hanglage und Exposition), um Aussagen über deren Einfluss auf die Wiederbesiedlung treffen zu können (KARSTE & SCHUBERT 2001).

## 3.2 Versuchsflächen des Bergheidemanagement

### 3.2.1 Mahdversuche

Die Versuche wurden seit 1991 im Versuchsteil des Brockengartens durchgeführt (Abb. 1, Flächengruppe 3). Auf diesen Standorten liegt der pH-Wert mit 4 bis 5 im sauren Bereich, so dass generell günstige Bedingungen für die Ansiedlung von Bergheidegesellschaften bestehen. Um den negativen Effekt der atmosphärischen Stickstoffeinträge zu kompensieren, wurden fünf Mahd- und vergleichend dazu fünf Kontrollflächen von je 1 m<sup>2</sup> angelegt, auf welchen festgestellt werden sollte, inwieweit eine Mahd zur Zurückdrängung der Dominanzbestände der Gräser, insbesondere von *Calamagrostis villosa*, geeignet ist. Seit 1991 werden die Versuchsflächen vollflächig in ihrer Vegetationsentwicklung erfasst.

### 3.2.2 Plaggenhiebversuche

Auf den Versuchsflächen wurden unterschiedliche Tiefen des Plaggenhiebs getestet, um ermitteln zu können, welche Tiefe die höchstmögliche Effektivität in Bezug auf die Verdrängung von *Calamagrostis villosa* aufweist. Dazu wurden vier tief und vier flach abgeplaggte Versuchsflächen mit einer Größe von je 4 m<sup>2</sup> angelegt, um vergleichende Rückschlüsse ziehen zu können. Tiefes Abplaggen bedeutet, dass die ca. 30 cm mächtige Humusschicht bis zum Untergrundgestein entfernt worden ist und nur ein geringer Anteil von Feinerde (z. B. in Vertiefungen) zurückblieb. Bei dem flachen Plaggenhieb blieb flächendeckend eine dünne Humusschicht bestehen. Auf jeweils zwei Flächen wurde zusätzlich der Einfluss einer Einsaat mit

Diasporen von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* getestet, da diese Flächen vollständig von *Calamagrostis villosa* umgeben waren (KARSTE & SCHUBERT 1997). Bei der Anlage der Dauerflächen wurde zusätzlich auf verschiedene Voraussetzungen in Hinblick auf die unmittelbar angrenzenden Vegetationstypen geachtet (Tab. 2). Seit 1991 werden die Versuchsflächen vollflächig in ihrer Vegetationsentwicklung erfasst. Die Versuchsflächen wiesen nach dem Plaggenhieb saure pH-Werte (4 bis 5) auf, so dass auch hier generell günstige Bedingungen für die Etablierung von Bergheidegesellschaften vorzufinden waren.

Tab. 2 Übersicht über die angelegten Plaggenhiebflächen

Tab. 2 Overview on plots with top-soil removal

Tiefes Abplaggen	Flaches Abplaggen	Weitere Faktoren
Fläche 1a	Fläche 1b	ohne Einsaat, eine Seite an Heide angrenzend, ansonsten von <i>Calamagrostis villosa</i> umgeben
Fläche 2a	Fläche 2b	Einsaat von <i>Calluna vulgaris</i> und <i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alba</i> , vollständig von <i>Calamagrostis villosa</i> umgeben
Fläche 3a	Fläche 3b	ohne Einsaat, vollständig von <i>Calamagrostis villosa</i> umgeben
Fläche 4a	Fläche 4b	ohne Einsaat, von Heide umgeben

### 3.3 Erfasste Daten und Nomenklatur

Bei den durchgeführten Vegetationsaufnahmen wurden die Pflanzenarten, deren Gesamtdeckung, die Individuenzahlen und ihre Artmächtigkeit nach BRAUN-BLANQUET (1951) erfasst. Es bedeuten: r = selten; + = vereinzelt; 1 = häufig, aber unter 5 % der Aufnahmefläche deckend; 2 = Individuenzahl beliebig, Deckung 6–25 %; 3 = Deckung 26–50 %; 4 = Deckung 51–75% und 5 = Deckung 76–100 % (vgl. KARSTE & SCHUBERT 1997). In den Wiederholungserfassungen wurde bewusst die seit Beginn der Untersuchungen angewandte Skala genutzt, um eine vergleichende Datenauswertung zu gewährleisten.

Die Erfassung der Individuenzahlen war nur in den ersten Jahren möglich, da die fortschreitende Sukzession zu einer schnell entwickelten geschlossenen Krautschicht führte, so dass auf die Zählung der einzelnen Individuen verzichtet werden musste. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten im Zeitraum von Mai bis September, da in dieser Zeit alle Arten eindeutig bestimmbar waren. Die Nomenklatur richtet sich mit Ausnahme der taxonomischen Neubewertung der Brocken-Anemone (*Pulsatilla alpina* (L.) DELARBRE subsp. *alba* (RCHB.) ZÄMELIS et PAEGLE; JÄGER et al. 2008) nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (2006). Die Benennung der Pflanzengesellschaften folgt SCHUBERT (2001).

### 3.4 Auswertungsmethodik

Zur Darstellung der Entwicklung wurden die vorkommenden Arten in ökologische Gruppen eingeteilt, die dazu dienen, den Erfolg der Maßnahmen vergleichend bewerten zu können. Die Zielarten sind relativ weit gefasst und nicht detailliert in einzelne pflanzensoziologische Gruppen eingeordnet, da im Untersuchungsgebiet eine mosaikartige Vegetationsstruktur gewünscht ist.

### 3.5 Maßnahmen zur Stärkung der Population von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*

Die Brocken-Anemone gehört zu den charakteristischen Brockenpflanzen. Sie kommt bevorzugt auf Flächen mit Konkurrenzfreiheit und geringem Feinerdeanteil, meist in Vergesellschaftung mit *Calluna*

Tab. 3 Überblick zur Einteilung der Arten in ökologische Gruppen

Tab. 3 Classification of the species into ecological groups

<b>Weitere Zielarten</b>	<i>Agrostis capillaris</i> , <i>Alchemilla monticola</i> , <i>Cardaminopsis halleri</i> , <i>Carex canescens</i> , <i>C. leporina</i> , <i>C. pallens</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> <sup>1</sup> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Galium saxatile</i> , <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Hieracium alpinum</i> , <i>H. amplexicaule</i> , <i>H. lachenalii</i> , <i>H. murorum</i> , <i>H. picroides</i> , <i>Luzula luzuloides</i> <sup>1</sup> , <i>L. multiflora</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Polytrichum commune</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alba</i> , <i>Trientalis europaeus</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
<b>Hochstaudenflur</b>	<i>Epilobium montanum</i> , <i>Senecio hercynicus</i> , <i>S. vulgaris</i>
<b>Vergrasungszeiger</b> *)	<i>Calamagrostis villosa</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> <sup>2</sup> , <i>D. cespitosa</i> , <i>Luzula luzuloides</i> <sup>2</sup>
<b>Sonstige Arten</b> (Auszug)	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Cerastium holosteoides</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Colchicum autumnale</i> , <i>Elymus repens</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Matricaria discoidea</i> , <i>Plantago major</i> , <i>Ranunculus acris</i> , <i>R. repens</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Sagina procumbens</i> , <i>Salix aurita</i> , <i>S. caprea</i> , <i>Saxifraga rosacea</i> , <i>Stellaria alsine</i> , <i>S. graminea</i> , <i>S. media</i> , <i>Taraxacum officinale</i> agg., <i>Trifolium pratense</i> , <i>T. repens</i> , <i>Tripleurospermum perforatum</i> , <i>Tussilago farfara</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>V. chamaedrys</i> , <i>V. serpyllifolia</i> , <i>Viola tricolor</i>

<sup>1</sup> gilt im Rahmen der großflächigen Renaturierung auf der Brockenkuppe als Zielart

<sup>2</sup> gilt in den etablierten Heidebeständen (Bergheidemanagement) als Vergrasungszeiger

\*) abhängig von Zielstellungen auf den Untersuchungsflächen

*vulgaris* vor (KARSTE 1997). Nach der Grenzöffnung 1990 konnten nur noch 980 Blüten gezählt werden, was hauptsächlich mit dem Rückgang der konkurrenzfreien Standorte durch die Ausbreitung der *Calamagrostis villosa*-Dominanzbestände in Verbindung zu bringen ist. Es waren daher umgehend Maßnahmen zur Stärkung der Population von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* notwendig. Dazu wurden seit 1990 im Brockengarten und dessen Erweiterungsfläche standortvorbereitende Maßnahmen (Plaggenhieb) sowie die Pflanzung von Setzlingen und die Ausbringung von Diasporen vorgenommen. Das Saatgut für die Vermehrung der Art wurde vom Naturstandort auf dem Brocken gewonnen (WEGENER & KARSTE 1999). Um den Erfolg der Maßnahmen nachweisen zu können, erfolgten in diesen Bereichen seit 1990 regelmäßige Zählungen der Blüten, da die vegetativen Pflanzen weniger gut erfassbar sind.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Kleinflächige Renaturierung (1991–2006)

Trotz der unterschiedlichen Ausgangssituationen entwickelte sich die Vegetation auf jeder der Dauerbeobachtungsflächen ähnlich schnell. Bereits nach fünf Jahren waren alle Flächen wenigstens zu 80 % von Vegetation bedeckt, was für die meisten Flächen auch 2006 noch zutrifft. Lediglich auf Fläche 4 betrug die Vegetationsdeckung 2006 nahezu 100 % Deckung. Der Anteil der Vergrasungszeiger (v. a. *Deschampsia cespitosa*) nahm bei den Flächen mit Einsaat weniger stark als auf denen ohne Einsaat zu, was mit einer schnelleren Etablierung von *Calluna vulgaris* in Verbindung zu bringen ist. Mit Ausnahme der Dauerbeobachtungsfläche 3 konnten auf allen Flächen weitere Zielarten aufgenommen werden. Zu diesen zählen z. B. *Vaccinium myrtillus* und *Hieracium lachenalii*. Wie in Abb. 2 zu erkennen, konnte *Calluna vulgaris* auf den Dauerflächen, wo Diasporen ausgebracht wurden, nach 15 Jahren 20–25 % des Deckungsgrades erreichen. Auffällig ist aber der relativ langsame Anstieg des Deckungsgrades von *Calluna vulgaris*. Eine Besiedlung mit *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* fand nur dann statt, wenn sich auch *Calluna vulgaris* etablieren konnte. Es sind aber nur vereinzelt Individuen nachweisbar gewesen.



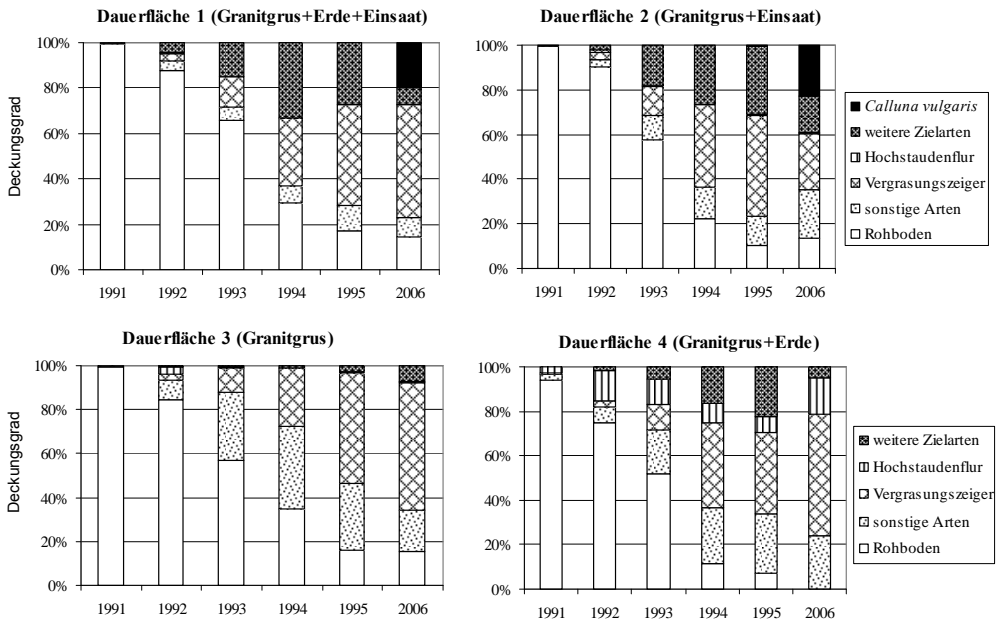


Abb. 2 Entwicklung der durchschnittlichen Deckungsgradanteile auf den Dauerflächen der kleinflächigen Renaturierungsversuche von 1991–2006

Fig. 2: Development of mean coverage on permanent plots with small-scale restoration measures (1991–2006)

#### 4.2 Großflächige Renaturierung (1997–2006)

Die Besiedlung auf der Renaturierungsfläche erfolgte unmittelbar nach den beendeten Maßnahmen. Schon 1997 war eine durchschnittliche Vegetationsdeckung von 15 % zu verzeichnen (Abb. 3). Die besiedelnden Arten waren von Beginn an brockentypische Arten. Bis 2006 konnte ein durchschnittlicher Deckungsgrad von 80 % erfasst werden. Durch teilweise stark mit Granitgestein bedeckte Flächenabschnitte wird die Vegetationsdeckung nie 100 % erreichen. Auffällig ist die starke Dominanz von *Deschampsia cespitosa*, welche bis 2006 einen durchschnittlichen Deckungsgradanteil von ca. 55 % erreichte (Abb. 3). Da es sich auch bei diesem Gras um eine brockentypische Art handelt, sind die entstandenen *Deschampsia cespitosa*-Dominanzbestände, im Vergleich zur Ausgangssituation, dennoch als Fortschritt zu bewerten. Mit fortlaufender Sukzession konnte das Einwandern von Arten verzeichnet werden, die in den bestehenden Heidegesellschaften auf dem Brocken vorzufinden sind. In erster Linie sind dabei *Cardaminopsis halleri*, *Alchemilla monticola*, *Rumex arifolius* und *Agrostis capillaris* zu nennen. Der Anteil dieser Arten an der Gesamtdeckung betrug 2006 schon durchschnittlich 15 %. Darüber hinaus kommen Arten vor, die typisch für anthropogen veränderte Böden sind, wie z. B. *Tussilago farfara*, *Ranunculus repens* und *Trifolium repens*.

Die Besiedlung mit den genannten Arten ist auch in Verbindung mit dem herrschenden pH-Wert zu betrachten. In den meisten Bereichen der großflächigen Renaturierung ist aufgrund der neutralen Bodenreaktion nur eine sehr zögerliche Etablierung von *Calluna vulgaris* und weiterer typischer Bergheidearten zu beobachten. Diese Arten können sich derzeit ausschließlich vereinzelt in Randbereichen der Fläche, welche sich in direkter Nähe zu vollständig entwickelten Heidegesellschaften befinden, ansiedeln bzw. ausbreiten.



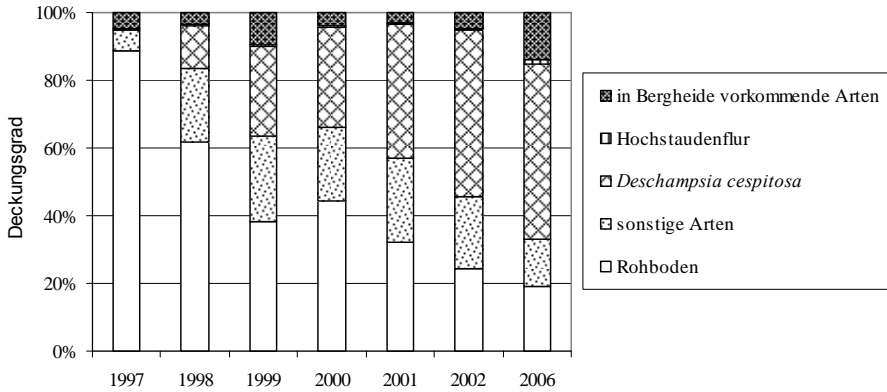


Abb. 3 Durchschnittliche Deckungsgradanteile (n = 10) auf den Dauerflächen der großflächigen Renaturierung von 1997–2006

Fig. 3 Mean coverage (n = 10) on permanent plots with large-scale restoration measures (1997–2006)

### 4.3 Versuche zum Bergheidemanagement

#### 4.3.1 Mahdversuche

Auf den Mahd- und Kontrollflächen war zu Beginn der Vegetationsaufnahmen 1992 eine Deckung von 100 % vorhanden, wobei der größte Teil der Vegetationsbedeckung von *Calamagrostis villosa* und *Deschampsia flexuosa* eingenommen wurde und damit eine fast vollständige Vergrasung der Flächen zu verzeichnen war (Abb. 4).

Beide Gräser kommen zwar auch in den auf dem Brocken vorkommenden Heidegesellschaften vor, ihre starke Zunahme führte aber zu einer fast vollständigen Zurückdrängung von *Calluna vulgaris* in diesem Bereich. Durch die kontinuierliche Anwendung der einschürigen Mahd änderte sich allmählich die Vegetationszusammensetzung gegenüber den Kontrollflächen. Nach 15 Jahren ist ein deutlicher Trend zur sukzessiven Zurückdrängung der Gräser erkennbar. 2006 sind *Calluna vulgaris* und weitere Zielarten

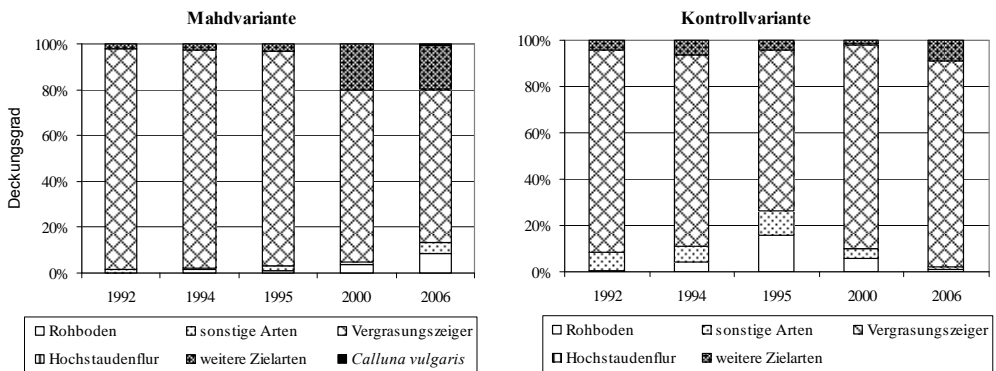


Abb. 4 Durchschnittliche Deckungsgradanteile auf den Dauerflächen des Bergheidemanagements von 1992–2006

Fig. 4 Mean coverage on permanent plots with management of the *Calluna*-heathlands

(wie z. B. *Rumex arifolius*, *Polytrichum formosum* und *Trientalis europaeus*) wieder auf den gemähten Flächen zu finden. Außerdem konnte 2006 eine Zunahme der Rohbodenanteile festgestellt werden. Im Gegensatz dazu ist auf den Kontrollflächen erkennbar, dass *Calamagrostis villosa* und *Deschampsia flexuosa* weiterhin diese Bereiche dominieren (durchschnittlich 90 % der Deckung).

#### 4.3.2 Plaggenhiebversuche

Nach dem Abplaggen wurden die Flächen zögerlich, aber kontinuierlich wieder besiedelt. Interessant ist die unterschiedliche Entwicklung aufgrund der verschiedenen Umgebungsvegetation. Bei den Dauerflächen 1a und 1b grenzte an jeweils einer Seite Heide an, ansonsten *Calamagrostis villosa*. Es wurde keine Einsaat vorgenommen. Dies hatte zur Folge, dass sich *Calluna vulgaris* im Laufe der Sukzession erst relativ spät etablieren konnte und bis 2006 nahezu wieder verdrängt wurde. Lediglich auf der flach abgeplagkten Fläche war sie mit 5 % noch spärlich vertreten (Abb. 5). Andere Zielarten konnten sich aber deutlich länger auf der tief abgeplagkten Fläche halten.

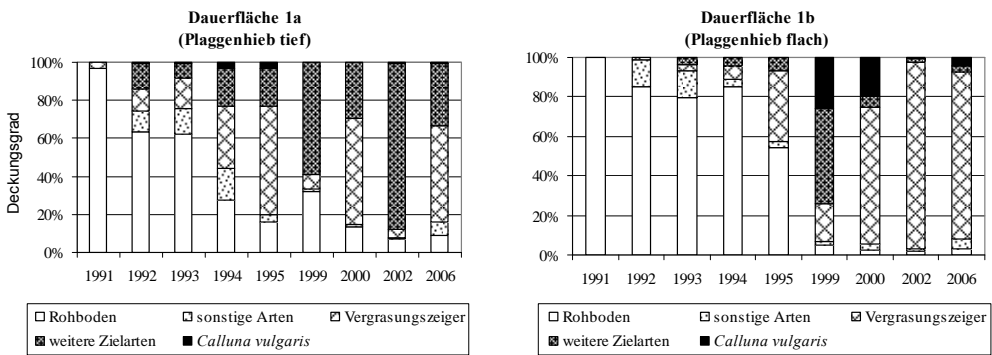


Abb. 5 Plaggenhiebdauerflächen 1a und 1b (ohne Einsaat, an einer Seite an Heide angrenzend, ansonsten von *Calamagrostis villosa* umgeben)

Fig. 5 Permanent plots 1a and 1b with top-soil removal (without seeding, conterminous with *Calluna*-heathlands at one edge, otherwise surrounded by *Calamagrostis villosa*)

Die Dauerflächen 2a und 2b wurden so angelegt, dass sie komplett von *Calamagrostis villosa* umgeben waren. Hier erfolgte aber eine Einsaat von Diasporen von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*. Bei der tief abgeplagkten Fläche 2a ist deutlich erkennbar, dass sich *Calluna vulgaris* relativ schnell etablieren und einen Deckungsgradanteil von bis zu 45 % (2002) erreichen konnte (Abb. 6). Bis 2006 ist der Deckungsgradanteil zwar etwas zurückgegangen, lag aber noch deutlich über 20 %. Im Gegensatz dazu ist auf der flach abgeplagkten Fläche 2b zu erkennen, dass *Calluna vulgaris* trotz der anfänglichen Etablierung zunehmend von *Calamagrostis villosa* verdrängt wurde. Die Fläche 2a ist zudem die einzige Fläche des Plaggenhiebversuchs, auf der *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* nachgewiesen werden konnte (1993).

Auf den Dauerflächen 3a und 3b erfolgte im Gegensatz zu den Flächen 2a und 2b keine Einsaat, so dass sich selbst auf den tief abgeplagkten Flächen *Calluna vulgaris* nur sehr zögerlich etablieren konnte. 2006 konnte sie hier erstmals mit ca. 5 % nachgewiesen werden (Abb. 7). Bei der flach abgeplagkten Variante konnte sie sich nur kurzzeitig ansiedeln. Das tiefe Abplaggen ermöglichte aber weiteren Zielarten (z. B. *Polytrichum formosum* und *Rumex arifolius*) eine Ansiedlung, so dass beispielsweise *Polytrichum formosum* 2006 hier sehr großflächig zu finden ist. Bei der flach abgeplagkten Variante bestand 2006 der größte Teil der Vegetationsdeckung wieder aus *Calamagrostis villosa*.

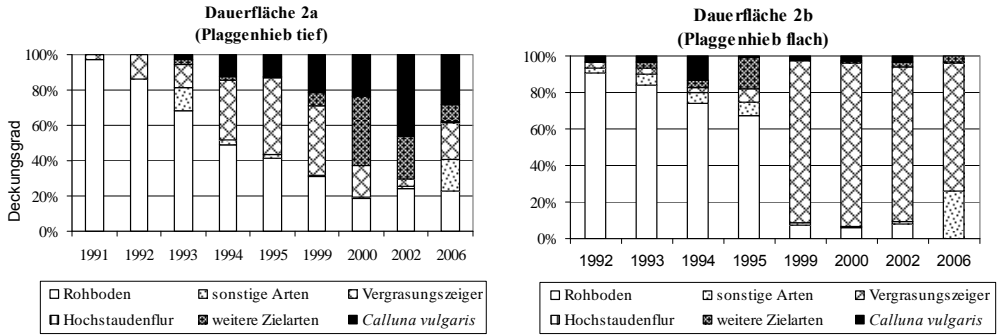


Abb. 6 Plaggenhiebdauerflächen 2a und 2b (mit Einsaat, von *Calamagrostis villosa* umgeben)

Fig. 6 Permanent plots 2a and 2b with top-soil removal (with seeding, surrounded by *Calamagrostis villosa*)

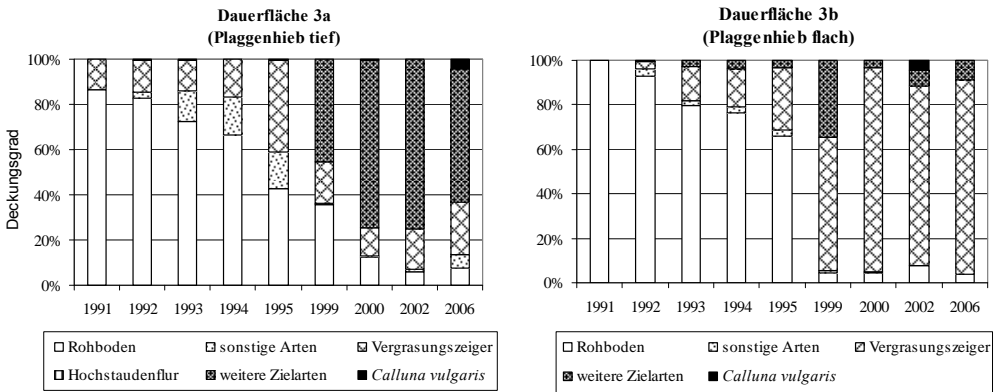


Abb. 7 Plaggenhiebdauerflächen 3a und 3b (ohne Einsaat, vollständig von *Calamagrostis villosa* umgeben)

Fig. 7 Permanent plots 3a and 3b with top-soil removal (without seeding, completely surrounded by *Calamagrostis villosa*)

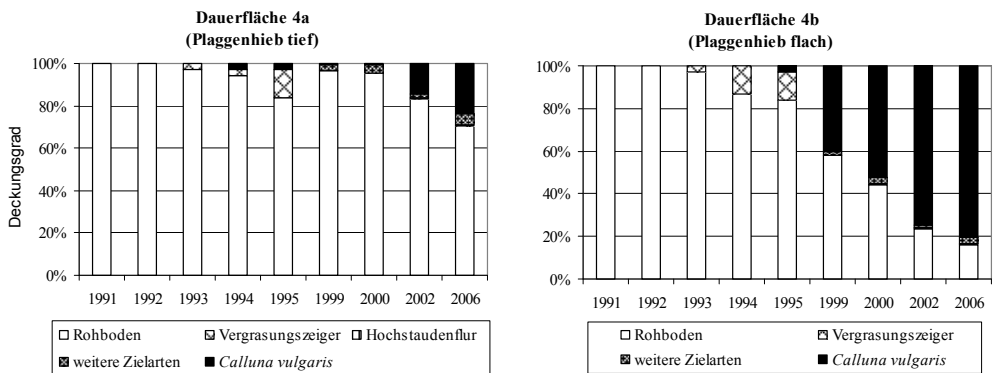


Abb. 8 Plaggenhiebdauerflächen 4a und 4b (ohne Einsaat, vollständig von *Calluna vulgaris* umgeben)

Fig. 8 Permanent plots 4a and 4b with top-soil removal (without seeding, completely surrounded by *Calluna vulgaris*)

Die Dauerflächen 4 wurden inmitten von *Calluna vulgaris*-Beständen angelegt (Positivkontrolle). Das tiefe Abplaggen führte dazu, dass sich *Calluna vulgaris* nur sehr langsam wieder ansiedeln konnte, wohingegen beim flachen Abplaggen durch zurückgebliebene größere Anteile an Feinerde viel schneller eine Wiederbesiedlung mit *Calluna vulgaris* erfolgte (vgl. Abb.8). Die Entwicklung dieser Flächen ist insgesamt durch das weitestgehende Fehlen von Vergrasungszeigern und von offenen Rohbodenbereichen sehr positiv zu bewerten. Bedingt durch die umgebende Heide war den Vergrasungsanzeigern die Einsaat auf die Dauerbeobachtungsflächen kaum möglich.

#### 4.4 Die Entwicklung der *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-Bestände auf der Brockenkuppe

Nach der Grenzöffnung konnten 1990 lediglich noch 980 Blüten der Brockenanemone auf der gesamten Brockenkuppe gezählt werden. Aufgrund der erfolgten Fördermaßnahmen (vgl. 3.5) erhöhte sich die Anzahl der Blüten kontinuierlich bis auf einen Höchstwert von 2005 im Jahr 2000. Durch natürliche Schwankungen in der Blütenausbildung der Pflanzen waren es 2004 nur noch 261. Bereits 2006 konnten aber wieder 1167 Blüten nachgewiesen werden.

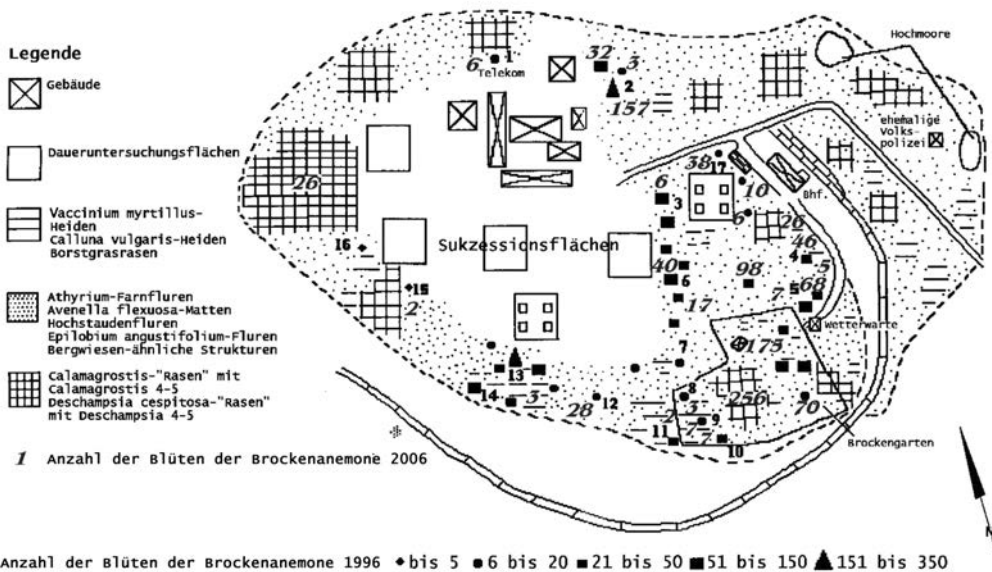


Abb. 9 Vergleich der Anzahl gezählter Blüten von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* zwischen 1996 und 2006

Fig. 9 Comparison of the number of *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* inflorescences between 1996 and 2006

Abbildung 9 zeigt die Zunahme der Blütenstände in einem Vergleich von Kartierungen aus dem Jahr 1996 und 2006. Durch die Schaffung von neuen geeigneten Standorten im Erweiterungsteil des Brockengartens und zusätzlicher Pflanzung wird die Population zusätzlich jährlich vergrößert. Nach der Pflanzung kommen die *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-Individuen zumeist nach drei Jahren zur Blüte.

## 5 Auswertung und Diskussion

### 5.1 Renaturierungsmaßnahmen

In den kleinflächigen Versuchen auf den 1991 renaturierten Standorten konnte schnell festgestellt werden, dass sich die Vegetation, die der natürlichen potentiellen Vegetation dieses Standortes am meisten entspricht, dort entwickelte, wo nur Granitgrus aufgefüllt worden war (vgl. KARSTE & SCHUBERT 1997). Deshalb wurde diese Maßnahme später auch bei den großflächigen Renaturierungsmaßnahmen angewandt. Der positive Einfluss der Einsaat mit *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* wurde aufgrund der sehr langsamen Deckungsgradzunahme von *Calluna vulgaris* erst mit der Aufnahme 2006 deutlich. Die Entwicklung zu Bergheiden wurde auf diesen Vorversuchen durch den hier herrschenden pH-Wert begünstigt, welcher trotz vorhergehender Bebauung leicht sauer war. Außerdem ist anzunehmen, dass die Nähe zu bestehenden Heidegesellschaften diese Entwicklung zusätzlich förderte.

Das Ziel der großflächigen Renaturierungsmaßnahmen auf dem ehemaligen Militärgelände war es von Anfang an, ein Mosaik unterschiedlicher Pflanzengesellschaften auf dem Brockenplateau zu schaffen (KARSTE & SCHUBERT 1997). Das Brockenplateau war auch in der Vergangenheit nicht ausschließlich mit Heidegesellschaften bewachsen (TACKENBERG 1996). Auf diesen 1996 renaturierten Flächen sollte das oberste Gebot aller Nationalparke, also „Natur - Natur sein lassen“, praktiziert werden. Durch die unterschiedlichen Ausgangssituationen (Lage, edaphische Bedingungen, Oberflächenstruktur) wurden grundlegende Bedingungen für die Dynamik auf dieser Fläche geschaffen. Die Vegetation soll sich, in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Nationalparks Harz, nach der Entfernung der Bebauungen und Versiegelungen sowie dem Auffüllen mit Granitgrus generell ohne menschlichen Einfluss entfalten. In Teilbereichen konnten sich durch spontane Besiedlung nach elf Jahren bereits Bergheiden etablieren. Die für die weitere Besiedlung wichtigen Rohbodenbereiche sind auch weiterhin vorhanden. *Deschampsia cespitosa* konnte auch auf diesen Standorten hohe Deckungsgradanteile erreichen, welche maßgeblich durch anthropogene Störungen und die damit verbundenen Veränderungen des Bodenbasenhaushaltes sowie durch den erhöhten atmosphärischen Stickstoffeintrag bedingt sind. Die in verschiedenen Bereichen des Erweiterungsteils des Brockengartens erprobten und mittlerweile erfolgreich angewendeten Maßnahmen der Mahd und des Plaggenhiebs sollen aber vor allem in der Pflegezone (Managementzone) des Brockenplateaus angewandt werden. Eine Ausnahme stellen hierbei die an die natürlichen Heidegesellschaften angrenzenden Bereiche der Renaturierungsfläche dar, die aktuell gemäht werden, um die weitere Ausbreitung von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* durch die Schaffung konkurrenzärmerer Standorte zu fördern. Die Entwicklung der *Deschampsia cespitosa*-Dominanzbestände auf der Renaturierungsfläche muss auch weiterhin aus wissenschaftlicher Sicht beobachtet und dokumentiert werden. Es bleibt abzuwarten, ob sich in den nächsten Jahrzehnten eine Veränderung der Artenzusammensetzung vollziehen wird und ob sich die jetzigen Gegebenheiten den natürlichen brockentypischen Standortbedingungen weiter annähern werden. Besonders interessant wird dabei die Entwicklung des aktuell noch überwiegend neutralen pH-Wertes sein. Durch die jahrzehntelangen anthropogenen Veränderungen ist in Zukunft zu erwarten, dass sich der pH-Wert in diesem Bereich durch Auswaschung der kalkreichen Feinmaterialien den natürlichen Bedingungen (saurer Milieu) annähern wird.

### 5.2 Bergheidemanagement

Die Ergebnisse der Versuche zum Bergheidemanagement zeigen, dass eine über lange Zeiträume kontinuierlich durchgeführte Mahd zur Zurückdrängung von *Calamagrostis villosa* in den ehemals sehr stark vergrasteten Heiden geeignet ist. Es werden durch diese Maßnahme positive Veränderungen der Vegetationszusammensetzung sowie Entwicklung von Rohbodenbereichen erreicht. Beides bewirkt, dass sich *Calluna vulgaris* und deren Begleitarten innerhalb von *Calamagrostis villosa*-Dominanzbeständen ansiedeln und ausbreiten können. Wichtig ist hierbei die kontinuierliche Fortführung der Maßnahmen, um die Gräser (auch *Deschampsia flexuosa*) nachhaltig verdrängen zu können, da diese, aufgrund der erhöhten Stickstoffgehalte in diesem Bereich, konkurrenzstärker sind. Der Einsatz der Mahd in bereits etablierten *Calluna vulgaris*-Beständen, wie vielfach für Tieflandheiden beschrieben (u.a. LÜTKEPOHL 1993), ist



nicht notwendig, da diese Maßnahme nur der Regeneration von *Calluna vulgaris* dient und auf dem Brocken der gleiche Effekt durch die starken Winde erzielt wird.

Neben der Mahd hat sich vor allem der tiefe Plaggenhieb auf den Versuchsflächen des Brockenplateau als eine sehr wirkungsvolle Methode zur Renaturierung vergraster Heiden erwiesen, was auch darauf zurückzuführen ist, dass die Verjüngung von *Calluna vulgaris* durch die Beseitigung der Rohhumusdecke gefördert wird (u. a. WEGENER 1998, BAKKER & VAN DIGGELEN 2006). Insbesondere auf den Versuchsflächen, die an bestehende Heidebestände angrenzen und wo der Diasporendruck von Vergrasungszeigern niedrig war, sind sehr positive Entwicklungen zu Bergheidebeständen zu verzeichnen. Bei angrenzenden intakten Heidebeständen dauert es ca. 10 Jahre bis auf den Plaggenhiebflächen eine 25 %ige Besiedlung mit *Calluna vulgaris* erreicht ist. Sind die Plaggenhiebflächen hingegen von *Calamagrostis villosa* umgeben, erlangte *Calluna vulgaris* trotz tiefem Abplaggens im selben Zeitraum nur ca. 5 % Deckung. Die hier durchgeführten manuellen Maßnahmen sind bezüglich der positiven Ergebnisse mit denen der Raupenbearbeitung im Tiefland, wie z. B. im Naturschutzgebiet Lüneburger Heide (LÜTKEPOHL 1993), zu vergleichen. Generell kann das zusätzliche Einbringen von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* die Entwicklung zu Bergheiden beschleunigen, insbesondere auf den Standorten, die nicht unmittelbar an Heiden angrenzen. Seit 1991 wird deshalb im Erweiterungsteil des Brockengartens, zusätzlich zu den Versuchen des Bergheidemanagements, eine zusammenhängende Fläche abgeplaggt und mit *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* bepflanzt. Diese Fläche wird durch den Einsatz ehrenamtlicher Helfer jährlich erweitert, so dass mittlerweile eine große, zusammenhängende Fläche entstanden ist (Abb. 11). Da die Etablierung von *Calluna vulgaris* und *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* nach Einsaat in allen Versuchsvarianten sehr zögerlich vonstatten ging, werden bei diesen Maßnahmen Setzlinge beider Arten gepflanzt.



Abb. 10 Die große Plaggenhiebfläche im Erweiterungsteil des Brockengartens 2006 (Foto: Ch. Hünig)

Fig. 10 Large-scale top-soil removal plots in the extension of the Brocken garden 2006 (photo: Ch. Hünig)

Der flache Plaggenhieb ist aufgrund der wesentlich schlechteren Ergebnisse in Hinblick auf die Zurückdrängung von *Calamagrostis villosa* nicht zu empfehlen und wird deshalb nicht im Rahmen der Maßnahmen praktiziert. Andere typische Methoden, die im Heidemanagement angewandt werden, wie zum Beispiel eine Beweidung, sind auf dem Brockenplateau nicht praktikabel, da die Standorte insgesamt zu kleinflächig sind. Das Abflammen ist durch die starken Winde und aus Gründen des Immissionsschutzes nicht umsetzbar (HÜNIG 2007). Ein Entkusseln ist nicht notwendig, da es sich beim Brockenplateau um einen natürlich waldfreien Lebensraum handelt. Der Heidelebensraum Brocken ähnelt bezüglich der langsamen Besiedlungsgeschwindigkeit durch *Calluna vulgaris* den Standortbedingungen in Bergbaufolgelandschaften. Dort verzögern weniger klimatische Besonderheiten die Besiedlung, vielmehr sind extrem nährstoffarme und zum Teil sehr saure Standortbedingungen als Ursache für die langsame Deckungsgradzunahme der Heiden anzunehmen (BLUMRICH 2000).

Durch die Summe der Maßnahmen zum Schutz von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* kann der Bestand dieser brockentypischen Art aktuell als stabil bezeichnet werden. Die durchgeführte Zählung der Blütenstände der Gesamtpopulation dient aber nur zur Groborientierung über den tatsächlichen Bestand der Art (vgl. KARSTE 1997), da die vegetativen Pflanzenteile nur schwer aufzufinden sind. Die Blütenausbildung von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* unterliegt deutlichen Schwankungen, deshalb können keine Aussagen für das Vorhandensein von vegetativen *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-Pflanzen getroffen werden. Die tendenzielle Zunahme der Blütenstände im Untersuchungszeitraum ist dennoch ein Indiz für den Erfolg der Maßnahmen zur Stärkung der Population.

## 6 Schlussfolgerungen

Das durchgeführte Bergheidemanagement auf 25 % der Fläche der Brockenkuppe (Pflege- oder Managementzone) ist als erfolgreich anzusehen. Um den positiven Trend auf diesen Flächen weiter zu fördern, ist dringend eine weitere Kontinuität der bisher angewendeten Maßnahmen erforderlich. Dabei soll vor allem eine Kombination aus den erfolgreich getesteten Methoden des tiefen Plaggenhiebs in Verbindung mit der Einsaat von Diasporen und/oder besser Pflanzung von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* und *Calluna vulgaris*-Setzlingen bzw. eine Mahd der vergrasteten Bereiche angewandt werden. Für die weitere Stärkung der *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-Population ist die Entwicklung und der Erhalt von gräserarmen *Calluna vulgaris*-Beständen notwendig. Da die atmosphärischen Stickstoffeinträge in das Brockenplateau perspektivisch nicht deutlich abnehmen werden, wäre *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* auf dem Brocken ohne entsprechende Gegenmaßnahmen zum Nährstoffaustrag und zur Schaffung konkurrenzfreier Standorte in Zukunft ernsthaft gefährdet. Ähnlich verhält es sich mit den bedrohten Habichtskrautarten *Hieracium nigrescens* und *Hieracium alpinum*. Erst nach den verschiedenen Renaturierungsmaßnahmen seit Anfang der 90er Jahre haben sie sich wieder weiträumig auf dem Brockenplateau ausgebreitet. Die aktuell laufenden Maßnahmen zur Schaffung nährstoffarmer und konkurrenzfreier Standorte erscheinen ausreichend, so dass auf den überwiegenden Flächenanteil des Brockenplateaus, trotz der Eingliederung in die Nutzungszonen mit Pflegebereich des Nationalparks Harz, eine natürliche Entwicklung der Flächen zugelassen werden kann, die aber unbedingt durch weitere begleitenden Untersuchungen beobachtet werden muss.

## 7 Zusammenfassung

HÜNIG, C.; TISCHEW, S.; KARSTE, G.: Erfolgskontrollen der Renaturierungsmaßnahmen auf der Brockenkuppe im Nationalpark Harz. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 201-217.

Seit der Grenzöffnung 1990 und der damit verbundenen Erklärung des Brockengebietes zur Nationalparkfläche, wurden auf dem Brockenplateau Maßnahmen zur Renaturierung der ehemals militärisch genutzten Bereiche und zur Förderung der Bergheiden sowie gefährdeter Arten, wie der Brockenanemone (*Pulsa-*



*tilla alpina* subsp. *alba*), ergriffen. Ziel war die Entwicklung eines Mosaiks von natürlichen Pflanzengesellschaften der Bergheide und der mit ihnen vergesellschafteten Vegetationseinheiten. Außerdem sollte der zunehmenden Vergrasung der bestehenden Bergheidegesellschaften, die vorrangig durch den massiven atmosphärischen Stickstoffeintrag bedingt ist, entgegengewirkt werden.

Seit 1991 wurden deshalb kleinflächige Versuche zum Bergheidemanagement (Mahd und unterschiedlich tiefer Plaggenhieb) und zur Renaturierung der ehemaligen militärisch genutzten Bereiche (Aufbringen unterschiedlicher Substrate in Kombination mit Einsaaten) unternommen. Wesentliche Ergebnisse der Versuche zu Bergheidemanagement waren, dass (1) eine kontinuierliche Mahd die Vergrasung der Bergheiden zurückdrängen kann und zu einer Förderung von Bergheidearten führt, (2) ein vollständiges Abplaggen der Rohhumusdecke die generative Verjüngung von *Calluna vulgaris* und anderen Zielarten fördert sowie eine Wiedereinwanderung von konkurrenzstarken Gräsern verzögert, (3) angrenzende Vegetationseinheiten den Wiederbesiedlungserfolg wesentlich beeinflussen und (4) eine Wiederbesiedlung der abgeplagten Flächen durch Einsaaten mit Zielarten beschleunigt werden kann. Die kleinflächigen Renaturierungsversuche nach Rückbau der militärischen Bauten zeigten, dass durch die Sanierung und das Aufbringen von Granitgrus optimale Voraussetzungen für die Wiederbesiedlung der Flächen vorhanden sind und dass auch bei diesen Versuchen eine Einsaat mit Zielarten die Entwicklung zu Bergheiden beschleunigte. Allerdings wurde in allen Versuchen deutlich, dass für eine Entwicklung von *Calluna vulgaris*-Beständen aus Einsaaten unter den Bedingungen des Brockenplateaus relativ lange Zeiträume benötigt werden.

1996 konnte der großflächige Rückbau der militärischen Anlagen abgeschlossen werden und es wurde auf diesen Standorten Granitgrus sowie Granitgestein aufgebracht. Auf Dauerbeobachtungsflächen wurde auch hier die Entwicklung der Vegetation kontinuierlich verfolgt. Entsprechend der Zielsetzung des Nationalparks wurden diese Flächen einer natürlichen Besiedlung überlassen. In Teilbereichen setzte eine Entwicklung zu Bergheiden ein, insgesamt ist ein Trend in Richtung des gewünschten Mosaiks der auf dem Brockenplateau vorkommenden Pflanzengesellschaften zu erkennen. Die hier zum Teil sehr großflächig ausgeprägten *Deschampsia cespitosa*-Dominanzbestände müssen in ihrer weiteren Entwicklung verfolgt werden.

Durch die Summe der durchgeführten Maßnahmen zur Stärkung der *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*-Population kann der Bestand dieser brockentypischen Art aktuell als stabil bezeichnet werden. Für die weitere Stärkung der Population sind die Entwicklung und der Erhalt von gräserarmen *Calluna vulgaris*-Beständen notwendig. Dazu ist dringend eine weitere Kontinuität der bisher angewendeten Maßnahmen auf den Managementflächen notwendig, die 25 % des Brockenplateaus einnehmen. Dabei sollte auch eine Kombination aus den erfolgreich getesteten Methoden des tiefen Plaggenhiebs in Verbindung mit der Pflanzung von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* und *Calluna vulgaris*-Setzlingen bzw. eine Mahd der vergrasten Bereiche angewandt werden. Da die atmosphärischen Stickstoffeinträge auf das Brockenplateau perspektivisch nicht deutlich abnehmen werden, wäre *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* auf dem Brocken ohne entsprechende Gegenmaßnahme zum Nährstoffaustrag und zur Schaffung konkurrenzfreier Standorte in Zukunft ernsthaft gefährdet.

## 8 Literatur

- BAKKER, J. P.; VAN DIGGELEN, R. (2006): Restoration of dry grasslands and heathlands. – In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. (ed.): Restoration Ecology. Blackwell Publishing, Malden-Oxford-Carlton. 95-110.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. 2. Aufl. – Springer, Wien.
- BLUMRICH, H. (2000): Potentiale der Renaturierung und Initialensetzung von Zwergstrauchheiden in der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. – In: WIEGLEB D., BRÖRING U., MRZLJAK J., SCHULZ F. (Hrsg.) Naturschutz in Bergbaufolgelandschaften – Landschaftsanalyse und Leitbildentwicklung. Physica Verlag, Heidelberg. 202-216.
- DAMM, C. (1993): Untersuchungen zur Flora des Brockens – Dipl.arbeit Univ. Göttingen.
- EBEL, F.; KARSTE, G.; KÜMML, F.; RICHTER, W.; STRUMPF, W. (1999): Der Brockengarten. 1. Aufl. – Studio Volker Schadach, Goslar.

- HÜNIG, C. (2007): Effizienzkontrolle der Renaturierungsmaßnahmen auf der Brockenkuppe im Nationalpark Harz. – Dipl.arb. Hochschule Anhalt (FH), Bernburg.
- JÄGER, E.J.; EBEL, F.; HANELT, P.; MÜLLER, G. K. (2008): Exkursionsflora von Deutschland. Band 5: Krautige Zier- und Nutzpflanzen. – Spektrum, Akad. Verlag, Berlin, Heidelberg.
- KARSTE, G. (1997): Beobachtungen zur Populationsdynamik von *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* RCHB. auf der Brockenkuppe im Harz. – Hercynia N.F. 30: 273-283.
- KARSTE, G.; SCHUBERT, R. (1997): Sukzessionsuntersuchungen zur Renaturierung subalpiner Mattenvegetation auf der Brockenkuppe. – Arch. für Nat.-Lands. 36: 11-36.
- KARSTE, G.; SCHUBERT, R.; WEGENER, U. (2001): Vegetationsentwicklung nach Sanierung des Militärgeländes auf der Brockenkuppe im Nationalpark Hochharz. – Arch. für Nat.-Lands. 21: 1-29.
- KARSTE, G.; KISON, H.-U.; SCHUBERT, R.; WEGENER, U. (2006): Die Pflanzengesellschaften des Nationalparks Harz (Sachsen-Anhalt). – Signa Graphic Design Atelier Fischer, Quedlinburg.
- KISON, H-U. (2002): Möglichkeiten und Grenzen des botanischen Artenschutzes im Nationalpark Hockharz. - In: Von der Naturdenkmalpflege zum Prozessschutz in den Nationalparks. 1. Aufl. – Verlag Wiss. u. Forsch., Berlin.
- LÜTKEPOHL, M. (1993): Maßnahmen zur Pflege von Heidelebensräumen in Nordwestdeutschland. – Naturschutz u. Landschaftspflege in Brandenburg: 4: 15-18.
- SCHUBERT, R. (2001): Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. – Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anhalt 2, Halle.
- TACKENBERG, O. (1996): Entwicklung und Dynamik der subalpinen Vegetation des Brockens (Harz) unter besonderer Berücksichtigung von *Calamagrostis villosa*. – Dipl.arbeit Univ. Marburg.
- WEGENER, U. (1998): Naturschutz in der Kulturlandschaft. – Gustav-Fischer Verlag, Jena.
- WEGENER, U.; KARSTE, G. (1999): Vegetationswandel auf dem Brocken – aktuelle Situation und Perspektiven im Nationalpark. – Mitt. Naturw. Ver. Goslar 6: 125-134.
- WISSKIRCHEN, R.; HAEUPLER, H. (2006): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart.

*Manuskript angenommen: 6. Oktober 2008*

Anschriften der Autoren:

Dipl. Ing. Christina Hünig

Bergstraße 13, 38899 Trautenstein

e-mail: Christina.Huenig@gmx.de

Prof. Dr. Sabine Tischew

Hochschule Anhalt, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg

e-mail: tischew@loel.hs-anhalt.de

Dr. Gunter Karste

Nationalpark Harz, Lindenallee 35, 38855 Wernigerode

e-mail: gunter.karste@npharz.sachsen-anhalt.de

### Fortsetzung von S. 188

Im Abschnitt 5 „Arteigenschaften“ sind alle behandelten Sippen aufgelistet, aber nur die wirtschaftlich bedeutenderen und verbreiteteren Arten mit umfangreicher Information zu Wuchs, Phänologie, Verbreitung, Standort und pflanzensoziologischer Einnischung illustriert. Mit Blick auf die vielleicht überwiegend landwirtschaftlichen Interessen verpflichtete Leserschaft sind außerdem mehr oder weniger umfangreiche Informationen zum Futterwert für verschiedene Nutztiere und unter verschiedenartigen Nutzungsbedingungen, zur Bedeutung für das Flächenmanagement und die Narbenpflege von Grünlandbeständen, zur Sortenverfügbarkeit und zur Eignung für Ansaat, sowie zur Förderung oder zur Bekämpfung der Art zusammengetragen.

Daran schließen sich verschiedene tabellarische Darstellungen an: zu Blühzeit, Lebensdauer und Wuchsform aller Sippen, zur Gefährdung wenigstens in einzelnen Bundesländern Deutschlands, zur Vergesellschaftung und pflanzensoziologischen Einbindung. Eine Tabelle listet von sämtlichen behandelten Gräsersippen die (Futter-)Wertzahlen sowie die ökologischen Kennzahlen zu Feuchte, Bodenreaktion und Stickstoffverfügbarkeit auf. Allerdings basieren diese Angaben nicht auf den klassischen „Ellenberg“-Zahlen, sondern entweder auf KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort oder auf einer eigenständigen Einschätzung für das vorliegende Werk. Im Gegensatz zu Ellenberg dürften sich die ökologischen Wertzahlen hier auch auf das Verhalten innerhalb von Grünlandvegetation beschränken.

Einen völlig andersartigen Charakter mit einer Ausrichtung auf Anwender im Bereich von Landwirtschaft und Landschaftsbau besitzt der letzte inhaltliche Abschnitt des Buches. Hier werden Fragen zu Ansaatwürdigkeit und Auswahl von Arten, sowie Pflege und Nutzbarkeit von Grünlandansaaten bzw. überhaupt die Frage, wann Ansaat oder Einsaat notwendig werden, erörtert. Es wird insgesamt eine unkritische Haltung zum Herbizideinsatz im Dauergrünland mit nachfolgender Neuansaat vertreten, beispielsweise mehrfach im Abschnitt Artbeschreibungen unter der Kategorie „Bekämpfung“ (z. B. bei *Nardus stricta*, *Elytrigia repens*). Das gipfelt in Empfehlungen, die in vielen Bundesländern rechtswidrig sein dürften, beispielsweise dem Herbizideinsatz zur Bekämpfung von *Glyceria maxima* in Entwässerungsgräben (S. 188). Selbst andere Lehrbücher zu konventioneller Grünlandwirtschaft stellen wesentlich stärker als das vorliegende Werk heraus, dass die Notwendigkeit eines Vollumbruchs mit nachfolgender Neuansaat im Dauergrünland immer Folge von Bewirtschaftungsfehlern und höchstens letztes Mittel zur Erzielung landwirtschaftlich geeigneter Grünlandbestände ist. Der unkritische Grundgestus passt auch kaum zu den vorhergehenden Abschnitten des Buches, in denen immer wieder auf die Einordnung zahlreicher Arten in Rote Listen aufgrund des starken Rückgangs und der Gefährdung verwiesen wird. Grünlandumbruch stellt allgemein anerkannt einer der wichtigsten Ursachen für die Gefährdung von Pflanzenarten des Grünlandes ebenso wie artenreicher Grünlandvegetation insgesamt dar. Im vorliegenden Werk wird dagegen auf der Basis zweier Einzeluntersuchungen aus den Jahren 1965 und 1977 argumentiert, dass mit wenigen Grasarten neu eingesäte Flächen sich bei angemessener Bewirtschaftung innerhalb weniger Jahre wieder zu artenreichen Grünlandbeständen entwickeln. Dies kann angesichts des realen Zustandes des größten Teils der Grünlandbestände in Deutschland nur als völlig unzutreffend bezeichnet werden. Die wiederholten Hinweise zur Gefährdung von Arten sind bei Abwesenheit von Bewirtschaftungsempfehlungen zum Schutz pflanzlicher Diversität im Grünland unehrlich.

Im weiteren Teilen des Abschnittes werden die Eignungen aktueller Standardsaatgutmischungen besonders hinsichtlich verschiedener Zielnutzungen, beispielsweise neben Mähweide auch für Gestüts-, Damwild-, Schweine- und Geflügelweiden, Wildäsungsflächen, Ackerfutter usw. diskutiert. Ebenso sind Fragen der Artenwahl bei der Anlage von Ackergrünbrachen, Sportrasen, Extensiv- und „Blumen“-Wiesen sowie weiterer Nutzungs- und Standortanforderungen erörtert. Abgeschlossen wird dieser Abschnitt durch anwenderorientierte Ausführungen zu Sortenwahl und -eigenschaften sowie die Verwendung von Fertigrasen.

Insgesamt vereint das Werk im freilandtauglichen Taschenbuchformat sehr sinnvolle Inhalte als gute Bestimmungshilfe für Gräser im nicht blühenden und blühenden Zustand und als Informationssammlung über Gräser im Grün- und Ackerland sowie verschiedenste Aspekte von Grünlandansaaten mit Schwerpunkt auf den Interessen landwirtschaftlicher Anwender. Der starken Orientierung auf Anwender aus der konventionellen Landwirtschaft sind allerdings einzelne Aussagen geschuldet, die naturschutzfachlich inakzeptabel sind.