

Kaninchen-Beweidung im Armerio-Festucetum trachyphyllae: Blühphänologie, Phytomasse-Entzug und Fraßpräferenzen*

Christopher FAUST, Christian STORM und Angelika SCHWABE

4 Abbildungen und 1 Tabelle

Abstract

FAUST, C.; STORM, C.; SCHWABE, A.: Impact of rabbit grazing in Armerio-Festucetum trachyphyllae vegetation: flower phenology, extraction of phytomass and diet preferences. – *Hercynia N.F.* 40 (2007): 177-192.

Optimized nature conservation and management strategies are necessary to preserve Armerio-Festucetum trachyphyllae vegetation, which is also an important habitat for a species-rich flower-visiting insect fauna, if it contains diverse flower resources. The remaining larger areas of this community in the northern upper Rhine valley are severely disturbed by a large rabbit population, which developed especially after the dry year 2003. In this study we analyse whether rabbits feed on flower resources that are important for flower-visiting wild bee species (Hymenoptera, Apoidea), and if they have an impact on flower phenology. The question which Plant Functional Types (PFTs) are mainly extracted by rabbits (Leguminosae, other herbs, graminoids) is also considered. We analysed the effects by means of a replicated six-fold split-plot design (without rabbits K-, with rabbits K+). Additionally we were able to determine the extraction rates (repeatedly mown phytomass of PFTs, afterwards dried) by comparison of sheltered mini-exlosures (1 m x 2 m) and side-by-side comparative plots. Flowers especially of entomophilous species could be recorded quantitatively. The results show that grazing had a significant negative effect in that it reduces flower quantities. Some species reacted by regrowth and a shift of flower-phenological phases (e.g. *Armeria maritima* ssp. *elongata*, *Berteroa incana*, *Sedum acre*). Rabbits preferred Fabaceae and "other herbs", but they also fed on graminoids poor in sclerenchyma. Dietary preferences changed during the year: in summer they mainly fed on Fabaceae and other herbs, in spring and early summer they additionally fed on graminoids, which were partly rejected in summer and autumn. Many of the preferred plant species were entomophilous (e.g. *Armeria*, *Erodium cicutarium*, *Medicago falcata*). Feeding impact on species with poisonous ingredients (e.g. *Euphorbia cyparissias*) and those with a high degree of sclerenchyma (e.g. *Carex hirta*) or which are pubescent (e.g. *Geranium molle*) was very low. Compared to the K- plots there was partly an extraction of up to 100 % of flowers in the K+ plots.

Key words: dry grassland, Fauna-Flora-Habitat directive, entomophilous flowers, intensive grazing, flower resources, plant functional types (PFTs), standing crop

* Das wissenschaftliche Werk von Hartmut Dierschke ist außerordentlich vielfältig und beleuchtet Pflanzengesellschaften von unterschiedlichster Stellung in der soziologischen Progression in ihrer Ausprägung in Raum und Zeit. Dennoch ist die wissenschaftliche Auseinandersetzung des Jubilars mit den Themenbereichen „Phänologie“ und „Trockenrasen und ihre Dynamik“ ganz besonders hervorzuheben. So verdanken wir ihm z.B. grundlegende Einsichten zur Abfolge von symphänologischen Gruppen in mitteleuropäischen Vegetationstypen und zur Bewirtschaftung und Sukzession von Trockenrasen. Wir widmen daher Hartmut Dierschke die folgende Arbeit zum 70. Geburtstag, die die Themenbereiche Phänologie, Trockenrasen und biotische Einflüsse verknüpft.

1 Einleitung

Auf konsolidierten, zumindest oberflächennah neutral bis schwach sauren Sanden finden sich in subkontinental beeinflussten Gebieten Deutschlands noch Bestände von *Armeria maritima* ssp. *elongata*-Sandrasen, die als Armerio-Festucetum trachyphyllae (Libbert 1933) Knapp 1948 ex Hohenester 1960 beschrieben wurden. Ihre syntaxonomische Stellung ist umstritten; sie werden zumeist dem Armerion elongatae Pötsch 1962 (Koelerio-Coryneporetea) zugeordnet (OBERDORFER 2001), vermitteln aber zwischen dieser Klasse und den Festuco-Brometea. In der nördlichen Oberrheinebene herrschen kalk- und basenreiche Sande vor, die von einem Koelerion glaucae- / Allio-Stipetum-Vegetationskomplex besiedelt werden. Im Sandgebiet bei Darmstadt treten jedoch selten bei leichter Versauerung im Oberboden Armerio-Festucetum-Bestände auf. Diese Flächen sind während der ehemaligen militärischen Nutzung regelmäßig gemäht worden und werden seit 1999 extensiv mit Schafen beweidet. Das Gebiet ist seit 1996 als Naturschutzgebiet und inzwischen als Fauna-Flora-Habitat-Gebiet ausgewiesen worden.

Das Armerio-Festucetum trachyphyllae, das bei blütenreicher Ausbildung einen wichtigen Lebensraum für eine artenreiche blütenbesuchende Entomofauna darstellt, ist selten und bedarf strengen Schutzes und optimaler Pflege. Die Gesellschaft tritt im Vegetationsmosaik des prioritären Lebensraumtyps FFH 2330 „Offene Grasflächen mit *Corynephorus* und *Agrostis* auf Binnendünen“ auf (SSYMANEK et al. 1998). Seit dem Trockenjahr 2003 hat sich im Untersuchungsgebiet die Kaninchen-Population drastisch vermehrt, und nach ersten Beobachtungen waren verschiedene Blütenwellen (DIERSCHKE 1995) im Armerio-Festucetum nicht mehr ausgeprägt. Parallel kam es zu einer starken Reduktion der Individuen- und Artendiversität blütenbesuchender apoider Hymenopteren (BEIL 2007). Die Kaninchen-Dichte lag im Jahre 2006 bei ca. 25 Individuen / ha, punktuell auch noch höher.

In der Literatur gibt es eine Reihe von Angaben zu Effekten durch Kaninchen-Aktivitäten, die die Pflanzenarten-Diversität steigern, z.B. durch die Entstehung von Offenboden, der die Etablierung von Pflanzenarten erleichtert (BAKKER & OLFF 2003); dies gilt ausschließlich für relativ extensive Beweidung (ZEEVALKING & FRESCO 1977). Der Blühphänologie unter Kaninchen-Beweidung wurde noch keine große Aufmerksamkeit in einem experimentellen Ansatz gewidmet, wenn auch z.B. KIFFE (1989) die „blumenreichen“ Ausbildungen von Koelerion albescentis-Beständen auf Kaninchen-freien ostfriesischen Inseln erwähnt.

Wir stellen uns daher die Frage, welche Blütenressourcen durch den Kaninchen-Fraß besonders beeinträchtigt werden, und ob es eine Veränderung in der Abfolge von symphänologischen Phasen (DIERSCHKE 1995) durch den Einfluss von Kaninchen gibt.

Leitende Fragestellungen sind:

Wie beeinflussen Kaninchen die Blühphänologie?

Welche Fraßpräferenzen haben Kaninchen?

Welche Fraßphänologie lässt sich feststellen?

Wie groß ist der Phytomasse-Entzug?

Welche funktionellen Pflanzengruppen werden genutzt?

2 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen liegen im NSG „Ehemaliger Euler-Flugplatz von Darmstadt“, westlich von Darmstadt im „Griesheimer Sand“ und sind Teil eines Flugsandgebietes im nördlichen Teil der Oberrheinebene. Im Spätglazial wurden primär kalkreiche Sande aus den Rheinterrassen ausgeweht und postglazial immer wieder verlagert (AMBOS & KANDLER 1987). Die jährlichen Niederschlagsmengen liegen bei 650 mm, die Jahresmitteltemperaturen bei 9–10 °C (HESSISCHES LANDESAMT FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND LANDENTWICKLUNG 1981); die Kalkgehalte liegen in den Beständen des Armerio-Festucetum in unserem Gebiet im Durchschnitt bei 0,6 %, die pH-Werte im Oberboden (gemessen in 0,01 mol l⁻¹ CaCl₂-Lösung) bei 6,7 (nach Messungen von BERGMANN 2004).

3 Methoden – Design der Untersuchungsflächen

Mit Beginn der Schafbeweidung wurden im Jahre 1999 insgesamt 14 Weideausschluss-Flächen von je ca. 14 m x 14 m Größe angelegt, die jedoch durchgängig für Kaninchen waren. Die Fläche wurde nach vorherrschenden Vegetationstypen stratifiziert und die Exclosures dann randomisiert verteilt (SCHWABE et al. 2002). Insgesamt 6 Exclosures liegen im Bereich des Armerio-Festucetum. Nach der starken Populationsvermehrung der Kaninchen wurden im Jahre 2005 die Schafweide-Ausschlussflächen im Armerio-Festucetum geteilt (Split-Plot-Design) und jeweils die Hälfte mit 1 m tief eingegrabenem Kaninchen-sicheren Fein-Maschendraht abgegrenzt.

Um die Änderungen der floristischen Struktur verfolgen zu können, werden die 2 x 6 Flächen jährlich auf einer Flächengröße von 25 m² mit einer Braun-Blanquet-Aufnahme und einer differenzierten Prozentschätzung aufgenommen. Im Mai 2005 erfolgte die erste Aufnahme (status quo) der im Herbst 2005 gezäunten Kaninchen-Ausschlussflächen.

Sowohl die Kaninchen-Flächen (K+) als auch diejenigen mit Kaninchen-Ausschluss (K-) wurden vom 21.4. bis 22.9.2006 in wöchentlichen Abständen blühphänologisch untersucht (FAUST 2006). Die Phänologie-Aufnahmefläche in jedem der 2 x 6 Exclosures hatte jeweils eine Größe von 16 m² (Randzone der 25 m²-Flächen). Da die Frage nach den Blütenressourcen für apoide Hymenopteren wichtig war, ist die Blühphänologie aller Pflanzenarten bearbeitet worden, die von apoiden Hymenopteren genutzt werden und höhere Stetigkeit erreichen (10 Arten). Insgesamt sind 21 Pflanzenarten bearbeitet worden, die alle in mindestens drei der untersuchten Flächenpaare vorkamen und die funktionellen Gruppen Leguminosen, andere Krautige und Graminoide repräsentieren. Die

Zählweise erfolgte quantitativ nach blühphänologischen Einheiten, angelehnt an die von KRATOCHWIL (1984) und KRATOCHWIL et al. (2002) benutzte Methode.

Neben diesem Ansatz zum Vergleich der Phänologie mit und ohne Kaninchen-Einfluss sind mit Hilfe von Weidekorb-Untersuchungen die Fraßpräferenzen quantitativ untersucht worden. Es befanden sich jeweils zwei Weidekörbe (Metall-Miniexclosures von 2 m x 1 m) und zwei Vergleichsflächen randlich der 6 Kaninchen-Splitplots, die am 22.3.2006 installiert wurden. Alle 4–6 Wochen erfolgte die Mahd bis auf Stoppelhöhe getrennt für die funktionellen Gruppen Leguminosen, andere Kräuter, Graminoide mit einer elektrischen Rasenschere. Insgesamt gab es 5 Mahdtermine: 23.5., 18.6., 30.7., 31.8. und 29.9. Nach der Mahd wurden die Flächen jeweils verschoben. Die Phytomasse wurde bei 70 °C für mindestens 48 Stunden getrocknet und gewogen. Die Fraßpräferenzen ergeben sich durch den Vergleich der fraktionierten Phytomasse unter dem Weidekorb und einer benachbarten gleichgroßen Vergleichsfläche mit dem Kaninchen-Weiderest. Die Berechnung erfolgte durch Bildung der Differenz der Phytomasse unter dem Mini-Exclosure am Ende des jeweiligen Intervalls und der Phytomasse der beweideten Fläche zu Beginn des Intervalls.

Die Fraßpräferenzen wurden zusätzlich auf Artniveau anhand einer Fraßpräferenzskala zu jedem Mahdtermin ermittelt (nach STROH et al. 2002). Folgende Werte wurden verwendet (jeweils bezogen auf Stoppelhöhe): Fraßintensität (fr) 0 = 0 % gefressene Phytomasse (gp); fr 1 = 1–5 % gp; fr 2 = 6–25 % gp; fr 3 = 26–50 % gp; fr 4 = 51–75 % gp; fr 5 = 76–99 % gp; fr 6 = 100 % gp. Der Median aus den Werten ergab schließlich den Endwert für jede Art. Schafbeweidung fand in diesem Zeitraum nicht statt.

Der Einfluss der Kaninchen wurden mit SAS 9.1 mittels gemischt linearer Modelle (Proc mixed, s. LITTELL et al. 2000) auf statistische Signifikanz überprüft. Die zwei Weidekörbe bzw. Vergleichsflächen pro Exclosure wurden jeweils für die Berechnungen und Darstellungen zusammengefasst.

Die Nomenklatur der Phanerogamen folgt WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), die der Moose KOPERSKI et al. (2000), die der Flechten WIRTH (1995), die der Pflanzengesellschaften OBERDORFER (2001).

Tab. 1 Stetigkeitstabelle der 6 K+ und K- Flächen, berechnet aus den Braun-Blanquet-Aufnahmen. S = status quo. Z = Zählheiten der blühphänologisch untersuchten Pflanzenarten: b = blühende Individuen, Triebe, e = Einzelblüten, I = Infloreszenzen. Jahr 5 = 2005, 6 = 2006. Pflanzensoziologische Aufnahmen von R. Cezanne und M. Eichler im Rahmen des E und E Projektes „Ried und Sand“.

Tab. 1 Presence table of the six K+ (with rabbits) and K- (without rabbits) plots. S = status quo. Z = counted flower units of the analysed plant species: b = flowering individuals, sprouts, e = single flowers, I = inflorescences. Year 5 = 2005, 6 = 2006. Phytosociological relevés by R. Cezanne and M. Eichler as part of the “Testing and Development” project “Ried und Sand”.

Z. Jahr	5	5	6	6	Z. Jahr	5	5	6	6
	s	s				s	s		
Beweidung	K+	K-	K+	K-	Beweidung	K+	K-	K+	K-
Zahl d. Aufnahmen	6	6	6	6	Zahl d. Aufnahmen	6	6	6	6
Mittl. Artenzahl Phanerogamen	31	34	24	27	Mittl. Artenzahl Phanerogamen	31	34	24	27
	%	%	%	%		%	%	%	%
Ch, d Armerio-Festucetum					Sonstige Feldschicht				
b <i>Armeria maritima</i> ssp. <i>elongata</i>	67	16	50	50	I <i>Geranium molle</i>	100	100	100	100
<i>Festuca brevipila</i>	100	100	100	5	<i>Poa angustifolia</i>	100	100	100	100
e <i>Potentilla argentea</i> agg.	100	100	100	100	<i>Veronica arvensis</i>	100	100	83	83
<i>Koeleria macrantha</i>	100	100	100	83	b <i>Verbascum phlomoides</i>	83	100	67	83
e <i>Cerastium arvense</i>	83	83	83	67	b <i>Carex hirta</i>	67	83	83	67
b <i>Medicago falcata</i> (incl. <i>M. x varia</i>)	67	83	67	83	b <i>Berteroa incana</i>	67	83	50	67
<i>Brachythecium albicans</i>	50	83	50	83	b <i>Carduus nutans</i>	67	83	50	67
<i>Crepis capillaris</i>	67	83	34	34	I <i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i>	67	67	67	67
<i>Agrostis capillaris</i>	16	16	50	34	<i>Elymus repens</i>	67	34	34	34
I <i>Plantago lanceolata</i>	50	100	34	67	b <i>Euphorbia cyparissias</i>	50	50	50	50
b <i>Rumex acetosella</i> s.l.	50	67	50	67	<i>Cynodon dactylon</i>	50	34	50	50
<i>Silene otites</i>	34	16	16	50	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	34	67	34	67
<i>Carex praecox</i>	16	16	16	16	<i>Vicia angustifolia</i>	16	50	16	34
b <i>Centaurea stoebe</i>	50	67		67	<i>Bromus hordeaceus</i>	16	34	16	16
<i>Achillea millefolium</i> agg.	50	34		34	<i>Elymus athericus</i>	16	16	16	34
					<i>Asparagus officinalis</i>	16	16	16	50
					<i>Coryza canadensis</i>	83	100		34
					<i>Echium vulgare</i>	50	50		16
					<i>Hieracium pilosella</i>	34	16		16
					<i>Rumex thyrsoiflorus</i>	16	50		34
					<i>Convolvulus arvensis</i>	16	16	16	
					<i>Bromus tectorum</i>		50	50	34
					<i>Festuca rubra</i>		34	16	34
					<i>Sisymbrium altissimum</i>	50	34		
					<i>Cynoglossum officinale</i>	16	16		
					<i>Chenopodium strictum</i> ssp. <i>striatiforme</i>		67	50	
					<i>Ononis repens</i>	50		50	
					<i>Calamagrostis epigejos</i>	16		16	
					<i>Galium verum</i> agg.		16		16
					<i>Capsella bursa-pastoris</i>		16		16
					<i>Tragopogon dubius</i>			16	16
					<i>Arabidopsis thaliana</i>	34			
					<i>Hypochaeris radicata</i>	16			
					<i>Oenothera biennis</i> s.l.		16		
					<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>		16		
					<i>Senecio vernalis</i>	16			

Z Jahr	5	5	6	6	Z Jahr	5	5	6	6
	s	s				s	s		
Beweidung	K+	K-	K+	K-	Beweidung	K+	K-	K+	K-
Zahl d. Aufnahmen	6	6	6	6	Zahl d. Aufnahmen	6	6	6	6
Mittl. Artenzahl Phanerogamen	31	34	24	27	Mittl. Artenzahl Phanerogamen	31	34	24	27
	%	%	%	%		%	%	%	%
<i>Veronica verna</i>		16			<i>Taraxacum</i> sect. <i>Erythrosperma</i>		16		
<i>Alyssum alyssoides</i>		16			Sonstige Kryptogamen				
<i>Cetraria aculeata</i>			16		<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>	100	100	100	100
					<i>Cladonia furcata</i> s.l.	34	50	34	34
					<i>Bryum caespiticium</i>	67	67	34	34
					<i>Ceratodon purpureus</i>	34	67	34	50
					<i>Bryum argenteum</i>	16	34	34	34
					<i>Phascum cuspidatum</i> var. <i>piliferum</i>		16		16
					sonst. akrok. Kleinmoose		16		
					<i>Tortella inclinata</i>		16		

4 Ergebnisse

4.1 Floristische Struktur der untersuchten Bestände des Armerio-Festucetum

Tabelle 1 stellt die Stetigkeiten der jeweils 6 K+ und K- Flächen für die Jahre 2005 und 2006 dar, wobei der Ausschluss-Effekt erstmals im Jahre 2006 besteht. Die Charakter- und Differentialarten kennzeichnen die Bestände als bereits zu den Trockenrasen vermittelnde Einheiten, die z.B. mit *Plantago lanceolata* und *Achillea millefolium* einige mesophytische Arten aufweisen. Die Vielzahl der Koelerio-Corynephoretea-Arten zeigt jedoch einen klaren Schwerpunkt in dieser Klasse. Besonders im Vergleich zu den im Gebiet ebenfalls auftretenden Koelerion glaucae-Gesellschaften differenzieren Zeiger zumindest schwach saurer Bedingungen wie *Rumex acetosella* und *Potentilla argentea* (SCHWABE et al. 2004). Die mittleren Artenzahlen der Phanerogamen zeigen starke Jahresschwankungen, je nachdem ob sich die Frühlings-therophytenwelle optimal entwickeln kann. So wiesen die Bestände 2005 mittlere Phanerogamen-Zahlen von 31 (K+) und 34 (K-) auf; im Jahre 2006: 24 (K+) und 27 (K-). Hinzu treten im Mittel 4 Flechten- / Moosarten. Im Jahre 2006 fehlten z.B. *Alyssum alyssoides*, *Erophila verna*, *Saxifraga tridactylites*, *Veronica verna*, aber auch bienne Pflanzenarten wie z.B. *Cynoglossum officinale*.

Auf den K+ Flächen lässt sich im ersten Jahr nach der Zäunung ein Ausfall von *Trifolium campestre*, *Achillea millefolium* und *Centaurea stoebe* feststellen. *Medicago minima*, *Verbascum phlomoides* und *Carduus nutans* kamen nicht zur Blüte auf den K+ Flächen. *Chenopodium*striatiforme* fand sich 2006 nur auf den K+ Flächen.

4.2 Blühphänologie (Abb. 1, 2)

Die in den Diagrammen dargestellten Blütenmengen beziehen sich jeweils auf eine Flächengröße von 16 m², wobei Arten mit Blütenmengen unter 15 Einheiten in der Abb. 1 a, b nicht dargestellt werden. Dies waren folgende Arten: *Armeria maritima* ssp. *elongata* (s. aber Abb. 2 a), *Berteroa incana*, *Carduus nutans*, *Centaurea stoebe*, *Euphorbia cyparissias*, *Medicago minima*, *Sedum acre*, *Silene latifolia* ssp. *alba*, *Trifolium campestre* und *Verbascum phlomoides*.

Es zeigen sich in den K- Flächen ausgeprägte Blütenwellen beginnend mit einer *Myosotis stricta* / *M. ramosissima*-, *Cerastium arvense*- und *Vicia lathyroides*-Phase über den *Rumex acetosella*- und *Geranium molle*-Aspekt bis zum Höhepunkt von *Medicago falcata* (incl. *M. x varia*) Im Hochsommer folgen *Potentilla argentea* und eine neue Generation von *Rumex acetosella*. *Potentilla argentea* hat eine besonders lange Blühperiode.

Diese hoch diverse Blühphänologie reduziert sich auf den K+ Flächen auf einen frühen Therophyten-Aspekt mit den beiden *Myosotis*-Arten, gefolgt von *Geranium molle* und einer am 17.8. das Maximum erreichenden Blüte von *Medicago falcata* / *x varia* (Maximum auf den K- Flächen: 8.7.). *Armeria maritima* ssp. *elongata* ist eine Art, die im Gebiet von Mai bis September blühte, auf den Kaninchen-beweideten Flächen aber nur ganz kurz im Hochsommer zur Blüte kommt (Abb. 2 a). Von einigen anderen Arten liegen bisher nur Analysen bei sehr geringem Auftreten bzw. geringen Blütenmengen vor, die statistisch nicht auswertbar sind: *Berteroa incana* blühte auf den K+ Flächen nur im Hochsommer, obwohl ihre Phänophase viel früher liegt, nämlich zum Ende des Frühsommers. Die Blühphase von *Sedum acre* liegt zu Beginn des Frühsommers. In dieser Phase blühten auch die Pflanzen auf den Flächen mit Kaninchen-Ausschluss; auf den anderen Flächen kam *Sedum* nur im Hochsommer kurz zur Blüte.

Im Durchschnitt blühten bezogen auf die untersuchten Arten auf den K- Flächen 15,6 Arten (SE \pm 2,6) und auf den K+ Flächen 10 Arten (SE \pm 2,2). Im statistischen Test ist der Faktor Beweidung in Bezug auf die Anzahl der blühenden Arten für die Gesamtperiode schwach signifikant ($p = 0,0117$). Der Beweidungseinfluss auf die mittlere Anzahl blühender Arten pro Aufnahmeterrain ist hoch signifikant ($p < 0,0001$).

In der Abb. 2 a-g werden einzelne Arten mit ihrer blühphänologischen Reaktion auf den Kaninchen-Fraß dargestellt. Es handelt sich um verschiedene Reaktionstypen: Arten, die eine Reduktion der Blüheinheiten durch den Kaninchen-Fraß zeigten (a-d: *Armeria maritima* ssp. *elongata*, *Erodium cicutarium*, *Medicago falcata* / *x varia* und *Rumex acetosella*), die nicht gefressen wurden (e, f: *Euphorbia cyparissias*, *Geranium molle*) oder sogar eine leichte Förderung bei Kaninchen-Einfluss zeigten (g: *Carex hirta*).

Bei *Verbascum phlomoides* konnte man im Frühsommer nach Kaninchen-Verbiss am Vegetationskegel beobachten, dass die Pflanzen unterhalb der Verbißstelle neu austrieben, dies sogar wiederholt, falls der neue Trieb erneut abgefressen wurde. Solche Pflanzen kamen dann vereinzelt im Hochsommer zur Blüte.

Statistisch signifikant ist der Faktor Kaninchen-Beweidung bezogen auf die Summe der gezählten Blüheinheiten bei *Armeria maritima* ssp. *elongata* ($p = 0,0073$), *Potentilla argentea* ($p = 0,041$), *Silene latifolia* ($p = 0,0021$), *Verbascum phlomoides* ($p = 0,021$) und bezogen auf die Maxima der gezählten Blüheinheiten bei *Armeria* ($p = 0,0084$), *Potentilla argentea* ($p = 0,036$), *Rumex acetosella* ($p = 0,0179$), *Silene latifolia* ($p = 0,01$) und *Verbascum phlomoides* ($p = 0,026$)

4.3 Phytomasse-Entzug: funktionelle Gruppen (Abb. 3)

Im Frühsommer (Ende Mai) bis hin zum Spätsommer (Ende August) wurde von den Graminoiden ein vergleichsweise geringerer Anteil gefressen (70-80 %), verglichen mit den Fabaceen und sonstigen Kräutern, von denen die Kaninchen 70-100 % der oberirdischen Phytomasse fraßen. Die sehr hohen Werte der Phytomasse-Produktion Ende August sind vor allem auf die C4-Pflanze *Cynodon dactylon* zurückzuführen, die erst im Hochsommer stark austreibt und von den Kaninchen nicht gefressen wird. Zum letzten Mahdtermin Ende September wurden Graminoide gar nicht mehr gefressen; die Werte der beiden anderen Pflanzenfraktionen waren hier am höchsten: 95 % der Kräuter und 100 % der Fabaceen wurden gefressen. Zum ersten Mahdtermin waren die Fraßaktivitäten an den beiden Fraktionen ebenfalls sehr hoch (ca. 90 %). Fabaceen wurden im Jahresverlauf generell bevorzugt gefressen, die Werte lagen immer bei über 90 % gefressener Phytomasse.

In statistischen Tests bezogen auf die gesamte Vegetationsperiode sind die Einflüsse der Kaninchen-Beweidung auf die Pflanzenfraktionen signifikant (Fabaceae: $p = 0,0094$; sonstige Kräuter: $p = 0,0032$) bzw. hoch signifikant (Graminoide: $p < 0,0001$).

4.4 Fraßpräferenzen (Abb. 4)

Graminoide wurden von Kaninchen ganz unterschiedlich genutzt. Die Präferenzen reichten vom Wert 0 bis hin zum Wert 4. Zu den Graminoiden, die nur bis zu maximal 5 % befreßen wurden, gehören Arten, die einen hohen Sklerenchymanteil aufweisen (insbesondere *Carex hirta* und *Cynodon dactylon*). Die

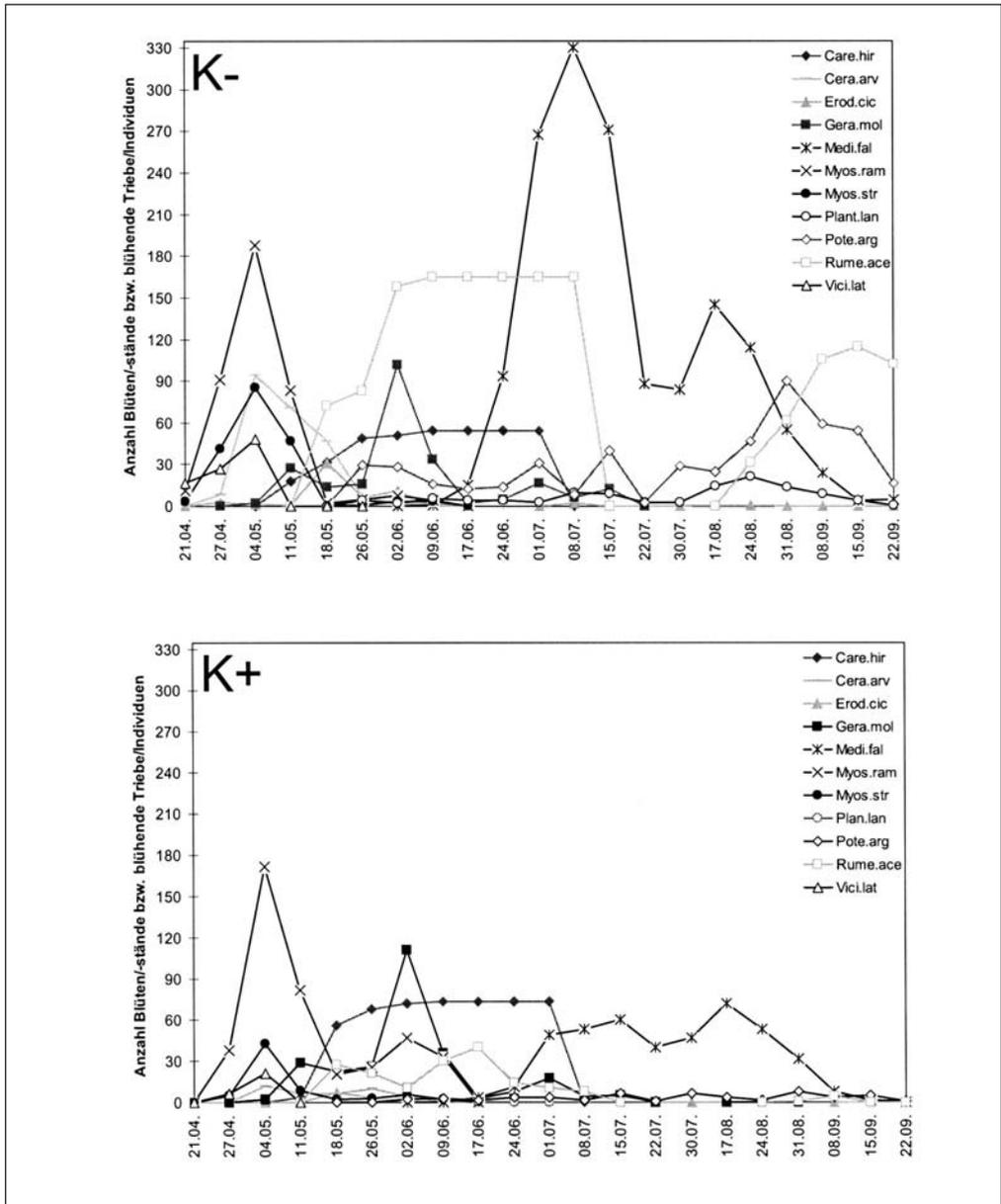
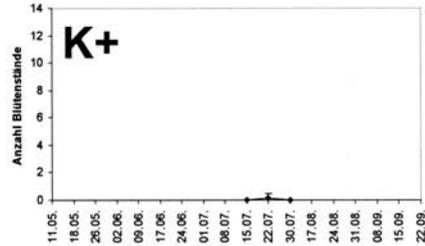
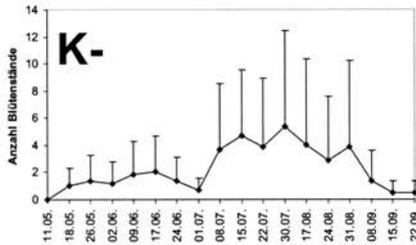
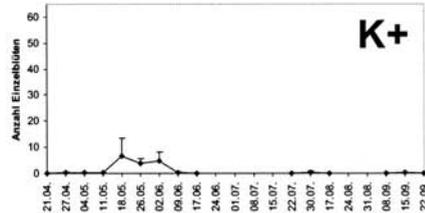
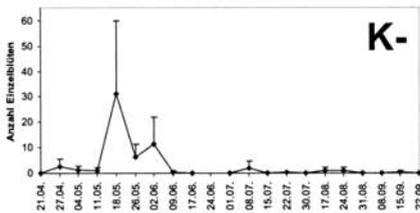
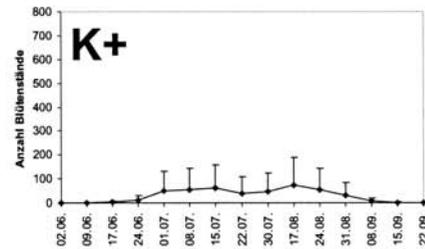
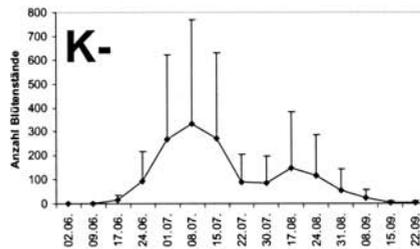
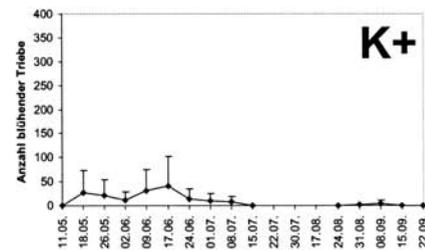
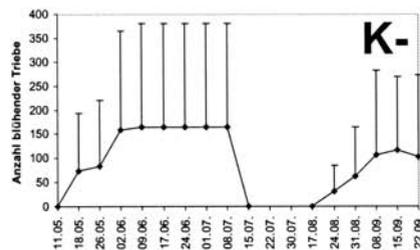


Abb. 1a, 1b Blühphänologie von K- (ohne Kaninchen) und K+ (mit Kaninchen) Plots (im Mittel von 6 Exclousures). Es sind nur Arten mit >15 Blüteneinheiten dargestellt.

Fig. 1a, 1b Flower phenology of K- (without rabbits) and K+ (with rabbits) plots (mean of 6 exclosures). Only species are depicted with >15 flowering units.

Abkürzungen / abbreviations: *Care.hir*: *Carex hirta*, *Cera.arv*: *Cerastium arvense*, *Erod.cic*: *Erodium cicutarium*, *Gera.mol*: *Geranium molle*, *Medi.fal*: *Medicago falcata* / *x varia*, *Myos.ram*: *Myosotis ramosissima*, *Myos.str*: *M. stricta*, *Plan.lan*: *Plantago lanceolata*, *Pote.arg*: *Potentilla argentea*, *Rume.ace*: *Rumex acetosella*, *Vici.lat*: *Vicia lathyroides*.

a) *Armeria maritima* ssp. *elongata*b) *Erodium cicutarium*c) *Medicago falcata* (x varia)d) *Rumex acetosella* s.l.

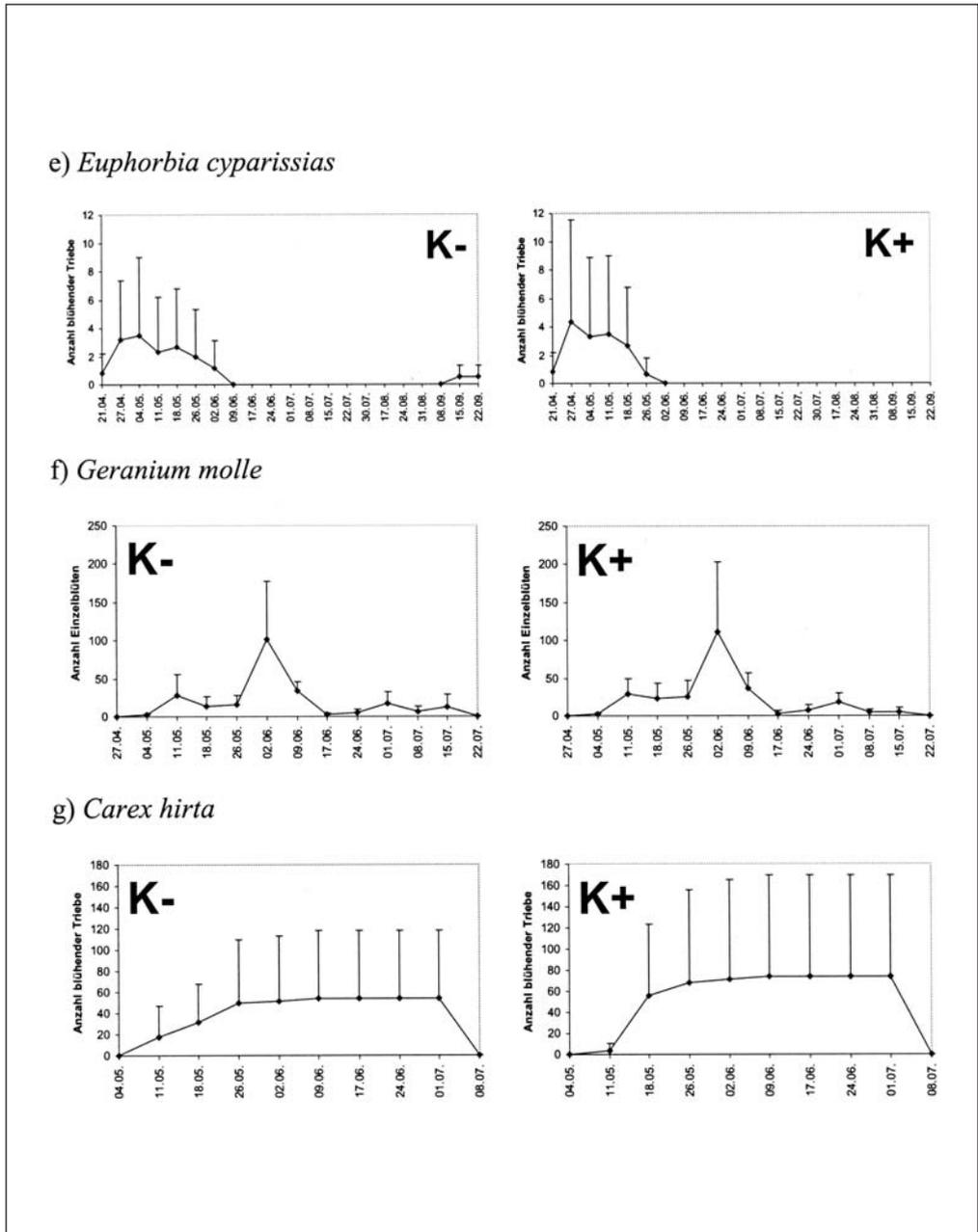


Abb. 2 a-g Blühphänologie ausgewählter Pflanzenarten mit und ohne Kaninchen-Einfluss. Fehler: Mittlere Abweichung vom Mittelwert. Die Fehlerbalken wurden nur einseitig dargestellt, um die Lesbarkeit der Diagramme zu gewährleisten. Die Blütenmengen beziehen sich auf eine Flächengröße von 16 m².

Fig. 2 a-g Flower phenology of selected plant species with (K+) and without (K-) rabbit impact. Error bars: mean deviation. Error bars are only depicted on one side to ensure readability. Flower quantities refer to an area of 16 m².

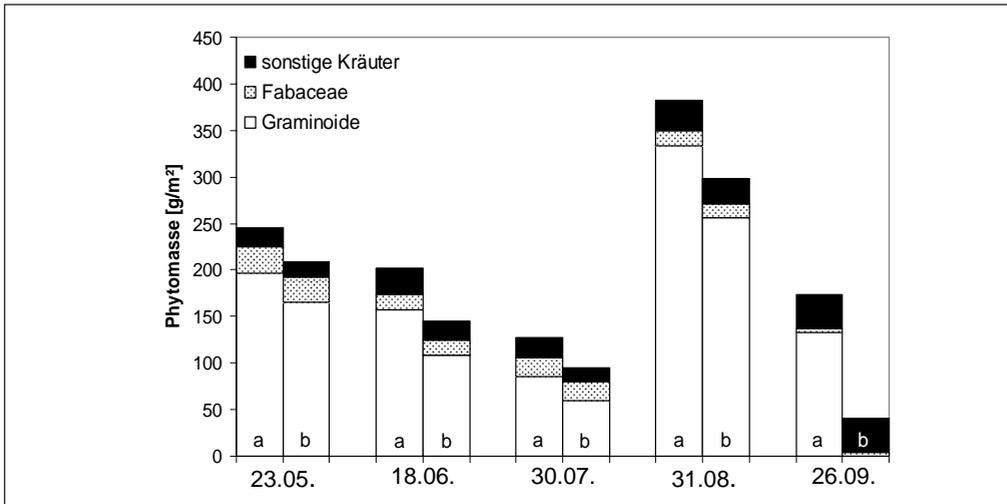


Abb. 3 Phytomasse-Produktion und -Entzug durch Kaninchenbeweidung, bezogen auf die fünf Erntetermine (Mittelwerte); a = Phytomasse-Produktion (standing crop, Trockengewicht), b = Entzug durch Fraß. Die Mini-Exlosures wurden am 22. März 2006 aufgestellt. Die Daten beziehen sich jeweils auf die Produktivität und den Kaninchenfraß zwischen 2 Terminen.

Fig. 3 Phytomass productivity and extraction by rabbits, differentiated for the five harvest-times. A = phytomass (standing crop, dry weight), b = extraction by rabbits. Black: herbs without Fabaceae, dotted: Fabaceae, white: graminoids. The mini-exlosures were established on 22th March 2006. Data refer to productivity and rabbit extraction between the given points in time.

Kaninchen fraßen dort nur die weicheren jungen Blattspitzen oder Blütenstände. Andere Graminoide wie *Agrostis vinealis* und *Poa angustifolia* oder auch *Carex praecox* wurden mit einer Fraßintensität von 3–4 befallen. Letztgenannte Art kam fast nur in den Exlosures zur Blüte, da die Kaninchen bereits im Frühjahr sämtliche Infloreszenzen abgefressen hatten. Die Fraßpräferenzen bei Fabaceen waren generell sehr hoch. Bis zu 75 % der Phytomasse wurde bei *Medicago minima* abgefressen; bei den anderen Fabaceen lagen die Werte bei 50 %. Bei den bedeutenden entomophilen Pflanzenarten waren die Fraßpräferenzen der Kaninchen sehr unterschiedlich. Die beiden Arten *Euphorbia cyparissias* und *Geranium molle* wurden nicht befallen. Bei *Erodium cicutarium* konnte nur an den Blüten Fraßaktivitäten festgestellt werden. Bei den anderen Arten wurden insbesondere die Blüten bzw. Blütenstände und junge Blätter und/oder Blattspitzen intensiv befallen.

5 Diskussion

5.1 Floristische Struktur der untersuchten Bestände des Armerio-Festucetum

Vor einer überregionalen Klärung fassen wir die hier dargestellte Assoziation zunächst weiterhin mit OBERDORFER (1978) als Armerio-Festucetum. Die floristische Struktur der Bestände unterscheidet sich von dem von BERG et al. (2001, 2004) für Mecklenburg-Vorpommern dokumentierten *Sileno otitae-Festucetum brevipilae*, das p.p. mit dem Armerio-Festucetum synonym gesetzt wird. Die für das *Sileno-Festucetum* kennzeichnenden Arten *Phleum phleoides*, *Dianthus carthusianorum*, *Potentilla incana* und *Centaurea scabiosa* fehlen unserer Gesellschaft, obwohl sie im weiteren Gebiet vorkommen. Nach KRAUSCH (1968) erreicht das *Sileno-Festucetum* in Brandenburg die Westgrenze des Areals. Die Bestände unterscheiden sich allerdings auch von denjenigen, die durch HOHENESTER (1960) dokumentiert wurden,

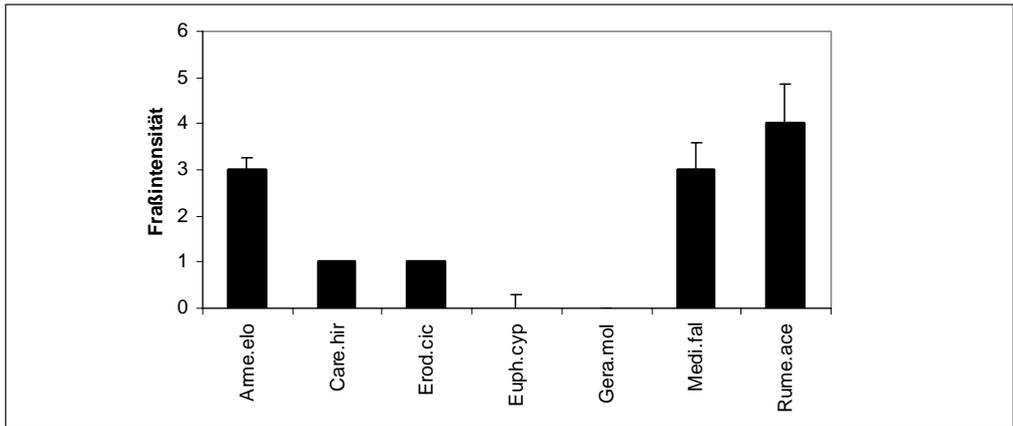


Abb. 4 Fraßpräferenzen von Kaninchen an ausgewählten Pflanzenarten (Median aus 5 Untersuchungszeitpunkten (23.5., 18.6., 30.7., 31.8., 26.9.06) und 12 Flächenpaaren (Weidekorbfäche / Vergleichsfläche). Fehlerbalken: mittlere absolute Abweichung vom Median.

Fig. 4 Dietary preferences of rabbits regarding selected plant species (median of the grazing preference analysed by comparison of 12 ungrazed and 12 adjacent grazed plots determined at 5 different points in time: 23.5., 18.6., 30.7., 31.8., 26.9.06). Error bars: mean absolute deviation from the median.

da diese mit hoher Stetigkeit Zeigerarten relativ saurer Standorte enthalten, so z.B. *Jasione montana* (die bei uns sehr selten vorkommt, aber auch einmal in der Samenbank des Armerio-Festucetum nachgewiesen wurde, EICHBERG et al. 2006). Mit einer mittleren Artenzahl von bis zu 34 Phanerogamen-Arten weist die Gesellschaft eine hohe Phytodiversität auf, die jedoch zwischen den Jahren schwanken kann. Eine starke Reduktion der Diversität war besonders im Trockenjahr 2003 zu verzeichnen, wo sich fast die gesamte Gruppe der Therophyten nicht entwickeln konnte. Das Vorkommen von *Chenopodium strictum* ssp. *striatiforme* im Jahre 2006 nur auf den Kaninchen-Flächen kann im Zusammenhang mit der Mobilisierung aus der Samenbank gesehen werden. EICHBERG et al. (2006) wiesen *Chenopodium album* agg. in der tiefliegenden Samenbank nach; die Art entwickelt sich im gesamten Gebiet häufig im Auswurf von Tiefensand an Kaninchenbauten.

5.2 Blühphänologie

Nach DIERSCHKE (1982, 1994, 1995) lässt sich eine Einteilung der Vegetationsperiode in Phänophasen nach phänologischen Artengruppen vornehmen; daraus resultieren symphänologische Artengruppen, die synchron blühen.

Wenn man die Blühphänologie der hier untersuchten Arten nach DIERSCHKE (1995) in symphänologische Artengruppen ordnet, fallen einige Kaninchen-induzierte Abweichungen der blühphänologischen Phasen auf. Besonders auffällig ist die Verschiebung der Maxima bei *Medicago falcata* / *x varia*. Die Reduktion der Blütenmengen durch Kaninchen war zwar physiognomisch sehr auffällig, jedoch nur bei wenigen Arten ist der Faktor Beweidung statistisch signifikant. Dies lässt sich durch die Streuung der Blütenmengen innerhalb der Exlosures erklären.

Im Hinblick auf entomophile Pflanzenarten war abgesehen von *Euphorbia* und *Geranium* deutlich die große Reduktion der Wildbienen-Ressource „Blüte“ zu erkennen. Parallel kam es zu einer erheblichen Reduktion der Wildbienen-Diversität (Arten- und Individuenzahlen), BEIL (2007). Ein Großteil der untersuchten Arten wurde teilweise so stark befressen, so dass sie kaum oder gar nicht mehr vegetativ vorhanden waren. Eine der wichtigsten entomophilen Arten (BEIL 2007), *Centaurea stoebe*, die ohne Kanin-

chen-Einfluss sehr hohe Blütenmengen hatte, war außerhalb der Kaninchen-Exlosures fast nicht mehr im Gebiet zu finden und wenn, nur als „Zwergform“, die offenbar auf dem starken Verbiss beruhte. Späte extensive Schafbeweidung führt zu keinem Einbruch der Blütenressourcen in Sandökosystemen (BEIL & KRATOCHWIL 2004).

Bei Untersuchungen von Koelerion albescentis-Beständen auf Kaninchen-freien und Kaninchen-reichen Inseln (Ostfriesland) kam KIFFE (1989) zu dem Ergebnis, dass letztere durch „blumenarme“ Ausbildungen gekennzeichnet sind, denen Leguminosen wie *Trifolium arvense* und *Lotus corniculatus* und Asteraeen wie *Hypochoeris radicata* fehlen. WATT (1957) stellte den Rückgang von *Achillea millefolium* und *Plantago lanceolata* bei Kaninchen-Beweidung fest, der sich bei uns auch andeutet. Nach Myxomatose-Infektion nahmen in England *Lotus corniculatus* und *Hieracium pilosella* wieder zu (THOMAS 1963), ebenso Wachstum und Blüte bei den meisten Gräsern und Seggen (RANWELL 1960). Insbesondere bei *Festuca rubra* stellte WHITE (1961) eine starke Zunahme der Deckung fest, nachdem die Kaninchen verschwunden waren.

5.3 Phytomasse-Entzug und Fraßpräferenzen (funktionelle Gruppen)

Beweidung kann zur Schaffung offener Standorte beitragen und außerdem die weitere Sukzession von monodominanten Grasarten verhindern (BAKKER & OLFF 2003, HELLSTRÖM et al. 2003, KOIJMAN & VAN DER MEULEN 1996, SÜSS et al. 2004, SÜSS & SCHWABE 2007). Intensive Beweidung wirkt sich jedoch durch eine großflächige Reduktion der Blütenmengen und Blütendichten negativ auf Wildbienen aus (FRIEBEN 2003, BEIL 2007).

Nach MYERS & POOLE (1963) verändert sich durch Kaninchen-Beweidung die Artenzusammensetzung und Ruderalgräser vermehren sich. Die Effekte sind proportional zur Kaninchen-Dichte, aber selbst bei einem geringen Kaninchen-Besatz pro Hektar noch sichtbar, da diese Veränderungen durch die Fraßpräferenzen der Kaninchen bezogen auf einzelne Arten oder Pflanzenteile bedingt sind (MYERS & POOLE 1963). Den Hauptanteil der Kaninchen-Nahrung machen nach BHADRESA (1977) Monokotyle aus, wobei der Anteil der dikotylen Pflanzen im Frühjahr und Sommer anstieg. Auch bei MARQUES & MATHIAS (2001) wurden auf den untersuchten Sanddünen bevorzugt Graminoide (53 %) gefressen. Bei DUFFY et al. (1996) sind es die Graminoiden (*Festuca*-, *Poa*- und *Agrostis*-Arten), die den Hauptanteil der Kaninchen-Nahrung ausmachten. Dieses Ergebnis deckt sich mit unseren Untersuchungen zur Fraßphänologie und -präferenzen bei Kaninchen. *Poa angustifolia* und *Festuca ovina* wurden relativ stark befressen und machten daher auch einen Großteil der Nahrung aus. Ebenso decken sich die Ergebnisse von CROFT et al. (2002) mit den Ergebnissen zu den Fraßpräferenzen. Die Kaninchen bevorzugten generell Leguminosen gegenüber anderen Pflanzengruppen; auf Flächen mit hoher Kaninchen-Dichte gab es wenige Leguminosen, aber einen hohen Grasanteil. Die höchsten Biomassen fanden sich auf Kaninchen-freien Flächen. Die Beziehung zwischen Kaninchen-Dichte und dem Beweidungseinfluss ist positiv korreliert; ebenso auch die Fortpflanzungsperiode mit der Zeit der größten Nahrungsaufnahme (MYERS & POOLE 1963).

Es gibt Hinweise darauf, dass in unserem Gebiet Kaninchen in der Dämmerung und nachts zusätzliche Nahrung auf den umliegenden Feldern aufnehmen (Beobachtungen und Auftreten von Keimlingen von z.B. der Kultur-Erdbeere in Nähe der Bauten). Damit dürfte auch zu Zeiten geringer Phytomasseproduktion des Armerio-Festucetum ausreichend Nahrung zur Verfügung stehen.

5.4 Fraßpräferenzen: einzelne Arten

Durch die selektive Kaninchen-Beweidung werden zuerst Arten gefressen, die wohlschmeckend bzw. genießbar sind, einen hohen Nährwert und Wasseranteil haben und arm an Sklerenchym sind (GOODING 1955, BLAIR-WEST et al. 1968, COOKE 1982, FORAN 1986, CATLING & NEWSOME 1992). Je nach Habitat haben vielfach Graminoide eine große Bedeutung (Zusammenstellung bei KAETZKE et al. 2003). Unsere Ergebnisse zu den Fraßpräferenzen zeigen, dass die Kaninchen nur Pflanzen oder Pflanzenteile fressen, die relativ arm an Sklerenchym sind. In hohem Maße waren dies Blüten oder Blütenstände, Leguminosen

und andere Kräuter oder Gräser mit weichen Blättern. Der häufige Fraß von z.B. *Medicago falcata* deckt sich auch mit den Untersuchungen von TURCEK (1959).

Nur wenige Arten blieben durch Kaninchen unbeeinflusst oder wurden nur in einem geringen Maße befressen. Dies war die im Gebiet sehr häufige *Carex hirta*, die behaarte und sklerenchymhaltige Blätter besitzt, und wohl deshalb von Kaninchen gemieden wird. In anderen Gebieten werden „harte“ Graminoide wie z.B. *Ammophila arenaria* oder *Calamagrostis arundinacea* ebenfalls nicht gefressen (BHADRESA 1977, TURCEK 1959). Ebenfalls gemieden werden Pflanzen mit giftigen Inhaltsstoffen oder ätherischen Ölen wie *Euphorbia cyparissias* und *Geranium molle*. Wolfsmilchgewächse besitzen einen giftigen, teilweise auch ätzenden Milchsafte, der Di- und Triterpenester enthält (FROHNE & PFÄNDER 2004). *Geranium molle* besitzt neben den für die Geraniaceae typischen Monoterpen-Alkoholen wie Geraniol oder Citronellol, die reizend wirken, auch eine relativ starke Behaarung (Trichome), welche auch die *Myosotis*-Arten besitzen. Beide Arten, aber vor allem *Myosotis ramosissima*, wurden im Vergleich zu anderen Taxa weniger befressen. *Erodium cicutarium* ist als weiterer Vertreter der Geraniaceae nicht oder wenig behaart, und wurde deutlich mehr befressen.

Die hohe Fraßpräferenz für *Armeria maritima* ssp. *elongata* ist bemerkenswert. Das für die Familie der Plumbaginaceae typische Alkaloid Plumbagin zeigte *in vitro* mutagene Effekte, wirkte im Tierversuch aber auch spasmolytisch auf die glatte Muskulatur und außerdem immunstimulierend (LÄNGER & KUBELKA 2001). Die Pflanze wird auch von der gemischten Skudden- und Moorschnuckenherde, die im Gebiet weidet, intensiv befressen.

6 Schlussfolgerungen

Blütenressourcen haben eine Schlüsselbedeutung im gesamten Landschaftshaushalt (OLLERTON & LACK 1998), und so muss das Ziel einer optimalen Pflege gefährdeter Pflanzengemeinschaften sein, die Abfolge der symphänologischen Blühphasen einer Pflanzengesellschaft zu fördern. So sehr eine extensive Beweidung für die Entwicklung solcher Phasen förderlich ist, weil sie z.B. die Monodominanz von Gräsern zurückdrängen kann (KRATOCHWIL et al. 2002, SÜSS & SCHWABE 2007, ZEEVALKING & FRESCO 1977), so stark sind die destruktiven Folgen einer Intensivbeweidung. Die Bedeutung von FFH-Lebensräumen sinkt rapide, wenn wichtige Blütenressourcen ausfallen. Im Falle von sehr großen Kaninchen-Populationen kann Jagd nur einen sehr kleinen Beitrag zur Reduktion leisten. Für die wertvollsten Flächen bleibt die punktuelle Einzäunung von Blüteninseln, um wenigstens das Arteninventar der Pflanzenarten zu erhalten. In vielen Fällen sorgen Myxomatose-Epidemien episodisch für einen Rückgang der Kaninchen-Population, was sich auch bereits im Jahre 2007 in unserem Gebiet zeigt. Ob sich die stark dezimierten Wildbienen-Populationen (BEIL 2007) mit der Zunahme der Blütenressourcen wieder erholen können, ist bisher nicht bekannt.

7 Danksagung

Wir danken sehr herzlich Dr. Marion Beil und Dr. Carsten Eichberg für viele fruchtbare Diskussionen. Die Anlage der Kaninchen-Exlosures und die pflanzensoziologischen Aufnahmen der K+ und K- Flächen erfolgten im Rahmen des E und E Vorhabens “Ried und Sand: Vernetzung und Restitution durch extensive Landbewirtschaftung“ (gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des BMU).

8 Zusammenfassung

FAUST, C.; STORM, C.; SCHWABE, A.: Kaninchen-Beweidung im Armerio-Festucetum trachyphyllae: Blühphänologie, Phytomasse-Entzug und Fraßpräferenzen. – *Hercynia N.F.* 40 (2007): 177-192.

Das gefährdete Armerio-Festucetum trachyphyllae, das auch einen wichtigen Lebensraum für eine artreiche blütenbesuchende Entomofauna darstellt, bedarf optimaler Naturschutz- und Pflegestrategien. Die letzten großflächigen Bestände der nördlichen Oberrheinebene sind nach dem Trockenjahr 2003 sehr stark von einer großen Kaninchen-Population beeinflusst worden. In der vorliegenden Arbeit untersuchen wir, ob Kaninchen durch ihren Fraß wichtige Blütenressourcen für blütenbesuchende Wildbienen (Hymenoptera, Apoidea) zerstören und ob sie die Blühphänologie beeinflussen. Des Weiteren stellte sich die Frage nach dem Phytomasse-Entzug bezogen auf die funktionellen Pflanzengruppen: Leguminosen, sonstige Kräuter und Graminoide. Die Untersuchungen erfolgten mit einem Split-Plot-Design (ohne K-/ mit Kaninchen K+). Die Blütenmengen insbesondere der entomophilen Arten sind quantitativ erfasst worden. Zusätzlich konnten mit Hilfe von 1 m x 2 m großen Mini-Exclosures und den jeweils benachbarten Vergleichsflächen nach mehrfacher experimenteller Mahd und Vergleich der Trockengewichte der Phytomassen die Phytomasse-Entzüge der funktionellen Pflanzengruppen berechnet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Faktor Beweidung einen signifikanten Einfluss auf die Dezimierung der Blütenmengen darstellte. Einige Arten reagierten auf die Kaninchen-Beweidung mit einem erneuten Austrieb und einer verschobenen Blühphase (z.B. *Armeria maritima* ssp. *elongata*, *Berteroa incana*, *Sedum acre*). Die Kaninchen bevorzugten Fabaceae und „andere Kräuter“, fraßen aber auch sklerenchymarme Graminoide in hohem Maße. Die Fraßpräferenzen änderten sich im Jahresverlauf: im Sommer wurden verstärkt Fabaceae und sonstige Kräuter gefressen; im Frühling bzw. Frühsommer wurden zusätzlich mehr Graminoide genutzt als im Sommer und Herbst. Unter den bevorzugten Fraßpflanzen fanden sich viele entomophile Arten (z.B. *Armeria*, *Erodium cicutarium*, *Medicago falcata*). Die Fraßanteile waren bei Arten, die Giftstoffe enthalten (z.B. *Euphorbia cyparissias*), einen hohen Anteil an Sklerenchym besitzen (z.B. *Carex hirta*) oder besonders behaart sind (z.B. *Geranium molle*) sehr niedrig. Im Vergleich mit den K- Flächen wurden teilweise auf den K+ Flächen bis zu 100 % der Blütenmengen eliminiert.

9 Literatur

- AMBOS, R.; KANDLER, O. (1987): Einführung in die Naturlandschaft. – Mainzer Naturwiss. Arch. **25**: 1-28.
- BAKKER, E. S.; OLFF, H. (2003): Impact of different-sized herbivores on recruitment opportunities for subordinate herbs in grasslands. – J. Veg. Sci. **14**: 465-474.
- BEIL, M.; KRATOCHWIL, A. (2004): Zur Ressourcennutzung von Wildbienen (Hymenoptera, Apoidea) in beweideten und unbeweideten Sand-Ökosystemen. – In: SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A. (eds.): Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz? – NNA-Berichte **17**: 179-189.
- BEIL, M. (2007): Blütenbesuchende Wildbienen-Gemeinschaften (Hymenoptera, Apoidea) in Sand-Ökosystemen. – Diss. Techn. Univ. Darmstadt.
- BERG, C.; DENGLER, J.; ABDANK, A. (2001) (eds.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Tabellenband. – Weissdorn Verlag, Jena.
- BERG, C.; DENGLER, J.; ABDANK, A.; ISERMANN, M. (2004) (eds.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband – Weissdorn Verlag, Jena.
- BERGMANN, S. (2004): Zum Nährstoffhaushalt in Sandökosystemen der nördlichen Oberrheinebene: Sukzession, Ruderalisierungsprozesse und Effekte von Schafbeweidung. – Dissertation, FB Biologie, Technische Universität Darmstadt.
- BHADRESA, R. (1977): Food preferences of rabbits *Oryctolagus cuniculus* L. at Holkham Sand Dunes, Norfolk. – J. Appl. Ecol. **14**: 287-291.
- BLAIR-WEST, J. R.; COGHLAN, J. P.; DENTON, D. A.; NELSON, J. F.; ORCHARD, E.; SCOGGINS, B. A.; WRIGHT, R. D.; MYERS, K.; JUNQUEIRA, C. L. (1968): Physiological, morphological and behavioral adaption to a sodium deficient environment by wild native Australian and introduced species of animals. – Nature **217**: 922-928.
- CATLING, P. C.; NEWSOME, A. E. (1992): A new technique to determine the seasonal changes in the quality of food selected by free ranging rabbits. – In: THANOS, C. A. (ed.): Proceedings of the Sixth International Conference on Mediterranean-type ecosystems, Meleme, Crete, 1991: 177-182. – University of Athens, Greece.
- COOKE, B. D. (1982): A shortage of water in natural pastures as a factor limiting a population of rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in arid, north-eastern South Australia. – Australian Wildlife Research **9**: 465-476.
- CROFT, J. D.; FLEMING, P. J. S.; VAN DEN VEN, R. (2002): The impact of rabbits on a grazing system in eastern New South Wales, 1. Ground cover and pastures. – Australian J. Experimental Agriculture **42**: 909-916.

- DIERSCHKE, H. (1982): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen in Wäldern Südniedersachsens. I. Phänologischer Jahresrhythmus sommergrüner Laubwälder. – *Tuexenia* 2: 173-194.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. – Ulmer, Stuttgart.
- DIERSCHKE, H. (1995): Phänologische und symphänologische Artengruppen von Blütenpflanzen Mitteleuropas. – *Tuexenia* 15: 523-560.
- DUFFY, S. G.; FAIRLEY, J. S.; O'DONNELL, G. (1996): Food of rabbits *Oryctolagus cuniculus* on upland grasslands in Connemara. – *Biology and Environment* 96: 69-75.
- EICHBERG, C.; STORM, C.; KRATOCHWIL, A.; SCHWABE, A. (2006): A differentiating method for seed bank analysis: validation and application to successional stages of Koelerio-Corynephoretea inland sand vegetation. – *Phytocoenologia* 36: 161 – 189.
- FAUST, C. (2006): Blühpflanzen in Sandökosystemen: biotischer und abiotischer Einfluss. – Dipl.-Arb. Techn. Univ. Darmstadt.
- FORAN, B. D. (1986): The impact of rabbits and cattle on an arid calcareous shrubby grassland in central Australia. – *Vegetatio* 66: 49-59.
- FRIEBEN, B. (2003): Blütenangebot auf Koppelmähweiden – Ein Beitrag zur Landschaftspflege aus bioökologischer Sicht. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 35: 204-210.
- FROHNE, D.; PFÄNDER, H. J. (2004): Giftpflanzen. Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte, Toxikologen und Biologen. 5. Auflage. – Wiss. Verlagsges., Stuttgart.
- GOODING, C. D. (1955): Rabbit damage to pasture. – *J. Agriculture of Western Australia* 4: 753-755.
- HELLSTRÖM, K.; HUHTA, A.-P.; RAUTIO, P.; TUOMI, J.; OKSANEN, J.; LAINE, K. (2003): Use of sheep grazing in the restoration of semi-natural meadows in northern Finland. – *Appl. Veg. Sci.* 6: 45-52.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND LANDENTWICKLUNG (1981): Das Klima von Hessen. – Wiesbaden.
- HOHENESTER, A. (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Diluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern. – *Ber. Bay. Bot. Gesell.* 33: 1-56.
- KAETZKE, J.; NIEDERMEIER, J.; MASSETI, M. (2003): *Oryctolagus cuniculus* (Linné, 1758). – In: KRAPP, F. (ed.): Handbuch der Säugetiere Europas: 187-289. – Aula, Wiebelsheim.
- KIFFE, K. (1989): Der Einfluss der Kaninchenbeweidung auf die Vegetation am Beispiel des Straußgras-Dünenrasens der Ostfriesischen Inseln. – *Tuexenia* 9: 283-291.
- KOOIJMAN, A. M.; VAN DER MEULEN, F. (1996): Grazing as a control against “grass-encroachment” in dry dune grasslands in the Netherlands. – *Landscape and Urban Planning* 34: 323-333.
- KOPERSKI, M.; SAUER, M.; BRAUN, W.; GRADSTEIN, S. R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. – *Schr.R. Veg.kd.* 34: 1-519.
- KRATOCHWIL, A. (1984): Pflanzengesellschaften und Blütenbesucher-Gemeinschaften: biozöologische Untersuchungen in einem nicht mehr bewirtschafteten Halbtrockenrasen (Mesobrometum) im Kaiserstuhl (Südwestdeutschland). – *Phytocoenologia* 11: 455-669.
- KRATOCHWIL, A.; FOCK, S.; REMY, D.; SCHWABE, A. (2002): Responses of flower phenology and seed production under cattle grazing impact in sandy grasslands. – *Phytocoenologia* 32: 531-552.
- KRAUSCH, H.-D. (1968): Die Sandtrockenrasen (Sedo-Scleranthetea) in Brandenburg. – *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem.* 13: 71-100.
- LÄNGER, R.; KUBELKA, W. (2001): Phytokodex – Pflanzliche Arzneispezialitäten aus Österreich 2001/2002. 2. Auflage. – Krause & Pachernegg, Gablitz (A).
- LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. (2000): SAS System for Mixed Models. – Cary NJ (SAS Institute).
- MARQUES, C.; MATHIAS, M. L. (2001): The diet of the European wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), on different coastal habitats of Central Portugal. – *Mammalia* 65: 437-449.
- MYERS, K.; POOLE, W. E. (1963): A study of the biology of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in confined populations. – *J. Ecol.* 51: 435-451.
- OBERDORFER, E. (ed.) (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. 2. Auflage. – Fischer, Stuttgart.
- OBERDORFER, E. u. Mitarbeit von SCHWABE, A.; MÜLLER, T. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Auflage. – Ulmer, Stuttgart.
- OLLERTON, J.; LACK, A. (1998): Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). – *Plant Ecol.* 139: 35-47.
- RANWELL, D.S. (1960): Newborough Warren, Anglesey. III. Changes in the vegetation on parts of the dune system after the loss of rabbits by myxomatosis. – *J. Ecol.* 48: 385-395.
- SCHWABE, A.; REMY, D.; ASSMANN, T.; KRATOCHWIL, A.; MÄHRLEIN, A.; NOBIS, M.; STORM, C.; ZEHEM, A.; SCHLEMMER, H.; SEUSS, R.; BERGMANN, S.; EICHBERG, C.; MENZEL, U.; PERSIGHEHL, M.; ZIMMERMANN, K.; WEINERT, M.

- (2002): Inland sand ecosystems: dynamics and restitution as a consequence of the use of different grazing systems. – In: REDECKER, B.; FINK, P.; HÄRDLE, W.; RIECKEN, U.; SCHRÖDER, E. (eds.): *Pasture Landscapes and Nature Conservation*: 239-252. – Springer, Heidelberg.
- SCHWABE, A.; ZEHM, A.; NOBIS, M.; STORM, C.; SÜSS, K. (2004): Auswirkungen von Schaf-Eselbeweidung auf die Vegetation primär basenreicher Sand-Ökosysteme. – In: SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A. (eds.): *Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz?* – NNA-Berichte **17**: 39-53.
- SSYMANK, A.; HAUKE, U.; RÜCKRIEM, C.; SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. – *Schr.R. Landschaftspflege und Naturschutz* **53**: 1-560.
- STROH, M.; STORM, C.; ZEHM, A.; SCHWABE, A. (2002): Restorative grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: the model of sand ecosystems. – *Phytocoenologia* **32**: 595-625.
- SUESS, K.; SCHWABE, A. (2007): Sheep versus donkey grazing or mixed treatment: results from 4-year field experiment in Armerio-Festucetum trachyphyllae sand vegetation. – *Phytocoenologia* **37**: 135-160.
- SÜSS, K.; STORM, C.; ZEHM, A.; SCHWABE, A. (2004): Succession traits in inland sand ecosystems: which factors determine the occurrence of the tall grass species *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth and *Stipa capillata* L.? – *Plant Biology* **6**: 465-476.
- THOMAS, A. S. (1963): Further changes in vegetation since the advent of myxomatosis. – *J. Ecol.* **51**: 151-183.
- TURCEK, F. (1959): Beitrag zur Kenntnis der Fraßpflanzen des Wildkaninchens, *Oryctolagus cuniculus* (Linné, 1758), in freier Wildbahn. – *Säugetierkundl. Mitt.* **7**: 151-153.
- WATT, A. S. (1957): The effect of excluding rabbits from grassland B (Mesobrometum) in Breckland. – *J. Ecol.* **45**: 861-879.
- WHITE, D. J. B. (1961): Some observations on the vegetation of Blakeney Point, Norfolk, following the disappearance of the rabbit in 1954. – *J. Ecol.* **49**: 113-118.
- WIRTH, V. (1995): Flechtenflora. 2. Auflage. – Ulmer, Stuttgart.
- WISSKIRCHEN, R.; HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart.
- ZEEVALKING, H. J.; FRESCO, L. F. M. (1977): Rabbit grazing and species diversity in a dune area. – *Vegetatio* **35**: 193-196.

Manuskript angenommen: 15. Juli 2007

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Biol. Christopher Faust, Dr. Christian Storm und Prof. Dr. Angelika Schwabe

Technische Universität Darmstadt, Institut für Botanik/Vegetationsökologie

Schnittspahnstraße 4, 64287 Darmstadt

e-mail: faust@bio.tu-darmstadt.de, storm@bio.tu-darmstadt.de, schwabe@bio.tu-darmstadt.de