©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 26: 223–242. Göttingen 2006.

Auswirkung von Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen auf die Artenzusammensetzung und Artendiversität von Gefäßpflanzen und Kryptogamen in neu angelegten Kalkmagerrasen

– Michael Jeschke und Kathrin Kiehl –

Zusammenfassung

Im Jahr 1993 wurden auf ehemaligen Ackerflächen mit und ohne Bodenabtrag in der nördlichen Münchner Schotterebene durch die Übertragung von Mähgut aus dem Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" neue Kalkmagerrasen angelegt. Zwischen 2003 und 2005 wurde die Artenvielfalt der Gefäßpflanzen, Moose und Flechten auf den neu geschaffenen Flächen untersucht und mit Referenzflächen im Naturschutzgebiet verglichen, um den Einfluss von Renaturierungsmaßnahmen (z. B. Bodenabtrag) und unterschiedlichen Managementvarianten (z. B. Mahd, Beweidung) zu ermitteln. 12 Jahre nach Beginn der Renaturierungsmaßnahmen sind die Gesamt-, Moos- und Flechtenartenzahlen auf Bodenabtragsflächen höher als auf Flächen ohne Bodenabtrag, wo dagegen mehr Gefäßpflanzenarten vorkommen. Die neu geschaffenen Abtragsflächen weisen höhere Moos- bzw. Flechtenartenzahlen auf als eine 60 Jahre alte Abtragsfläche („Rollfeld") im Naturschutzgebiet, die aber bei kleinen Flächengrößen reicher an Phanerogamenarten ist.

Vergleicht man die Flächen ohne Bodenabtrag, so weisen die neuen Flächen höhere Gefäßpflanzen- und Gesamtartenzahlen auf, wogegen die ursprünglichen Flächen des Naturschutzgebietes reicher an Moosarten sind. Werden jedoch als Zielarten der Renaturierung die Gefäßpflanzenarten der Klasse *Festuco-Brometea* betrachtet, so sind die Naturschutzgebietsflächen mit bzw. ohne Bodenabtrag artenreicher als die korrespondierenden ehemaligen Ackerflächen. Dies gilt auch für die Arten des *Abietinellion*, des *Tortelletum inclinatae* sowie *Toninion caeruleonigricantis*, die als Zielarten der Kryptogamen im engeren Sinne definiert wurden.

Beim Vergleich unterschiedlicher Pflegemaßnahmen auf Renaturierungsflächen ohne Bodenabtrag zeigen sich bei zweischüriger Mahd deutlich geringere Anzahlen an Gefäßpflanzen und Moosarten sowie an *Festuco-Brometea*-Arten als bei einschüriger Mahd oder Beweidung. Einschürige und beweidete Flächen unterscheiden sich in ihren Artenzahlen kaum; allerdings wurde auf einschürigen Flächen eine hohe Phytomasse pleurokarper Moose ermittelt, die auf schlechtere Bedingungen für schwachwüchsige Kryptogamen hindeutet.

Insgesamt gesehen stellt der Oberbodenabtrag mit nachfolgendem Mähgutauftrag von den untersuchten Maßnahmen die am Besten geeignete Methode zur Anlage neuer Kalkmagerrasen dar. Bei Flächen ohne Oberbodenabtrag wirkt sich ein Pflege durch jährliche Mahd oder Beweidung günstiger auf die Etablierung von Zielarten aus als zweischürige Mahd.

Die Ergebnisse zeigen, dass die in der vorliegenden Arbeit definierten Zielartengruppen der *Festuco-Brometea* für Gefäßpflanzen, der Moosarten des *Abietinellion* und des *Tortelletum inclinatae* sowie der Flechten des *Toninion caeruleonigricantis* besser dafür geeignet sind, den Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen zu bewerten als reine Artenzahlen.

Abstract: Effects of restoration and conservation measures on species diversity of vascular plants and cryptogams in newly created calcareous grasslands

In 1993, calcareous grasslands were created on former arable fields with and without topsoil removal by transfer of diaspore-containing hay from the adjacent Garchinger Heide nature reserve. The species diversity of vascular plants, bryophytes and lichens was analyzed on the restoration sites between 2003 and 2005 and compared to sites in the nature reserve. After twelve years of management, both overall species richness and bryophyte and lichen species richness of the topsoil removal sites exceeded those of the sites without soil removal. In contrast, the species richness of vascular plants was higher on sites without topsoil removal. Species richness of bryophyte and lichen species was higher on newly created topsoil removal sites than on a 60 year old topsoil removal site within the nature reserve and the number of vascular plant species was lower.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

The newly created sites without topsoil removal showed a higher species richness of vascular plants and all plant species, but lower bryophyte species richness than the reference sites in the nature reserve. The number of vascular plant target species of the class *Festuco-Brometea* was higher at the sites in the nature reserve than on the corresponding former arable fields with or without topsoil removal. Similar results were found for the target species of bryophytes and lichens, which were defined as species of the *Abietinellion, Tortelletum inclinatae* and *Toninion caeruleonigricantis*.
On restoration fields without soil removal, the number of vascular plants, bryophytes and *Festuco-Brometea* species was lower on sites mowed twice a year than on sites mowed once a year or grazed. Sites mowed once a year and grazed sites hardly differed in species number, but the site mowed once a year showed the highest dry mass of pleurocarpous mosses, indicating unsuitable conditions for slow-growing cryptogam species.
Our results show that topsoil removal in combination with hay transfer is a suitable method for the restoration of calcareous grasslands. On sites without soil removal, mowing once a year or grazing is more beneficial for target species establishment than mowing twice a year. The target species groups defined in our work, i. e. *Festuco-Brometea* species, bryophyte species of the *Abietinellion* and *Tortelletum inclinatae* and lichen species of the *Toninion caeruleonigricantis* are suitable indicators for the evaluation of restoration success.

Keywords: calcareous grassland, species-area-curve, species density, standing crop, target species, topsoil removal.

1. Einleitung

Aufgrund der großflächigen Änderungen der Landnutzung im Verlauf des zwanzigsten Jahrhunderts gehören Kalkmagerrasen heute in Mitteleuropa zu den am stärksten gefährdeten Lebensräumen (QUINGER et al. 1994, WILLEMS 2001, WALLISDEVRIES et al. 2002). Sie zählen vor allem beim Vergleich kleiner Flächengrößen zu den artenreichsten Standorten Europas und weisen einen hohen Anteil gefährdeter Arten auf (DENGLER 2005). Entstanden sind sie fast ausschließlich durch extensive Landnutzung, meistens in Form von Beweidung, ab dem 19. Jahrhundert auch verstärkt durch Mahd (POSCHLOD & WALLISDEVRIES 2002). Aufgrund von Nutzungsintensivierung oder Nutzungsaufgabe sind heute oft nur noch kleine Reste der früher ausgedehnten Bestände erhalten (QUINGER et al. 1994, BENDER et al. 2005). Viele Gebiete sind zu klein, um dauerhaft den Fortbestand der Populationen seltener Arten zu gewährleisten (BAKKER & BERENDSE 1999).
Bei der Renaturierung artenreicher Grasländer verläuft die Besiedlung durch lebensraumtypische Arten sehr langsam, selbst dann, wenn diese noch in unmittelbarer Nachbarschaft vorkommen (HUTCHINGS & BOOTH 1996, ROSENTHAL 2003, THORMANN et al. 2003). Die Ausbreitung erwünschter Arten ist deshalb ein Schlüsselfaktor für die erfolgreiche Wiederherstellung artenreicher Vegetation (BAKKER & BERENDSE 1999). Die Einbringung von Arten, z. B. durch die Übertragung diasporenhaltigen Mähguts artenreicher Grasländer, stellt aufgrund der Aufhebung der Ausbreitungslimitierung eine erfolgreiche Methode zur Wiederansiedlung artenreicher Vegetation dar (PATZELT et al. 2001, TRÄNKLE 2002, HÖLZEL & OTTE 2003).

In der nördlichen Münchner Schotterebene wurden seit 1993 mit Hilfe der Mähgutübertragung Kalkmagerrasen mit zahlreichen magerrasentypischen Arten auf ehemaligen Ackerflächen mit und ohne Bodenabtrag wieder angesiedelt (PFADENHAUER & KIEHL 2003, KIEHL et al. 2006). Der Einfluss der Mähgutübertragung und des Bodenabtrags auf die α-, β- und γ-Diversität der Gefäßpflanzen auf den neu angelegten Magerrasen im Vergleich zu Referenzflächen im Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" wird bei KIEHL & JESCHKE (2005) dargestellt.

Für die Bewertung des Erfolgs von Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen ist es notwendig, ein sinnvolles Ziel für die Entwicklung der Vegetation neu angelegter Flächen zu definieren (BAKKER & BERENDSE 1999, BAKKER et al. 2000, ROSENTHAL 2003). Ziel der Renaturierungsmaßnahmen im Münchner Norden war es, artenreiche Kalkmagerrasen mit einem hohen Anteil lebensraumtypischer Arten zu schaffen (PFADENHAUER et al. 2003, KIEHL et al. 2006). Die Vegetation artenreicher Reliktstandorte stellt dabei langfristig die Zielvegetation dar. Aus dem Artenbestand der Zielvegetation werden Zielarten definiert, die

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

zur Bewertung des Renaturierungserfolges verwendet werden können (MORTIMER et al. 1998, BAKKER et al. 2000, ROSENTHAL 2003).

In dieser Arbeit soll die Phytodiversität neu angelegter Kalkmagerrasen mit unterschiedlichem Management auf verschiedenen Maßstabsebenen untersucht und mit den Referenzflächen in einem Naturschutzgebiet verglichen werden. Folgende Fragen stehen dabei im Vordergrund:

- Welche Auswirkungen haben Bodenabtrag und unterschiedliche Pflegemaßnahmen auf die Gefäßpflanzen- und Kryptogamenartendiversität neu angelegter Kalkmagerrasen?
- Inwiefern unterscheiden sich neu geschaffene Kalkmagerrasen von ursprünglichen Magerrasen eines Naturschutzgebietes?
- Welche Zielartengruppen sind für die Bewertung des Renaturierungserfolgs geeignet?

2. Untersuchungsgebiet

Das Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" stellt mit nur 27 ha Größe den bedeutendsten Rest der ehemals ausgedehnten Kalkmagerrasen in der nördlichen Münchner Schotterebene dar (LIPPERT 1989, PFADENHAUER & KIEHL 2003). Hier kommen auf flachgründigen Pararendzinen artenreiche Kalkmagerrasen mit einer Kombination submediterraner, dealpiner und kontinentaler Steppenarten vor (PFADENHAUER & LIEBERMANN 1986, LIPPERT 1989). Im Jahr 1945 wurde im zentralen Bereich des Naturschutzgebiets durch Bodenabtrag bis auf den anstehenden Kalkschotter ein Rollfeld für die Luftwaffe angelegt (etwa 330m x 30–50m), das aber nie benutzt wurde (KOLLMANNSBERGER & GEISEL 1989). In der vorliegenden Arbeit wurden innerhalb des Naturschutzgebiets die ursprünglichen Kalkmagerrasen der „Altheide" (nie umgebrochen oder gedüngt) und des Rollfelds untersucht.

Im Rahmen des E+E-Vorhabens „Sicherung und Entwicklung der Heiden im Norden von München" wurde im Jahr 1993 Mähgut aus dem Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" auf ehemaligen Ackerflächen mit und ohne Bodenabtrag in der Umgebung des Naturschutzgebiets aufgebracht, um Kalkmagerrasen anzulegen (MILLER & PFADENHAUER

Tabelle 1: Übersicht über die Untersuchungsflächen mit und ohne Bodenabtrag im Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" und die durch Mähgutübertragung angelegten Renaturierungsflächen. Aufgeführt sind die Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen sowie die jeweils durchgeführten Untersuchungen.

Table 1: Overview of the study sites with and without topsoil removal in the Garchinger Heide nature reserve and on restoration fields (restored by hay transfer). The table shows the restoration and management measures as well as sampling locations.

Fläche	Alter	Oberboden -abtrag	Pflegemaßnahmen	Vegetations-aufnahmen	Phyto-masse
Flächen des Naturschutzgebietes					
Rollfeld (RF)	1945	1945	Gehölzentfernung		
Altheide (AH)	ursprünglich		Mahd alle 2 Jahre		
Renaturierungsflächen (durch Mähgutübertragung angelegt)					
506/508 Mahd 2x	1993		zweischürige Mahd		
506/508 Mahd 1x	1993		einschürige Mahd		
506/508 K	1993		keine		
506 A	1993	1993	gelegentliche Mahd		
520	1993		Herbst/Frühsommer-Beweidung		
520 K	1993		keine		
520 A	1993	1993	gelegentliche Gehölzentfernung		
2526	1993		Herbst/Frühsommer-Beweidung		
Nord-West-Sammler	1991	1991	keine	x	x

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

1997, PFADENHAUER & KIEHL 2003, KIEHL et al. 2006). Tabelle 1 gibt einen Überblick über alle Untersuchungsflächen. Auf den Bodenabtragsflächen 506 A und Nordwest-Sammler wurde der Oberboden bis zum anstehenden Kies (20–40 cm) abgetragen. Die Renaturierungsflächen 506/508 und 520 grenzen an das Naturschutzgebiet an, während die Renaturierungsfläche 2526 und der Nordwest-Sammler 0,5 bzw. 1,5 km entfernt liegen. Der Nordwest-Sammler ist ein unterirdischer Abwasserkanal. Nach seinem Bau 1991 wurden die Röhren mit dem ausgehobenen Kalkschotter bedeckt und Mähgut aus dem Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" aufgebracht.

3. Methoden

3.1. Vegetationsaufnahmen

Für die Untersuchung der Phytodiversität wurden 2003 auf den in Tabelle 1 genannten Renaturierungsflächen und auf den Vergleichsflächen im NSG „Garchinger Heide" je vier Dauerflächen von 100 m^2 Größe angelegt. Auf jeder Dauerfläche wurden zwischen 2003 und 2005 einmalig alle vorkommenden Gefäßpflanzen, Flechten und Moose auf Flächen von 100 m^2 (n=1), 16 m^2 (n=2) und 4 m^2 (n=5; Nordwest-Sammler und einschürige Mahd 506/508: n=4) erfasst. Innerhalb jeder 4 m^2 – Fläche wurden noch eine Teilfläche zu 1 m^2 (n=4–5, s. o.) und jeweils drei Teilflächen von 0,0625 m^2 und 0,01 m^2 (jeweils n=12–15) aufgenommen. Eine Darstellung des Flächendesigns findet sich bei KIEHL & JESCHKE (2005). Auf den 4 m^2- und 0,01 m^2-Flächen wurden zusätzlich zu den Deckungen aller Arten die Gesamtdeckungen der Gefäßpflanzen, Moose und Flechten sowie die Deckung des offenen Feinbodens, der Streu und der Steine geschätzt.
Die Nomenklatur der Pflanzenarten richtet sich nach OBERDORFER 2001 (Gefäßpflanzen), NEBEL & PHILIPPI 2001/02/05 (Moose) und WIRTH 1995 (Flechten).

3.2. Phytomasseerhebung

Auf allen Dauerflächen wurde im Jahr 2003 die oberirdische Phytomasse bestimmt. Weitere Beprobungen wurden auf der Brachfläche des Flurstücks 506/508 und auf den Flurstücken 520 (Beweidung/Brache) und 520A (Bodenabtrag) durchgeführt. Dazu wurde je Flurstück und Nutzungsvariante auf sechs Flächen von 0,25 m^2 die oberirdische Phytomasse in fünf verschiedenen Fraktionen geerntet.

Zuerst wurden die Gefäßpflanzen oberhalb von 4 cm Höhe über der Bodenoberfläche abgeschnitten, möglichst ohne die Moosschicht zu verletzen. Dann wurden pleurokarpe und akrokarpe Moose sowie Makroflechten getrennt gesammelt. Beerntet wurden dabei nur terricole Krustenflechten und alle Strauch- und Blattflechten, da sich die meisten Gesteinsflechten nicht vollständig vom Substrat lösen lassen. Schließlich wurden die restlichen oberirdischen Teile der Gefäßpflanzen einschließlich aller Rosetten abgeschnitten. Alle Phytomasseproben wurden bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen.

3.3. Auswertung

Für alle Flächengrößen wurden nach Bestimmung aller Arten die Artenzahlen von Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten ermittelt. Anschließend wurde die Artenzahl gegen die logarithmierte Flächengröße aufgetragen.
Alle Daten wurden mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS analysiert (SPSS Version 12.01). Sofern Normalverteilung und Varianzhomogenität gegeben waren, wurden signifikante Unterschiede zwischen den Renaturierungs- und Managementvarianten mittels ANOVA und anschließendem post-hoc-Test (Tukey-Test) ermittelt. Waren diese Vorraussetzungen nicht gegeben, wurden die Werte mit dem nichtparametrischen U-Test (Mann-Whitney) paarweise auf signifikante Unterschiede geprüft. Wegen des multiplen Vergleichs wurden die p-Werte nach Benjamini-Hochberg korrigiert (BENJAMINI & HOCHBERG 1995, VERHOEVEN et al. 2005).

3.4. Definition der Zielarten

Ziel des E+E-Vorhabens war es, artenreiche Kalkmagerrasen mit einem hohen Anteil lebensraumtypischer Arten auf ehemaligen Ackerflächen wieder anzusiedeln. Dabei bildete die Vegetation des Naturschutzgebiets „Garchinger Heide", die als Spendervegetation für die Mähgutübertragung diente, den Standard (PFADENHAUER & KIEHL 2003). Als Zielarten der Gefäßpflanzen wurden Arten der Klasse *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 1943 (nach KORNECK et al. 1993, OBERDORFER 2001) sowie einige Arten

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 2: Stetigkeiten der Moose auf den im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgenommenen Flächen in ursprünglichen Kalkmagerrasen des Naturschutzgebiets „Garchinger Heide" und auf Renaturierungsflächen mit und ohne Bodenabtrag.
+: Art kommt nur in den 100 m²-Flächen vor. x: Art kommt im NSG „Garchinger Heide" vor (z. T. außerhalb der Aufnahmeflächen). TA: Arten der Assoziation *Tortelletum inclinatae* und des Verbandes *Abietinellion* (Zielarten im engeren Sinne); K: charakteristische Kalkmagerrasenarten (Zielarten im weiteren Sinne); R=Ruderalarten. Arten der Roten Liste von Bayern nach MEINUNGER & NUSS (1996) konnten nicht nachgewiesen werden.

Tab. 2: Frequency of bryophytes on ancient calcareous grassland plots in the Garchinger Heide nature reserve and on permanent plots of the newly created restoration sites with and without topsoil removal.
+: species was found only in 100 m² plots. x: species occurs in the nature reserve (also outside permanent plots). TA: species of the association *Tortelletum inclinatae* and the alliance *Abietinellion* (target species in a strict sense, in bold), K: species characteristic for calcareous grasslands (target species in a broad sense); R: ruderals. Species of the Red List of Bavaria (MEINUNGER & NUSS 1996) were not present.

	NSG		Renaturierungsflächen					im NSG vorkommend	Artengruppe
Oberbodenabtrag (Jahr)	1945	-	1993	1991	-	-	-		
Anzahl Aufnahmen (n)	20	20	20	16	20	16	20		
mittl. Artenzahl Moose 4 m²	7,6	7,1	12,9	8,4	5,1	6,4	6		
mittl. Zielartenzahl i. e. S. Moose 4 m²	7,3	4,8	6,8	5,8	2,9	3	3,1		
	RF	**AH**	**506A**	**NWS**	**M2x**	**M1x**	**BW**		
nur im NSG									
Ditrichum flexicaule	II	.	.	.	.	.	.	x	TA
Lophocolea bidentata	.	I	.	.	.	.	.	x	R
nur im NSG und auf Abtragsflächen									
Hypnum cupressiforme var. lacunosum	V	IV	V	V	.	.	.	x	TA
Fissidens cristatus	V	IV	III	V	.	.	.	x	TA
Thuidium philibertii	I	II	V	II	.	.	.	x	K
Dicranum cf. polysetum	.	IV	I	.	.	.	.	x	K
nur auf Abtragsflächen									
Tortella inclinata	V	.	II	V	.	.	.	x	TA
Tortella tortuosa	V	.	II	IV	.	.	.	x	TA
nur auf neuen Abtragsflächen									
Encalypta streptocarpa	.	.	I	.	.	.	.	x	TA
Tortula ruralis s. str.	.	.	I	II	.	.	.	x	K
Schistidium apocarpum	.	.	I	I	.	.	.	x	K
Grimmia pulvinata	.	.	I	+	.	.	.	x	K
Brachythecium albicans	.	.	I	.	.	.	.		K
Scleropodium purum	.	.	I	.	.	.	.	x	K
Polytrichum juniperinum	.	.	I	.	.	.	.		R
nur auf neu geschaffenen Flächen									
Bryum argenteum	.	.	I	I	.	I	.	x	R
Rhythidiadelphus squarrosus	.	.	+	.	.	II	I	x	R
Brachythecium rutabulum	.	.	III	.	I	.	.		R
Ceratodon purpureus	.	.	III	.	.	I	.	x	R
im NSG und auf Renaturierungsflächen mit und ohne Bodenabtrag									
Abietinella abietina	V	V	V	V	V	V	V	x	TA
Rhytidium rugosum	V	V	V	V	IV	V	V	x	TA
Campylium chrysophyllum	III	II	III	II	I	.	I	x	TA
Weissia brachycarpa	II	II	V	I	I	.	I	x	TA
Rhythidiadelphus triquetrus	II	V	V	I	V	V	V	x	K
Entodon concinnus	I	I	II	III	II	IV	III	x	K
Homalothecium lutescens	+	.	III	IV	I	I	III	x	K
Hylocomium splendens	.	II	II	.	II	IV	IV	x	K
Plagiomnium affine s. str.	.	IV	V	I	V	V	V	x	R
Bryum caespititium	I	.	V	IV	I	I	I	x	R
Rhodobryum cf. ontariense	.	I	I	.	I	.	.	x	R
Climacium dendroides	.	.	.	.	.	I	.		R

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 3: Stetigkeiten der Flechten auf den im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgenommenen Flächen in ursprünglichen Kalkmagerrasen des Naturschutzgebiets „Garchinger Heide" und auf Renaturierungsflächen mit und ohne Bodenabtrag.
+: Art kommt nur in den 100 m²-Flächen vor. x: Art kommt im NSG „Garchinger Heide" vor (z. T. außerhalb der Aufnahmeflächen). Ton: Arten des Verbandes *Toninion caeruleonigricantis* (Zielarten im engeren Sinne); K: kalkmagerrasentypische Arten der Klassen *Rhizocarpetea geographici, Verrucarietea nigrescentis* und des Verbandes *Toninion caeruleonigricantis* (Zielarten im weiteren Sinne); epi: vorwiegend epiphytisch wachsende Arten. RL D: Rote-Liste Status in Deutschland nach WIRTH et al. (1996): D: Daten mangelhaft.

Tab. 3: Frequency of lichens on ancient calcareous grassland plots in the Garchinger Heide nature reserve and on permanent plots of the newly created restoration sites with and without topsoil removal.
+: species was found only in 100 m² plots. x: species occurs in the nature reserve (also outside permanent plots). Ton: species of the alliance *Toninion caeruleonigricantis* (target species in a strict sense); K: typical calcareous grassland species of the classes *Rhizocarpetea geographici, Verrucarietea nigrescentis* and the alliance *Toninion caeruleonigricantis* (target species in a broad sense); epi: species mainly epiphytic. RL D: Red List status in Germany (WIRTH et al. 1996): 2: endangered, 3: vulnerable, D: insufficient data.

	NSG		Renaturierungsflächen							
Oberbodenabtrag (Jahr)	1945	-	1993	1991	-	-	-			
Anzahl Aufnahmen (n)	20	20	20	16	20	16	20			
mittl. Artenzahl Flechten 4 m²	8,7	0,5	12,1	13,8	0,4	0,3	0,1			
mittl. Zielartenzahl i. e. S. Flechten 4 m²	4	0	1,9	2,1	0	0	0			
	RF	**AH**	**506A**	**NWS**	**M2x**	**M1x**	**BW**	**im NSG vorkommend**	**Artengruppe**	**RL D**
nur auf dem Rollfeld										
Catapyrenium squamulosum	II	.	.	.	.	.	.	x	Ton	3
Cladonia symphycarpa	II	.	.	.	.	.	.	x	Ton	3
Psora decipiens	I	.	.	.	.	.	.	x	Ton	2
Toninia sedifolia	I	.	.	.	.	.	.	x	Ton	3
Trapelia placodioides	I	.	.	.	.	.	.	x	K	
nur im NSG und auf Abtragsflächen										
Cladonia rangiformis	II	I	I	I	.	.	.	x	Ton	3
nur auf Abtragsflächen										
Bacidia bagliettoana	I	.	IV	V	.	.	.	x	Ton	3
Cetraria islandica	II	.	I	I	.	.	.	x	Ton	3
Collema limosum	I	.	I	I	.	.	.	x	Ton	3
Peltigera rufescens	+	.	I	IV	.	.	.	x	Ton	3
Cladonia pyxidata ssp. pocillum	V	.	I	.	.	.	.	x	Ton	
Collema tenax	I	.	.	II	.	.	.	x	Ton	
Verrucaria muralis	V	.	V	V	.	.	.	x	K	
Candelariella vitellina	I	.	V	V	.	.	.	x	K	
Aspicila moenium	I	.	IV	V	.	.	.	x	K	D
Lecanora dispersa	I	.	V	IV	.	.	.	x	K	
Sarcogyne regularis	III	.	II	V	.	.	.	x	K	
Lecidella stigmatea	II	.	II	IV	.	.	.	x	K	
Lecania erysibe	I	.	II	IV	.	.	.	x	K	D
Acarospora fuscata	I	.	I	I	.	.	.	x	K	
Lecidella carphatica	I	.	I	I	.	.	.	x	K	
Caloplaca holocarpa	+	.	IV	IV	.	.	.	x	K	
Lecanora muralis	+	.	II	I	.	.	.	x	K	
Verrucaria dolosa	I	.	+	I	.	.	.	x	K	D
Protoblastenia rupestris	V	.	.	II	.	.	.	x	K	
Xanthoria elegans	I	.	V	V	.	.	.	x	epi	
Xanthoria parietina	+	.	IV	IV	.	.	.	x	epi	
nur auf neuen Abtragsflächen										
cf. Hymenelia prevostii	.	.	.	I	.	.	.		K	
Lecanora cf. albescens	.	.	.	I	.	.	.		K	
Rhizocarpon geographicum	.	.	I	.	.	.	.	x	K	
Phaeophyscia orbicularis	.	.	II	I	.	.	.	x	epi	
Phaeophyscia nigricans	.	.	I	+	.	.	.		epi	
Evernia prunastri	.	.	I	.	.	.	.		epi	
Hypogymnia physodes	.	.	.	I	.	.	.		epi	
sonstige Arten										
Cladonia furcata	V	III	IV	IV	II	II	I	x	Ton	
Verrucaria nigrescens	V	.	V	V	.	.	+	x	K	
Physcia adscendens	.	.	V	V	I	.	.	x	epi	

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

der Klassen *Koelerio-Corynephoretea* Klika in Klika et Novák 1941 und *Trifolio-Geranietea* Th. Müller 1961 definiert, die typisch für die Kalkmagerrasen auf würmeiszeitlichen Schotterplatten des Alpenvorlands sind (Tab. 6).

Als Zielarten der Moose wurden ebenso wie in KIEHL & JESCHKE 2005 diejenigen definiert, die nach den ökologischen Beschreibungen von NEBEL & PHILIPPI (2001, 2002, 2005) häufig in Kalkmagerrasen vorkommen (siehe Tab. 2). Dabei wurden Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in intensiv genutzten Grünländern, Äckern und Wegrändern weitgehend ausgeschlossen (z.B. *Brachythecium rutabulum, Ceratodon purpureus, Rhytidiadelphus squarrosus*). Zielarten der Moose bei strengerer Definition bilden Arten des Verbandes *Abietinellion* Giac. ex. Neum. 1971 und der Assoziation *Tortelletum inclinatae* Stod. 1937 (MARSTALLER 1993). Dies sind die im Naturschutzgebiet vorkommenden Moosgesellschaften, die typisch für Kalkmagerrasen sind.

Die Zielarten der Flechten im weiteren Sinne umfassen Arten der Klassen *Verrucarietea nigrescentis* Wirth 1980 und *Rhizocarpetea geographici* Wirth 1972 sowie des *Toninion coeruleonigrescentis* Hadač 1948 (nach DREHWALD 1993, siehe Tab. 3). Die auf Zwergsträuchern und silikatischen Steinen wachsenden Blattflechten mit sonst vorwiegend epiphytischem Vorkommen (Klasse *Hypogymnietea physodis* Follmann 1974 und Verband *Xanthorion parietinae* Ochsner 1928) stellen dagegen keine Zielarten dar. Da die meisten der saxicolen Flechten weder gefährdet noch auf Kalkmagerrasen beschränkt sind, wurden die Arten des *Toninion caeruleonigrescentis*, eines gefährdeten, für lückige Kalkmagerrasen typischen und hoch schutzwürdigen Verbandes (DREHWALD 1993, GÜNZL 2001) als Zielarten im engeren Sinne gewählt. Für die Bestimmung der Zielarten aller Kryptogamen und aller Gefäßpflanzen wurden die Zielarten der Moose und Flechten im weiteren Sinne aufaddiert.

Die Einordnung nach Gefährdungsstufen erfolgte für Gefäßpflanzen nach der Roten Liste Bayerns (SCHEUERER & AHLMER 2003), für Moose nach der Roten Liste Bayerns (MEINUNGER & NUSS 1996) und für Flechten nach der Roten Liste Deutschlands (WIRTH et al. 1996).

4. Ergebnisse

Im ganzen Ergebnisteil gilt – sofern nicht anders angegeben – bei Angabe signifikanter Unterschiede $p<0,05$.

4.1. Vegetations- und Bodendeckung

Die Gefäßpflanzendeckung nimmt signifikant in der Reihenfolge beweidete Fläche, Altheide und einschürige/zweischürige Mahd, Rollfeld, neue Bodenabtragsflächen ab. Die einschürige Fläche ohne Bodenabtrag weist die signifikant höchste Moosdeckung, der Nordwest-Sammler die niedrigste auf ($p<0,01$). Nur auf den Bodenabtragsflächen werden nennenswerte Flechtendeckungen erreicht. Das Rollfeld und der Nordwest-Sammler zeigen dabei höhere Deckungen als die Fläche 506 A ($p<0,001$). Die Mahdflächen weisen die höchsten Steindeckungen auf (siehe Tab. 4). Die Streudeckung der neu angelegten Bodenabtragsflächen ist dagegen signifikant am niedrigsten ($p<0,01$). Nur auf den Bodenabtragsflächen kommen in nennenswertem Umfang Steine (bis ca. 15 cm Durchmesser) an der Bodenoberfläche vor. Dabei weist der Nordwest-Sammler den mit Abstand höchsten Deckungsgrad auf ($p<0,001$), gefolgt von der Fläche 506 A, auf der die Steinbedeckung höher ist als auf dem Rollfeld ($p<0,01$). Auf der zweischürigen Fläche ist der Anteil offenen Feinbodens am höchsten ($p<0,001$) und auf den Abtragsflächen und der einschürigen Mahdfläche am geringsten (nur für die einschürige Fläche und den Nordwest-Sammler signifikant, $p<0,01$).

4.2. Artenzahl-Areal-Beziehungen

4.2.1. Alle Pflanzenarten

Die Artenzahl aller Pflanzenarten (Phanerogamen und Kryptogamen) erreicht auf Bodenabtragsflächen bei Flächengrößen ab 1 m² signifikant höhere Werte als auf Flächen ohne Bodenabtrag (Abb. 1). Bei den Flächen ohne Bodenabtrag weisen die Altheide und die zweischürige Fläche die niedrigsten Gesamtartenzahlen auf. Die neu angelegten Bodenabtragsflächen sind auf Flächen > 4 m² signifikant artenreicher als das Rollfeld, aber unterhalb von 1 m² (506 A) bzw. 0,0625 m² (Nordwest-Sammler) signifikant artenärmer.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 4: Vegetations- und Bodendeckung in neu angelegten Kalkmagerrasen mit und ohne Bodenabtrag im Vergleich zum Naturschutzgebiet (Altheide, Rollfeld). Dargestellt sind die Mittelwerte der 4 m²-Flächen (n=20, für Mahd 1x und Nordwest-Sammler n=16). Gleiche Buchstaben bedeuten, dass Unterschiede nicht signifikant sind (spaltenweise zu lesen).

Table 4: Vegetation cover and habitat characteristics of newly restored calcareous grasslands with and without topsoil removal in comparison to the nature reserve (Altheide, Rollfeld). Data represent mean values of 4 m² plots (n=20, for areas mown once a year and Nordwest-Sammler n=16). Identical letters show that differences are not significant (to be read columnwise).

	Deckung [%]					
Fläche	**Gefäßpflanzen**	**Moose**	**Flechten**	**Streu**	**Steine**	**Feinboden**
Ohne Bodenabtrag						
Altheide	69,6 b	50,3 bc	0,27 c	17,2 bc	0,00 d	3,0 bc
Mahd 2x	64,4 b	40,00 c	0,03 cd	16,6 ab	0,09 d	6,7 a
Mahd 1x	69,2 b	68,4 a	0,04 cd	16,5 a	0,47 d	0,8 d
Beweidung 2526	79,0 a	39,8 c	0,01 d	11,6 c	0,00 d	2,2 b
Mit Bodenabtrag						
Rollfeld	51,1 c	52,4 b	8,60 a	12,4 bc	8,00 c	2,4 bc
506 A	33,8 d	46,5 bc	3,90 b	8,6 d	19,11 b	1,5 cd
Nordwest-Sammler	25,1 d	19,5 d	8,47 a	3,3 e	59,25 a	1,1 d

Werden nur die Zielarten aller Arten (d. h. *Festuco-Brometea*-Arten und Zielarten der Kryptogamen im weiteren Sinne) betrachtet, so ist die zweischürige Fläche bis auf wenige Ausnahmen (100 m²) signifikant artenärmer als alle anderen untersuchten Flächen. Das Rollfeld weist auf allen Maßstabsebenen die meisten Zielarten auf, die Unterschiede zu den anderen Varianten sind aber nur bei Flächengrößen unter 4 m² signifikant. Während die neuen Bodenabtragsflächen bei Flächen größer 1 m² signifikant artenreicher sind als alle Flächen ohne Oberbodenabtrag, nähern sich ihre Werte ab 4 m² so weit der Altheide an, dass ab 0,0625 m² keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar sind.

4.2.2. Gefäßpflanzen

Die Anzahl der Gefäßpflanzen ist auf den einschürigen und beweideten Flächen der neu angelegten Magerrasen bei den meisten Flächengrößen am höchsten (Abb. 1). Nur bei Flächen über 4 m² Größe erreicht auch die Abtragsfläche am Nordwest-Sammler ähnlich hohe Werte. Bei Flächengrößen unter 1 m² weisen die beiden neuen Abtragsflächen dagegen signifikant niedrigere Gefäßpflanzenartenzahlen auf als die neu angelegten Magerrasen ohne Bodenabtrag. Die zweischürige Fläche ist meist deutlich artenärmer als die einschürige (signifikant bei 16 m² ($p<0,01$), 4 m², 1 m² und 0,01 m²) und die beweidete Fläche (signifikant bei 16 m² mit $p<0,01$).
Werden die Zielarten der Gefäßpflanzen betrachtet, so sind das Rollfeld (signifikant unterhalb 4 m²) und die Altheide (signifikant unterhalb 1 m²) durchweg artenreicher als alle anderen Flächen. Lediglich die zweischürige Fläche zeigt deutlich weniger *Festuco-Brometea*-Arten als die anderen Flächen (signifikant bei 16 m² und 4 m²).

4.2.3. Kryptogamen

Die Bodenabtragsflächen weisen durchgehend signifikant höhere Kryptogamenartenzahlen auf als die Flächen ohne Oberbodenabtrag (Abb. 1). Dabei sind die jungen Bodenabtragsflächen bei Flächengrößen ab 1 m² signifikant artenreicher als das Rollfeld (außer Nord-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

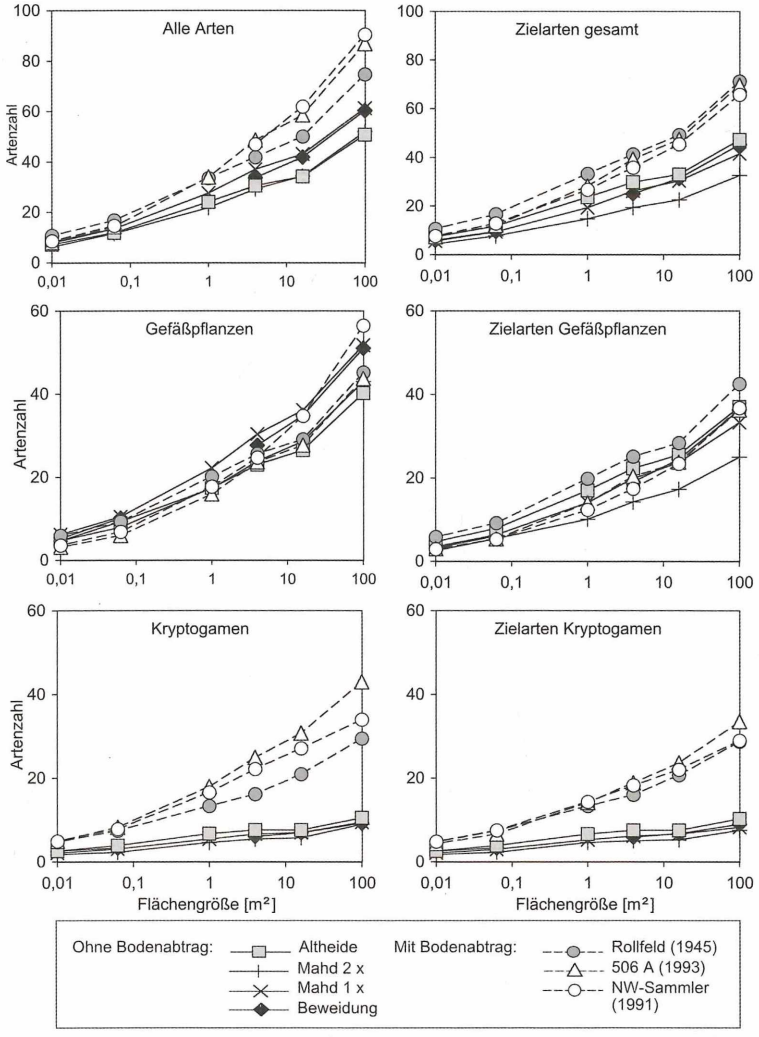


Abb. 1: Beziehungen zwischen Artenzahl und Flächengröße für alle Pflanzenarten, Gefäßpflanzen und Kryptogamen sowie für die jeweiligen Zielarten in neu angelegten Kalkmagerrasen mit und ohne Bodenabtrag im Vergleich zu den Referenzflächen im Naturschutzgebiet (graue Signaturen). Dargestellt sind die Mittelwerte der Artenzahlen für die logarithmierten Flächengrößen.

Figure 1: Species-area curves of all plant species, vascular plants, cryptogams and the respective target species. Data represent mean species richness for the different plot sizes (logarithmic scale) for the newly restored calcareous grasslands in comparison to reference sites in the nature reserve (grey symbols).

west-Sammler bei 100 m²). Bei den Flächen ohne Bodenabtrag ist die Anzahl der Kryptogamen meist in der Garchinger Heide am höchsten und auf der neu angelegten zweischürigen Fläche am geringsten. Signifikant niedrigere Werte treten bei der zweischürigen Fläche gegenüber der einschürigen Fläche nur bei 4 m² und 0,0625 m², gegenüber der beweideten Fläche nur unterhalb von 1 m² auf.

Die Anzahl der Zielarten der Kryptogamen im weiteren Sinne (s. 3.4) ist auf den Bodenabtragsflächen signifikant höher als auf den anderen Flächen, unabhängig von der Flächengröße. Auf Flächen ohne Bodenabtrag unterscheidet sich die Zielartenzahl der Kryptogamen kaum von der Anzahl aller Kryptogamen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

4.2.4. Moose

Die Bodenabtragsflächen weisen bei allen Flächengrößen mehr Moosarten auf als die neu angelegten Kalkmagerrasen ohne Bodenabtrag, wobei dieser Unterschied nur bei Flächen größer 1 m² signifikant ist (Abb. 2). Auf der Abtragsfläche 506 A sind die Moosartenzahlen bei allen Flächengrößen über 0,01 m² signifikant am höchsten. Die zweischürige Fläche weist jedoch die niedrigsten Artenzahlen der Moose auf und unterscheidet sich bei 4 m² und 0,0625 m² signifikant von der einschürigen, bei Aufnahmeflächen unter 1 m² signifikant von der beweideten Variante.

Die Abtragfläche 506 A ist bezüglich der Zielarten der Moose im weiteren Sinne bei Flächen größer 1 m² signifikant artenreicher als die anderen Flächen. Die zweischürige Fläche ist bei 16 m², 0,0625 m² und 0,01 m² signifikant artenärmer als die beweidete und bei 0,0625 m² signifikant artenärmer als die einschürige Fläche.

Betrachtet man nur die Artenzahlen der Moose aus den soziologischen Gruppen *Abietinellion* und *Tortelletum inclinatae*, so erweist sich das Rollfeld als signifikant artenreicher als alle Flächen ohne Bodenabtrag. Während sich die Abtragsfläche 506 A nicht signifikant vom Rollfeld unterscheidet, ist die Bodenabtragsfläche am Nordwest-Sammler, abgesehen von der kleinsten Flächengröße, signifikant artenärmer als das Rollfeld und weist bei Flächen unter 100 m² keine signifikanten Unterschiede mehr zur Altheide auf. Die Anzahl der *Abietinellion-* und *Tortelletum inclinatae*-Arten ist in den neu angelegten Kalkmagerrasen ohne Oberbodenabtrag durchgehend signifikant niedriger als auf allen Abtragsflächen und bei

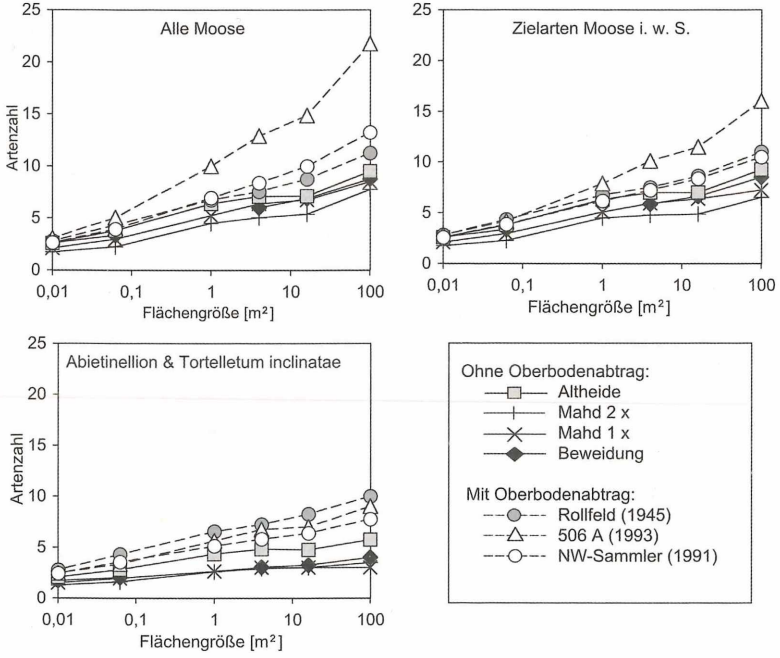


Abb. 2: Beziehungen zwischen Artenzahl und Flächengröße für alle Moosarten, die Zielarten der Moose im weiteren Sinne (nach NEBEL & PHILIPPI 2000, 2001) und die *Abietinellion-* und *Tortelletum inclinatae*-Arten als Zielarten der Moose im engeren Sinne in neu angelegten Kalkmagerrasen mit und ohne Bodenabtrag im Vergleich zu den Referenzflächen im Naturschutzgebiet (graue Signaturen). Dargestellt sind die Mittelwerte der Artenzahlen für die logarithmierten Flächengrößen.

Figure 2: Species-area curves of all moss species, moss target species in a broad sense (without ruderals), and of *Abietinellion* and *Tortelletum inclinatae* moss target species in a strict sense for the newly restored calcareous grasslands in comparison to reference sites in the nature reserve (grey symbols).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Flächengrößen über 0,0625 m² auch signifikant niedriger als in der Altheide. Dabei ist die beweidete Fläche bei 100 m² signifikant artenreicher als die einschürige und unterhalb von 1 m² signifikant artenreicher als die zweischürige.

4.2.5. Flechten

Wie bei den Moosen, so ist auch die Artenzahl der Flechten auf Bodenabtragsflächen deutlich höher als auf Flächen ohne Bodenabtrag (Abb. 3), auf denen bis auf zwei Ausnahmen nur zwei *Cladonia*-Arten (*C. furcata* und *C. rangiformis*) vorkamen (signifikant bei allen Flächengrößen unter 100 m² mit $p<0{,}001$, bei 100 m² $p<0{,}05$). Das Rollfeld ist bei einer Bezugsflächengröße von 4 m² artenärmer als beide neu angelegten Bodenabtragsflächen ($p<0{,}001$), bei 16 m² und 1 m² artenärmer als der Nordwest-Sammler ($p<0{,}01$).
Bei Betrachtung der Zielarten der Flechten im weiteren Sinne, d. h. ohne vorwiegend epiphytisch vorkommende Arten (Klasse *Hypogymnia physodis* Follmann 1974 und Verband *Xanthorion parietinae*), sind die Abtragsflächen bei allen Flächengrößen signifikant artenreicher als die Flächen ohne Bodenabtrag. Die Anzahl der strenger definierten Zielarten, d. h. der Arten des *Toninion coeruleonigricantis*, ist dagegen auf dem Rollfeld bei allen Flächengrößen unter 16 m² signifikant höher als auf den neuen Abtragsflächen.

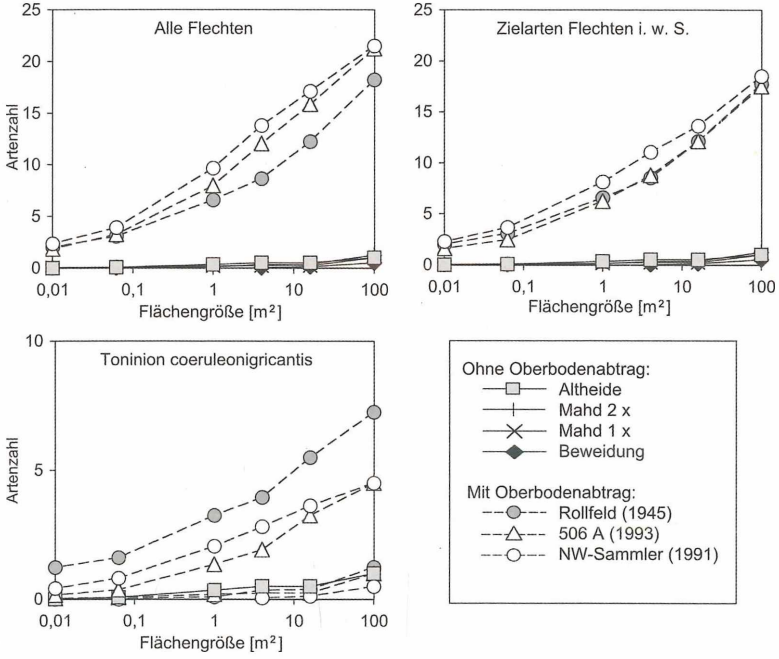


Abb. 3: Beziehungen zwischen Artenzahl und Flächengröße für alle Flechtenarten, die Zielarten der Flechten im weiteren Sinne (*Verrucarietea nigrescentis, Rhizocarpetea geographici* und *Toninion caeruleonigrescentis*) und die Zielarten der Flechten im engeren Sinne (*Toninion caeruleonigricantis)* in neu angelegten Kalkmagerrasen mit und ohne Bodenabtrag im Vergleich zu den Referenzflächen im Naturschutzgebiet (graue Signaturen). Dargestellt sind die Mittelwerte der Artenzahlen für die logarithmierten Flächengrößen.

Figure 3: Species-area curves of all lichen species, lichen target species in a broad sense (*Verrucarietea nigrescentis, Rhizocarpetea geographici* and *Toninion caeruleonigrescentis*) and lichen target species in a strict sense (*Toninion caeruleonigrescentis*) for the newly restored calcareous grasslands in comparison to reference sites in the nature reserve (grey symbols).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

4.3. Phytomasseverteilung auf den Flächen

Die Phytomasse der Gefäßpflanzenfraktion oberhalb von 4 cm über dem Boden ist auf der Brachfläche des Flurstücks 506/508 (ohne Bodenabtrag) am höchsten (siehe Tab. 5). Sie liegt über den Werten der Altheide, die wiederum höhere Werte als die beweidete Fläche 2526 aufweist. Auf allen Abtragsflächen mit Ausnahme der Fläche 520 A sind die Werte signifikant niedriger als auf Flächen ohne Bodenabtrag, wobei das Rollfeld und der Nordwest-Sammler die niedrigsten Werte aufweisen.

Die Gefäßpflanzenfraktion unterhalb von 4 cm Höhe besteht hauptsächlich aus Stängeln, Grundblättern, Rosetten und niedrigwüchsigen Pflanzen. Die Phytomasse dieser Fraktion ist in der Altheide und auf den ein- und zweischürigen Flächen ohne Bodenabtrag deutlich höher als auf den beweideten Flächen 2526 und 520. Während sich das Rollfeld hinsichtlich der Gefäßpflanzenfraktion < 4 cm nicht von den beweideten Flächen unterscheidet, weisen der Nordwest-Sammler und die Abtragsfläche 520 A einen signifikant geringeren und die Abtragsfläche 506 A einen signifikant höheren Wert auf als die Beweidungsflächen.

Die Phytomasse akrokarper, niedrigwüchsiger Moospolster ist auf den Abtragsflächen, die einen großen Anteil an offenem Boden aufweisen, signifikant höher als auf den Flächen ohne Bodenabtrag. Pleurokarpe Moose erreichen dagegen auf den einschürigen Flächen (ohne Bodenabtrag) mit einer durchschnittlichen Trockenmasse von etwa 300 g/m² die höchste Phytomasse. Die beweideten und zweischürigen Flächen weisen eine deutlich geringere Phytomasse pleurokarper Moose auf, vergleichbar mit einigen Abtragsflächen. Auf dem Nordwest-Sammler kommen nur sehr geringe Mengen pleurokarper Moose vor.

Während Cladonien auf den Bodenabtragsflächen dichte Lager bilden, treten sie in der meist dicken pleurokarpen Moosschicht der Flächen ohne Bodenabtrag nur als einzelne Podetien auf, die aber zum Teil die ganze Moosschicht durchsetzen und so Maximalwerte von 21 g/m² (eine Probe der einschürigen Fläche) erreichen. Auf den Bracheflächen wurden keine Flechten gefunden, in der Beweidungsfläche 2526 wurden sie zwar bei der Phytomassebestimmung nicht erfasst, traten aber hin und wieder in den Vegetationsaufnahmen auf. Das Rollfeld weist mit einem Mittelwert von 17 g/m² die signifikant höchste Flechtenbiomasse auf.

Tab. 5: Oberirdische Phytomasse der Gefäßpflanzen, Moose und Flechten im Jahr 2003. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte der Trockenmasse in g/m². Gleiche Buchstaben bedeuten, dass Unterschiede nicht signifikant sind (spaltenweise zu lesen). * = Werte wurden nach der Pflegmahd erhoben und sind deshalb nicht mit denen der anderen Standorte vergleichbar.

Table 5: Above-ground standing crop of vascular plants, mosses and lichens in 2003. Data represents the mean values of dry mass (g/m²). Identical letters show that differences are not significant (to be read columnwise). * = values were measured after mowing and therefore not comparable with those of the other sites.

Fläche	Gefäßpflanzen			Moose			Flechten	Alle Arten	*n*
	> 4 cm	< 4cm	gesamt	akrokarpe	pleurokarpe	gesamt			
Ohne Bodenabtrag									
Altheide	163,0 b	75,8 ab	238,8 a	0 b	67,0 c	67,0 c	0,6 c	306,4 b	24
Mahd 2x	82,6 *	83,0 a	165,6 *	0 b	63,5 cd	63,5 c	0,1 c	229,2 *	12
Mahd 1x	101,1 *	70,9 ab	172,0 *	0 b	291,3 a	291,3 a	0,9 c	464,2 *	24
Brache 506	248,8 a	64,6 abcd	313,4 a	0 b	177,0 b	177,0 b	0 c	490,4 a	12
Beweid.2526	69,4 e	53,0 d	122,4 d	0 b	65,0 d	65,0 c	0 c	187,4 de	12
Beweid. 520	109,7 bcd	48,6 d	158,3 b	0 b	20,3 e	20,3 de	0 c	178,6 e	12
Brache 520	163,6 abc	45,5 de	209,1 abc	0 b	104,1 bcde	104,1 bcd	0 c	313,2 bc	6
Mit Bodenabtrag									
Rollfeld	15,4 g	59,8 cd	75,2 e	24,6 a	63,0 de	87,6 c	17,4 a	180,2 de	24
506 A	30,9 f	67,2 bc	98,1 de	33,6 a	139,2 bc	172,8 bc	2,0 c	272,9 bcde	24
520 A	66,0 cdef	28,5 ef	94,5 cdef	7,7 a	69,5 cde	77,2 c	1,3 b	173,0 cde	12
NW-Sammler	8,6 g	20,3 f	28,9 f	6,8 a	5,2 f	12,0 e	0,3 c	41,2 f	12

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

5. Diskussion

5.1. Einfluss des Bodenabtrags auf die Artendiversität und Artenzusammensetzung

In der vorliegenden Untersuchung zeigen sich die deutlichsten Unterschiede zwischen Flächen mit und ohne Bodenabtrag. Die in der Regel höheren Gefäßpflanzenartenzahlen auf Flächen ohne Bodenabtrag im Vergleich zu den Abtragsflächen sind auf den größeren Anteil an mesophilen Wiesenarten bzw. Ruderalarten zurückzuführen, die auf den Abtragsflächen aufgrund des Abtrags der Diasporenbank und des trockenen und nährstoffarmen Bodens ausfallen. Da die *Festuco-Brometea*-Arten an die extremeren Standortbedingungen auf den Abtragsflächen angepasst sind, unterscheidet sich ihre Anzahl nicht zwischen Flächen mit und ohne Bodenabtrag. Zu einem Rückgang dieser Zielarten aufgrund der Konkurrenz durch Ruderalarten und produktive Grünlandarten ist es in den neu angelegten Magerrasen ohne Bodenabtrag bisher nicht gekommen, da die Phytomasseproduktion dort trotz hoher P- und K-Gehalte in den meisten Jahren durch Trockenheit und mangelnde Stickstoffverfügbarkeit begrenzt wird (KIEHL et al. 2003).
Die Flächen ohne Oberbodenabtrag zeichnen sich im Vergleich zu den Abtragsflächen durch eine höhere Gefäßpflanzendeckung und -phytomasse und eine höhere Streudeckung aus. Auf den Flächen ohne Bodenabtrag wurden schon im ersten Jahr nach der Mähgutübertragung durch das Auskeimen der mit dem Mähgut aufgebrachten bzw. in der Diasporenbank vorhandenen Arten hohe Deckungswerte der Gefäßpflanzen erreicht (THORMANN et al. 2003), so dass hier von Anfang an schlechtere Bedingungen für eine Ansiedlung schwachwüchsiger Kryptogamen gegeben waren.

Die Artenzahlen der Kryptogamen und aller Pflanzengruppen sind auf Bodenabtragsflächen durchgehend höher als auf Flächen ohne Abtrag, unabhängig davon, ob nur die Zielarten oder alle Arten betrachtet werden. Dies ist vor allem auf den weitaus größeren Anteil offener Bodenstellen zurückzuführen. Auf die Bedeutung offener Bodenstellen für die Artendiversität von Kryptogamen ist von vielen Autoren hingewiesen worden (z. B. TOPHAM 1977, GÜNZL 2001). Aufgrund ihrer geringen Konkurrenzfähigkeit unter mittleren Feuchte- und Beschattungsverhältnissen (WIRTH 1995, NEBEL & PHILIPPI 2000, 2001) treten akrokarpe Moose und Flechten auf den Flächen ohne Bodenabtrag bis auf wenige Arten nicht in Erscheinung, während sie sich auf den hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit und Besonnung extremeren Abtragsflächen mit hohen Artenzahlen ansiedeln konnten. Lediglich schneller wachsende und weniger lichtbedürftige pleurokarpe Moose (NEUMAYR 1971, NEBEL & PHILIPPI 2001), die mit dem Mähgut auf die Flächen übertragen werden können (Geländebeobachtung bei der Mähgutübertragung 2004), konnten sich auf den Flächen ohne Bodenabtrag gut etablieren.

Auf den Abtragsflächen konnten vor allem die mit hoher Artenzahl auftretenden saxikolen Flechten und die lichtbedürftigen und trockenheitsresistenten akrokarpen Laubmoose (z.B. *Tortella spp., Ditrichum flexicaule*) des *Tortelletum inclinatae* den anstehenden Schotter besiedeln. Dichte akrokarpe Moospolster und Cladonien sind hier aufgrund der extremeren Standortbedingungen durchaus in der Lage, mit den pleurokarpen Moosen zu konkurrieren. Die Arten des *Toninion coeruleonigricantis* siedeln sich vermehrt allerdings erst bei zunehmender Verwitterung der Gesteine und damit höherem Feinbodenanteil an. Sie sind auf dem 1945 abgetragenen Rollfeld weit verbreitet und kommen auf den neu angelegten Abtragsflächen erst vereinzelt vor. Langfristig sind sie unter ungestörten Bedingungen jedoch gegenüber den Cladonien nicht konkurrenzfähig (GÜNZL 2001). Bei leichter Störung, z. B. an Wegrändern oder den kleinen Böschungen von Bodenabtragsflächen, können Sie sich jedoch gegenüber den trittempfindlicheren Cladonien behaupten.

5.2. Artendiversität neu angelegter Flächen im Vergleich zu bestehenden Flächen

Die neu angelegten Kalkmagerrasen sind nach 12 Jahren Entwicklung deutlich artenreicher als die Flächen im Naturschutzgebiet „Garchinger Heide" Die etwas geringeren Gefäßpflanzenartenzahlen der Altheide im Vergleich zu anderen Kalkmagerrasen Mittel-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

und Nordeuropas (BOCH & DENGLER 2004, LÖBEL et al. 2004, DENGLER 2005) lassen sich zum Teil durch die späte Aufnahme der Flächen im August des trockenen Jahres 2003 erklären. Die Erfassung der Frühjahrsarten wurde zwar 2004 nachgeholt, doch können einige später auftretende Arten im August 2003 schon verschwunden gewesen sein. Außerdem bewirkte das bis 2003 zur Pflege angewandte zweijährige Mahdregime (mit jährlicher Streifenmahd) aufgrund der erhöhten Streudeckung vermutlich eine Abnahme schwachwüchsiger Arten (KÖHLER et al. 2005, LANGENAUER et al. 2000).

Wird die Anzahl aller Gefäßpflanzen und Moosarten betrachtet, so lassen sich die höheren Artenzahlen in den neu angelegten Magerrasen im Vergleich zu Altheide und Rollfeld durch die höhere Anzahl an Ruderalarten und Arten des Wirtschaftsgrünlandes erklären (Tab. 6 am Ende) und sind deshalb nicht als positiv zu bewerten (vgl. KIEHL & JESCHKE 2005). Die geringere Anzahl kalkmagerrasentypischer Gefäßpflanzen und Moose auf den Renaturierungsflächen im Vergleich zu den Referenzstandorten im Naturschutzgebiet ist dadurch zu erklären, dass nicht alle im Naturschutzgebiet vorkommenden Arten mit dem Mähgut auf die neuen Flächen übertragen werden konnten und die natürliche Ausbreitung nur sehr langsam verläuft (THORMANN et al. 2003, KIEHL et al. 2006). Auf dem Nordwest-Sammler und der Fläche 506A (angelegt 1991 bzw. 1993) konnte sich die für das Rollfeld typische mosaikartige Matrix aus Kryptogamenpolstern (v. a. *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Rhytidium rugosum* und *Cladonia* sp.), Zwergsträuchern (*Globularia cordifolia*) und Horstgräsern (*Carex humilis, Bromus erectus*) noch nicht soweit etablieren, dass dadurch Ruderalarten verdrängt würden. Durch das Vorkommen spärlich eingestreuter Ruderal- und Saumarten, die eher in großen als in kleinen Aufnahmeflächen zu finden sind, sind diese Flächen zwar bei Flächengrößen über 1 m² artenreicher, darunter aber artenärmer als das 60 Jahre alte Rollfeld.

Durch Oberbodenabtrag wird in der Münchner Schotterebene der anstehende quartäre Schotter freigelegt, der in kurzer Zeit von saxicolen Flechten der *Verrucarietea nigrescentis* und *Rhizocarpetea geographici* und trockenheitstoleranten Moosen des *Abietinellion* und *Tortelletum inclinatae* besiedelt werden kann. Auf den jüngeren Abtragsflächen finden sich auch ubiquistische Moose wie *Ceratodon purpureus, Bryum caespititium* und *B. argenteum* ein, die auf dem älteren Rollfeld fehlen. Diese zeigen sich aber nur an frischen Störstellen wie an Mauselöchern und können sich langfristig vermutlich nicht auf den Flächen halten (vgl. NEBEL & PHILIPPI 2000, 2001). Die beginnende Bodenbildung führt schließlich zur Abnahme der saxicolen Krustenflechten und zum Auftreten von Cladonien und Arten des *Toninion caeruleonigricantis* (TOPHAM 1977, GÜNZL 2001). Dieses Stadium ist auf dem Rollfeld bereits erreicht, während Strauchflechten auf den neuen Flächen noch deutlich seltener auftreten und dort bisher keine Arten der Bunten Erdflechtengesellschaft (*Toninio-Psoretum decipientis*) nachgewiesen werden konnten. Die im Vergleich zum Rollfeld höheren Artenzahlen aller Flechten auf dem Nordwest-Sammler sind in der hohen Zahl von saxikolen Krustenflechten begründet. Diese finden dort durch die hohe Steindeckung, die geringe Moos- und Gefäßpflanzendeckung und die besonders niedrige Gesamtphytomasse einen geeigneten Lebensraum.

5.3. Einfluss des Managements auf die Artendiversität

Kalkmagerrasen bedürfen zu ihrer Erhaltung regelmäßiger extensiver Nutzung oder Pflege (WILLEMS 2001, POSCHLOD & WALLISDEVRIES 2002). Die angewandten Maßnahmen unterscheiden sich dabei jedoch in ihren Auswirkungen (BOBBINK & WILLEMS 1988, DOLMAN & SUTHERLAND 1992, PFADENHAUER et al. 2003). Dabei wird der Störungsfrequenz und -intensität entscheidende Bedeutung für die Artendiversität beigemessen (DOLMAN & SUTHERLAND 1992, GRACE 1999).

Auf den untersuchten Flächen waren die Artenzahlen bei zweischüriger Mahd hinsichtlich aller aufgenommenen Artengruppen niedriger als bei den anderen Pflegemaßnahmen. Nur bei den Moosen des *Abietinellion* und *Tortelletum inclinatae* als Zielarten im engeren Sinne trat kein großer Unterschied zur einschürigen Mahd, wohl aber zur Beweidung auf. Die

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

geringere Anzahl der *Festuco-Brometea*-Arten lässt sich einerseits durch die Konkurrenz mit schnitttoleranten Grünlandarten der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* erklären. THORMANN et al. (2003) haben bei zweischüriger Mahd eine Förderung der Grünlandarten festgestellt. Entscheidend ist aber vermutlich, dass die im Juli/August 1993 mit dem Mähgut übertragenen *Festuco-Brometea*-Arten (KIEHL et al. 2006) im Frühsommer blühen und bei zweischüriger Mahd durch den ersten Schnitt Ende Mai oftmals geschädigt werden (vgl. auch QUINGER 2002). Obwohl die einschürige Variante nur bei 100 m² ärmer an *Abietinellion*- und *Tortelletum*-Arten ist als die beweidete Fläche, bietet sie konkurrenzschwachen Kryptogamenarten langfristig vermutlich keine geeigneten Bedingungen, da sie die höchste Phytomasse pleurokarper Moose aller untersuchten Flächen aufweist. Bei einer dichten, hohen Moosschicht können sich langsamwüchsige Moose nicht dauerhaft etablieren (ZAMFIR et al. 1999). Die beweidete Fläche weist bei ähnlichen Ausgangsbedingungen (THORMANN et al. 2003) und Artenzahlen eine geringere Moosphytomasse und Streudeckung als die einschürige Variante auf. Da die Beweidung durch Tritt die Dominanz pleurokarper Moose mindert und die Schaffung offener Bodenstellen fördert, kommt es auf beweideten Flächen zu höheren Moosartenzahlen als auf gemähten (DURING & VAN TOOREN 1990, VAN TOOREN 1988).

5.4. Verwendung von Zielarten zur Maßnahmenevaluation

Die in der vorliegenden Arbeit definierten Zielartengruppen eignen sich besser für die Bewertung der Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen als die reinen Artenzahlen der Gefäßpflanzen und Kryptogamen. Da bei der Renaturierung vormals intensiv genutzter Flächen die Zusammensetzung artenreicher Reliktbestände auch in langen Zeiträumen kaum erreicht wird (GIBSON & BROWN 1991, ROSENTHAL 2003), kann das Auftreten von Zielarten als Indikator für die Entwicklung hin zu einer typischen Vegetation gewertet werden. Durch steigende Zielartenzahlen bei zukünftigen Aufnahmen auf den neu angelegten Magerrasen ließe sich eine weitere Annäherung an die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt der Vegetation des Naturschutzgebiets nachweisen (vgl. MORTIMER et al. 1998).

Wie bereits beim Vergleich ursprünglicher und neu angelegter Magerrasen (KIEHL & JESCHKE 2005), so zeigt sich auch beim Vergleich unterschiedlicher Pflegemaßnahmen in der vorliegenden Arbeit, dass die *Festuco-Brometea*-Arten als Zielarten der Gefäßpflanzen für die Bewertung gut geeignet sind.

Bei der Anwendung der allgemein nach NEBEL & PHILIPPI (2001/2002/2005) definierten kalkmagerrasentypischen Zielarten der Moose ergeben sich kaum Unterschiede zu den Artenzahlen aller Moose. Bei einer Definition der strengeren Zielarten für die Moose, die nur die soziologischen Gruppen *Abietinellion* und *Tortelletum inclinatae* (nach MARSTALLER 1993) einbezieht, wird dagegen deutlich, dass die neu angelegten Magerrasen zwar bereits geeignete Standorte für einige der Zielarten darstellen, andere seltenere Arten wie z.B. *Tortella inclin*ata und *Ditrichum flexicaule* dort aber noch weitgehend fehlen.

Die Zielarten der Flechten im weiteren Sinne, die neben Arten des *Toninion caeruleonigricantis* auch die saxicolen Krustenflechten (*Verrucarietea nigrescentis* und *Rhizocarpetea geographici*) umfassen, sind ebenfalls schlechter für die Bewertung des Renaturierungserfolges geeignet als die strenger definierte Zielarten des *Toninion caeruleonigricantis*. Kalkmagerrasentypische Moose und Flechten wie die hier definierten Zielarten im engeren Sinne können also einen zusätzlichen Beitrag zur Bewertung des Renaturierungserfolges liefern, da sie deutlich sensibler auf Veränderungen innerhalb der Boden- und Streuschicht reagieren als Gefäßpflanzen (TOPHAM 1977, ZAMFIR et al. 1999, GÜNZL 2001).

Die *Festuco-Brometea*-Arten, Moosarten des *Abietinellion* und des *Tortelletum inclinatae* sowie die Flechtenarten des *Toninion caeruleonigricantis* eignen sich auch für eine Bewertung der Flächen im Sinne des Schutzes seltener Arten, da sie hohe Anteile an Rote-Liste-Arten enthalten (SCHEUERER & AHLMER 2003, MEINUNGER & NUSS 1996, WIRTH et al. 1996) und alle bisher gefundenen Rote-Liste-Arten zu den Zielartengruppen gehören (siehe Tab. 2, 3, 6).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 6: Stetigkeiten der Gefäßpflanzen auf den im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgenommenen Flächen in ursprünglichen Kalkmagerrasen des Naturschutzgebiets „Garchinger Heide" und auf Renaturierungsflächen mit und ohne Bodenabtrag.
+: Art kommt nur in den 100 m²-Flächen vor. x: Art kommt im NSG „Garchinger Heide" vor (z. T. außerhalb der Aufnahmeflächen). FB: Zielarten der Klasse *Festuco-Brometea* (fett gedruckt); MA: Arten der Klasse *Molinio-Arrhenateretea*; R: Ruderalarten. RL By: Rote-Liste Status in Bayern nach SCHEUERER & AHLMER (2003), V: Vorwarnstufe.

Tab. 6: Frequency of vascular plants on ancient calcareous grassland plots in the Garchinger Heide nature reserve and on permanent plots of the newly created restoration sites with and without topsoil removal.
+: species was found only in 100 m² plots. x: species occurs in the nature reserve (also outside permanent plots). FB: target species of the class *Festuco-Brometea* (in bold); MA: species of the class *Molinio-Arrhenatheretea*; R: ruderals. RL By: Red List status in Bavaria (SCHEUERER & AHLMER 2003), 1: critically endangered, 2: endangered, 3: vulnerable, V: near threatened.

	NSG		Renaturierungsflächen					im NSG vorkommend	Artengruppe	RL By
Oberbodenabtrag (Jahr)	1945	-	1993	1991	-	-	-			
Anzahl Aufnahmen (n)	20	20	20	16	20	16	20			
mittl. Artenzahl Gefäßpflanzen 4 m²	25,6	23	23,7	24,75	23,85	30,37	27,65			
mittl. Zielartenzahl Gefäßpflanzen 4 m²	25,1	22,3	20,4	17,44	14,2	19,87	19,05			
	RF	**AH**	**506A**	**NWS**	**M2x**	**M1x**	**BW**			
nur im NSG										
Erica herbacea	IV	I	.	.	.	.	.	x	FB	V
Euphorbia cyparissias	III	III	.	.	.	.	.	x	FB	
Thesium linophyllon	III	II	.	.	.	.	.	x	FB	3
Briza media	I	I	.	.	.	.	.	x	FB	
Daphne cneorum	I	I	.	.	.	.	.	x	FB	2
Pulsatilla patens	I	I	.	.	.	.	.	x	FB	1
Gentiana clusii	II	.	.	.	.	.	.	x	FB	2
Adonis vernalis	.	I	.	.	.	.	.	x	FB	2
Carex caryophyllea	I	.	.	.	.	.	.	x	FB	
Carex montana	.	I	.	.	.	.	.	x	FB	
Danthonia decumbens	I	.	.	.	.	.	.	x	FB	V
Polygala comosa	I	.	.	.	.	.	.	x	FB	V
Gentiana germanica	+	.	.	.	.	.	.	x	FB	3
Gypsophila repens	+	.	.	.	.	.	.	x	FB	V
Polygonatum odoratum	+	.	.	.	.	.	.	x	FB	V
Potentilla alba	.	+	.	.	.	.	.	x	FB	3
nur im NSG und auf Abtragsflächen										
Carex ericetorum	IV	V	I	I	.	.	.	x	FB	3
Teucrium montanum	V	II	II	I	.	.	.	x	FB	V
Globularia punctata	IV	II	II	I	.	.	.	x	FB	3
Viola hirta	II	III	I	II	.	.	.	x	FB	
Carex humilis	V	V	+	II	.	.	.	x	FB	V
Potentilla arenaria	IV	III	+	I	.	.	.	x	FB	3
Globularia cordifolia	IV	IV	I	.	.	.	.	x	FB	
Polygala chamaebuxus	IV	IV	I	.	.	.	.	x	FB	V
Hieracium pilosella	+	.	I	.	.	.	.	x	FB	
nur auf neuen Abtragsflächen										
Hieracium piloselloides	.	.	I	I	.	.	.	x	FB	
Sedum acre	.	.	.	IV	.	.	.	x	FB	
Acinos arvensis	.	.	.	III	.	.	.	x	FB	
Hypericum perforatum	.	.	.	III	.	.	.	x	FB	
Seseli annuum	.	.	II	.	.	.	.	x	FB	3
Hypochaeris maculata	.	.	I	.	.	.	.	x	FB	3
Potentilla heptaphylla	.	.	.	I	.	.	.	x	FB	V
Salvia verticillata	.	.	.	I	.	.	.	x	FB	V
Leontodon autumnalis	.	.	.	I	.	.	.		MA	
Betula pubescens	.	.	I	I	.	.	.	x	R	
Salix purpurea	.	.	I	+	.	.	.	x	R	
Inula conyzae	.	.	.	II	.	.	.		R	V
Pinus sylvestris	.	.	.	II	.	.	.	x	R	
Viola reichenbachiana cf.	.	.	.	II	.	.	.		R	
Fragaria vesca	.	.	.	I	.	.	.		R	
Geranium rotundifolium	.	.	.	I	.	.	.	x	R	
Poa compressa	.	.	.	I	.	.	.		R	
Rosa sp.	.	.	.	I	.	.	.	x	R	
Setaria viridis	.	.	.	I	.	.	.		R	
Verbascum lychnitis	.	.	.	I	.	.	.		R	
nur auf neu geschaffenen Flächen										
Galium verum	.	.	I	II	I	II	V	x	FB	
Silene vulgaris	.	.	+	I	I	I	+	x	FB	
Medicago lupulina	.	.	.	III	V	IV	III	x	FB	
Inula hirta	.	.	.	I	I	IV	II	x	FB	3
Arabis hirsuta	.	.	I	II	.	.	III	x	FB	V
Agrimonia eupatoria	.	.	.	I	I	II	I	x	FB	
Sanguisorba minor	.	.	.	IV	I	.	.	x	FB	
Dianthus carthusianorum	.	.	III	.	.	I	.	x	FB	V
Aster amellus	.	.	I	.	.	.	I	x	FB	3
Medicago falcata	.	.	I	.	.	.	I	x	FB	
Phleum phleoides	.	.	I	.	.	.	I	x	FB	V
Veronica spicata	.	.	I	.	.	I	.	x	FB	

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Ononis spinosa	.	.	I	.	.	.	+	x	FB	V
Achillea millefolium	.	.	III	III	II	II	V	x	MA	
Taraxacum officinale agg.	.	.	.	V	V	V	V	x	MA	
Poa pratensis ssp. angustifolia	.	.	.	II	II	V	V	x	MA	
Daucus carota	.	.	I	I	+	.	II	x	MA	
Plantago lanceolata	.	.	.	II	II	I	.	x	MA	
Cerastium fontanum	.	.	.	I	.	I	I	x	MA	
Trifolium repens	.	.	.	I	I	.	.	x	MA	
Poa pratensis	.	.	+	.	III	.	.		MA	
Phleum pratense	.	.	II	.	.	+	.	x	MA	
Trifolium campestre	.	.	.	II	I	V	V	x	R	
Arenaria serpyllifolia	.	.	I	IV	.	II	II	x	R	
Veronica arvensis	.	.	.	I	III	III	I		R	
Calamagrostis epigejos	.	.	.	II	+	+	I	x	R	
Viola arvensis	.	.	+	I	I	.	.		R	
Myosotis arvensis	.	.	.	I	.	I	.		R	
Conyza canadensis	.	.	.	I	+	.	.		R	
Cornus sanguinea	.	.	.	I	+	.	.		R	
nur auf neu geschaffenen Flächen ohne Abtrag										
Vicia angustifolia	.	.	.	.	I	V	.	x	FB	
Campanula glomerata	.	.	.	.	.	.	I	x	FB	V
Orobanche gracilis	.	.	.	.	.	.	I	x	FB	V
Ranunculus bulbosus	.	.	.	.	+	+	.	x	FB	
Campanula rapunculoides	.	.	.	.	.	+	.		FB	
Avenula pubescens	.	.	.	.	III	III	I	x	MA	
Trifolium pratense	.	.	.	.	IV	I	I		MA	
Veronica chamaedrys	.	.	.	.	I	I	.	x	MA	
Pastinaca sativa	.	.	.	.	I	I	.		MA	
Tragopogon pratense ssp. orientalis	.	.	.	.	I	.	I	x	MA	V
Trisetum flavescens	.	.	.	.	.	III	.		MA	
Knautia arvensis	.	.	.	.	.	I	.	x	MA	
Clinopodium vulgare	.	.	.	.	I	+	I		R	
Lactuca serriola	.	.	.	.	I	I	.		R	
Avena fatua	.	.	.	.	.	.	I		R	
Erigeron annuus	.	.	.	.	I	.	.		R	
Ranunculus repens	.	.	.	.	I	.	.		R	
Solidago canadensis	.	.	.	.	I	.	.		R	
nur auf Flächen ohne Oberbodenabtrag										
Allium carinatum	.	+	.	.	.	III	II	x	FB	3
Arten des NSG, die durch Mähgutübertragung auf Renaturierungsflächen mit und ohne Abtrag übertragen wurden										
Helianthemum nummularium ssp. obscurum	V	V	V	I	IV	V	V	x	FB	
Bromus erectus	V	IV	III	III	V	V	V	x	FB	
Peucedanum oreoselinum	V	V	IV	II	III	III	V	x	FB	V
Asperula cynanchica	IV	II	V	V	III	V	III	x	FB	V
Centaurea scabiosa	II	IV	IV	III	V	V	IV	x	FB	
Linum perenne	I	IV	II	IV	V	V	V	x	FB	1
Brachypodium rupestre	IV	IV	I	V	I	II	III	x	FB	
Prunella grandiflora	IV	II	V	IV	III	III	III	x	FB	V
Genista tinctoria	III	III	II	III	IV	V	V	x	FB	
Buphthalmum salicifolium	IV	II	V	II	II	III	II	x	FB	
Thymus praecox	V	II	IV	V	I	I	I	x	FB	V
Hippocrepis comosa	I	III	III	I	V	III	II	x	FB	V
Dorycnium germanicum	V	III	IV	II	I	I	I	x	FB	3
Campanula rotundifolia	II	I	V	III	I	I	III	x	FB	
Centaurea jacea ssp. angustifolia	I	V	II	I	I	I	III	x	FB	V
Scabiosa canescens	IV	II	III	I	I	I	I	x	FB	2
Festuca rupicola	I	+	V	V	V	V	IV	x	FB	V
Betonica officinalis	+	III	III	+	IV	V	V	x	FB	
Koehleria pyramidata	I	+	I	V	III	IV	V	x	FB	V
Coronilla varia	I	II	III	II	+	IV	I	x	FB	
Salvia pratensis	I	+	I	I	I	I	II	x	FB	
Chamaecytisus ratisbonensis	IV	III	III	+	+	+	+	x	FB	3
Anthyllis vulneraria	V	I	V	.	IV	IV	II	x	FB	
Anthericum ramosum	II	V	V	IV	.	I	I	x	FB	V
Trifolium montanum	II	.	III	I	III	III	IV	x	FB	V
Filipendula vulgaris	I	V	I	.	II	III	III	x	FB	3
Pimpinella saxifraga ssp. saxifraga	.	II	III	II	I	+	V	x	FB	
Rhinanthus glacialis	III	+	I	.	.	V	IV	x	FB	V
Linum catharticum	I	I	III	V	.	II	.	x	FB	
Leontodon incanus	IV	III	II	I	+	.	.	x	FB	V
Galium boreale	IV	I	I	+	.	.	II	x	FB	V
Avenula pratensis	I	II	I	.	II	I	.	x	FB	V
Biscutella laevigata	III	I	I	+	.	I	.	x	FB	3
Asperula tinctoria	I	I	.	.	I	II	I	x	FB	3
Scabiosa columbaria	II	I	I	+	.	I	.	x	FB	
Senecio erucifolius	.	+	.	I	I	III	+	x	FB	V
Carduus defloratus	I	III	.	.	+	I	.	x	FB	V
Silene nutans	I	.	II	.	I	I	.	x	FB	
Euphorbia verrucosa	.	I	.	II	.	+	I	x	FB	V
Veronica austriaca	I	.	I	+	.	.	I	x	FB	2
Pulsatilla vulgaris	I	II	.	.	+	+	.	x	FB	3
Carlina acaulis	I	I	.	I	.	.	.	x	FB	V
Lotus corniculatus ssp. corniculatus	I	II	V	II	V	V	V	x	MA	
Plantago media	I	I	III	I	V	V	V	x	MA	
Galium album	.	I	I	V	V	V	V	x	MA	
Leontodon hispidus	I	I	I	I	I	I	.	x	MA	
Dactylis glomerata	+	.	.	I	IV	III	I	x	MA	
Arrhenatherum elatius	I	.	.	.	I	V	II	x	MA	
Euphrasia rostkoviana	+	I	I	.	.	.	I	x	MA	

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

6. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass Oberbodenabtrag mit nachfolgendem Mähgutauftrag eine besonders erfolgreiche Methode zur Neuanlage artenreicher Kalkmagerrasen darstellt. Diese teure Maßnahme kann aber aus ökonomischen Gründen und Gründen des Bodenschutzes nicht großflächig durchgeführt werden und sollte auf Flächen in der Nähe bestehender Magerrasenrelikte beschränkt bleiben, auf denen sich nicht nur Pflanzen sondern auch lebensraumtypische Tierarten rasch ansiedeln können (vgl. PFADENHAUER et al. 2003, KIEHL & WAGNER 2006). Im Vergleich zu Renaturierungsflächen ohne Mähgutauftrag weisen aber auch die neu angelegten Mähgutflächen ohne Bodenabtrag hohe Artenzahlen und Anzahlen von Zielarten auf (KIEHL & JESCHKE 2005). Da sich Flechten und seltene Moosarten in dichteren Beständen kaum entwickeln können, ist Beweidung als Pflegemaßnahme für die Erhaltung einer kalkmagerrasentypischen Moosvegetation langfristig vermutlich besser geeignet als Mahd.

Die in der vorliegenden Arbeit definierten Zielartengruppen der *Festuco-Brometea*-Arten für Gefäßpflanzen und der Kryptogamenarten des *Abietinellion*, des *Tortelletum inclinatae* sowie des *Toninion coeruleonigricantis* sind gut dafür geeignet, den Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen zu bewerten. Flechten und Moose stellen sowohl hinsichtlich ihrer Artenzahlen als auch ihrer Phytomasse einen wichtigen Bestandteil der Vegetation von Kalkmagerrasen dar und sollten bei Vegetationsaufnahmen unbedingt mit erfasst werden.

Danksagung

Wir danken Christine Joas (Heideflächenverein Münchner Norden e.V.) für die Koordination der Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen. Weiterhin sei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gedankt, die die durchgeführten Studien durch ein Stipendium finanziert. Dr. Helga Bültmann und Prof. Dr. Angelika Schwabe-Kratochwil danken wir für die Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

BAKKER, J. P. & BERENDSE, F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. – Trends Ecol. Evol. 14: 63–68. London.

–, GROOTJANS, A. P., HERMY, M. & POSCHLOD, P. (2000): How to define targets for ecological restoration? – Appl. Veg. Sci. 3: 3–6. Uppsala.

BENDER, O., BÖHMER, H.-J., JENS, D. & SCHUMACHER, K. (2005): Analysis of land-use change in a sector of Upper Franconia (Bavaria, Germany) since 1850 using land register records. – Landsc. Ecol. 20: 149–163. Dordrecht.

BENJAMINI, Y. & HOCHBERG, Y. (1995): Controlling the false discovery rate – a practical and powerful approach to multiple testing. – J. R. Stat. Soc. Ser. B. 57: 289–300. London.

BOBBINK, R. & WILLEMS, J. H. (1988): Effects of management and nutrient availability on vegetation structure of chalk grassland. – In: DURING, H. J., WERGER, M. J. A. & WILLEMS, J. H. (Hrsg.): Diversity and pattern in plant communities. – SPB Academic Publishing, The Hague: 183–193.

BOCH, S. & DENGLER, J. (2004): Die Trockenrasen der Insel Saaremaa (Estland): Charakterisierung und Phytodiversität (erste Ergebnisse). – Kieler Notiz. Pflanzenkd. Schleswig-Holstein 32: 3–8. Kiel.

DENGLER, J. (2005): Zwischen Estland und Portugal – Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Phytodiversitätsmuster europäischer Trockenrasen. – Tuexenia 25: 387–405. Göttingen.

DOLMAN, P. M. & SUTHERLAND, W. J. (1992): The ecological changes of Breckland grass heaths and the consequences of management. – J. Appl. Ecol. 29: 402–413. London.

DREHWALD, U. (1993): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens-Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme, Heft 10: Flechtengesellschaften. – Nat.schutz Landsch.pfl. Niedersachs. 10, Hannover: 124 S.

DURING, H. J. & VAN TOOREN, B. F. (1990): Bryophyte interactions with other plants. – Bot. J. Linn. Soc. 104: 79–98. London.

GIBSON, C. W. D. & BROWN, V. K. (1991): The nature and rate of development of calcareous grassland in southern Britain. – Biol. Conserv. 58: 297–316. London.

GRACE, J. B. (1999): The factors controlling species density in herbaceous plant communities: an assessment. – Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 2: 1–28. Jena.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

GÜNZL, B. (2001): Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft (Toninio-Psoretum decipientis Stodiek 1937) in Nordhessen – aktuelle Erfassung und Gliederung. – Tuexenia 21: 179–191. Göttingen.

HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2003): Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. – Appl. Veg. Sci. 6: 131–140. Länna.

HUTCHINGS, M. & BOOTH, K. (1996): Studies on the feasibility of re-creating chalk grassland vegetation on ex-arable land. I. The potential role of the seed bank and the seed rain. – J. Appl. Ecol. 33: 1171–1181. London.

KIEHL, K. & JESCHKE, M. (2005): Erfassung und Bewertung der Phytodiversität ursprünglicher und neu angelegter Kalkmagerrasen der nördlichen Münchner Schotterebene. – Tuexenia 25: 445–461. Göttingen.

THORMANN, A. & PFADENHAUER, J. (2003): Nährstoffdynamik und Phytomasseproduktion in neu angelegten Kalkmagerrasen auf ehemaligen Ackerflächen. – Angew. Landsch.ökol. 55: 39–71. Bonn-Bad Godesberg.

–, –, –, (2006): Evaluation of initial restoration measures during the restoration of calcareous grasslands on former arable fields. – Restor. Ecol. 14: 148–156. London.

– & WAGNER, C. (2006): Effect of hay transfer on long-term establishment of vegetation and grasshoppers on former arable fields. – Restor. Ecol. 14: 157–166. London.

KÖHLER, B., GIGON, A., EDWARDS, P. J., KRÜSI, B., LANGENAUER, R., LÜSCHER, A. & RYSER, P. (2005): Changes in the species composition and conservation value of limestone grasslands in Northern Switzerland after 22 years of contrasting managements. – Persp. Plant Ecol. Evol. Syst. 7: 51–67. Jena.

KOLLMANSBERGER, G. & GEISEL, O. (1989): Soldaten auf der Heide. – In: Gemeinde Eching, Landkreis Freising (Hrsg.): Garchinger Heide, Echinger Lohe, Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising. – Bruckmann Verlag und Druck GmbH, München: 66–67.

KORNECK et al. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstaudenfluren. – Gustav Fischer Verlag, Jena: 455 S.

LANGENAUER, R., KÖHLER, B. & GIGON, A. (2000): Ergebnisse 20-jähriger Bewirtschaftungsversuche in Halbtrockenwiesen bei Merishausen. – Mitt. Nat.forsch. Ges. Schaffhausen 45: 37–47. Schaffhausen.

LIPPERT, W. (1989): Die Garchinger Heide und ihre Pflanzenwelt. – In: Gemeinde Eching (Hrsg.): Garchinger Heide – Echinger Lohe, Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising. – Bruckmann, München: 27–52.

LÖBEL, S., DENGLER, J. & HOBOHM, C. (2004): Beziehungen zwischen der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten in Trockenrasen der Insel Öland (Schweden). – Kieler Notiz. Pflanzenkd. Schleswig-Holstein 32: 9–13. Kiel.

MARSTALLER, R. (1993): Synsystematische Übersicht über die Moosgesellschaften Zentraleuropas. – Herzogia 9: 513–541. Stuttgart.

MEINUNGER, L. & NUSS, I. (1996): Rote Liste gefährdeter Moose Bayerns. – Schr.reihe Bayer. Landesamt Umweltschutz 137: 1–62.

MILLER, U. J. & PFADENHAUER, J. (1997): Renaturierung von Kalkmagerrasen. Zur Vorhersage der gelenkten Sukzession durch Aufbringung von diasporenhaltigem Mähgut. – Verh. Ges. Ökol. 27: 155–163. Zürich.

MORTIMER, S. R., HOLLIER, J. A. & BROWN, V. K. (1998): Interactions between plant and insect diversity in the restoration of lowland calcareous grasslands in southern Britain. – Appl. Veg. Sci. 1: 101–114. Uppsala.

NEBEL, M. & PHILIPPI, G. [Hrsg.] (2000): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. I. Allgemeiner Teil; Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales). – Ulmer, Stuttgart: 512 S.

–,– (2001): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. II. Spezieller Teil (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobryales). – Ulmer, Stuttgart: 529 S.

–,– (2005): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. III. Spezieller Teil (Torfmoose, Lebermoose und Hornmoose). – Ulmer, Stuttgart: 487 S.

NEUMAYR, L. (1971): Moosgesellschaften der südlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes. – Hoppea 29: 1–364. Regensburg.

OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Ulmer, Stuttgart: 1050 S.

PATZELT, A., WILD, U. & PFADENHAUER, J. (2001): Restoration of wet fen meadows by topsoil removal: vegetation development and germination biology of fen species. – Restor. Ecol. 9: 127–136. London.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

PFADENHAUER, J. & LIEBERMANN, C. (1986): Eine geobotanische Dauerbeobachtungsfläche im Naturschutzgebiet Garchinger Haide. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 57: 99–110. München.

– & KIEHL, K. (2003): Renaturierung von Kalkmagerrasen. – Angew. Landsch.ökol. 55: 25–38. Bonn – Bad Godesberg.

–, FISCHER, F. P., SCHMID, H., THORMANN, A., WAGNER, C.& WIESINGER, K. (2003): Empfehlungen zur Neuschaffung und Wiederherstellung von Kalkmagerrasen. – Angew. Landsch.ökol. 55: 253–260. Bonn – Bad Godesberg.

POSCHLOD, P. & WALLISDEVRIES, M. F. (2002): The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands-lessons from the distant and present past. – Biol. Conserv. 104: 361–376. London.

QUINGER, B. (2002): Wiederherstellung von artenreichem Magergrünland (*Arrhenatherion*) und Magerrasen (*Mesobromion*) auf Grünlandstandorten durch Mahd im Bayerischen Alpenvorland. – In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Wiederherstellung und Neuschaffung von Magerrasen. – Schr.reihe Bayer. Landesamt Umweltschutz Heft 167. Augsburg: 80 S.

–, BRÄU, M. & KORNPROBST, M. (1994): Lebensraumtyp Kalkmagerrasen. – In: Bayerisches Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen u. Bayerische Akademie f. Landschaftspflege u. Naturschutz (Hrsg.): Landschaftspflegekonzept Bayern – Band 2.1. München: 266 S.

ROSENTHAL, G. (2003): Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration. – Agric. Ecosyst. Environ. 98: 227–246. Amsterdam.

SCHEUERER, M. & AHLMER, F. (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Schr.reihe Bayer. Landesamt Umweltschutz, Heft 165. Augsburg: 372 S.

THORMANN, A., KIEHL, K. & PFADENHAUER, J. (2003): Einfluss unterschiedlicher Renaturierungsmaßnahmen auf die langfristige Vegetationsentwicklung neu angelegter Kalkmagerrasen. Angew. Landsch.ökol. 55: 73–106. Bonn – Bad Godesberg.

TOPHAM, P. B. (1977): Colonization, Growth, Succession and Competition. – In: SEAWARD, M. R. D. (Eds.): Lichen Ecology. – Academic Press, London: 31–68.

TRÄNKLE, U. (2002): Sieben Jahre Mähgutflächen. Sukzessionsuntersuchungen zur standort- und naturschutzrechtlichen Renaturierung von Steinbrüchen durch Mähgut – 1992–1998. – Themenhefte der Umweltberatung im ISTE Baden-Württemberg e.V. 1: 1–56. Ostfildern.

VAN TOOREN, B. F. (1988): The fate of seed after dispersal in chalk grassland: the role of the bryophyte layer. – Oikos 53: 41–48. Lund.

VERHOEVEN, K. J. F., SIMONSEN, K. L. & MCINTYRE, L. M. (2005): Implementing false discovery rate control: increasing your power. – Oikos 108: 643–647. Lund.

WALLISDEVRIES, M. F., POSCHLOD, P., WILLEMS, J. H. (2002): Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. – Biol. Conserv. 104: 265–273. London.

WILLEMS, J. H. (2001): Problems, approaches, and results in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. – Restor. Ecol. 9: 147–154. London.

WIRTH, V. (1995): Die Flechten Baden-Württembergs. – Ulmer, Stuttgart: 1006 S.

–, SCHÖLLER, H., SCHOLZ, P., ERNST, G., FEUERER, T., GNÜCHTEL, A., HAUCK, M., JACOBSEN, P., JOHN, V., LITTERSKI, B. (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. – Schr.reihe Veg.kd. 28: 307–368.

ZAMFIR, M., DAI, X., VAN DER MAAREL, E. (1999): Bryophytes, lichens and phanerogams in an alvar grassland: relationships at different scales and contributions to plant community pattern. – Ecography 22: 40–52. Kopenhagen.

Dipl. Biol. Michael Jeschke
Dr. Kathrin Kiehl
Lehrstuhl für Vegetationsökologie
Technische Universität München
Am Hochanger 6
D-85350 Freising-Weihenstephan
E-mail: michael_jeschke@hotmail.com
kiehl@wzw.tum.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: NS_26

Autor(en)/Author(s): Jeschke Michael, Kiehl Kathrin

Artikel/Article: Auswirkung von Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen auf die Artenzusammensetzung und Artendiversität von Gefäßpflanzen und Kryptogamen in neu angelegten Kalkmagerrasen 223-242