

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II
- Grünlandwirtschaft und Futterbau -
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Aufgang sowie Etablierung von Arten des Grünlandes gleicher
Gattungs- und unterschiedlicher Gesellschaftszugehörigkeit
bei verschiedener Konkurrenz**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
beim Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und
Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
mgr. inż. **Przemysław Mazur**
aus Obrzycka/Wielkopolska
Polen

Gießen 2006

Dekan: Prof. Dr. R. Herrmann

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz von Boberfeld
2. Gutachter: Prof. Dr. G. Leithold

Tag der mündlichen Prüfung: 06.04.2006

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1	Standort und Pflanzengesellschaft	2
2.2	Gräser- und Kräuter-Verbreitungsformen.....	6
2.3	Konkurrenz und Dormanz	8
2.4	Etablierung	16
2.4.1	Wasser.....	16
2.4.2	Licht	17
2.4.3	Temperatur	18
2.4.4	Allelopathie.....	21
2.5	Arbeitshypothese	23
3	MATERIAL UND METHODEN.....	25
3.1	Standort und Witterung	25
3.2	Versuchsanlage	25
3.3	Methoden	29
3.4	Statistische Auswertung	31
4	ERGEBNISSE	33
4.1	Erträge und Mikroklima.....	33
4.2	Keimung in Klimakammern.....	35
4.2.1	Erstes Sammeljahr	35
4.2.2	Zweites Sammeljahr	38
4.3	Aufgang und Etablierung	41
4.3.1	Erstes Sammel- und Ansaatjahr	41
4.3.1.1	<i>Bromus spec.</i>	41
4.3.1.1.1	Vollkonkurrenz	41
4.3.1.1.2	Abgestufte Konkurrenz	42
4.3.1.2	<i>Galium spec.</i>	43
4.3.1.2.1	Vollkonkurrenz	43
4.3.1.2.2	Abgestufte Konkurrenz	44

4.3.1.3 <i>Plantago spec.</i>	45
4.3.1.3.1 Vollkonkurrenz	45
4.3.1.3.2 Abgestufte Konkurrenz	45
4.3.1.4 <i>Poa spec.</i>	46
4.3.1.4.1 Vollkonkurrenz	46
4.3.1.4.2 Abgestufte Konkurrenz	47
4.3.2 Zweites Sammel- und Ansaatjahr	48
5 DISKUSSION	51
5.1 Hauptbestandsbildner und Nutzungsfrequenz	51
5.1.1 <i>Bromus spec.</i>	51
5.1.2 <i>Galium spec.</i>	52
5.1.3 <i>Plantago spec.</i>	53
5.1.4 <i>Poa spec.</i>	54
5.2 Abgestufte Konkurrenz	56
5.2.1 <i>Bromus spec.</i>	56
5.2.2 <i>Galium spec.</i>	57
5.2.3 <i>Plantago spec.</i>	58
5.2.4 <i>Poa spec.</i>	59
5.3 Ausblick.....	60
6 ZUSAMMENFASSUNG	62
7 SUMMARY	64
8 STRESZCZENIE	66
9 LITERATURVERZEICHNIS	69
10 ANHANG	79

1. Einleitung

Die Keimung und das Verhalten von Keimlingen im etablierten Pflanzenbestand wird von komplexen ökologischen Prozessen bestimmt, wobei verschiedene Pflanzenarten sich deutlich in ihren Dormanz- und Keimungsstrategien unterscheiden. Für eine erfolgreiche generative Vermehrung, die häufig der Überdauerung ungünstiger Bedingungen dient, sind neben Faktoren, wie Samenproduktion, Ausbreitung und Lebensdauer der Diasporen, insbesondere die Keimung und anschließende Etablierung der Keimlinge von Bedeutung (GRUBB 1977, URBANSKA 1992, HOFMANN 1996). Kenntnisse über die Keimungsstrategien von Pflanzenarten geben Aufschluss über die Entwicklung von Pflanzenpopulationen sowie über die Verbreitung bestimmter Arten in verschiedenen Pflanzengemeinschaften. Untersuchungen über das Keimungsverhalten wurden unter Laborbedingungen bereits von ZIRON (2000) an Vertretern der Trittrasen (= *Plantaginetea majoris*) und des Wirtschaftsgrünlandes (= *Molinio-Arrhenatheretea*) sowie von KNÖDLER (2001) an Arten der Feuchtwiesen (= *Molinietalia*) und der Trockenrasen (= *Festuco-Brometea*) durchgeführt. Ergänzend dazu sollen in dieser Untersuchung die Ergebnisse der oben genannten Arbeiten durch Freilandversuche verifiziert werden, da zahlreiche Umweltfaktoren und deren Wechselwirkungen die Keimung beeinflussen können. Weiterhin soll durch verschiedene Stufen interspezifischer Konkurrenz (= ausgeschaltete Spross- bzw. Wurzelkonkurrenz, volle Konkurrenz, fehlende Konkurrenz) untersucht werden, inwieweit Ähnlichkeiten im Konkurrenzverhalten von Arten gleicher Gattungszugehörigkeit bestehen, die sonst unter ungleichen Konkurrenzbedingungen wachsen. Für Ackerunkräuter und Ruderalpflanzen sind Reaktionsmuster bei der Keimung gut untersucht; im Hinblick auf Arten, die in dichteren Beständen wachsen, wo interspezifische Konkurrenz ein entscheidender Faktor sein kann, ist aus der Literatur wenig bekannt.

2. Literaturübersicht

2.1 Standort und Pflanzengesellschaft

Festuco-Brometea

Zu den wichtigen europäischen Grünlandgesellschaften gehören auch Trockenrasengesellschaften (= *Festuco-Brometea*). Die Klasse *Festuco-Brometea* umfasst u.a. Volltrockenrasen (= *Xero-Bromion*) und Halbtrockenrasen (= *Meso-Bromion*) kontinentaler und submediterraner Verbreitung (PFADENHAUER 1993, ELLENBERG 1996). Unterschiede zwischen diesen Verbänden bestehen vor allem im Wasserhaushalt, den Bewirtschaftungsformen und dem Arteninventar. *Xerobromion*-Gesellschaften können lang anhaltende Dürreperioden ertragen (= Feuchtezahl nach ELLENBERG (1992) 1-2). Die Vegetation der Trockenrasen weist offene Bodenstellen auf; bei den *Mesobromion*-Gesellschaften ist die Vegetation eher geschlossen, die Trockenperioden treten nur temporär auf. Die Halbtrockenrasen unterliegen im Gegensatz zu den Trockenrasen, die – wenigstens teilweise – natürlich sind (WILMANN 1993), der Bewirtschaftung. Darüber hinaus sind sie landwirtschaftlich bedeutungsvoll und spiegeln durch das Vorkommen seltener Arten einen Artenreichtum mit einer hohen Stetigkeit wider. Neben submediterranen Arten und Vertretern der alpinen Pflanzenwelt kommen auf engstem Raum Pflanzen von Osteuropa und südsibirische Steppenarten vor (MERTZ 2002). Von Norden nach Süden werden die Pflanzenbestände artenreicher, von Westen nach Osten treten kontinentale Arten an die Stelle mediterraner Vertreter (OPITZ VON BOBERFELD 1994). Die floristische Zusammensetzung der *Mesobromion*-Gesellschaften wird erheblich von der Bewirtschaftungsart beeinflusst (ELLENBERG 1992, POTT 1995). Eine dominierende Rolle spielt hier die Gruppe der Gräser, denen zahlreiche Kräuter-Begleiter beigemischt sind (KLAPP 1965, PFADENHAUER 1993). Zu den bemerkenswerten Charakterarten der Klasse *Festuco-Brometea* gehören Arten, wie *Anthyllis vulneraria*, *Brachypodium pinnatum*, ***Bromus erectus***, *Euphorbia cyparissias*, ***Galium verum***, *Medicago falcata*, ***Plantago media***, *Ranunculus bulbosum* und *Sanguisorba minor*. Die Standorte der Volltrocken- und Halbtrockenrasen sind mittel- bis flachgründige sowie trockene Böden auf Kalk, Löss und verwitternden Silikatgesteinen (KLAPP 1965, POTT 1995). Als Bodentypen können Rendzinen, Ranker und Braunerden auftreten.

Plantaginetea majoris

Kriechrasen bestehen aus trittfesten Gräsern und Kräutern als Pioniergesellschaften offener verfestigter Böden an Ufern, Wegen und Plätzen (PASSARGE 1964). Kennzeichen für *Plantaginetea majoris*-Gesellschaften sind vor allem eine hohe Bodenverdichtung mit und ohne Nässe bzw. zeitweiser Überflutung, eine artenarme Zusammensetzung und eine offene Pflan-

zendecke; vorwiegend kommen mehrjährige, unter starkem Tritteinfluss stehende, Pflanzen vor (KNAPP 1970). Eine dauerhafte starke Nutzung der Flächen durch Weidetiere kann das Vorkommen von annuellen bzw. biannualen anstelle von perennierenden Arten verursachen (MCINTYRE et al. 1995). Vertreter dieser Pflanzengesellschaft vermehren sich vorwiegend generativ mit ausgedehntem Zeitraum des Fruchtens bzw. durch die Kombination von hoher Samenreproduktion und vegetativer Vermehrung, hoher Vitalität, Samenbankbildung (= Hauptquelle für Regeneration der Arten), Anemochorie und Zoochorie (GORCHAKOVSKII & ABRAMCHUK 1996). *Plantaginetalia majoris*-Charakterarten sind hierbei u.a. *Agrostis stolonifera*, *Leontodon autumnalis* und ***Plantago major***. Die Ordnung *Plantaginetalia majoris* gliedert sich in zwei Verbände: *Polygonion avicularis* und *Elymo-Rumicion*. Innerhalb des Verbandes *Polygonion avicularis* ist lediglich eine bedeutsame Assoziation der *Poa annua*-Rasen, das *Lolio-Plantaginetum*, vorhanden, so dass zwischen Verbands- und Assoziationskennarten kein Unterschied gemacht werden muss (OPITZ VON BOBERFELD 1994). *Poa annua*-Rasen sind äußerst artenarme, wärme- und lichtliebende Pioniergesellschaften stark betretener trockener Böden und besonnener Lage. Die dominierende Rolle, meist mit wenigen anderen Arten, spielt hier vor allem *Polygonum aviculare*. Im Gelände kann man zwei Rasentypen unterscheiden, die mitteleuropäische *Plantagini-Polygonetum avicularis* sowie die gemäßigt-kontinentale *Lepidium*-Rasen. Im östlichen Europa kommt das *Plantagini-Polygonetum avicularis* in völlig entsprechender Arten-Zusammensetzung vor (PASSARGE 1964). *Polygonion avicularis*-Charakterarten sind u.a. *Lolium perenne*, *Matricaria discoidea*, ***Poa annua***, *Poa supina* und *Polygonum aviculare*.

Molinio-Arrhenatheretea

Die Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* deckt die wichtigsten Einheiten des Wirtschaftsgrünlandes ab. Es sind an Gräsern, Stauden und Leguminosen reiche Gesellschaften, die primär an Flussufern und Gräben, sekundär auf Wirtschaftswiesen und Weiden vorkommen, sie sind auf frischen und nährstoffreichen, mineralischen bis organischen Böden, in Auen und Niederungen besonders stark verbreitet (PASSARGE 1964), vgl. Abb. 1. Diese meist anthropogenen bzw. halbnatürlichen, selten natürlichen, Wiesen und Weiden verschiedener Gesellschaften der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* zeichnen sich durch aktuell oder ehemals häufige Düngung aus. Ohne zusätzliche Zufuhr von Mineralstoffen können diese Rasen nur auf Standorten mit relativ hoher natürlicher Fruchtbarkeit bzw. auf Überflutungen mit nährstoffreichem Wasser dauerhaft existieren. Die wichtigsten Vertreter dieser Klasse sind von den Gräsern u.a. *Alopecurus pratensis*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra rubra*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, ***Poa trivialis*** und von den Kräutern u.a. *Cardamine pratensis*, *Centaurea jacea*, *Lathyrus pratensis*,

Plantago lanceolata, *Ranunculus acris* (OPITZ VON BOBERFELD 1994). Diese *Molinio-Arrhenatheretea*-Gesellschaften lassen sich in zwei Gruppen gliedern, von denen die Ordnung *Arrhenatheretalia* (= Charakterart u.a. *Bromus hordeaceus*, Charakterart des Verbandes *Arrhenatherion* – u.a. *Galium mollugo*) auf trockenen bis mäßig feuchten, meist jedoch frischen Standorten vorkommt; auf gedüngten Flächen, vorwiegend Braunerden aber auch basenreiche Böden, auf mindestens zweimal gemähten Wiesen bzw. regelmäßig beweideten Flächen kommen Charakterarten mit hoher Stetigkeit (= bei Nährstoffzufuhr, geringer Nutzung bzw. Trittbelastung) vor. Während die andere Ordnung *Molinietalia* feuchte bis nasse Wiesen und Uferflure besetzt. Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) weisen die Klassenkennarten eine breite ökologische Amplitude auf, während die Ordnungs-, Verbands-, Assoziationskennarten eine entsprechend engere ökologische Toleranz besitzen.

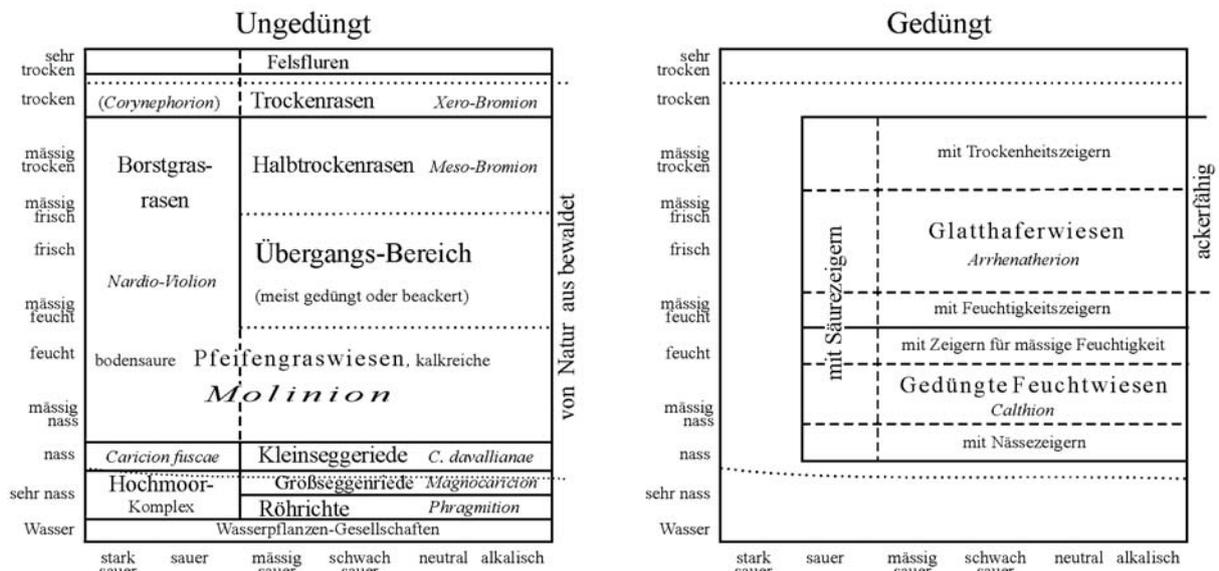


Abb. 1: Ökologische Stellung ungedüngten und gedüngten Wiesengesellschaften, aus ELLENBERG (1996)

Molinietalia

Feuchtwiesen und Hochstaudengesellschaften finden sich in Auen, Niederungen und Senken auf feuchten mineralisch-organischen Gleyböden sowie auf bewirtschafteten Flachmooren in Mittel-, Nord- und Westeuropa. Sämtliche bisher besprochene Gesellschaften wachsen auf Böden, deren Wasserhaushalt eine Ackernutzung zulässt, falls diese sich nicht aus betriebswirtschaftlichen bzw. arbeitstechnischen Erwägungen heraus verbietet. Die *Molinietalia*-Wiesen sind absolutes Grünland, das nur durch Drainage ackerfähig gemacht werden kann (ELLENBERG 1952). Hier hat vor allem Wasserüberschuss einen markanten Einfluss (= Grund- und Stauwasser), verhindert über längere Perioden die mehrmalige Mahd, begrenzt die Düngungsintensität und führt im Frühjahr zu einer Verzögerung von Entwicklung und Wachstum.

Schlickreiches Überschwemmungswasser kann jedoch durch Zufuhr von Humusstoffen, Nitraten, Kalium-Salzen und Phosphat teilweise die künstliche Düngung ersetzen. Die *Molinietalia*-Gesellschaften gliedern sich in drei Verbände: *Filipendulo-Petasion* (= Fluss- und Hochstaudengesellschaft), *Bromion racemosi* (= Nasswiesen und Sumpfdotterblumenwiesen), und *Molinion* (= Pfeifengraswiesen), vgl. Abb. 1. Bei den *Molinietalia*-Gesellschaften lassen sich die Verbandseinheiten nicht so einfach voneinander trennen, die pflanzensoziologischen Übergänge sind hier gleitend und aufgrund schwach definierter Charakterarten meist schwer zu bestimmen (OPITZ VON BOBERFELD 1994). Zu der Gruppe der *Molinietalia*-Charakterarten gehören u.a. folgende Pflanzen: *Cirsium palustre*, *Colchicum autumnale*, *Equisetum palustre*, *Filipendula ulmaria*, *Galium uliginosum*, *Lathyrus palustris*, *Lotus uliginosus*, *Sanguisorba officinalis*. Aufgrund des häufigen Vorkommens lässt sich auch *Poa trivialis* (= eigentliche Charakterart der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea*) zu dieser Gruppe zu zählen, vgl. Tab. 1.

Tab. 1: Herausgestellte Arten, deren Chromosomenzahl, Umweltansprüche und Vergesellschaftung nach ELLENBERG (1992)

Standortfaktoren Art	2n	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion	Lebensform	Blattausdauer	Pflanzengesellschaft
<i>Bromus erectus</i>	(42) 56	7	6	3	X~	X	T	S	F-B
<i>Bromus hordeaceus</i>	28	8	5	2	3	8	H	S	A
<i>Galium mollugo</i>	22	7	6	3	4	7	H	S	Ar
<i>Galium verum</i>	22 (44)	7	6	X	4~	7	H	W	F-B
<i>Plantago major</i>	12	8	X	X	5	X	H	S	P
<i>Plantago media</i>	(12) 24	7	X	7	4	8	H	W	F-B
<i>Poa annua</i>	28	7	X	5	6	X	T, H	W	P
<i>Poa trivialis</i>	14	6	X	3	7	X	H, C	W	M-A

A = *Arrhenatheretalia*,
F-B = *Festuco-Brometea*,
P = *Plantaginetea majoris*

Ar = *Arrhenatherion*
M-A = *Molinio-Arrhenatheretea*

2.2 Gräser- und Kräuter-Verbreitungsformen

Die Artenzusammensetzung der Dauerbestände ist von der Bewirtschaftungsintensität abhängig, insbesondere von der Nutzungsfrequenz. Sowohl bei Dauerbeständen als auch bei neu angelegten Wiesen und Weiden hängt auch der Artenreichtum von der Höhe der Bewirtschaftungsintensität ab. Hierbei gelten nur wenige Arten als ansaatwürdig (KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD 1990). Häufig siedeln sich neue, an diese Umweltfaktoren angepasste, autochtone Arten innerhalb kurzer Zeit an (BOEKER 1965, KÖNIG & MOTT 1971, OPITZ VON BOBERFELD & BOEKER 1977). Die Verbreitung bestimmter Arten in verschiedenen Pflanzengesellschaften bzw. die Entwicklung von Pflanzenpopulationen erfolgt sowohl vegetativ als auch generativ durch die Produktion von Samen und die Ausbreitung bzw. Überdauerung von Diasporen. Parallel zur Ausbildung der Samen findet die Umwandlung der Fruchtblätter zur Frucht statt. Nach der Reife der Samen und Früchte erfolgt deren Verbreitung auf verschiedene Art und Weise. Die Streufrüchte (= Kapsel, Schote, Hülse, Balgfrucht) verbreiten sich durch Streuung der Samen, während bei den Schließfrüchten (= Nuss, Beere, Steinfrucht) der Samen von der Frucht umschlossen bleibt und mit dieser verbreitet wird (NULTSCH 1991). Dagegen gliedern sich Zerfallfrüchte in mehrere, meist einsamige, geschlossene Teilfrüchte, die sich bei der Reife voneinander lösen. Dann gibt es noch die Sammelfrüchte, die aus Blüten mit mehreren, nicht miteinander verwachsenen, Fruchtknoten entstehen. Hier werden die Teilfrüchte entweder einzeln verbreitet oder sie verbinden sich zu einer Verbreitungseinheit, wie bei der Himbeere (= *Rubus idaeus*) oder Erdbeere (= *Fragaria spec.*) (ROTHMALER 1996). Der Keimling wird während des Keimungsprozesses von den, im Endosperm enthaltenen, Reservestoffen (= Stärke, Öle und Proteine) gefördert (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER 1982). In manchen Fällen wird allerdings kein besonderes Nährgewebe ausgebildet bzw. das Endosperm bei der Embryoentwicklung ganz aufgebraucht und die Speicherung der Nährstoffe erfolgt in den Kotyledonen (= Keimblätter) (NULTSCH 1991), wie dies z.B. bei *Fabaceae* der Fall ist. Bei den *Caryophyllaceae* sind die Reservestoffe dagegen im Peristem enthalten, das im Gegensatz zum Endosperm aus dem Nukleus (= Gewebekern der Samenanlagen) entsteht. Der Embryo besteht aus einem, zwei oder, wie häufig bei Gymnospermen, mehreren Kotyledonen (= Keimblätter), die am Hypokotyl (= Keimachse) sitzen, dessen basales Ende die Anlage für die Radicula (= Keimwurzel) bildet; diesem gegenüber befindet sich das Epikotyl (= Sprossachse) (SCHMEIL 1988), welches an der Spitze eine Knospe (= Plumula) trägt, deren Primärblätter sich rasch entfalten (NULTSCH 1991). Bei den *Poaceae* wird das Kotyledon als Scutellum bezeichnet. Sowohl Wurzel als auch Sprossknospe sind von einem haubenförmigen Organ umhüllt, der Koleorrhiza bzw. im letzteren Fall der Koleoptile (CZHIK

et al. 1981). Der Embryo kann den Samen fast ganz ausfüllen, z.B. bei den *Rosaceae*, aber kann auch nur rudimentär vorhanden sein, z.B. bei den *Ranunculaceae* (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER 1982). Die Frucht der *Poaceae* ist eine Karyopse; sie stellt eine Sonderform der Nuss dar, ebenso wie die Achänen der *Asteraceae*. Bei letzteren bleibt der häufig als Pappus ausgebildete Kelch erhalten und dient als Flugorgan zur Verbreitung der Früchte. Zur Vereinfachung wird in der vorliegenden Arbeit für alle Verbreitungseinheiten die Bezeichnung Samen verwendet, auch wenn manche anatomisch betrachtet eine Frucht darstellen. Die Bezeichnung Diasporen kennzeichnet sowohl generative als auch vegetative Verbreitungseinheiten von Pflanzen, wie Sprosstiele oder Rhizome (MÜLLER-SCHNEIDER & LHOTSKA 1971). Nach ROTHMALER (1988) ist der Samen das, aus der Samenanlage hervorgegangene, von der Mutterpflanze abfallende, Ruhestadium der Pflanze. Mit der Samenproduktion verfolgen Pflanzen die vier Hauptziele: Neukombination der Gene, räumliche Verbreitung, Vermehrung und Bewahrung der Art (BRADBEER 1988). Strukturelle und physiologische Merkmale des Samens bereiten ihn auf seine Rolle als Verbreitungseinheit vor; die Versorgung mit Reserven fördert die junge Pflanze bis hin zum autotrophen Entwicklungsstadium. Die neuen Individuen werden durch gesteuerte physiologische Prozesse (= Dormanz) nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich verbreitet (BEWLEY & BLACK 1978). Die Lebensdauer von Samen mesotropher Grünlandarten ist generell eher kurz (BAKKER et al. 1991, McDONALD et al. 1996). Der Hauptteil der Arten besitzt entweder transiente (= Lebensdauer < 1 Jahr) oder kurzfristig

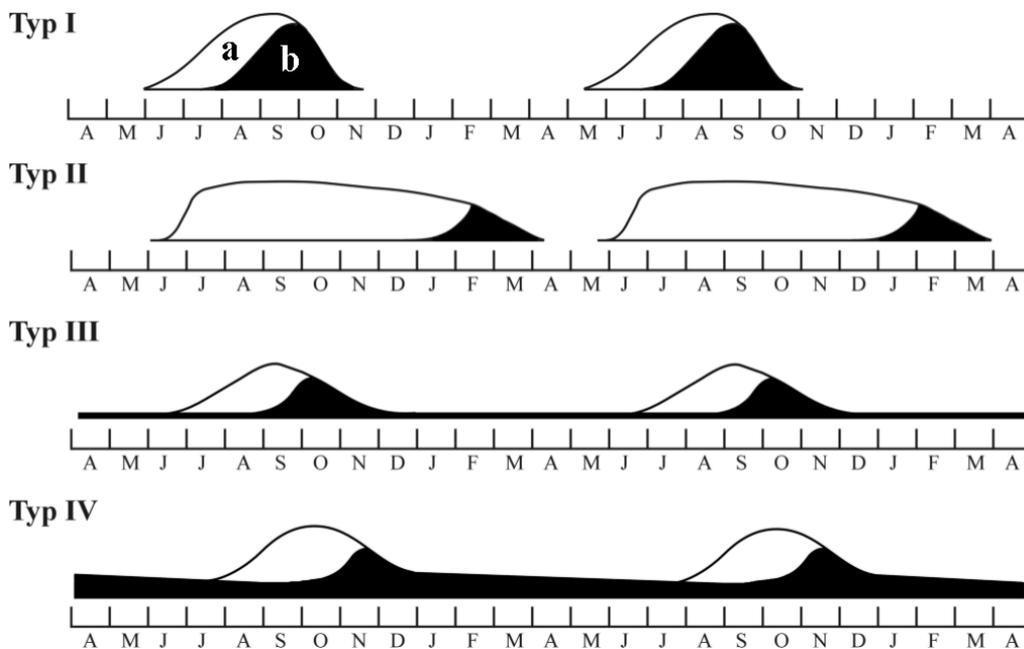


Abb. 2: Typen der Diasporenbank (THOMPSON & GRIME 1979)

- a) Samen bei 20/15°C nicht keimfähig
- b) Samen bei 20/15°C keimfähig

persistente Samenbanken (= Lebensdauer 1-5 Jahre) (LECK et al. 1989). THOMPSON & GRIMME (1979) stellen eine andere Teilung der Samenbank dar, vgl. Abb. 2.

- Typ I:** Arten mit Diasporenbank nur im Sommer: *Arrhenatherum elatius*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*
- Typ II:** Im Frühjahr keimende Arten mit Diasporenbank nur im Winter; brauchen häufig eine Einwirkung von Kälte: *Pimpinella saxifraga*, *Heracleum sphondylium*, *Mercurialis perennis*
- Typ III:** Arten, von denen die meisten Samen direkt nach der Ausbreitung keimen, aber mit einem geringen Anteil zur persistenten Samenbank beitragen: *Poa annua*, *Epilobium hirsutum*, *Arabidopsis thaliana*
- Typ IV:** Arten, von denen nur ein kleiner Anteil der Samen gleich nach der Ausbreitung keimt, die meisten aber zur persistenten Samenbank beitragen: *Calluna vulgaris*, *Juncus effusus*, *Origanum vulgare*.

Nach PEETERS & JANSSENS (1999) kann ein zerstörter artenreicher Bestand meist nur unvollständig aus der Samenbank regeneriert werden. Durch die nur einjährige Nutzung von Grünland als Ackerland beim Naturegart lassen sich diese Flächen rasch wieder in eine Dauernarbe überführen (OPITZ VON BOBERFELD 1987).

2.3 Konkurrenz und Dormanz

Nach BEGON et al. (1996) ist **Konkurrenz** eine Wechselwirkung zwischen Individuen und entsteht aus dem gemeinsamen Bedarf an einer begrenzten Ressource und führt dazu, dass das Vorhandensein, die Entwicklung und/oder die Reproduktion einer der konkurrierenden Seiten beeinträchtigt wird. Limitierende Faktoren, wie Expansionsraum oder Verfügbarkeit von Nährstoffen, bestimmen die Konkurrenzstärke. Die Konkurrenz einer Pflanze im Dauergrünland ergibt sich aus ihrer Befähigung, wachstumslimitierende Ressourcen rasch aufzunehmen und sie effizient in Wachstum und Reserven umzusetzen (HUBER-SANNWALD 2001). Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) sind konkurrenz auslösende Momente Allelopathie oder begrenzte Verfügbarkeit von Wachstumsfaktoren, wobei der Allelopathie nur in Sonderfällen eine wesentliche Bedeutung zugeschrieben wird; dagegen existiert Konkurrenz in jedem Pflanzenbestand. Diese Auswirkung der Konkurrenz kann nicht nur Physiologie und Morphologie der Pflanzen beeinflussen, sondern auch einen Einfluss auf Strukturierung und Potenz der Pflanzengesellschaft entfalten. Morphologische Merkmale, wie Habitus, Bestockung, Ausprägung des Wurzelsystems, physiologische Eigenschaften, wie Regenerationsmöglichkeiten nach der Mahd bzw. Beweidung, Effektivität der Nährstoffaufnahme oder Anpassungs-

fähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen sind für den Wettbewerb einer Art von Bedeutung. Die Konkurrenzfähigkeit kann jedoch, je nach Wachstumsbedingungen und Zusammensetzung des Gemisches, unterschiedlich sein (LAMPETER 1959/60, EAGLES 1972, SALINGER & BORNKAMM 1982, BREDE & DUICH 1986). Die erzielten Erträge einer Mischung können bei bestimmten Maßnahmen gegenüber denen der Reinsaaten erhöht werden (HARRIS 1971, CHESTNUTT et al. 1980, OPITZ VON BOBERFELD & BISKUPEK 1995). Ein geringes Angebot an Nährelementen auf Dauergrünland in Relation zu der typischen Artenzusammensetzung (= ca. 100-1000 Individuen m⁻²) ruft eine Konkurrenz um gleiche Ressourcen hervor. Wettbewerb muss nicht unbedingt als Kampf um begrenzte Ressourcen betrachtet werden; AARSEN (1983) und BEGON et al. (1996) unterscheiden hier zwischen Interferenzkonkurrenz (= direkte Konkurrenzwirkung) und Ausbeutungskonkurrenz (= indirekte Konkurrenzwirkung). Direkte Konkurrenzwirkung kann durch Allelopathie, Überwachungen bzw. physischen Kontakt die Entwicklung, das Wachstum und den Ressourcenzugriff erschweren bzw. verhindern (WILLIAMSON 1990, MAHALL & CALLAWAY 1992). Diese Definition der „Interferenz“ schließt die Konkurrenz ein, beinhaltet aber gleichzeitig auch eine positive Beziehung zwischen Pflanzen, wie z.B. über die Bereitstellung von Stickstoff durch Leguminosen (THUMM 1989, OPITZ VON BOBERFELD et al. 2005). Indirekte Konkurrenz wird durch Ausbeutung einer begrenzten Ressource (= Licht, Wasser, Nährstoffe) ausgelöst. Konkurrenz zwischen Pflanzen wird nochmals differenziert in intraspezifische Konkurrenz der Reinbestände (= innerartlicher Wettbewerb) und interspezifischer Konkurrenz der Mischbestände von Arten unterschiedlicher Artzugehörigkeit (= zwischenartlicher Wettbewerb). Die geschlossenen Reinbestände werden lediglich von intraspezifischer Konkurrenz beherrscht, dagegen herrscht in Mischbeständen sowohl intra- als auch interspezifische Konkurrenz. Im Mechanismus der beiden Wettbewerbsformen besteht kein fundamentaler Unterschied, es existiert dagegen ein solcher im Erscheinungsbild der beiden Varianten der Konkurrenz (OPITZ VON BOBERFELD 1994). Die Konkurrenzbeziehungen zwischen den Individuen eines Pflanzenbestandes nehmen auf den Massenzuwachs und damit auf den Flächenertrag Einfluss (ELLENBERG 1952). Die Bestandesdichte steigt zunächst, die intraspezifische Konkurrenz reduziert jedoch graduell mit zunehmender Artendichte den Ertragszuwachs (= Selbstausdünnung). Nach der Keimung und während der juvenilen Phase der Pflanze ist der Massenanteil der Einzelpflanzen im gemischten Bestand weitgehend normalverteilt, bei gewisser Dichte tritt jedoch Mortalität ein, so dass die Anzahl der Pflanzen allmählich verringert wird. Nach YODA et al. (1963) beträgt die „Self-thinning“ meistens $-3/2$ (= Masse der Pflanze (g) / Anzahl der Pflanzen m⁻²). Der Gesamtertrag erreicht bei bestimmter artspezifischer Dichte in der Folge ein Maximum, dagegen

sinkt die Gesamtmasse einer Art mit steigender Pflanzendichte (KIRA et al. 1953, BAEUMER 1963, ARENS 1973, KHAN et al. 1975, ANTONOVICS & LEVIN 1980, LAMBERT et al. 1986 THUMM 1989). Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) steigt der Ertrag einzelner Pflanzen mit der Vergrößerung des Standraumes infolge der Abnahme des Wettbewerbes bis zu einer Grenzlinie, die art- und sortenabhängig ist. Niveau und Ausdehnung dieses – aus Einzelpflanzenenertrag und Bestandesdichte resultierenden – Kompensationsbereiches geben Aufschluss über das Ausmaß des Wettbewerbes bzw. die intraspezifische Konkurrenz. Während intraspezifische Konkurrenz lediglich die Wuchsform und die Bestandesdichte beeinflusst, führt interspezifische Konkurrenz aufgrund unterschiedlicher arttypischer Kampfkraft zu einer Umschichtung artspezifischer Massenanteile. Für die Förderung der konkurrenzschwachen Arten soll in einer Mischung der Anteil der konkurrenzstarken Art begrenzt werden und nicht umgekehrt. Für die interspezifische Konkurrenz ist zu erwarten, dass eine Art mit höherer Kampfstärke im Vergleich zu einer konkurrenzschwachen Art dominiert. Ein Sonderfall der Mischungspartner wird von MONTGOMERY (1912) zuerst bei Getreide beobachtet. Der MONTGOMERY-Effekt kann ausgelöst werden durch recht unterschiedliche Ursachen. DE WIT (1960) untersucht die Konkurrenz von zwei Mischungspartnern um dieselbe Fläche bzw. die Konkurrenzkraft der Arten, indem er das Verhalten zweier Pflanzen in Versuchsreihen mit konstanter Gesamtpflanzenzahl, jedoch variiert relativer Dichte der beteiligten Arten testet. Demzufolge lässt sich zwischen drei grundlegenden Typen von Mischungseffekten unterscheiden: antagonistische, additive und synergistische Effekte. Antagonismus kommt vor, wenn der Mischungseffekt kleiner ist als der von den Reinbeständen. Das kann vor allem sowohl durch gemeinsam Anbau von krankheitstoleranten und krankheitsanfälligen Partnern als auch durch Allelopathie hervorgerufen werden. Falls der Verlauf von Wachstum und Entwicklung der beiden Partner parallel ist, bedingt dies – je nach dem Rang der Ergänzung – einen additiven Mischungseffekt. Maßgebend für dieses Schema ist der Umstand, dass die Mischungspartner um gleiche Standortfaktoren konkurrieren. Synergistische Effekte kommen dann vor, wenn die Produktivität des Mischbestandes größer als die der beiden entsprechenden Reinsaatens ist; diese Erscheinung kann durch symbioseähnliche Auswirkungen bedingt werden, wie beispielweise der Mischung von Obergräsern mit rankenden Leguminosen (OPITZ VON BOBERFELD 1994). Die Konkurrenz zwischen den einzelnen Arten übt einen Einfluss auf die Leistung ihrer Gemenge aus. In der Regel sind die Erträge von Mischbeständen höher als die Erträge der Reinbestände, da Bestandeslücken von benachbarten Pflanzen rasch wieder besiedelt werden (COWLING & LOCKYER 1968, RHODES 1970, SANGAKKARA & ROBERTS 1985, NÖSBERGER & MOSER 1988). In etablierten Beständen wird die Expansion der

Jungpflanzen vor allem durch Einschränkung der Lichtstrahlung, Nährstoff- und Wasservorräte beeinflusst. Das Ausmaß des Wettbewerbes zwischen Jungpflanzen und im Altbestand ist vom arttypischen Wachstumsrhythmus der Jung- bzw. Altpflanzen abhängig. Entscheidenden Rang hat hier der zeitliche Verlauf der Trockenmasseakkumulation, wobei neben typischen Unterschieden zwischen Arten weitere Faktoren, wie Saatzeitpunkt, Nutzungsfrequenz, Nutzungszeitpunkt und Witterungsverlauf, maßgeblich sind (OPITZ VON BOBERFELD 1984). Nach CASPER & JACKSON (1997) spielen bei potenzieller Konkurrenzkraft der Wurzel von Grünlandpflanzen folgende Faktoren eine große Rolle: Zunahme des Bodenvolumens über erhöhte Wurzelbildung, Vergrößerung der Wurzeloberfläche, Symbiose mit Mykorrhiza-Pilzen oder *Rhizobien* (= N₂-Fixierung), morphologische bzw. physiologische Plastizität (= Anpassung der Pflanze an mögliche Ressourcen), ungleiche Durchwurzelungstiefe, dimensionale und zeitliche Trennung der Durchwurzelung des Bodens und der Wuchsaktivität. Die Form der Interaktion zwischen Wurzel- und Sprosskonkurrenz ist recht labil, so dass kleine Unterschiede die Produktivität wesentlich ändern können (CAHILL 2002).

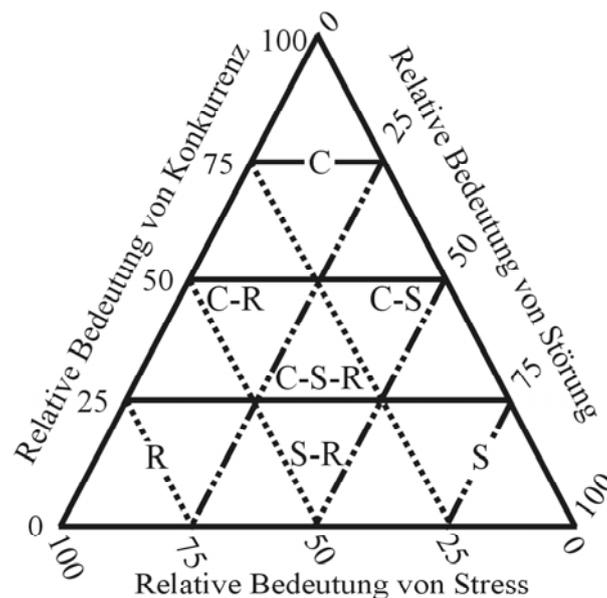


Abb. 3: Die CSR-Strategie-Typen nach GRIME (1979)

Die Konkurrenzfähigkeit kann auch unterschiedlichen Strategien zugeordnet werden. Ursprünglich wurde von MACARTHUR & WILSON (1967) eine dichotomische Einteilung – **r** und **K**-Strategie – und später von GRIME (1979) die **C**, **R**, **S**-Strategie entwickelt. Als **r**-Strategen werden Pionierarten (= hohe Vermehrungs- und Entwicklungsraten) bezeichnet. Als **K**-Strategen werden in der Regel langlebige, gut am Standort angepasste Arten mit geringeren Vermehrungsmöglichkeiten bezeichnet. GRIME (1979) baut ein Dreieck-Modell in Abhängigkeit von der relativen Bedeutung der Konkurrenz (= **C**-Arten: hohe Konkurrenzkraft), Stress (= **S**-Arten: resistent gegen Stress) und Störung (= **R**-Arten: Pionierarten). **C**-Arten setzen

sich bei geringer Störungsrate und niedrigem Stress durch; die Populationsdichte ist hier sehr unterschiedlich, vgl. Abb. 3.

Dormanz

Die Mehrzahl der Samen von Wildkräutern und Wildgräsern keimen nicht direkt nach der Reife, sogar bei günstigen Umweltbedingungen sind sie nicht bereit, ihre Entwicklung weiter zu führen. Während der Samenreifung tritt der Embryo in einen Keimverzug ein, was eine Erhöhung der Überlebensraten und der Ausbreitung der Pflanzen ermöglichen kann. Nach Studien von CHANCELLOR (1982) und WILLIAMS (1983) sind jedoch heimische Gräser in der Mehrzahl der Arten ohne primäre Dormanz bereit, im frisch verbreiteten Zustand zu keimen. Manche Arten können die Keimruhe durch direkte Entwicklung vom Embryo bis zum Keimling auf der Mutterpflanze umgehen (SCHOPFER 1989). WAREING (1965) beschreibt die Dormanz als fehlende Keimung der Samen trotz günstiger Bedingungen, für das Überleben und die Dynamik einer Population kann es von großer Bedeutung sein. ANDERSSON & MILBERG (1998) stellen heraus, dass die Dormanzstärke nicht nur von der Elternpflanze bzw. der Population abhängt, sondern auch jahrabhängig ist. FENNER (1991) und GUTTERMAN (1992) beschreiben zusätzlich Zusammenhänge zwischen Alter der Mutterpflanze während der Reifung, Platzierung der Samen auf der Pflanze und Dormanzniveau. Ein weit bekanntes Phänomen ist die Variation des Dormanzlevelles innerhalb einer Population (FROST & CAVERS 1975, EVANS & CABIN 1995). Die Keimung kann zwischen verschiedenen Samenkollektionen und Jahren unterschiedlich ablaufen (BECKSTEAD et al. 1996). Die Periode, in der ein Samen in Dormanz bleibt, wird oft als Samenruhe bezeichnet. Während dieser Periode kann es jedoch zu erheblichen Veränderungen der metabolischen Aktivität kommen und eine Dormanzbrechung ausgelöst werden. Nach DREY (1995) werden Samendormanz und Keimung von komplizierten Interaktionen zwischen Umwelt, physiologischen und genetischen Faktoren reguliert. Dormanzursachen können in fünf wichtige Gruppen eingeteilt werden, vgl. Tab 2. Alle hier erwähnten Typen der Dormanz treten in der Samenbank auf, jedoch besitzt die Mehrheit der Samen in gemäßigten Klimazonen eine physiologische oder physikalische Dormanz (BASKIN & BASKIN 1985). Samendormanz ist vor allem bei Wildarten stark verbreitet, bei denen Samen nicht direkt nach dem Samenabwurf keimen können (BRADBEER 1988).

Physiologische Dormanz – Viele Samen aus der Samenbank obligatorisch winterjähriger und im Frühling keimender sommerannueller Pflanzen weisen einen sogenannten „dormancy-nondormancy“ Zyklus auf. Bei den obligatorisch winterannuellen Pflanzen werden die Samen während des Sommers nicht dormant und keimen unter günstigen Bedingungen schon im

Herbst. Nicht im Herbst auskeimende Samen gehen im späteren Herbst und Winter wieder eine Samenruhe ein; sie werden im nächsten Sommer nicht dormant. Wegen des Nachreife-

Tab. 2: Typen und Charakteristika der Samendormanz (BASKIN & BASKIN 1989)

Typ	Fall der Dormanz	Charakteristika der Embryonen
Physiologische Samenruhe	Physiologische Inhibition der Keimung im Embryo	Dormant; völlige Entwicklung
Physikalische Samenruhe	Samenschale ist wasserundurchlässig	Nicht dormant; völlige Entwicklung
Physisch-physiologische Samenruhe	Undurchlässige Samenschale; physiologische Inhibition der Keimung im Embryo	Dormant; völlige Entwicklung
Morphologische Samenruhe	Nicht völlig entwickelter Embryo	Nicht dormant; nicht völlig entwickelt
Morpho-physiologische Samenruhe	Nicht völlig entwickelter Embryo; physiologische Inhibition der Keimung im Embryo	Dormant; nicht völlig entwickelt

prozesses der Samen müssen die winterannuellen Pflanzen den hohen Sommertemperaturen ausgesetzt werden (= 20-30 °C), um im Herbst keimen zu können. Falls nicht dormante Samen der winterannuellen Pflanzen niedrigen Temperaturen im Winter ausgesetzt sind (= 1-5 °C), ruft dies eine Induktion der Dormanz hervor, was bei den höheren Temperaturen im Frühling und Herbst nicht der Fall ist. Die Samen von den sommerannuellen Pflanzen, die nur im Sommer keimen (= *Polygonum aviculare*), werden während des Winters dormant und keimen zuerst im Frühling; nicht auskeimende Samen gehen im späteren Frühling bzw. im früheren Sommer erneut in Samenruhe und im Winter wird der Ruhezustand unterbrochen. Die dormanten Samen sommerjähriger, im Frühling keimender Pflanzen müssen niedrigen Temperaturen ausgesetzt sein (= Nachreife bei < 5 – 15 °C am Tag und bei < 5 – 6 °C in der Nacht); auf diese Weise wird die Dormanz unterbrochen und die Samen können im Frühling keimen (BASKIN & BASKIN 1989), vgl. Abb. 4.

Physikalische Dormanz – Diese Dormanz wird hervorgerufen durch wasserundurchlässige bzw. harte Schichten der Samen. Nach ROLSTON (1978) wird die Undurchlässigkeit der Samenschichten nicht durch cutikulare Wachse gewährleistet, sondern durch Schichten der palisaden Zellen von Sklereiden mit hydrophoben Substanzen sowie durch Suberin, Cutin und Lignine. Die Samen bleiben nicht wasseraufnahmefähig bis zum Verletzen dieser Schichten, vgl. Tab. 2. Physikalische Dormanz ist typisch für die Pflanzenfamilien *Convolvulaceae*, *Geraniaceae*, *Fabaceae* und *Malvaceae* (BASKIN & BASKIN 1989).

Physisch-physiologische Samenruhe – Dies ist eine Kombination aus physiologischer und physikalischer Samenruhe, vgl. Tab. 2. Für das Durchbrechen des physikalischen Widerstandes der harten, undurchlässigen Samenschichten bzw. zur Brechung der Dormanz

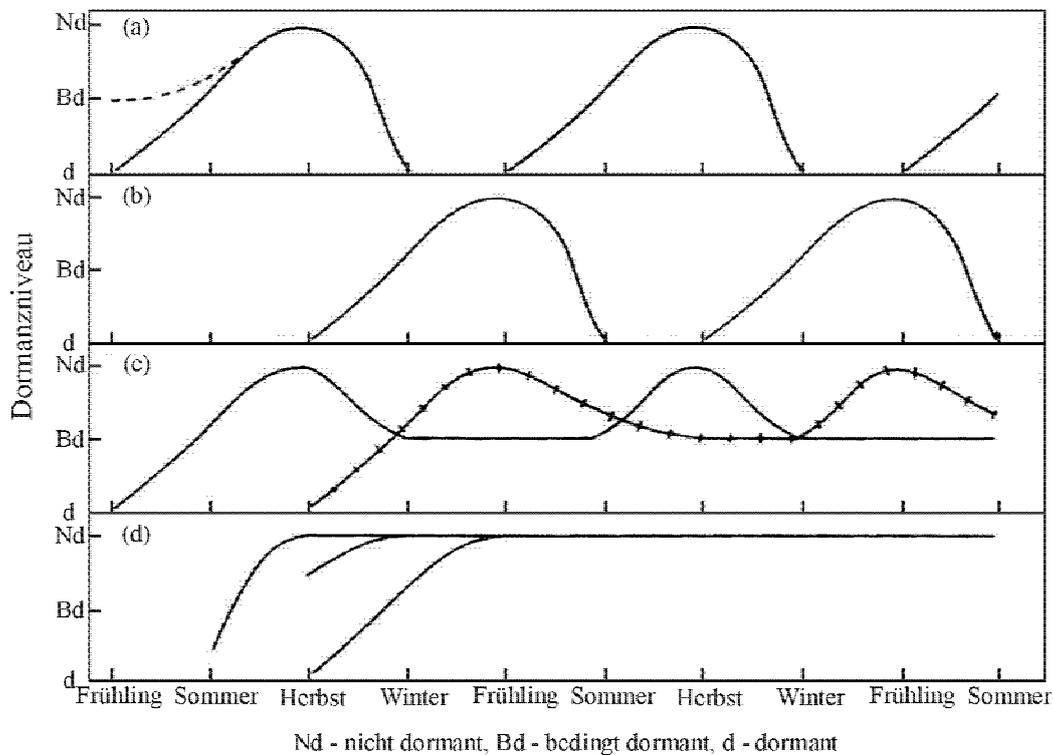


Abb. 4: Veränderungen des Dormanzniveaus bei Samen mit physiologischer Dormanz (BASKIN & BASKIN 1989)

- Obligatorische winterannuelle Pflanzen mit jährigen „dormancy/nondormancy-Zyklen“. Frisch reife Samen in einigen Arten sind dormant (—) und andere bedingt dormant (---).
- Im Frühling keimende Samen der sommerannuellen Pflanzen mit jährigen „dormancy/nondormancy-Zyklen“.
- Fakultative winterjährige (—) und sowohl im Frühling als auch im Sommer keimende Samen der sommerannuellen Pflanzen (+) mit jährigen bedingten „dormancy/nondormancy-Zyklen“.
- Samen mit stets nicht verändertem Dormanzniveau, nach Aussaat wird jedoch die Dormanz gebrochen.

sind vor allem hohe Fluktuationen der Temperatur gefordert und entweder niedrige Wintertemperaturen oder hohe Sommertemperaturen (BASKIN & BASKIN 1989).

Morphologische Samenruhe – Die Samen mit morphologischer Dormanz führen die Entwicklung des Wachstums nach dem Abwurf von der Mutterpflanze weiter, vgl. Tab. 2. Die reifen Embryonen sind bereit, zu keimen, wodurch ein Nachreifeprozess nicht nötig ist. Dieser Typ der Dormanz ist für einige tropische Arten und die Pflanzen des gemäßigten Klimas (= *Apiaceae*, *Ranunculaceae*) typisch (BASKIN & BASKIN 1989).

Morpho-physiologische Samenruhe – Hier müssen – ähnlich wie bei der morphologischen Dormanz – die Samen nach dem Abwurf von der Mutterpflanze den Reifungsprozess des Wachstums durchlaufen, bevor die Keimung erfolgen kann, vgl. Tab. 2. Zusätzlich ist hier jedoch eine Nachreife der Samen notwendig. Insgesamt werden mindestens acht Typen der

morpho-physiologischen Dormanz unterschieden. In allen Typen dieser Samenruhe müssen die Samen hohen Sommertemperaturen und/oder niedrigen Wintertemperaturen ausgesetzt sein, bevor sie keimen können. Morpho-physiologische Samenruhe kommt in den Familien *Apiaceae*, *Fumariaceae*, *Liliaceae*, *Papaveraceae* und *Ranunculaceae* vor (BASKIN & BASKIN 1989). Generell werden jedoch zwei Gruppen von Samenruhe unterscheiden – primäre und sekundäre Dormanz (BEWLEY & BLACK 1982, MAYER & POLJAKOFF-MAYBER 1982). Die **primäre Dormanz** bildet sich während der Entwicklung und Abreife des Samens auf der Elternpflanze aus, der Samen ist keimungsunfähig (KHAN 1982). Endogene Ursachen verhindern die Keimung zum Zeitpunkt des Samenabwurfs und noch einige Zeit danach (KARSEN 1980/81). Die Tiefe der Dormanz hängt hier von den herrschenden Umweltbedingungen während der Abreifezeit ab. Nach Ablösung eines Samens kann auch eine sogenannte **sekundäre Dormanz** induziert werden. Hier fallen die Samen von der Mutterpflanze ab und sind bereit zu keimen, werden jedoch aufgrund ungünstiger Bedingungen in die induzierte Keimruhe versetzt. Gründe für die Entstehung einer sekundären Dormanz können recht unterschiedlich sein (TAYLORSON & BORTHWICK 1969, SILVERTOWN 1980):

- a) keine ausreichende bzw. eine zu hohe Verfügbarkeit von Wasser
 - die Wasseraufnahme wird durch cuticuläre Wachse, Holzfasern bzw. verkorkte Schichten in der Samenschale verhindert,
- b) zu hohe bzw. zu niedrige Temperaturen
 - manche Arten keimen nur nach Stratifikation, die Keimungstemperaturen sind unterschiedlich, meistens liegen sie jedoch im Bereich von 0 bis 10 °C oder höher, wie bei *Lamium purpurea*,
- c) kein ausreichendes Lichtangebot, ungünstiges FR/R Verhältnis,
- d) zu hohe CO₂-Konzentration,
- e) Anwesenheit von Hemmstoffen im Perikarp, Endosperm bzw. Embryo (= ABA, Cumarin, ungünstiges ABA/GA-Verhältnis),
- f) Rücktrocknung der Samen nach vorausgegangenem Einquellen.

2.4 Etablierung

2.4.1 Wasser

Das Aufquellen von Samen (= Wasseraufnahme) ist von großer Bedeutung nicht nur für die Keimung, sondern auch für das Überleben einer Pflanze. Aufwuchs und Entwicklung von Gräsern und Kräutern sind eng mit der Wasserversorgung verbunden. Schon beim Keimungsprozess nehmen die Samen Wasser in einer Menge von bis zu 75% der Eigenmasse auf (HARKOT & JANICKA 2004). Nach MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1982) ist die Höhe der Wasseraufnahme von der Zusammensetzung der Samen, der Permeabilität der Testa und der Verfügbarkeit von Wasser abhängig; je höher die Wasserverfügbarkeit, desto schneller nimmt der Samen Wasser auf. Eine optimale Keimung ist bei den meisten Arten nur bei Wasserüberschuss möglich (BRADBEER 1988), ein Überangebot an Wasser kann jedoch auch eine reduzierte Keimung durch einen Mangel an Sauerstoff hervorrufen. Bei vielen Grünlandarten kann bereits mäßiger Wasserstress eine verminderte Keimung zur Folge haben (MCWILLIAM et al. 1970, OOMES & ELBERSE 1976). Auf Grünland sind die Samen stets äußeren Einflüssen, wie Austrocknung und Einquellen, ausgesetzt, was insbesondere auf lückigen, unbewachsenen Flächen Bedeutung hat. Bei einigen Arten kann verlängerter Trockenstress eine sekundäre Dormanz hervorrufen (KHAN & KARSEN 1980, SAMIMY & KHAN 1983, BRADFORD 1986), was eine Schutzmaßnahme der Pflanzen gegen Austrocknung der Keimlinge darstellt. Bei vielen Arten wird eine entsprechende Keimfähigkeit erst erreicht, wenn sie einem Trocknungsprozess unterworfen werden (ROBERTS 1988, HEß 1991). Beim Aufquellen der Samen mit anschließender Rücktrocknung vor Beginn der Zellteilung kann eine Beschleunigung der Keimung (= „seed priming“) beobachtet werden (HEGARTY 1978, BEWLEY & BLACK 1982, SCHOPFER 1989). Nach FERNER (1985) kann dies unter natürlichen Bedingungen eine große ökologische Bedeutung haben, da die Keimlinge sich bei kurzzeitigem Wasserangebot rasch etablieren müssen. Mit osmotisch wirksamen Lösungen, wie Polyethylenglycol (= PEG), können die gleichen Effekte erzielt werden. Zu der Gruppe der aridotoleranten Arten gehören vor allem einige Pflanzen von ruderalen Standorten, da sie bei steigender Wasserspannung eine hohe Keimfähigkeit aufweisen (EWANS & ETHERINGTON 1990). In Untersuchungen von ZIRON (2000) haben variierende Wasserspannung und Nitratzusatz keinen gesicherten Einfluss auf die Keimfähigkeit von *Arrhenatherum elatius*; lediglich die höchste Wasserspannung bewirkt eine Abnahme der Keimfähigkeit bei den meisten untersuchten Arten. KNÖDLER (2001) untersucht unter kontrollierten Bedingungen die Keimfähigkeit und Aridotoleranz von *Festuco-Brometea*- und *Molinietalia*-Arten und stellt fest, dass zunehmender Trockenstress die Keimungsraten reduziert und eine Verzögerung der Keimung hervorrufen kann; lediglich

Bromus erectus zeigt eine geringe Reaktion auf Trockenstress (= aridoresistent). In derselben Untersuchung sind Zusammenhänge zwischen Standort (= Pflanzengesellschaft), erhöhter Keimungsdynamik sowie Aridotoleranz feststellbar; *Festuco-Brometea*-Arten gelten hier als aridotolerant, *Molinietalia*-Arten als aridopassiv.

2.4.2 Licht

Licht hat als abiotischer Faktor einen Einfluss auf die Keimung; auch Samen der Samenbank werden häufig durch einen Lichtreiz zur Keimung gebracht. Wildpflanzen haben, im Gegensatz zu den meisten Kulturpflanzen, häufig positiv photoplastische Samen, d.h. sie brauchen für ihre Keimung eine stimulierende Lichteinstrahlung (GÓRSKI et al. 1977, GRIME et al. 1981, BEWLEY & BLACK 1994). Andere Samen wiederum sind neutral oder negativ photoplastisch (MAYER & POLYAKOFF-MAYBER 1982); nach BRADBEER (1988) kann Licht hier eine keimungshemmende Wirkung haben. Neben der An- bzw. Abwesenheit von Licht sind für die Keimung weitere Faktoren, wie Lichtintensität, Lichtdauer und spektrale Zusammensetzung, von Bedeutung. Nach BORTHWICK et al. (1952) ist der Wirkungsgrad des Lichtes insbesondere auf das Phytochrom-System zurückzuführen, wobei das Phytochrom in zwei Formen existieren kann, die reversibel ineinander überführt werden können; die Hellrot-absorbierende Form (= P660 bzw. R) ist im Gegensatz zur Dunkelrot-absorbierenden Form (= P730 bzw. FR) physiologisch inaktiv. Dieses System hat einen Einfluss auf die Photomorphogenese, die Keimung der Samen, den Photoperiodismus sowie auf das vegetative Wachstum. Untersuchungen über photobiotische Unkrautregulierung (HARTMANN & NEZADAL 1990, SCOPEL et al. 1991) ergeben, dass die Mehrzahl der Samen durch den Lichteinfall bei einer Bodenbearbeitung in ihrer Keimung gefördert werden. SHINOMURA (1997) stellte fest, dass die Keimung von verschiedenen Phytochromtypen (= PhyA bis PhyE) maßgeblich gesteuert wird, die Auswirkungen jedoch in Abhängigkeit von der Gattung (= unterschiedliche Phytochromzahl und -art) in ihrer Stärke variieren. PhyB wird durch rotes Licht aktiviert und kann, nach einer gewissen Zeitspanne, durch dunkelrotes Licht deaktiviert werden (= **Low Fluence Response-Zustand**). Die Samen von *Rumex obtusifolius* (KENDRICK & CONE 1985) brauchen für den Keimungsbeginn im LFR-Zustand entsprechend viel Licht (= $1 \cdot 10^3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). PhyA kann die biochemische Aktivität der Samen unterbinden (= **Very Low Fluence Response-Zustand**), die für eine Keimung nötige Strahlung liegt hier bei $10^{-4} \cdot 10^{-1} \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Bei langer Belichtung mit relativ hoher Strahlungsintensität kann HIR (= **High Irradiance Response**) – offenbar aufgrund der negativen Wirkung auf das Hypokotyl-Wachstum – die Keimung bestimmter Samen unterbinden (CASAL & SANCHEZ 1998). In Untersuchungen von MILBERG et al. (1996) und ITHO et al. (1997) mit verschiedenen Unkräutern bestehen im Hinblick auf die für die

Keimung benötigte Lichtintensität nicht nur Unterschiede zwischen den Arten, sondern auch zwischen verschiedenen Herkünften der gleichen Art. Weitere Untersuchungen ergeben unterschiedliche Keimungsraten in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen (MILBERG et al. 1996, BOTTO et al. 1998) oder der Phytochrom-Ausstattung einzelner Samen innerhalb einer Population (HARTMAN et al. 1997). Nach SMITH (1995) „erkennen“ die Samen, mit Hilfe verschiedener Phytochrome, die Lichtverhältnisse in ihrer Umgebung, was einen positiven Effekt auf die Keimung hat. PhyB kann so direkte und gefilterte Strahlung unterscheiden; dies hat v. a. bei der Erschließung von Bestandeslücken Bedeutung (CASAL & SANCHEZ 1998). Nach GÓRSKI (1975) wird die Keimung unter einem Blätterdach so lange verzögert, bis das Einwirken von ungefiltertem Licht auf Lücken in der Narbe hindeutet, die den Pflanzen für ihre Entwicklung günstigere Bedingungen bieten. Nach SMITH (1986) ist diese Reaktion insbesondere darauf zurückzuführen, dass das Chlorophyll der Pflanzen hellrotes Licht (= direkte Strahlung) besser absorbieren kann als dunkelrotes Licht (= unter einem Blätterdach). KENDRICK & KRONNENBERG (1994) stellen fest, dass die pflanzlichen Photorezeptoren nicht nur verschiedene Wellenlängen (= UV-blau, UV-grün, UV-dunkelrot), sondern auch Unterschiede in Intensität, Dauer und Richtung der Strahlung differenzieren können. Für den Beginn der Keimung ist ein Minimum an Licht am physiologisch aktivem Phytochrom erforderlich (TOOLE 1973). Nach CRESSWELL & GRIME (1981) kann dieser Lichtreiz schon auf der Elternpflanze erfolgen, so dass später eine Keimung ohne erneute Lichtzufuhr möglich ist. Die Lichtqualität wird durch R/FR-Quotienten charakterisiert (SMITH 1982) und beträgt unter natürlichen Strahlungsbedingungen ca. 1,2 (FRANKLAND 1986, HOLMES & SMITH 1977), was auf einen überwiegenden Anteil an keimungslösender Lichtform hindeutet. Nach VERKAAR & SCHENKEVELD (1984) kann die Lichttransmission auf der Bodenoberfläche eine Größe von 0,5% erreichen, der R/FR-Quotient kann bis $< 0,1$ sinken und somit – über den reduzierten Anteil an physiologisch aktivem PhyB – keimungshemmend wirken (FRANKLAND 1986).

2.4.3 Temperatur

Die Keimfähigkeit von Samen bzw. das Erscheinen der Keimlinge ist eine Antwort auf günstige ökologische Verhältnisse. Die wichtigsten ökologischen Faktoren sind: Quantität und Qualität des Lichtes, Fotoperiode und Temperatur (HARPER 1977). Die Temperatursprüche einer Art gelten als spezifisches Merkmal, unterliegen jedoch ständig äußeren Umwelteinflüssen (HARPER 1977). Nach BRADBEER (1988) sind diese Anforderungen auch typisch für die jeweiligen Samenchargen. Die optimalen Temperaturbereiche (= Minimum, Maximum) sind genetisch vorgegeben (THOMPSON 1974). Lichtkeimer, die bei konstanten Temperaturen keimen, benötigen bei Dunkelheit häufig Wechseltemperaturen (THOMPSON et al. 1977), was ei-

ne Steuerung der Keimung in Abhängigkeit von der Tiefenlage der Samen im Boden und von der Vegetationsdichte ermöglicht (FENNER 1985). Konstante Temperaturen kommen unter natürlichen Bedingungen jedoch selten vor, weshalb der Einfluss von Wechseltemperaturen große Bedeutung hat. Nur bei wenigen Arten wirken konstante Temperaturen fördernd; im Hinblick auf Wechseltemperatur sind mehrere Faktoren, wie die Höhe der Temperaturdifferenz, die absoluten Werte der minimalen und maximalen Temperatur, die Dauer der Temperatureinwirkung sowie die Anzahl der Wechseltemperaturzyklen ausschlaggebend. In Untersuchungen von ISSELSTEIN & BISKUPEK (1991) über das Keimungsverhalten ausgewählter Kräutergartenarten wird bei drei Temperaturzyklen eine Keimungsrate von 20% und bei sieben Zyklen eine Keimungsrate von 90% erreicht. Der Einfluss eines Temperaturwechsels macht sich in verschiedener Hinsicht bemerkbar:

- Die Mehrheit der Arten keimen besser bzw. ausschließlich bei einem Temperaturwechsel.
- Die optimale konstante Temperatur hat, verglichen mit der Wechseltemperatur, nur eine schwache Wirkung.
- Durch einen Temperaturwechsel wird eine bessere Keimfähigkeit erreicht als durch die Teiltemperaturen der entsprechenden Konstanttemperatur.

Nach LEHMAN & AICHELE (1931) gibt es für jedes Nachreifestadium von Hafer eine entsprechende günstige Keimungstemperatur, der Einfluss der Wechseltemperatur beschränkt sich jedoch auf die ersten Nachreifestadien. Auch bei Unkräutern kommt es zu einer Verbreiterung des Temperaturintervalls durch Nachreife. Auch innerhalb einer Art sind – in Abhängigkeit von Samenalter und externen Bedingungen während der Lagerung – unterschiedliche Temperaturansprüche möglich (TOOLE et al. 1956). ELLENBERG (1950) teilt die Samen nach ihren Temperaturansprüchen während der Keimung in sechs Gruppen (Tk 1-6) ein:

- Tk 1** Arten mit geringer Temperaturabhängigkeit bei der Keimung; gleichmäßig hohe und rasche Keimung bei allen Temperaturstufen und Temperaturwechsel.
- Tk 2** Arten mit niedrigem Temperaturanspruch bei der Keimung; geringe Höhe aller Kardinalpunkte der Keimungstemperatur (= Minimum, Maximum, Optimum); das Maximum liegt bei dieser Gruppe bei 13-25 °C.
- Tk 3** Arten mit großem Temperaturbereich und niedrigem Optimum; die Differenz zwischen Optimum und Maximum der Keimungstemperatur ist größer als zwischen Optimum und Minimum.

- Tk 4** Arten mit mittleren Temperaturansprüchen und einem Optimum zwischen 10 und 20 °C; die Keimungstemperatur-Spanne ist generell sehr weit.
- Tk 5** Arten mit großem Temperaturbereich und einem hohen Optimum; Arten dieser Gruppe unterscheiden sich von der vorhergehenden durch ein niedriges Temperaturminimum.
- Tk 6** Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimungstemperatur; Maximum bei 40-45 °C; Optimum bei 25-40 °C, Minimum bei 20-25 °C.

Nach WEHSARG (1918) benötigt *Plantago major* nur bei trockener Lagerung hohe Temperaturen, für diese Art wird ein Optimalbereich von 25-35 °C angegeben. Nach SCHOPFER (1989) nimmt das Stratifikationsbedürfnis mancher Arten während der Lagerung ab und ältere Samen keimen ohne eine Kälteperiode. Die Temperaturschwankungen ermöglichen unter natürlichen Bedingungen eine Keimung bei 14-16 °C. Ein Temperaturwechsel zwischen 2-4 °C und 14-16 °C soll für die Keimung von *Plantago major* besonders günstig sein. Je geringer der Spielraum zwischen Maximum und Minimum bei der Keimung ist, desto größer ist offenbar der Einfluss der Temperatur auf das Vorkommen einer Art. In gemäßigten Klimagebieten finden Arten mit geringer Temperaturabhängigkeit (= Tk1; 0-15 °C) während einer längeren Periode optimale Keimungsbedingungen als Arten mit hohen Ansprüchen an die Keimungstemperatur (= Tk6; 20-40 °C). So erstreckt sich die Keimungszeit bei Arten der Gruppen Tk1 und Tk2 auf die Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonate, wohingegen sich die Keimung bei Arten der Gruppe Tk5 und Tk6 auf die wenigen warmen Sommermonate beschränkt. Unkräuter mit niedrigem Tk keimen im Herbst, Winter und Vorfrühling, Arten mit mittlerem Tk im Frühjahr und Arten mit hohem Tk im Frühsommer; bei niedrigem Tk und geringer Keimschnelligkeit findet oft eine erhebliche Keimungsverzögerung statt. Durch den Temperaturverlauf kann sowohl primäre als auch sekundäre Dormanz aufgehoben bzw. eine sekundäre Dormanz induziert werden. BEWLEY & BLACK (1994) stellen fest, dass die Keimungsrate und die Keimungsgeschwindigkeit von der Temperatur abhängen. Häufig stimmt jedoch das physiologische Verhalten einer Art nicht mit dem ökologischen Verhalten überein (ELLENBERG 1952), da die Temperaturwirkungen von günstigen bzw. ungünstigen Umweltfaktoren modifiziert werden. Für dormante Arten ist ein engerer Temperaturbereich für die Keimung charakteristisch als für nicht dormante Samen (HILHORST 1998). Niedrige Temperaturen nach der Wasseraufnahme durch die Samen können das Embryowachstum beeinträchtigen, so dass die gesamte Keimung nicht erfolgen kann (BRADBEER 1988). Bei niedrigen Temperaturen kann es durch ein Ausbleichen der photosynthetisch aktiven Membranen zu einer Inhibition der Photosynthese kommen. Entsprechend können höhere Temperaturen zwar eine Quellung der Sa-

men verhindern, nicht aber das Embryonenwachstum oder die Entwicklung der Keimlinge beeinträchtigen. Wird die kritische Temperatur überschritten, werden in den Plastiden zwar cytoplasmatisch synthetisierte Proteine angereichert, die photosynthetisch aktiven Membranen und Pigmente werden jedoch nicht ausgebildet, so dass die Keimlinge nicht grün werden. Die normale Entwicklung der Keimlinge wird schon nach einer Stunde Temperaturabsenkung wieder aufgenommen. Nach BRADBEER (1988) liegt diese kritische Temperatur bei ca. 34 °C. Da die Stratifikation als Anpassung der Pflanzen an gemäßigte Klimate betrachtet werden kann, laufen im Spätsommer oder Herbst reifende Samen erst im folgenden Frühjahr unter günstigen Wachstumsbedingungen auf (VEGIS 1963, GRIME et al. 1981). Um die Dormanz zu brechen, ist eine Kombination oder zeitliche Abfolge von Kältestratifikation mit Licht, Nitrat oder Wechseltemperatur notwendig (VINZENT & ROBERTS 1977, TOTTERDEL & ROBERTS 1979).

2.4.4 Allelopathie

Als Allelopathie wird jeder Prozess bezeichnet, bei dem durch Pflanzen, Mikroorganismen oder Viren (= Allelopathen) sekundäre Metaboliten (= Allelopathien) gebildet werden, die einen Einfluss auf die Entwicklung biologischer und landwirtschaftlicher Systeme – mit Ausnahme der Tiere – haben (ELIJARRAT & BARCELO 2001). OLESZEK (1996) und WÓJCIK-WÓJTKOWIAK et al. (1998) sprechen auch von einem allelopathischen Potenzial der Pflanzen. Die Gruppe der sekundären Metaboliten umfasst sowohl Inhibitoren als auch Stimulatoren, wobei Inhibitoren unter gewissen Umständen auch als Stimulatoren wirken. In welcher Menge solche Substanzen von den Pflanzen freigesetzt werden, ist offenbar genetisch determiniert (HARKOT & JANICKA 2004). WU et al. (1999) bezeichnen die allelopathische Aktivität von Pflanzen als ein multigenetisch bedingtes Merkmal, das schwach mit dem Ertrag und anderen wirtschaftlich wichtigen Merkmalen korreliert. Die Wirkung dieser Substanzen kann, in Abhängigkeit von mehreren Stressfaktoren, variieren, wird jedoch wesentlich von dem Alter der Pflanzen und deren Organen beeinflusst (HARKOT & JANICKA 2004). Allelopathisch wirkende Stoffe befinden sich hauptsächlich in den Blättern (= höchste Konzentrationen und breites Wirkungsspektrum); die Wurzeln enthalten weniger potentiell wirksame Substanzen bzw. deren Wirksamkeit ist weniger stark. Die Samen besitzen zahlreiche Inhibitoren, deren Wirkung sie insbesondere vor Fäulnisprozessen schützt oder den Samen eine Keimruhe aufzwingen. Die Aktivität von Allelopathen im Frühjahr ist vor allem unter sauerstoffarmen Bedingungen ausgeprägt; wirksame Substanzen werden meist von Pflanzenresten freigesetzt. Ein direkter Einfluss auf den Gehalt an Allelopathien in der Umgebung der Pflanzen kann von bestimmten stimulierenden Faktoren ausgehen; so setzen abgestorbene Pflanzenteile durch Evaporation

oder Auswaschung nach mechanischer Zellschädigungen vermehrt Allelopathien frei (GNAZDOWSKA et al. 2004). Stetige oder temporäre Adsorption an Bodenkolloiden oder Humussubstanz bedingt eine Schwächung der allelopathischen Wirkung (INDERJIT & CALLAVAY 2003). Ungebundene Substanzen oder solche, die sich nicht mikrobiell umwandeln lassen, verbleiben in der Bodenlösung; deren Wirkung kann blockiert werden bzw. sie können der Aufnahme und dem Transport innerhalb der Pflanze unterworfen werden. Selektion und Verwendung solch repressiver Pflanzen kann gegenwärtig im Anbau von *Triticum aestivum* (WU et al. 1999), *Oriza sativa* (JENSEN-BACH et al. 2001, RIMANDO et al. 2001) und *Secale cereale* (REBERG et al. 2001) beobachtet werden. Die Entwicklung ertragreicher Pflanzen kann mit Hilfe molekularer oder herkömmlicher Methoden (= Pflanzen-Donoren) gefördert werden. HOVELAND (1964) findet nur einen geringen Einfluss der Wurzelauausscheidungen von *Festuca arundinacea* auf einige *Trifolium*-Arten (= *Trifolium incarnatum*, *Trifolium negrescens*, *Trifolium repens* und *Trifolium versiculosum*). Die Lösungen ausgetrockneter Sprossen von *Festuca arundinacea* verringern die jedoch Wurzelentwicklung von *Brassica nigra* und haben einen negativen Effekt auf Keimfähigkeit, Wachstum des Keimlings und den Ertrag von *Lotus corniculatus* (STEPHENSON & POSTLER 1988). Nach WESTON (2003) wirkt *Festuca rubra* repressiv auf einjährige Unkräuter mit ähnlicher Wirkung wie bei Verwendung von Glyphosate. *Festuca spec.* können mit Endophyten kontaminiert sein, deren Anwesenheit den Verlauf chemischer Reaktionen oder das allelopathische Potenzial beeinflusst. Nach GLENN et al. (1996) bewirken diese Endophyten in *Festuca arundinacea* die Produktion von Alkaloiden in den Pflanzenwurzeln und beeinflussen die Morphologie – reduzierte Wurzellänge und Pflanzendichte – benachbarter *Trifolium*-Arten. Diese indirekte Hemmung kann die Aufnahme von Nährstoffen und Wasser benachbarter Pflanzen beeinträchtigen und fördert dadurch die Konkurrenzkraft von *Festuca spec.* (MALINOWSKI et al. 1999). In anderen Untersuchungen (SPRINGEN 1987) wird hingegen kein endophytischer Einfluss gegenüber Allelopathie festgestellt. Allelopathische Substanzen, die von Pflanzen in den Boden abgegeben werden, können Narbenschädigungen zur Folge haben. Auch die Problematik misslungener Nachsaaten ist offenbar in einigen Fällen mit Allelopathie verbunden (HARKOT & JANICKA 2004).

2.5 Arbeitshypothese

Aus der Literatur lässt sich herausstellen:

- Die Keimung und das Verhalten von Keimlingen im etablierten Pflanzenbestand wird von komplexen ökologischen Prozessen bestimmt, wobei die Pflanzenarten sich deutlich in ihren Dormanz- und Keimungsstrategien unterscheiden.
- Laborversuche zeigen, dass bei Arten gleicher Gattungszugehörigkeit Ähnlichkeiten im Keimverhalten bestehen, was für Vertreter einer Pflanzengesellschaft offenbar nicht zutrifft.
- Offenbar besteht ein Zusammenhang zwischen der Samengröße und dem Lichtbedürfnis bei der Keimung.
- Untersuchungen über Gemeinsamkeiten in den Umweltansprüchen bei der Keimung verschiedener Arten einer pflanzensoziologischen Einheit bzw. einer Reifegruppe unter natürlichen Bedingungen (= Feldversuch) fehlen weitestgehend. Zwischen dem physiologischen Optimum (= Reinkultur) und dem ökologischen Optimum (= Mischkultur) bestehen oft große Unterschiede, da die Effizienz dormanzbrechender Faktoren, wie Licht, Wasser, Temperatur und Nitrat, unter Konkurrenzbedingungen beeinträchtigt sein kann.
- Keimungsversuche im Labor lassen vermuten, dass innerhalb einer Pflanzengesellschaft Gemeinsamkeiten in den Keimungsstrategien verschiedener Arten im Zusammenhang mit den spezifischen Konkurrenzverhältnissen stehen. Die in der Klimakammer erzielten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Keimung in Bereichen mit herabgesetzter Spross- und Wurzelkonkurrenz (z.B. Vegetationslücken) je nach Art gesellschaftsabhängig begünstigt ist oder aber vermieden wird.
- Aus der Literatur ist wenig über die Keimung und Etablierung von Grünlandpflanzenarten bei abgestufter Konkurrenz bekannt.

Vor dem Hintergrund dieser Feststellungen soll die vorliegende Arbeit zur Untersuchung und Klärung folgender Aspekte beitragen:

- Lassen sich die Ergebnisse aus den Laborversuchen durch Freilandversuche zur Keimung und Etablierung verschiedener Arten der gleichen Gattung und/oder der gleichen Pflanzengesellschaft verifizieren?
- Wie verhalten sich die ausgewählten Arten bezogen auf Aufgangsraten, Etablierung und Persistenz in Abhängigkeit von abgestufter interspezifischer Konkurrenz (= ausgeschaltete Spross- bzw. Wurzelkonkurrenz, fehlende sowie volle Konkurrenz)?

- Bestehen Ähnlichkeiten im Konkurrenzverhalten von Arten gleicher Gattungszugehörigkeit, die sonst unter ungleichen Konkurrenzbedingungen wachsen?
- Welcher Einfluss geht von der Samen- bzw. Fruchtgröße auf den Aufgang und die Etablierung bei abgestufter Konkurrenz aus?
- Welche Effekte haben der Hauptbestandsbildner und die Nutzungsfrequenz auf Aufgang sowie Etablierung und welchen Stellenwert haben vor allem die Interaktionen $\text{Art} \times \text{Narbe}$ und $\text{Art} \times \text{Nutzungsfrequenz}$?

3. Material und Methoden

3.1 Standort und Witterung

Die Versuchsflächen befanden sich auf dem Gelände der Versuchstation des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und Futterbau – der Justus-Liebig-Universität Gießen, etwa 6 km südlich von Gießen – Gauß-Krüger Koordinaten $R = 3476653,3$ m und $H = 5600512,0$ m – in 160 m ü. NN. Bei dem anstehenden Bodentyp handelte es sich um einen Pseudogley aus periglazialen Fließerden über reliktschem Rotlehm (HARRACH 1987), vgl. Anhangtab. 1. Die bodenchemischen Kennwerte der Ausgangssituation sind in Anhangtab. 2 dargestellt. Um Mangelsituationen auszuschließen, wurde direkt nach Aussaat der Hauptbestandbildner im Mai 2002 80 kg N ha^{-1} als Kalkammonsalpeter gedüngt. In den Untersuchungsjahren 2003, 2004, 2005 wurde jeweils im April eine Gabe von 40 kg N ha^{-1} als Kalkammonsalpeter verabreicht. Die Witterungsverläufe der Untersuchungsjahre sind aus Abb. 5 ersichtlich.

3.2 Versuchsanlage

Die Versuchsanlage wurde im Mai 2002 angelegt. Es wurde – entsprechend Tab. 3 – jeweils ein Zwei-Sortengemisch verwendet; 'ROLAND21' und 'TAGERA' von *Festuca rubra rubra* sowie 'ARABELLA' und 'WEIGRA' von *Lolium perenne*, vgl. Anhangtab. 3. Der Versuch wurde als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt, die Parzellengröße betrug $1,4 \times 6,0$ m, vgl. Tab. 3. und Abb.6. Bereits 2002 wurden die Parzellen – in Abhängigkeit von der Narbenbeschaffenheit – unterschiedlich intensiv genutzt. Nach einem Reinigungsschnitt noch in der ersten Jahreshälfte folgten - entsprechend dem Versuchsplan - in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode ein bzw. zwei weitere Schnitte. Die Samen der zu untersuchenden Arten wurden im Jahr 2003 zum Zeitpunkt der arttypischen Reife, vgl. Tab. 4 und Anhangtab. 4, auf nahegelegenen Flächen gesammelt, gereinigt, die Tausendkornmasse bestimmt und trocken bei Raumtemperatur in Dunkelheit eingelagert. Die Saattermine der Zielarten wurden auf die jeweiligen Reifezeiten abgestimmt, so dass unterschiedliche Lagerungszeiten des Saatguts weitgehend vermieden wurden. Die Aussaat der Gräser *Bromus spec.* und *Poa spec.* erfolgte nach der Nutzung in der 26. Woche, die später reifenden Kräuter *Galium spec.* und *Plantago spec.* wurden nach der Nutzung in der 38. Woche gesät, vgl. Anhangtab. 5. Die Einsaat in die etablierten Grasbestände erfolgte auf einer räumlich exakt definierten $1,0 \times 3,0$ m großen zentral angeordneten Teilfläche in jeder Parzelle mit Hilfe einer Schablone (= $1,2 \times 0,8$ m), wobei je $0,01 \text{ m}^2$ ein Same abgelegt wurde, so dass insgesamt 100

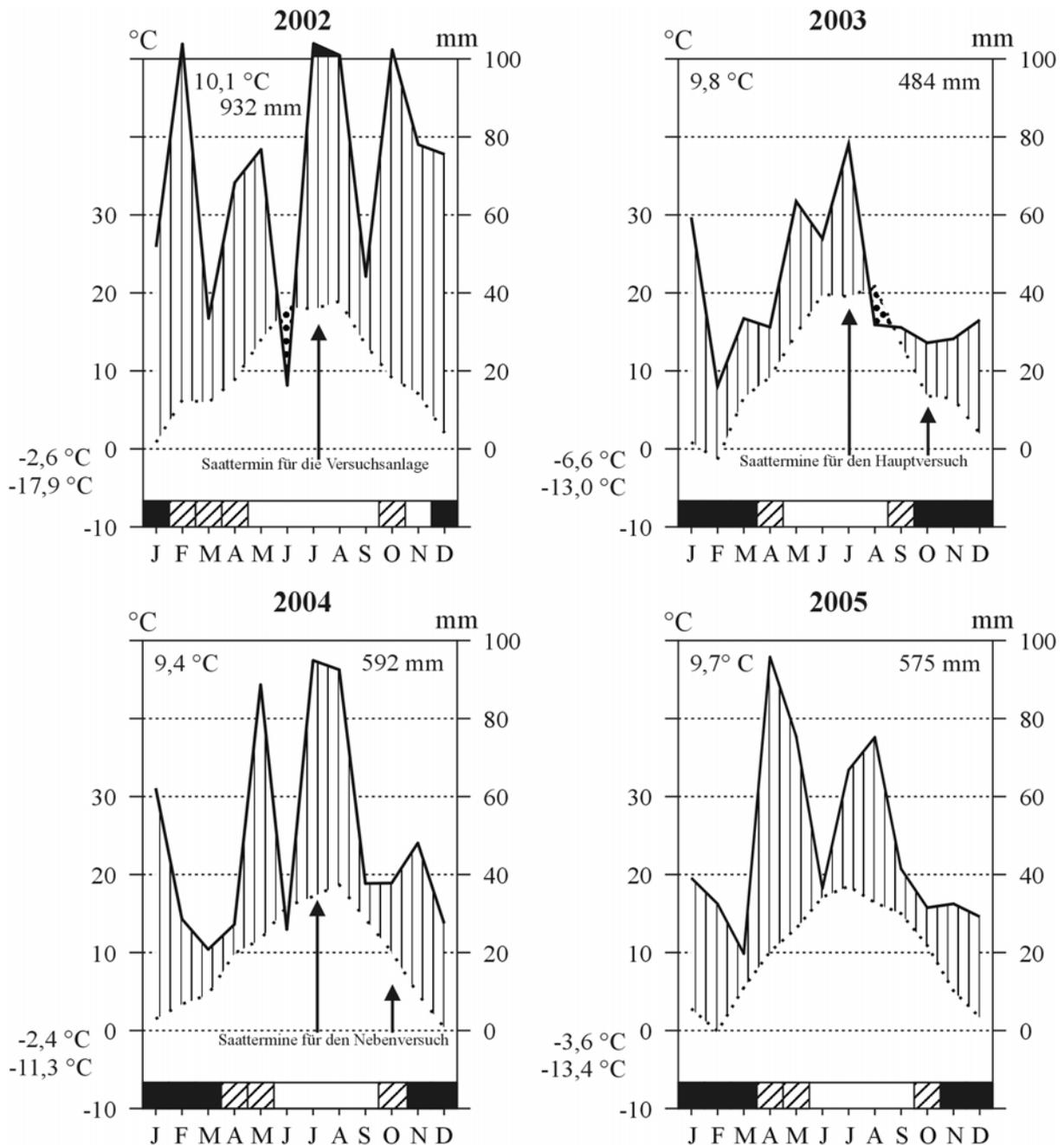


Abb. 5: Witterungsdiagramme der Versuchstation Linden-Forst (160 m ü. NN), zusammengestellt nach WALTER (1957).

Samen m^{-2} bzw. 400 Samen je Parzelle ausgebracht wurden, vgl. Abb. 6. Zuerst wurde mit Hilfe einer Schnur innerhalb einer Säule die Grenze der Kernparzellen bestimmt, so dass auf dicht nebeneinander liegenden Parzellen die Kernparzellen wechselseitig angelegt wurden. Dann wurde am längeren Rand jeder Parzelle zwei Löcher in den Boden gebohrt, um die Einordnung der Aussaatschablone festzuhalten. Um die eventuelle Zerstörung der Löcher zu vermeiden, wurden an diesen Stellen zwei Plastikröhrchen eingebracht. Durch die Konzentration auf die Kernparzelle konnten Randeffekte minimiert werden. Das durch die Schablone

Tab. 3: Varianten des Freilandversuchs mit drei Wiederholungen, angelegt als Lateinisches Rechteck

Faktoren	Stufen
1. Nutzungsfrequenz	1.1 gering (= 2x) 26. + 38. Woche 1.2 hoch (= 4x) 20., 26., 32. + 38. Woche
2. Bestand	2.1 <i>Lolium perenne</i> (2 Sorten-Mischung aus ARABELLA und WEIGRA, Saatstärke 20 kg ha ⁻¹) 2.2 <i>Festuca rubra rubra</i> (2 Sorten-Mischung aus ROLAND21 und TAGERA, Saatstärke 25 kg ha ⁻¹)
3. Interspezifische Konkurrenz *	3.1 ohne Konkurrenz* 3.2 ohne Sprosskonkurrenz* 3.3 ohne Wurzelkonkurrenz* 3.4 mit Konkurrenz
4. Zielart	4.1 <i>Bromus hordeaceus</i> 4.2 <i>Bromus erectus</i> 4.3 <i>Galium mollugo</i> 4.4 <i>Galium verum</i> 4.5 <i>Plantago major</i> 4.6 <i>Plantago media</i> 4.7 <i>Poa annua</i> 4.8 <i>Poa trivialis</i> 4.9 Kontrolle (ohne)

* nur in den Varianten mit *Lolium perenne* und geringer Nutzungsfrequenz vorhanden

Tab. 4: Zielarten

Art	Reife- monat	Reaktion auf (*)			Soziologische Stellung	Lebensform
		Licht	KNO ₃	Vorkü.		
<i>Bromus hor- deaceus</i>	6	0	0	0	<i>Arrhenatheretalia</i> - CA	überw.ann., bienn.
<i>Bromus erectus</i>	6/7	+	(+)	-	<i>Brometalia erecti</i> - CA	perennier.
<i>Galium mollugo</i>	8/9	(-)	0/+	0	<i>Arrhenatherion</i> - CA	perennier.
<i>Galium verum</i>	8	-	0	+/-	<i>Festuco-Brometea</i> - CA	perennier.
<i>Plantago major</i>	8	+	+	+	<i>Plantaginetea majoris</i> - CA	perennier.
<i>Plantago media</i>	7	+	-	0	<i>Festuco-Brometea</i> - CA	perennier.
<i>Poa annua</i>	5	+/0	+	-	<i>Polygonion avicularis</i> - CA	perennier.
<i>Poa trivialis</i>	6	+/0	+	0	<i>Molinio- Arrhenatheretea</i> - CA	perennier.

* 0 = neutrale, + =positive, - = negative Reaktion, nach ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001)

durchwurzelt ist (KLAPP 1971, KMOCH 1952, BOEKER 1974) und dort auch die stärksten Einflüsse der Wurzelkonkurrenz auf das Jungpflanzenwachstum wirksam werden und zudem tiefe Abschirmungen (= 30 cm) mit zunehmender Einzelpflanzenentwicklung das Wachstum der Jungpflanzen früher und stärker negativ beeinflussen als geringere Abschirmungstiefen (THUMM 1989), sind für das vorliegende Vorhaben, in dem die Jungpflanzenentwicklung drei Jahre lang beobachtet wurden, Rohre mit 20 cm Tiefe als optimal zu betrachten. Im Mai 2002 wurde ergänzend ein direkt neben dem Hauptversuch gelegener, in den Versuchsgliedern reduzierter, Zusatzversuch mit *Lolium perenne* als Hauptbestandbildner etabliert, vgl. Tab. 5; dieser Versuch sollte zeigen, ob die Beobachtungen über Aufgang und Etablierung der untersuchten Arten unter jahrbedingten Witterungsbedingungen bestätigt werden können und damit eine Verallgemeinerungsfähigkeit der Befunde gegeben ist. Als Bestand wurde *Lolium perenne* etabliert, die Nutzungsfrequenz wurde wie im Hauptversuch variiert. In diesen Zusatzversuch wurden frisch gesammelte Samen der zu untersuchenden Arten eingesät, vgl. Tab. 5 und Anhangtab. 5, wobei nur auf 1,2 x 0,8 m der Schablone Samen abgelegt wurden (= 400 Samen Parzelle⁻¹). Die Parzellengröße betrug hier 1,4 x 2,0 m.

Tab. 5: Varianten des Freiland-Zusatzversuchs mit drei Wiederholungen, angelegt als Lateinisches Rechteck, Bestand *Lolium perenne*

Faktoren	Stufen	
1. Nutzungsfrequenz	1.1 gering (= 2x) 26. + 38. Woche 1.2 hoch (= 4x) 20., 26., 32. + 38. Woche	
2. Zielart	3.1 <i>Bromus hordeaceus</i> 3.2 <i>Bromus erectus</i> 3.3 <i>Galium mollugo</i> 3.4 <i>Galium verum</i> 3.5 <i>Plantago major</i>	3.6 <i>Plantago media</i> 3.7 <i>Poa annua</i> 3.8 <i>Poa trivialis</i> 3.9 Kontrolle

3.3 Methoden

In Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, vgl. Tab. 3 und 5, wurden die Parzellen geerntet und der Frischmasseertrag je Parzelle bestimmt. Von jeder Parzelle wurde noch zusätzlich für Analysenzwecke eine repräsentative Probe entnommen, 24h bei 103°C im Ventilator-Trockenschrank getrocknet, um anschließend den **TS-Ertrag** zu berechnen. In den Kernparzellen mit Diasporeneinsaat der drei Blöcke wurden zusätzlich **Mikroklimamessungen** vorgenommen, um u.a. Aussagen für die Arten treffen zu können, die aufgrund früherer Untersuchungen als lichtempfindlich gelten (= *Plantago major*, *Plantago media*, *Poa annua*, *Poa trivialis*) (ZIRON 2000, KNÖDLER 2001, OPITZ v. BOBERFELD et al. 2001) bzw. um den Einfluss der

Nutzungshäufigkeit auf Narbendichte und auf das Mikroklima beschreiben zu können. Erfasst wurden hierbei die **Lichteinstrahlung**, **Temperatur** und relative **Luftfeuchtigkeit**, vgl. Anhangabb. 1-12. Die photosynthetische Photonenflussdichte (= PPF) wurde in der Grasnarbe an der Bodenoberfläche mit Hilfe von Quantensensoren vom Typ LI-COR 190-S im photosynthetisch aktiven Spektralbereich (= PAR, 400-700 nm) in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ermittelt (SHIBLES 1976, BELL & ROSE 1981). Zudem wurde die Lichteinstrahlung in den Teilstücken ohne Konkurrenz erfasst. Sowohl relative Luftfeuchtigkeit als auch Temperatur wurden mit Rotronic YA-100F-Sensoren gemessen. Die Messdaten wurden mit Hilfe von Data-Loggern aufgezeichnet. Der Witterungsverlauf – vgl. Abb.5 – wurde in 2,0 m oberhalb der Oberfläche mit der auf der Versuchstation vorhandenen stationären Wettermessstation kontinuierlich dokumentiert. Zusätzlich zu den Felduntersuchungen wurden die in den Jahren 2003 und 2004 gesammelten Samen zu ihrer Charakterisierung in einer Klimakammer unter kontrollierten Bedingungen bei unterschiedlichen Umweltfaktoren untersucht, vgl. Tab. 6. Die Samen wurden bis zu Beginn des Laborversuchs in einem dunklen Raum bei Zimmertemperatur gelagert. Die Diasporen wurden zu je 20 in mit Filterpapier ausgelegte Petrischalen eingezählt und anschließend mit 2 ml Medium befeuchtet, vgl. Tab.6. Es wurde mit vier Wiederholungen gearbeitet. Alle Varianten mit **Vorkühlung** (= Stratifikation) wurden zehn Tage lang bei 3°C in einer Kühltruhe gehalten. Die Klimaschränke wurden mit einer Wechseltemperatur von 10/20°C (= 8/16 Stunden) betrieben, wobei die Temperaturschwankungen hier max. 1°C um den Sollwert betragen. Die Variation des **Lichtes** wurde mit einer einheitlichen Lichtquelle (= Fluoreszenzleuchten Radium Halogenröhren NL 36W/21), mit photosynthetischer Photonenflussdichte von $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ – (R/FR=1,28) – erzeugt. Bei der Stufe Licht wurden lichtdurchlässige Keimboxen, in denen die Petrischalen deponiert wurden, verwendet. Die Licht-Filterkästen wurden zusätzlich mit Aluminiumfolie ausgekleidet, um für alle Samen ein

Tab. 6: Varianten des Labor-Keimungsversuchs eines Erntejahres mit vier Wiederholungen bei 10/20°C Wechseltemperatur

Faktoren	Stufen	
1 Vorkühlung	1.1 ohne 1.2 mit (= 10 Tage bei 3°C)	
2 Licht	2.1 Licht 2.2 Filter 2.3 Dunkel	
3 Medium	3.1 H ₂ O 3.2 0,2% KNO ₃ 3.3 -0,1 MPa (= PEG 2), pF 3,0	
4 Art	4.1 <i>Bromus hordeaceus</i> 4.2 <i>Bromus erectus</i> 4.3 <i>Galium mollugo</i> 4.4 <i>Galium verum</i>	4.5 <i>Plantago major</i> 4.6 <i>Plantago media</i> 4.7 <i>Poa annua</i> 4.8 <i>Poa trivialis</i>

genügendes Lichtangebot sicher zu stellen; zusätzlich rotierten die Petrischalen in den Keimboxen alle an jedem fünften Zähltag, um gleiche Lichtverhältnisse zu schaffen. Bei der **Stufe Filter** wurden die Glasplatten der Keimbox mit grüner Folie abgedeckt, da der Einsatz von grünen Blättern als Lichtfilter durch die Austrocknung im Klimaschrank sowie raschen Chlorophyllabbau und damit einer Veränderung der Transmissionskurve wenig geeignet wäre. Hier sollten die Lichtverhältnisse unter einem beschattenden Pflanzenbestand simuliert werden, was die grüne Folie kontinuierlich gewährleistet. Unter der grünen Folie ergab sich ein Hellrot-Dunkelrotverhältnis von 0,1, was den Lichtverhältnissen unter einem Blätterdach entsprach (ZIRON 2000). Die gemessene Photonenflussdichte lag in der Klimakammer bei PPF_D = 93,5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. In der Lichtkiste wurde im oberen Bereich noch 76,1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, im unteren Teil dagegen nur 30,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ erreicht. In der Filtervariante ergaben sich oben 17,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, im unteren Teil 5,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Für die **Dunkelvariante** konnte kein Photonenfluss festgestellt werden, was auch die Lichtdichtheit des Behälters bestätigte. Bei der Stufe Dunkelheit befanden sich die Petrischalen in einer – mit einer schwarzen Folie ausgekleideten – lichtundurchlässigen Keimbox, um jegliche Lichteinflüsse auszuschließen. Um eine keimstimulierende Wirkung von **Nitrat** mit zu erfassen, wurden Samen mit optimaler Konzentration – nach MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1982) bei 0,2% KNO_3 – mit 2 ml je Petrischale befeuchtet. Für die Stufe H_2O wurden 2 ml demineralisiertes Wasser verwendet. Eine **Wasserspannung** (= **PEG 2, pF 3,0**) wurde mit Hilfe von Polyethylenglykol 6000 (= PEG), einer osmotisch wirksamen Verbindung, nach MICHEL & KAUFFMANN (1973) erzeugt. PEG wird üblicherweise im Labor zur Steuerung der Wasserverfügbarkeit (= Trockenstress) eingesetzt. Sämtliche Varianten wurden alle fünf Tage gezählt, gekeimte Diasporen entfernt und notiert. Die Filter- und Dunkelvarianten wurden unter schwachem grünem Sicherheitslicht (= Photonenflussdichte = 0,18 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in einer vollkommen abgedichteten Dunkelkammer ausgezählt.

3.4 Statistische Auswertung

Das Datenmaterial wurde mit Hilfe des PC-Statistikapplikation SPSS für Windows, Version 12.0 (ANONYMUS 2003b) ausgewertet. Die Daten wurden als Lateinische Rechtecke mit drei Wiederholungen mehrfaktoriell für jedes Untersuchungsjahr bzw. Untersuchungstermin und jede Gattung getrennt varianzanalytisch verrechnet, vgl. Tab. 3 und 6. Um zu prüfen, ob die Varianten normalverteilt sind, wurden der Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Bei den Arten, bei denen sich die Werte im Bereich von 0%-100% bewegen, wurde die Arcussinus-Wurzeltransformation (GOMEZ & GOMEZ 1984) verwendet, wobei die Werte 0% und 100% durch $0,25 \text{ n}^{-1}$ bzw. $100-0,25 \text{ n}^{-1}$ ersetzt wurden. Für alle Arten, bei denen die Werte rechts- bzw. linksverteilt waren, d.h. sich im

Bereich von 0-30% bzw. 70-100% bewegen, wurde die Wurzeltransformation angewendet, wobei zu allen Null-Werten 0,5% hinzugefügt wurde.

Rechenformel für Arcussinus-Wurzeltransformation:

$$f(x)=\arcsin (X^{**}/100)^{0,5}$$

Rechenformel für Wurzel-Transformation:

$$f(x)=(X^{**})^{0,5}$$

Wobei:

X^{**} =Ausgangswert (%)

Den Tests auf Signifikanz wurden folgende Sicherungsniveaus zu Grunde gelegt:

- F-Test der Varianztabelle
Signifikanzniveau 5%, in den Tabellen gekennzeichnet durch "**"; Signifikanzniveau 1 %, in den Tabellen gekennzeichnet durch "***"
- multipler t-Test für die Einzelwerte der Tabellen Signifikanzniveau 5%

4. Ergebnisse

4.1 Erträge und Mikroklima

Abb. 7 zeigt die TS-Erträge - **Hauptversuch** - der drei Beobachtungsjahre in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität und dem Hauptbestandsbildner. Die Interaktion Nutzungsintensität × Bestand ist in allen Jahren gesichert, vgl. Anhangtab. 13. Die TS-Erträge liegen bei hoher Nutzungsfrequenz auf einem niedrigeren Niveau, wobei diese Differenz in den *Festuca rubra*-Beständen deutlicher ausgeprägt ist; die Unterschiede in den TS-Erträgen von *Festuca rubra* bei der Vier-Schnitt-Nutzung einerseits und von *Lolium perenne* bei geringer Nutzungsintensität andererseits unterscheiden sich nicht signifikant, vgl., Anhangtab. 14. Im Jahr 2004 kommt es nur in den *Festuca rubra*-Beständen zu einem Rückgang der TS-Erträge mit gesteigerter Nutzungsintensität. Wichtigste Varianzursache im Jahr 2003 ist der Faktor Nutzungsintensität, während im zweiten und dritten Beobachtungsjahr der größte Einfluss vom Faktor Bestand ausgeht, vgl. Anhangtab. 13. Die *Lolium perenne*-Bestände liefern geringere Erträge als die *Festuca rubra*-Bestände. In Abb. 7 wird ebenfalls deutlich, dass der Hauptteil der TS-Erträge zu den ersten Ernteterminen gewonnen wird.

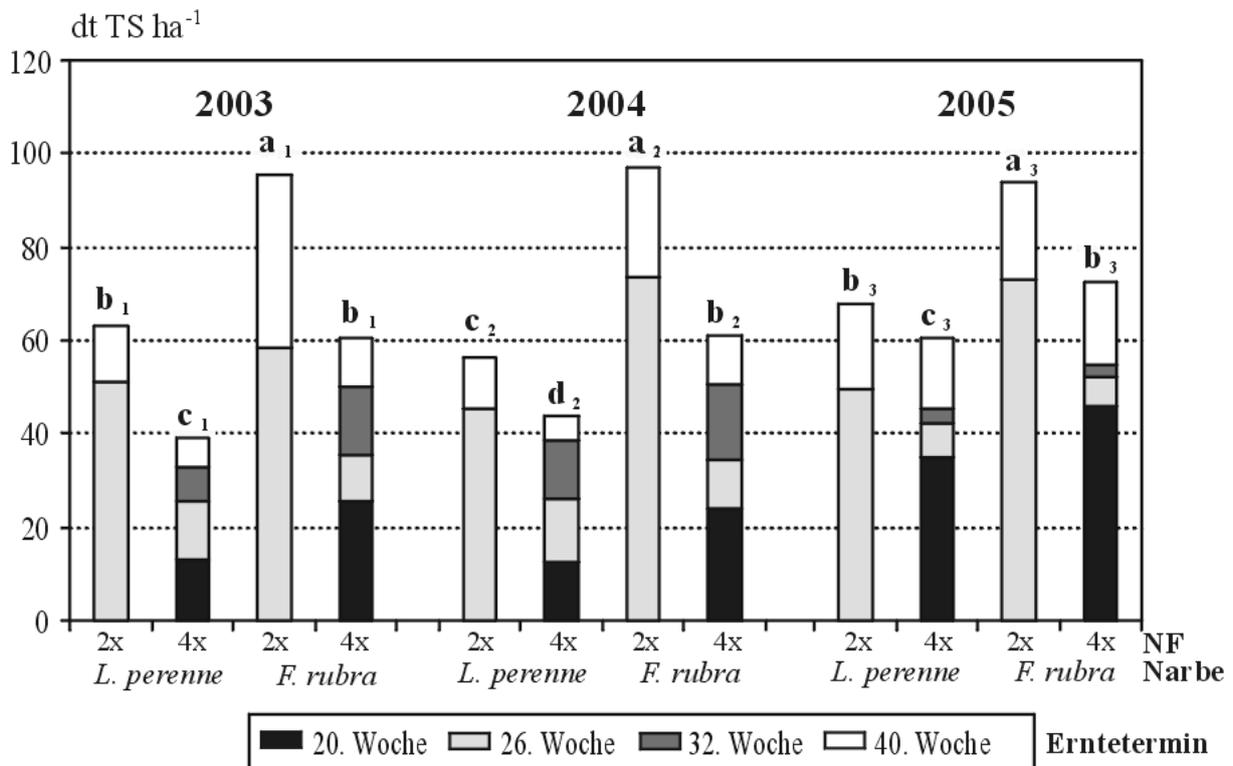


Abb. 7: TS-Erträge in Abhängigkeit von Nutzungsintensität (= NF), Hauptbestandsbildner und Jahr - Hauptversuch

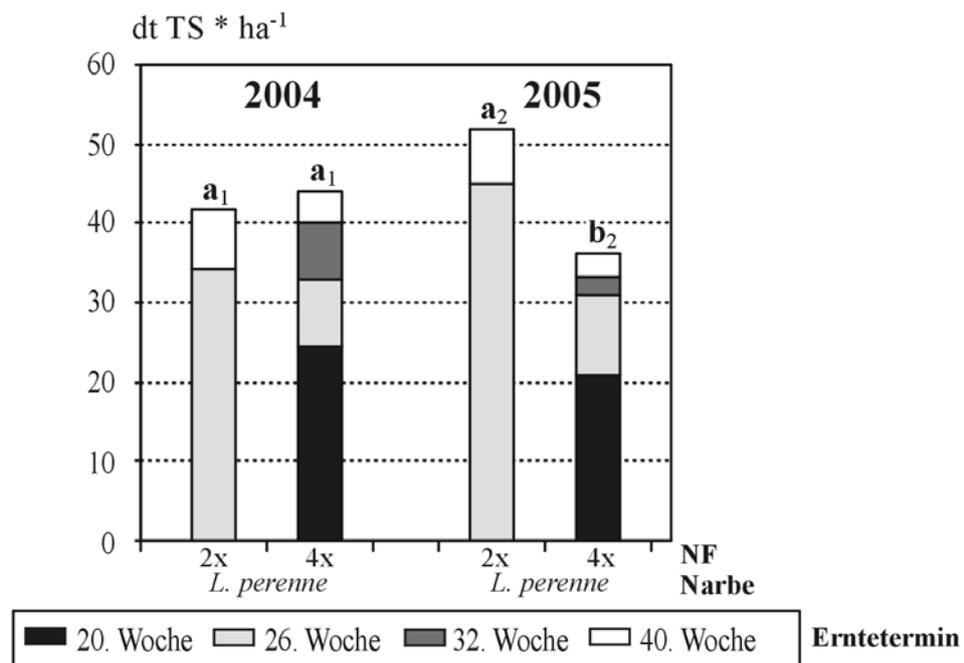


Abb. 8: TS-Erträge in Abhängigkeit von Nutzungsintensität (= NF) und Jahr - Zusatzversuch

Abb. 8 sowie die Anhangtab. 15-16 beziehen sich auf die TS-Erträge des **Zusatzversuches** von *Lolium perenne* in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität in den Vegetationsperioden 2004 und 2005. Im Jahre 2004 ist der Einfluss der Nutzungsfrequenz nicht gesichert, da die TS-Erträge im Jahre 2004 bei der Zwei-Schnitt-Nutzung auf annähernd gleichem Niveau wie bei der Vier-Schnitt-Nutzung liegen, vgl. Abb. 8 und Anhangtab. 16. Dagegen ist im Jahre 2005 der Faktor Nutzungsfrequenz signifikant. Im Vergleich zu Hauptversuch 2004 und 2005 sind die TS-Erträge von *Lolium perenne* im Jahre 2004 bei niedriger Nutzungsintensität geringer ausgefallen, bei hoher Nutzungsintensität liegen jedoch in beiden Feldexperimenten die TS-Erträge vergleichbar hoch. In der darauf folgenden Vegetationsperiode 2005 liegen die TS-Erträge des Zusatzversuches im Vergleich mit TS-Erträgen des Hauptversuches sowohl bei Zwei-Schnitt-Nutzung als auch bei Vier-Schnitt-Nutzung deutlich niedriger, was vor allem bei der Stufe niedrige Nutzungsfrequenz auf den Rückgang der TS-Erträge der letzten Schnitt-Nutzung (= 40. Woche) zurückzuführen ist. Die Unterschiede in der Erträgen Haupt- und Zusatzversuch können auch durch den größeren Randeffekt infolge des kleineren Parzellen des Zusatzversuches (= 1,4 x 2,0m) ausgelöst werden.

Die **Mikroklimamessungen**, in 15-minütigen Abstand vorgenommen, im Mai 2005 (= 19. Woche) zeigen, dass im Hinblick auf die Strahlungsverhältnisse, vgl. Anhangtab. 7 und 8, nur geringe Unterschiede sowohl bezogen auf den Faktor Nutzungshäufigkeit (= zweimalig; viermalig) als auch bezogen auf den Faktor Hauptbestandsbildner (= *Festuca rubra*, *Lolium perenne*) bestehen. In den Anhangabb. 1-8 ist zusätzlich die Globalstrahlung dargestellt, wobei im Mai 2005 eine durchschnittliche Photonenflussdichte von 260,3 μmol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mit einem maximalen Wert von $1030,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gemessen wird. Die an der Bodenoberfläche gemessene Temperatur liegt in den *Festuca rubra*-Beständen etwas höher als in den *Lolium perenne*-Beständen, vgl. Anhangtab. 9 und 10; zwischen der Nutzungsfrequenz zeichnen sich aber auch hier keine deutlichen Unterschiede ab; dies gilt auch für die relative Luftfeuchtigkeit, bei der die Mittelwerte beider Nutzungsvarianten im Mai auf annähernd gleichem Niveau liegen, wobei in den *Festuca rubra*-Beständen – verglichen mit den *Lolium perenne*-Beständen – niedrigere Werte gemessen werden, vgl. Anhangtab. 11 und 12. Die Strahlungsverhältnisse im September 2005 (= 37. Woche) zeigen, dass es in den *Festuca rubra*-Beständen mit der Erhöhung der Nutzungsintensität zu einer Erhöhung der Lichtstrahlung kommen kann (= $56,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). In den *Lolium perenne*-Beständen wird bei der hoher Nutzungsintensität eine niedrigere Photonenflussdichte von $37,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ und eine durchschnittliche Globalstrahlung von $146,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gemessen, vgl. Anhangtab. 6, 7 und 10. Bei niedriger Nutzungsintensität ist die mittlere Temperatur in den *Festuca rubra*-Beständen höher als bei hoher Nutzungsintensität, dagegen sind die in den *Lolium perenne*-Beständen erzielte Werte vergleichbar, vgl. Anhangtab. 9 und 10. Die gemessene mittlere Temperatur liegt bei niedriger Nutzungsintensität in den *Festuca rubra*-Beständen unter dem Mittelwert in der *Lolium perenne*-Bestände, die bei der hoher Nutzungsintensität gemessene mittlere Temperaturen beider Bestandbildner weisen keine große Unterschiede auf. Die relative Luftfeuchtigkeit im September 2005 der *Festuca rubra*-Bestände hängt von der Nutzungsintensität ab, bei der Zwei-Schnitt-Nutzung beträgt der gemessene Mittelwert 79,9% bei Vier-Schnitt-Nutzung dagegen 69,9%. In den *Lolium perenne*-Beständen liegen die gewonnene Werte bei der hoher Nutzungsintensität etwas höher, vgl. Anhangtab. 11 und 12.

4.2 Keimung in Klimakammern

4.2.1 Erstes Sammeljahr

In Abb. 9 sind die Keimungsraten aus dem Laborversuch – **Saatgutpartie 2003** – in Abhängigkeit von den Faktoren Licht, Medium und Stratifikation dargestellt. Bei *Bromus hordeaceus* kommt es zur Wechselwirkung Licht \times Stratifikation, vgl. Anhangtab. 17, da unter Lichteinfluss die Keimungsraten höher sind, wenn eine Stratifikation erfolgt, vgl. Anhangtab. 19. Diese Interaktion ist bei *Bromus hordeaceus* die einzige gesicherte Varianzursache. Den größten Einfluss auf die Keimungsrate von *Bromus erectus* hat die Hauptwirkung Licht, gefolgt von der Interaktion Licht \times Medium, vgl. Anhangtab. 17. Bei der Lichtvariante liegen

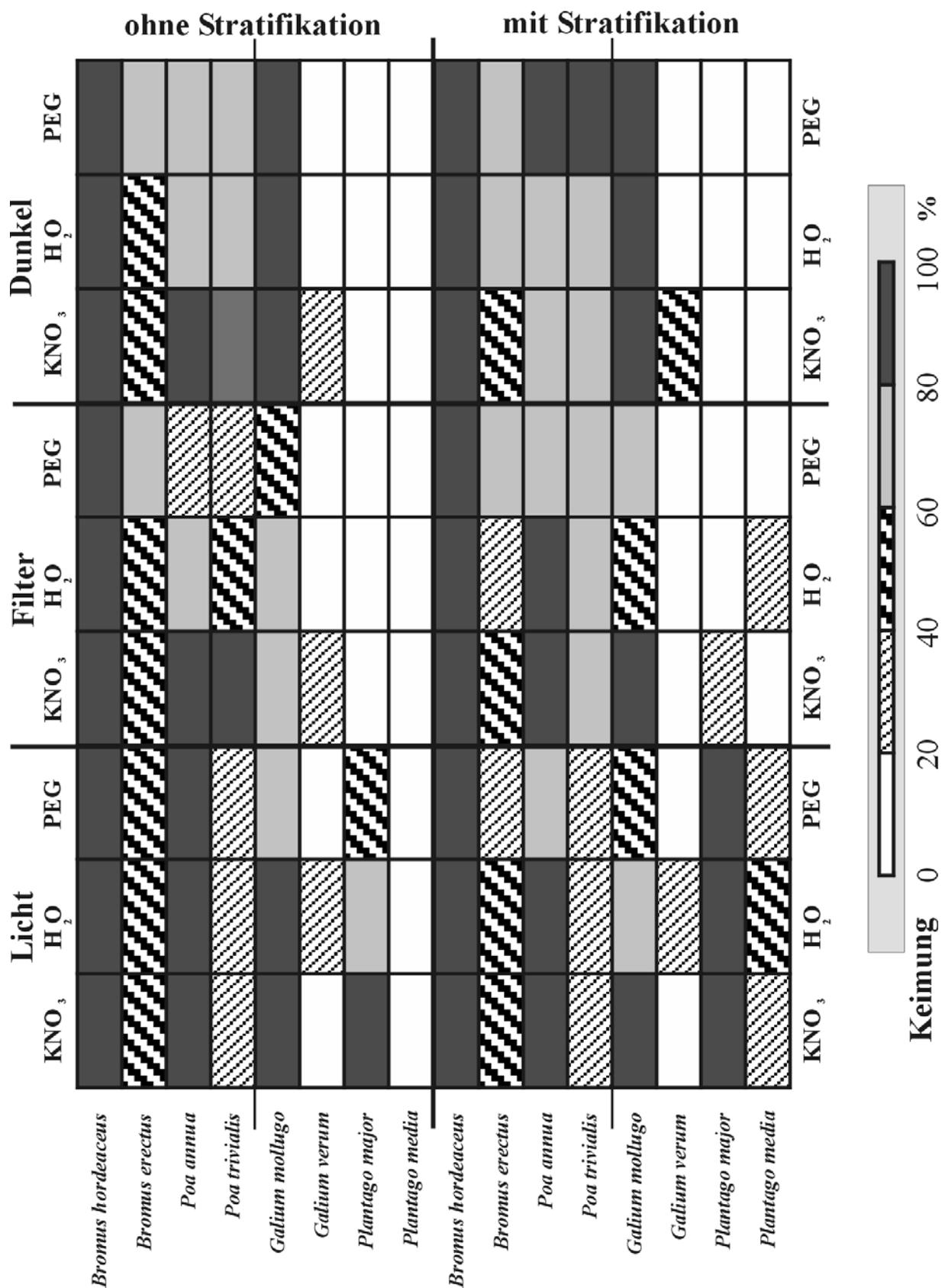


Abb. 9: Keimungsraten unter verschiedenen Bedingungen, Saatgutpartie 2003

die Keimungsraten höher, wenn das Medium ausschließlich aus deionisiertem Wasser besteht, während unter Filter die reine Wasservariante signifikant geringere Keimungsraten aufweist; bei Dunkelheit keimt *Bromus erectus* unter Zusatz von PEG am besten, vgl. Anhangtab. 18. Auch die Hauptwirkungen Medium und Stratifikation haben auf die Keimung von *Bromus erectus* einen gesicherten Einfluss, vgl. Anhangtab. 17. Bei *Poa annua* sind die Wechselwirkungen Licht \times Stratifikation und Licht \times Medium signifikant, vgl. Anhangtab. 17, da bei den Varianten Licht und Dunkelheit keine Unterschiede gesichert sind, während unter Filter die Stratifikation eine geringere Keimung zur Folge hat, vgl. Anhangtab. 24. Sowohl bei Licht als auch unter Filter keimt *Poa annua* am besten, wenn Nitrat zugesetzt wird; bei der Filtervariante ist auch die geringere Keimung bei PEG-Zusatz gegenüber der Variante mit Wasser ohne Zusatz gesichert, während bei Dunkelheit Unterschiede zwischen den Medien nicht signifikant sind, vgl. Anhangtab. 24. Wichtigste Varianzursache für die Keimung von *Poa annua* ist das Medium, gefolgt von den Faktoren Stratifikation und Licht, vgl. Anhangtab. 17. Bei *Poa trivialis* besteht die Wechselwirkung Medium \times Stratifikation, vgl. Anhangtab. 17, da bei Dunkelheit höhere Keimungsraten erzielt werden, wenn keine Stratifikation erfolgt, insbesondere, wenn dem Medium PEG zugesetzt wird, vgl. Anhangtab. 25. Auch die Wechselwirkung Licht \times Medium ist signifikant, da bei Licht und Dunkelheit keine unterschiedliche Keimung bei den Varianten mit und ohne Stratifikation festzustellen ist, während *Poa trivialis* unter Filter mit Nitrat am besten und unter Zusatz von PEG am schlechtesten keimt, vgl. Anhangtab. 25. Den größten Einfluss bei *Poa trivialis* hat der Faktor Licht, auch die Faktoren Medium und Stratifikation sind signifikant, vgl. Anhangtab. 17, wobei die Art bei Licht offenbar am schlechtesten keimt. Bei *Galium mollugo* besteht die Wechselwirkung Licht \times Medium, vgl. Anhangtab. 17, da bei der Lichtvariante die höchsten Keimungsraten erzielt werden, wenn dem Medium Nitrat zugesetzt wird und die Pflanzen bei PEG-Zusatz am schlechtesten keimen, vgl. Anhangtab. 20; auch bei der Filtervariante werden mit Nitrat die höchsten Werte erreicht, während bei Dunkelheit Unterschiede zwischen den Medien nicht mehr gesichert sind. Wichtigste Varianzursache für *Galium mollugo* ist der Faktor Licht (= höhere Keimungsraten bei Dunkelheit), gefolgt von den Faktoren Medium und Stratifikation, vgl. Anhangtab. 17. *Galium verum* keimt bei Licht am besten, wenn das Medium nur Wasser ohne Zusatz enthält, bei der Filtervariante ist der Unterschied zum Medium mit Nitratzusatz nicht mehr gesichert und bei Dunkelheit werden die höchsten Keimungsraten mit Nitrat erzielt, während mit PEG die geringsten Werte erreicht werden, vgl. Anhangtab. 21; durch diese Zusammenhänge kommt es bei *Galium verum* zur Interaktion Licht \times Medium, vgl. Anhangtab. 17. Wichtigste Varianzursache bei dieser Art ist jedoch die Hauptwirkung Medium. Bei

Plantago major ist sowohl die Wechselwirkung Licht \times Stratifikation als auch die Wechselwirkung Licht \times Medium gesichert, vgl. Anhangtab. 17. Bei den Licht- und Filtervarianten werden höhere Keimungsraten erzielt, wenn keine Stratifikation erfolgt, während Unterschiede bei Dunkelheit nicht gesichert sind, da hier die Pflanzen nicht keimen, vgl. Anhangtab. 22. Bei Licht bewirkt ein Zusatz von PEG im Medium geringere Keimungswerte, bei der Filtervariante ist der Unterschied zum Medium mit reinem Wasser nicht gesichert, während die meisten Pflanzen bei Nitrat-Zusatz keimen, vgl. Anhangtab. 22. Für die Keimung von *Plantago major* sind alle drei Hauptwirkungen gesichert, wobei der größte Einfluss vom Faktor Licht ausgeht, vgl. Anhangtab. 17. Bei *Plantago media* ist die Interaktion Licht \times Stratifikation gesichert, vgl. Anhangtab. 17, da bei Licht höhere Keimungsraten erzielt werden, wenn keine Stratifikation erfolgt, während unter Filter und bei Dunkelheit Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Stratifikation nicht gesichert sind, vgl. Anhangtab. 23. Den größten Einfluss auf die Keimung von *Plantago media* hat der Faktor Licht (= deutlich höhere Keimungsraten bei Licht), auch die Hauptwirkungen Medium und Stratifikation sind gesichert, vgl. Anhangtab. 17.

4.2.2 Zweites Sammeljahr

Abb. 10 sowie die Anhangtab. 27-34 beziehen sich auf den „Laborversuch“, **Saatgutpartie 2004**, bei dem das Keimungsverhalten der verschiedenen Arten unter denselben Umweltbedingungen (= Vorkühlung, Licht, Medium) wie im Vorjahr getestet wird, vgl. Tab. 6. Die Keimungsraten der Samen liegen im Jahr 2004 insgesamt auf einem deutlich höheren Niveau als im Jahr 2003, mit Ausnahme von *Bromus erectus* und z.T. *Galium mollugo*. Bei *Bromus hordeaceus* hat lediglich die Hauptwirkung Medium einen gesicherten Einfluss auf die Keimung, vgl. Anhangtab. 26, da unter Zusatz von PEG die Keimungsraten geringfügig reduziert sind, vgl. Anhangtab. 28. Abb. 10 zeigt jedoch, dass unabhängig von den Faktoren stets Keimungsraten von $> 80\%$ erzielt werden. Für *Bromus erectus* stellt die Interaktion Licht \times Stratifikation die wichtigste Varianzursache dar, vgl. Anhangtab. 26. Während bei den Varianten mit Stratifikation unter Simulierung eines Blätterdaches (= Filter) niedrigere Keimungsraten erzielt werden als bei den Varianten Licht und Dunkel, sind die Unterschiede in den Keimungsraten bei den verschiedenen Lichtverhältnissen nicht mehr gesichert, wenn die Stratifikation entfällt, vgl. Anhangtab. 27. Auch die Wechselwirkung Medium \times Stratifikation ist signifikant, da die induzierte Wasserspannung bei den Varianten mit Stratifikation zu höheren Keimungsraten führt, während die Unterschiede ohne Stratifikation nicht gesichert sind. Neben der Interaktion Licht \times Medium sind weiterhin auch die Hauptwirkungen Licht, Medium und Stratifikation signifikant. Bei der Keimung von *Poa annua* bestehen die Interaktio-

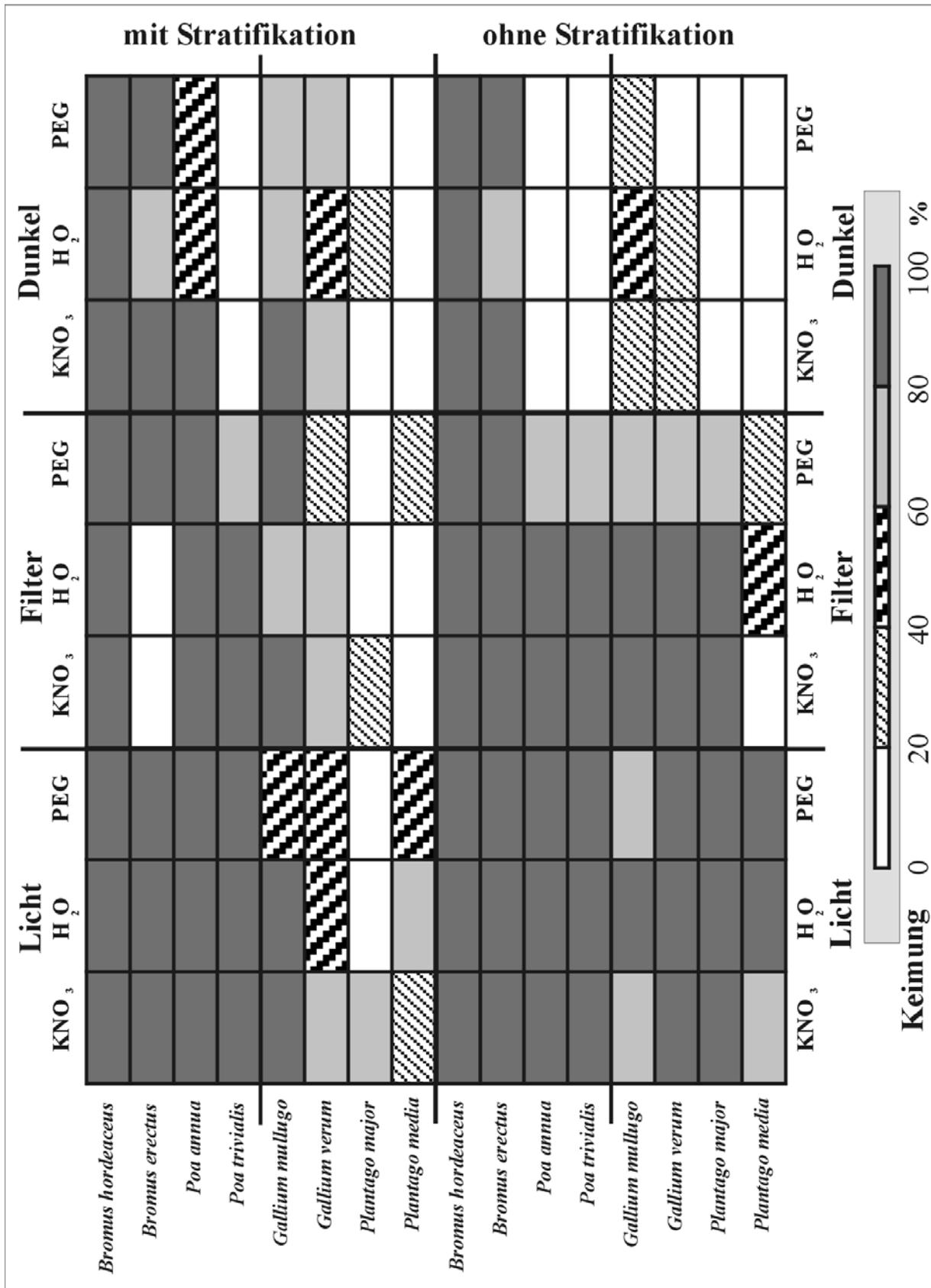


Abb. 10: Keimungsraten unter verschiedenen Bedingungen, Saatgutpartie 2004

nen Licht \times Stratifikation und Licht \times Medium, vgl. Anhangtab. 26. Unabhängig vom Medium, führt eine Stratifikation nur bei Dunkelheit zu signifikant höheren Keimungsraten, vgl. Anhangtab. 26, ebenso wie auch nur bei Dunkelheit signifikante Unterschiede zwischen den Medien bestehen, da die Keimung mit Nitrat deutlich höher ist als bei erhöhter Wasserspannung. Aus Abb. 10 wird deutlich, dass bei *Poa annua*, wie auch bei einigen anderen Arten, die Stratifikation insbesondere bei Dunkelheit eine bessere Keimung bewirken kann. Wichtigste Varianzursache bei *Poa annua* ist der Faktor Licht, gefolgt von dem Faktor Stratifikation; auch der Faktor Medium hat einen gesicherten Einfluss auf die Keimung, vgl. Anhangtab. 26. Bei *Poa trivialis* geht ebenfalls der größte Einfluss vom Faktor Licht aus, gefolgt von der Hauptwirkung Medium. Weiterhin kommt es hier zu der Interaktion Licht \times Medium, vgl. Anhangtab. 26, da Unterschiede zwischen den Medien bei Licht nicht signifikant sind, während bei den Filter-Varianten die Erzeugung einer Wasserspannung zu einer reduzierten Keimung führt; bei Dunkelheit ist die niedrigere Keimung bei Zugabe von Wasser im Vergleich zu Nitrat gesichert, vgl. Anhangtab. 34. Hohe Varianzanteile der Stratifikation, insbesondere bei *Galium mollugo*, *Plantago major*, *Plantago media* sowie *Poa annua*, vgl. Anhangtab. 35, deuten auf eine ausgeprägte Keimruhe dieser Arten hin. Die Interaktionen Licht \times Stratifikation sowie Medium \times Stratifikation haben bei *Galium mollugo* einen gesicherten Einfluss auf die Keimung, da zum einen die Stratifikation insbesondere bei Dunkelheit zu höheren Keimungsraten führt und zum anderen – beobachtet über die drei Lichtverhältnisse – bei den Varianten mit Stratifikation die höchsten Keimungsraten unter Zusatz von Nitrat erzielt werden, während ohne Stratifikation die meisten Varianten keimen, wenn ausschließlich Wasser zugesetzt wird, vgl. Anhangtab. 29. Wichtigste Varianzursachen bei *Galium mollugo* sind die Hauptwirkungen Licht und Stratifikation, während auf die Keimung von *Galium verum* der größte Einfluss von der Wechselwirkung Licht \times Stratifikation ausgeht, vgl. Anhangtab. 26; *Galium verum* weist bei den Licht- und Filtervarianten höhere Keimungsraten auf; wenn die Stratifikation entfällt, verhält es sich bei den Dunkelvarianten umgekehrt, vgl. Anhangtab. 30. Da der Zusatz von PEG nur bei der Filtervariante geringere Keimungsraten zur Folge hat, ist auch die Interaktion Licht \times Medium gesichert, ebenso wie die Hauptwirkungen Licht und Medium, vgl. Anhangtab. 26. Insbesondere die Varianten ohne Stratifikation und bei Dunkelheit weisen geringe Keimungsraten mit z.T. $< 20\%$ auf, vgl. Abb. 10. Bei der Keimung von *Plantago major* kommt es zur Wechselwirkung Licht \times Stratifikation, vgl. Anhangtab. 26, da bei den Varianten Licht und Filter deutlich mehr Pflanzen keimen, wenn keine Stratifikation erfolgt; im Gegensatz dazu werden die Keimungs-

raten bei Dunkelheit durch die Stratifikation erhöht, vgl. Anhangtab. 31. Abb. 10 zeigt, dass sich die Keimungsraten von *Plantago major* mit Stratifikation insgesamt auf einem niedrigen Niveau bewegen und bei Dunkelheit ohne Stratifikation stets weniger als 20% der Samen keimen. Auch die Wechselwirkungen Medium \times Stratifikation sowie Licht \times Medium sind gesichert, da zum einen – über alle Lichtvarianten betrachtet – die reduzierte Keimung mit PEG deutlicher ist, wenn eine Stratifikation erfolgt und zum anderen der Unterschied zwischen PEG- und Nitrat-Variante nur bei Filter gesichert ist, wenn die Stratifikation außer Betracht gelassen wird. Die Stratifikation stellt die wichtigste Varianzursache im Hinblick auf die Keimung dar, gefolgt von dem Faktor Licht; auch der Einfluss des Mediums ist gesichert, vgl. Anhangtab. 26. Auch bei *Plantago media* sind die Interaktionen Licht \times Stratifikation, Licht \times Medium sowie Medium \times Stratifikation signifikant, vgl. Anhangtab. 26. Erfolgt eine Stratifikation, liegen die Keimungsraten bei den Licht- und Filter-Varianten auf einem deutlich niedrigeren Niveau, während die Unterschiede bei Dunkelheit nicht gesichert sind, vgl. Anhangtab. 32. Auch die Unterschiede zwischen den Medien sind – unabhängig von der Stratifikation – bei Dunkelheit nicht signifikant, während die Keimungsraten bei Licht und Filter niedriger sind, wenn Nitrat zugesetzt wird. Den größten Einfluss auf die Keimung von *Plantago media* hat die Hauptwirkung Licht; auch die Faktoren Stratifikation und Medium sind gesichert, vgl. Anhangtab. 26. Diese Untersuchungen bestätigen die Ergebnisse von ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001), wonach verschiedene Arten einer Gattung oft ein ähnliches Keimungsverhalten aufweisen; neben diesem genetischen Effekt kann jedoch auch die Zugehörigkeit zu einer Pflanzengesellschaft bedeutend sein, insbesondere wenn die Keimung den Lichtverhältnissen des typischen Standortes angepasst ist.

4.3 Aufgang und Etablierung

4.3.1 Erstes Sammel- und Ansaatjahr

4.3.1.1 *Bromus spec.*

4.3.1.1.1 Vollkonkurrenz

Abb. 11 zeigt den Aufgang und die Persistenz von *Bromus erectus* und *Bromus hordeaceus* in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz und dem Hauptbestandsbildner (= Narbe). Im November 2003 und im März 2004 ist die wichtigste Varianzursache die Hauptwirkung Art, gefolgt von dem Faktor Narbe, vgl. Anhangtab. 37. Aufgang und Persistenz sind in den *Lolium perenne*-Beständen höher und im Vergleich zu *Bromus erectus* erreicht *Bromus hordeaceus*

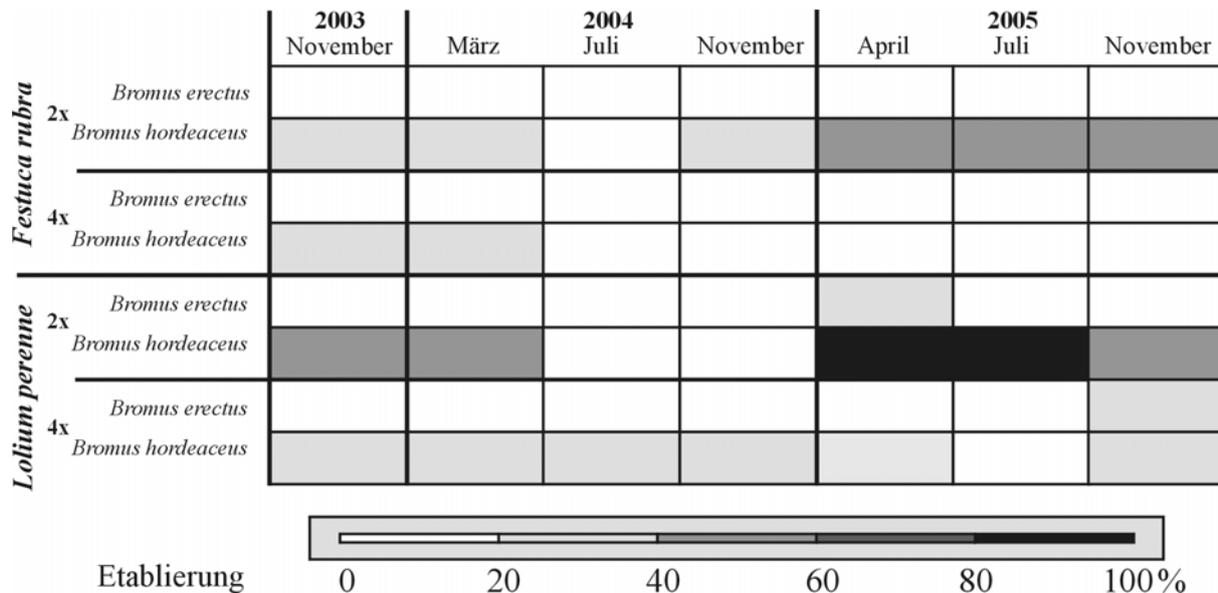


Abb. 11: Aufgang und Etablierung von *Bromus spec.* in den Beständen mit *Festuca rubra* und *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz

höhere Werte, vgl. Abb. 11 und Anhangtab. 38. Im Juli 2004 kommt es zur Wechselwirkung Art \times Nutzungsfrequenz, vgl. Anhangtab. 37, weil eine Erhöhung der Nutzungsintensität nur bei *Bromus hordeaceus* mit einer besseren Etablierung einhergeht. Wichtigste Varianzursache zu diesem Beobachtungstermin ist die Hauptwirkung Narbe, gefolgt von der Nutzungsfrequenz; auch der Faktor Art ist gesichert. Während im April 2005 lediglich die Hauptwirkung Art gesichert ist, geht im Juli und November 2005 der größte Einfluss von der Wechselwirkung Art \times Nutzungsfrequenz aus, vgl. Anhangtab. 37, da eine hohe Nutzungsintensität nur bei *Bromus hordeaceus* eine reduzierte Etablierung zur Folge hat, vgl. Anhangtab. 38. In diesem Monat geht auch von allen Hauptwirkungen ein gesicherter Einfluss auf die Persistenz aus, vgl. Anhangtab. 38.

4.3.1.1.2 Abgestufte Konkurrenz

Der Einfluss abgestufter interspezifischer Konkurrenz auf Aufgang und Persistenz von *Bromus spec.* ist in Abb. 12 dargestellt. Im November 2003 und März 2004 stellt die Hauptwirkung Art die alleinige Varianzursache dar, da *Bromus hordeaceus* – unabhängig von interspezifischer Konkurrenz – höhere Aufgangsraten erzielt, vgl. Abb. 12 und Anhangtab. 39-40; im Juli und November 2004 ist kein Einfluss der Faktoren auf den Aufgang und die Etablierung gesichert, vgl. Anhangtab. 36. Der prozentuale Anteil gezählter Pflanzen von *Bromus spec.* bei interspezifischer Konkurrenz wird im April und Juli 2005 nur von der Hauptwirkung Art beeinflusst; *Bromus hordeaceus* erreicht mit Werten von stets $> 80\%$, vgl. Abb. 12, im Vergleich zu *Bromus erectus* ein höheres Niveau. Auch im November 2005 hat der Faktor Art den größten Einfluss, aber auch die Hauptwirkung Konkurrenz sowie die Interaktion Art \times Konkurrenz sind gesichert. Während *Bromus hordeaceus* zum Ende des Beobachtungs-

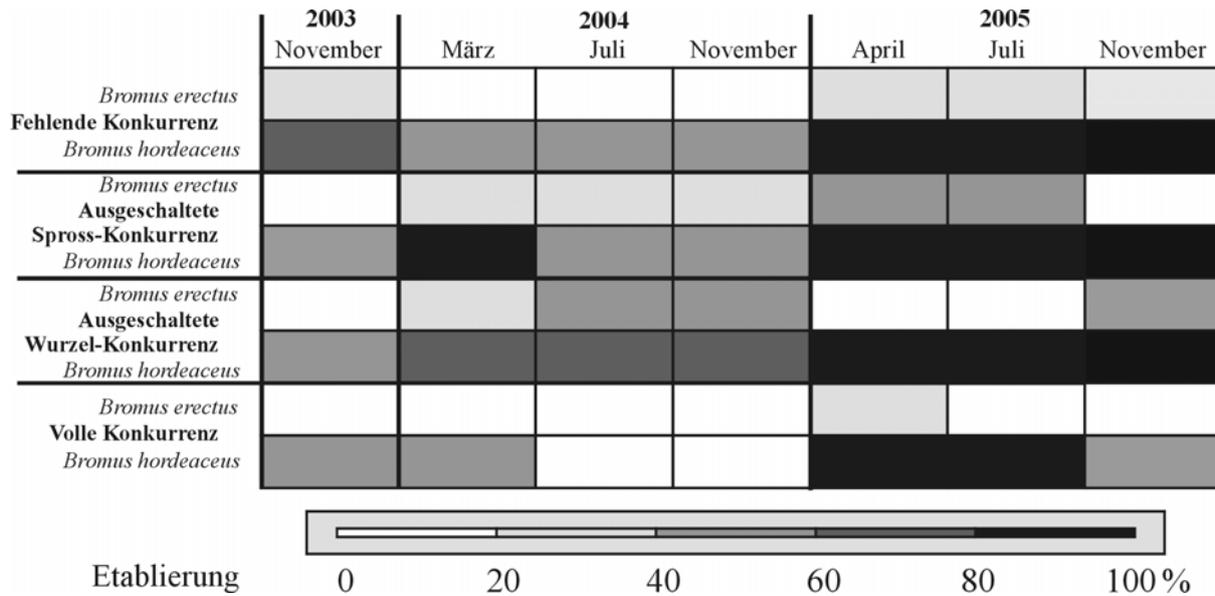


Abb. 12: Aufgang und Etablierung von *Bromus spec.* in den *Lolium perenne*-Beständen bei abgestufter interspezifischer Konkurrenz

zeitraumes meist vollständig etabliert ist, werden bei *Bromus erectus* insbesondere bei der Variante mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz nur wenige Pflanzen gezählt, diese Art ist bei ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz am besten etabliert.

4.3.1.2 *Galium spec.*

4.3.1.2.1 Vollkonkurrenz

Für den Aufgang und die Etablierung von *Galium spec.* unter Vollkonkurrenz, vgl. Abb. 13 und Anhangtab. 42, stellt im März 2004 die Hauptwirkung Art die alleinige Varianzursache dar, vgl. Anhangtab. 41. Im Juli 2004 ist weiterhin die Interaktion Narbe × Nutzungsfrequenz gesichert, da eine Erhöhung der Nutzungsintensität nur in den *Lolium perenne*-Beständen den Aufgang und die Persistenz verbessert, vgl. Anhangtab. 42. Auch im November 2004 geht der größte Einfluss von dem Faktor Art aus; in diesem Jahr besteht die Wechselwirkung Art × Narbe, da *Galium mollugo* in den *Lolium perenne*-Beständen höhere Aufgangsraten und eine bessere Ausdauer aufweist als *Galium verum*, während Unterschiede zwischen diesen Arten in den *Festuca rubra*-Beständen nicht gesichert sind. Im April 2005 geht lediglich von dem Faktor Art ein Einfluss auf die Etablierung aus und im Juli diesen Jahres ist keiner der hier untersuchten Faktoren als Varianzursache gesichert, vgl. Anhangtab. 41. Zum letzten Beobachtungstermin im November 2005 ist neben dem Faktor Art auch die Wechselwirkung Art × Narbe signifikant, da *Galium mollugo* nur in den *Lolium perenne*-Beständen höhere Etablierungsraten erreicht als *Galium verum*, vgl. Anhangtab.41 und 42.

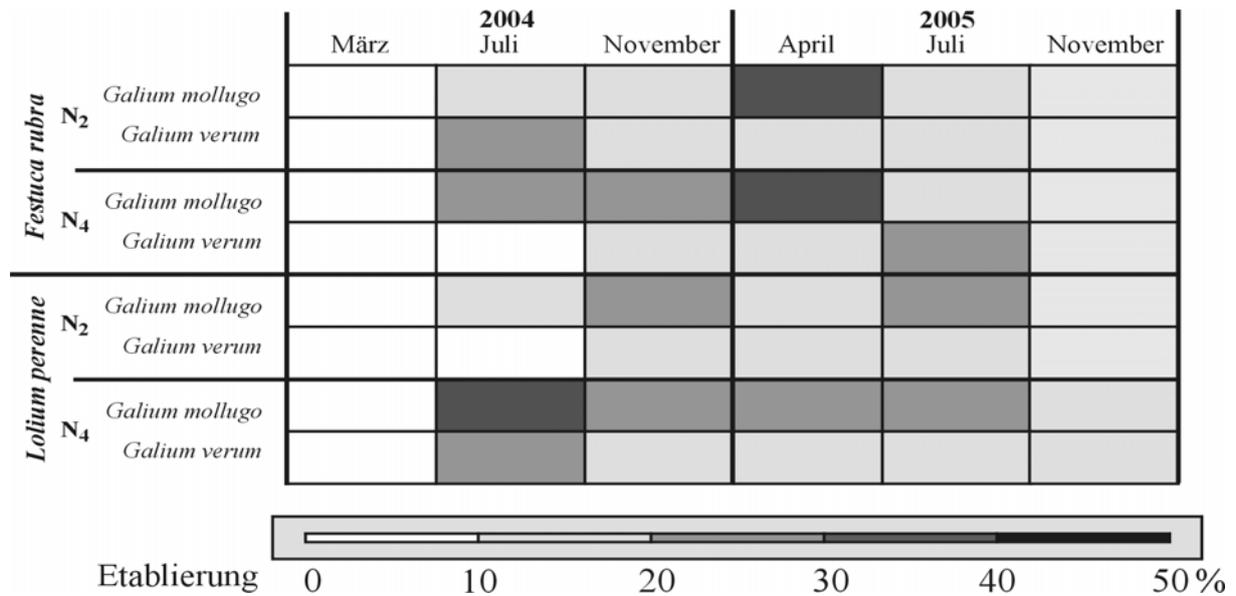


Abb. 13: Aufgang und Etablierung von *Galium spec.* in den Beständen mit *Festuca rubra* und *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz

4.3.1.2.2 Abgestufte Konkurrenz

Im Hinblick auf interspezifische Konkurrenz stellt der Faktor Art zu allen Beobachtungsterminen die bedeutendste Varianzursache dar, im März 2004 ist außerdem die Hauptwirkung Konkurrenz signifikant, vgl. Anhangtab. 43. Auf den Flächen mit Wurzelkonkurrenz werden – verglichen mit den Flächen ohne Konkurrenz – mehr Pflanzen gezählt, vgl. Abb. 14 und Anhangtab. 44. Für Aufgang und Persistenz von *Galium spec.* bei abgestufter Konkurrenz ist im April und Juli 2005 die Art alleinige Varianzursache; während im November 2005 keine der Hauptwirkungen mehr gesichert ist. *Galium mollugo* ist in den Varianten mit ausgeschal-

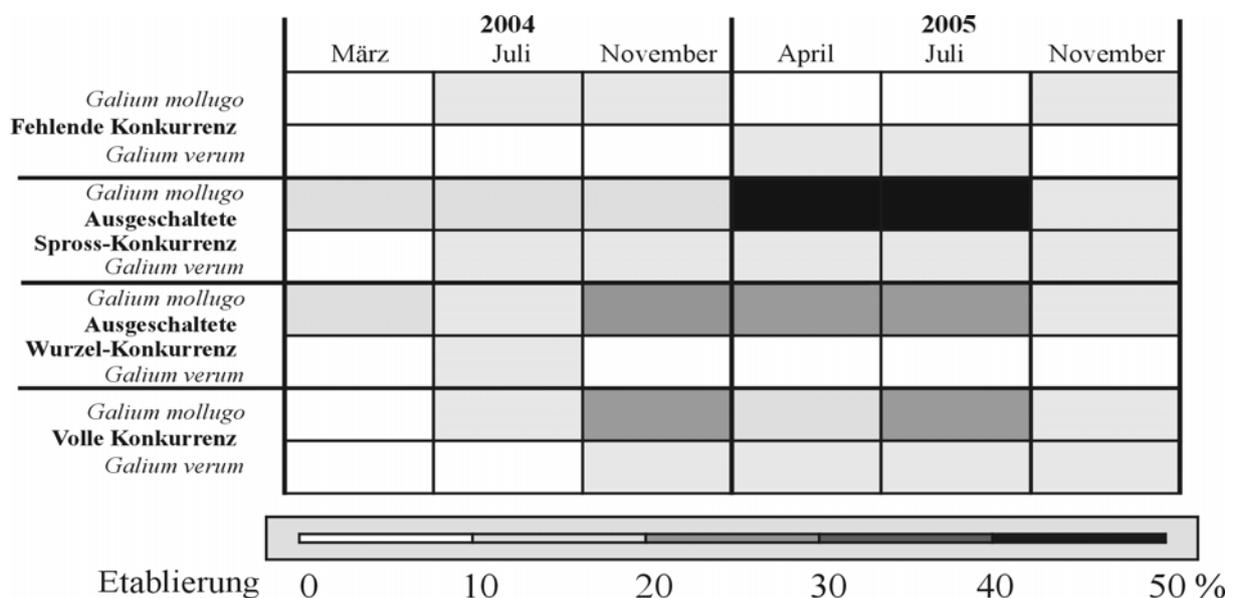


Abb. 14: Aufgang und Etablierung von *Galium spec.* in den *Lolium perenne*-Beständen bei abgestufter interspezifischer Konkurrenz

teter Spross- bzw. Wurzelkonkurrenz *Galium verum* häufig überlegen, zum letzten Beobachtungstermin im November 2005 sind Unterschiede bei *Galium spec.* in Abhängigkeit von der Art und den Konkurrenzverhältnissen jedoch nicht mehr gesichert.

4.3.1.3 *Plantago spec.*

4.3.1.3.1 Vollkonkurrenz

Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* sind sowohl im März als auch im Juli 2004 von den hier untersuchten Faktoren Nutzungsfrequenz, Narbe und Art unabhängig, vgl. Anhangtab. 45. Insbesondere im März 2004 werden äußerst geringe Aufgangsraten festgestellt, die stets < 1% liegen, vgl. Abb. 15 und Anhangtab. 46. Im November 2004 ist die Anzahl gezählter Pflanzen bei *Plantago media* höher als bei *Plantago major*, vgl. Abb. 15 und Anhangtab. 46. Im April, Juli und November 2005 geht lediglich von dem Faktor Art ein Einfluss auf Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* aus, wobei die Werte von *Plantago media* auf einem höheren Niveau liegen, vgl. Anhangtab.45 und 46.

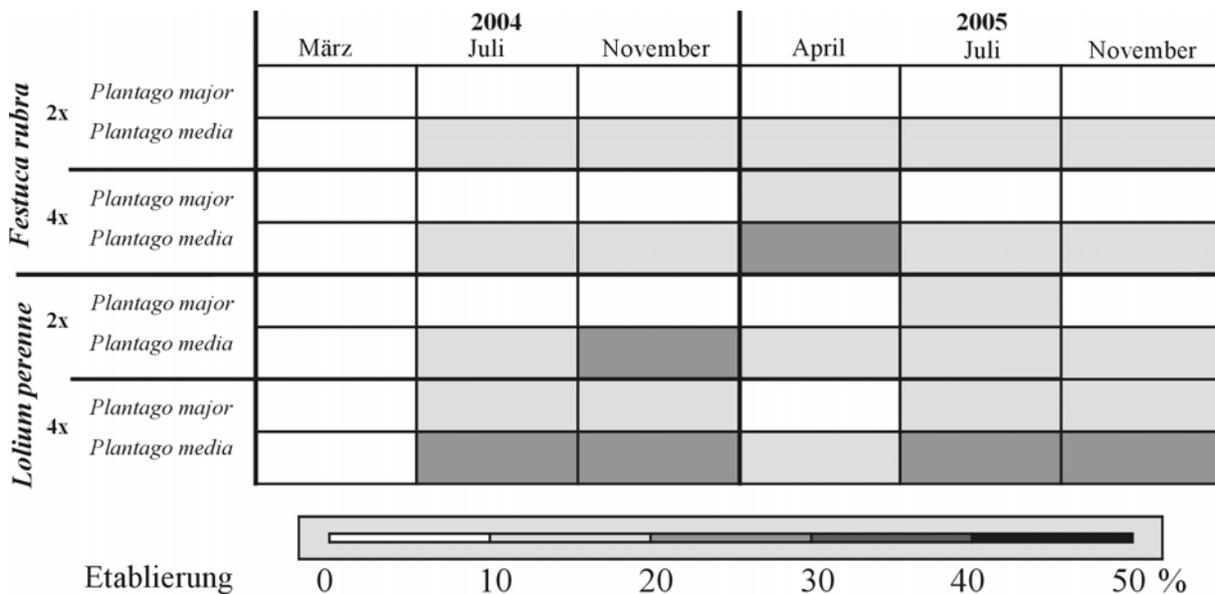


Abb. 15: Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* in den Beständen mit *Festuca rubra* und *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz

4.3.1.3.2 Abgestufte Konkurrenz

Abb. 16 zeigt Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* bei interspezifischer Konkurrenz. Im März 2004 werden Keimung und Ausdauer weder von der Konkurrenz noch von der Art beeinflusst, vgl. Anhangtab. 47 und Anhangtab. 48. In diesem Monat ist die Anzahl aufgegangener Pflanzen äußerst gering. Im Juli und November 2004 ist der Einfluss der Konkurrenz gesichert; da auf den Flächen ohne Konkurrenz geringere Werte festzustellen sind. Im April 2005 ist nur der Einfluss der Konkurrenz gesichert, vgl. Anhangtab. 47, wobei – über die Arten betrachtet – die wenigsten Pflanzen bei voller Konkurrenz und die meisten bei fehlender

Konkurrenz etabliert sind. Diese Hauptwirkung ist auch im Juli 2005 wichtigste Varianzursache; in diesem Monat besteht zudem die Wechselwirkung Art \times Konkurrenz, da die Anzahl gezählter Pflanzen der Art *Plantago major* bei ausgeschalteter Sprosskonkurrenz höher ist als

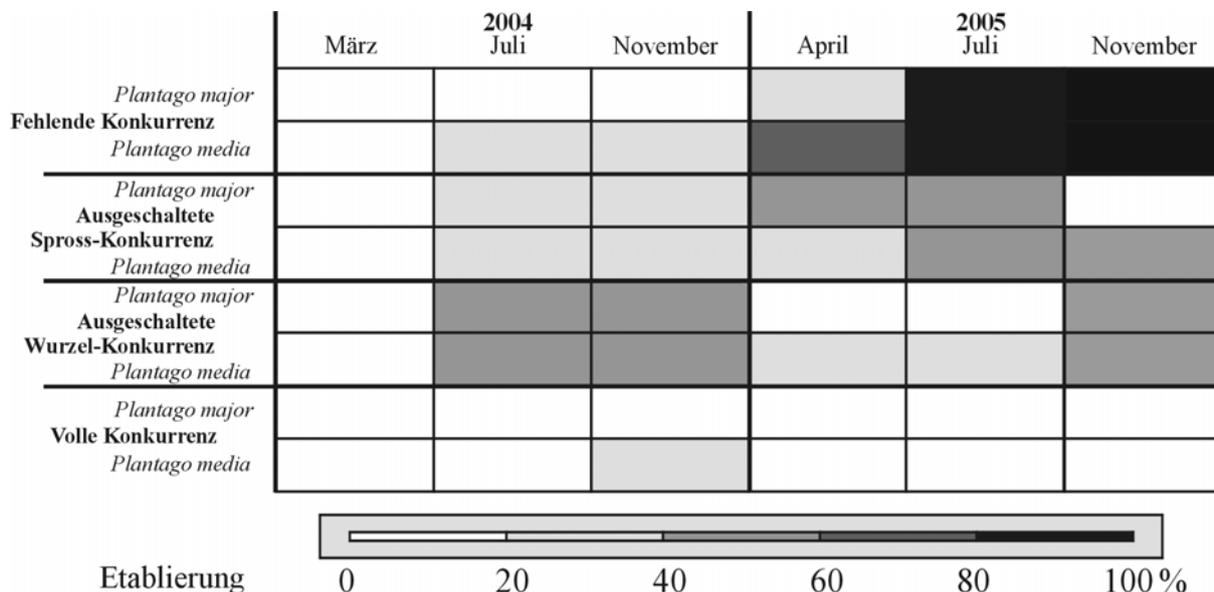


Abb. 16: Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* in den *Lolium perenne*-Beständen bei abgestufter interspezifischer Konkurrenz

bei ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz, während bei *Plantago media* diese Differenz nicht gesichert ist, vgl. Anhangtab. 47. Die meisten Pflanzen werden bei beiden *Plantago*-Arten gezählt, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorhanden ist, vgl. Abb. 16. Zum letzten Beobachtungstermin im November 2005 ist der Faktor Konkurrenz ebenfalls wichtigste Varianzursache; beide Arten sind am besten etabliert, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorhanden ist. Sowohl bei *Plantago media* als auch bei *Plantago major* geht von den Konkurrenzverhältnissen ein bedeutender Einfluss auf die Etablierungsraten zum Ende der Beobachtungsperiode aus; die meisten Pflanzen sind etabliert, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorhanden ist, während die Etablierungsraten bei voller Konkurrenz unter 20% liegen.

4.3.1.4 *Poa spec.*

4.3.1.4.1 Vollkonkurrenz

Abb. 17 zeigt, dass *Poa spec.* bei voller Konkurrenz geringe Aufgangsraten aufweisen. Im November 2003 ist ein Einfluss der untersuchten Faktoren Nutzungsfrequenz, Narbe und Art nicht gesichert, vgl. Anhangtab. 49. Im Beobachtungsjahr 2004 stellt die Hauptwirkung Art stets die bedeutendste Varianzursache dar, da *Poa annua* höhere Aufgangs- und Etablierungsraten erzielt als *Poa trivialis*, vgl. Anhangtab. 50. Im Juli 2004 kommt es zur Wechselwirkung Art \times Narbe, da *Poa annua* insbesondere in den *Lolium perenne*-Beständen einen höheren

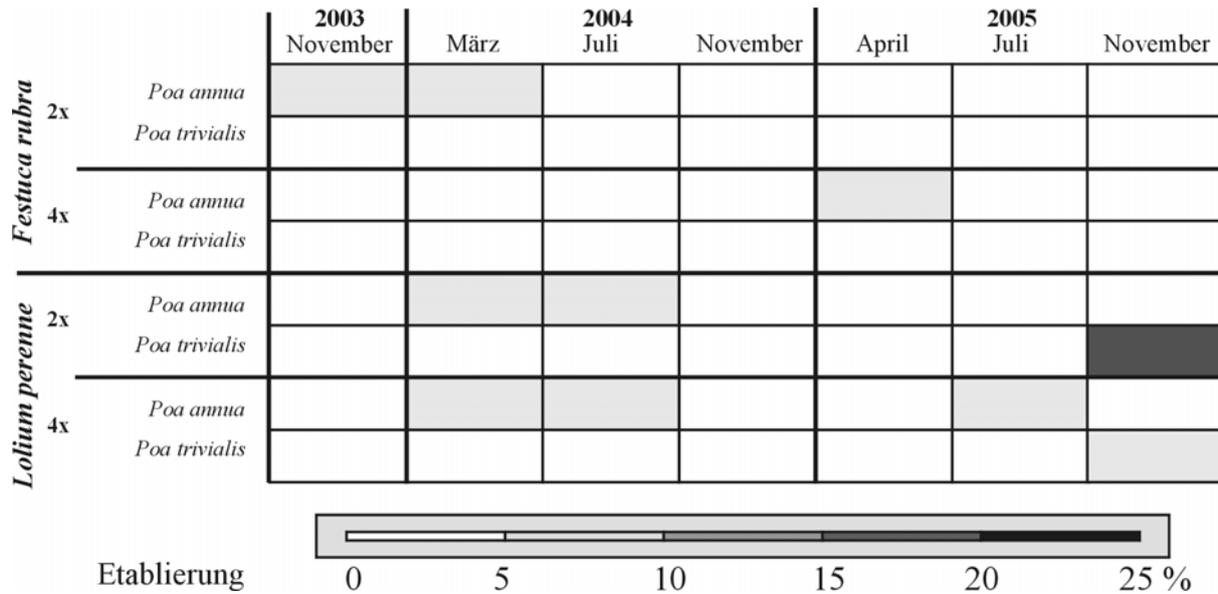


Abb. 17: Aufgang und Etablierung von *Poa spec.* in den Beständen mit *Festuca rubra* und *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz

Aufgang bzw. eine höhere Etablierung aufweist. Im April und Juli 2005 besteht die Wechselwirkung Art × Narbe; während im April *Poa annua* vor allem in den *Festuca rubra*-Narben überlegen ist, ist diese Art im Juli in den *Lolium perenne*-Beständen besser etabliert als *Poa trivialis*. Die Faktoren Narbe und Art sind in allen Monaten des letzten Beobachtungsjahres gesichert.

4.3.1.4.2 Abgestufte Konkurrenz

Der Faktor Art stellt bei den *Poa*-Arten in den Beobachtungsjahren 2003 und 2004 die größte Varianzursache dar, vgl. Anhangtab. 51. Aus Abb. 18 und Anhangtab. 52 wird deutlich, dass *Poa annua* im Hinblick auf den Aufgang die Art *Poa trivialis*, bei der durchweg geringe Aufgangsraten festzustellen sind, übertrifft. Für die Etablierung der *Poa*-Arten ist im April und Juli 2005 die Art wichtigste Varianzursache. Im Juli ist auch der Einfluss der Konkurrenz signifikant und weiterhin besteht in diesem Monat die Interaktion Art × Konkurrenz, da von *Poa annua* die meisten Pflanzen gezählt werden, wenn keine interspezifische Konkurrenz besteht, während bei voller und ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz die wenigsten Pflanzen keimen bzw. überleben, vgl. Anhangtab. 51. Im Gegensatz dazu liegen die Werte der Varianten ohne Konkurrenz und mit Sprosskonkurrenz bei *Poa trivialis* auf gleichem Niveau, während die Etablierung bei den Varianten mit Wurzelkonkurrenz am höchsten ist. Im November 2005 ist diese Interaktion alleinige Varianzursache; auch zu diesem Zeitpunkt erreicht *Poa annua* die höchsten Etablierungsraten, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorhanden ist. Unterschiede zwischen

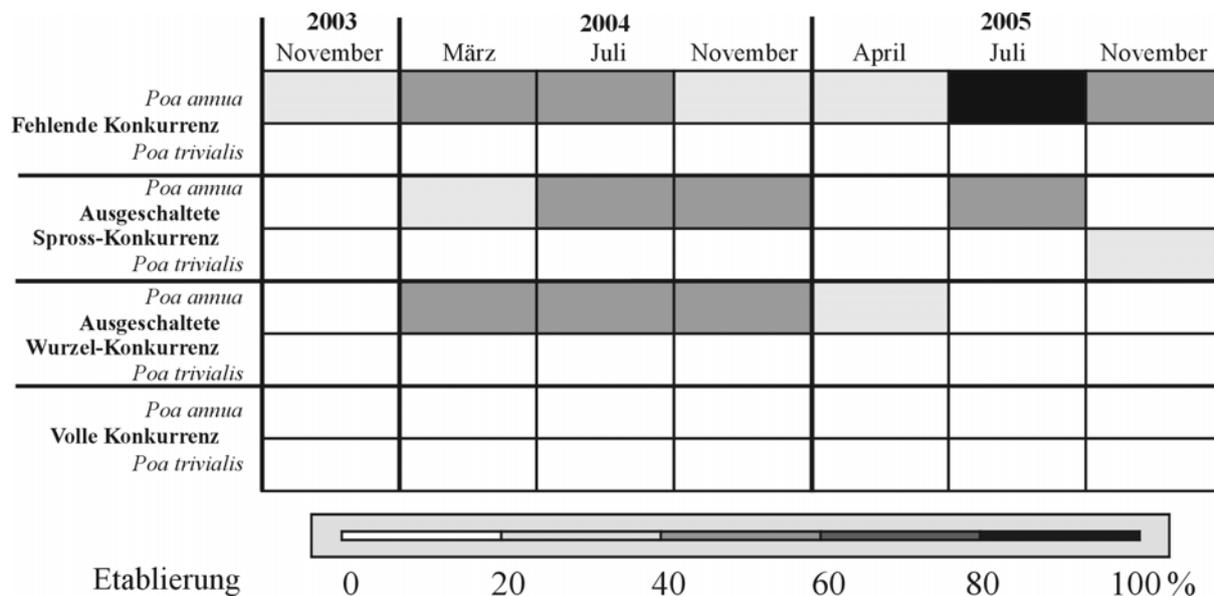


Abb. 18: Aufgang und Etablierung von *Poa spec.* in den *Lolium perenne*-Beständen bei abgestufter interspezifischer Konkurrenz

den Konkurrenzstufen sind bei *Poa trivialis* nicht mehr gesichert. *Poa trivialis* weist – unabhängig vom Beobachtungstermin und den Konkurrenzverhältnissen – geringe Etablierungsraten auf. *Poa annua* ist, verglichen mit *Poa trivialis*, meist besser etabliert und bei dieser Art kann ein deutlicher Einfluss der Konkurrenz festgestellt werden, wobei die meisten Pflanzen gezählt werden, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorhanden ist, während Unterschiede zwischen den anderen Konkurrenzvarianten nicht mehr gesichert sind.

4.3.2 Zweites Sammel- und Ansaatjahr

Abb. 19 zeigt den Aufgang und die Persistenz von *Bromus spec.* in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz. Im November 2004 und im April 2005 ist die wichtigste Varianzursache die Hauptwirkung Art, vgl. Anhangtab. 53. Aufgang und Persistenz liegen bei *Bromus hordeaceus* im Vergleich zu *Bromus erectus* höher, vgl. Abb. 19 und Anhangtab. 54. Im Juli 2005 erweist sich die Nutzungsfrequenz als die wichtigste Varianzursache, gefolgt von der Wechselwirkung Art \times Nutzungsfrequenz und dem Faktor Art, weil eine Einschränkung der Nutzungsintensität sowohl bei *Bromus hordeaceus* als auch bei *Bromus erectus* eine bessere Etablierung bedingt, vgl. Abb. 19 und Anhangtab. 53. Im Monat November geht von allen Hauptwirkungen kein gesicherter Einfluss auf die Etablierung und Persistenz aus, vgl. Anhangtab. 53 und 54. Im Vergleich zum Hauptversuch (= 2003-2004) liegen die Etablierungsraten und Persistenz von beiden *Bromus*-Arten beim Zusatzversuch (= 2004-2005) auf einem etwas höherem Niveau; die allgemeine Aussage des Hauptversuches, wonach *Bromus hordeaceus* in der Etablierungsgeschwindigkeit und Persistenz gegenüber *Bromus erectus* deutlich im Vorteil aufweist, bleibt jedoch gültig. Für den Aufgang und

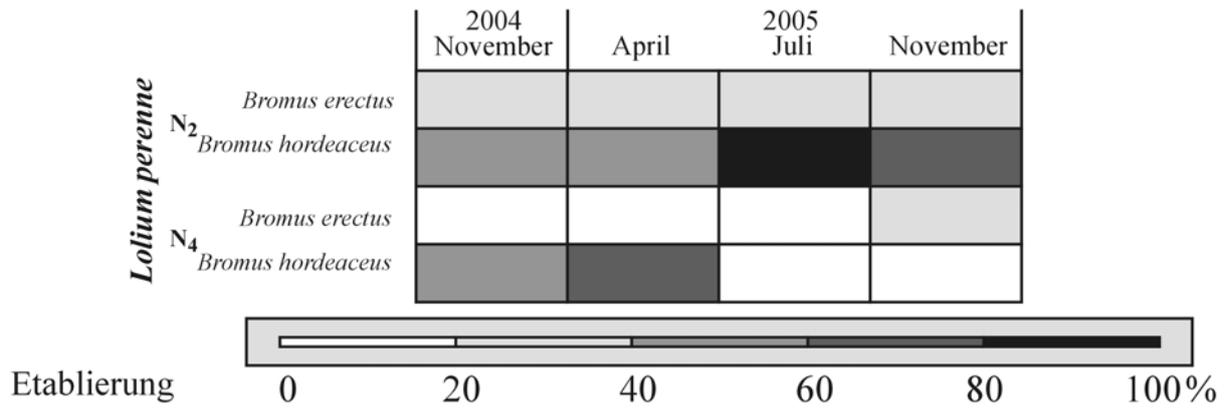


Abb. 19: Aufgang und Etablierung von *Bromus spec.* in den Beständen mit *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz - Zusatzversuch

die Etablierung von *Galium spec.* unter Vollkonkurrenz, vgl. Abb. 20 und Anhangtab. 55, stellt im April und Juli 2005 die Hauptwirkung Art die alleinige Varianzursache dar, weil *Galium mollugo* – verglichen mit *Galium verum* – besser etabliert ist. Im November 2005 liegen keine gesicherten Unterschiede vor, vgl. Anhangtab. 55 und 56. Die Etablierung und Persistenz der beiden *Galium*-Arten zeigt sowohl im Hauptversuch (= 2004) als auch im Zusatzversuch (= 2005) gleiche Präferenzen. *Galium mollugo* etabliert sich gegenüber *Galium verum* rascher und besser unabhängig vom Faktor Nutzungsfrequenz, was die Aussage des Hauptexperimentes bestätigt, vgl. Anhangtab. 41, 42, 55 und 56.

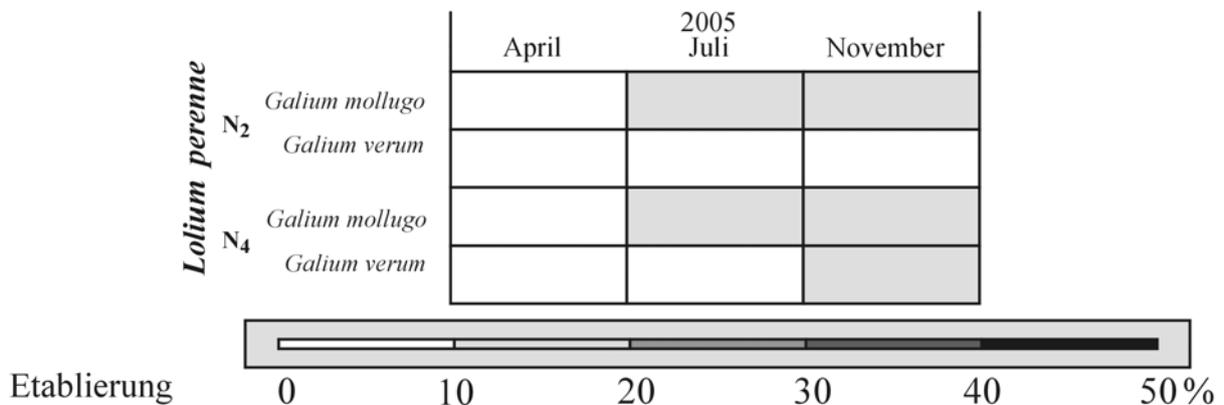


Abb. 20: Aufgang und Etablierung von *Galium spec.* in den Beständen mit *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz - Zusatzversuch

Sowohl im April als auch im Juli 2005 gehen auf den Aufgang und die Etablierung von *Plantago spec.* von den hier untersuchten Faktoren keine gesicherte Wirkungen aus, vgl. Anhangtab. 57. Im April 2005 werden geringe Aufgangsraten festgestellt, die stets < 2% liegen, vgl. Abb. 21 und Anhangtab. 58. Die wichtigste Varianzursache im November 2005 ist der Faktor Art, vgl. Anhangtab. 57. Im November 2005 ist die Anzahl gezählter Pflanzen bei *Plantago major* höher als bei *Plantago media*, vgl. Abb. 21 und Anhangtab. 58. Die Wirkung des Faktors Art ist sowohl im Hauptversuch (= 2004) wie auch im Zusatzversuch

(= 2005) lediglich im Monat November gesichert, was die allgemeine Aussagekraft des Hauptversuches bestätigt, vgl. Anhangtab. 45 und 57.

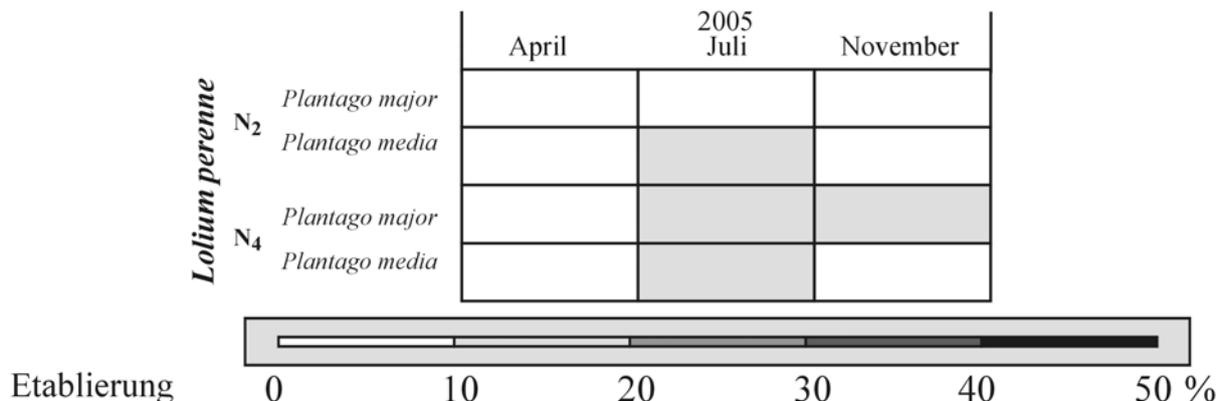


Abb. 21: Aufgang und Etablierung von *Plantago spec.* in den Beständen mit *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz - Zusatzversuch

Abb. 22 zeigt, dass die *Poa spec.* bei voller Konkurrenz geringe Aufgangsraten aufweisen. Im November 2004 ist ein Einfluss der untersuchten Faktoren Nutzungsfrequenz und Art nicht gesichert, vgl. Anhangtab. 59. Im Beobachtungsjahr 2005 stellt die Hauptwirkung Art stets die bedeutendste Varianzursache dar, da *Poa annua* höhere Aufgangs- und Etablierungsraten erzielt als *Poa trivialis*, vgl. Anhangtab. 59 und 60. Die Faktoren Nutzungsfrequenz und Art sind im November 2005 nicht gesichert. Im gewissen Gegensatz zum Hauptversuch (= 2003-2004) liegt die Etablierung und Persistenz der *Poa*-Arten im Zusatzexperiment (= 2004-2005) höher, vgl. Abb. 17 und 22. Die Wirkung des Faktors Art ist in beiden Ver-

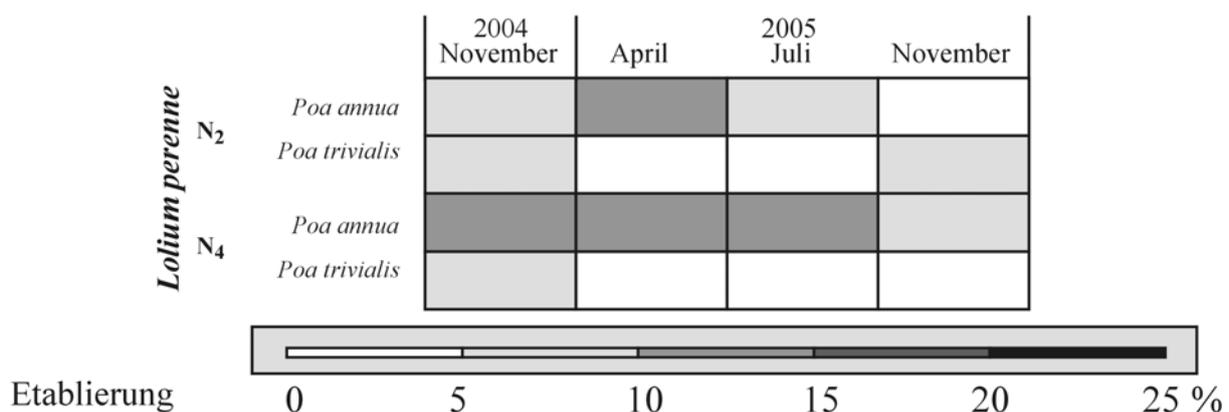


Abb. 22: Aufgang und Etablierung von *Poa spec.* in den Beständen mit *Lolium perenne* bei Vollkonkurrenz - Zusatzversuch

suchsanlagen nicht gesichert. Der Faktor Nutzungsfrequenz spielt bei beiden Experimenten keine wesentliche Rolle, vgl. Anhangtab. 49 und 59. Allgemein wird die Gültigkeit des Hauptversuches durch den Zusatzversuch bestätigt, wonach die Etablierung und Persistenz von *Poa annua* gegenüber *Poa trivialis* auf einem höheren Niveau liegt, vgl. Anhangtab. 50 und 60.

5. Diskussion

5.1 Hauptbestandbildner und Nutzungsfrequenz

5.1.1 *Bromus spec.*

Die wichtigsten Varianzursachen für Aufgang und Etablierung von *Bromus spec.* bei voller Konkurrenz sind der Hauptbestandbildner (*Festuca rubra*, *Lolium perenne*) und die Nutzungsintensität (= 2x, 4x); auch die Interaktion Bestand \times Nutzungsintensität ist während des Beobachtungsraumes gesichert. Die hohe Keimfähigkeit von *Bromus hordeaceus* – unabhängig von den Umweltfaktoren – deutet darauf hin, dass diese Art ein hohes Anpassungsvermögen (= breite ökologische Amplitude) an die jeweiligen Umweltbedingungen besitzt, was auch durch die rasche Etablierung und fehlende primäre Dormanz (= unmittelbare Keimung nach Ansaat bzw. nach Abwurf der Samen von der Mutterpflanze, Samenbank Typ I, vgl. S. 7) deutlich wird. FROUD-WILLIAMS (1981) berichtet, dass zuerst bei bestimmten Temperaturen im Winter ($< 5^{\circ}\text{C}$) bzw. im Sommer ($> 38^{\circ}\text{C}$) eine Inhibition der Keimung eintritt. *Bromus hordeaceus* weist eine schwache Dormanz auf (ZIRON 2000). JAIN (1982) weist jedoch darauf hin, dass diese Art eine relativ starke Dormanz besitzt, die jedoch – bedingt durch differierende Nachreife der Samen – innerhalb einer Population stark variieren kann. *Bromus hordeaceus* kann auch unter relativ trockenen Bedingungen, vgl. Abb. 5. keimen, was einen Vorteil gegenüber anderen Arten darstellt und dazu führt, dass *Bromus hordeaceus* häufig von Beginn der Keimung an dominierend in einem Bestand ist. Diese Erscheinung wird vor allem durch starke laterale und vertikale Verbreitung dieser Art gefördert – indirekt durch die generative Vermehrung bzw. relativ hohe Samenproduktion pro Individuum (KOZŁOWSKI et al. 1998) sowie hohe Keimfähigkeitsraten und direkt durch die aggressive Besiedelung des zur Verfügung stehenden Raumes (= Licht, Nährstoff), was bei teilweise offener Narbe von *Lolium perenne* der Fall ist. Nach Angaben von SCHULTE (2001) besitzt *Lolium perenne* höhere relative Wachstumsraten im Vergleich zu *Festuca rubra* (= $187 \text{ mg TS g}^{-1} \text{ TS d}^{-1}$ bzw. $156 \text{ mg TS g}^{-1} \text{ TS d}^{-1}$); die Nettoassimilationsrate (= NAR - die Zunahme des Pflanzengewichtes je Einheit Blattfläche und Einheit Zeit) und das Blattgewichtsverhältnis (= LWR - das Verhältnis der Blattmasse zum Gesamtpflanzengewicht) liegen jedoch bei *Festuca rubra* höher. Die Unterschiede in der Biomasseverteilung, auch Konkurrenzstärke einer Art, sind allein der Anteil an Blättern bzw. an Wurzeln. Das niedrige Blattgewichtsverhältnis der schnell wachsenden Art wird durch die signifikant höhere Blattfläche (= SLA - die Blattfläche je Einheit Blattgewicht) ausgeglichen, wie das höhere Blattflächenverhältnis (= LAR - die Blattfläche je Einheit Pflanzengewicht) von *Lolium perenne* zeigt. *Festuca rubra* dagegen gleicht das nied-

rigere Wurzelmassenverhältnis (= RMR - Wurzelmasse pro gesamter Pflanzenmasse) durch eine signifikant höhere Wurzeloberfläche aus (SCHULTE 2001), was die absolute Nährstoffaufnahme im Wurzelraum erhöht. Bei zweimaliger Nutzungsfrequenz sind eine bessere Nährstoffaufnahme und höhere TS-Erträge zu verzeichnen, was zusätzlich durch bessere Mikroklimabedingungen begünstigt wird, vgl. Anhangtab. 7-9. Eine hohe Nutzungsfrequenz begrenzt vor allem die generative Vermehrung von *Bromus spec.*, was eine niedrigere Etablierung und Persistenz zur Folge hat. Eine wichtige Rolle spielt hier vor allem die hohe Vermehrungsstufe dieser Art, auf diese Weise wird durch die Überzahl der Keimlinge eine schnelle räumliche Eroberung und bessere Ausnutzung der Ressourcen garantiert, was Aufgang und Etablierung durch eine Verringerung der interspezifischen Konkurrenz von *Lolium perenne* verbessern kann. Sowohl die unterirdische als auch oberirdische Interferenz im Bestand von *Lolium perenne* bei zweimaliger Nutzungsfrequenz verlangsamt das Wachstum von *Bromus hordeaceus* nicht. Dieser Effekt von *Bromus hordeaceus* beruht offenbar auf einer außergewöhnlichen Konkurrenzstärke um die unterschiedlichen Ressourcen. Die Überzahl anfänglich aufgegangener Keimlinge sinkt mit der Zeit bis zur nächsten Generation der Pflanzen. Die einjährigen Pflanzen sterben direkt nach dem Abwurf der Samen allmählich ab, was vermutlich dazu dient, der kommenden Generation von Pflanzen einen „sicheren Platz zum Keimen“ zu gewährleisten (FALIŃSKA 2002).

5.1.2 *Galium spec.*

Sowohl *Galium mollugo* als auch *Galium verum* keimen nach der Aussaat Ende September erstmals zwischen März und Juli 2004. Eine gewisse Rolle für die Keimzeit spielt hier offenbar der spätere Saattermin bzw. die Lagerungsdauer, vgl. Tab. 3. Diese Keimungsverzögerung ist vermutlich vor allem auf sekundäre Dormanz zurückzuführen, vgl. Abb. 9, 10 und 13. Da beide Arten sich vorwiegend vegetativ vermehren (BRIEMLE 1996), tritt eine generative Vermehrung durch Samen nur selten auf. Wahrscheinlich reichern die Samen die Samenbank an oder sie sterben ab. Nach Angaben von BRIEMLE (1996) kann die Keimung von *Galium mollugo* bis zu 200 Tage dauern. Nach LECK et al. (1989) besitzt der Hauptteil der Grünlandarten entweder transiente oder kurzfristige persistente Samenbanken. Im März 2004 stellt der Faktor Art die alleinige Varianzursache dar, da *Galium mollugo* in der *Lolium perenne*-Narbe höhere Etablierungsraten erreicht. Offenbar kann *Galium mollugo* wachstumslimitierende Ressourcen besser aufnehmen und zeigt eine damit verbundene bessere Effizienz im Hinblick auf Wachstum und Umsetzung von Reserven. Diese Befähigung ist vor allem in rasch nachwachsenden Aufwüchsen der *Molinio-Arrhenatheretea*-Narben von Vorteil. Bei guten Wachstumsbedingungen – im Gegensatz zu nährstoffarmen Standorten – dominieren Arten mit

schnellen Wachstumsraten, besserer Aufnahmen von Ressourcen und größerer oberirdischer Biomasse. Die Pflanzen nährstoffarmer Standorte erreichen auch unter günstigen Bedingungen generell niedrigere relative Wachstumsraten als Pflanzen der eutrophen Standorte (GRIME 1979), vgl. Abb. 13 und Anhangtab. 41-42. Im Juli 2004 ist die Interaktion Narbe \times Nutzungsfrequenz gesichert, da eine Erhöhung der Nutzungsintensität nur in den *Lolium perenne*-Beständen die Etablierung verbessert. Das kann vor allem durch eine bessere Lichtzufuhr bzw. vegetative Vermehrung von *Galium mollugo* erklärt werden.

5.1.3 *Plantago spec.*

Mit Ausnahme der Monate März und Juli 2004 geht der größte Einfluss auf die Etablierung von *Plantago spec.* bei Vollkonkurrenz von dem Faktor Art aus. Sowohl *Plantago major* als auch *Plantago media* werden erstmals im März 2004 ermittelt, die Etablierungsraten sind jedoch niedrig, vgl. Anhangtab. 45-46. Die späte Etablierung beider Arten lässt sich vermutlich auf eine sekundäre Dormanz zurückführen, vgl. Abb. 9, 10 und 15. Im Juli und November 2004 ist *Plantago media* deutlich schneller etabliert als *Plantago major*, was offensichtlich mit einer großen Kampfkraft von Vertretern der *Festuco-Brometea* verbunden ist. Aufgrund der ausbleibenden Dunkelkeimung sowohl im vorliegenden Versuch als auch in vielen anderen Keimungsuntersuchungen (PONS 1991, KNÖDLER 2001) kann davon ausgegangen werden, dass die Samen längere Zeit im Boden überdauern können. Der hohe Anteil an dunkelrotem Licht unter Filterbedingungen führt offenbar zu einer sekundären Dormanz. Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) erfolgt eine Regeneration bei den Untergräsern und Kräutern mit plannophilem Wuchs primär über die verbliebende Restassimilationsfläche. Eine verspätete Nutzung derartige Wuchstypen läuft infolge der dann ungünstigen Lichtverhältnisse bodennaher Blattstockwerke auf kaum noch funktionsfähige Restassimilationsfläche hinaus, was gleichbedeutend mit einer eingeschränkten Kampfkraft ist. Die Restassimilationsfläche nach der Nutzung ist hier bei *Plantago media* deutlich größer als bei *Plantago major*, was bei viermaliger Nutzungsfrequenz in den *Lolium perenne*-Beständen deutlich wird, vgl. Abb. 15. Bei Störungsereignissen – hervorgerufen z.B. durch Verbiss oder Mahd – ist *Plantago media* aufgrund seiner Wuchsform *Plantago major*, trotz höherer Samenproduktion pro Pflanze, überlegen. Ein niedrigeres Etablierungsniveau bei Vollkonkurrenz ist vor allem auf die Stärke der oberirdischen Konkurrenz zurückzuführen. Die Sprosskonkurrenz verursacht nicht nur eine morphologische Anpassung beider Arten an die jeweiligen Bedingungen, sondern hat auch einen gewissen Einfluss auf die generative Vermehrung der Pflanzen (= Blühbeginn, Anzahl der Blütenstände).

5.1.4 *Poa spec.*

Im Jahre 2003 ist ein Einfluss der untersuchten Faktoren nicht gesichert. Lediglich im Beobachtungsjahr 2004 ist der Faktor Art als wichtigste Varianzursache gesichert. Im Juli 2004 besteht die Interaktion Art \times Narbe. Im April und Juli 2005 geht der größte Einfluss ebenfalls vom Faktor Art aus, gefolgt von dem Faktor Narbe und der Wechselwirkung Art \times Narbe. Im November 2005 sind der Faktor Art sowie die Interaktion Art \times Narbe gesichert, vgl. Anhangtab. 49. Die Etablierungsraten beider Arten sind niedrig und liegen fast in allen Varianten unter 10%. Sowohl im Juli 2004 als auch im Juli 2005 erreichen die Etablierungsraten von *Poa annua* in den Varianten mit *Lolium perenne* als Hauptbestandsbildner und hoher Nutzungsfrequenz die höchsten Werte, was vor allem auf die Lichtempfindlichkeit dieser Art zurückgeführt werden kann. Die niedrigsten Etablierungsraten dagegen werden am Ende beider Jahre erreicht, vgl. Anhangtab. 50. Diese Beobachtung steht offenbar mit der generativen Vermehrung dieser Art in Zusammenhang. Die Blütezeit von *Poa annua* erstreckt sich von Januar bis Dezember, fast ganzjährig; die Keimdauer liegt bei 20-60 Tagen; die Fortpflanzung erfolgt ausschließlich durch Samen (BRIEMLE 1996). Nach CONERT (2000) zählt *Poa annua* zu den ausgesprochenen Stickstoffzeigern sowie zu den Licht- bis Halbschattenpflanzen und reagiert unempfindlich auf die Tageslänge (KOZŁOWSKI et al. 1998). *Poa annua* kann durch sogenannte Selbstaussaat mehrere Generationen im Jahr bilden und dadurch die Überlebenschancen in *Plantaginetea majoris*-Gesellschaften unter ungünstigen Bedingungen vergrößern. Die Fähigkeit, in einem Jahr mehrere Generationen zu bilden, deutet darauf hin, dass die Samen direkt nach der Ausbildung imstande sind, zu keimen und dass sie nicht in jedem Fall dormant sind. ZIRON (2000) konnte in einem zusätzlichen Versuch eine primäre Dormanz nachweisen; auch STANDIFER & PORCHE-SORBET (1984) beschreiben frische Samen als dormant, dagegen sind nach GRIME et al. (1988) die Samen sofort keimfähig. Da *Poa annua* sich fast das ganze Jahr aus Samen regeneriert, können unterschiedliche Umweltbedingungen auf die jeweils geerntete Samencharge einwirken, die sich auf das Keimverhalten auswirken können (ZIRON 2000). Einen solchen Effekt beschreibt FROUND-WILLIAMS (1985) bei der Untersuchung des Keimverhaltens von verschiedenen Chargen aus Sammlungen zwischen Juli bis August eines Jahres. STANDIFER & PORCHE-SORBET (1984) stellen fest, dass die Keimfähigkeit von einem jahreszeitlichen Dormanzzyklus abhängt. Die Samen gehen unter unterschiedlichen Temperaturbedingungen auf. Da im Sommer vorwiegend hohe Temperaturen herrschen, wird dadurch voraussichtlich die Dormanz gebrochen. THOMPSON & GRIME (1979) stellen fest, dass *Poa annua* zum Samenbanktyp III – vgl. S. 8 – gehört, von denen die meisten Samen direkt nach der Ausbreitung keimen, aber mit einem geringen Anteil zur persistenten Samenbank beitra-

gen, vgl. Abb. 2. Nach OPITZ VON BOBERFELD et al. (2001) sind gemeinsame Keimungsstrategien sowie die darauf folgende Etablierung als evolutionäre Anpassung an die jeweils vorherrschenden Stressfaktoren, wie Trockenheit, Vernässung bzw. Nährstoffverfügbarkeit, denkbar. Eine fördernde Wirkung von Licht und KNO_3 -Zusatz auf die Keimfähigkeit wird im Laborversuch in den Jahren 2003 und 2004 deutlich, was dem Auftreten dieser Art auf nährstoffreichen und sonnigen Stellen entspricht und auf einen ‚gap-detection‘-Mechanismus hindeutet (THOMPSON et al. 1980). In der *Festuca rubra*-Narbe sind Keimlinge von *Poa annua* fast ausschließlich in Narbenlücken vorhanden. OPITZ VON BOBERFELD (1994) zählt *Poa annua* zu der Gruppe der Arten, die bei hoher Nutzungsfrequenz ihre Kampfkraft vergrößern können. Da *Poa trivialis* äußerst empfindlich auf Trockenheit reagiert, ist die Etablierung dieser Art im Aussaatjahr sehr gering, vgl. Tab. 1. In der *Festuca rubra*-Narbe betragen die Etablierungsraten 1,1%, in der *Lolium perenne*-Narbe 2,6%. Im Laufe der Zeit nimmt die Etablierung bis November 2005 allmählich ab. Die höheren Etablierungsraten im November 2005 sind vor allem durch höhere Niederschläge bzw. Vernässung des Bodens Anfang des Jahres 2005 begründet, vgl. Abb. 5. *Poa trivialis* verbreitet sich zum Teil vegetativ über kurze Stolonen, vorwiegend jedoch über Samen (OPITZ VON BOBERFELD 1994, KNÖDLER 2001). Gefördert werden die Ertragsanteile meistens durch Jauche- oder Güllegaben, Nässe und eine hohe Nutzungsfrequenz; Trockenheit mindert die Kampfkraft des Lückenfüllers erheblich (OPITZ VON BOBERFELD 1994). BRIEMLE (1996) beschreiben *Poa trivialis* als einen düngerliebenden Feuchtezeiger. *Poa trivialis* wird auch als Gras mit geringer Konkurrenzkraft betrachtet, das sich durch eine geringe Aridotoleranz, ein schwach entwickeltes, flaches Wurzelsystem sowie ein Entwicklungsoptimum auf temporär vernässten Beständen auszeichnet (KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD, KOZŁOWSKI et al 1998, CONERT 2000). Die Konkurrenzkraft dieser Art hängt offenbar von der Höhe der N-Gaben, den Feuchtigkeitsverhältnissen und der Nutzungsfrequenz ab. Die höheren Etablierungsraten von *Poa trivialis* im November 2005 lassen vermuten, dass diese Art eine Samenbank aufbaut. In der Literatur sind die Zuordnungen zu einem Samenbanktyp bei dieser Art unterschiedlich. GRIME et al. (1988) und McDONALD et al. (1996) geben für *Poa trivialis* eine persistente Samenbank an, THOMPSON et al. (1993) ordnen die Art sogar in die permanente Diasporenbank ein; aufgrund der relativ geringen Dunkelkeimung nimmt KNÖDLER (2001) für *Poa trivialis* bei der von ihr untersuchten Population eine persistente Diasporenbank an.

5.2 Abgestufte Konkurrenz

5.2.1 *Bromus spec.*

Der größte Einfluss auf die Etablierung von *Bromus spec.* bei abgestufter Konkurrenz geht – über die Jahre betrachtet – von dem Faktor Art aus; zum letzten Beobachtungstermin sind auch die Konkurrenz sowie die Wechselwirkung Art \times Konkurrenz als Varianzursache gesichert. *Bromus hordeaceus* erreicht – abgesehen von der Variante mit voller Konkurrenz – Etablierungsraten von 100% und ist damit *Bromus erectus* überlegen. Fehlende primäre Dormanz, eine hohe Keimfähigkeit von *Bromus hordeaceus* unter variierenden Umweltbedingungen, vgl. Abschnitt 5.1.1, sowie eine hohe Kampfkraft bei der Erschließung von Ressourcen (= Raum, Licht, Nährstoffe) fördern die Etablierung dieser Art. Auch ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) kommen zu dem Ergebnis, dass die *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten die geringste Lichtempfindlichkeit aufweisen, so dass offenbar auch vorhandene Sprosskonkurrenz als lichtlimitierender Faktor für die Etablierung von *Bromus hordeaceus* eine untergeordnete Rolle spielt. Auch GRIME & JARVIS (1975) stellen fest, dass Arten offener Standorte ein höheres Lichtbedürfnis haben als die geschlossener bzw. dichter Narben. Im Gegensatz zu *Bromus hordeaceus* ist *Bromus erectus* insbesondere im letzten Beobachtungsjahr schlechter etabliert, vgl. Anhangtab. 38. Unterschiede in Abhängigkeit von den Konkurrenzbedingungen ergeben sich im Juli und November 2005; während im Juli 2005 *Bromus erectus* bei ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz am geringsten etabliert ist, ist dies im November 2005 bei ausgeschalteter Sprosskonkurrenz der Fall. Auch nach MARTIN & FIELD (1984) kommt der Wurzelkonkurrenz während der Etablierungsphase eine größere Bedeutung als der Sprosskonkurrenz zu, später sind beide Faktoren gleichermaßen wirksam. Dabei existiert eine Wechselwirkung zwischen diesen beiden Konkurrenzformen: Kann eine Art Nährstoffe bei begrenzter Verfügbarkeit besser aufnehmen, so wird ihr Wachstum beschleunigt, was letztlich zu einer Beschattung der konkurrenzschwächeren Art führt. Nach SMITH (1982) und GRIME et al. (1986) ist es eine erfolgreiche Überlebensstrategie von Pflanzen, bei Beschattung durch eine relativ erhöhte Sprossbildung mit einem möglichst großen Blattflächenanteil bzw. erhöhte spezifische Blattfläche (OPITZ VON BOBERFELD 1994) dem Lichtmangel zu entwachsen; diese Reaktion kann jedoch aufgrund geringerer Wurzelausbildung die Überlebenschance bei Wasserstress vermindern (KASPERBAUER et al. 1984). In Untersuchungen von ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) zeigen aber beide untersuchten *Bromus*-Arten (= *Bromus erectus* und *Bromus hordeaceus*) eine geringe bzw. keine Reaktion auf eine erhöhte Wasserspannung bezogen auf die Keimungsraten; im Hinblick auf die Strahlungsverhältnisse reagieren die untersuchten *Festuco-Brometea*-Arten am wenigsten auf Lichtmangel, d.h. häufig ist die Keimfähigkeit unter

Filter und in Dunkelheit ebenso hoch oder sogar höher als im Licht. Möglicherweise stellt allgemein auf Voll- und Halbtrockenrasen die Keimung im Licht nicht zwingend einen Konkurrenzvorteil dar, da der Boden in Bestandeslücken schnell oberflächlich austrocknen kann und somit die Etablierung nicht gesichert ist, was eine Erklärung für den häufig geringen Einflusses oberirdischer Konkurrenz wäre. In den Untersuchungen von ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) ist die Keimfähigkeit von *Bromus erectus* nach KNO_3 -Zusatz herabgesetzt.

5.2.2 *Galium spec.*

Galium mollugo ist – über die Jahre betrachtet – besser etabliert als *Galium verum*, weshalb der Faktor Art zu allen Beobachtungsterminen die bedeutendste Varianzursache darstellt. Die Konkurrenz hat lediglich im März 2004 einen gesicherten Einfluss auf die Etablierungsraten von *Galium spec.*, wobei die Werte in diesem Monat auf dem niedrigsten Niveau liegen, so dass mit 18,9% der abgelegten Samen die meisten Pflanzen von *Galium mollugo* in den Parzellen mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz gezählt werden. Auch zu späteren Beobachtungsterminen weist *Galium mollugo* bei ausgeschalteter Sprosskonkurrenz die höchsten Etablierungsraten auf. Die *Molinio-Arrhenatheretea*-Pflanzenbestände sind zwar dicht, so dass die Ausbreitung der Pflanzen hauptsächlich vegetativ erfolgt, dennoch kann häufig ein keimungsfördernder Einfluss von Licht beobachtet werden (ZIRON 2000, KNÖDLER 2001), da insbesondere in dichten Beständen eine erfolgreiche Etablierung oft nur in Bestandeslücken möglich ist. Im März 2004 werden weniger Pflanzen gezählt, wenn die Konkurrenz vollständig ausgeschaltet ist. *Galium mollugo* weist, unabhängig von den Konkurrenzbedingungen, höhere Werte als *Galium verum* auf und ist im April und Juli 2005 zu 50% etabliert, wenn die Sprosskonkurrenz ausgeschaltet ist, findet unter diesen Bedingungen also offenbar die besten Überlebenschancen. Auch bei ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz erreicht diese Art Etablierungsraten um 20%, was für *Galium spec.* in dieser Untersuchung vergleichsweise hoch ist; auf einem deutlich niedrigeren Niveau liegen die Werte jedoch, wenn die Konkurrenz vollständig ausgeschaltet ist. Verglichen mit *Galium verum* zeigt *Galium mollugo* nicht nur eine höhere Keimfähigkeit, sondern auch einen schnelleren Keimungsbeginn, vgl. Abschnitt 4.2 und Anhangabb. 15-16, während *Galium verum* in dem gegebenen Beobachtungszeitraum den t_{50} -Wert häufig nicht erreicht, vgl. Anhangabb. 20. Unter Konkurrenzbedingungen bzw. hoher Keimlingsdichte kann auch der Zeitpunkt des Aufganges entscheidend für die Überlebensrate sein; früh auflaufende Keimlinge weisen aufgrund der besseren Ressourcenverfügbarkeit und dem Entwicklungsvorsprung häufig einen Wettbewerbsvorteil gegenüber spät erscheinenden Keimlingen auf (ROSS & HARPER 1972, WEAVER & CAVERS 1979). In Untersuchungen von

ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) stellen sich die *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten, zu denen *Galium mollugo* gehört, als am wenigsten häufig und am geringsten lichtempfindlich bezogen auf die Keimung heraus, so dass diese Arten unter Konkurrenzbedingungen möglicherweise kampfstärker sind. In der genannten Untersuchung zeigt *Galium verum* Keimfähigkeiten bis 85% und eine ausgeprägte Präferenz für Dunkelheit, während im Licht die Keimung am geringsten ist. Auch verschiedene, von GRIME et al. (1981) untersuchte, *Galium*-Arten weisen hohe Keimfähigkeiten im Dunkeln auf. MALIK & VANDEN (1987) sowie MILBERG et al. (1996) finden eine lichtinduzierte sekundäre Dormanz bei *Galium spurium* und *Galium aparine*, was als Schutzmaßnahme für die Pflanzen dienen kann, da der Boden in Bestandeslücken austrocknungsgefährdet ist und so eine Etablierung nicht gewährleistet wäre. Zum letzten Beobachtungstermin sinken die Etablierungsraten meist, was offenbar durch einsetzendes Absterben der Pflanzen verursacht wird.

5.2.3 *Plantago spec.*

Für die Etablierung von *Plantago spec.* ist der Faktor Konkurrenz die wichtigste Varianzursache. Während der Aufgang Anfang 2004 noch gering ist, sind zum Ende der Beobachtungsperiode, insbesondere bei fehlender Konkurrenz, nahezu alle Pflanzen etabliert. Im April und Juli 2005 wirkt sich eine ausgeschaltete Sprosskonkurrenz positiv auf die Etablierungsraten aus, zum letzten Beobachtungstermin schafft offenbar – insbesondere für *Plantago major* – eine ausgeschaltete Wurzelkonkurrenz bessere Bedingungen, was die Wechselwirkung Art \times Konkurrenz bedingt, vgl. Anhangtab. 47. ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) stellen in ihren Untersuchungen fest, dass *Plantaginetea-majoris*-Arten, zu denen *Plantago major* zählt, besonders lichtempfindlich sind und auch Nitrat-Zusatz wirkt bei diesen Arten am häufigsten keimungsfördernd. Auch in der vorliegenden Untersuchung liegen die Etablierungsraten mit < 20% auf dem niedrigsten Niveau, wenn durch oberirdische Konkurrenz die Einstrahlung und gleichzeitig durch unterirdische Konkurrenz das Nährstoffangebot eingeschränkt ist. Diese Reaktion auf Nitrat fördert die „Lückenfindung“ (= ‘gap detection’) im Bestand, da in Lücken der Grasnarbe der Anteil des hellroten Lichtes, die täglichen Temperaturschwankungen sowie der Nitratgehalt im Boden höher sind als unter einer geschlossenen Pflanzendecke (THOMPSON & GRIME 1983, PONS 1983). ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) bringen eine hohe Lichtempfindlichkeit in Zusammenhang mit der Samengröße (MILBERG et al. 2000). Arten offener Narben, wie *Plantago major*, zeichnen sich durch eine hohe Produktion kleiner Samen mit hoher Keimfähigkeit aus. Für diese Arten ist es wichtig, dass die Samen nur zu keimen beginnen, wenn die Lichtverhältnisse eine anschließende Etablierung gewährleisten (ROBERTS 1981). Auch nach HARPER et al. (1970) bilden Arten aus dichten Pflanzenbestän-

den tendenziell größere Samen aus als Arten, die offene Narben besiedeln; *Plantago major* erreicht neben den *Poa*-Arten auch hier die geringste Tausendkornmasse, mit 0,30 g im Jahr 2003 und 0,24 g im Jahr 2004. In den Untersuchungen von ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) reagieren die untersuchten *Festoco-Brometea*-Arten (= *Galium verum*, *Plantago media*) am wenigsten auf Lichtmangel; diese Arten sind zwar auch in der vorliegenden Untersuchung gut etabliert, wenn aufgrund von vorhandener Sprosskonkurrenz die Einstrahlung eingeschränkt ist; die Überlegenheit von *Plantago media*, verglichen mit *Plantago major*, ist jedoch nur im April und Juli 2005 gesichert. Zum letzten Beobachtungstermin ist *Plantago media*, verglichen mit *Plantago major*, in der Variante mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz besser etabliert; nach ELLENBERG (1996) ertragen die Charakterarten der *Festuco-Brometea*-Gesellschaft zeitweilige Trockenheit recht gut, sind auf mäßig warme bis warme Standorte beschränkt und lichtliebend.

5.2.4 *Poa spec.*

Für die Etablierung von *Poa spec.* bei abgestufter Konkurrenz ist in der Mehrzahl der Fälle der Faktor Art die bedeutendste, oft alleinige, Varianzursache. Im Juli 2005 kommt es zur Interaktion Art \times Konkurrenz, da *Poa annua* am besten etabliert ist, wenn keine interspezifische Konkurrenz besteht; im Gegensatz dazu sind Unterschiede bei *Poa trivialis* in Abhängigkeit von den Konkurrenzbedingungen nicht gesichert. Von *Poa trivialis* sind häufig $< 0,1\%$ der abgelegten Samen etabliert. *Poa annua* findet insbesondere bei Beschattung durch oberirdische Konkurrenz schlechtere Überlebensbedingungen; offenbar ist diese Art auf gute Lichtverhältnisse angewiesen. In Untersuchungen von ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) stellen sich die *Plantaginetea majoris*-Arten bezogen auf die Keimung als besonders lichtempfindlich heraus. Nach GRIME et al. (1981) ist der durch das Phytochromsystem regulierte Dormanzbrechungsfaktor Licht vor allem für kleine Samen mit geringen Nährstoffvorräten entscheidend, damit eine Keimung in tieferen Bodenschichten verhindert wird. Nach MILBERG et al. (2000) sinkt parallel zur Größenzunahme der Samen das Lichtbedürfnis zur Keimung. Die *Poa*-Arten weisen in der vorliegenden Untersuchung eine geringe Tausendkornmasse auf, wobei *Poa trivialis* mit 0,20 g im Jahr 2003 und 0,19 g im Jahr 2004 noch leichter als *Poa annua* mit 0,30 g im Jahr 2003 und 0,32 g im Jahr 2004 ist. ZIRON (2000) und KNÖDLER (2001) finden bei *Poa annua* eine keimungsfördernde Wirkung von Nitrat, was dem Auftreten dieser Art auf nährstoffreichen Flächen entspricht (KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD 1995) und auf einen ‚gap-detection‘-Mechanismus hindeutet (THOMPSON et al. 1977), zudem *Poa annua* einen soziologischen Verbreitungsschwerpunkt auf stark lückigen Flächen hat (OBERDORFER 1993). *Poa trivialis* zeigt in Laborversuchen eine Keimungsverzögerung und

erreicht den t_{50} -Wert in diesem Beobachtungszeitraum nicht, vgl. Abschnitt 4.2 und Anhangb. 24. Eine langsamere Keimung bringt Nachteile bei der Konkurrenz um die verfügbaren Ressourcen (WEAVER & CAVERS 1979), so dass für die Etablierung die nötigen Nährstoffe fehlen; der Rückgang gezählter *Poa trivialis*-Pflanzen ab dem zweiten Beobachtungsmonat deutet auf bereits abgestorbene Pflanzen hin, die sich unter den gegebenen Bedingungen nicht halten konnten. In Versuchen von GÓRSKI et al. (1978) ist die Keimung von *Poa trivialis* bereits unter einem dichten Blätterdach völlig verhindert. Die oberirdischen Reaktionen beeinflussen auch das Wachstum der unterirdischen Pflanzenteile (BREDE & DUICH 1986). Leidet eine Pflanze unter Lichtmangel, wird die Wurzelausdehnung gehemmt, Wurzelmasse und Nährstoffaufnahme verringern sich; diese Faktoren wirken sich negativ auf die Kampfkraft im Hinblick auf die Nährstoffressourcen aus.

5.3 Ausblick

In den vorliegenden Untersuchungsreihen werden bei verschiedenen Vertretern der gleichen Gattungs- bzw. Pflanzengesellschaftszugehörigkeit in Laboruntersuchungen die Umweltansprüche für die Keimung (ZIRON 2000, KNÖDLER 2001, OPITZ VON BOBERFELD et al. 2001) und in dem hier darauf aufbauenden weiterführenden Feldversuch der Aufgang und die anschließende Etablierung untersucht. In Laborversuchen kommen insbesondere die genetisch bedingte Merkmale im Keimverhalten zum Tragen (= physiologisches Optimum), in einem Feldversuch dagegen können vererbte Merkmale und Umweltbedingungen sowie die Interaktionen Genotyp x Umwelt zum Tragen kommen (= ökologisches Optimum). In einer Vegetationseinheit sind gemeinsame Keimungsstrategien als evolutionäre Anpassung an die jeweils vorherrschenden Stressfaktoren zu deuten (OPITZ VON BOBERFELD et al. 2001). In der vorliegenden Untersuchung erweist sich *Bromus hordeaceus* sowohl in den Labor- wie den Freilandexperimenten als eine Art mit breiter ökologischer Amplitude, was auf eine Überlegenheit der genetischen Determinante gegenüber den vorherrschenden Umweltbedingungen – bezogen auf Keimung, Aufgang und Etablierung – deutet. Für diese Art ist das physiologische Optimum gleich zu setzen mit dem ökologischem Optimum. Dagegen zeigt *Bromus erectus* bei der Keimung im Labor in Abhängigkeit von der Stratifikation unterschiedliche Präferenzen. Im Feldversuch ist *Bromus erectus* im Jahr 2003 am besten in der Variante mit ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz etabliert, im Jahr 2004 dagegen wird die beste Etablierung meist in der Variante mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz erreicht. *Galium mollugo* zeigt im Labor in beiden Jahren ähnliche Keimungsraten, was offenbar auf eine geringere Empfindlichkeit dieser Art auf unterschiedliche Witterungsbedingungen bei der Reife hindeutet. *Galium verum* weist in Abhängigkeit von ökologischen Einflüssen ein unterschiedliches Kei-

mungsmuster auf. Im Feldversuch sind für beide Arten meist die höchsten Etablierungsraten in der Variante mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz zu beobachten. Im Jahr 2004 finden sowohl *Plantago major* als auch *Plantago media* offenbar in den Varianten mit ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz die besten Etablierungsbedingungen, im Jahr 2005 dagegen wird von den *Plantago*-Arten die höchste Etablierung in der Variante ohne Konkurrenz erreicht. Bei *Poa annua* liegt das physiologische Optimum in beiden Jahren auf gleichem Niveau, ähnliche Präferenzen sind auch bei *Poa trivialis* zu erkennen. Im Feldversuch wirkt sich jedoch die abgestufte Konkurrenz auf beide Arten unterschiedlich aus. Für die interspezifische Konkurrenz ist zu erwarten, dass eine Art mit höherer Kampfstärke im Vergleich zu einer konkurrenzschwachen Art dominiert bzw. Überlebenschancen dieser Art im Vergleich zu einer untergeordneten Art größer werden. Jedoch bei der *Bromus hordeaceus* – unabhängig von abgestufter Konkurrenz – handelt sich um eine Art sowohl mit hoher Konkurrenzkraft als auch um eine Art mit höchsten Absterberaten. Bei den *Galium*-Arten liegt offenbar eine ausgewogene Konkurrenzkraft – Zielart/Bestand – mit geringer Etablierungsgeschwindigkeit vor. Die Etablierungsgeschwindigkeit von *Galium mollugo* liegt – in Abhängigkeit von abgestufter Konkurrenz – auf unterschiedlicher Höhe, bei *Galium verum* ist dieser Zusammenhang nicht festzustellen. Bei *Plantago*-Arten ist bei Vollkonkurrenz – im Gegensatz zu abgestufter Konkurrenz – die Etablierungsgeschwindigkeit durch begrenzte Ressourcenaufnahme (= Interspezifische Konkurrenz) stark reduziert. In den Varianten mit abgestufter Konkurrenz wird die generative Verbreitung beider Arten durch größere Ressourcenkapazitäten gefördert, da Mischungspartner um gleiche Ressourcen nicht konkurrieren müssen. In den etablierten Beständen ist die Konkurrenzkraft bzw. Etablierungsgeschwindigkeit *Poa*-Arten vor allem durch Einschränkung der Lichtstrahlung, Nährstoff- und Wasservorräte beeinflusst. Eine direkte Übertragung der Laborbefunde auf Etablierung im Feld ist nur bedingt möglich; wenn die Keimung unter verschiedenen Umweltbedingungen zügig verläuft, z.B. bei *Bromus hordeaceus*, ist dies auch im Gelände zu erwarten. Wenn ein Umweltfaktor dominierend auf hohe Keimung wirkt, spiegelt sich das auch im Bestand unter entsprechenden Konkurrenzbedingungen wider (*Plantago major* und *Poa annua*). Unter der Einwirkung von den unterschiedlichen Faktoren mit recht unterschiedlichen Reaktionen auf die Keimung kann die Übertragbarkeit von Laborbefunden auf das Feld stark eingeschränkt sein, z.B. *Poa trivialis*.

6. Zusammenfassung

Zur Ergänzung und Verifizierung vorangegangener Laboruntersuchungen über das Keimungsverhalten verbreiteter Grünlandarten wurden in der vorliegenden Untersuchung Freilandversuche durchgeführt, die – gelegen in 160 m ü. NN südlich von Gießen – als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt waren. Es wurden acht verschiedene Pflanzenarten (= *Bromus erectus*, *Bromus hordeaceus*, *Galium mollugo*, *Galium verum*, *Plantago major*, *Plantago media*, *Poa annua*, *Poa trivialis*) gleicher Gattungs- und unterschiedlicher Pflanzengesellschaftszugehörigkeit ausgewählt, um den Einfluss der Faktoren Hauptbestandsbildner (= *Lolium perenne*, *Festuca rubra*), Nutzungsfrequenz (= 2mal, 4mal) sowie abgestufter interspezifischer Konkurrenz (= ausgeschaltete Spross- bzw. Wurzelkonkurrenz, volle und fehlende Konkurrenz) auf Aufgang und Etablierung der Pflanzen zu untersuchen. Die erzielten Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Im Hinblick auf die **Etablierung bei voller Konkurrenz** ging der größte Einfluss – auf Ebene der Gattungen betrachtet – von dem Faktor Art aus. Zum Ende des Beobachtungszeitraumes kam es bei *Bromus spec.* zur Wechselwirkung Art \times Nutzungsfrequenz, da *Bromus hordeaceus* bei geringer Nutzungsfrequenz besser etabliert war als *Bromus erectus*. Bei den *Poa spec.* und *Galium spec.* bestand die Interaktion Art \times Narbe, da in den *Lolium perenne*-Beständen von *Galium mollugo* und *Poa annua* mehr Pflanzen etabliert waren als von *Galium verum* bzw. *Poa trivialis*, während artabhängige Unterschiede in den *Festuca rubra*-Beständen nicht gesichert waren.
2. *Bromus hordeaceus* war in den *Lolium perenne*-Beständen besser etabliert als in den *Festuca rubra*-Narben, was häufig bei geringer Nutzungsfrequenz deutlicher war. Im Gegensatz dazu bestanden bei *Galium mollugo* – ebenfalls ein Vertreter der **Molinio-Arrhenatheretea**-Pflanzengesellschaft – keine narbenabhängigen Unterschiede. Bei *Poa trivialis* ging kein gesicherter Einfluss von den Faktoren Nutzungsfrequenz und Hauptbestandesbildner aus, wobei allerdings die Aufgangs- und die Etablierungsraten insbesondere zum Ende des Beobachtungszeitraumes auf einem äußerst niedrigen Niveau lagen.
3. Bei *Bromus erectus* kam es – über die Jahre betrachtet – dem erektophilen Wuchstyp entsprechend, zu Unterschieden in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz; bei *Lolium perenne* als Hauptbestandsbilder, verglichen mit *Festuca rubra*, war *Bromus erectus* besser etabliert. Bei *Galium verum* und *Plantago media*, die ebenfalls zu Vertretern den **Festuco-Brometea**-Gesellschaften zählen, ging weder vom Hauptbestandsbildner noch der Nutzungsfrequenz ein gesicherter Einfluss auf die Etablierung aus.

4. Bei den Arten der *Plantaginetea majoris*-Gesellschaften, *Plantago major* und *Poa annua*, ging von der Nutzungsfrequenz kein relevanter Einfluss auf die Etablierung aus. Dagegen war der Effekt abgestufter Konkurrenz groß, die höchsten Etablierungsraten wurden bei fehlender interspezifischer Konkurrenz beobachtet.
5. Wie für Keimungsstrategien bereits bekannt, bestanden auch im Hinblick auf Aufgang und Etablierung **Ähnlichkeiten** bei Arten gleicher Gattungszugehörigkeit. Neben diesem genetischen Effekt konnten teilweise auch gesellschaftsspezifische Effekte bei der Etablierung beobachtet werden; so waren die Vertreter der *Molinio-Arrhenatheretea*-Gesellschaften, *Bromus hordeaceus* und *Galium mollugo*, gut etabliert, wenn die Sprosskonkurrenz ausgeschaltet war und zeigten selbst in der Variante mit voller Konkurrenz zum Ende der Beobachtungsperiode noch vergleichsweise hohe Etablierungsraten.
6. Mit Ausnahme von *Bromus hordeaceus*, das im letzten Jahr unabhängig von den **Konkurrenzbedingungen** Etablierungsraten von > 80% erreichte, waren die restliche eingesäten Arten in den Varianten mit ausgeschalteter Wurzelkonkurrenz und voller Konkurrenz häufig schlechter entwickelt.
7. Eine negative Beziehung zwischen **Samengröße** und **Lichtbedürfnis** bestand offenbar bei *Plantago spec.*, die mit 0,32 g eine geringe Tausendkornmasse aufwies und bei besseren Lichtverhältnissen in den Varianten mit ausgeschalteter Sprosskonkurrenz und fehlender Konkurrenz höhere Etablierungsraten erreichten; auch bei den *Poa spec.* bestand diese Präferenz, wobei Unterschiede aufgrund geringer Etablierungsraten nur teilweise gesichert waren.
8. Häufig konnte ein **schnellerer Aufgang** der Pflanzen in den Varianten mit ausgeschalteter interspezifischer Spross- bzw. Wurzelkonkurrenz beobachtet werden, während bei voller Konkurrenz der Aufgang meistens verzögert einsetzte. Die Entwicklungsstadien wurden bei fehlender interspezifischer Konkurrenz am schnellsten durchlaufen.
9. Zwischen der Keimung unter **Laborbedingungen** und dem Aufgang sowie der Etablierung im **Freiland** bestanden gute Übereinstimmungen, wenn im Labor in verschiedenen Umwelten die Keimung ausnahmslos zügig verläuft oder ein Umweltfaktor im Labor eindeutig dominiert und dieser im Freiland dann auch existent ist.

7. Summary

The Emergence and Establishment of Grassland Species affiliated to different communities within the same genus at miscellaneous Competition

For complementation and verification of previous laboratory test on germination behaviour of widely spread grassland species a field experiment was conducted. The field experiment was carried out south from Gießen 160 m above sea level, in a Latin rectangle design with three repetitions. The influence of sward (= *Lolium perenne*, *Festuca rubra*), use frequency (= two - and quadruple mowing) as well as graduated interspecific competition (= eliminated sprout- and root competition, full competition and eliminated competition) on the emergence and establishment of the species *Bromus erectus*, *Bromus hordeaceus*, *Galium mollugo*, *Galium verum*, *Plantago major*, *Plantago media*, *Poa annua*, *Poa trivialis* was investigated. The results can be summarised as follows:

1. The factor species had the largest influence on the **establishment of plants** – regarding genus-level – **at full competition**. The interaction species x use frequency was significant for *Bromus* spec. at the end of the observation period as a result of a better establishment of *Bromus hordeaceus* compared to *Bromus erectus* particularly at low use frequency. For *Poa* spec. and *Galium* spec. the interaction species x sward was significant because within the *Lolium perenne*-sward more *Galium mollugo* and *Poa annua* plants were established than plants of the species *Galium verum* or *Poa trivialis*, whereas within the *Festuca rubra*-sward no differences in the establishment of species could be observed.
2. *Bromus hordeaceus* was established within the *Lolium perenne*-sward compared to the *Festuca rubra*-sward, especially obvious at high use frequency. Contrary for *Galium mollugo* – also a representative of the **Molinio-Arrhenatheretea**-community – no sward-dependence could be observed. For *Poa trivialis* no significant influences of the factors use frequency and sward could be observed although the emergence and the establishment rate were extremely low in particular at the end of the observation period.
3. For *Bromus erectus* accordant to its growth-type (= erectophil) differences in dependence of use frequency were observed; *Bromus erectus* was better established within the *Lolium perenne*-sward than in the *Festuca rubra*-sward. For *Galium verum* and *Plantago media*, which are also representatives of the **Festuco-Brometea** community, sward as well as use frequency exerted no influence on the establishment.

4. For the representatives of the *Plantaginetea majoris*-community viz. *Plantago major* and *Poa annua* the use frequency did not influence the establishment. Contrary to this the graduated competition effect was large; the highest rate of establishment was noticed without interspecific competition.
5. As known for germination strategies also for emergence and establishment **similarities** occurred for species belonging to the same genus. Beside this genetic effect occasionally also community-specific effects on establishment were observed; the representatives of the *Molinio-Arrhenatheretea*-community, *Bromus hordeaceus* and *Galium mollugo*, established well when sprout competition was eliminated and showed even with full competition at the end of the observation period a comparable high establishment rate.
6. Excluding *Bromus hordeaceus*, which independently of **competition treatment** achieved establishment rates > 80% in the last year, the remaining sown species showed with root competition and full competition often weaker development.
7. A negative relation existed between **seed size** and **light requirements** for *Plantago spec.* which possess a small seed size (= 0,32 g thousand corn weight) and achieved with good light circumstances high establishment rates within the variants with eliminated sprout competition and no competition. Also *Poa spec.* showed this preference, although differences were seldom significant due to low establishment rates.
8. Often a **faster emergence** could be observed for plants in variants with eliminated interspecific sprout and root competition resp., whereas with full competition the emergence was mostly delayed. The development stage is fastest revolved with eliminated interspecific competition.
9. Between germination in **laboratory** conditions and emergence as well as establishment in **field** conditions good agreements exist when in the laboratory in different environments the germination has gone steadily or an environmental factor in the laboratory predominated which is then existent in the field as well.

8. Streszczenie

Wschody i instalacja wybranych gatunków roślin należących do tego samego rodzaju i różnych jednostek fitosocjologicznych na użytkach zielonych w warunkach zróżnicowanej konkurencyjności

Dla uzupełnienia i weryfikacji wyników badań uzyskanych w warunkach laboratoryjnych nad kiełkowaniem gatunków rozpowszechnionych na użytkach zielonych, przeprowadzono doświadczenie zlokalizowane na południe od Gießen, na wysokości 160 m n.p.m. w układzie prostokąta łacińskiego w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu analizowano wpływ takich czynników jak: dominanta runi (= *Lolium perenne*, *Festuca rubra*), częstotliwość koszenia (= 2- i 4-krotne), wieloaspektowa konkurencyjność roślin (= z wyłączeniem pędów nadziemnych, z wyłączeniem korzeni, w warunkach pełnej konkurencyjności i przy jej braku) na wschody i instalację ośmiu gatunków roślin łąkowych (= *Bromus erectus*, *Bromus hordeaceus*, *Galium mollugo*, *Galium verum*, *Plantago major*, *Plantago media*, *Poa annua*, *Poa trivialis*) należących do tego samego rodzaju i różnych jednostek fitosocjologicznych. Rezultaty badań można streścić następująco:

1. Z punktu widzenia **instalacji roślin przy pełnej konkurencyjności** największy wpływ – na płaszczyźnie rodzaj – posiadał czynnik gatunek. W końcowym okresie badań stwierdzono u *Bromus* sp. obecność interakcji czynników gatunek x częstotliwość koszenia, ponieważ *Bromus hordeaceus*, w szczególności przy mniejszej częstotliwości koszenia, lepiej instalował się niż *Bromus erectus*. U *Poa* sp. i *Galium* sp. miała miejsce interakcja gatunek x dominanta runi, ponieważ w darni z *Lolium perenne* zainstalowało się więcej roślin *Galium mollugo* i *Poa annua* niż *Galium verum* i *Poa trivialis*. Natomiast różnice gatunkowe w darni z *Festuca rubra* nie były istotne.
2. *Bromus hordeaceus* lepiej instalował się w darni z *Lolium perenne* niż w darni z *Festuca rubra*, co szczególnie uwidoczniło się przy mniejszej częstotliwości koszenia. Natomiast u *Galium mollugo* – przedstawiciela zbiorowisk ***Molinio-Arrhenatheretea*** – nie wystąpiło zróżnicowanie w instalacji w zależności od dominanty runi. U *Poa trivialis* nie stwierdzono istotnego wpływu częstotliwości użytkowania i dominanty runi, przy czym tempo wschodów, a zwłaszcza instalacji, w końcowym okresie badań, było skrajnie powolne.
3. U *Bromus erectus*, w ciągu kilkuletniego okresu badań, uzyskano, odpowiednio do typu wzrostu tego gatunku (= erektofil), zróżnicowanie instalacji w zależności od częstotliwości koszenia. *Bromus erectus* odznaczał się w darni z *Lolium perenne*, w porównaniu do *Festuca rubra*, lepszą instalacją. Zarówno u *Galium verum* jak i *Plantago*

media, które również zalicza się do przedstawicieli zbiorowisk *Festuco-Brometea*, nie stwierdzono istotnego wpływu dominanty runi ani częstotliwości użytkowania na instalację roślin.

4. U gatunków charakterystycznych dla *Plantaginetea majoris*, to znaczy *Plantago major* i *Poa annua*, częstotliwość koszenia nie miała istotnego wpływu na ich instalację. W przeciwieństwie do tego czynnika efekt zróżnicowanego stopnia konkurencyjności był duży, gdyż największe tempo instalacji obserwowano przy braku konkurencyjności pędów nadziemnych lub korzeni.
5. Stwierdzono, znane już ze strategii kiełkowania w warunkach laboratoryjnych, **podobieństwa** dotyczące wschodów i instalacji gatunków należących do tego samego rodzaju. Przy ukorzenianiu się roślin, obok aspektu taksonomicznego, można było zauważyć także wpływ przynależności gatunków do specyficznych zbiorowisk roślinnych. Przedstawiciele *Molinio-Arrhenatheretea*, to znaczy *Bromus hordeaceus* i *Galium mollugo*, instalowały się dobrze w warunkach braku konkurencyjności pędów nadziemnych. Nawet w wariacie z pełną konkurencyjnością, w końcowym okresie obserwacji, u gatunków tych stwierdzono stosunkowo duże tempo instalacji.
6. Za wyjątkiem *Bromus hordeaceus*, który w ostatnim roku, niezależnie od **warunków konkurencyjności**, osiągnął tempo instalacji > 80%, pozostałe wysiane gatunki roślin często rozwijały się słabiej w wariacie z brakiem konkurencyjności korzeniowej i w wariacie z pełną konkurencyjnością.
7. Ujemne zależności pomiędzy **wielkością nasion** a **zapotrzebowaniem na światło** stwierdzono u gatunków z rodzaju *Plantago*, które przy niewielkiej masie tysiąca nasion (0,32g) i lepszych stosunkach świetlnych wykazywały większe tempo instalacji w wariantach z wyłączoną konkurencyjnością pędów nadziemnych i brakiem konkurencyjności. Taką preferencję wykazywały także gatunki z rodzaju *Poa*, przy czym różnice ze względu na słabe tempo instalacji udowodniono tylko częściowo.
8. W wariantach z brakiem konkurencyjności pędów nadziemnych i korzeni często obserwowano **szybsze wschody** roślin. Tymczasem w sytuacji pełnej konkurencyjności wschody roślin były najczęściej opóźnione. W stadium instalacji wzrost roślin przebiegał najszybciej przy braku konkurencyjności pędów nadziemnych lub korzeni.
9. Pomiedzy kiełkowaniem nasion w **warunkach laboratoryjnych** a wschodami, jak i instalacją roślin, w **warunkach naturalnych**, stwierdzono wiele podobieństw. Szczególnie dało się to zauważyć, gdy kiełkowanie nasion w laboratorium prowadzono z

uwzględnieniem różnych czynników środowiska lub jeden z nich jednoznacznie dominował, a następnie wystąpił także w warunkach naturalnych.

9. Literaturverzeichnis

1. AARSSSEN L.W., 1983: Ecological combining ability and competitive combining ability in plants: toward a general evolutionary theory of coexistence in systems of competition. *Am. Nat.* **122**, 707-731.
2. ANDERSSON, L. & P. MILBERG, 1998: Does cold stratification level out differences in seed germinability between populations?- *Plant Ecology* **134**, 225-234.
3. ANONYMUS, 2003a: Beschreibende Sortenliste Gräser Klee, Luzerne. Hrsg. Bundesortnamt Hannover, Verl. Alfred Strothe, Frankfurt/M.
4. ANONYMUS, 2003b: SPSS for Windows.- Version 12.0, SPSS Software, München.
5. ANTONOVICS, J. & D.A. LEVIN, 1980: The ecological and genetic consequences of density-dependent regulation in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **11**, 411-452.
6. ARENS, R., 1973: Grundsätze der Mischungsberechnung für Daueransaat. *Wirtschaftseig. Futter* **19**, 90-102.
7. BAKKER, J.P., A.F. BOS, J. HOOGVELD & H. J. MULLER, 1991: The Role of the seed Bank in restoration management of semi-natural grasslands. - In: O. RAVERA, *Terrestrial and aquatic ecosystems: disturbance and recovery.*, E. Horwood Ltd., Chichester, 449-455.
8. BASKIN, J.M. & C.C. BASKIN, 1985: The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A Continuum. *Bioscience* **35**, 492-498.
9. BASKIN, J.M. & C.C. BASKIN, 1989: *Physiology of Dormancy and Germination in Relation to Seed Bank Ecology.*
10. BAEUMER, K., 1963: Konkurrenz in Pflanzenbeständen als Problem der Pflanzenbauforschung, *Forsch. u. Berat., B*, Heft **10**, 99-123.
11. BECKSTEAD, J., MEYER, S. E. & P. S. ALLEN, 1996: *Bromus tectorum* seed germination: between-population and between-year variation. *Canadian Journal of Botany* **74**, 875-882.
12. BEGON, M., J.L. HARPER & C.R. TOWNSEND, 1996: *Ecology.* Blackwell Science, Oxford, UK.
13. BELL, C. J. & D. A. ROSE, 1981: Light measurement and the terminology of flow. *Plant Cell Environment* **4**, 89-96.
14. BEWLEY J.D. & M. BLACK, 1978: *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to germination. Development, Germination and Growth.* Vol. 1. Verl. Springer, Berlin, Heidelberg.
15. BEWLEY J.D. & M. BLACK, 1982: *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to germination. Viability, Dormancy and Environmental Control.* Vol. 2. Verl. Springer, Berlin, Heidelberg.
16. BEWLEY J.D. & M. BLACK, 1994: *Seeds – Physiology of development and germination.* Vol. 2, Plenum Press, New York, London.
17. BOEKER, P., 1965: Die Entwicklung einer Ansaat auf einem Grundwasserstandsversuch in der Boker Heide. *Neth. J. Agric. Sci.* **13**, 164-170.
18. BOEKER, P., 1974: Die Wurzelmassenentwicklung einiger Untergräser. *Das wirtschaftseigene Futter* **20**, 82-93.

19. BORTHWICK, H.A., S.B. HENDRICKS, E.H. TOOLE & V.K. TOOLE, 1952: A reversible photoreaction controlling seed germination. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. **38**, 662-666.
20. BOTTO J.F., R.A. SÁNCHEZ, & J.J. CASAL, 1998: Burial conditions affect the light responses of *Datura ferox* seeds. Seed Science Research **8**, 423-429.
21. BRADBEER, J.W., 1988: Seed dormancy and germination. Chapman & Hall, New York.
22. BRADFORD, K.J., 1986: Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort. Sci. **21**, 1105-1112.
23. BREDE, A.D. & J.M. DUICH, 1986: Plant Interactions among *Poa annua*, *Poa pratensis* and *Lolium perenne* turfgrasses. Agron. J. **78**, 179-184.
24. BRIEMLE, G., 1996: Farbatlas Kräuter und Gräser. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
25. CAHILL, J.F., 2002: Interactions between root and shoot competition vary among species. OIKOS **99**, 101-112.
26. CASAL J.J. & R.A. SÁNCHEZ, 1998: Phytochromes and seed germination. Seed Science Research **8**, 317-329.
27. CASPER, B.B. & R.B. JACKSON, 1997: Plant competition underground. Annu. Rev. Ecol. Syst. **28**, 545-570.
28. CHANCELLOR, R.J., 1982: Weed seed investigations. Adv. in Res. and Tech. of Seeds **7**, 9-29.
29. CHESTNUTT, D.M.B., BARTHOLOMEW, P.W. & BINNIE, P.C., 1980: The interaction of perennial ryegrass and timothy in mixtures and their reaction to clover and nitrogen in cut swards. Grass and Forage Science. **35**, 281-286.
30. CONERT, H.J., 2000: Pareys Gräserbuch. Die Gräser Deutschlands erkennen und bestimmen. Verl. Blackwell-Wiss., Berlin, Wien.
31. COOK, S.J. & D. RATCLIFF, 1984: A study on the effects of root and shoot competition on the growth of green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) seedlings in an existing Grassland using root exclusion tubes. J. Appl. Ecol. **21**, 971-982.
32. COWLING, D. W. & D. R. LOCKYER, 1968: A comparison of the yield of three grass species at various levels of nitrogenous fertiliser sown alone or in a mixture. J. Agric. Sci., Camh. **71**, 127-36.
33. CRESSWELL, E.G. & J.P., GRIME, 1981: Induction of a light requirement during seed development and its ecological consequences. Nature **291**, 583-585.
34. CZHIAK, G., H. LANGER & H. ZIEGLER, 1981: Biologie. 3. Aufl., Verl. Springer., Berlin, Heidelberg, New York.
35. DYER, W.E., 1995: Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. Weed Sci. **43**, 498-503.
36. EAGLES, C.F., 1972: Competition for light and nutrients between natural populations of *Dactylis glomerata*. J. Appl. Ecol. **9**, 141-151.
37. ELIJARRAT, E., & D. BARCELO, 2001: Sample handling and analysis of allelochemical compounds in plants. Trends Anal. Chem. **20**, 584-590.
38. ELLENBERG, H., 1950: Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Bd. I, Unkrautgesellschaften als Zeiger für Klima und Boden. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
39. ELLENBERG, H., 1952: Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.

40. ELLENBERG, H., 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta geobotanica XVIII, Verl. Erich Goltze, Göttingen.
41. ELLENBERG, H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
42. EVANS, A.S. & R.J. CABIN, 1995: Can dormancy effect the evolution of post-germination traits? The case of *Lesquerella fendleri*. Ecology **76**, 344-356.
43. EVANS, C.E. & J.R. ETHERINGTON, 1990: The effect of soil water potential on seed germination of some British plants. New Phytol. **115**, 539-548.
44. FALIŃSKA K., 2002: Przewodnik do badań biologii populacji roślin. Wyd. PWN, Warszawa.
45. FENNER, M., 1985: Seed ecology. Verl. Chapman and Hall, London, New York.
46. FENNER, M., 1991: The effects of the parent environment on seed germinability. Seed Sci. Res. **1**, 75-84.
47. FRANKLAND, B., 1986: Perception of light quality. In: KENDRICK, R.E. & G.H.M. KRONENBERG (eds.): Photomorphogenesis in plants. 2nd ed. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 134-219.
48. FROST, R.A. & P.B. CAVERS, 1975: The ecology of pigweeds (*Amaranthus*) in Ontario. I. Interspecific and intraspecific variation in seed germination among local collections of *A. powellii* and *A. retroflexus*. Canadian Journal of Botany **53**, 1276-1284.
49. FROUND-WILLIAMS, R.J., 1981: Germination behaviour of *Bromus spec.* and *Alopecurus cynosuroides*. UK Assoc. Appl. Biol., Conference on grass, weeds in cereals in the U.K., WRO, Yarnton, Oxford, 31-40.
50. FROUND-WILLIAMS, R.J., 1985: Dormancy and germination of arable grass-weeds. Aspects Appl. Biol. **9**, 9-18.
51. GLENN, A.E., C.W. BACON, R. PRICE & R.T. HANLIN, 1996: Molecular phylogeny of *Acremonium* and its taxonomic implications. Mycology **88**, 369-383.
52. GNIAZDOWSKA, K. ORACZ & R. BOGATEK, 2004: Allelopatia - nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami. Kosmos. Problemy nauk biologicznych. Tom 53, Numer 2 (263), Strony 207-217.
53. GOMEZ K.A. & A.A., GOMEZ, 1984: Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed., J. Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
54. GORCHAKOVSKII, P.L. & A.V. ABRAMCHUK 1996: Grazing tolerance of the vegetation of dry meadows. Russ. J. Ecol. **27**, 321-325.
55. GÓRSKI, T., 1975: Germination of seeds in the shadow of plants. Physiol. Plant. **34**, 342-346.
56. GÓRSKI, T., K. GÓRSKA & J. NOWICKI, 1977: Germination of seeds of various herbaceous species under leaf canopy. Flora **166**, 249-259.
57. GÓRSKI, T., K. GÓRSKA & J. RYBICKI, 1978: Studies on the germination of seeds under leaf canopy. Flora **167**, 289-299.
58. GRIME, J.P., 1979: Plant strategies and vegetations processes. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
59. GRIME, J.P., 1981: The role of seed dormancy in vegetation dynamics. Ann. Appl. Biol. **93**, 555-558.

60. GRIME, J.P. & B.C. JARVIS, 1975: Shade avoidance and shade tolerance in flowering plants. II. Effects of light on the germination of species of contrasted ecology. In: BAINBRIDGE, R., G.C. EVANS & O. RACKHAM (eds.): Light as an ecological factor II. Blackwell Sci. Publ., Oxford, 525-532.
61. GRIME, J.P., G. MASON, A.V. CURTIS, J. RODMAN, S.R. BAND, M.A.G. MOWFORTH, A.M. NEAL & S. SHAW, 1981: A comparative study of germination characteristics in an local flora. *J. Ecol.* **69**, 1017-1059.
62. GRIME, J.P., J.C. CRICK & J.E. RINCON, 1986: The ecological significance of plasticity. In: JENNINGS, D.H. & A.J. TREWAVAS (eds.): Plasticity in plants. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 5-29.
63. GRIME, J.P., J.G. HODGSON, R. HUNT, S.R. BAND, A.V. CURTIS, J.M. FLETCHER, E.M. MCGEE, M.A.G. MOWFORTH, A.M. NEAL, C.R.V. RATHEY, L.J. RODMAN, A.M.N. RUTTLE, J.M.L. SHACKLOCK & S. SHAW, 1988: Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species, Reprint 1996. Chapman & Hall, London.
64. GRUBB, P.J., 1977: The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regenerative niche. *Biol. Rev.* **52**, 107-145.
65. GUTTERMAN, Y., 1992: Maternal effect on seeds during development. Wallingford, UK Cab International.
66. HARKOT, W., & M. JANICKA, 2004: Biologia traw i roślin motylkowych. In: Łakarstwo. Wyd. Kurpisz, Poznań.
67. HARPER, J.L., 1977: Populations biology of plants. Academic Press, London.
68. HARPER, J.L., P.H. LOVELL & K.G. MOORE, 1970: The shapes and sizes of seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1**, 327-356.
69. HARRACH, T., 1987: Schriftliche Mitteilung, Gießen.
70. HARRIS, W., 1971: The effect of fertilizer and lime on the competitive interactions of *Rumex acetosella* L. with *Trifolium repens* L. and *Lolium* sp. *N.Z. J. Agric. Res.* **14**, 185-207.
71. HARTMANN, K. M., & W. NEZADAL, 1990: Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften* **77**, 158—163
72. HARTMANN, K. M., C. KROOß & A. MOLLWO, 1997: Phytochrome-mediated photocontrol of the germination of the scentless mayweed, *Matricaria inodora* L. and its sensitization by nitrate and temperature. *J. Photochem. Photobiol.* **B 40**, 240-252.
73. HEGARTY, H.W., 1978: The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and control of germination: a review. *Plant Cell Environment* **1**, 101-119.
74. HEB, D., 1991: Pflanzenphysiologie. 9. Aufl., Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
75. HILHORST, H.W.M., 1998: The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. *Seed Sci. Res.* **8**, 77-90.
76. HOFMANN, M., 1996: Ausgang und Etablierung von *Taraxacum officinale* Web. und *Plantago lanceolata* L. im Grasland. Diss. Gießen.
77. HOLMES, M.G. & H. SMITH, 1977: The function of phytochrome in plants growing in the natural environment. *Nature* **254**, 512-514.

78. HOVELAND, C.S., 1964: Germination and seedling vigor of clovers as affected by grass root extracts. *Crop Sci.* **4**, 211–213.
79. HUBER-SANNWALD, E., 2001: Konkurrenzverhältnisse und Konkurrenzverhalten von Pflanzen im Dauergrünland. 7. Alpenländisches Expertenforum, Irnding, 22-23.
80. INDERJIT & R. M., CALLAWAY, 2003: Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant Soil* **256**, 1–11.
81. ISSELSTEIN, J., & B. BISKUPEK, 1991: Untersuchungen zum Keimverhalten von ausgewählten Kräuterarten des Dauergrünlandes. *VDLUFA - Schriftenreihe* **33**, 95-100.
82. ITHO, M., H. KOBAYASHI & K. UEKI, 1997: Variation in seed germination and dormancy of *Poa annua* L. in golf course. *Grassl. Sci.* **42**, 299-306.
83. JAIN, S. 1982. Variation and adaptive role of seed dormancy in some annual grassland species. *Botanical Gazette* **143**, 101-106.
84. JENSEN-BACH, L., B. COURTOIS, L. SHEN, Z. LI, M. OLOFSDOTTER, & R.P. MAUTEON, 2001: Locating genes controlling allelopathic effects against barnyardgrass in upland rice. *Agron. J.* **93**, 21–26.
85. KARSEN, C.M., 1980/81: Environmental conditions and endogenous mechanisms involved in secondary dormancy of seeds. *Isr. J. Bot.* **29**, 45-64.
86. KASPERBAUER, M.J., P.G. HUNT & R.E. SOJKA, 1984: Photosynthate partitioning and nodule formation in soybean plants that received red or far-red light at the end of the photosynthetic period. *Physiol. Plant* **61**, 549-554.
87. KENDRICK, R.E. & G.H.M. KRONENBERG 1994: Photomorphogenesis in plants. 2nd ed. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 134-219.
88. KENDRICK, R.E. & J.W. CONE 1985: Biphasis Fluence Response Curves for Induction of Seed Germination. *Plant Physiol.*, **79**, 299-300.
89. KHAN, A.A. & C.M. KARSEN, 1980: Introduction of secondary dormancy in *Chenopodium bonus-henricus* L. seeds by osmotic and high temperature treatments and its prevention by light and growth regulators. *Plant Physiol.* **66**, 175-181.
90. KHAN, A.A., 1982: The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam.
91. KHAN, M.A., P.D. PUTWAIN & A.D. BRADSHAW, 1975: Populations interrelationship. 2. Frequency-dependent fitness in *Linum*. *Heredity* **34**, 145-163.
92. KIRA, T., H. OGAWA & N. SAKAZAKI, 1953: Intraspecific competition among higher plants. I. Competition - yield-density interrelationship in regularly dispersed populations. *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. Ser. D* **4**, 1-16.
93. KLAPP, E., 1965: Grünlandvegetation und Standort. Verl. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
94. KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. 4. Aufl., Verl. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
95. KLAPP, E. & W., OPITZ VON BOBERFELD, 1990: Taschenbuch der Gräser. 12 Aufl., Verl. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
96. KLAPP, E. & W., OPITZ VON BOBERFELD, 1995: Gräserbestimmungsschlüssel für die häufigsten Grünland- und Rasengräser. 4. Aufl., Verl. Blackwell Wissenschaft, Berlin, Wien.
97. KMOCH, H.G., 1952: Über den Umfang und einige Gesetzmäßigkeiten der Wurzelmassebildung unter Grasnarben. *J. Agron. Crop Sci.* **104**, 275-288.

98. KNAPP, R., 1970: Einführung in die Pflanzensoziologie. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
99. KNÖDLER, C, 2001: Keimungsverhalten verbreiteter *Festuco-Brometea*- und *Molinieta*-*lia*-Arten. Diss. Gießen.
100. KÖNIG F. & N. MOTT 1971: Anleitung zum Kennenlernen der Gräser auf dem Grünland. 6. Aufl., Verl. für Ackerbau, Hannover.
101. KOZŁOWSKI S., P. GOLIŃSKI & A. SWĘDRZYŃSKI, 1998: Trawy w barwnej fotografii i zwięzłym opisie ich specyficznych cech. Wyd. Parnas, Inowrocław.
102. LAMBERT, M.G., D.A. CLARK, D.A. GRANT & D.A. COSTALL, 1986: Influence of fertilizer and grazing management on North Island moist hill country. 4. Pasture species abundance. N.Z. J. Agric. Res. **29**, 23-31.
103. LAMPETER, W., 1959/60: Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen in bezug auf Spross- und Wurzelwachstum, Mineralstoffgehalt und Wasserverbrauch – untersucht an einigen wirtschaftlich wichtigen Futterpflanzen. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturw. Reihe **9**, 611-722.
104. LECK, M.A., V.T. PARKER & R.L. SIMPSON, 1989: Ecology of soil seed banks. Academic Press, San Diego, California.
105. LEHMAN, E. & F. AICHELE, 1931: Keimungsphysiologie der Gräser (*Gramineen*). Verl. Ferdinand Enke, Stuttgart.
106. MACARTHUR R.H. & E.O. WILSON, 1967: The theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton NJ.
107. MAHALL, B.E. & R.M. CALLAWAY, 1992: Root communication mechanisms and intra-community distributions of two Mojave Desert shrubs. *Ecology* **73**, 2145-2151.
108. MALIK, N. & W.H. VANDEN, 1987: Germination response of *Galium spurium* L. to light. *Weed Res.* **27**, 251-258.
109. MALINOWSKI, D.P., BELESKI, D.P., & J.M. FEDDERS, 1999: Endophyte infection may affect the competitive ability of tall fescue grown with red clover. *J. Agron. Crop Sci.* **183**, 91–101.
110. MARTIN, M.P.L.D. & R.J. FIELD, 1984: The nature of competition between perennial ryegrass and white clover. *Grass Forage Sci.* **39**, 247-253.
111. MAYER, A.M. & A. POLJAKOFF-MAYBER, 1982: The germination of seeds. 3rd ed., Pergamon Press, London.
112. McDONALD, A.W., J.P. BAKKER & K. VEGELIN, 1996: Seed bank classification and its importance for the restoration of species-rich flood-meadows. *J. Veg. Sci.*, **7**, 157-164.
113. MCINTYRE, S., S. LAVOREL & R.M. TREMONT, 1995: Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *J. Ecol.* **83**, 31-44.
114. MCWILLIAM, J.R., R.J. CLEMENTS & P.M. DOWLING, 1970: Same factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Aust. J. Agric. Res.* **21**, 19-32.
115. MERTZ, P., 2002: Pflanzenwelt Mitteleuropas und der Alpen. Verl. Nikol GmbH & Co. KG, Hamburg.
116. MICHEL, B.E. & M.R. KAUFMANN, 1973: The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. – *Plant Physiol.* **51**, 914-916.

117. MILBERG, P., L. ANDERSSON & A. NORONHA, 1996: Seed germination after shortduration light exposure: implications for the photo-control of weeds. *J. Appl. Ecol.* **33**, 1469-1478.
118. MILBERG, P., L. ANDERSSON & K. THOMPSON, 2000: Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Sci. Res.* **10**, 99-104.
119. MONTGOMERY, E.G., 1912: Competition in cereals. Bulletin No. **127**, Nerb. Agr. Exp. Sta. Lincoln, 1-22.
120. MÜLLER-SCHNEIDER, P. & M. LHOTSKA, 1971: Zur Terminologie der Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen. *Folia Geobot. Phytotax.* **6**, 407-417.
121. NÖSBERGER, J. & S. MOSER, 1988: Die Wiesenrispe – ein förderungswürdiges Gras der Naturwiesen. *Landw. Schweiz* **1**, 89-91.
122. NULTSCH, W., 1991: Allgemeine Botanik. 9 Aufl., Verl. Georg Thieme, Stuttgart, New York.
123. OBERDORFER, E., 1993: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. 3. Aufl., Verl. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
124. OLESZEK W., 1996. Allelopatia – rys historyczny, definicja, nazewnictwo. Teoretyczne i praktyczne aspekty allelopatii. Materiały Konferencyjne IUNG, Puławy, 5-15.
125. OOMES, M.J.M. & W.T. ELBERSEE, 1976: Germination of six grassland herbs in microsites with different water content. *J. Ecol.* **64**, 745-755.
126. OPITZ VON BOBERFELD, W., 1984: Zur Saatmenge bei maschineller Nachsaat unter variierenden Bedingungen. *J. Agron. & Crop Sci.* **153**, 307-314.
127. OPITZ VON BOBERFELD, W., 1987: Wechselgrünland. - In: G. VOIGTLÄNDER & H. JACOB, Grünlandwirtschaft und Futterbau. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 333-336.
128. OPITZ VON BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
129. OPITZ VON BOBERFELD, W. & P. BOEKER 1977: Einfluß differenzierter Grundwasserstände, Nutzungsart und Düngungsintensität auf die Pflanzengesellschaften auf die Pflanzengesellschaften des Dauergrünlandes, dargestellt am Grundwasserstandversuch, Boker Heide/Westfalen. *Z. Kulturtechn. U. Flurber.* **18**, 13-22.
130. OPITZ VON BOBERFELD, W. & B. BISKUPEK 1995: Zum Einfluß interspezifischer Konkurrenz in einer Kleeegrasmischung auf die Futterqualität. *J. Agron. Crop Sci.* **175**, 355-364.
131. OPITZ VON BOBERFELD, W., C. KNÖDLER & C. ZIRON, 2001: Keimungsstrategien von Arten verschiedener Grünland - Pflanzengesellschaften. *Z. Pflanzenbauwiss.* **5**, 87-95.
132. OPITZ VON BOBERFELD, W., E. BECKMANN & H. LASER 2005: Nitrogen transfer from *Vicia sativa* L. and *Trifolium resupinatum* L. to the companion grass and the following crop. *Plant Soil Environ.* **51**, 267-275.
133. PASSARGE, H., 1964: Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes I. 13. Aufl., Verl. VEB Gustav Fischer, Jena.
134. PEETERS, A. & F. JANSSEN, 1999: Diagnostic, restoration and use of speciesrich grassland in intensive production systems. *Landbauforsch. Völkenrode, Sonderh.* **206**, 19-40.
135. PFADENHAUER, J., 1993: Vegetationsökologie: ein Skriptum. Verl. IHW, Eching.

136. PONS, T.L., 1983: Significance of inhibition of seed germination under the leaf canopy in ash coppice. *Plant Cell & Environ.* **6**, 385-392.
137. PONS, T.L., 1991: Induction of dark dormancy in seeds: its importance for the seed bank in the soil. *Funct. Ecol.* **5**, 669-675.
138. POTT, R., 1995: *Die Pflanzengesellschaften Deutschland*. 2 Aufl., Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
139. REBERG, H.C., N. CREAMER, J. BURTON, N. RANELLS, & P. MURPHY, 2001: Breeding rye (*Secale cereale*) for increased allelopathy. *Hort. Sci.* **36**, 561.
140. RHODES, I., 1970: Competition between herbage grasses. *Herb. Abstr.* **40**, 115-121.
141. RIMANDO, A.M., M. OLOFSDOTTER, F.E. DAYAN, & S.O. DUKE, 2001: Searching for rice allelochemicals: An example of bioassay-guided isolation. *Agron. J.* **93**, 16-20.
142. ROBERTS, E.H., 1981: The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Ann. Appl. Biol.* **5**, 552-555.
143. ROBERTS, E.H., 1988: Temperature and seed germination. In: LONG, S.P. & F.I. WOODWARD (eds.): *Plants and Temperature*. Symp. Soc. Exp. Biol. **42**. Company of Biologists Ltd, Cambridge, 109-132.
144. ROLSTON, M. P., 1978: Water impermeable seed dormancy. *Botanical Review* **44**, 365-396.
145. ROSS, M.A. & J.L. HARPER, 1972: Occupation of biological space during seedling establishment. *J. Ecol.* **60**, 77-88.
146. ROTHMALER, W., 1988: *Exkursionsflora - Gefäßpflanzen*. 2, Verl. Volk u. Wissen Volkseigener Verl., Berlin.
147. ROTHMALER, W., 1996: *Exkursionsflora Deutschlands*. 2, Gefäßpflanzen: Grundband. 16. Aufl., Verl. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart. Hrsg. BÄBLER, M., E.J. JÄGER & K. WERNER
148. SALINGER, S., & R. BORNKAMM, 1982: Production of organic matter and interference of two grasses at different levels of water supply. *Agro-Ecosystems* **7**, 277-292.
149. SAMIMY, C., A.A. KHAN, 1983: Secondary dormancy, growth-regulator effects, and embryo growth potential in curly dock (*Rumex crispus*) seeds. *Weed Sci.* **31**, 153-158.
150. SANGAKKARA, U.R. & E. ROBERTS, 1985: Competition between grasses during establishment and early growth. I. Competition between seedlings grown in mixtures from seed. *J. Agron. Crop Sci.* **155**, 51-59.
151. SCHMEIL, O., 1988: *Flora von Deutschland*. 88. Aufl. Verl. Quelle und Meyer, Heidelberg.
152. SCHOPFER, P., 1989: *Experimentelle Pflanzenphysiologie, Einführung in die Anwendung*. Verl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
153. SCHULTE, G., 2001: Die Stickstoff- und Kohlenstoffallokation von Gräsern mit unterschiedlicher Wachstumsdynamik (*Lolium perenne* L. und *Festuca rubra* L.). Diss. Bonn.
154. SCOPEL A.L., C.L. BALLARÉ & R.A. SÁNCHEZ, 1991: Induction of extreme light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. *Plant, Cell & Environment* **14**, 501-508.

155. SHIBLES, R., 1976: Committee Report. Terminology pertaining to photosynthesis. *Crop Sci.* **16**, 437-439.
156. SHINOMURA, T., 1997: Phytochrome regulation of seed germination. *J. Plant Res.* **110**, 151-161.
157. SILVERTOWN, J., 1980: Leaf-canopy induced seed dormancy in a grassland flora. *New Phytol.* **85**, 109-118.
158. SMITH, H., 1982: Light quality, photoperception and strategy. *Ann. Rev. Plant Phys.* **33**, 481-518.
159. SMITH, H., 1986: The perception of light quality. - in: R.E. KENDRICKS & G.H.M. KRONENBERG: *Photomorphogenesis in plants.*, Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht, Boston, Lancaster, 187-216.
160. SMITH, H., 1995: Physiological and ecological function within the phytochrome family. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **46**, 289-315.
161. SPRINGER, W.C., 1987: Allelopathic effects on germination and seedling growth of clovers by endophyte-free and -infected tall fescue. *Crop Sci.* **36**, 1639-1642.
162. STANDIFER, L.C. & R. PORCHE-SORBET, 1984: Seasonal changes in the germination of buried annual bluegrass seeds. *Proc. South. Weed Sci. Soc.*, 37th annual meeting, 301.
163. STEPHENSON, R.J. & G.L. POSLER, 1988: The influence of tall fescue on the germination, seedling growth and yield of birds foot trefoil. *Grass Forage Sci.* **43**, 273- 278.
164. TAYLORSON, R.B. & H.A. BORTHWICK, 1969: Light filtration by foliar canopies: Significance for light-controlled weed seed germination. *Weed Sci.* **17**, 48-52.
165. THOMPSON, K., 1974: Effect of fluctuating temperatures on germination. *J. Exp. Bot.* **25**, 164-175.
166. THOMPSON, K., J.P. GRIME & G. MASON, 1977: Seed germination in response to diurnal fluctuation of temperature. *Nature* **267**, 147-149.
167. THOMPSON, K. & J.P. GRIME, 1979: Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.* **67**, 893-921.
168. THOMPSON, K. & J.P. GRIME & G.MASON, 1980: Seed germination in response to diurnal fluctuation of temperature. *Nature* **267**, 147-149.
169. THOMPSON, K. & J.P. GRIME, 1983: A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *J. Appl. Ecol.* **3**, 141-156.
170. THOMPSON, K., BAND, S.R. & J.G. HODGSON, 1993: Seed size and shape predict persistence in soil. *Funct. Ecol.* **7**, 236-241.
171. THUMM, U., 1989: Konkurrenzbeziehungen zwischen Jung- und Altpflanzen in Dauergrünlandbeständen. *Diss. Hohenheim.*
172. TOOLE, V.K., 1973: Effect of light, temperature and their interactions on the germination of seeds. *Seed Sci. Technol.* **1**, 339-396.
173. TOOLE, E.H., S.B. HENDRICKS, H.A. BORTHWICK & V.K. TOOLE, 1956: Physiology of seed germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **7**, 299-334.
174. TOTTERDEL, S. & E.H., ROBERTS, 1979: Effect of low temperatures on the loss of innate dormancy and the development of induced dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispus* L. *Plant cell Environment* **2**, 131-137.

175. URBANSKA, K.M., 1992: Populationsbiologie der Pflanzen. Verl. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena.
176. VEGIS, A., 1963: Climatic control of germination, bud break and dormancy. - In: EVANS, L.T. (ed.), Environmental control of plant growth, Academic Press, New York, 265-287.
177. VERKAAR, H.J. & A.J. SCHENKEVELD, 1984: On the ecology of shortlived forbs in chalk grassland: seedling development under low photon flux density conditions. *Flora* **175**, 135-141.
178. VINZENT, E.M. & E.H. ROBERTS, 1977: The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Sci. Technol.* **5**, 659-670.
179. WALTER, H., 1957: Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? *Umschau* **24**, 751-754.
180. WAREING, P.F., 1965: Endogenous inhibition in seed germination and dormancy.- In: ANONYMUS, Encyclopedia of Plant Physiology 15., Verl. Springer, New York.
181. WEAVER, S.E. & P.B. CAVERS, 1979: The effects of date of emergence and emergence order on seedling survival rates in *Rumex crispus* and *R. obtusifolius*. *Can. J. Bot.* **57**, 730-738.
182. WEHSARG, O., 1918: Die Verbreitung und Bekämpfung der Acker-Unkräuter in Deutschland. Arbeiten der DLG, Heft 294, Verl. DLG, Berlin.
183. WESTON L.A. & S.O. DUKE, 2003: Weed and crop allelopathy. *Crit. Rev. Plant Sci.* **22**, 367-389.
184. WILDA, C.F., 1992: Die Entwicklung von Jungpflanzen von Italienisch-Raigras (*Lolium multiflorum* Lam.) in intensiv bewirtschafteten Grasbeständen. Diss. ETH Zürich.
185. WILLIAMS, E.D., 1983: Effect of Temperature, light nitrate and prechilling on seed germination of grassland plants. *Ann. Appl. Biol.* **103**, 161-172.
186. WILLIAMSON, G.B., 1990: Allelopathy, Koch's Postulates, and the Neck Riddle. In: J. B. GRACE & D. TILMAN (eds.): Perspectives on plant competition. Academic Press, San Diego, California, 143-162.
187. WILMANN, O., 1993: Ökologische Pflanzensoziologie. 5 Aufl., Verl. Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
188. WIT, C.T. DE, 1960: On Competition. *Versl. Landbouwk. Onderzoek. Wageningen*, No. **66.8**, 1-82.
189. WÓJCIK-WÓJTKOWIAK, D., B., POLITYCKA & W. WEYMAN-KACZMARKOWA, 1998: Allelopatia. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań.
190. WU H., J. PRATLEY, D. LEMERLE & T. HAIG 1999: Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Res.* **39**, 171-180.
191. YODA, L., T. KIRA, H. OGAWA & K. HOZUMI, 1963: Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *J. Biol. Osaka City Univ.* **14**, 107-129.
192. ZIRON, C., 2000: Zum Keimverhalten ausgewählter *Plantaginetea majoris*- und *Molinio-Arrhenatheretea*-Arten. Diss. Gießen.

10. Anhang

	Anhangtabelle
Bodenprofilbeschreibung (HARRACH 1987).....	1
Bodenchemische Kennwerte zu Versuchsbeginn	2
Verwendete Sorten und deren Eigenschaften (ANONYMUS 2003a)	3
Untersuchte Arten, TKM, Sammeldatum, Ort	4
Datenerhebung, Erntetermine und Saatzeit der Jahre 2003-2005	5
Globalstrahlung ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) im Mai/September 2005	6
Strahlung ($\mu\text{mol m}^{-2}$) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Festuca rubra</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	7
Strahlung ($\mu\text{mol m}^{-2}$) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Lolium perenne</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	8
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Festuca rubra</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	9
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Lolium perenne</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	10
Relative Luftfeuchtigkeit (%) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Festuca rubra</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	11
Relative Luftfeuchtigkeit (%) in unterschiedlich häufig genutzten <i>Lolium perenne</i> -Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche).....	12
Varianztabelle der TS-Erträge unterschiedlicher Beobachtungsjahre, Hauptversuch	13
Erträge un dt TS ha ⁻¹ , Hauptversuch	14
Varianztabelle der TS-Erträge unterschiedlicher Beobachtungsjahre, Zusatzversuch.....	15
Erträge un dt TS ha ⁻¹ , Zusatzversuch	16
Varianztabelle für die Keimungsraten der transformierten Werte (= Arcussinus-Wurzel-Transformation) - Laborversuch, 2003	17
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Bromus erectus</i> - Laborversuch, 2003.....	18
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Bromus hordeaceus</i> - Laborversuch, 2003.....	19
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Galium mollugo</i> - Laborversuch, 2003.....	20
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Galium verum</i>	

- Laborversuch, 2003.....	21
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Plantago major</i>	
- Laborversuch, 2003.....	22
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Plantago media</i>	
- Laborversuch, 2003.....	23
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Poa annua</i>	
- Laborversuch, 2003.....	24
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Poa trivialis</i>	
- Laborversuch, 2003.....	25
Varianztabelle für die Keimungsraten der transformierten Werte (= Arcussinus-Wurzel-Transformation) - Laborversuch, 2004	26
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Bromus erectus</i>	
- Laborversuch, 2004.....	27
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Bromus hordeaceus</i>	
- Laborversuch, 2004.....	28
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Galium mollugo</i>	
- Laborversuch, 2004.....	29
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Galium verum</i>	
- Laborversuch, 2004.....	30
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Plantago major</i>	
- Laborversuch, 2004.....	31
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Plantago media</i>	
- Laborversuch, 2004.....	32
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Poa annua</i>	
- Laborversuch, 2004.....	33
Nicht transformierte und transformierte Keimraten für <i>Poa trivialis</i>	
- Laborversuch, 2004.....	34
Übersicht über die wichtigsten Varianzursachen für die Keimungsraten	
- Laborversuch.....	35
Übersicht über die wichtigsten Varianzursachen für die Etablierung und Persistenz - Hauptversuch und Zusatzversuch	36
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von <i>Bromus spec.</i> bei voller Konkurrenz	
- Hauptversuch	37
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Bromus spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch.....	38
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von <i>Bromus spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	39
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Bromus spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	40
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von <i>Galium spec.</i> bei voller Konkurrenz	
- Hauptversuch	41

Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Galium spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch.....	42
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcusinus-Wurzel-Transformation) von <i>Galium spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	43
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Galium spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	44
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcusinus-Wurzel-Transformation von <i>Plantago spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch	45
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Plantago spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch.....	46
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcusinus-Wurzel-Transformation) von <i>Plantago spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	47
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Plantago spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	48
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Wurzel-Transformation, März 2005: Arcusinus-Wurzel-Transformation) von <i>Poa spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch.....	49
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Poa spec.</i> bei voller Konkurrenz - Hauptversuch.....	50
Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcusinus-Wurzel-Transformation) von <i>Poa spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	51
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Poa spec.</i> bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch	52
Varianztabelle der transformierten Werten der <i>Bromus-Arten</i> unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch.....	53
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Bromus erectus</i> und <i>Bromus hordeaceus</i> in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch	54
Varianztabelle der transformierten Werten der <i>Galium-Arten</i> unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch.....	55
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Galium mollugo</i> und <i>Galium verum</i> in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch.....	56
Varianztabelle der transformierten Werten der <i>Plantago-Arten</i> unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch	57
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Plantago major</i> und <i>Plantago media</i> in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch	58
Varianztabelle der Wurzel-transformierten Werten der <i>Poa-Arten</i> unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch	59
Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von <i>Poa annua</i> und <i>Poa trivialis</i> in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch	60

Anhangabbildung

Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) unter Schneedecke in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im Dezember 2003 (= 50. Woche).....	1
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) unter Schneedecke in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im Dezember (= 50. Woche).....	2
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im März 2004 (= 9. Woche).....	3
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im März 2004 (= 9. Woche).....	4
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) bei hoher Lichtemission in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im September 2004 (= 37. Woche).....	5
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) bei hoher Lichtemission in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im September 2004 (= 37. Woche).....	6
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) bei niedriger Lichtemission in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im September 2004 (= 38. Woche).....	7
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) bei niedriger Lichtemission in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im September 2004 (= 38. Woche).....	8
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im Mai 2005 (= 15. Woche).....	9
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im Mai 2005 (= 19. Woche).....	10
Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in der Narbe von <i>Festuca rubra</i> im Mai 2005 (= 19. Woche).....	11
Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im Mai 2005 (= 19. Woche).....	12
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Festuca rubra</i> im September 2005 (= 39. Woche).....	13
Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im September 2005 (= 39. Woche).....	14
Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in der Narbe von <i>Festuca rubra</i> im September 2005 (= 39. Woche).....	15
Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in den Narben von <i>Lolium perenne</i> im September 2005 (= 39. Woche).....	16
Keimungsverlauf von <i>Bromus erectus</i>	17
Keimungsverlauf von <i>Bromus hordeaceus</i>	18
Keimungsverlauf von <i>Galium mollugo</i>	19
Keimungsverlauf von <i>Galium verum</i>	20
Keimungsverlauf von <i>Plantago major</i>	21
Keimungsverlauf von <i>Plantago media</i>	22
Keimungsverlauf von <i>Poa annua</i>	23
Keimungsverlauf von <i>Poa trivialis</i>	24

Anhangtab. 1: Bodenprofilbeschreibung (Harrach 1987)

Ap	0-25 cm	mittel humoser, sandig schluffiger Lehm, schwach kiesig (h 3 suL, g 2; Krümel- bis Subpolyedergefüge)
II Sew	-33 cm	sandiger Lehm, stark kiesig (sL, g 4); Nassbleichung und viele Mn-Konkretionen; Prismen-Subpolyedergefüge
II S _d	-73 cm	lehmyger Sand bis schluffiger Lehm, mittel kiesig (IS-uL, g 3), sehr inhomogener Horizont mit Geröll, Rostflecken, Fe- und Mn-Konkretionen; teils Kohärentgefüge, teils Prismen- bis Polyedergefüge mit hoher bis sehr hoher Packungsdichte
III f B _j S _d	-110 cm	rosaroter Ton (T) mit Prismengefüge, die Aggregatoberflächen nassgebleicht und teils mit Carbonatausscheidungen belegt; sehr hohe Packungsdichte

Anhangtab. 2: Bodenchemische Kennwerte zu Versuchsbeginn

pH	6,2	in 0,01 M CaCl ₂
P ₂ O ₅	21	mg 100 g Boden ⁻¹
K ₂ O	16	mg 100 g Boden ⁻¹

Anhangtab. 3: Verwendete Sorten und deren Eigenschaften (Anonymus 2003a)

Sorten Merkmal	<i>Lolium perenne</i>		<i>Festuca rubra rubra</i>	
	ARABELLA	WEIGRA	ROLAND 21	TAGERA
Blüte nach dem 1. April (Tage)	57	54	33	32
Ährenschieben	mittel bis spät	mittel	mittel bis spät	mittel
Wuchstyp	halbaufrecht	halbaufrecht bis mittel	halbaufrecht	halbaufrecht bis mittel
Narbendichte	mittel	mittel	mittel	mittel bis dicht

Anhangtab. 4: Untersuchte Arten, TKM, Sammeldatum, Ort

Art	TKM (g)		Sammeldatum		Ort	Samen (g ⁻¹)	
	2003	2004	2003	2004		2003	2004
1. <i>Bromus erectus</i> ¹	3,70	5,54	26.06.	30.06.	Hofaschenbach ³ Eichelsdorf ⁴	270,3	180,4
2. <i>Bromus hordeaceus</i> ¹	4,00	4,28	14.06.	17.06.	Versuchstation Linden ³	250,0	233,6
3. <i>Galium mollugo</i> ²	0,80	0,85	14.07.	16.08.	Versuchstation Linden ³	1250,0	1182,0
4. <i>Galium verum</i> ²	0,60	0,64	08.08.	23.08.	Versuchstation Linden ³	1666,7	1562,5
5. <i>Plantago major</i> ²	0,30	0,24	04.08.	16.08.	Versuchstation Linden ³	3333,3	4098,4
6. <i>Plantago media</i> ²	0,40	0,34	10.07.	03.08.	Bibertal und Frankenbach ³	2500,0	2932,6
7. <i>Poa annua</i> ¹	0,30	0,32	27.06.	30.06.	Linden- Leighestern ³	3333,3	3105,6
8. <i>Poa trivialis</i> ¹	0,20	0,19	20.06.	20.06.	Versuchstation Linden ³	5000,0	5208,3

¹ – Erster Saattermin, ² – Zweiter Saattermin, ³ – In den Jahren 2003 und 2004, ⁴ – Im Jahr 2004.

Anhangtab. 5: Datenerhebung, Erntetermin und Saatzeit der Jahre 2003-2005

Jahr	Datenerhebung:	Ernte:	Ansaat:
2003		11.05.2003	
		26.06.2003	1-2.07.2003 ^{1A}
		07.08.2003	
		02.10.2003	30.09-02.10.2003 ^{1B}
	13.11.2003		
2004	08.03.2004		
		13.05.2004	
	16.07.2004	21.06.2004	05-07.07.2004 ^{2A}
		03.08.2004	
		27.09.2004	28.09.2004 ^{2B}
	03.11.2004		
2005	20.04.2005	18.05.2005	
	25.07.2005	20.06.2005	
		08.08.2005	
		07.10.2005	
	01.11.2005		

¹ - Hauptversuch (= 2003), ² - Zusatzversuch (= 2004), Gräser^A und Kräuter^B

Anhangtab. 6: Globalstrahlung ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Mai/September 2005

		Globalstrahlung ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
		Max.	Mittel.
Mai	1 Tag	1030,0	243,7
	2 Tag	820,0	209,9
	3 Tag	950,0	327,4
	X =	933,3	260,3
September	1 Tag	605,0	164,9
	2 Tag	660,0	149,9
	3 Tag	580,0	125,1
	X =	615,0	146,6

Anhangtab. 7: Strahlung ($\mu\text{mol m}^{-2}$) in unterschiedlich häufig genutzten *Festuca rubra*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		Strahlung					
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)			hohe Nutzungsfrequenz (4x)		
		Max. [h^{-1}]	Mittel. [d^{-1}]	Summe [d^{-1}]	Max. [h^{-1}]	Mittel. [d^{-1}]	Summe [d^{-1}]
Mai	1 Tag	265,1	38,6	704,2	111,0	23,3	424,8
	2 Tag	22,4	6,5	117,3	19,2	4,9	88,7
	3 Tag	97,6	18,3	334,6	53,9	14,2	258,3
	X	128,4	21,1	385,4	61,4	14,1	257,3
September	1 Tag	278,4	28,4	517,5	246,2	56,2	1025,6
	2 Tag	110,1	19,4	354,4	227,5	58,1	1060,0
	3 Tag	104,8	15,6	284,4	180,4	56,2	1026,2
	X	164,4	21,1	385,4	218,0	56,8	1037,3
	X _{gesamt}	146,4	21,1	385,4	139,7	35,5	647,3

Anhangtab. 8: Strahlung ($\mu\text{mol m}^{-2}$) in unterschiedlich häufig genutzten *Lolium perenne*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		Strahlung					
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)			hohe Nutzungsfrequenz (4x)		
		Max. [h^{-1}]	Mittel. [d^{-1}]	Summe [d^{-1}]	Max. [h^{-1}]	Mittel. [d^{-1}]	Summe [d^{-1}]
Mai	1 Tag	155,1	21,5	391,7	155,9	24,1	440,2
	2 Tag	15,3	4,0	73,5	16,9	2,9	53,2
	3 Tag	62,8	12,5	227,7	61,3	15,7	287,1
	X	77,7	12,7	231,0	78,0	14,3	260,2
September	1 Tag	351,4	78,6	1433,6	238,3	37,6	686,5
	2 Tag	284,1	74,7	1363,6	240,2	41,1	749,6
	3 Tag	240,6	66,6	1216,2	192,6	33,7	615,0
	X	292,0	73,3	1337,8	223,7	37,5	683,7
	X _{gesamt}	184,9	43,0	784,4	150,9	25,9	472,0

Anhangtab. 9: Temperatur (°C) in unterschiedlich häufig genutzten *Festuca rubra*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		Temperatur							
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)				hohe Nutzungsfrequenz (4x)			
		Max.	Min.	Mittel.	Amplit.	Max.	Min.	Mittel.	Amplit.
Mai	1 Tag	34,7	2,0	17,0	32,7	31,6	0,4	14,1	31,2
	2 Tag	29,1	-0,1	15,1	29,1	28,1	-1,4	12,8	29,5
	3 Tag	39,6	-0,3	18,7	39,8	36,7	-1,3	17,4	38,1
	X	34,5	0,6	16,9	33,9	32,1	-0,8	14,8	32,9
September	1 Tag	28,3	0,2	14,5	28,1	41,1	0,0	19,8	41,1
	2 Tag	28,7	2,1	14,8	26,5	39,9	2,3	19,5	37,6
	3 Tag	28,8	3,8	16,0	24,9	41,8	3,9	20,6	37,9
	X	28,6	2,1	15,1	26,5	40,9	2,1	20,0	38,9
	X _{gesamt}	31,6	1,4	16	30,2	36,5	0,7	17,4	35,9

Anhangtab. 10: Temperatur (°C) in unterschiedlich häufig genutzten *Lolium perenne*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		Temperatur							
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)				hohe Nutzungsfrequenz (4x)			
		Max.	Min.	Mittel.	Amplit.	Max.	Min.	Mittel.	Amplit.
Mai	1 Tag	26,0	2,4	12,6	23,6	21,8	2,6	11,3	19,2
	2 Tag	22,9	1,4	11,5	21,5	18,9	1,4	10,4	17,5
	3 Tag	31,7	0,4	15,5	31,3	25,4	0,7	13,2	24,8
	X	26,9	1,4	13,2	25,5	22,0	1,5	11,7	20,5
September	1 Tag	38,7	0,9	18,1	37,8	41,1	1,6	19,3	39,4
	2 Tag	39,1	2,8	18,1	36,3	40,6	3,6	19,2	37,0
	3 Tag	38,3	4,3	18,6	34,0	40,4	4,8	19,7	35,6
	X	38,7	2,7	18,3	36,0	40,7	3,3	19,4	37,4
	X _{gesamt}	32,8	2,1	15,8	30,8	31,4	2,4	15,6	29,0

Anhangtab. 11: Relative Luftfeuchtigkeit (%) in unterschiedlich häufig genutzten *Festuca rubra*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		relative Feuchtigkeit							
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)				hohe Nutzungsfrequenz (4x)			
		Max.	Min.	Mittel.	Amplit.	Max.	Min.	Mittel.	Amplit.
Mai	1 Tag	99,6	50,9	80,6	48,7	96,6	53,0	80,1	43,6
	2 Tag	99,5	49,1	80,5	50,5	96,0	49,0	79,5	47,0
	3 Tag	97,3	29,7	66,0	67,6	95,7	34,8	69,9	60,9
	X	98,8	43,2	75,7	55,6	96,1	45,6	76,5	50,5
September	1 Tag	95,4	49,3	76,5	46,2	94,3	30,8	66,8	63,5
	2 Tag	97,0	53,6	79,8	43,4	95,4	33,9	70,0	61,5
	3 Tag	98,2	58,1	83,5	40,1	97,0	34,0	73,1	63,0
	X	96,9	53,6	79,9	43,2	95,6	32,9	69,9	62,7
	X _{gesamt}	97,9	48,4	77,8	49,4	95,9	39,3	73,2	56,6

Anhangtab. 12: Relative Luftfeuchtigkeit (%) in unterschiedlich häufig genutzten *Lolium perenne*-Beständen, gemessen im Mai (= 19. Woche) und September 2005 (= 37. Woche)

		relative Feuchtigkeit							
		niedrige Nutzungsfrequenz (2x)				hohe Nutzungsfrequenz (4x)			
		Max.	Min.	Mittel.	Amplit.	Max.	Min.	Mittel.	Amplit.
Mai	1 Tag	98,6	63,6	87,0	35,0	96,7	73,8	89,5	22,9
	2 Tag	97,5	63,4	85,9	34,1	96,0	78,5	89,4	17,5
	3 Tag	97,1	52,3	79,4	44,8	95,3	62,1	82,9	33,1
	X	97,7	59,8	84,1	37,9	96,0	71,5	87,3	24,5
September	1 Tag	93,8	28,7	68,1	65,1	96,3	30,5	70,1	65,8
	2 Tag	93,8	31,7	70,6	62,2	97,1	33,1	72,9	64,0
	3 Tag	95,5	33,5	74,2	62,0	98,5	39,3	77,0	59,2
	X	94,4	31,3	71,0	63,1	97,3	34,3	73,3	63,0
	X _{gesamt}	96,1	45,6	77,6	50,5	96,7	52,9	80,3	43,8

Anhangtab. 13: Varianztabelle der TS-Erträge unterschiedlicher Beobachtungsjahre, Hauptversuch

Varianzursache \ Jahr	FG	2003	2004	2005
		MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
Bl (= Block)	2	133,507	1212,153 **	1378,794 **
S (= Säule)	2	80,507	260,926 *	162,075
NF (= Nutzung.)	1	23551,357 **	16189,605 **	5494,807 **
Be (= Bestand)	1	18972,147 **	23050,489 **	10026,566 **
A (= Art)	8	47,931	68,517	1012,155 **
A × Be	8	38,591	39,809	62,908
A × NF	8	76,027	83,914	45,229
Be × NF	1	800,279 **	3861,884 **	1323,490 **
A × Be × NF	8	20,825	53,621	27,453
Fehler	68	47,978	67,797	86,624
Total	108			

Anhangtab. 14: Erträge in dt TS ha⁻¹, Hauptversuch

	2003			2004			2005			
	<i>Festuca rubra</i>	<i>Lolium perenne</i>	X	<i>Festuca rubra</i>	<i>Lolium perenne</i>	X	<i>Festuca rubra</i>	<i>Lolium perenne</i>	X	
2x	95,3	63,4	79,4	97,3	56,1	76,7	94,0	67,7	80,8	79,0
4x	60,4	39,3	49,9	60,8	43,6	52,2	72,7	60,5	66,6	56,2
X=	77,8	51,3	64,6	79,1	49,8	64,5	83,4	64,1	73,7	67,6
GD_{5%}Be./Nu.	3,76			4,47			5,05			
GD_{5%}Be.	2,66			3,16			3,57			
GD_{5%}Nutz.	2,66			3,16			3,57			

Anhangtab. 15: Varianztabelle der TS-Erträge unterschiedlicher Beobachtungsjahre, Zusatzversuch

Varianzursache \ Jahr	FG	2004	2005
		MQ/F - Test	MQ/F - Test
BI (= Block)	2	107,635	60,232
S (= Säule)	2	248,757**	109,112
NF (= Nutzung.)	1	65,450	3261,846**
A (= Art)	8	21,713	28,691
A × NF	8	45,064	25,594
Fehler	32	33,142	43,813
Total	54		

Anhangtab. 16: Erträge in dt TS ha⁻¹, Zusatzversuch

	2004	2005	X
	<i>Lolium perenne</i>	<i>Lolium perenne</i>	
2x	41,8	51,7	46,8
4x	44,0	36,1	40,1
X	42,9	43,9	43,4
GD5%_{Nutz.}	3,19	3,67	

Anhangtab. 18: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Bromus erectus*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS*</i>	46,8	55,0	46,3	58,3	43,3	66,8	58,8	56,3	76,8
<i>t***</i>	43,1	47,9	42,6	49,8	41,1	55,0	50,1	48,6	61,3
<i>oS**</i>	40,0	55,0	35,0	45,0	35,0	67,5	43,3	63,8	78,3
<i>t***</i>	39,2	47,9	36,1	42,1	36,3	55,4	41,1	53,5	62,2

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 7,61***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 19: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Bromus hordeaceus*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS*</i>	100,0	97,5	100,0	96,3	98,7	96,2	97,5	97,5	97,5
<i>t***</i>	89,4	83,2	89,4	80,2	86,3	81,8	83,2	83,2	83,2
<i>oS**</i>	93,8	96,3	97,5	95,0	95,0	97,5	100,0	97,5	97,5
<i>t***</i>	75,7	80,2	83,2	80,5	77,1	83,2	89,4	83,2	84,9

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 9,10***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 20: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Galium mollugo*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS*</i>	95,0	85,0	70,0	78,8	75,0	50,0	91,3	87,5	87,8
<i>t***</i>	78,8	68,2	57,0	62,7	60,2	45,0	74,9	72,0	69,6
<i>oS**</i>	87,8	75,0	47,8	80,0	48,3	60,0	88,8	81,3	87,8
<i>t***</i>	72,2	60,5	43,7	63,7	44,0	50,8	71,2	64,7	69,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 9,34***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 21: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Galium verum*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS*</i>	13,3	21,8	10,0	20,0	18,3	7,5	36,3	10,0	8,8
<i>t***</i>	21,3	27,6	16,2	26,6	24,9	13,7	37,0	16,2	15,1
<i>oS**</i>	5,0	25,0	13,3	16,8	13,8	6,3	46,8	13,3	1,3
<i>t***</i>	12,9	29,9	21,1	23,9	21,1	14,3	43,1	21,1	3,7

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 8,84***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 22: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Plantago major*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	83,3	65,0	45,0	2,5	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
<i>t</i> ***	68,8	57,5	42,1	6,8	0,6	3,7	0,6	0,6	0,6
<i>oS</i> **	100,0	98,7	75,0	33,3	7,5	2,5	0,0	0,0	0,0
<i>t</i> ***	89,4	86,3	63,5	35,2	15,7	6,8	0,6	0,6	0,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 11,94***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 23: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Plantago media*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	16,8	17,8	15,0	2,5	13,3	6,3	1,7	13,8	1,7
<i>t</i> ***	24,0	24,9	22,8	6,8	21,3	14,3	5,4	21,1	5,4
<i>oS</i> **	30,0	51,8	31,8	2,5	23,3	11,3	1,3	5,0	3,8
<i>t</i> ***	32,8	46,0	33,5	5,1	28,8	19,1	3,7	9,5	8,2

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 9,23***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 24: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Poa annua*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	88,8	80,0	91,8	88,3	61,8	38,3	81,3	73,8	68,8
<i>t</i> ***	70,9	64,3	75,4	70,5	51,8	38,2	64,6	59,3	56,2
<i>oS</i> **	100,0	95,0	76,3	95,0	91,3	68,3	78,8	71,3	83,3
<i>t</i> ***	89,4	77,1	61,1	78,8	74,9	55,8	62,7	57,8	66,1

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 8,13***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 25: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Poa trivialis*
- Laborversuch, 2003

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	38,3	38,8	25,0	81,8	53,3	35,0	86,8	73,3	63,3
<i>t</i> ***	38,2	38,5	29,9	65,0	46,9	36,3	69,2	59,2	52,8
<i>oS</i> **	36,8	28,3	35,0	66,3	71,3	62,8	75,0	75,0	90,0
<i>t</i> ***	37,3	32,0	36,3	54,5	57,7	52,5	60,1	60,1	74,3

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 7,09***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 27: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Bromus erectus*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	86,3	88,8	98,8	16,3	20,0	96,3	87,5	77,5	92,5
<i>t</i> ***	68,2	70,4	83,6	23,8	26,6	78,8	69,3	61,7	74,1
<i>oS</i> **	81,3	90,0	95,0	92,5	88,8	82,5	82,5	75,0	81,3
<i>t</i> ***	64,3	71,6	77,1	74,1	70,4	65,3	65,3	60,0	64,3

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 12,02***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 28: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Bromus hordeaceus*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	98,8	100,0	98,8	100,0	100,0	97,5	100,0	100,0	97,5
<i>t</i> ***	83,6	89,4	83,6	89,4	89,4	80,9	89,4	89,4	80,9
<i>oS</i> **	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8
<i>t</i> ***	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	83,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 5,20***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 29: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Galium mollugo*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	96,3	92,5	57,5	92,5	66,3	86,3	80,0	72,5	66,3
<i>t</i> ***	78,8	74,1	49,3	74,1	54,5	68,2	63,4	58,4	54,5
<i>oS</i> **	73,8	90,0	76,3	83,8	85,0	75,0	28,8	48,8	31,3
<i>t</i> ***	59,2	71,6	60,8	66,2	67,2	60,0	32,4	44,3	34,0

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 11,97***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 30: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Galium verum*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	65,0	57,9	51,3	68,8	70,0	22,5	73,8	55,8	62,5
<i>t</i> ***	53,7	44,3	45,7	56,0	56,8	28,3	59,2	42,9	52,2
<i>oS</i> **	88,8	80,0	81,3	86,3	80,0	75,0	21,3	25,0	13,8
<i>t</i> ***	70,4	63,4	64,3	68,2	63,4	60,0	27,5	30,0	21,8

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 12,85***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 31: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Plantago major*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	60,0	8,8	11,3	21,3	6,3	2,5	10,0	30,0	0,0
<i>t</i> ***	50,8	17,2	19,6	27,5	14,5	9,1	18,4	33,2	0,6
<i>oS</i> **	80,0	96,3	98,8	98,8	96,3	67,5	1,3	1,3	0,0
<i>t</i> ***	63,4	78,8	83,6	83,6	78,8	55,2	6,4	6,4	0,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 12,95***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 32: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Plantago media*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	20,0	62,5	57,5	2,5	10,0	27,5	8,8	0,0	0,0
<i>t</i> ***	26,6	52,2	46,4	9,1	18,4	31,6	17,2	0,6	0,6
<i>oS</i> **	73,8	93,8	93,8	18,8	57,5	22,5	0,0	1,3	0,0
<i>t</i> ***	59,2	75,5	75,5	25,7	49,3	28,3	0,6	6,4	0,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 10,54***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 33: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Poa annua*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	93,8	92,5	91,3	92,5	92,5	100,0	80,0	55,0	40,0
<i>t</i> ***	75,5	74,1	72,8	74,1	74,1	89,4	63,4	47,9	39,2
<i>oS</i> **	95,0	96,3	83,8	95,0	88,8	78,8	16,3	6,3	1,3
<i>t</i> ***	77,1	78,8	66,2	77,1	70,4	62,6	23,8	14,5	6,4

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 12,93***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 34: Nicht transformierte und transformierte Keimraten für *Poa trivialis*
- Laborversuch, 2004

	Licht			Filter			Dunkel		
	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2	KNO ₃	H ₂ O	PEG2
<i>mS</i> *	86,3	88,8	86,3	92,5	86,3	56,3	12,5	2,5	7,5
<i>t</i> ***	68,2	70,4	68,2	74,1	68,2	48,6	20,7	9,1	15,9
<i>oS</i> **	83,8	88,8	88,8	96,3	80,0	68,8	5,0	0,0	0,0
<i>t</i> ***	66,2	70,4	70,4	78,8	63,4	56,0	12,9	0,6	0,6

GD_{5%} Licht/Medium/Stratifikation = 11,97***

* = mit Stratifikation ** = ohne Stratifikation *** = transformierte Werte

Anhangtab. 35: Übersicht über die wichtigsten Varianzursachen für die Keimungsraten - Laborversuch

Art		<i>Bromus erectus</i>		<i>Bromus hordeaceus</i>		<i>Galium mollugo</i>		<i>Galium verum</i>		<i>Plantago major</i>		<i>Plantago media</i>		<i>Poa annua</i>		<i>Poa trivialis</i>	
Faktor	Jahr	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
L (= Licht)		X	Y			X		X		Y		X		X		X	X
M (= Medium)					X	Y		X							X		Y
S (= Stratifik.)							Y			Y	X	Y			Y		
L x M		Y						Y									
L x S			X						X				Y				
M x S																Y	

X – größte Varianzursache, Y – zweitgrößte Varianzursache

Anhangtab. 36: Übersicht über die wichtigsten Varianzursachen für die Etablierung und Persistenz - Hauptversuch und Zusatzversuch

Jahr Art	2003		2004						2005					
	November		März		Juli		November		April		Juli		November	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Bromus spec.¹	A	Na	A	Na	Na	NF	A	Na	A	Na	A	Na	A	A x NF
Bromus spec.²	-	-	-	-	-	-	A x NF	A	A	A x NF	A	A x NF	A x NF	A
Galium spec.¹	-	-	A	A x Na	Na x NF	A	A x Na	A	A	A x Na	A x Na	NF	A	A x Na
Galium spec.²	-	-	-	-	-	-	-	-	A	NF	A	NF	A	NF
Plantago spec.¹			Na	A	A	Na	A	Na	A	Na x NF	A	NF	A	NF
Plantago spec.²	-	-	-	-	-	-	-	-	A x NF	NF	A	NF	A	A x NF
Poa spec.¹	Na x NF	Na	A	Na x NF	A	A x Na	A	A x Na	A	A x Na	Art	A x Na	Na	A x Na
Poa spec.²	-	-	-	-	-	-	A x NF	A	A	NF	A	A x NF	A x NF	A

X – größte Varianzursache, Y – zweitgrößte Varianzursache, A – Art, Na – Narbe, NF – Nutzungsfrequenz

Anhangtab. 37: Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von *Bromus spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

Jahr Monat		Bromus - Arten											
		2003			2004			2005					
		November	März	Juli	November	April	Juli	November	April	Juli	November		
Konkurrenz	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	
Varianzursache													
B (= Block)	2	19,672	12,976	38,101	88,001	191,906	9,527	1,518					
S (= Säule)	2	8,035	36,902	9,937	32,404	9,027	6,261	147,095					
NF (= Nutzungsfreq.)	1	68,496	80,884	194,220**	646,155**	92,794	234,904**	675,435**					
Na (= Narbe)	1	223,945**	395,689**	285,359**	895,848**	412,573	82,963**	285,810*					
A (= Art)	1	1686,229**	2081,223**	113,504*	978,310**	1078,200**	122,006**	859,790**					
A x Na	1	1,312	43,436	0,811	200,855	243,012	0,095	0,311					
A x NF	1	23,509	22,795	156,389**	546,547**	41,045	294,164**	1086,662**					
Na x NF	1	10,532	24,558	93,632	190,013	106,718	19,578	1,298					
A x Na x NF	1	1,616	5,564	112,841	43,551	659,401	1,483	2,714					
Fehler	12	20,144	13,824	16,319	32,222	110,890	7,160	62,527					
Total	24												

Anhangtab. 38: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Bromus spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

	2003			2004			2005								
	November	März	Juli	November	März	Juli	April	Juli	November						
	<i>Bromus erectus hordea.</i>														
Untransformierte Werte	N2	9,1	6,1	26,8	4,6	7,1	6,6	24,7	3,4	45,9	2,2	56,9	9,8	47,6	20,5
	N4	9,6	5,5	23,0	5,3	9,6	8,5	9,0	6,7	14,0	6,3	2,1	13,9	11,2	11,0
	$\bar{X}_{Fr.}$	9,3	5,8	24,9	4,9	8,3	7,5	16,8	5,1	30,0	4,3	29,5	11,9	29,4	15,7
	N2	19,1	12,8	49,8	10,8	6,4	17,4	68,8	26,9	100,0	15,5	100,0	18,8	58,7	39,5
	N4	14,7	10,0	35,2	11,3	31,4	12,3	20,2	15,8	38,9	13,3	5,2	21,2	20,2	20,5
	$\bar{X}_{Lp.}$	16,9	11,4	42,5	11,0	18,9	14,8	44,5	21,4	69,5	14,4	52,6	20,0	39,5	30,0
	\bar{X}	13,1	8,6	33,7	8,0	13,6	11,2	30,7	13,2	49,7	9,3	41,1	15,9	34,4	22,9
	N2	17,29	14,18	31,10	12,21	15,43	14,75	28,57	9,90	42,77	8,34	52,76	17,73	43,60	24,69
	N4	17,73	13,52	28,46	13,18	17,93	16,85	17,00	14,85	21,52	14,53	8,14	21,71	19,33	18,37
	$\bar{X}_{Fr.}$	17,51	13,85	29,78	12,70	16,68	15,80	22,79	12,38	32,15	11,44	30,45	19,72	31,47	21,53
N2	25,71	20,67	44,90	19,13	14,40	24,14	54,92	30,83	89,36	23,16	89,36	25,54	50,52	39,72	
N4	22,46	17,89	36,29	19,33	33,49	20,37	26,68	23,24	38,15	21,41	12,84	27,25	26,66	25,95	
$\bar{X}_{Lp.}$	24,09	19,28	40,60	19,23	23,95	22,26	40,80	27,04	63,76	22,29	51,10	26,40	38,59	32,84	
\bar{X}	20,80	16,57	35,19	15,96	20,31	19,03	31,80	19,71	47,95	16,86	40,78	23,06	35,03	27,19	
GD ^{5%} Art/Narbe/Nutzung	7,989	6,618	7,190	11,585	18,735	4,761	14,068								
GD ^{5%} Art/Nutzung	5,649	4,680	5,084	8,192	13,247	3,366	9,948								
GD ^{5%} Art	3,994	3,309	3,595	5,792	9,367	2,380	7,034								

Anhangtab. 42: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Galium spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

	2004						2005							
	März		Juli		November		April		Juli		November			
	<i>Galium mollu. verum</i>	\bar{X}_{Termin}												
Utransformierte Werte	N2	5,2	2,8	17,2	23,4	17,5	17,4	31,2	10,9	19,0	17,6	13,7	12,9	15,2
	N4	3,8	2,4	23,8	7,4	21,2	16,3	36,2	18,9	18,4	25,2	16,8	14,3	15,3
	$\bar{X}_{Fr.}$	4,5	2,6	20,5	15,4	19,3	16,8	33,7	14,9	18,7	21,4	15,3	13,6	15,2
	N2	7,3	1,3	19,5	7,2	20,1	10,8	18,3	16,8	20,1	10,4	18,1	10,1	13,9
	N4	7,5	2,2	30,4	21,8	25,6	14,4	21,3	12,3	23,8	16,9	18,6	10,3	18,9
	$\bar{X}_{L.p.}$	7,4	1,7	25,0	14,5	22,8	12,6	19,8	14,6	22,0	13,7	18,4	10,2	16,4
	\bar{X}	5,9	2,2	22,7	15,0	21,1	14,7	26,7	14,8	20,3	17,5	16,8	11,9	15,8
	N2	13,09	8,13	24,46	27,81	24,73	24,53	33,05	18,58	25,84	24,39	21,63	20,92	22,06
	N4	11,02	8,57	29,15	15,57	27,33	23,68	36,47	25,71	25,36	29,92	24,12	22,24	22,07
	$\bar{X}_{Fr.}$	12,06	8,35	26,81	21,69	26,03	24,11	34,76	22,15	25,60	27,16	22,88	21,58	22,07
N2	14,79	6,33	25,92	14,92	26,48	18,31	25,26	23,98	26,47	18,11	25,08	18,06	20,51	
N4	15,39	8,39	33,19	27,86	30,31	22,25	27,38	20,46	28,91	24,28	25,46	18,75	24,75	
$\bar{X}_{L.p.}$	15,09	7,36	29,56	21,39	28,40	20,28	26,32	22,22	27,69	21,20	25,27	18,41	22,63	
\bar{X}	13,57	7,86	28,18	21,54	27,21	22,19	30,54	22,18	26,65	24,18	24,07	19,99	22,35	
GD _{5%} Art/Narbe/Nutzung	6,350		9,628		9,628		10,801		8,317		4,284			
GD _{5%} Art/Nutzung	4,490		6,808		6,808		7,638		5,881		3,029			
GD _{5%} Art	3,175		4,814		4,814		5,401		4,158		2,142			

Anhangtab. 43: Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von *Galium spec.* bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch

		<i>Galium</i> - Arten							
		2004				2005			
Jahr Monat		März	Juli	November	April	Juli	November		
Konkurrenz	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test		
B (= Block)	2	186,957**	186,002*	170,981	301,662*	244,011	40,181		
K (= Konkurrenz)	2	271,751**	0,158	21,082	23,239	41,487	39,567		
A (= Art)	1	290,726**	225,808*	339,021*	496,398*	412,915*	112,147		
A x K	2	8,561	7,597	31,623	40,759	35,313	20,292		
Fehler	10	22,108	37,944	64,040	70,696	67,107	39,063		
Total	18								

Anhangtab. 44: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Galium spec.* bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch

Unterspezifische Konkurrenz	2004						2005						
	März	Juli		November		April	Juli		November				
	<i>Galium mollu. verum</i>	\bar{X}_{Termin}											
volle Konkurrenz	7,3	1,3	19,5	7,2	20,1	10,8	18,3	16,8	20,1	10,4	18,1	10,1	13,3
ohne Konkurrenz	2,8	1,1	19,4	8,3	18,3	6,7	6,7	13,3	6,7	13,3	10,6	9,4	9,7
mit Wurzel-Konk.	18,9	7,2	15,6	10,0	13,9	10,0	50,0	15,0	50,0	15,0	17,2	13,3	19,7
mit Sproß-Konk.	11,7	3,9	17,8	10,0	26,1	9,4	20,0	5,0	20,0	5,0	14,4	5,6	12,4
$\bar{X}_{\text{Konkurrenz}}$	11,1	4,1	17,6	9,4	19,4	8,7	25,6	11,1	25,6	11,1	14,1	9,4	13,9
ohne Konkurrenz	9,25	3,93	25,34	25,34	24,81	14,47	14,96	21,42	14,96	21,42	18,91	16,73	17,6
mit Wurzel-Konk.	24,49	15,49	22,82	22,82	21,27	17,78	45,00	22,79	45,00	22,79	23,99	20,35	25,4
mit Sproß-Konk.	19,31	9,51	23,94	23,94	28,94	16,73	26,57	12,92	26,57	12,92	22,21	13,05	19,7
$\bar{X}_{\text{Konkurrenz}}$	17,68	9,65	24,03	24,03	25,01	16,33	28,84	19,04	28,84	19,04	21,70	16,71	20,9
GD _{5%} Art/Konkurr.	8,561		11,216		14,571		15,296		14,902		11,370		
GD _{5%} Art	4,281		5,608		7,285		7,648		7,451		5,685		

Anhangtab. 45: Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von *Plantago spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

		<i>Plantago</i> - Arten									
		2004					2005				
		Jahr Monat		März	Juli	November	April	Juli	November		
Konkurrenz	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	
Varianzursache											
B (= Block)	2	7,963	74,793	82,092	151,226*	119,378	164,838**				
S (= Säule)	2	1,947	1,508	95,452	64,307	109,53	109,610*				
NF (= Nutzungsfreq.)	1	0,009	66,038	13,412	78,384	135,024	104,988				
Na (= Narbe)	1	9,387	299,743	34,098	67,288	98,19	17,152				
A (= Art)	1	4,646	320,651	333,933**	292,372*	346,438**	381,941**				
A x Na	1	0,580	0,010	6,139	15,301	19,668	1,973				
A x NF	1	0,151	25,087	21,584	0,553	3,147	2,069				
Na x NF	1	1,683	150,182	15,984	114,270	64,56	16,831				
A x Na x NF	1	3,177	38,086	2,447	2,723	13,535	1,737				
Fehler	12	4,526	64,400	30,116	37,830	36,435	29,396				
Total	24										

Anhangtab. 46: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Plantago spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

	2004						2005							
	März	Juli		November		April	Juli		November					
	<i>Plantago major media</i>	\bar{X}_{Termin}												
Untransformierte Werte	N2	0,1	0,8	5,7	12,4	7,0	16,8	8,8	15,3	5,4	16,0	4,4	13,9	8,8
	N4	0,2	0,3	4,0	12,2	9,5	13,6	17,2	25,1	7,6	17,0	7,5	15,8	9,2
	$\bar{X}_{Fr.}$	0,1	0,5	4,8	12,3	8,3	15,2	13,0	20,2	6,5	16,5	6,0	14,9	9,0
	N2	<0,1	<0,1	5,4	19,3	7,6	20,8	6,9	17,4	11,2	14,2	7,3	14,5	12,4
	N4	<0,1	0,2	19,6	24,2	11,8	21,3	7,2	15,1	16,0	27,3	10,8	20,5	17,3
	$\bar{X}_{Lp.}$	<0,1	0,2	12,5	21,8	9,7	21,0	7,1	16,3	13,6	20,8	9,1	17,5	14,3
	\bar{X}	0,1	0,4	8,7	17,0	9,0	18,1	10,0	18,2	10,1	18,6	7,5	16,2	11,0
	N2	1,38	3,46	13,42	20,21	15,16	24,14	16,18	21,19	13,25	23,44	12,00	21,67	15,52
	N4	1,78	2,08	11,26	19,00	17,55	21,47	23,79	29,54	15,49	24,12	15,63	23,06	15,78
	$\bar{X}_{Fr.}$	1,58	2,77	12,34	19,61	16,36	22,81	20,0	25,4	14,37	23,78	13,82	22,37	15,65
N2	0,64	0,64	12,92	24,84	15,53	25,26	14,92	24,48	17,33	20,89	13,12	20,58	15,76	
N4	0,64	1,78	25,81	28,59	19,92	27,13	15,15	22,75	23,13	31,14	19,03	26,39	21,18	
$\bar{X}_{Lp.}$	0,64	1,21	19,37	26,72	17,73	26,20	15,0	23,6	20,23	26,02	16,08	23,49	18,47	
\bar{X}	1,11	1,99	15,85	23,16	17,04	24,50	17,5	24,5	17,30	24,90	14,95	22,93	17,06	
GD _{5% Art/Narbe/Nutzung}	3,785		14,498		9,764		10,943		10,739		9,646			
GD _{5% Art/Nutzung}	2,676		10,251		6,904		7,738		7,594		6,821			
GD _{5% Art}	1,893		7,249		4,882		5,471		5,370		4,823			

Anhangtab. 47: Varianztabelle für die Etablierungsraten der transformierten Werte (Arcussinus-Wurzel-Transformation) von *Plantago spec.* bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch

		<i>Plantago</i> - Arten					
		2004			2005		
Jahr Monat		März	Juli	November	April	Juli	November
Konkurrenz	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
B (= Block)	2	2,552	227,775*	119,993	104,802	10,598	384,881
K (=Konkurrenz)	2	2,552	407,943**	431,477**	507,983**	4825,96**	3034,666**
A (= Art)	1	10,206	155,732	79,042	169,271	30,092	151,467
A x K	2	17,860	84,250	162,230	211,598	362,739*	153,660
Fehler	10	8,675	48,260	45,928	63,436	83,379	132,009
Total	18						

Anhangtab. 48: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Plantago spec.* bei abgestufter Konkurrenz - Hauptversuch

Unterspezifische Konkurrenz	2004			2005			
	März	Juli	November	April	Juli	November	
	<i>Plantago major media</i>						
volle Konkurrenz	< 0,1	5,4	7,6	6,9	11,2	7,3	\bar{X}_{Termin} 12,5
ohne Konkurrenz	< 0,1	11,1	10,6	35,0	100,0	88,9	50,8
mit Wurzel-Konk.	0,6	30,6	30,0	55,0	48,3	16,7	34,7
mit Sproß-Konk.	< 0,1	45,6	51,7	1,7	10,0	58,9	33,0
$\bar{X}_{Konkurrenz}$	0,6	29,1	30,7	30,6	52,8	54,8	36,3
ohne Konkurrenz	0,64	18,75	18,61	36,27	89,36	73,88	44,0
mit Wurzel-Konk.	2,90	33,48	33,08	47,87	44,04	24,03	31,7
mit Sproß-Konk.	0,64	42,34	45,96	7,42	18,43	50,37	30,0
$\bar{X}_{Konkurrenz}$	1,39	31,52	32,55	30,52	50,61	49,43	35,3
GD _{5%} Art/Konkurr.	5,363	12,649	12,340	14,489	16,611	20,901	
GD _{5%} Art	2,681	6,324	6,170	7,245	8,306	10,451	
Transfer. Werte							

Anhangtab. 50: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Poa spec.* bei voller Konkurrenz - Hauptversuch

	2003			2004			2005			\bar{X}_{Termin}				
	November	März	Juli	November	März	Juli	April	Juli	November					
	<i>Poa annua trivialis</i>													
<i>F.rubra</i>	N2	5,3	1,3	7,8	0,9	3,9	1,3	1,2	< 0,1	4,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,3
	N4	0,9	0,9	4,2	0,5	3,7	0,8	0,3	< 0,1	6,4	< 0,1	0,2	< 0,1	1,1
	$\bar{X}_{Er.}$	3,1	1,1	6,0	0,7	3,8	1,1	0,7	< 0,1	5,3	< 0,1	0,2	< 0,1	1,6
<i>L.perenne</i>	N2	2,5	1,8	5,4	0,7	7,9	0,3	4,3	< 0,1	0,8	< 0,1	4,5	< 0,1	4,4
	N4	4,1	3,4	6,8	0,7	9,6	0,6	2,5	< 0,1	0,1	< 0,1	5,6	< 0,1	4,5
	$\bar{X}_{Lp.}$	3,3	2,6	6,1	0,7	8,8	0,5	3,4	< 0,1	0,5	< 0,1	5,1	< 0,1	4,4
\bar{X}	3,2	1,9	6,0	0,7	6,3	0,8	2,0	< 0,1	2,9	< 0,1	2,6	< 0,1	1,2	5,4
<i>F.rubra</i>	N2	12,71	5,63	15,70	4,66	10,84	6,44	5,05	0,64	10,5	0,64	0,64	0,64	4,92
	N4	4,79	5,45	10,77	2,77	9,88	4,47	2,52	0,64	14,3	0,64	2,12	0,64	3,38
	$\bar{X}_{Er.}$	8,75	5,54	13,24	3,72	10,36	5,46	3,79	0,64	12,4	0,64	1,38	0,64	4,15
<i>L.perenne</i>	N2	8,47	7,75	12,34	3,91	16,13	2,34	10,48	0,64	3,8	0,64	11,74	0,64	6,70
	N4	11,16	10,09	14,24	4,01	17,87	2,96	7,28	0,64	1,0	0,64	13,34	0,64	8,34
	$\bar{X}_{Lp.}$	9,82	8,92	13,29	3,96	17,00	2,65	8,88	0,64	2,4	0,64	12,54	0,64	7,52
\bar{X}	9,28	7,23	13,26	3,84	13,68	4,05	6,33	0,64	7,4	0,64	6,96	0,64	4,14	5,84
GD _{5%} Art/Narbe/Nutzung	5,891	9,092	6,952	6,294	4,941	1,025	6,170	4,363	3,085	3,494	0,725	4,363	3,085	3,085
GD _{5%} Art/Nutzung	4,165	6,429	4,916	4,450	3,471	0,513	4,363	3,085	3,085	2,471	0,513	3,085	3,085	3,085
GD _{5%} Art	2,945	4,546	3,476	3,147	2,471	0,513	3,085	3,085	3,085	2,471	0,513	3,085	3,085	3,085

Anhangtab. 53: Varianztabelle der transformierten Werten der *Bromus*-Arten unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch

Jahr Monat		<i>Bromus</i> - Arten			
		2004		2005	
		November	April	Juli	November
Konkurrenz	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
B (= Block)	2	21,464	26,816	1,045	95,445
S (= Säule)	2	1,721	2,426	3,662	39,565
NF (= Nutzungsfreq.)	1	5,156	0,461	3191,530 **	1296,314
A (= Art)	1	648,160 **	1649,484 **	2308,577 **	518,108
A x NF	1	9,171	25,313	2961,263 **	817,278
Fehler	4	6,631	8,032	1,161	229,898
Total	12				

Anhangtab. 54: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Bromus erectus* und *Bromus hordeaceus* in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch

Untran. Werte		2004		2005				X_{Termin}			
		November		April		Juli			November		
		<i>Bromus erectus</i>	<i>Bromus hordea.</i>	<i>Bromus erectus</i>	<i>Bromus hordea.</i>	<i>Bromus erectus</i>	<i>Bromus hordea.</i>		<i>Bromus erectus</i>	<i>Bromus hordea.</i>	
<i>L. perenne</i>	N2	21,8	42,3	21,5	53,8	24,6	100,0	30,3	71,3	45,7	
	N4	17,1	43,2	17,6	62,1	18,0	9,3	22,7	18,9	26,1	
	$X_{L.p.}$	19,5	42,8	19,6	58,0	21,3	54,7	26,5	45,1	35,9	
Tran. Werte	<i>L. perenne</i>	N2	27,83	40,56	27,61	47,22	29,55	89,36	33,29	62,60	44,75
		N4	24,36	41,04	24,76	52,04	25,08	17,65	28,43	25,40	29,85
		$X_{L.p.}$	26,10	40,80	26,19	49,63	27,32	53,51	30,86	44,00	37,30
	GD _{5%} Art/Nutzung	7,148		6,424		2,442		34,367			
	GD _{5%} Nutzung	4,127		4,542		1,727		24,301			

Anhangtab. 55: Varianztabelle der transformierten Werten der *Galium*-Arten unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch

Konkurrenz		Galium - Arten		
		2005		
		April	Juli	November
Varianzursache	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
B (= Block)	2	0,434	11,049 *	6,105
S (= Säule)	2	15,849	8,072	2,573
NF (= Nutzungsfreq.)	1	12,935	9,157	6,887
A (= Art)	1	181,906 *	129,935 **	8,691
A x NF	1	7,983	0,077	0,194
Fehler	4	16,266	1,237	2,229
Total	12			

Anhangtab. 56: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Galium mollugo* und *Galium verum* in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch

Untran. Werte		2005							
		April		Juli		November		X _{Termin}	
		<i>Galium mollu. verum</i>		<i>Galium mollu. verum</i>		<i>Galium mollu. verum</i>			
<i>L. perenne</i>	N2	7,4	1,8	15,8	7,8	12,6	9,7	9,2	
	N4	5,5	1,7	13,9	7,6	13,3	12,6	9,1	
	X _{L.p.}	6,5	1,8	14,9	7,7	13,0	11,2	9,1	
Tran. Werte	<i>L. perenne</i>	N2	15,78	6,32	23,38	16,10	20,74	18,01	16,72
		N4	13,30	7,18	21,82	15,93	21,41	20,73	16,73
		X _{L.p.}	14,54	6,75	22,60	16,02	21,08	19,37	16,73
	GD _{5%} Art/Nutzung	9,141		2,521		3,384			
	GD _{5%} Nutzung	6,464		1,783		2,393			

Anhangtab. 57: Varianztabelle der transformierten Werten der *Plantago*-Arten unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch

		<i>Plantago</i> - Arten		
		2005		
Konkurrenz	Jahr	April	Juli	November
	Monat			
Varianzursache	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
B (= Block)	2	3,436	8,406	25,252 *
S (= Säule)	2	1,597	31,331	14,736 *
NF (= Nutzungsfreq.)	1	3,046	17,889	0,085
A (= Art)	1	0,392	34,212	31,985 *
A x NF	1	15,835	3,485	15,915 *
Fehler	4	6,376	27,099	1,669
Total	12			

Anhangtab. 58: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Plantago major* und *Plantago media* in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch

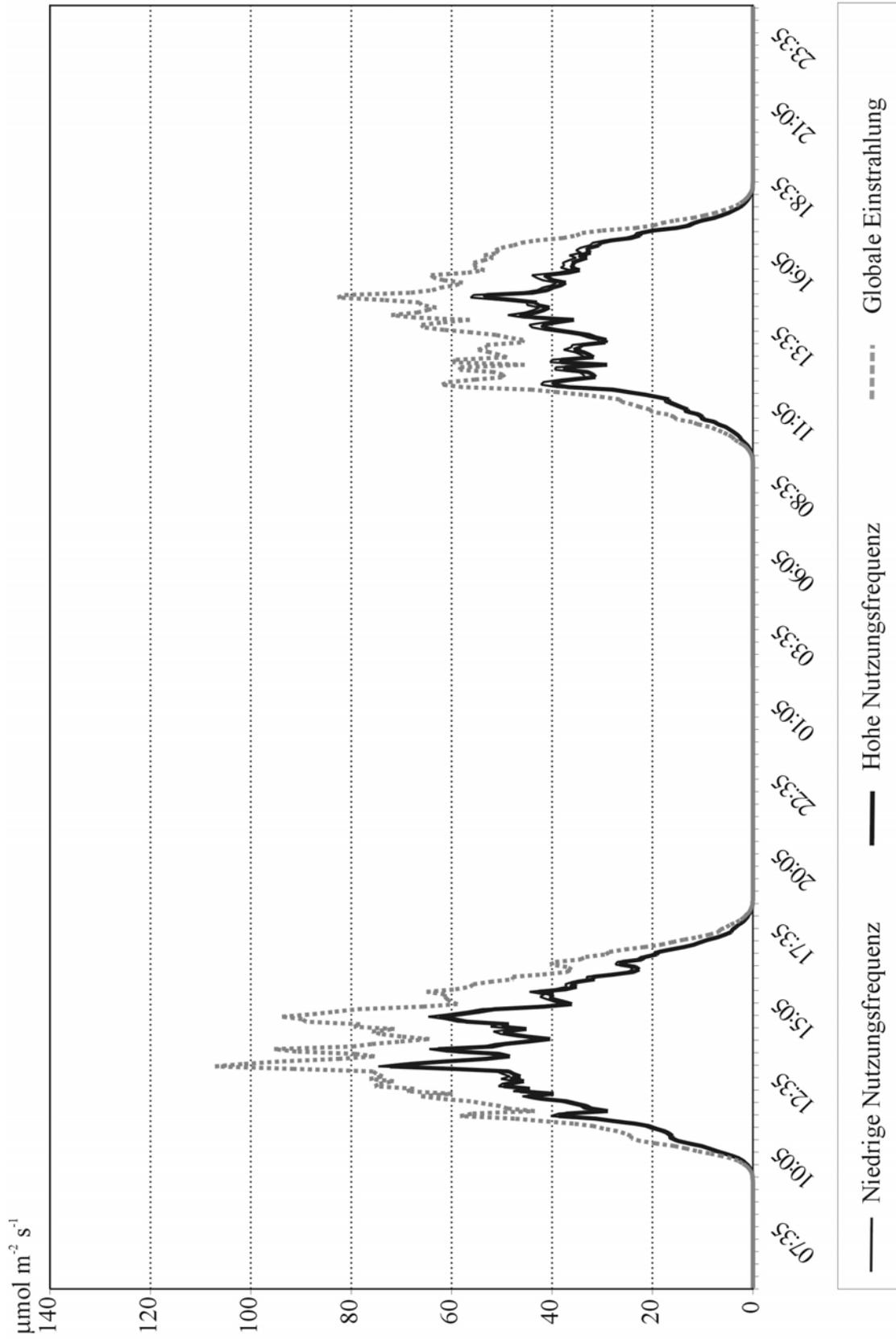
Untran. Werte		2005							
		April		Juli		November		X_{Termin}	
		<i>Plantago major</i>	<i>Plantago media</i>	<i>Plantago major</i>	<i>Plantago media</i>	<i>Plantago major</i>	<i>Plantago media</i>		
<i>L. perenne</i>	N2	1,6	0,7	6,3	10,7	7,7	6,8	5,6	
	N4	1,0	1,9	10,0	13,3	10,1	4,8	6,9	
	$X_{L.p.}$	1,3	1,3	8,2	12,0	8,9	5,8	6,2	
Tran. Werte	<i>L. perenne</i>	N2	7,13	4,52	14,27	18,31	15,55	14,87	12,44
		N4	5,63	7,52	18,37	21,08	18,43	12,58	13,94
		$X_{L.p.}$	6,38	6,02	16,32	19,70	16,99	13,73	13,19
	GD5% Art/Nutzung	5,723		11,799		2,928			
	GD5% Nutzung	4,047		8,343		2,071			

Anhangtab. 59: Varianztabelle der Wurzel-transformierten Werten der *Poa*-Arten unterschiedlicher Beobachtungstermine - Zusatzversuch

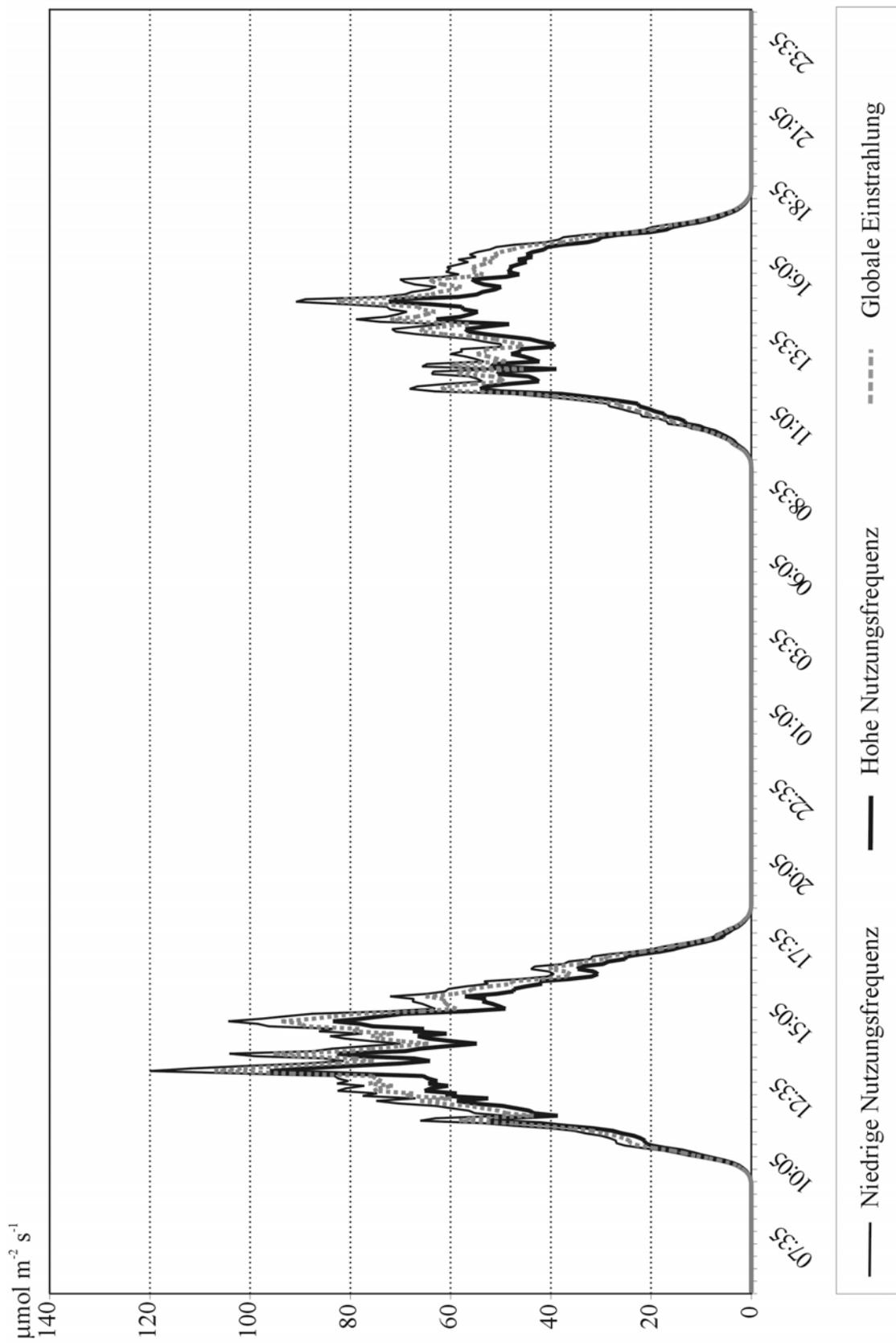
Konkurrenz		<i>Poa</i> - Arten			
		2004		2005	
		November	April	Juli	November
Varianzursache	FG	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test	MQ/F - Test
B (= Block)	2	4,52	0,117	22,14	22,508
S (= Säule)	2	0,791	2,289	9,068	9,722
NF (= Nutzungsfreq.)	1	0,011	0,840	1,824	1,952
A (= Art)	1	30,219	1100,310**	85,675*	8,331
A x NF	1	7,530	0,487	13,510	23,838
Fehler	4	9,116	1,064	10,352	14,269
Total	12				

Anhangtab. 60: Werte gezählter Pflanzen in % der abgelegten Samen von *Poa annua* und *Poa trivialis* in Abhängigkeit vom Beobachtungstermin - Zusatzversuch

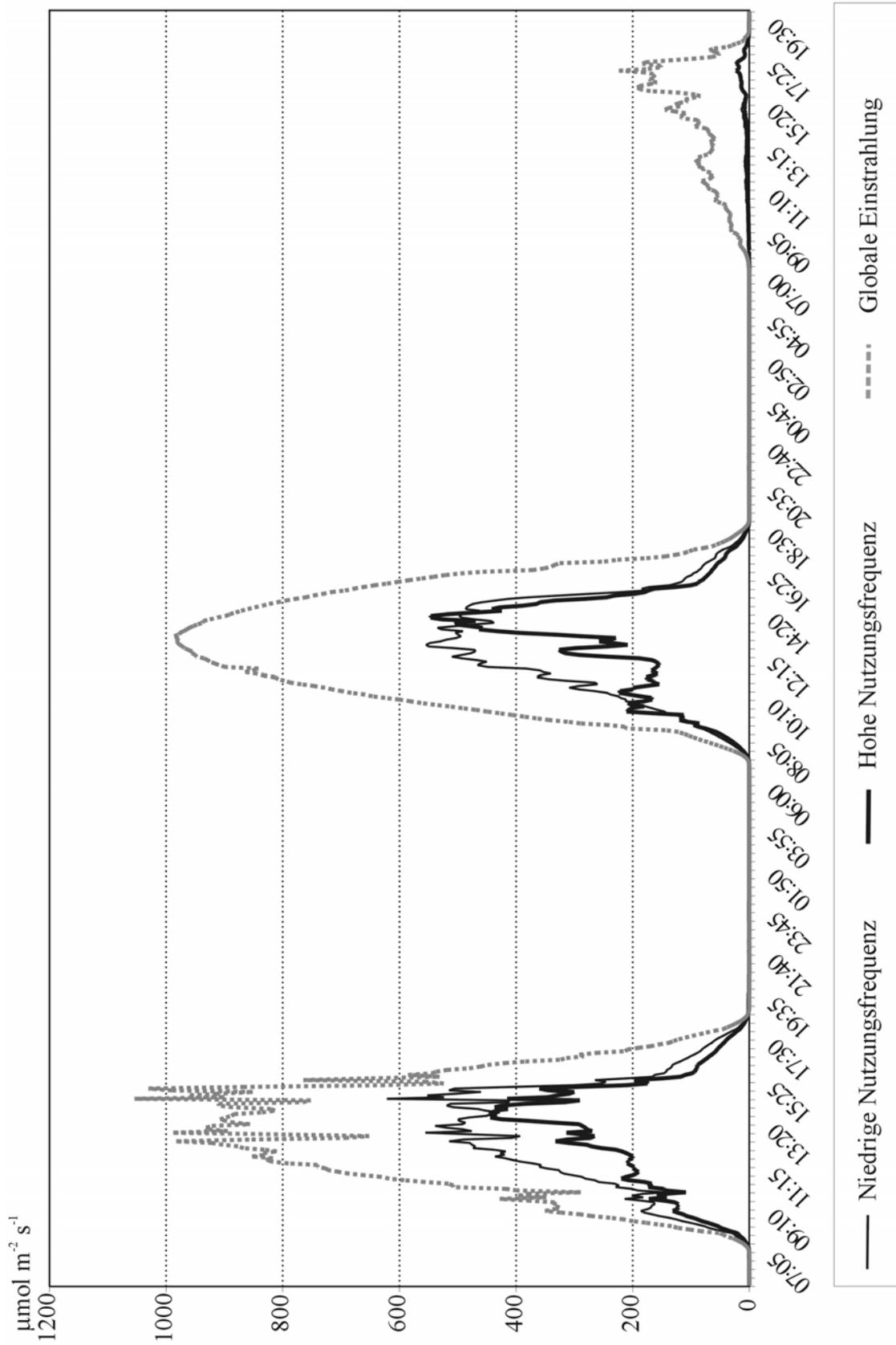
Untran. Werte		2004		2005				X_{Termin}		
		November		April		Juli			November	
		<i>Poa annua trivialis</i>		<i>Poa annua trivialis</i>		<i>Poa annua trivialis</i>			<i>Poa annua trivialis</i>	
<i>L. perenne</i>	N2	9,2	7,8	11,6	0,0	7,3	4,6	4,1	5,2	6,2
	N4	11,0	6,4	11,4	0,0	10,5	4,7	7,4	4,5	7,0
	$X_{L.p.}$	10,1	7,1	11,5	0,0	8,9	4,7	5,8	4,9	6,6
Tran. Werte	<i>L. perenne</i> N2	17,51	15,92	19,86	0,64	15,58	11,39	11,66	11,90	13,06
	<i>L. perenne</i> N4	19,37	14,60	19,72	0,64	18,86	12,37	15,75	12,18	14,19
	$X_{L.p.}$	18,44	15,26	19,79	0,64	17,22	11,88	13,71	12,04	13,62
	GD5% Art/Nutzung	8,381		2,338		7,292		8,562		
	GD5% Nutzung	4,839		1,653		5,157		6,054		



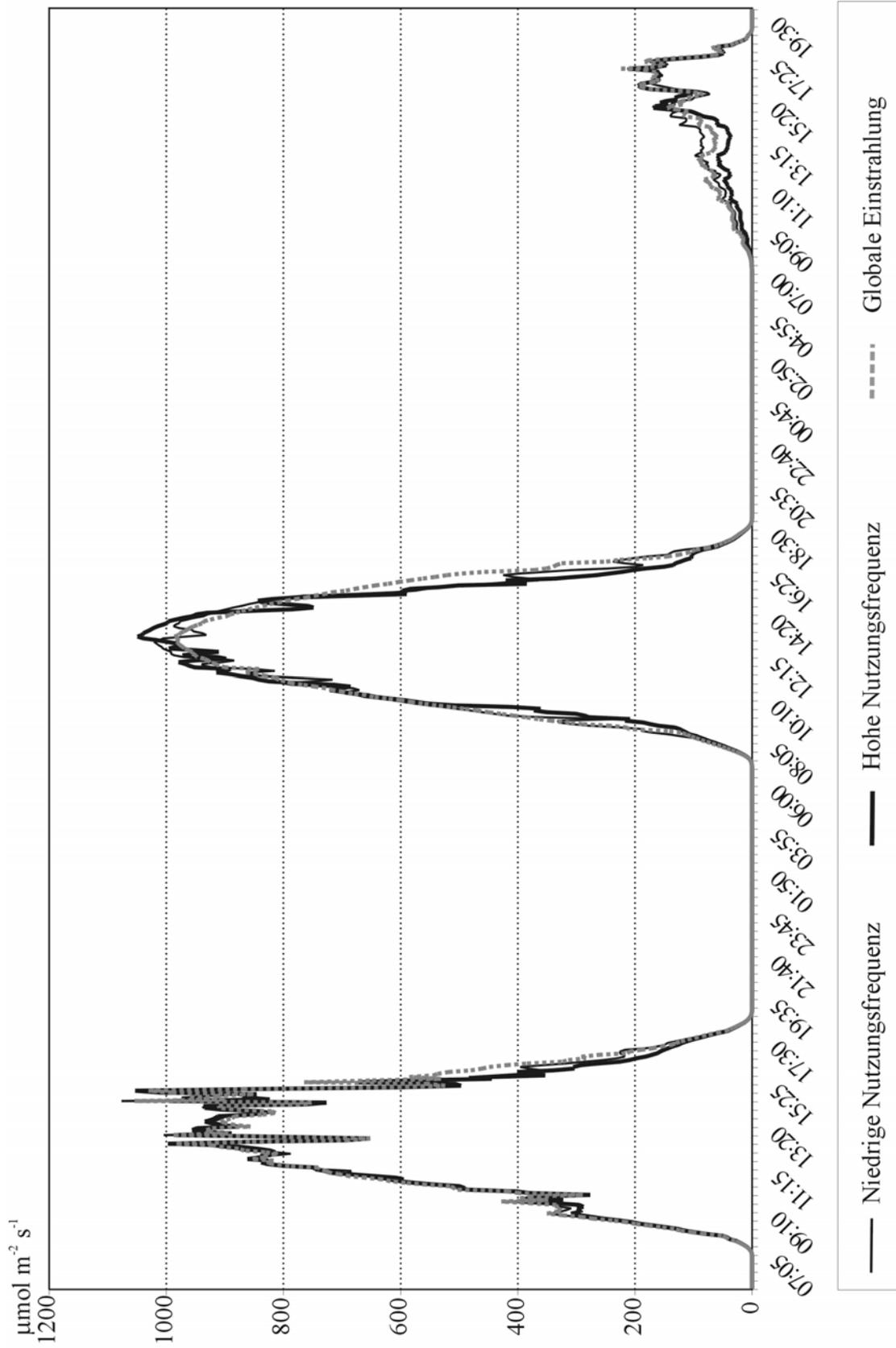
Anhangabb. 1: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) unter Schneedecke in den Narben von *Festuca rubra* im Dezember (= 50. Woche) 2003



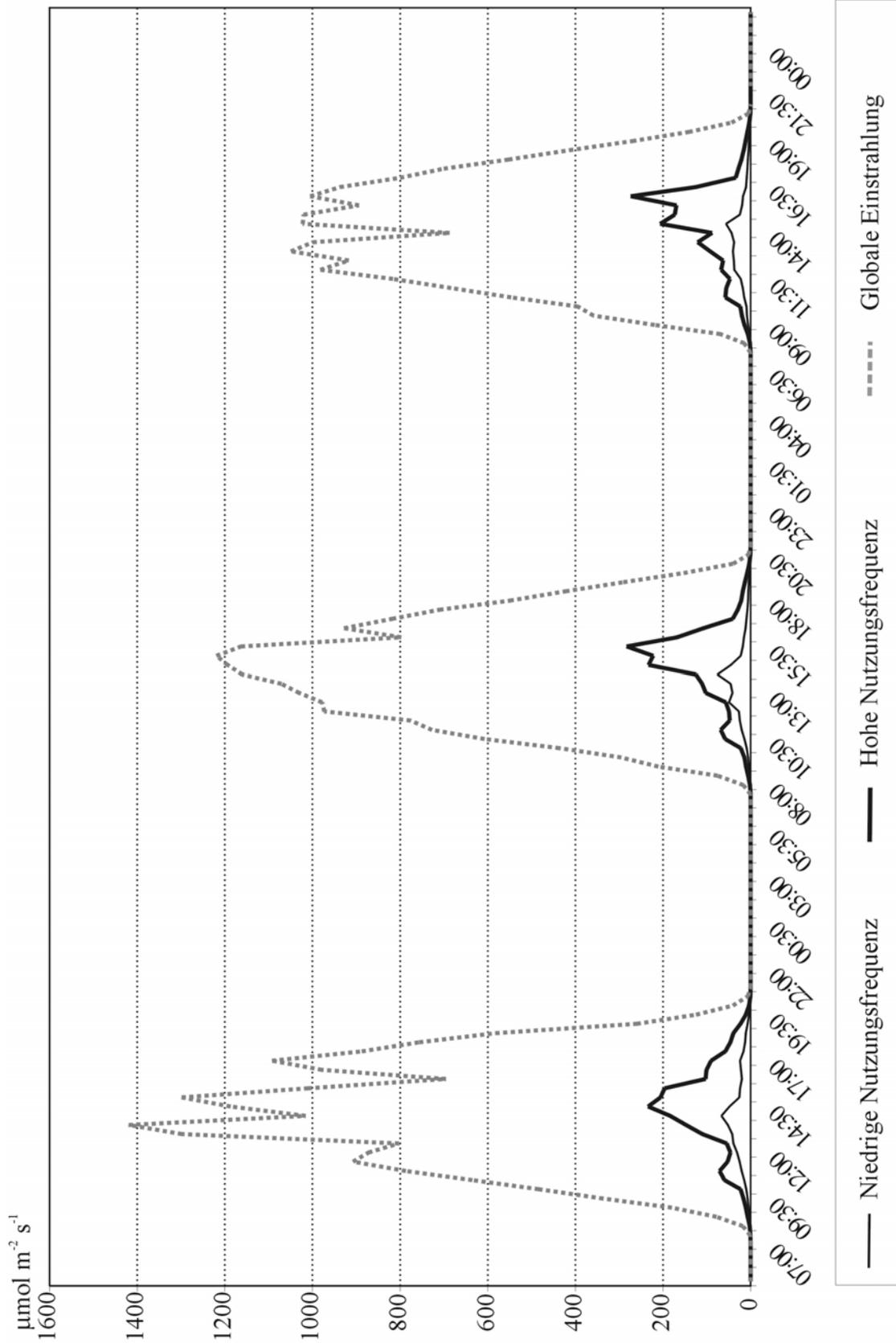
Anhangabb. 2: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) unter Schneedecke in den Narben von *Lolium perenne* im Dezember 2003 (= 50. Woche)



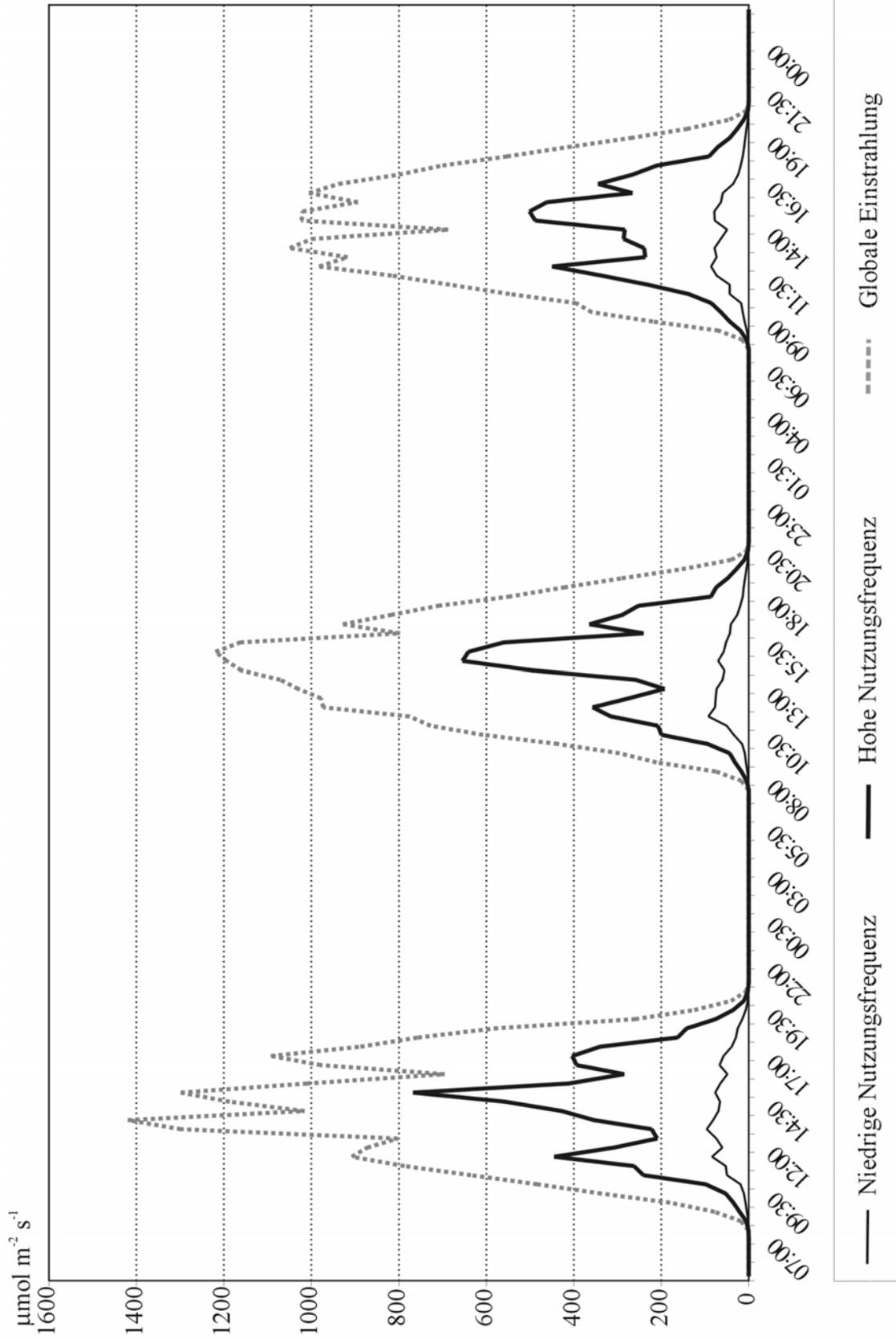
Anhangabb. 3: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) in den Narben von *Festuca rubra* im März 2004 (= 9. Woche)



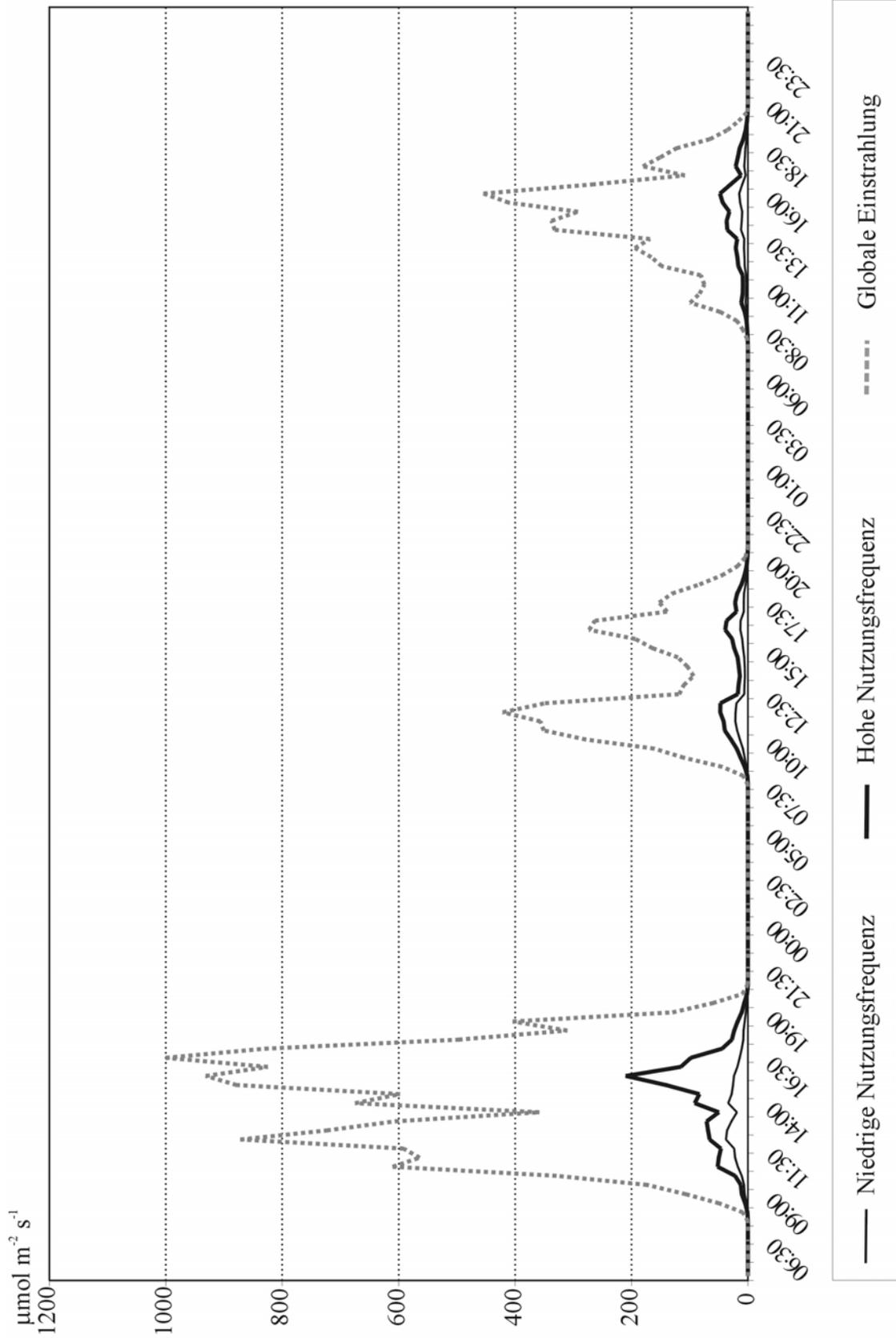
Anhangabb. 4: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von *Lolium perenne* im März 2004 (= 9. Woche)



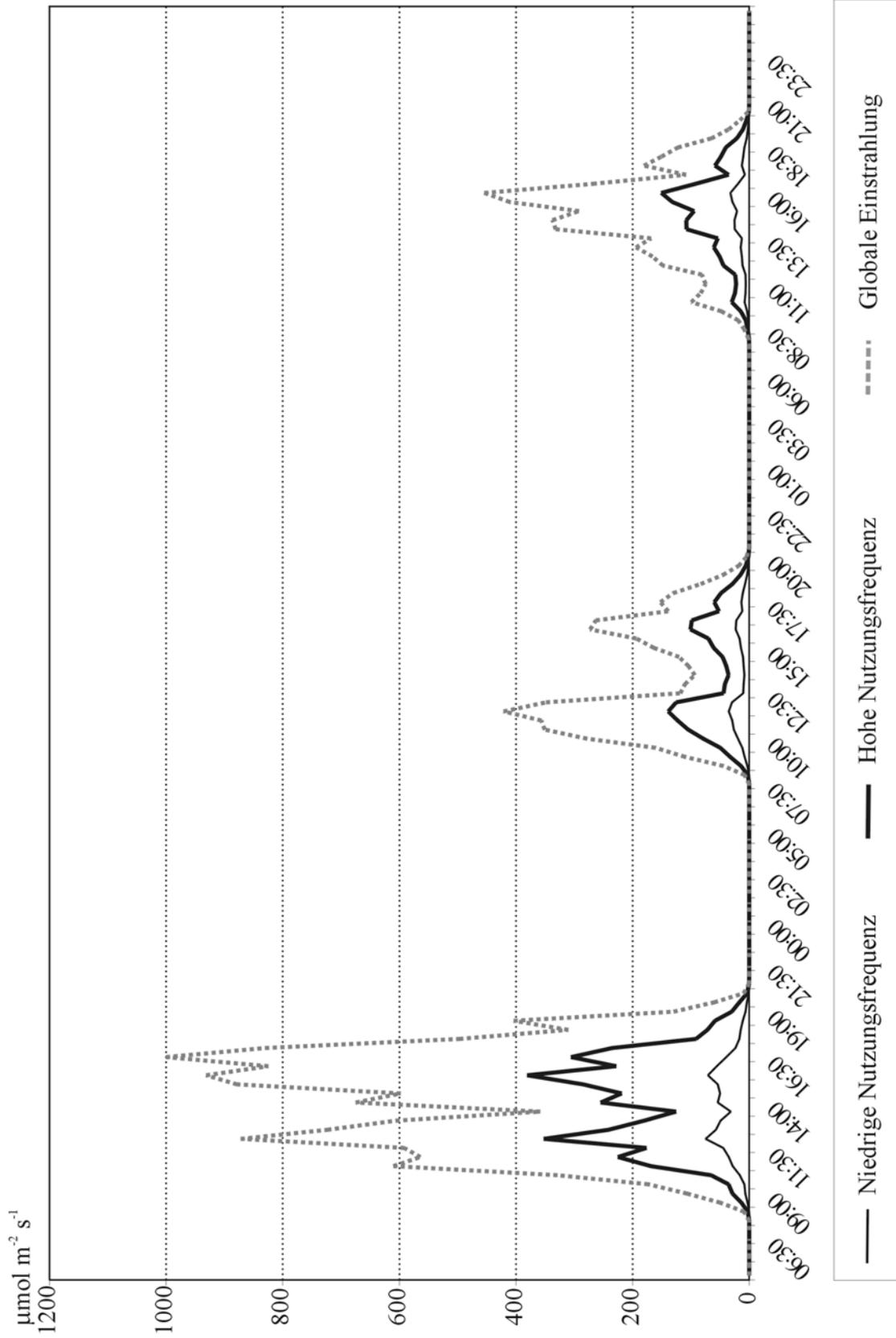
Anhangabb. 5: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) bei hoher Lichtemission in den Narben von *Festuca rubra* im September 2004 (= 37. Woche)



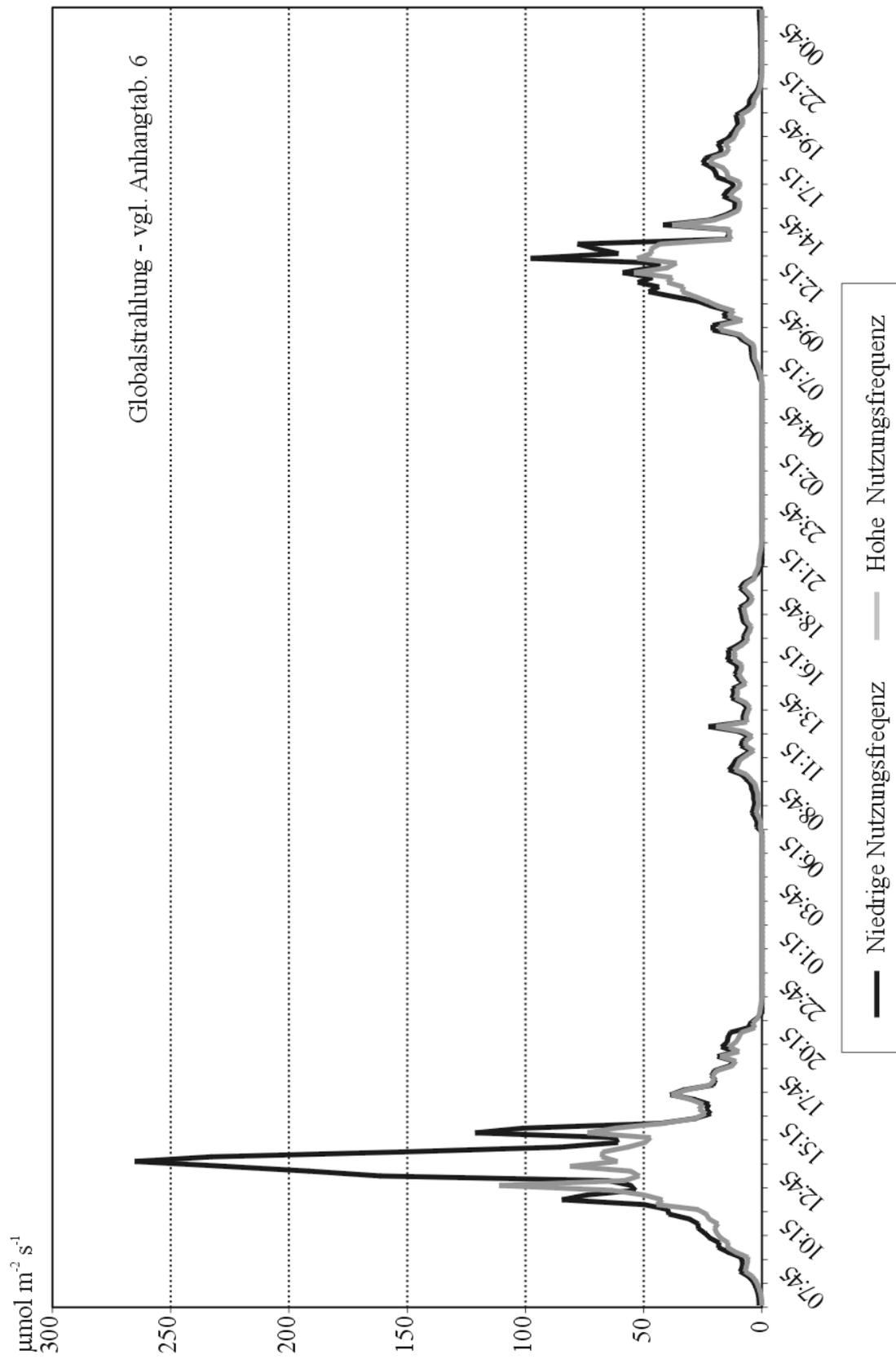
Anhangabb. 6: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) bei hoher Lichtemission in den Narben von *Lolium perenne* im September 2004 (= 37. Woche)



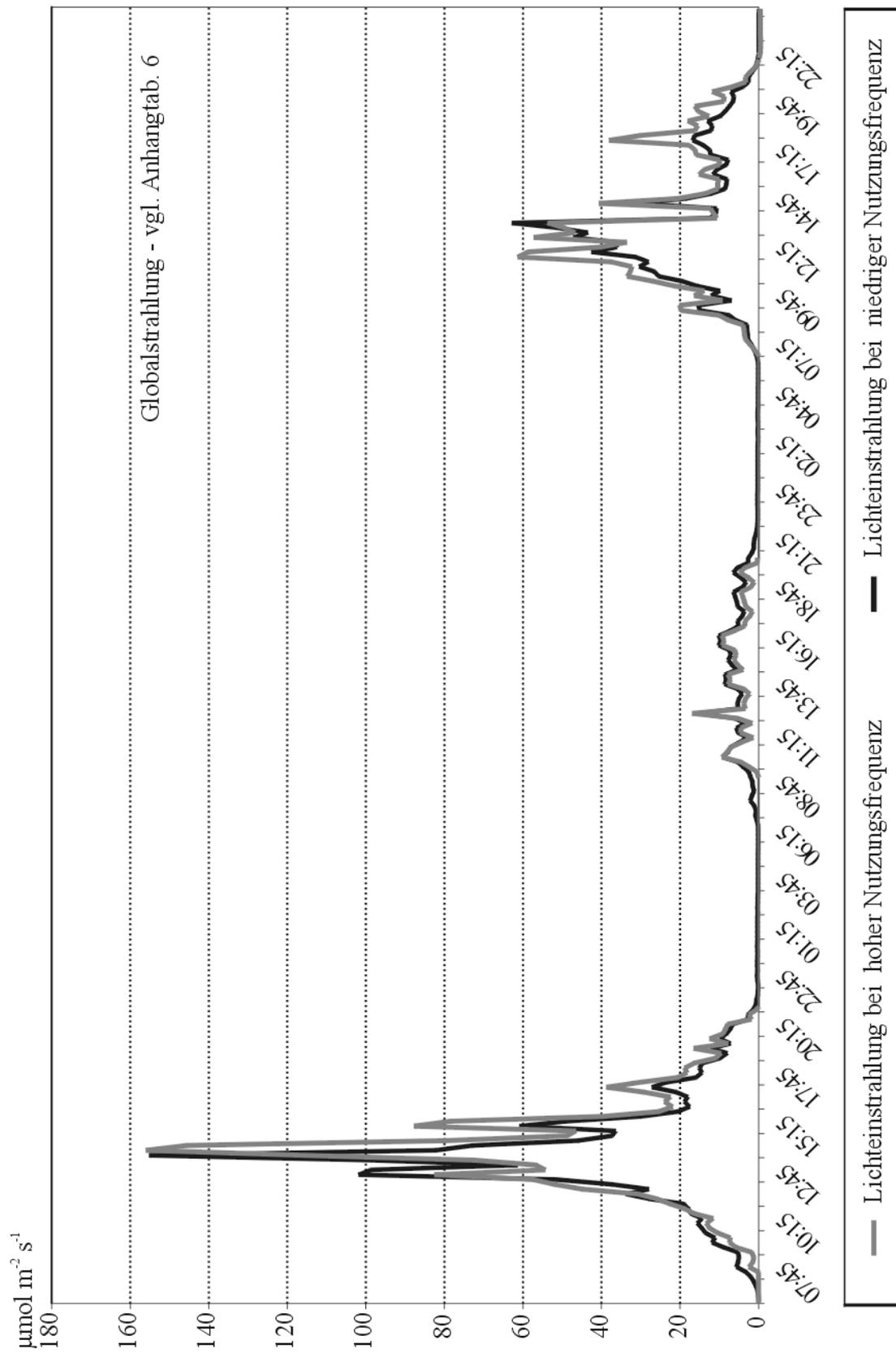
Anhangabb. 7: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) bei niedriger Lichtemission in den Narben von *Festuca rubra* im September 2004 (= 38. Woche)



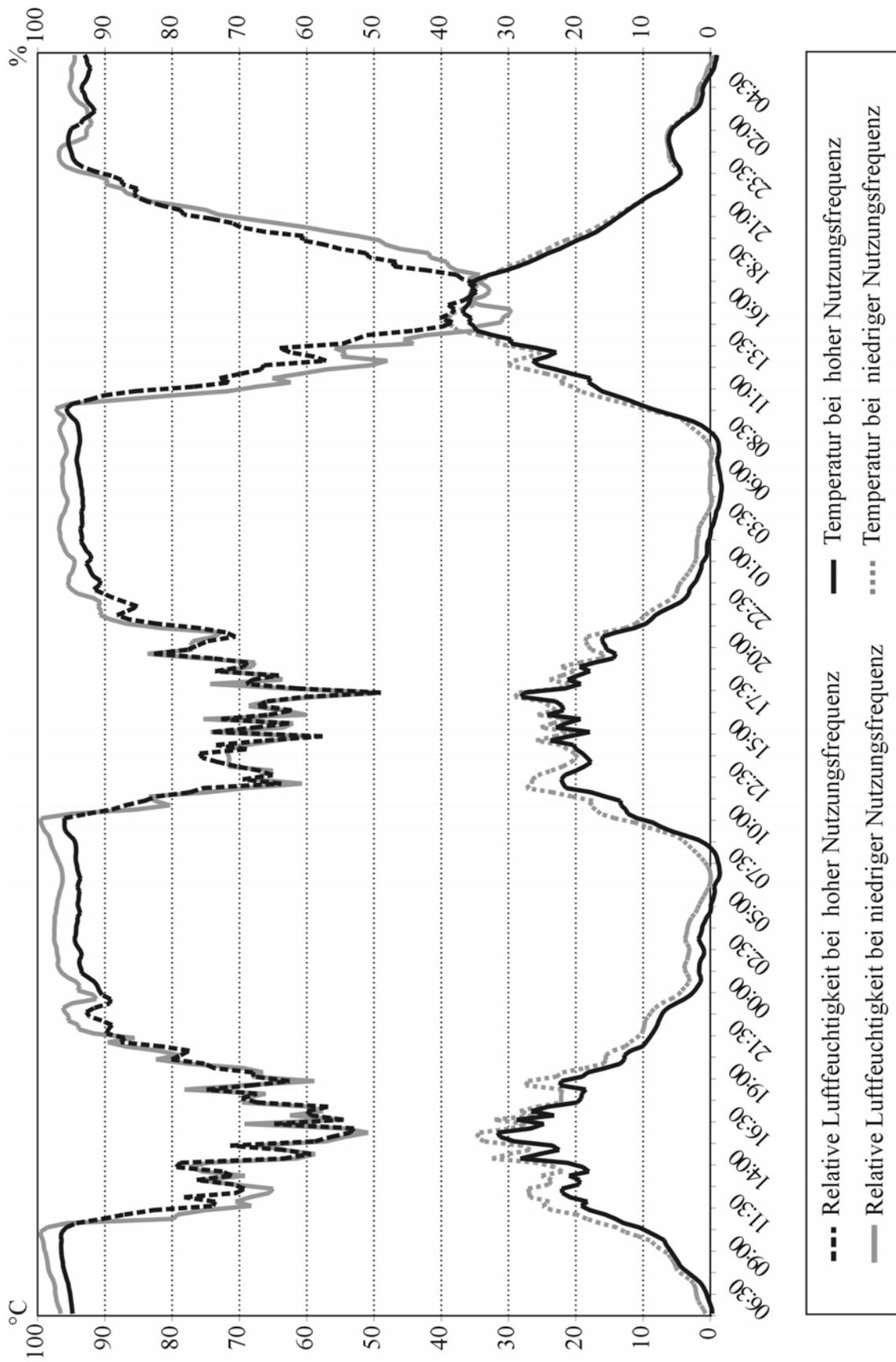
Anhangabb. 8: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) bei niedriger Lichtemission in den Narben von *Lolium perenne* im September 2004 (= 38. Woche)



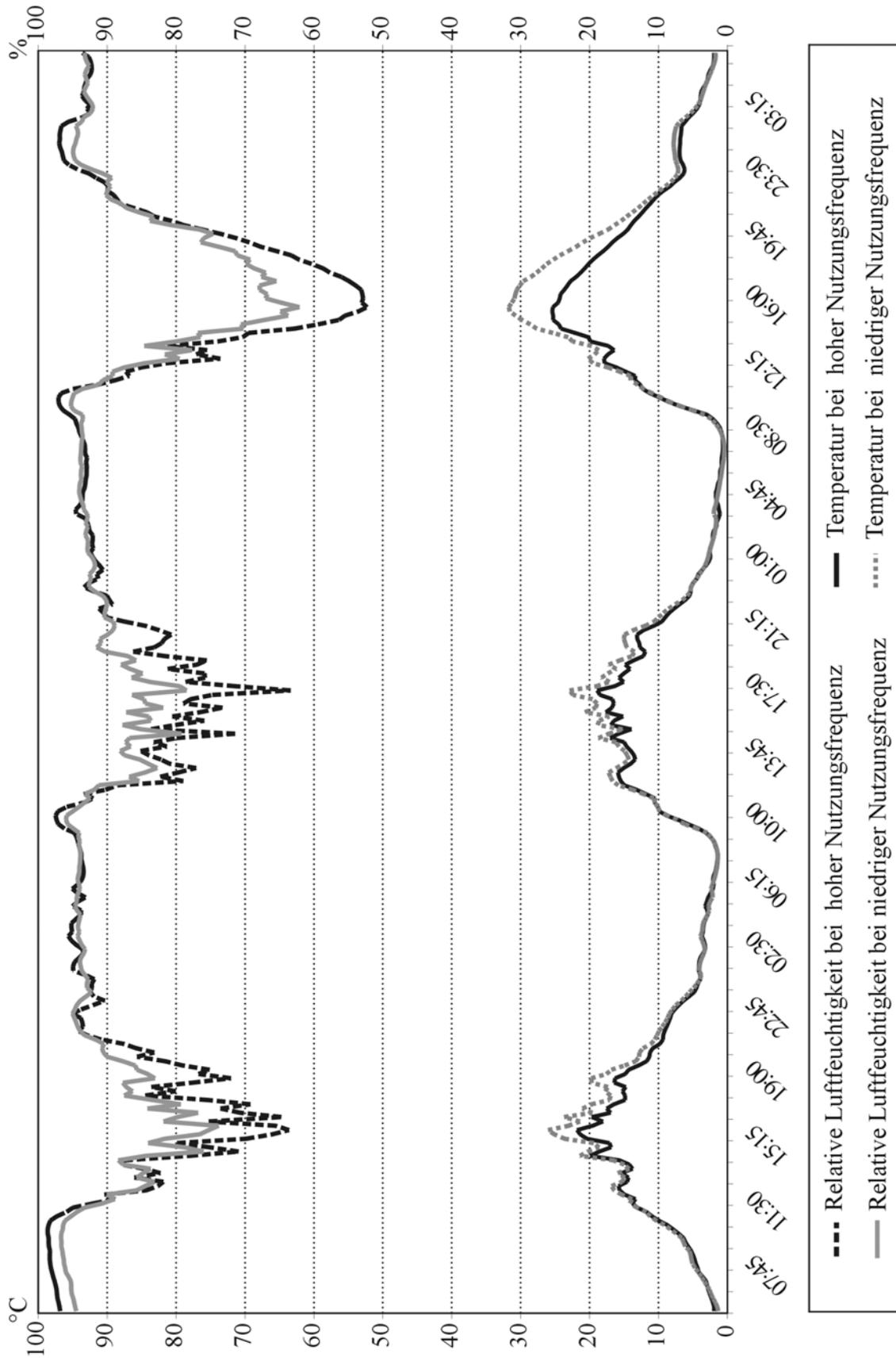
Anhangabb. 9: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) in den Narben von *Festuca rubra* im Mai 2005 (= 19. Woche)



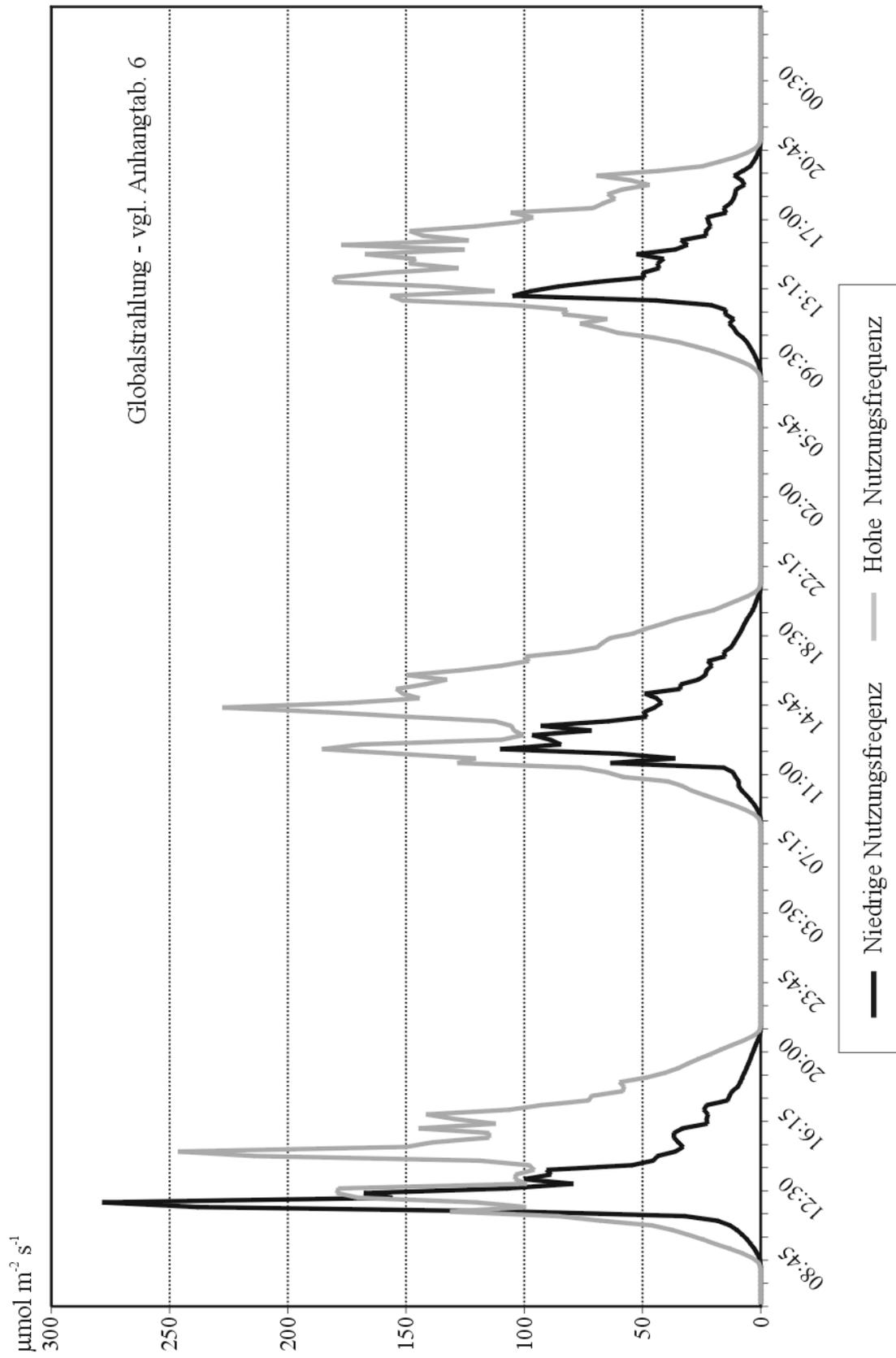
Anhangabb. 10: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) in den Narben von *Lolium perenne* im Mai 2005 (= 19. Woche)



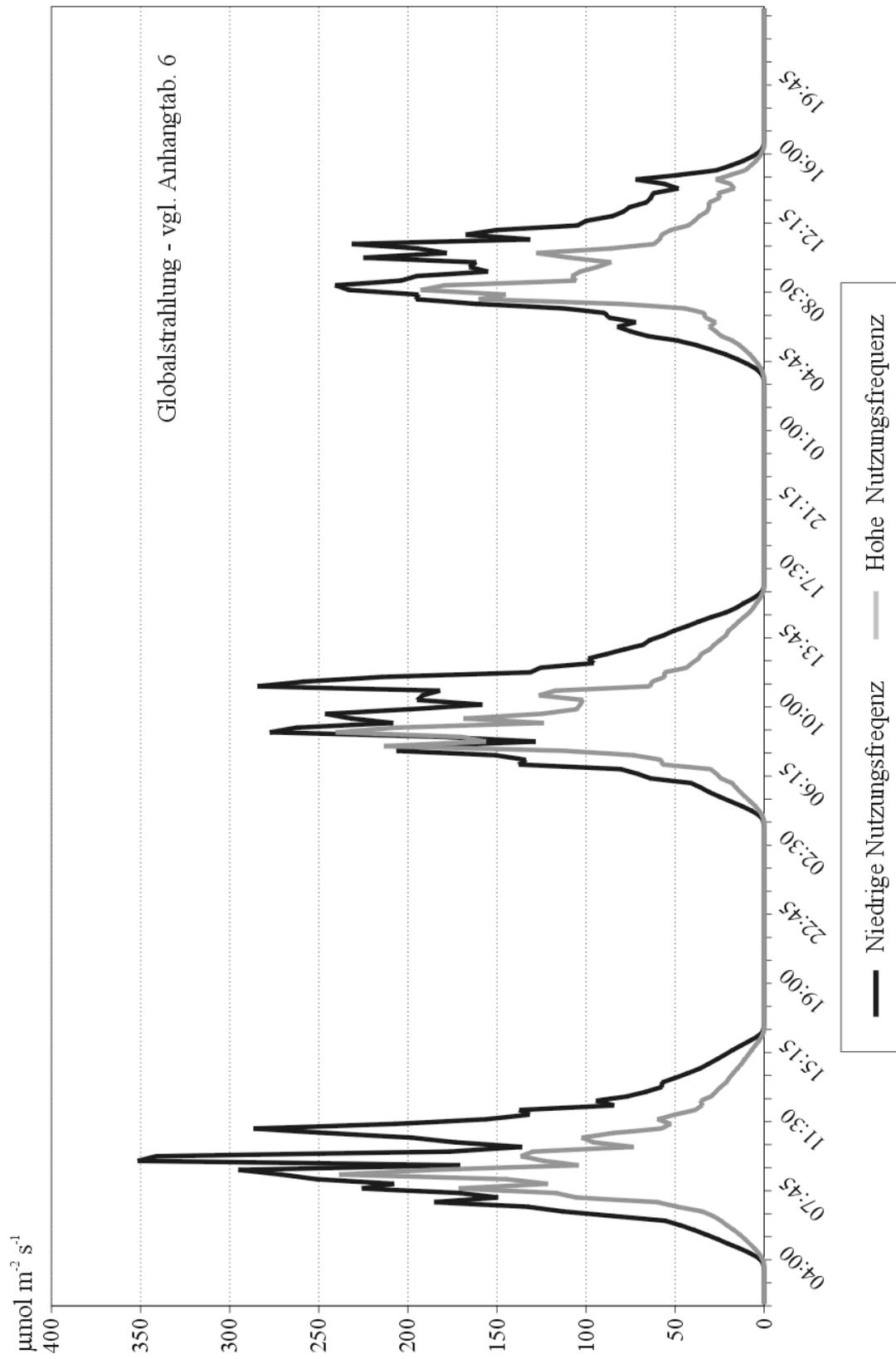
Anhangabb. 11: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in der Narbe von *Festuca rubra* im Mai 2005 (= 19. Woche)



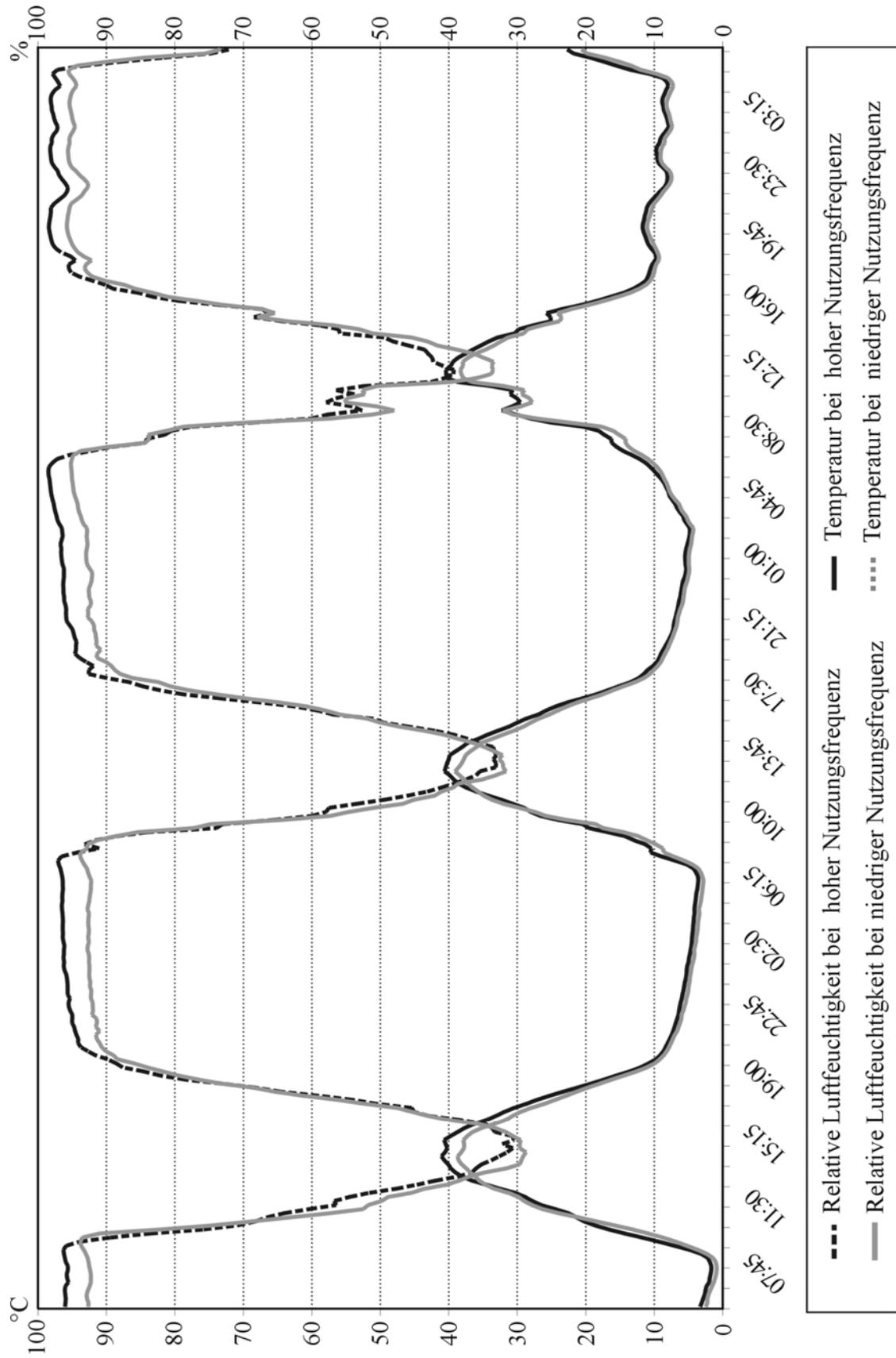
Anhangabb. 12: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in den Narben von *Lolium perenne* im Mai 2005 (= 19. Woche)



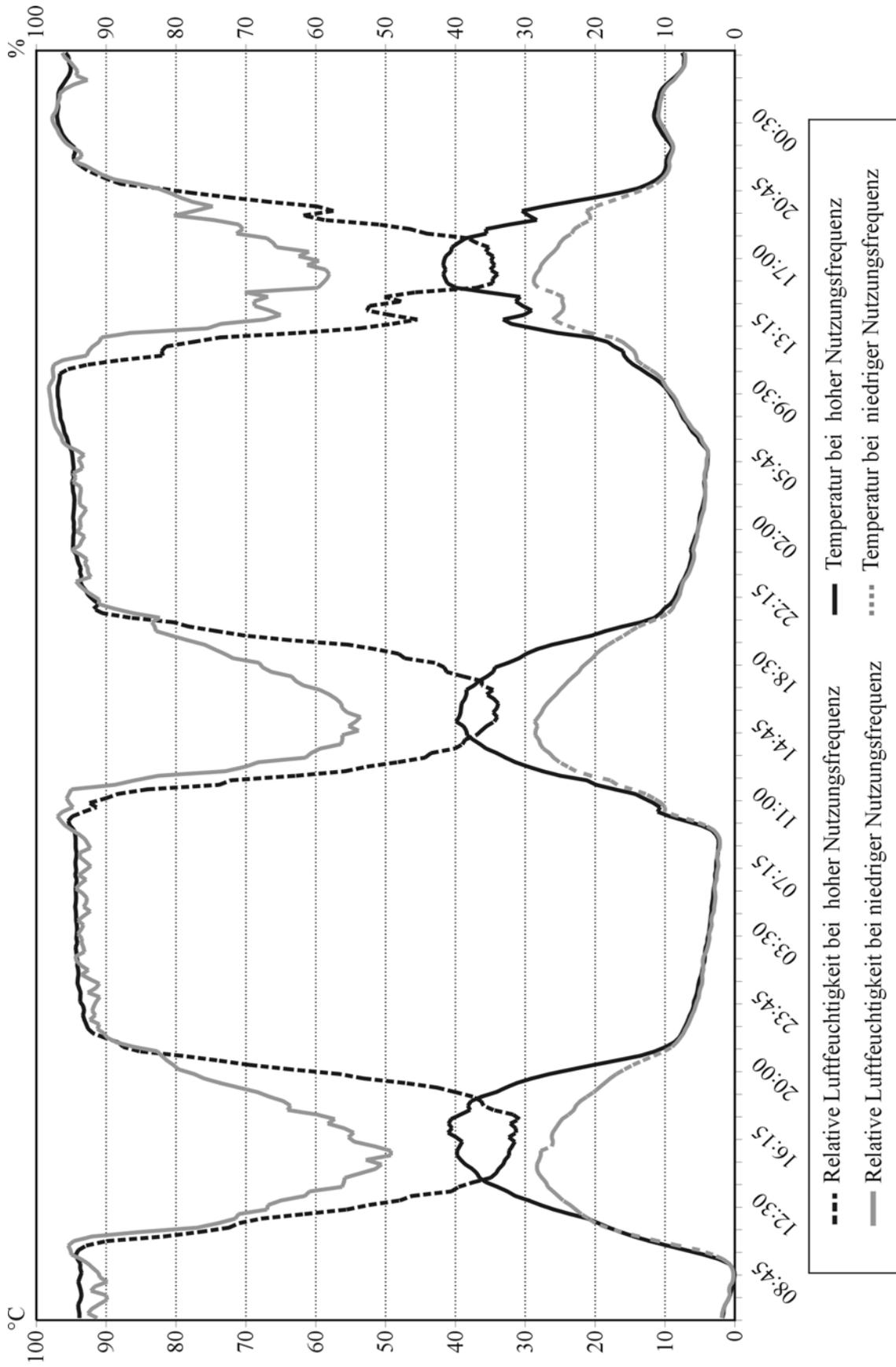
Anhangabb. 13: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) in den Narben von *Festuca rubra* im September 2005 (= 39. Woche)



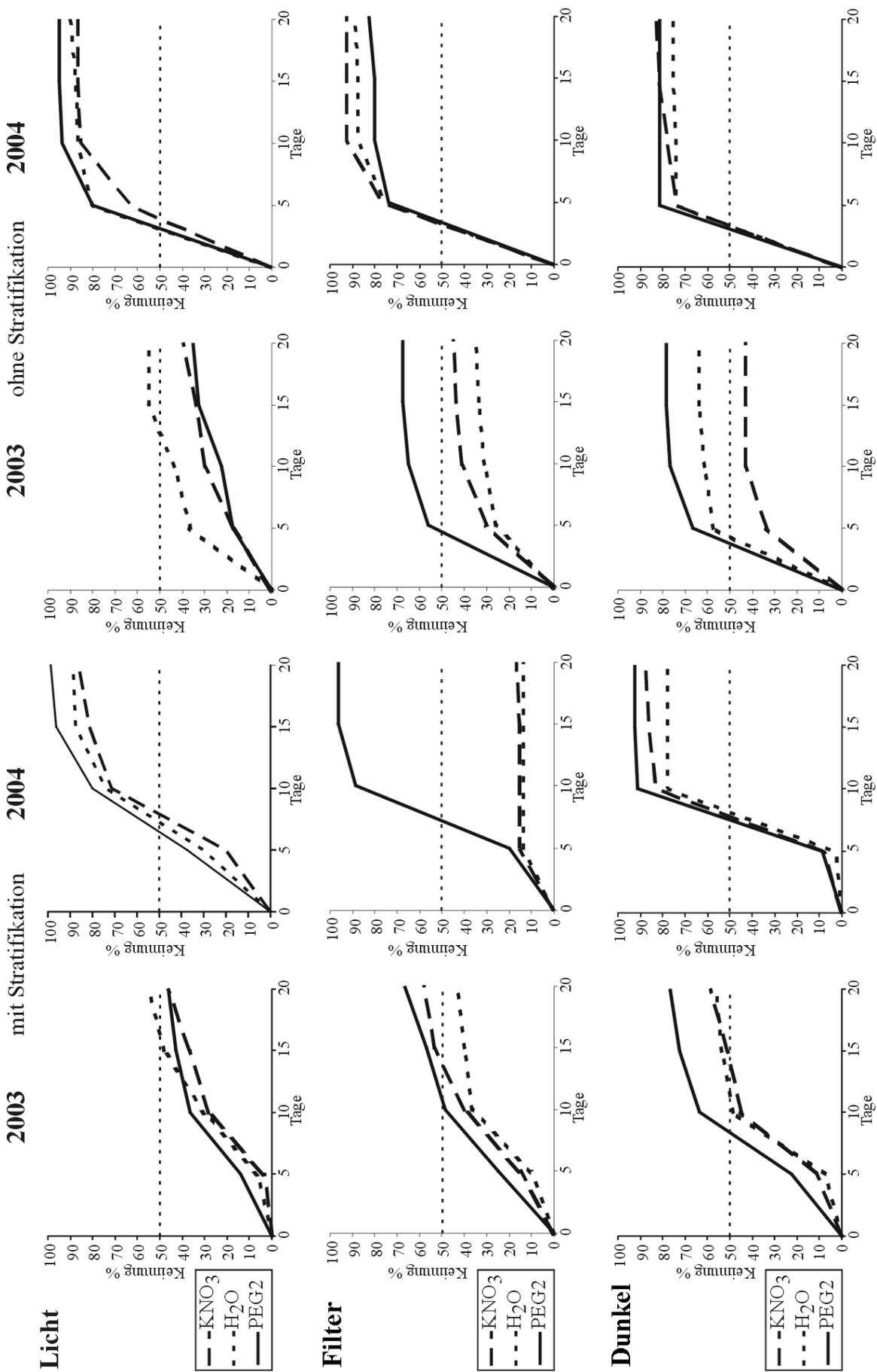
Anhangabb.14: Verlauf der Lichteinstrahlung ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) in den Narben von *Lolium perenne* im September 2005 (= 39. Woche)



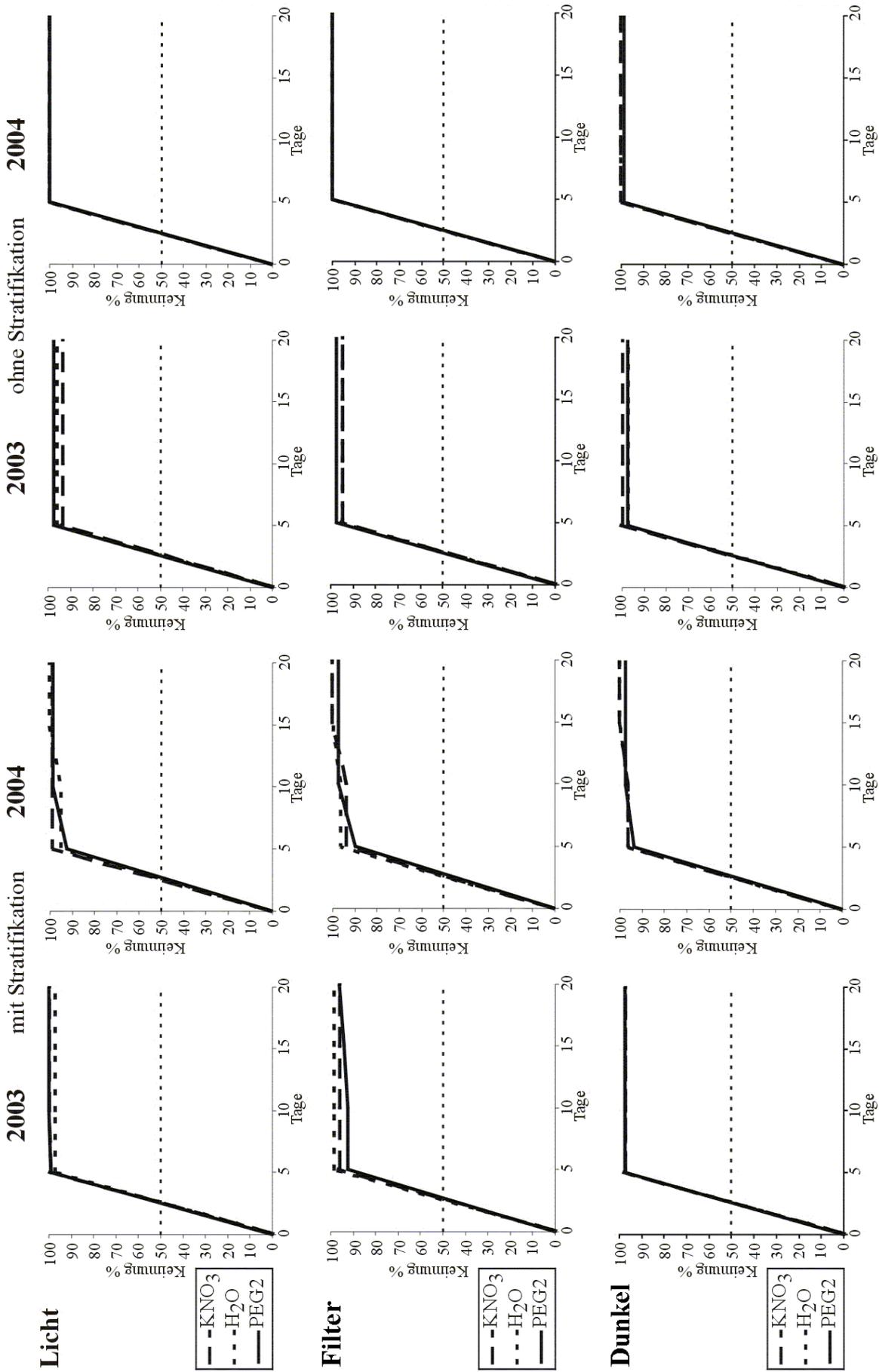
Anhangabb. 15: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in der Narbe von *Festuca rubra* im September 2005 (= 39. Woche)



Anhangabb. 16: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (%) und Temperatur (°C) in den Narben von *Lolium perenne* im September 2005 (= 39. Woche)



Anhangb. 17: Keimungsverlauf von *Bromus erectus*



Anhangb. 18: Keimungsverlauf von *Bromus hordeaceus*

2004

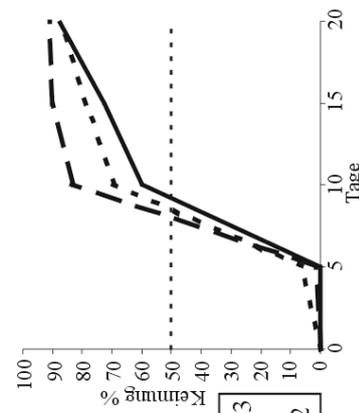
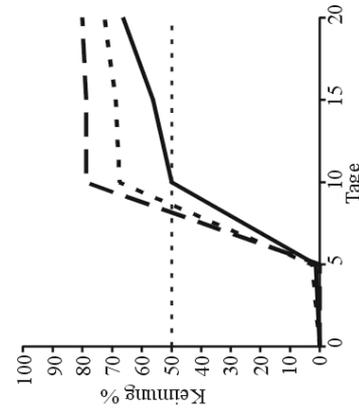
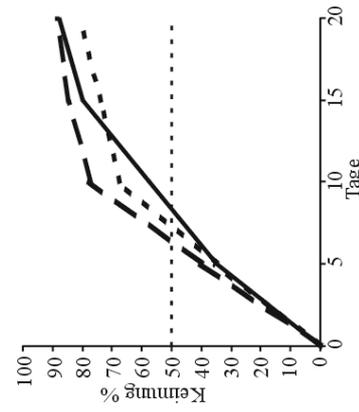
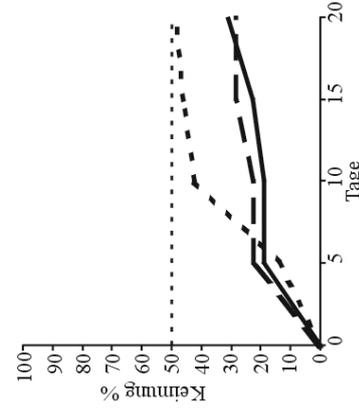
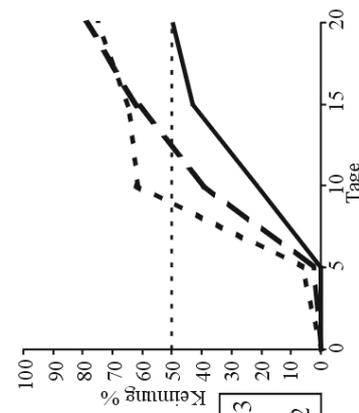
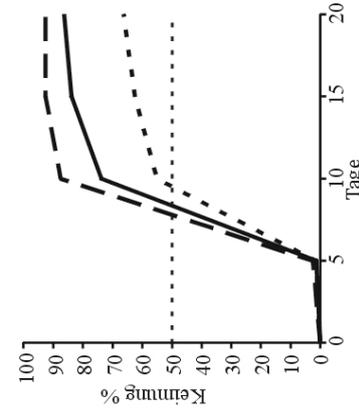
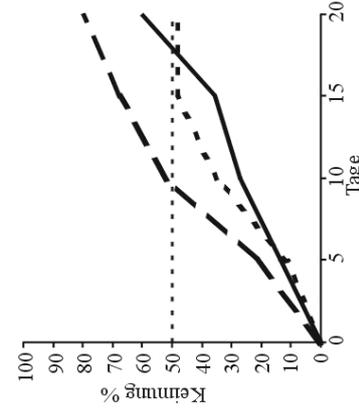
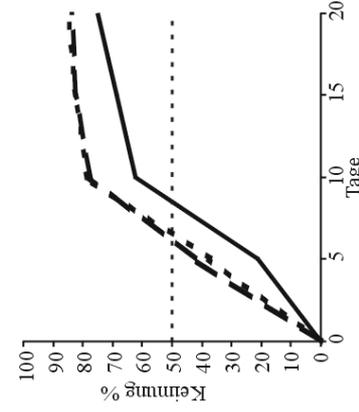
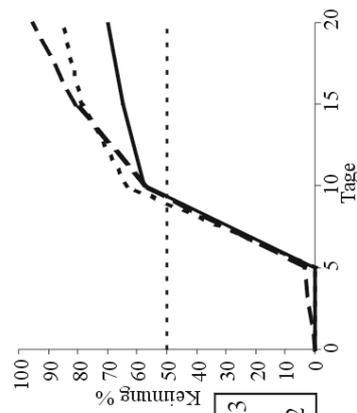
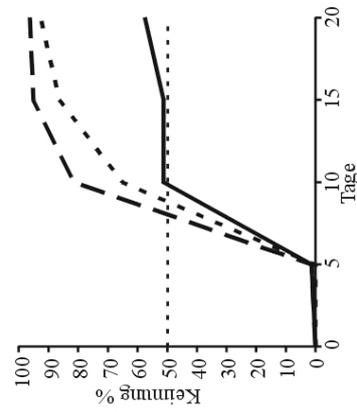
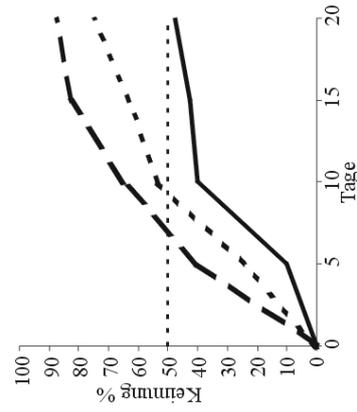
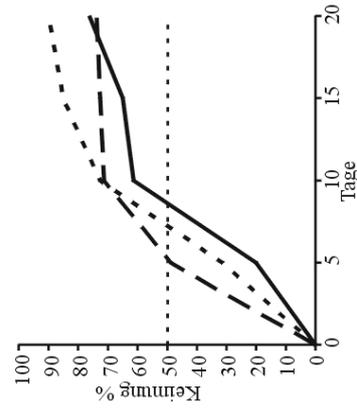
ohne Stratifikation

2003

2004

mit Stratifikation

2003



Licht



Filter



Dunkel



Anhangb. 19: Keimungsverlauf von *Galium mollugo*

2004

ohne Stratifikation

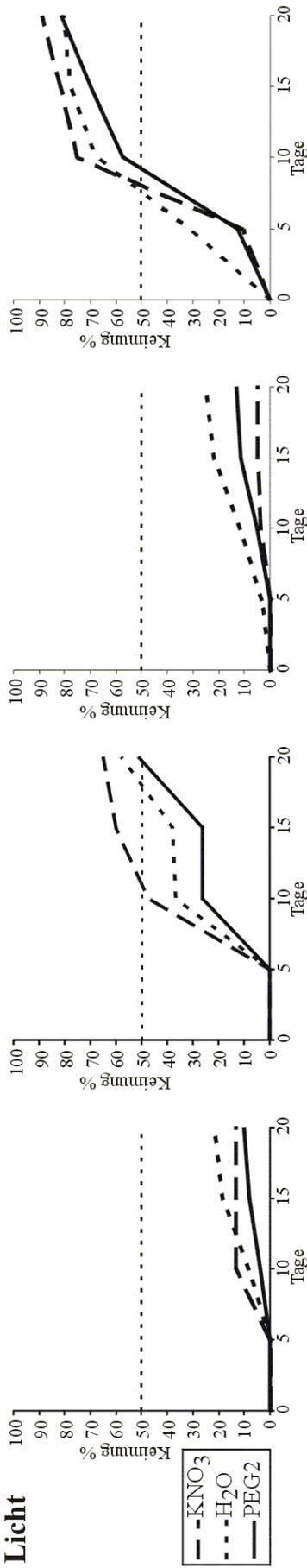
2003

2004

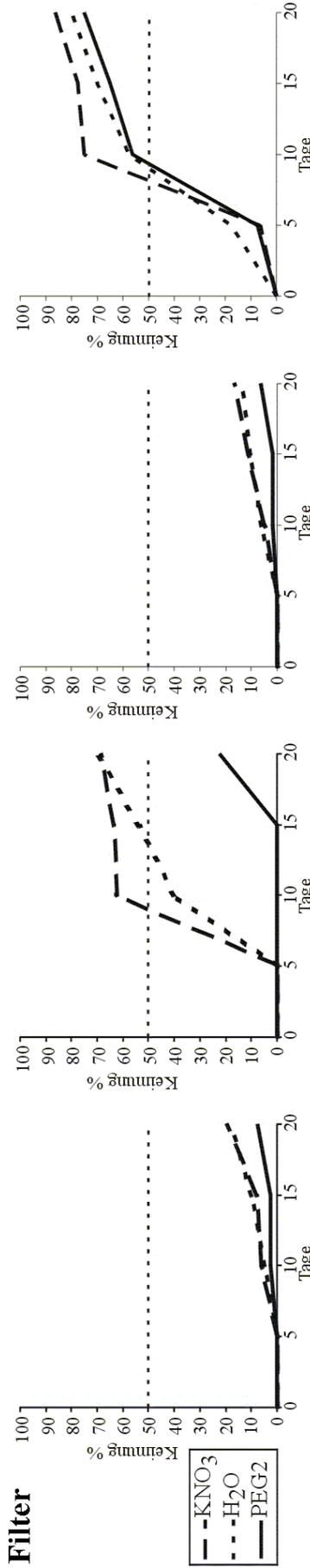
mit Stratifikation

2003

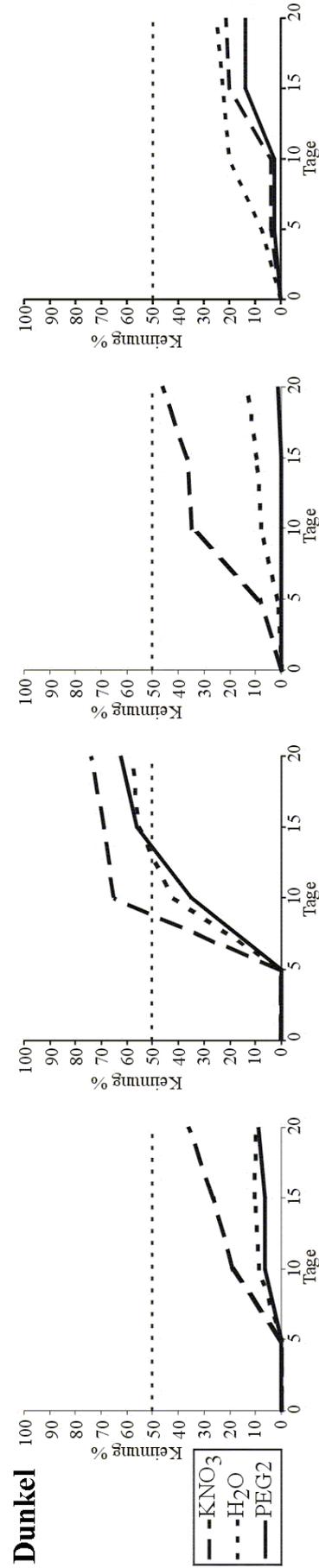
Licht



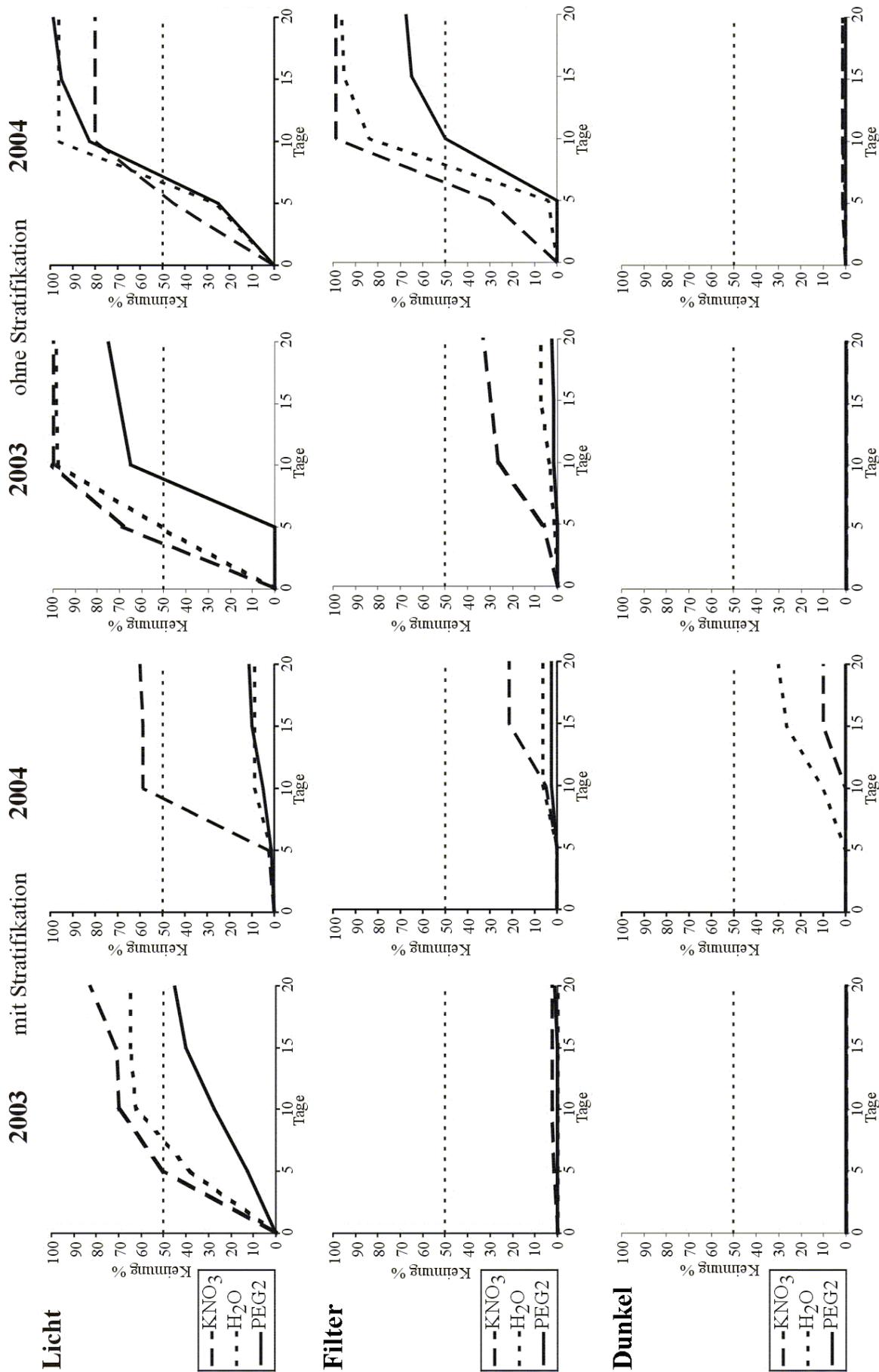
Filter



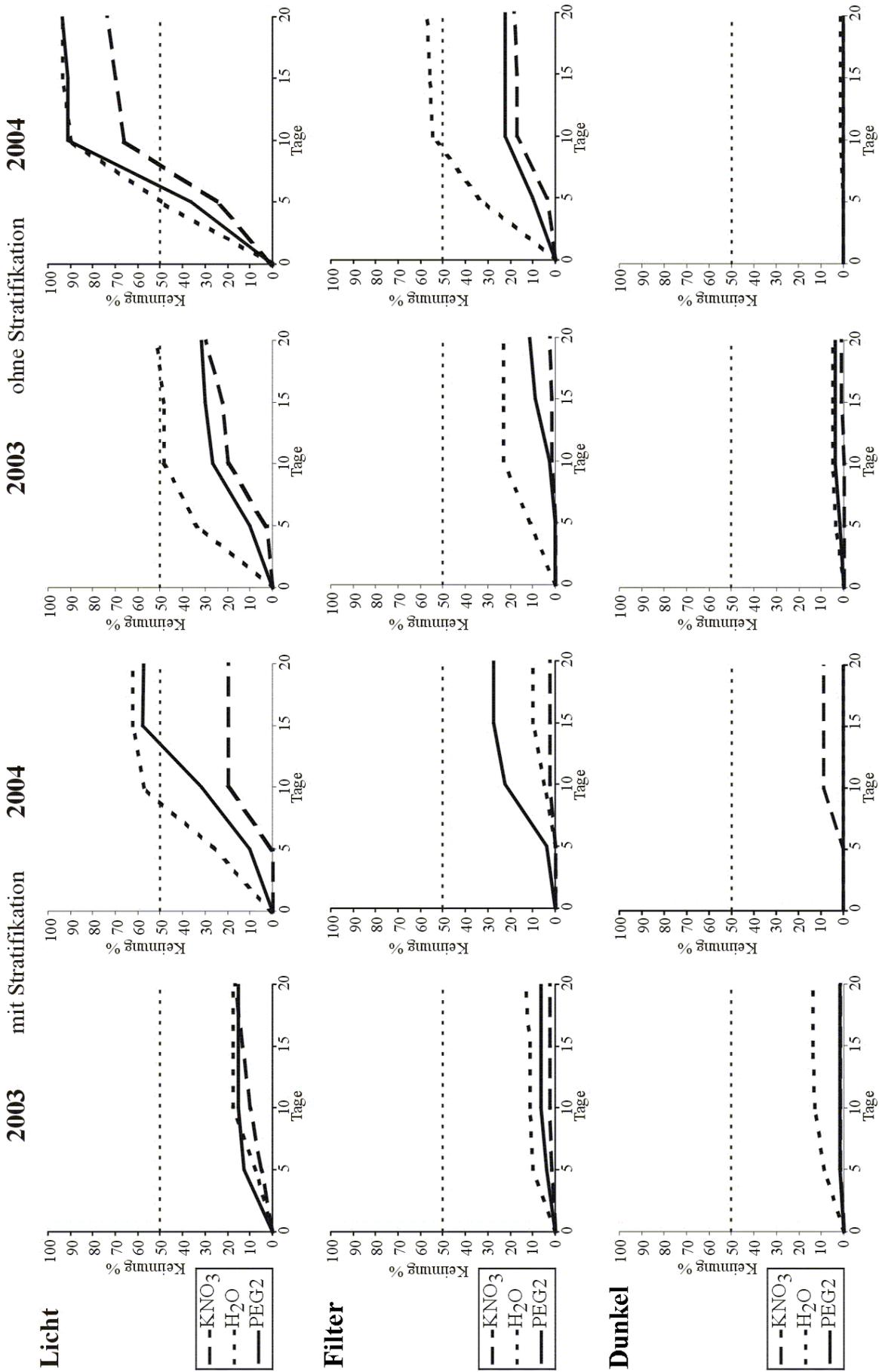
Dunkel



Anhangb. 20: Keimungsverlauf von *Galium verum*



Anhangb. 21: Keimungsverlauf von *Plantago major*



Anhangabb. 22: Keimungsverlauf von *Plantago media*

2004

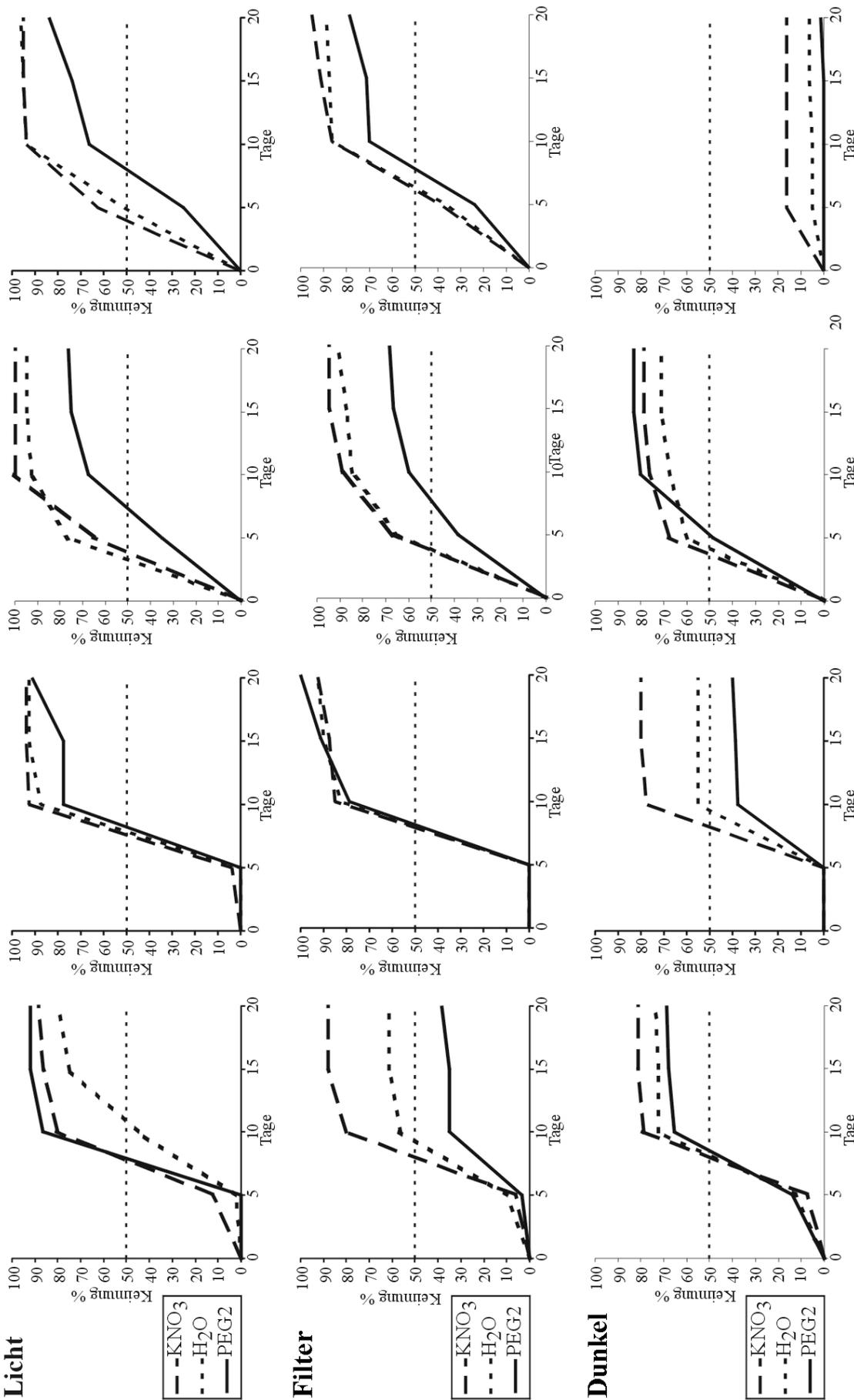
ohne Stratifikation

2004

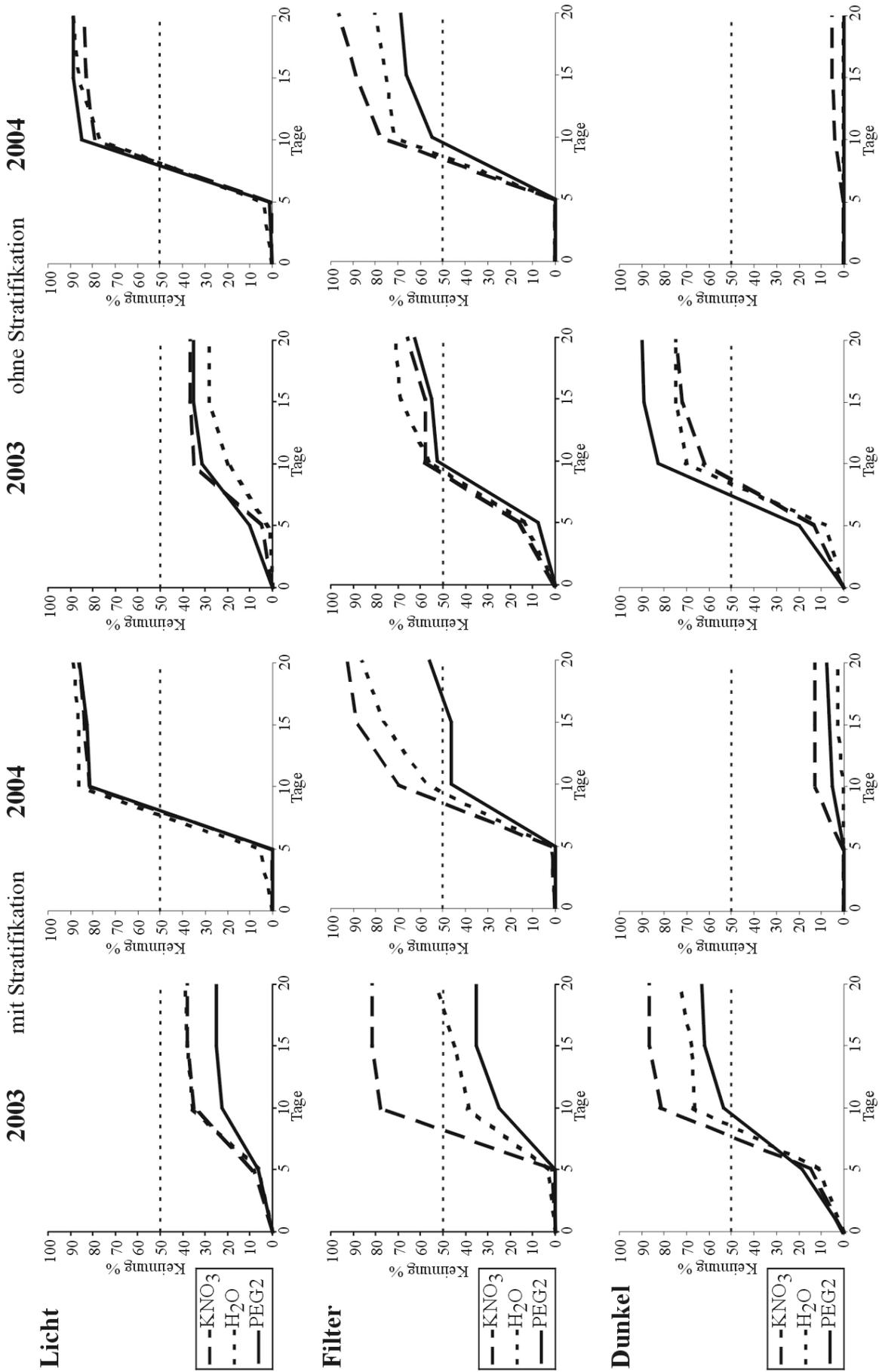
mit Stratifikation

2003

Licht



Anhangabb. 23: Keimungsverlauf von *Poa annua*



Anhangabb. 24: Keimungsverlauf von *Poa trivialis*

Lebenslauf

Name	Mazur, Przemysław
Geburtsdatum/Ort	05.07.1975 in Niemodlin/Śląsk (Polen)
1982-1990	Grundschule in Obrzycko (Wielkopolska)
1990-1995	Landwirtschaftliche Oberschule in Objezierze (Wielkopolska) Allgemeine Hochschulreife
1995-2001	Landwirtschaftliche Universität in Poznań (Wielkopolska), Fachrichtung Grünlandwirtschaft, Magisterprüfung
August - November 1998	Landwirtschaftliches Praktikum in der Schweiz.
Juli - August 1999	Praktikum in der Versuchsanstalt für Akklimatisation und Pflanzenzucht in Borowo/Czempiń (Wielkopolska)
2002	Praktikum Lebensmittelgroßhandel, EMGEPOL, Strzelce Opolskie (Śląsk)
2003-2006	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und Futterbau – der Justus-Liebig-Universität Gießen; Anfertigung der vorliegenden Arbeit, die im Normalverfahren von der Deutschen For- schungsgemeinschaft (DFG), Bonn, finanziell gefördert wurde

Mein Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz v. Boberfeld für die Überlassung des Themas, die fachliche Beratung und jederzeit gewährte Unterstützung dieser Arbeit;

Herrn Prof. Dr. G. Leithold für die freundliche Übernahme des Korreferats;

allen Mitarbeitern des Instituts in Gießen und der Versuchsstation in Linden-Forst für die gute Zusammenarbeit, insbesondere Gabriele Bartel und Andreas Goller für die gewissenhafte Unterstützung bei den experimentellen Arbeiten und für das gute Arbeitsklima;

meinen Kollegen und Freunden Katja Elsebach, Markus Kräling, Harald Laser, Edwin Mandler, Tim Mattern, insbesondere Michaela Neff für die gründlichen Korrekturarbeiten, Judith Oerlemans, Gerhard Schlimbach, Jörg Simon, Maik Sterzenbach, der mich vor allem am Beginn meines Aufenthaltes in Deutschland bei "Behördengängen" sehr unterstützt hat, für die technischen und fachlichen Hilfen, das angenehme Arbeitsklima und die schöne gemeinsame Zeit;

der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn, für die finanzielle Unterstützung der Arbeit im Rahmen des normalen Verfahrens;

meiner Familie und meiner Freundin Ania.