

Floristische Untersuchungen zur Düngeverträglichkeit von mesotrophem FFH-Grünland

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft,
Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW)

Versuchsbericht 1/2012

Dr. Melanie Seither, unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Karin King



Im Vordergrund: Skabiosen-Flockenblume (*Centaurea scabiosa*); Genkingen 2011.

Gefördert durch die Stiftung Naturschutzfonds



Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
Material und Methoden	5
Standorte	5
Versuchsdurchführung	6
Statistik	7
Ergebnisse und Diskussion	10
Nährstoffgehalte der Böden und Nährstoffzahl des Bestands.....	10
Bestandeszusammensetzung: zeitliche Entwicklung und Ähnlichkeit zwischen den Varianten.....	18
Artenzahl	21
Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen.....	27
Ertragsanteile von Mager- und Nährstoffzeigern.....	36
Kennarten der FFH-Lebensraumtypen	49
Zusammenfassung	54
Schlussfolgerung.....	56
Danksagung	57
Literatur.....	58

1 Einführung

Magere Flachland- und Bergmähwiesen sind artenreiche, blumenbunte Wiesen auf frischen bis leicht wechselfeuchten, mäßig nährstoffreichen Böden (Nowak und Schulz 2002) in planarer bis submontaner bzw. montaner Lage (LUBW 2009), die traditionell durch die Nutzung als Mähwiese hervorgegangen sind. Bei den mageren Flachland-Mähwiesen handelt es sich um Glatthaferwiesen (Verband Arrhenaterion), bei den Bergmähwiesen um Goldhaferwiesen (Verband Polygono-Trisetion); beide Wiesentypen zeichnen sich durch eine lebensraumtypische Artenzusammensetzung aus, die - je nach Standorteigenschaften und Bewirtschaftung – pflanzensoziologisch unterschiedlich ausgeprägt sein kann.

Im Rahmen des Rates der Europäischen Gemeinschaften wurde im Jahr 1992 eine Richtlinie zum Schutz natürlicher Lebensräume und wildlebender Tier- und Pflanzenarten (1992) erlassen. Ziel der Richtlinie ist der Aufbau eines zusammenhängenden Schutzgebietsnetzes in Europa (NATURA 2000). Die Flachland- und Bergmähwiesen gehören zu den unter Schutz gestellten Lebensraumtypen, für sie gilt daher ein Verschlechterungsverbot der ihres Erhaltungszustandes (Fauna-Flora Habitat (FFH)-Richtlinie 92/43/EWG des Rates, 1992).

Charakteristisch und artenreich ausgeprägt sind die Glatthaferwiesen und Goldhaferwiesen bei vorwiegender Düngung mit Stallmist und (meist) traditioneller Zwei-Schnitt-Nutzung. Intensivere Bewirtschaftung (frühere Schnittzeitpunkte, Erhöhung der Nutzungshäufigkeit und höhere Nährstoffgaben) führen zum Rückgang der (Kenn-) Artenvielfalt und kann zur Verschlechterung des Erhaltungszustands oder gar zum Verlust des FFH-Status führen. Eine Erhöhung der Nährstoffzufuhr fördert hochwüchsige Obergräser und Hochstauden, die durch Beschattung typische Arten der Gesellschaft verdrängen (Ellenberg 1982). In der heutigen Zeit fällt aufgrund von Änderungen in der Stallhaltung von Rindern vermehrt Gülle und nur noch in geringem Maße Festmist an. Wirtschaftsdünger enthalten Stickstoff in mineralischer, schnell Pflanzen-verfügbare Form als $\text{NH}_4\text{-N}$, und als organisch gebundener Stickstoff, der erst nach mikrobiellem Abbau verfügbar wird. Aufgrund des höheren Harnanteils in der Gülle im Vergleich zu Festmist ist die N-Wirksamkeit von Gülle deutlich höher als bei Festmist, mit entsprechend intensiverer Wirkung auf den Bestand. Vor allem für

Rinderhaltungsbetriebe mit hohem Anteil an FFH-Grünland stellt sich daher die Frage, ob eine Gülle-Düngung der FFH-Flächen möglich ist.

Ziel dieser Untersuchung war es daher zu klären, welche Auswirkungen Gülle auf die floristische Artenvielfalt von artenreichem Grünland mit FFH-Status hat. Verglichen wurden hierbei die Wirkung von Festmist, Gülle und Mineraldüngung - in Aufbringungsmengen gemäß des Infoblatts Natura 2000 (Tonn und Elsaesser, LAZBW Aulendorf, 2011) - mit entsprechender Gülle-Menge zum ersten Aufwuchs und einer ungedüngten Kontroll-Variante. Der Versuch wurde durch Herr Dr. Briemle angelegt, betreut wurde der Versuch bis 2009 von Herr Dr. Briemle und im Anschluss durch Frau Dr. Tonn.

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

Eine Übersicht über die Standortverhältnisse der drei Versuchsstandorte sowie die Bewirtschaftungsweise vor Beginn des Versuchs (aus Briemle 2007: verändert) gibt Tabelle 1 wider.

Tabelle 1: Standortverhältnisse, durchschnittliche Düngergabe 5 Jahre vor Versuchsbeginn und Nährstoffgabe durch Gülle-Düngung im Versuch.

	Dörzbach	Sonnenbühl-Genkingen	Furtwangen-Rohrbach
Naturraum & Standort	<ul style="list-style-type: none"> • Neckar- und Mainland • Jagsttal (350 m ü. NN) • Salbei-Glatthaferwiese auf Kalkbraunerde über Muschelkalk • Hanglage in Süd-Exposition 	<ul style="list-style-type: none"> • Schwäbische Alb • 850 m ü. NN • Storchschnabel-Goldhaferwiese auf Mergel-Rendzina über Weißjura • Ebene Lage 	<ul style="list-style-type: none"> • östlicher Schwarzwald • 1050 m ü. NN • Rotklee-Goldhaferwiese auf Ranker-Braunerde über Grundgebirge • An Süd-West-Hang gelegen
Bisherige Nutzungsintensität	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Hauptnutzungen: • Ende Mai: Heuschnitt • Mitte Juli: Silage-schnitt (Rundballen) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Hauptnutzungen: • Anfang Juli: Heuschnitt • September: Schafbeweidung 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Hauptnutzungen: • Ende Juni: Heuschnitt • Ende August: Öhmd oder Weide • Oktober: ggf. Nachweide
Bisherige organische Düngung und (absolute) Nährstoffgaben (2007)	jährlich: <ul style="list-style-type: none"> • Ende Oktober: 15 m³ Gülle (51/21/80) 	alle 2 Jahre: <ul style="list-style-type: none"> • im März: 100 dt/ha Pferdemist (50/38/126) 	jährlich: <ul style="list-style-type: none"> • ca. 14 m³, davon April + Aug.: je 7 m³/ha Gülle (48/20/74)
Bisherige mineralische Düngung, in kg/ha	alternativ zur Gülle: <ul style="list-style-type: none"> • jährlich März: 50 kg N als KAS • alle 3 Jahre: Nitrophoska 15/15/15 	<ul style="list-style-type: none"> • jährlich April: 1 dt KAS = 27 kg N/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • keine
Summe der bisherigen jährlichen Zufuhr von N, P ₂ O ₅ und K ₂ O; in kg ha ⁻¹ a ⁻¹	50/20/70	55/34/97	50/20/70
Versuchsbedingte jährliche Nährstoffzufuhr (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O) seit 2004 über Gülle; in kg ha ⁻¹ a ⁻¹	35/15/50 kg/ha ¹	25/10/35 kg/ha	25/10/35 kg/ha

¹ am Standort Dörzbach hatte die Gülle einen höheren N-Gehalt als in Genkingen und Furtwangen, daher wird dort ein höhere N-Zufuhr angesetzt

2.2 Versuchsdurchführung

Die **Düngungsvarianten** orientieren sich an den Vorgaben des Natura 2000 Infoblattes; der im Infoblatt empfohlenen späten Gülle-Ausbringung zum zweiten Aufwuchs wurde außerdem eine Ausbringung zum ersten Aufwuchs entgegengestellt. Folglich ergaben sich folgende Varianten:

- 1: Gülle-Düngung zum 1. Aufwuchs (Gülle Früh „GF“: 20 m³ *)
- 2: Festmist-Düngung gemäß MEKA G1 (100 dt/ha)
- 3: Gülle-Düngung zum 2. Aufwuchs („G“: 20 m³ *) gemäß MEKA G1
- 4: Mineraldüngung („M“: 35 kg P₂O₅, 120 kg K₂O) gemäß MEKA G1
- 5: Kontrolle („K“: keine Düngung)

* verdünnt auf 5% TS-Gehalt

Die Festmist- und Mineraldüngergabe erfolgte bis 2007 im Herbst und danach im Frühjahr. Bis 2008 erfolgte die Düngung der wüchsigeren Flachlandmähwiese am Standort Dörzbach (Ertragspotential von 40-70 dt/ha TM) im zweijährigen und die der weniger wüchsigen Bergmähwiesen in Genkingen und Furtwangen (Ertragserwartung: 30-60 dt/ha TM) im dreijährigen Turnus. Ab 2008 sollte die Düngung an allen drei Standorten einheitlich alle 2 Jahre - orientiert am Düngungsintervall der Flachlandmähwiese - erfolgen. Die Düngung im Jahr 2008 wurde jedoch vom Bewirtschafter am Standort Genkingen vergessen. Die tatsächlichen **Düngungstermine** der Standorte waren daher:

- Dörzbach: 2004, 2006, 2008, 2010
- Furtwangen: 2004, 2007, 2008, 2010
- Genkingen: 2004, 2007, 2009, 2011.

Die **Größe der Versuchsfächen** betrug je Standort 0.75 ha (fünf Varianten von je 50 x 30 m = 150 m²). Aus technischen Gründen war es nicht möglich, mehrere Wiederholungen anzulegen; es gab daher je Standort und Variante nur eine Wiederholung. Für die statistische Auswertung des Versuchs sollten die drei Standorte jeweils eine Wiederholung darstellen. Innerhalb jeder Untersuchungsfläche wurden in drei mittig liegenden fest installierten Teilflächen (unechte Wiederholungen; Erklärung sh. unten) von 25 m² Größe die vorkommenden Pflanzenarten und ihre Ertragsanteile an

der Trockenmasse (Klapp und Stählin 1936) geschätzt. Die **Pflanzenbestandsaufnahmen** erfolgten jährlich zur selben Bestandeshöhe zum ersten Aufwuchs: am wüchsigeren Standort Dörzbach war dies Mitte Mai und bei den höher gelegenen Standorten Genkingen und Furtwangen Anfang Juni. **Bodenproben** zur Bestimmung der Grundnährstoffgehalte (P_2O_5 , K_2O , Mg) wurden jährlich im Herbst in 0-10 cm Bodentiefe entnommen. Die Untersuchung von P_2O_5 und K_2O erfolgte über CAL-Extraktion und die von Mg über $CaCl_2$ -Extraktion entsprechend den Vorgaben des VDLufa (VDLUFA 1991). Die Bestimmung des pH-Werts erfolgte nach Suspension in Wasser (2004) bzw. $CaCl_2$ (2011). Zu Versuchsbeginn wurden außerdem Volumengewicht, Kohlenstoff, Humusgehalt, Gesamtstickstoff (nach Kjeldahl) und das C/N-Verhältnis des Bodens gemessen (Bestimmung des C-Gehalts nach WOESTHOFF mit dem "Coulomat 702" der Firma Ströhlein). Basierend auf den Ertragsanteilen der Arten und ihrer Nährstoff-Zahl (Ellenberg et al. 1992) wurde die gewichtete N-Zahl der Bestände berechnet.

2.3 Statistik

Bei der **statistischen Auswertung** mussten mehrere Punkte berücksichtigt werden: 1. bei den drei Teilflächen je Parzelle handelt es sich nicht um echte Wiederholungen (räumliche Pseudoreplikation); 2. die zeitlich wiederholte Erhebungen der Flächen über den Versuchszeitraum können ebenfalls nicht als voneinander unabhängig gelten (zeitliche Pseudoreplikation). Durch die Anwendung spezieller Modelle im Rahmen der statistischen Analyse wurde die Pseudoreplikation berücksichtigt, sodass die unechten Wiederholungen nicht als echte Wiederholung verrechnet wurden.

Der Test signifikanter Unterschiede basierend auf einer gemessenen Variable (**univariate Analyse**; für die Variablen Artenzahl und N-Zahl) erfolgte mit dem Programm R (R 2012). Es wurde ein lineares gemischtes Modell mit dem festen Faktor Düngung und der Plot-Identität als räumliche Pseudoreplikation (Nesting-Faktor) gerechnet. Auf signifikante Varianten-Unterschiede wurde (gegebenenfalls) mit dem Tukey-Test getestet.

Bei der Untersuchung der Vegetation werden **mehrere Antwortvariablen** auf eine Behandlung gleichzeitig – nämlich alle in den Aufnahme-parzellen vorhandenen Pflanzenarten - betrachtet. In diesem Fall kamen multivariate statistische Methoden (Analyse der Reaktion mehrerer Messvariablen auf die Behandlung) zur Anwendung,

die Veränderungen der Vegetationszusammensetzung als Summe der Veränderungen der einzelnen Pflanzenarten berücksichtigen. Die Untersuchung möglicher Veränderungen der Vegetation mit der Zeit und in Abhängigkeit von der Düngung wurde mit dem Programm Canoco (ter Braak und Šmilauer 1997-2004) durchgeführt. Für die Analysen wurde eine logarithmische Transformation der Ertragsanteile der Arten vorgenommen. Eine detrended correspondence analysis (DCA) ergab einen DCA-Gradient = 2.42, daher wurden **lineare Ordinationsmethoden** angewendet. Das Ziel von multivariaten Ordinationsmethoden ist es, einen (aufgrund vieler unterschiedlich reagierender Arten je Aufnahme) mehr-dimensionalen Raum auf einen in seiner Dimension reduzierten Raum, der die wichtigsten floristischen Zusammenhänge darstellt, abzubilden. Hierbei kommen indirekte und direkte Ordinationsmethoden zum Einsatz. Bei den **indirekten Methoden** (hier: die Hauptkomponentenanalyse PCA, principal component analysis) werden synthetische Achsen gesucht, welche - unabhängig von den Einflussvariablen – die Varianz in den Vegetationsaufnahmen, die als gewichtete Mittel der Artwerte vorliegen, am besten erklären. Bei den **direkten Methoden** (hier: die Redundanzanalyse RDA, redundancy analysis) werden die Aufnahmewerte so angeordnet, wie sie am besten durch eine Linearkombination der Einflussfaktoren abgebildet werden können (Leyer und Wesche 2008). Multivariate Analysemethoden dienen dazu, signifikante Variantenunterschiede in der Bestandeszusammensetzung festzustellen sowie Hinweise auf diejenigen Pflanzenarten zu bekommen, die auf die Düngung besonders stark reagierten bzw. deren Reaktion sich zwischen den Varianten signifikant unterschied. Hierzu wurden zum einen t-value biplots (basierend auf einer PCA) sowie principle response curves (Lepš und Šmilauer 2003) angewendet. Letztere ist eine Methode basierend auf einer RDA, bei der die Interaktionen der Düngungsvarianten x Versuchsjahre als (Einfluss-) Faktoren und die Jahre als Kovariablen eingehen. Dies ermöglicht den Fokus auf behandlungsspezifische zeitliche Effekte; die Analyse resultiert außerdem in einer Bewertung der Reaktionsstärke der Arten auf die genannten Effekte.

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurde ein starker **Standort-Effekt** deutlich: die Standorte unterschieden sich zum Teil stark in ihrer Vegetationszusammensetzung (so waren manche Arten nur an einem der Standorte zu finden), wodurch ein direkter Vergleich der Standorte erschwert und eine gemeinsame statistische Auswertung aller drei Standorte (hier identisch mit den Wiederholungen), wie ursprünglich beabsichtigt, nicht möglich war. Denn bestehen von vornherein Unterschiede

zwischen Wiederholungen, so kann hierdurch der Behandlungseffekt (hier: die Düngung) vom Standorteffekt überlagert werden. **Die Standorte wurden daher bei der Auswertung getrennt betrachtet.**

Im Laufe des Versuchs zeigte sich, dass **am Standort Genkingen verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen abweichend vom Versuchsdesign** vorgenommen wurden. Im Jahr 2007 kam es zur frühzeitigen Mahd (im April!), so dass zum Zeitpunkt der geplanten Kartierung keine vollständige Vegetationsaufnahme möglich war (entsprechende Aufnahmedaten in 2007 werden daher in der Auswertung nicht berücksichtigt). In 2009 kam es zur Verwechslung der Kontrolle mit der mineralischen Düngervariante; des Weiteren wurde die Kontrolle mit dem Güllefass befahren und dieses dort abgestellt (dies war durch kräftig grünen Aufwuchs an entsprechenden Stellen ersichtlich). Außerdem wurden partiell Bodenaufschüttungen auf der Versuchsfläche vorgenommen. Die Interpretierbarkeit der Ergebnisse am Standort Genkingen ist daher stark beeinträchtigt. Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse wurde daher zwar ein **Vergleich der Ergebnisse an den Standorten Dörzbach und Furtwangen** vorgenommen, diejenigen in **Genkingen wurden jedoch gesondert betrachtet.**

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Nährstoffgehalte der Böden und Nährstoffzahl des Bestands

Die Bodenparameter liegen in den für Grünland üblichen Bereichen (Tab. 2). Dörzbach ist der kalkreichste (pH = 7.3), Furtwangen der sauerste Standort (pH = 4.7, jeweils bezogen auf 2004). Zusammenhängend mit der höheren Bodendichte in Dörzbach (Volumengewicht von 1.2 vs. 0.9 und 0.7 in Genkingen und Furtwangen), wurde dort ein höheres C/N-Verhältnis fest gestellt (Briemle 2007). In Furtwangen findet sich der höchste Humus- (16-18%) und N_{gesamt} -Gehalt (0.7-0.8%): aufgrund der montanen Höhenlage (1050 m ü. NN) mit entsprechend kürzerer Vegetationszeit wird an diesem Standort die Aktivität der organische Masse zersetzenden Organismen im Vergleich zu Dörzbach und Genkingen eingeschränkter sein (Wildung et al. 1975).

Aufgrund von jährlichen Schwankungen im Bodennährstoffgehalt wurden die mittleren Bodennährstoffgehalte an P, K und Mg zu Beginn (Mittelwert der Jahre 2004-2006) und zu Ende des Versuchs (Mittelwert der Jahre 2009-2011) miteinander verglichen. Der pH-Wert veränderte sich im Vergleich dieser Zeiträume nicht oder nur geringfügig.

3.1.1 Furtwangen

Im Laufe des Versuchs nahmen in Furtwangen der P- (durchgehend von Gehaltsklasse B auf A) und der K-Gehalt (von Gehaltsklasse C auf Gehaltsklasse B o. C) ab, während sich die Mg-Gehaltsklasse im Laufe des Versuchs nicht veränderte. In der Gülle-Variante nahm der K-Gehalt (nicht jedoch der N- und P-Gehalt) etwas stärker ab als in den übrigen Varianten; in wie weit dies möglicherweise auf eine bessere Wüchsigkeit dieser Variante zurückzuführen ist, kann hier leider nicht geklärt werden, da in diesem Versuch keine Ertragsfeststellung durchgeführt wurde. Generell gelten Bestandeswertzahlen als besser geeignet zur Beurteilung der tatsächlich pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte, denn meist wird nur ein geringer Anteil der Nährstoffe im Laufe der Vegetationsperiode pflanzenlöslich und des Weiteren ist eine negative Korrelation zwischen dem gemessenem Bodennährstoffgehalt und der tatsächlichen Verfügbarkeit infolge unterschiedlicher Ertragsleistung möglich (Klapp 1965).

Die **N-Zahl**, welche die Nährstoffversorgung des Bestands anzeigt, unterschied sich zwar zu Beginn des Versuchs zwischen den Varianten (Abb. 1, $P = 0.021$), 2011 waren jedoch – trotz vergleichsweise niedrigen Werte der Kontrolle - keine Varianten-Unterschiede nachweisbar. Die N-Zahl unterschied sich über die gesamte Versuchszeit nur sehr wenig zwischen den Varianten und nahm bei allen Varianten von 2004 bis 2011 leicht ab (im Mittel über die Varianten um 0.5; Abb. 1). Eine Ausmagerung aller Varianten war auch schon in 2007 zu erkennen und kann mit der um etwa zur Hälfte niedrigeren Düngergabe in den Versuchsvarianten (Tab. 1) im Vergleich zur bisherigen Bewirtschaftung erklärt werden (Briemle 2007). Eine abnehmende Nährstoffverfügbarkeit zeigt sich langfristig in einer Abnahme nährstoffliebender Arten, die meist einen hohen Futterwert aufweisen. So erstaunt es nicht, dass auch die Futterwert-Zahl sich zwischen den Varianten nur geringfügig unterschied und im Laufe des Versuchs in allen Varianten abnahm (Abb. 2).

3.1.2 Dörzbach

In Dörzbach nahmen - mit Ausnahme der mineralisch gedüngten Variante - die P-Gehalte stärker ab als in Genkingen und Furtwangen (Tab. 2), vermutlich begründet durch eine höhere Ertragsleistung aufgrund einer besseren Nährstoffversorgung sowie einer längeren Vegetationsperiode des niedriger gelegeneren Dörzbach (350 vs. 850 und 1050 m ü. NN in Genkingen und Furtwangen). Der K-Gehalt des Bodens nahm leicht ab, fiel jedoch nicht unter die Gehaltsklasse C, während der Mg-Gehalt sich im Laufe des Versuchs nur unwesentlich veränderte und sich zu Versuchsbeginn und -ende in Gehaltsklasse E befand.

Die **N-Zahl** lag in Dörzbach deutlich niedriger als in Genkingen und Furtwangen ($P = 0.004$; Abb. 1), übereinstimmend mit dem höherem C/N-Verhältnis und niedrigerem N_{gesamt} -Gehalt des Bodens. Die N-Zahl lag zwar bei beiden Gülle-Varianten gegenüber den übrigen gedüngten Varianten und vor allem der Kontrolle höher, unterschied sich jedoch weder 2004 noch 2011 signifikant zwischen den Varianten. Auffällig ist eine kurzfristige Abnahme der N-Zahl aller Varianten im Jahr 2007, zusammenhängend mit einem Rückgang der Nährstoff-zeigenden Gräser *Dactylis glomerata* (N-Zahl = 6) und *Lolium perenne* (N-Zahl = 7) u. a. zugunsten der Leguminosen *Lotus corniculatus* (N-Zahl = 3) und *Trifolium pratense* (sh. Abb. 1). Stärkere Schwankungen in der Bestandeszusammensetzung, unter anderem witterungsbedingt, sind bei

langfristig angelegten Vegetationsuntersuchungen oft zu beobachten (Briemle 2007). Die abnehmende N-Zahl aller Varianten – v. a. jedoch der Kontrolle - über die Versuchsdauer deutet auf eine Ausmagerung hin. Der Futterwert schwankte zwischen den Versuchsjahren, unterschied sich aber nur wenig zwischen den Varianten. Gegen Ende des Versuchs fielen die mineralisch gedüngte und die Kontroll-Variante durch etwas niedrigere Werte als die übrigen Varianten auf; diese Unterschiede waren jedoch nicht statistisch nachweisbar.

3.1.1 Genkingen

Die P- und K-Gehalte fielen in allen Varianten von Versuchsbeginn bis zum -ende etwa in gleichem Maße und resultierten im Mittel über die Varianten in die P-Gehaltsklasse A (ggb. Gehaltsklasse B zu Beginn) und K-Gehaltsklasse B (ggb. Gehaltsklasse C zu Beginn). Der Mg-Gehalt der Böden lag im anzustrebenden Bereich (Gehaltsklasse C) und blieb während des Versuchs relativ konstant.

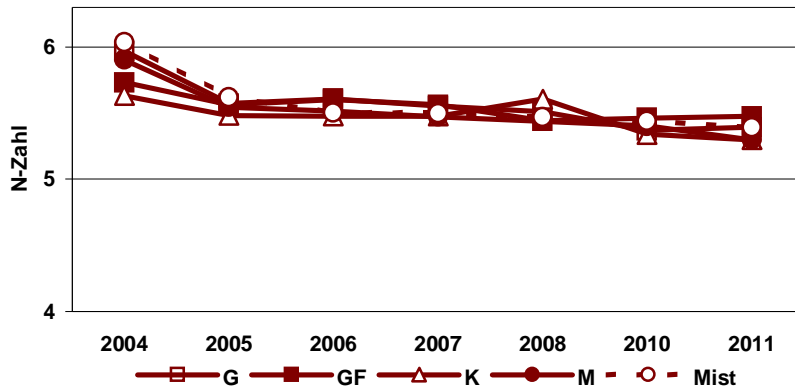
Die N-Zahl schwankte stark über die Versuchsdauer, besonders im Jahr 2010 war sie in allen Varianten vergleichsweise niedrig (Abb. 1), zusammenhängend mit einer starken Zunahme des Zottigen Klappertopfs (*Rhinanthus alectorolophus*), eines N-Armutszeigers (N-Zahl = 3), der sich vermutlich infolge der Trockenheit 2010 und einem damit zusammenhängenden Rückgang konkurrenzstärkerer Gräser etablieren konnte. Zu Beginn des Versuchs bestanden zwar noch Varianten-Unterschiede in der N-Zahl ($P = 0.019$, Abb. 1), 2011 waren diese jedoch nicht mehr gegeben; die N-Zahl deutete – im Gegensatz zu den beiden anderen Standorten – nicht auf eine Ausmagerung einer der Varianten hin. Die Kontrolle wies tendenziell niedrigere Werte als die gedüngten Varianten auf, ein Hinweis auf geringere Nährstoffversorgung durch die Aussetzung der Düngung. Vergleicht man die Vorher-Nachher-Werte der einzelnen Varianten, so **findet sich kein Hinweis auf eine höhere N-Versorgung der Gülle- im Gegensatz zu den übrigen Varianten**: die N-Zahl beider Gülle-Varianten liegt 2011 im gleichen Bereich wie zu Beginn des Versuchs, während bei der Mist- und in stärkerem Maße der mineralisch gedüngten Variante ein Anstieg der N-Zahl zu erkennen ist. Dies erstaunt zunächst, da es bei der mineralischen Düngung keine und bei der Mist-Variante eine etwas geringere N-Gaben erfolgte. Die häufige Bezeichnung der N-Zahl als Stickstoff-Zahl ist hier etwas irreführend: denn das Vorkommen von Pflanzen wird durch denjenigen Nährstoff (bzw. das Spurenelement)

gefördert, der im Minimum vorliegt, so kann es an Standorten mit eingeschränkter P-Verfügbarkeit zu einer Zunahme der N-Zahl des Bestands durch P-Düngung kommen. Da das Vorkommen von Pflanzen jedoch nicht ausschließlich durch das Nährstoffangebot, sondern auch andere Faktoren wie Wasserversorgung, pH-Wert etc. beeinflusst wird, kann eine Veränderung der N-Zahl des Bestands auch durch andere Faktoren als die Nährstoffversorgung ausgelöst sein (Chytrý et al. 2009). Die Futterwertzahl folgte in etwa dem Muster der N-Zahl; die Variantenunterschiede im Futterwert in 2010 spiegelten die Unterschiede im Klappertopfanteil der Varianten (Abb. 12) gut wieder.

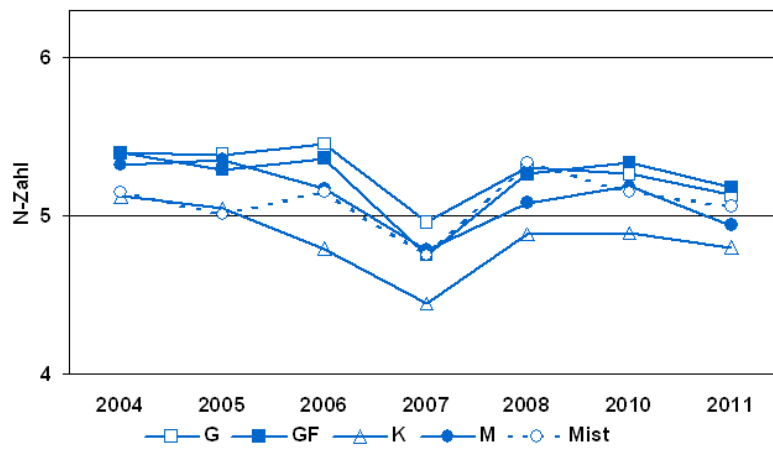
Tabelle 2: Bodenwerte (C, Humus, N_{gesamt}: in %; N_{min}: in kg/ha) zu Beginn (2004-2006: 04-06) und Ende des Versuchs (2009-2011: 09-11; jeweils als Mittelwert über die Jahre dargestellt) sowie Differenzen (Diff.) im Gehalt von P₂O₅, K₂O und Mg (in mg/100 g TS) zwischen diesen Zeiträumen.

		Dörzbach					Furtwangen					Genkingen				
	Jahr	K	M	Mist	G	GF	K	M	Mist	G	GF	K	M	Mist	G	GF
C	2004	8.3	9.0	9.4	9.0	8.0	9.2	10.3	10.3	10.7	9.6	8.0	7.8	5.8	7.0	6.4
Humus		14	15	16	16	14	16	18	18	18	16	14	13	10	12	11
N _{ges}		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6
C/N		16.9	19.6	19.2	19.2	16.9	13.2	13.6	12.6	13.5	11.5	12.0	12.7	12.2	12.0	11.7
Vol-Gewicht		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
N _{min}	2005	4.0	5.0	5.0	5.0	6.0	2.7	2.7	3.2	2.7	2.7	7.0	5.0	5.0	4.0	4.0
pH-Wert	04-06	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	4.6	4.7	4.7	4.6	4.7	6.3	6.1	6.0	6.2	6.1
	09-11	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	4.6	4.8	4.7	4.6	4.7	6.2	6.1	5.8	6.1	6.0
P ₂ O ₅	04-06	27.7	28.3	34.7	34.0	36.0	6.4	5.9	7.2	6.1	6.3	5.6	4.9	5.1	4.7	4.3
	09-11	17.7	28.0	22.0	22.0	29.0	3.1	3.2	4.0	2.9	3.5	3.2	2.3	1.9	1.8	2.3
	Diff.	-10	0	-13	-12	-7	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2
K ₂ O	04-06	21.7	19.0	26.3	22.7	18.3	18.7	21.7	22.7	25.3	21.0	14.3	16.7	16.3	17.7	15.7
	09-11	20.3	24.0	20.3	19.0	18.3	12.0	14.7	16.0	14.0	16.0	10.3	13.3	11.7	13.3	15.0
	Diff.	-1	5	-6	-4	0	-7	-7	-7	-11	-5	-4	-3	-5	-4	-1
Mg	04-06	33.0	28.0	28.0	29.0	26.0	19.7	23.0	21.3	22.0	20.0	13.3	14.0	13.3	13.0	13.7
	09-11	29.7	27.7	29.3	29.7	25.7	17.7	28.3	21.3	19.0	21.7	10.7	12.3	12.3	10.7	12.0
	Diff.	-3	0	1	1	0	-2	5	0	-3	2	-3	-2	-1	-2	-2

Furtwangen



Dörzbach



Genkingen

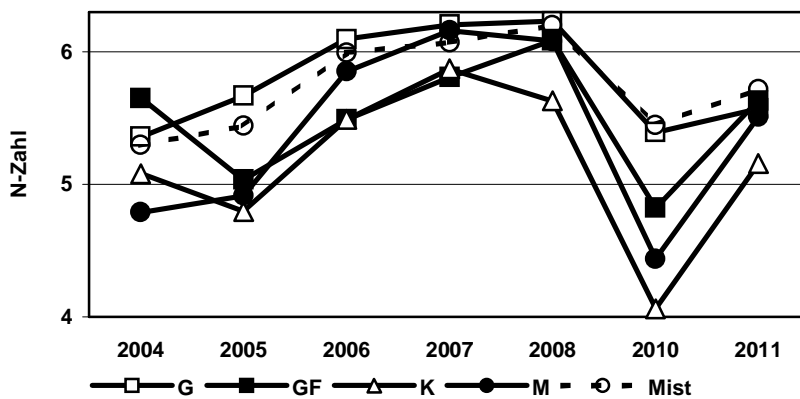
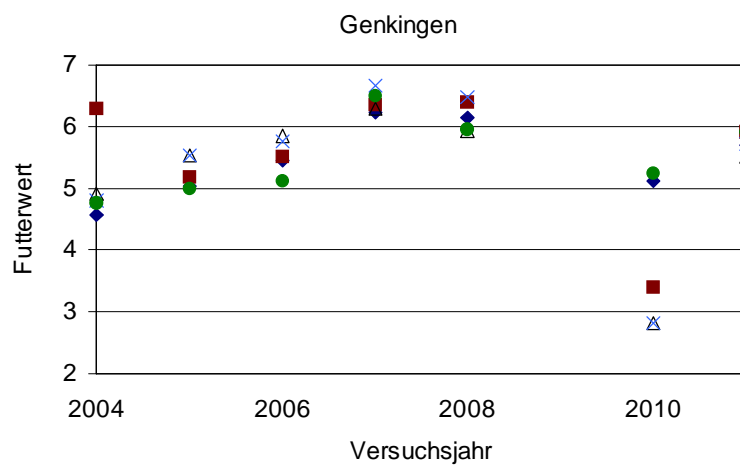
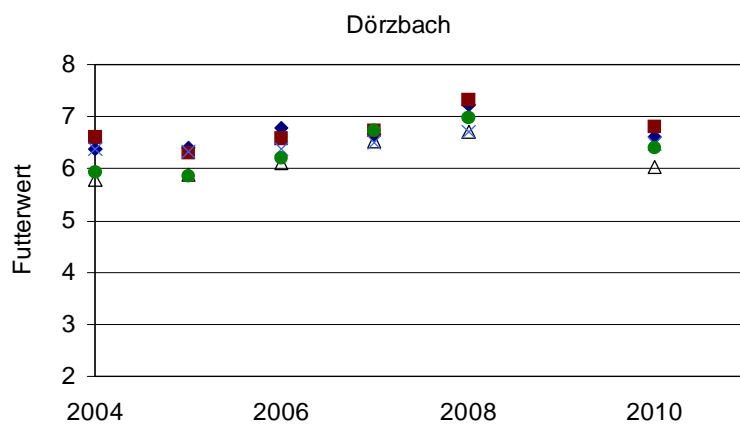
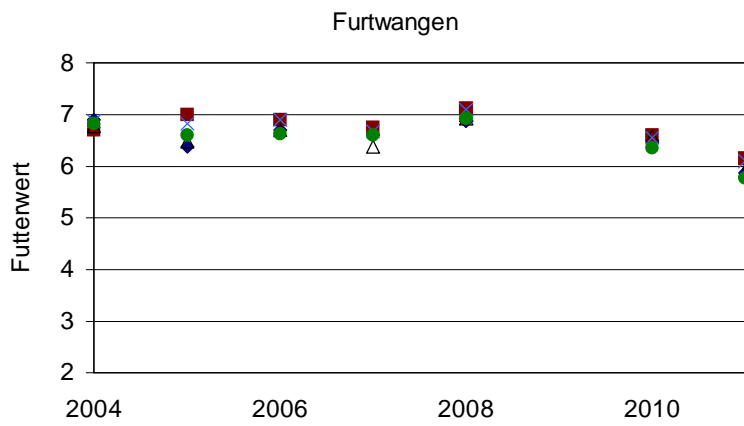


Abbildung 1: Entwicklung der N-Zahl des Bestands über die Versuchsjahre bei unterschiedlicher Düngung (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) an den drei Standorten.



◆ G ■ GF △ K × M ● Mist

Abbildung 2: Entwicklung der Futterwert-Zahl des Bestands über die Versuchsjahre bei unterschiedlicher Düngung (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) an den drei Standorten.

3.2 Bestandeszusammensetzung: zeitliche Entwicklung und Ähnlichkeit zwischen den Varianten

3.2.1 Furtwangen

Die Düngevarianten unterschieden sich signifikant hinsichtlich der Entwicklung der **Vegetationszusammensetzung** über die Versuchsdauer von 2004 bis 2011 ($P = 0.038$). Dies resultierte jedoch nicht in signifikanten Unterschieden der Varianten in ihrer Bestandeszusammensetzung zu Versuchsende in 2011.

Als Hinweis auf Unterschiede in der Vegetationszusammensetzung zwischen den Varianten wurde der **Bray-Curtis Unähnlichkeitskoeffizient** erhoben. Dieser schwankt zwischen 0 (vollständige Übereinstimmung der Vegetationszusammensetzung) und 1 (maximale Unähnlichkeit). Er berücksichtigt sowohl das Arteninventar als auch die Ertragsanteile der vorhandenen Arten und ist somit ein quantitatives Ähnlichkeitsmaß (Leyer und Wesche 2008). Die höchste Zunahme der Unähnlichkeit mit 0.06 von 2004 bis 2011 findet sich zwischen der Mist- und der Kontroll-Variante, was auf die stärkere Abnahme von Nährstoffzeigern in der letzteren (Abb. 15) zurückzuführen sein könnte. Bei anderen Varianten lag der Anteil an Nährstoffzeigern zwischen dem der Kontrolle und der Mist-Variante. Zwischen den zwei Gülle-Varianten sowie den Gülle-Varianten und der mineralisch gedüngten Variante (die also keinerlei N-Düngung erhielt!) nahm die Ähnlichkeit mit der Zeit am stärksten zu: dies ist ein deutliches Indiz dafür, dass sich die höhere **N-Wirkung durch Gülle-Düngung – unabhängig ob zum ersten oder zweiten Aufwuchs - an diesem Standort nicht nachteilig für die Vegetation zeigte**. Aufgrund der im Vergleich zu den übrigen Varianten höchsten Nährstoffverfügbarkeit der zwei Gülle-Varianten wäre die größte Unähnlichkeit zwischen diesen und der Kontroll-Variante zu erwarten gewesen. Jedoch überrascht es nicht, dass sich im Vergleich von Mist- und mineralischer Düngung kaum Unterschiede in der Vegetationsentwicklung ergaben, da bei der Festmist-Düngung aufgrund des hohen Anteils an organisch gebundenem N nur mit einer langsamen N-Freisetzung und somit geringen kurzfristigen N-Düngewirkung zu rechnen ist.

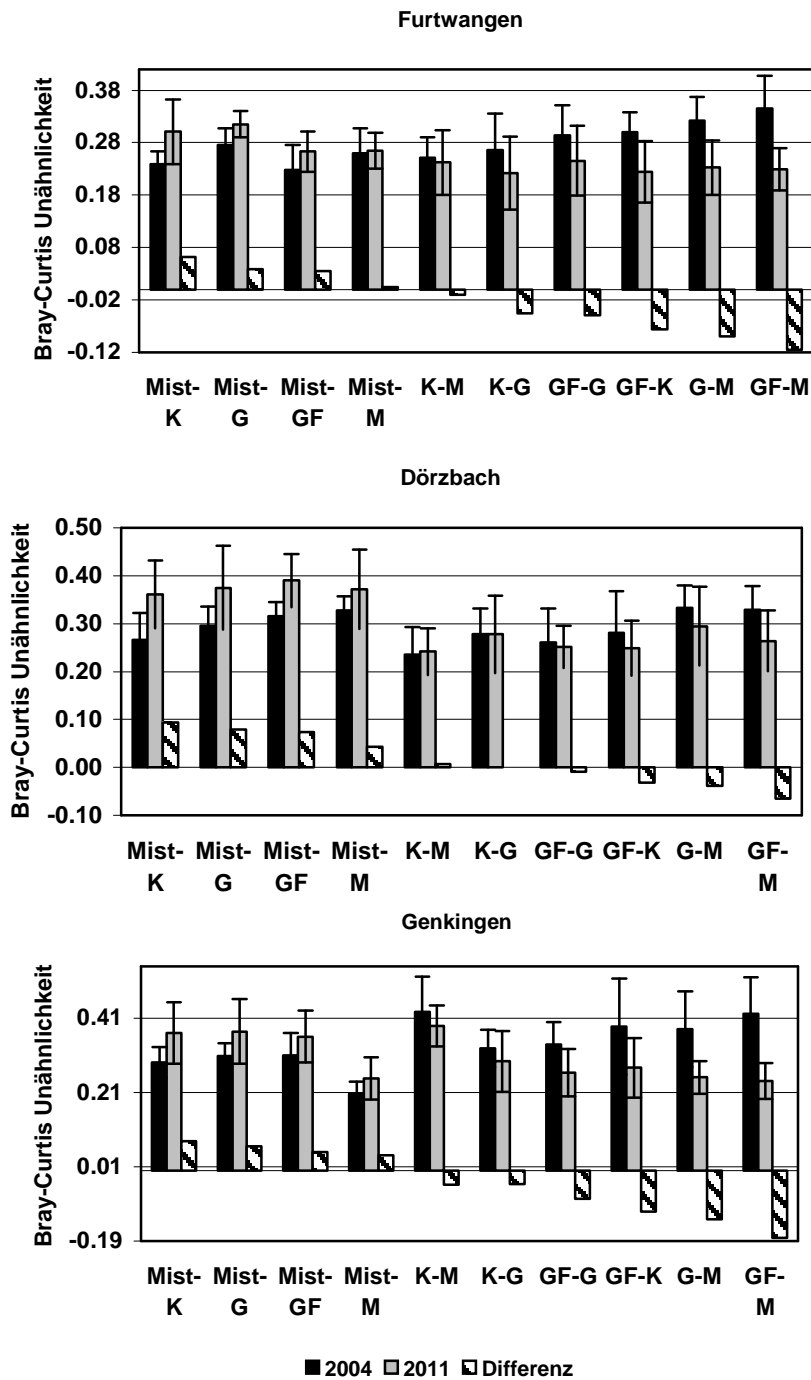


Abbildung 3: Bray-Curtis Unähnlichkeit zwischen den Varianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in 2004 und 2011 sowie die Differenz zwischen beiden Jahren (positive Werte stehen für zunehmende Unähnlichkeit, negative für zunehmende Ähnlichkeit).

3.2.2 Dörzbach

Es gab keine signifikante Veränderung der **Bestandeszusammensetzung** der Düngevarianten über die Versuchszeit; die Varianten unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Zusammensetzung zu Versuchs-Ende.

Ein Vergleich des Bray-Curtis-Index zeigte, dass die Kontrolle sowie (in geringerem Maße) beide Gülle- und die mineralisch gedüngte Variante der Mist-Variante im Laufe des Versuchs unähnlicher wurden. Die Ähnlichkeit der Frühjahrsgülle-Variante zur Kontrolle und beider Gülle-Varianten zur mineralisch gedüngten Variante nahm – ebenso wie am Standort Furtwangen - zu. Dies sowie nur geringfügige Unterschiede in der Ähnlichkeit der Gülle- und Kontroll-Variante zu Beginn und Versuchs-Ende **deuten darauf hin, dass die N-Wirkung beider Gülle-Varianten nicht zu Veränderungen der Bestandeszusammensetzung am Standort Dörzbach führte.** Wie zu erwarten, ergaben sich kaum Unterschiede zwischen der Kontrolle sowie der mineralisch gedüngten Variante sowie zwischen den beiden Gülle-Varianten untereinander.

3.2.3 Genkingen

Unterschiedliche Düngung hatte am Standort Genkingen keine signifikanten Unterschiede in der Bestandeszusammensetzung zur Folge. Auch eine von der Düngung unabhängige gerichtete zeitliche Entwicklung konnte nicht festgestellt werden, obwohl das Vorkommen mancher Pflanzenarten zu Versuchs-Ende signifikant mit einer oder mehreren der Düngevarianten in Zusammenhang gebracht werden konnte (Tab. 6).

Die größte **Unähnlichkeit** im Vergleich von 2004 mit 2011 war – wie auch an den beiden anderen Standorten - zwischen der Mist- und Kontroll-Variante und nachfolgend zwischen der Mist-Variante und den übrigen Varianten festzustellen. Zunehmend ähnlicher wurden sich beide Gülle-Varianten, Frühjahrsgülle-Variante und Kontrolle sowie – in stärkstem Maße – beide Gülle-Varianten zu der mineralisch gedüngten Variante. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit denen der beiden anderen Standorte und **deuten nicht auf einen Zusammenhang zwischen der N-Düngewirkung und der Bestandeszusammensetzung der Varianten hin.**

3.3 Artenzahl

Im Folgenden wird die Veränderung der **Artenzahl** der Varianten zwischen Versuchsbeginn und -ende (2004 und 2011; Abb. 4) verglichen sowie die neu hinzugekommenen und verschwundenen Arten betrachtet. Bei diesen wurde verglichen, ob Arten die in mindestens einem der Jahre zu Beginn des Versuchs (2004-2005) mindestens in einem der Jahre zu Ende des Versuchs (2009-2011) wiederaufgefunden wurden (Tab. 3). Dies soll einer Überbewertung vermeintlich verschwundener unscheinbarer Arten (nicht blühende Gräser; seltene bzw. kleinwüchsige und daher leicht übersehbare Arten) verhindern. Es ist jedoch daher bei einer Artenzahlveränderung von 2004 auf 2011 basierend auf Tabelle 3 kein direkter Rückschluss möglich, um welche Arten es sich dabei handelt .

3.3.1 Furtwangen

Zu Beginn wies die Kontrolle eine signifikant höhere Artenzahl auf als die Gülle- und Mist-Variante ($P = 0.037$). Durch den ausschließlichen Artenrückgang in der Kontrolle (-4,6 Arten), waren 2011 jedoch keine Varianten-Unterschiede in der Artenzahl mehr nachzuweisen. In der Kontrolle kam es zu einem vergleichsweise hohen Rückgang der Zahl an Mäßig- bis Nährstoffreichtum-zeigenden Arten (N-Zahl 5-9; -8 Arten) im Vergleich zur mineralischen und Frühjahrsgülle-Variante (-6 Arten), wobei der Schwund N-zeigender Arten bei Mist- und Gülle-Düngung ähnlich hoch war (-7 und -8 Arten; Abb. 4). Bei der Frühjahrsgülle-Variante kam es zu keiner Veränderung der Artenzahl, während Gülle- (+1,0 Arten) und mineralische Düngung (+1,7 Arten) eine leicht positive und die **Mist-Variante eine deutlich positive Bilanz (+ 4,3 Arten)** aufwies. Bei den verschwundenen Arten handelte es sich bei allen Varianten hauptsächlich um Mäßig- bis Nährstoffreichtums-Zeiger (N-Zahl 5-9). Bei Kontrolle, Frühjahrsgülle, Gülle- und mineralischer Düngung kamen N-Armut-Zeiger neu hinzu (jeweils +2, +1, +2, +2), während andere verschwanden (-4, -4, -3 und -1). **In keiner der Varianten kam es zur Zunahme an N-Zeigern.** In der Frühjahrsgülle-, Gülle- sowie der Kontroll-Variante überwog jedoch die Anzahl verschwundener Nährstoffarmutzeiger derjenigen der dazugekommenen (Bilanz von jeweils -3, -2 und -1).

Generell ist anzumerken, dass sowohl die neu hinzugekommenen als auch die verschwundenen Arten in allen Varianten und an allen Standorten nur sehr geringe Er-

tragsanteile ausmachten (0.4 ± 1.0 bei den hinzugekommenen vs. 0.2 ± 0.3 bei den verschwundenen, jeweils $MW \pm sd$).

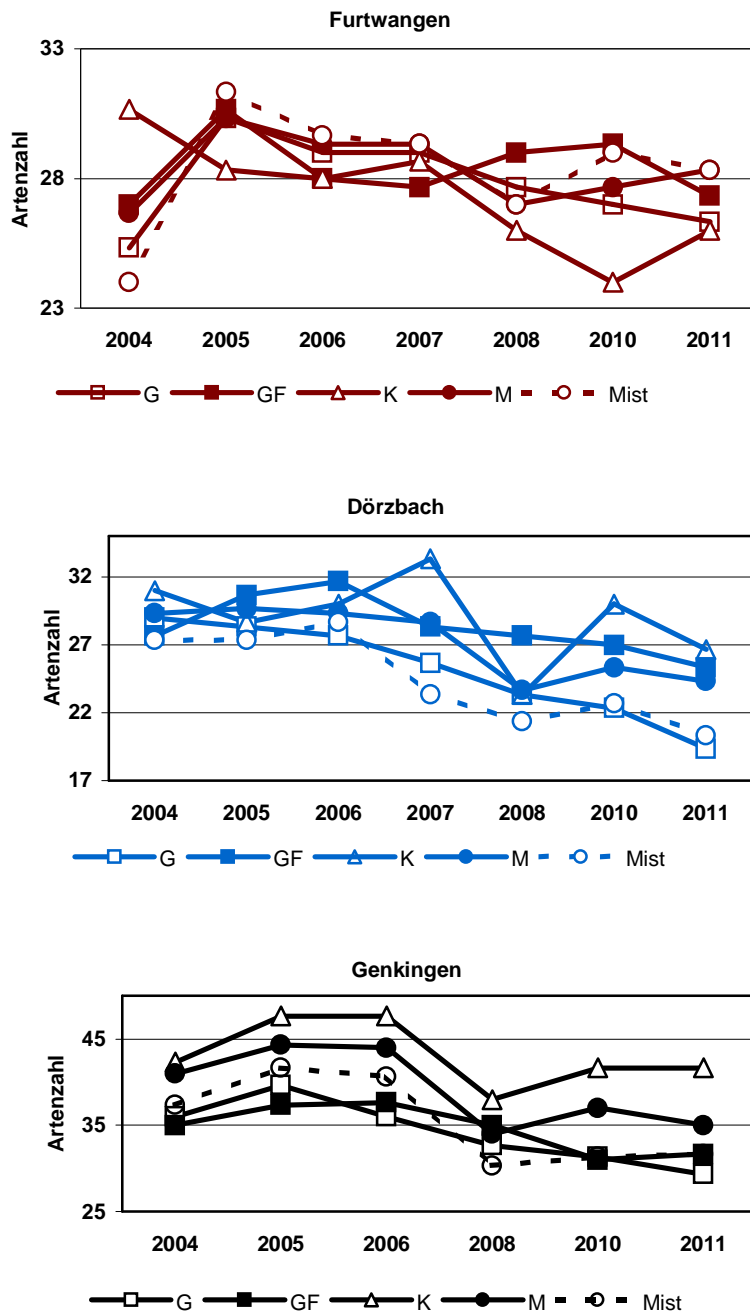


Abbildung 4: Entwicklung der Artenzahl der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist).

Tabelle 2: Neu dazugekommene bzw. verschwundene Arten (Vergleich des Vorkommens zu Beginn, 2004-2006, und Ende des Versuchs, 2009-2011) sowie ihre Nährstoffzahl (N). N-Armut anzeigende Arten sind fett gedruckt; Arten, für die keine N-Zahl bekannt ist, wurden nicht dargestellt.

<i>Neu dazugekommen sind:</i>	N	<i>Nicht mehr gefunden wurden:</i>	N
Furtwangen			
Gülle			
Knautia arvensis	4	Avena pubescens	4
Rhinanthus minor	3	Bromus mollis	3
		Holcus mollis	3
		Bellis perennis	6
		Heracleum sphondylium	8
		Leontodon hispidus	6
		Lolium perenne	7
		Pimpinella major	6
		Ranunculus repens	7
		Rumex obtusifolius	9
		Veronica serpyllifolia	5
<i>Mittelwert</i>	4	<i>Mittelwert</i>	6
Frühjahrgülle			
Rhinanthus minor	3	Bellis perennis	6
		Bromus mollis	3
		Heracleum sphondylium	8
		Holcus lanatus	5
		Holcus mollis	3
		Hypericum perforatum	4
		Hypochoeris radicata	3
		Lolium perenne	7
		Rumex obtusifolius	9
		Veronica serpyllifolia	5
<i>Mittelwert</i>	3	<i>Mittelwert</i>	5
Kontrolle			
Hypochoeris radicata	3	Ajuga reptans	6
Rhinanthus minor	3	Briza media	2
		Heracleum sphondylium	8
		Holcus lanatus	5
		Holcus mollis	3
		Knautia arvensis	4
		Leontodon hispidus	6
		Phyteuma orbiculare	3
		Pimpinella major	6
		Poa annua	8
		Ranunculus repens	7
		Veronica serpyllifolia	5
	<i>Mittelwert</i> 3		<i>Mittelwert</i> 5
Mineralische Düngung			
Campanula rotundifolia	2	Alopecurus pratensis	7
Rhinanthus minor	3	Bellis perennis	6
		Bromus mollis	3

<i>Neu dazugekommen sind:</i>	N	<i>Nicht mehr gefunden wurden:</i>	N
		Heracleum_sphondylium	8
		Pimpinella_major	6
		Ranunculus_repens	7
		Rumex_obtusifolius	9
	<i>Mittelwert</i> 3		<i>Mittelwert</i> 7
Mist			
Rhinanthus_minor	3	Bellis_perennis	6
		Heracleum_sphondylium	8
		Ranunculus_repens	7
		Rumex_obtusifolius	9
		Sanguisorba_officinalis	5
		Veronica_serpyllifolia	5
		Meum_athamanticum	3
	<i>Mittelwert</i> 3		<i>Mittelwert</i> 6
Dörzbach			
Gülle			
Festuca_rubra	4	Anthriscus_sylvestris	8
Leucanthemum_vulgare	3	Campanula_glomerata	3
		Euphorbia_helioscopia	7
		Lactuca_serriola	4
		Phleum_pratense	7
		Plantago_major	6
		Plantago_media	3
		Thlaspi_perfoliatum	2
		Valerianella_locusta	6
	<i>Mittelwert</i> 4	<i>Mittelwert</i>	5
Frühjahrgülle			
		Phleum_pratense	7
		Thlaspi_perfoliatum	2
			<i>Mittelwert</i> 5
Kontrolle			
Crepis_biennis	5	Lactuca_serriola	4
Myosotis_arvensis	6	Rumex_crispus	6
Rhinanthus_alectorolophus	3	Silene_alba	7
		Sonchus_oleraceus	8
		Viola_hirta	3
	<i>Mittelwert</i> 5		<i>Mittelwert</i> 6
Mineralische Düngung			
Rhinanthus_alectorolophus	3	Anthriscus_sylvestris	8
		Campanula_glomerata	3
		Heracleum_sphondylium	8
		Pastinaca_sativa	5
		Plantago_major	6
		Plantago_media	3
		Potentilla_reptans	5
		Taraxacum_officinale	8
	<i>Mittelwert</i> 3		<i>Mittelwert</i> 6
Mist			
Lactuca_serriola	4	Festuca_rubra	4

<i>Neu dazugekommen sind:</i>	N	<i>Nicht mehr gefunden wurden:</i>	N
Rhinanthus alectorolophus	3	Phleum pratense	7
Rumex acetosa	6	Poa trivialis	7
Silene alba	7	Anthriscus sylvestris	8
		Euphorbia helioscopia	7
		Thlaspi perfoliatum	2
	Mittelwert 5		Mittelwert 6
Genkingen			
Gülle			
Linum catharticum	2	Anthriscus sylvestris	8
Malva moschata	4	Campanula rotundifolia	2
		Hypericum perforatum	4
		Leontodon hispidus	6
		Phleum pratense	7
		Poa pratensis	7
	Mittelwert 3		Mittelwert 6
Frühjahrgülle			
Bellis perennis	6	Ajuga reptans	6
		Centaurea jacea	3
		Orobanche gracilis	2
		Plantago media	3
		Poa pratensis	7
		Ranunculus bulbosus	3
	Mittelwert 6		Mittelwert 4
Kontrolle			
Linum catharticum	2	Chaerophyllum hirsutum	7
Trifolium campestre	3	Ranunculus bulbosus	3
		Valerianella locusta	6
	Mittelwert 3		Mittelwert 5
Mineralische Düngung			
Centaurea scabiosa	4	Chaerophyllum hirsutum	7
Orobanche gracilis	2	Cerastium arvense	4
Phleum pratense	7	Leontodon hispidus	6
Silene vulgaris	4	Linum catharticum	2
Trifolium campestre	3	Poa pratensis	7
	Mittelwert 4		Mittelwert 5
Mist			
		Chaerophyllum hirsutum	7
		Fumaria officinalis	7
		Lotus corniculatus	3
		Poa pratensis	7
			Mittelwert 6

3.3.2 Dörzbach

Während sich die Varianten zu Beginn des Versuchs nicht in ihrer Artenzahl unterschieden, wiesen die mineralisch gedüngte, Frühjahrsgülle- und Kontroll-Variante 2011 eine signifikant höhere Artenzahl auf als die Gülle- und Mist-Variante ($P = 0.003$). Alle Varianten weisen eine insgesamt negative Artenbilanz auf, diese ist in der Gülle-Variante, welche sowohl hohe Verluste an Mäßig- bis Nährstoffreichtum-zeigenden Arten (-5) und die höchsten Verluste an Nährstoffarmutszeigern (-4) aufweist (Tab. 3), am höchsten (-9 Arten, Abb. 4). In der negativen Bilanz folgen Mist- (-7), mineralisch gedüngte (-5), Kontroll- (-4) und Frühjahrsgülle-Variante (-3). Diese Ergebnisse spiegeln sich (aus oben genannten Gründen) nicht proportional in der durchschnittlichen Artenbilanz der Tabelle 3 wieder. Aufgrund der **durchgehend negativen Artenbilanz mit hohen negativen Werten selbst bei der Mist-Düngung**, die als für Glatt- und Goldhaferwiesen geeignet gilt, sowie der unterschiedlichen Artenbilanz von Gülle- und Frühjahrsgülle-Variante, ist davon auszugehen, dass bei allen Varianten gleichermaßen ein **nicht in der Düngung zu suchender Grund für den allgemeinen Artenrückgang** zu suchen ist.

Bei allen Varianten ist eine Abnahme an N-Zeigern zu verzeichnen, welche der Abnahme an N-Armutszeigern überwiegt und somit ebenfalls **nicht auf einen Düngungs-bedingten Artenrückgang hindeutet**.

3.3.3 Standort Genkingen

In Genkingen **nahm die Artenzahl**, ähnlich wie in Dörzbach, ebenfalls **in allen Varianten von 2004 auf 2011 ab**: am stärksten war dies in der Gülle- (-7 Arten), mineralisch gedüngten und Mist- Variante (jeweils -6 Arten) zu beobachten, was 2011 in einer signifikant niedrigeren Artenzahl der Mist- und Gülle-Variante im Vergleich zur Kontrolle ($P = 0.030$) resultierte. In geringerem Maße nahm die Artenzahl bei der Frühjahrsgülle-Düngung (-3 Arten) und der Kontrolle (-1 Art) ab. Die Kontrolle, gefolgt von der mineralisch gedüngten Variante, zeigte sich grundsätzlich am artenreichsten, während die übrigen Varianten ähnliche Artenzahlen aufwiesen. Bei Frühjahrsgülle-Düngung war die Bilanz der Nährstoffarmuts-Zeiger negativ (4 Arten verschwanden, keine kamen neu hinzu), während sich diese bei mineralischer Düngung positiv zeigte (2 Arten verschwanden, 4 Arten kamen hinzu); bei den ande-

ren Varianten war die Nährstoffarmuts-Zeiger-Bilanz relativ ausgeglichen. In allen Varianten verschwanden auch Mäßig- bis Nährstoffreichtum-Zeiger, wobei sich in der mineralisch gedüngten, Kontroll- und Frühjahrsgülle-Variante Mäßig- bis Nährstoffreichtumszeiger auch wieder neu etablierten (M und K: +2; FG: +1). Vergleicht man die Varianten hinsichtlich der Anzahl hinzugekommener und verschwundener Arten, so **ist kein Trend hin zur Zunahme N-zeigender Arten in einer der Varianten erkennbar.**

3.4 Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen

3.4.1 Furtwangen

Die Ertragsanteile der Gräser, Kräuter und Leguminosen schwankten stark zwischen den Versuchsjahren (Abb. 5), verhielten sich jedoch in ihrer Veränderung über die Zeit - mit Ausnahme der Gülle- und Festmist-Variante, die stärkeren Schwankungen unterworfen waren - ähnlich für die Dünge-Varianten. Von 2006 auf 2007 nahm der **Gräseranteil** der Frühjahrsgülle-Variante besonders stark zu und lag über dem Durchschnitt der übrigen Varianten (55 % vs. 44 ± 7 %; $MW \pm sd$). Dies lag vor allem an der Zunahme der hohe bis mäßige Nährstoff-Verfügbarkeit anzeigenden Arten *Arrhenaterum elatius* (N-Zahl 7, Zunahme um 6%) und *Trisetum flavescens* (N-Zahl 5, Zunahme um 7%), jedoch auch des Magerkeits-zeigenden Untergrases *Festuca rubra* (N- Zahl 4, Zunahme um 12%; Abb. 6). Ein Düngungs-bedingter Effekt der Gräser-Zunahme aufgrund der vorangegangenen Düngung 2006 erscheint unwahrscheinlich, da eine solche Entwicklung der genannten Gräser und des Gesamt-Grasanteils nach der Düngung 2004, 2008 und 2010 nicht zu verzeichnen war.

In 2011 war der **Kräuter-Anteil** der Festmist-Variante auffällig höher als durchschnittlich in den anderen Varianten (35% vs. 22 ± 1 %, $MW \pm sd$). Dies lag vor allem an der Zunahme der Klappertopf-Art *Rhinanthus minor* (um 6% von 2010 auf 2011; Abb. 7); möglicherweise kam es über die Festmist-Düngung zu einem erheblichen Sameneintrag, da sonst mit einem ähnlich hohen Aufkommen dieses für eher magere Standorte typischen Halbschmarotzers auch in der Kontrolle zu rechnen gewesen wäre. Das relativ trockene Jahr 2010 könnte durch eine höherer Lückigkeit des Bestands (die jedoch zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme nicht festgestellt wurde) die Voraussetzung zur Etablierung des Klappertopfes gegeben haben.

Die Gräser-Kräuter-Leguminosen-Anteile können u. a. Aufschluss über die Nährstoffversorgung des Bestands geben. In Furtwangen verhielten sich die Varianten hinsichtlich ihrer Gräser-, Kräuter- und Leguminosenanteile über die Versuchsjahre (bis auf oben genannte Abweichungen) gleich und **zwischen den Varianten gab es nur geringfügige, nicht-signifikante Unterschiede sowohl** in 2004 als auch in 2011. Auffällig ist der starke Rückgang des Kräuter-Ertragsanteils in allen Varianten, der im Wesentlichen auf einer Abnahme des Nährstoffzeigers Löwenzahn (*Taraxacum officinale*; N-Zahl = 8; im Mittel über die Varianten um 15 ± 1 %; $MW \pm sd$) begründet ist. Gleichzeitig nahmen die Leguminose Rotklee (*Trifolium pratense*), der u.a. durch zurückhaltende N-Düngung gefördert wird, in allen Varianten um durchschnittliche 10 ± 2 % ($MW \pm sd$) zu. Die Entwicklung der Kräuter- und Leguminosen-Anteile deutet hier auf eine in allen Varianten stattfindende Ausmagerung hin.

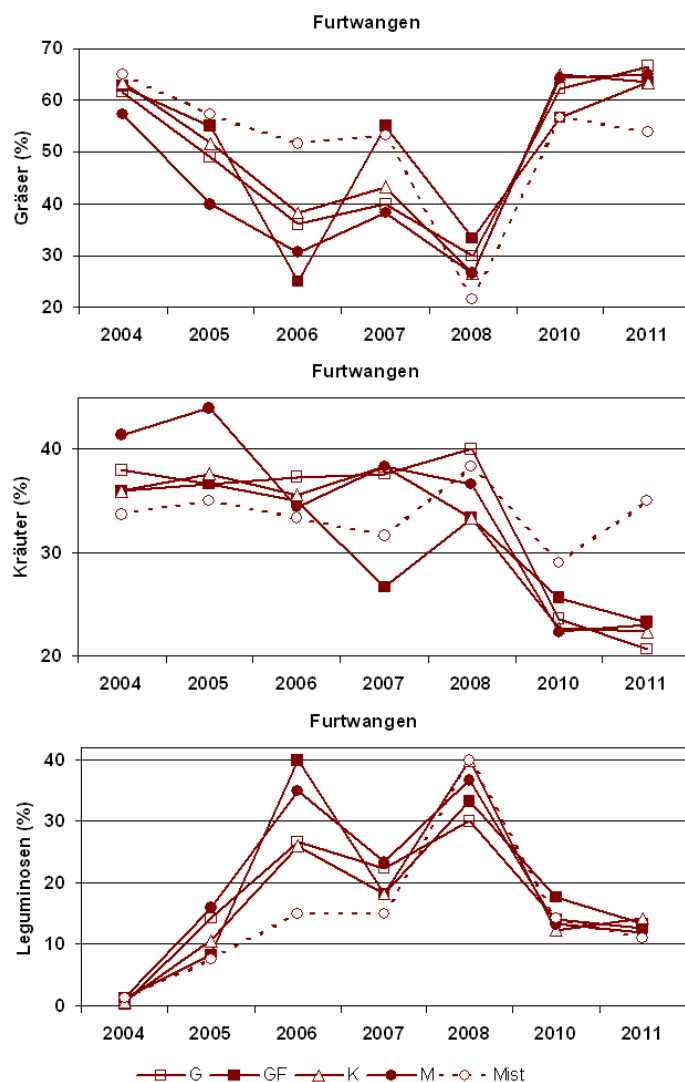


Abbildung 5: Entwicklung der Gräser-, Kräuter- und Leguminosen-Ertragsanteile der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist).

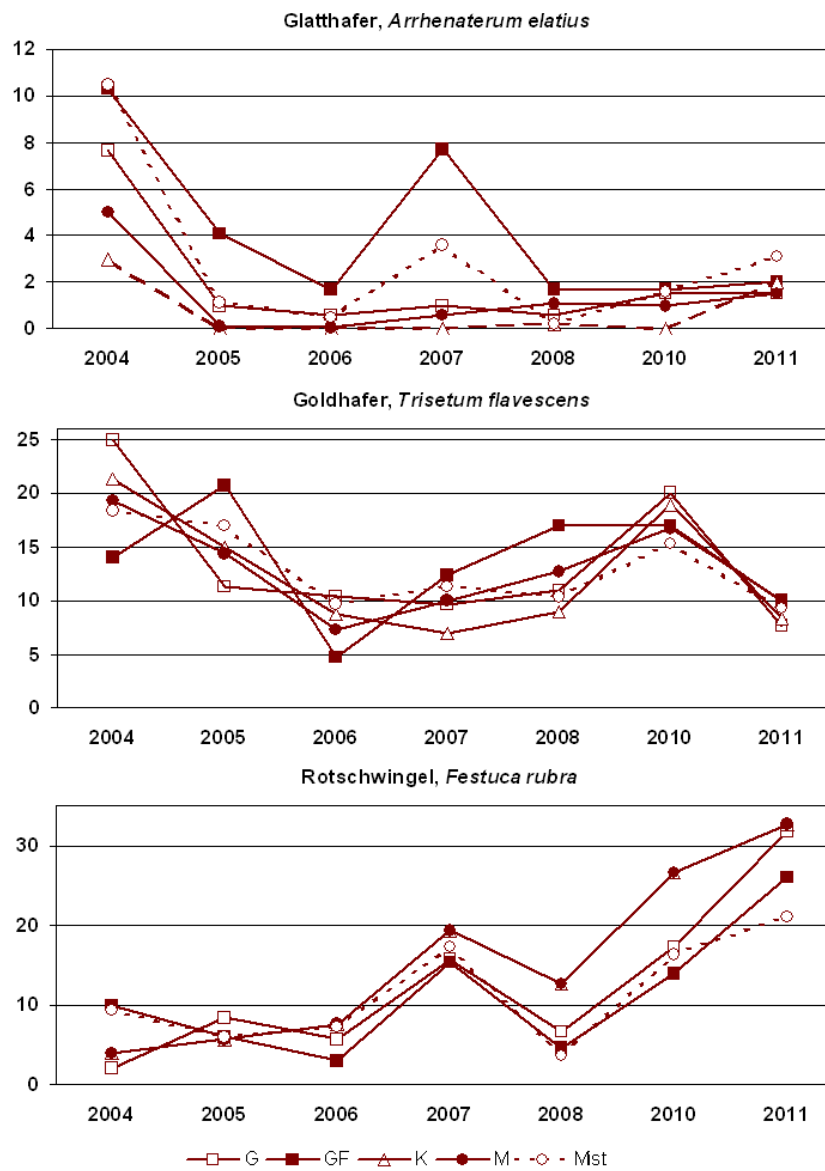


Abbildung 6: Ertragsanteile Entwicklung dreier Hauptbestandbildender Gräser über die Versuchsdauer für die Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) am Standort Furtwangen.

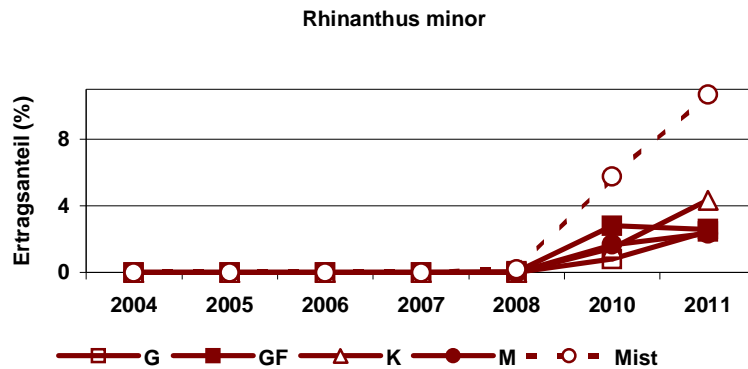


Abbildung 7: Ertragsanteil des Kleinen Klappertopfes innerhalb der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Furtwangen.

3.4.2 Dörzbach

Auch in Dörzbach schwankten die Ertragsanteile der Gräser, Kräuter und Leguminosen stark zwischen den Versuchsjahren, folgten jedoch in allen Varianten in etwa dem gleichen Muster (Abb. 8) und **die Varianten unterschieden sich nicht signifikant in 2004 und 2011**. Auffällig ist eine starke Abnahme der Gräser im Jahr 2007 zugunsten der Leguminosen. Bei den Gräsern gingen vor allem die Mäßig- bzw. Nährstoffreichtum-zeigenden Arten *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras; N-Zahl 7, -4%), *Dactylis glomerata* (Knautgras; N-Zahl 6, -6%) und *Poa pratense* (Wieserispe; N-Zahl 7, -5%; jeweils im Mittel über die Varianten) von 2006 auf 2007 zurück (Abb. 9), während bei den Leguminosen der Rotklee und der Gewöhnliche Hornklee (N-Zahl 3) stark zunahm (Abb. 10). Dies ist vermutlich auf den relativ trockenen April 2007 (Niederschlagssumme von 0.3 mm) zurückzuführen, der den Rückgang des nicht trockenheits-geeigneten Weidelgrases (Williams et al. 1989) bedingte und hierdurch eine stärkere Ausbreitung der Leguminosen ermöglichte. Die Anteile von *Dactylis glomerata* spiegelten hier die Düngewirkung der Varianten gut wieder, mit höchstem Anteil bei den Gülle-Varianten und niedrigstem bei der Kontrolle, während diese Verhältnisse bei *Lolium perenne* in geringerem Maße und bei *Poa pratensis* nicht erkennbar waren. Die Gräser-Anteile waren in der Kontrolle generell am niedrigsten, sowohl in der Kontrolle (-11 %) als auch in der mineralisch gedüngten Variante (-18 %) kam es im Laufe des Versuchs zur Abnahme der Gräser, was als **Zeichen zunehmender Ausmagerung bei Null-N-Düngung** zu werten ist. Bei den anderen Varianten blieben die Grasanteile relativ stabil. Die Kräuter-**Ertragsanteile beider**

Gülle-Varianten waren entsprechend ihrer höheren N-Wirksamkeit geringer als in den restlichen Varianten, während es bei den Leguminosen-Anteilen kaum zu größeren Variantenunterschieden kam.

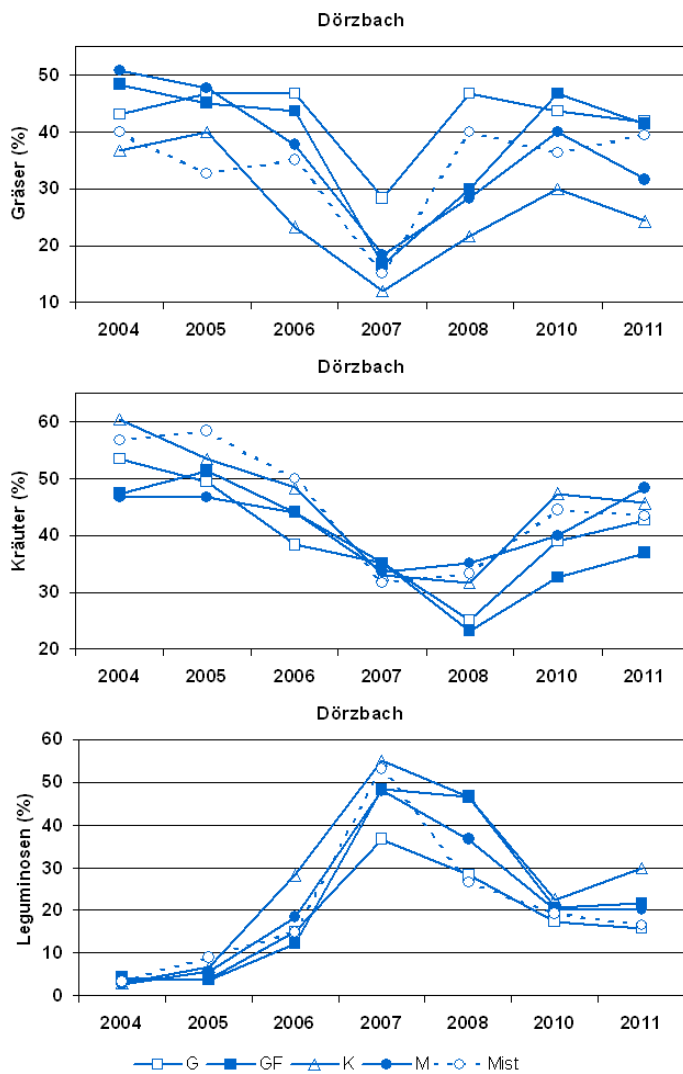


Abbildung 8: Entwicklung der Gräser-, Kräuter- und Leguminosen-Ertragsanteile der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Dörzbach.

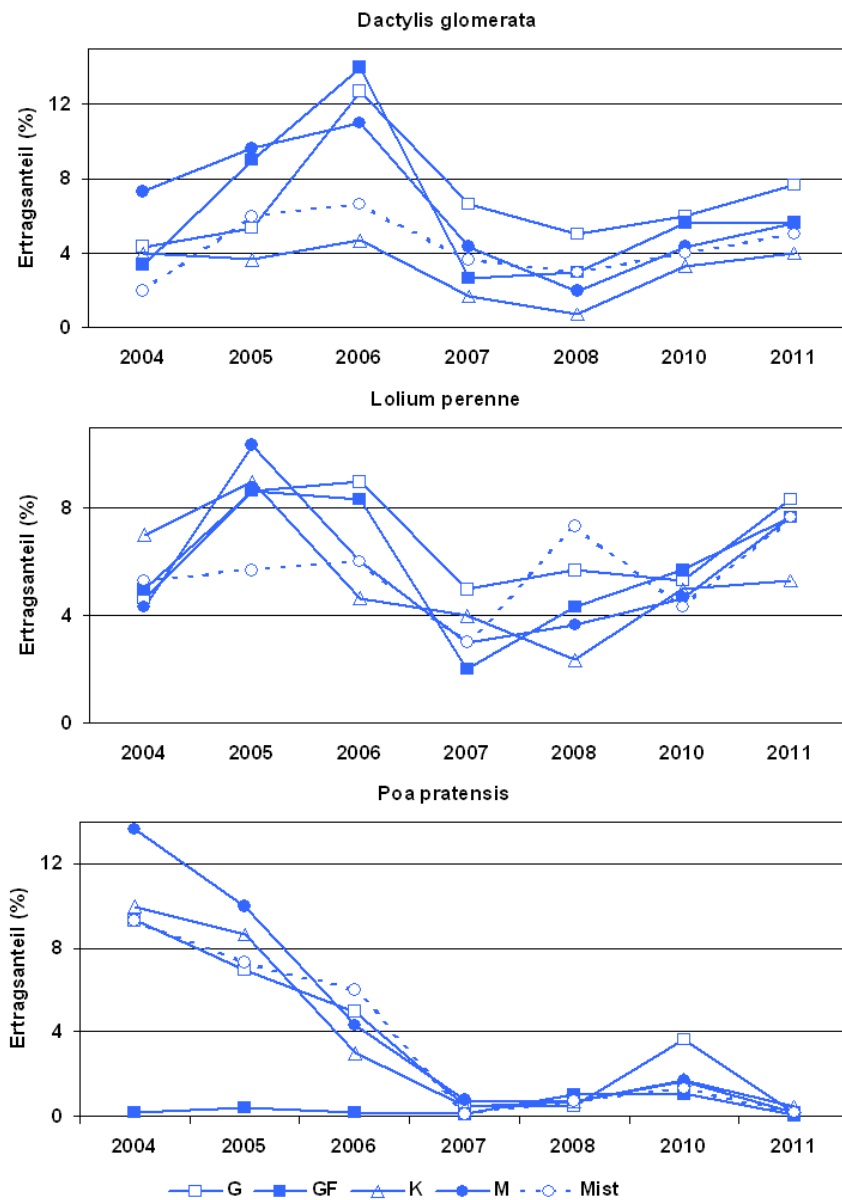


Abbildung 9: Entwicklung der Ertragsanteile des Knaulgras, des Deutschen Weidelgrases und der Wiesenrispe innerhalb der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Dörzbach.

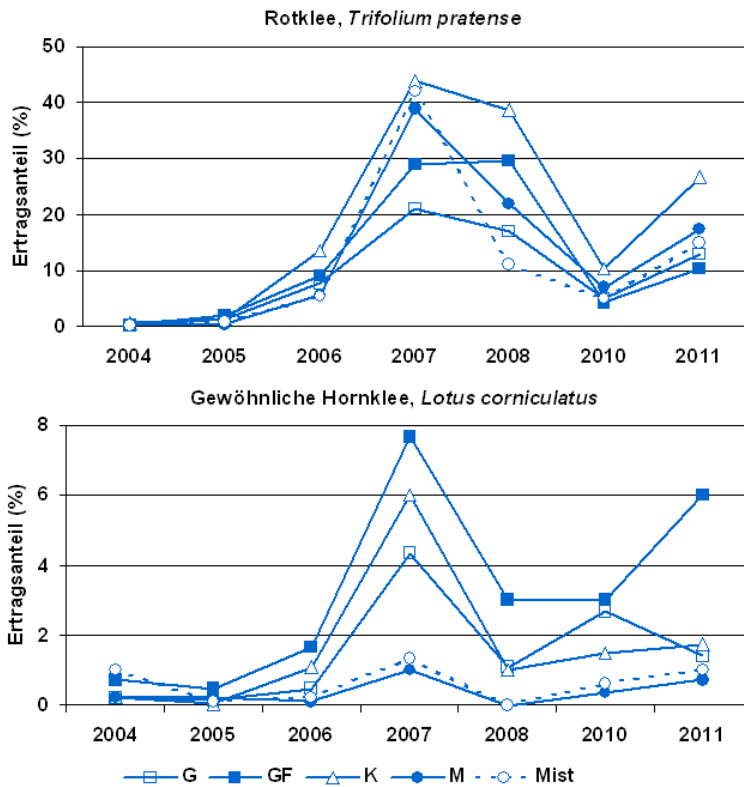


Abbildung 10: Entwicklung der Ertragsanteile von Weißklee und Hornklee innerhalb der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Dörzbach.

3.4.3 Genkingen

Auch in Genkingen war die Entwicklung der Ertragsanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen der Varianten ähnlich (Abb. 11). Das Jahr 2010 fällt jedoch durch eine starke Zunahme der Kräuter auf, was durch die Etablierung des Zottigen Klappertopfes zu erklären ist, einem typischen Magerrasenvertreter, der sich – entsprechend seiner geringen Nährstoffansprüche und Konkurrenzkraft - besonders in der Kontrolle und mineralisch gedüngten Variante etablieren konnte (Abb. 12). Bis einschließlich 2006 wies die Kontrolle niedrigere Gras- und höhere Leguminosen-Anteile als die übrigen Varianten - v. a. die Frühjahrgülle-Variante - auf, wohingegen jedoch die Kräuteranteile vergleichsweise niedrig waren. Die Ertragsanteile der Gräser, Kräuter und Leguminosen zeigten starke jährliche Schwankungen (Abb. 11); **die zu Beginn des Versuchs bestehenden Variantenunterschiede hinsichtlich des Gräser- ($P = 0.002$), Kräuter- ($P = 0.003$) und Leguminosen-Anteils ($P = 0.007$) waren 2011 nicht mehr statistisch nachweisbar.**

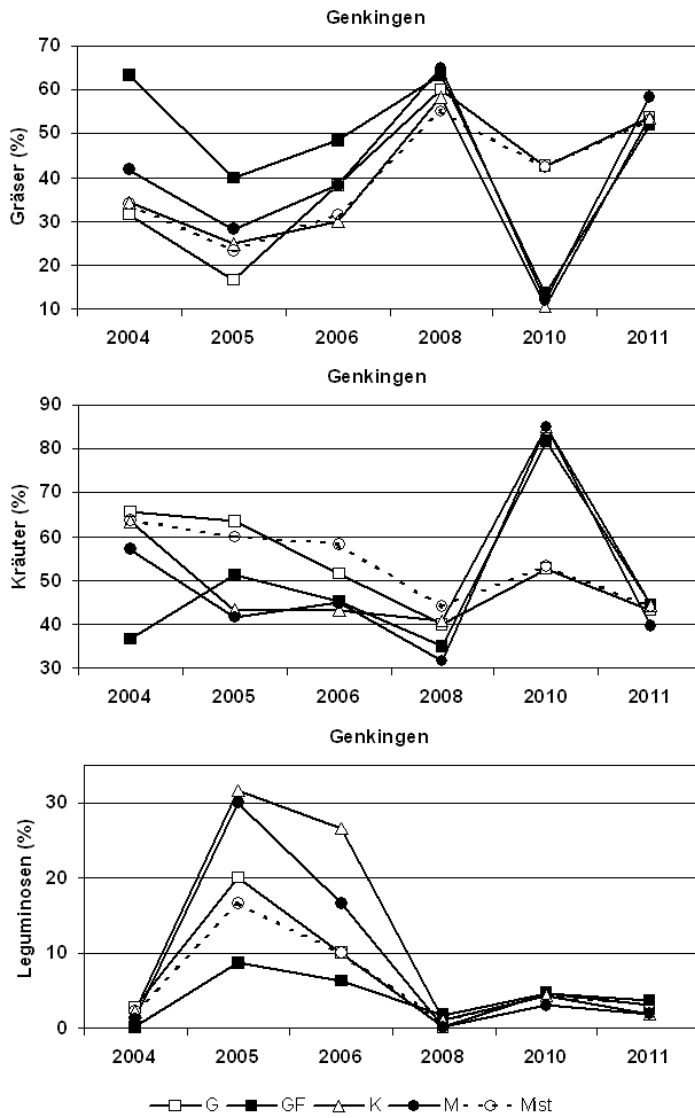


Abbildung 11: Entwicklung der Gräser-, Kräuter- und Leguminosen-Ertragsanteile der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Genkingen.

Zottiger Klappertopf, *Rhinanthus alectorolophus*

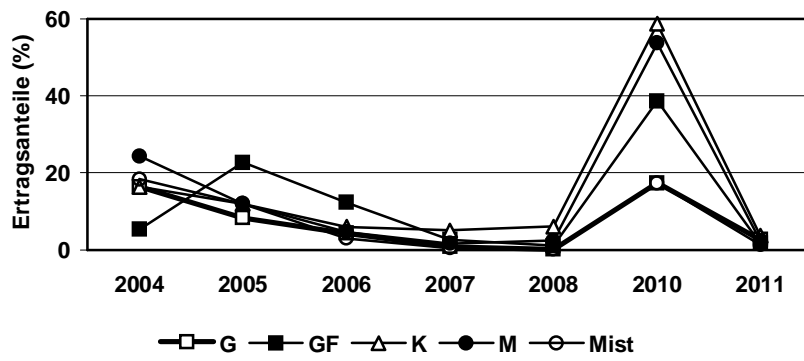


Abbildung 12: Entwicklung der Ertragsanteile des Zottigen Klappertopf innerhalb der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) in Genkingen.

3.5 Ertragsanteile von Mager- und Nährstoffzeigern

Im Folgenden werden Pflanzenarten betrachtet, deren Vorkommen in 2004 oder 2011 durch mindestens eine der Varianten signifikant beeinflusst war. Des Weiteren wird die Summe der Ertragsanteile von Magerkeits- und Nährstoff-zeigenden Arten (Nowak und Schulz 2002; LUBW 2009) verglichen, um hierdurch Hinweise auf Unterschiede in der Nährstoffverfügbarkeit der Varianten abzuleiten.

3.5.1 Furtwangen

Hinsichtlich des Effekts der beiden Gülle-Düngevarianten auf Nährstoff- bzw. Magerkeitszeiger kam es zu **widersprüchlichen Ergebnissen**.

Es gab **Hinweise auf eine höhere Nährstoffwirkung einer der Gülle-Varianten**: Entsprechend der Erwartungen wies der Weißklee, der bekanntermaßen bei hoher N-Versorgung durch konkurrenzstarke Gräser zurückgedrängt wird (Voigtländer und Jacob 1987), in der Frühjahrsgülle-Variante 2011 signifikant niedrigere Ertragsanteile als in den übrigen Varianten auf, sein Ertragsanteil schwankte in den übrigen Jahren jedoch stark und lag in den Gülle-Varianten überraschenderweise meist höher als in der Kontrolle (Abb. 13). Zu Versuchsbeginn wies die **Gülle-Variante** vergleichsweise hohe Anteile an Frauenmantel (N-Zahl 4, nicht in Abb. dargestellt) und die **Frühjahrsgülle-Variante** an Rotschwengel (N-Zahl 4) auf; diese Variantenunterschiede wurden jedoch über die Versuchslaufzeit nivelliert. Die Große Bibernelle (N-Zahl 6) hat in der Frühjahrsgülle-Variante am stärksten zugenommen und erreichte in dieser Variante ab 2005 in allen Versuchsjahren die höchsten Werte (Abb. 13), übereinstimmend mit der höheren Dünge-Wirkung auf den Bestand zum ersten Aufwuchs (Voigtländer und Jacob 1987).

Hinweise auf eine in den Gülle- relativ zu den anderen Varianten nicht erhöhte Nährstoffverfügbarkeit geben zum einen während der Versuchszeit angestiegene (und zwischen den Varianten ähnliche) Anteile der Magerkeitszeiger Ruchgras (Abb. 14) und Margerite (N-Zahl 3; sh. Tab. 4, nicht in Abb. dargestellt) in beiden Gülle-Varianten sowie die starke Zunahme des Roten Straußgrases (N-Zahl 5) in der Frühjahrsgülle-Variante (Abb. 14). Des Weiteren war eine Abnahme des ausgesprochenen N-Zeigers Wiesenkerbel (N-Zahl 8), der 2004 noch deutlich erhöhte Werte in beiden Gülle-Varianten aufwies (Abb. 14) zu beobachten. Die Ertragsanteile von Margerite und Wiesenkerbel waren jedoch insgesamt mit maximal etwa jeweils 2 bzw. 3 % relativ niedrig.

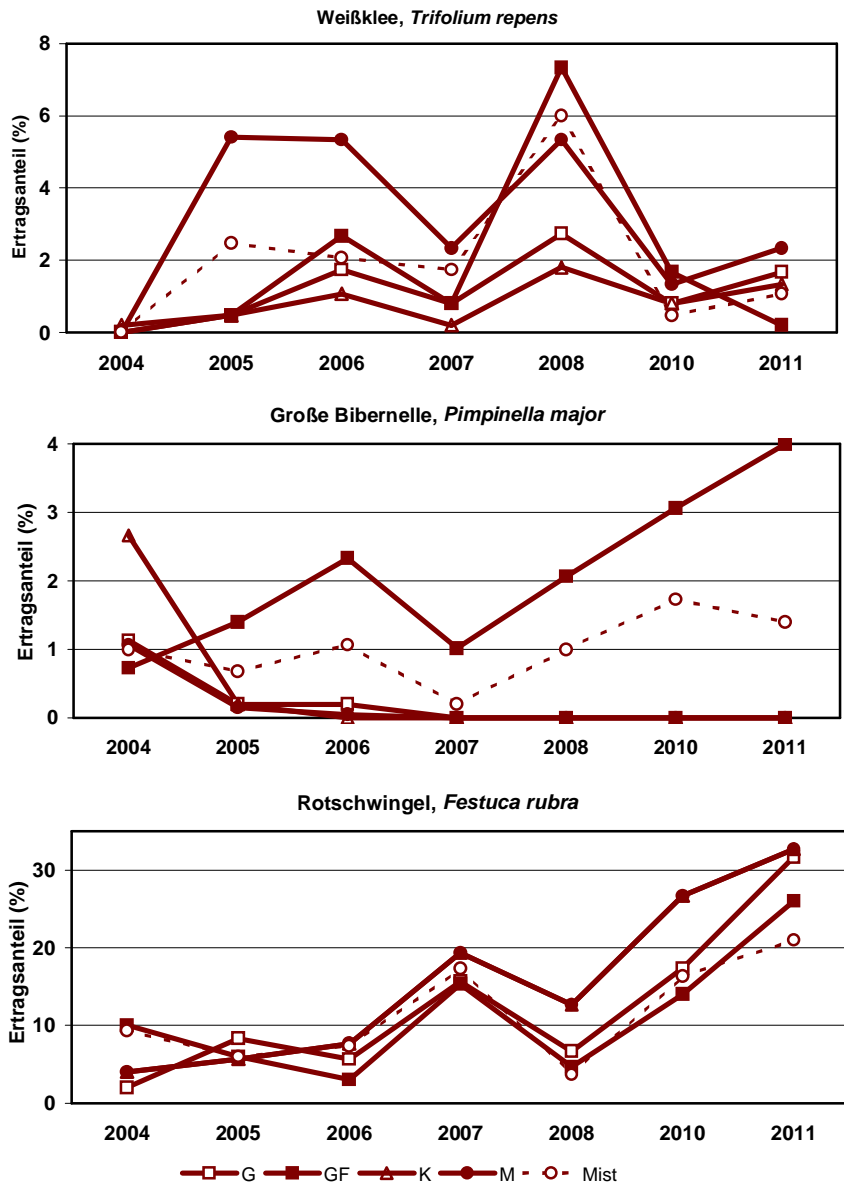


Abbildung 13: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Furtwangen.

Tabelle 3: Gewichtete Mittel des Vorkommens von Arten je Düngervariante (K: Kontrolle, M: Mineralisch, Mist, G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle; Auszug aus „Species-by-Environment“ Tabelle, basierend auf einer RDA-Analyse*) in Furtwangen: hohe positive oder negative Werte einer Art zeigen an, dass die entsprechende Variante stark zur Erklärung der Art beiträgt; signifikant mit einer Variante korreliertes Vorkommen einer Art ($P < 0.05$; t value biplot) ist durch Fettdruck gekennzeichnet. Für die Kontrollvariante war (aufgrund zu geringer Variabilität in den Daten) kein statistischer Test möglich.

	N-Zahl		K	M	Mist	G	GF
<i>Trifolium repens</i> (Weißklee)	na ¹	2004	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
		2011	0.10	0.62	-0.14	0.24	-0.81
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (Ruchgras)	na	2004	0.29	-0.51	0.08	0.03	0.10
		2011	0.23	0.03	-0.58	0.28	0.10
<i>Leucanthemum vulgare</i> (Margerite)	3	2004	0.67	0.81	-0.53	-0.53	-0.42
		2011	0.04	-0.26	0.28	-0.04	-0.02
<i>Alchemilla vulgaris</i> (Frauenmantel)	4	2004	0.36	-0.48	-0.23	0.83	-0.48
		2011	-0.05	0.19	-0.05	-0.05	-0.05
<i>Festuca rubra</i> , (Rotschwingel)	4	2004	-0.15	-1.34	1.08	-0.76	1.18
		2011	0.25	-0.11	-0.32	0.24	-0.07
<i>Agrostis tenuis</i> (Rotes Straußgras)	4	2004	-0.08	-0.17	-0.17	-0.08	0.50
		2011	-0.65	-0.16	0.32	-0.59	1.08
<i>Cerastium holosteoides</i> (Gewöhnliches Hornkraut)	5	2004	-0.20	-0.20	-0.45	0.53	0.33
		2011	0.05	-0.10	-0.04	0.05	0.05
<i>Achillea millefolium</i> (Gemeine Schafgarbe)	5	2004	0.45	0.01	-0.33	-0.58	0.45
		2011	-0.07	-0.01	0.08	-0.01	0.01
<i>Dactylis glomerata</i> (Knäulgras)	6	2004	0.41	0.78	0.08	-0.59	-0.69
		2011	0.03	0.51	-0.08	-0.40	-0.06
<i>Pimpinella major</i> (Große Bibernelle)	6	2004	0.79	-0.13	-0.08	-0.24	-0.33
		2011	-0.52	-0.52	0.55	-0.52	1.00
<i>Alopecurus pratensis</i> (Wiesen-Fuchsschwanz)	7	2004	0.14	0.34	-0.10	-0.19	-0.19
		2011	-0.41	-0.41	1.47	-0.24	-0.41
<i>Anthriscus sylvestris</i> (Wiesen-Kerbel)	8	2004	-0.71	-0.26	-0.26	0.57	0.66
		2011	-0.09	-0.58	-0.04	-0.17	-0.28

¹ na: nicht verfügbar

* Die Werte gehen über den für eine Korrelation üblichen Bereich von -1 bis +1 hinaus, aufgrund der nachfolgend beschriebenen Datenbehandlung. Zentrierung und Standardisierung erfolgten für jede einzelne Art über die Varianten hinweg. Zuerst wurde der Mittelwert der Varianten vom Originalwert abgezogen (Zentrierung), und anschließend der erhaltene Wert durch die Standardabweichung geteilt (Standardisierung). Hierdurch ist die Schwankungsbreite der Artenwerte geringer und die relativen Unterschiede im Vorkommen einer Art zwischen den Varianten bleiben erhalten.

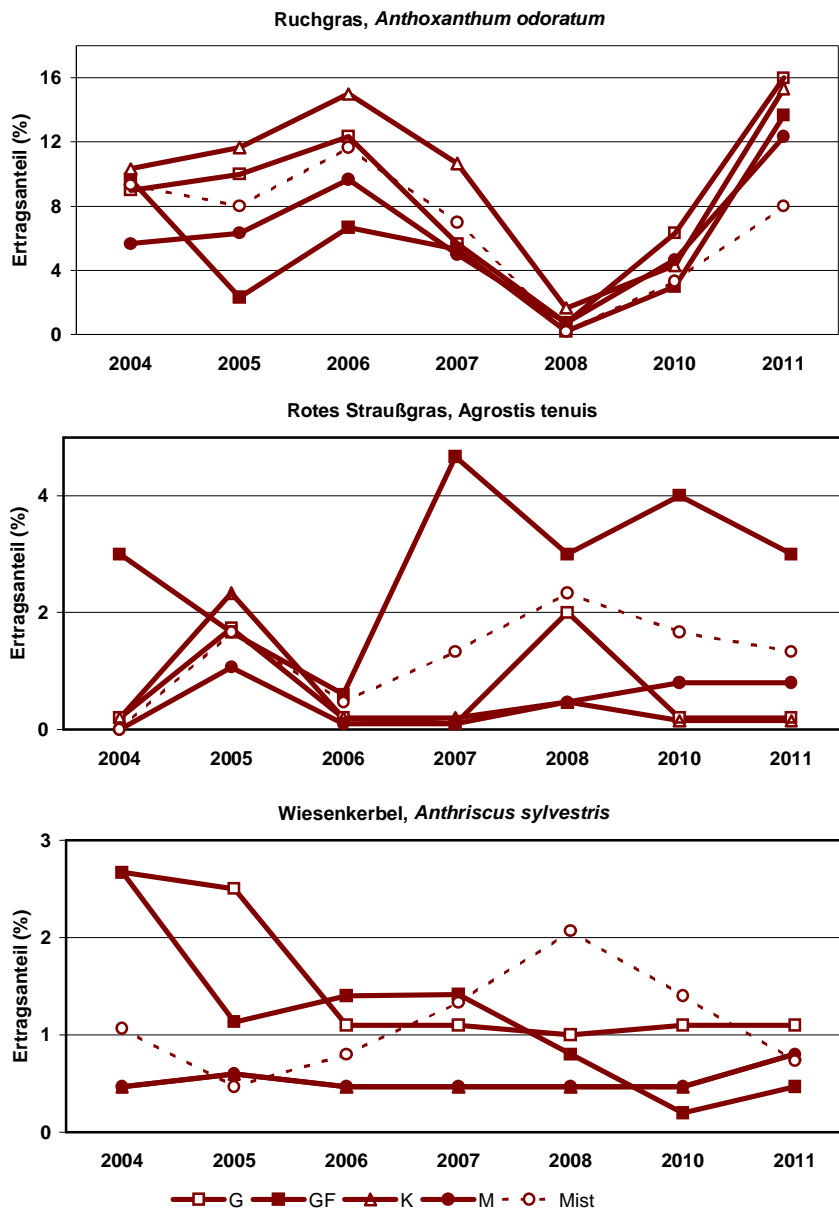


Abbildung 14: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Furtwangen.

Die Kontrolle wies erwartungsgemäß die konstant höchsten Anteile an Magerkeitszeigern auf, während sich die gedüngten Varianten kaum unterschieden (Abb. 15). In allen Varianten nahm der Anteil an Magerkeitszeigern zu, während sich derjenige an Nährstoffzeigern verringerte. **2011 gab es keine signifikanten Unterschiede im Anteil an Mager- o. Nährstoff-Zeigern zwischen den Varianten.**

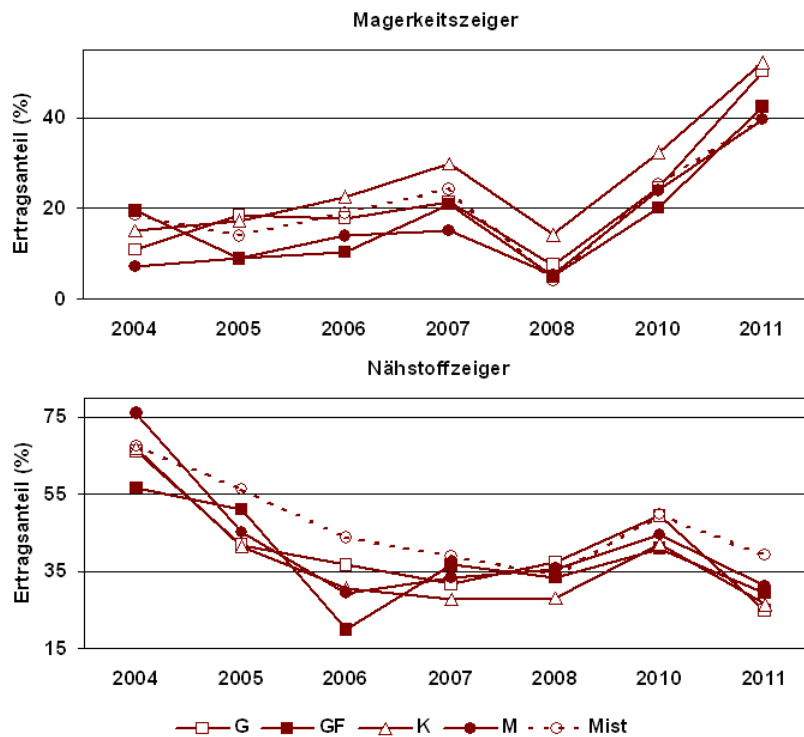


Abbildung 15: Entwicklung der Summe der Ertragsanteile Magerkeits- bzw. Nährstoffzeigender Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Furtwangen.

3.5.2 Standort Dörzbach

Auch in Dörzbach waren die **Ergebnisse** hinsichtlich einer höheren Nährstoff- bzw. Stickstoffwirkung der Gülle-Varianten **nicht eindeutig** (Tab. 5). **Folgende Ergebnisse sprechen gegen eine erhöhte Nährstoffwirkung in einer o. beiden Gülle-Varianten:** Die Ertragsanteile der Leguminosen Weißklee und gewöhnlicher Hornklee wiesen 2011 signifikant (und beim Hornklee auch in den übrigen Versuchsjahren deutlich) höhere Anteile in der Frühjahrgülle- als in den anderen Varianten auf (Abb. 16, Tab. 5). Die Luzerne-Anteile waren ebenfalls durchgehend sehr hoch und stiegen bei Frühjahrgülle-Düngung vergleichsweise stark an (Abb. 16). Die **Ertragsanteile bei Gülle-Düngung zum ersten und zweiten Aufwuchs waren beim Weißklee gegen Ende des Versuchs wenig vergleichbar:** in Übereinstimmung mit der Erkenntnis, dass Leguminosen besonders durch P und K gefördert werden (Voigtländer und Jacob 1987), waren die Weißklee-Anteile in der Gülle-Variante (sowie der Kontrolle) am niedrigsten und bei mineralischer und Mist-Düngung (vergleichsweise niedriger Anteil an schnell verfügbarem N) am höchsten. **Die Varianten-Unterschiede**

bei Hornklee und Luzerne waren teilweise nicht nachvollziehbar: der Hornklee erreichte in der Kontrolle und erstaunlicherweise in der Frühjahrsgülle-Variante (sowie in geringerem Maße in der Gülle-Variante) die höchsten Werte, Luzerne wurde durch Null- und Gülle-Düngung am meisten gefördert, während die Frühjahrsgülle- und Mist-Variante durchgehend bei null lagen.

Tabelle 5: Gewichtete Mittel des Vorkommens von Arten je Düngevariante (K: Kontrolle, M: Mineralisch, Mist, G: Gülle, GF: Gülle früh; Auszug aus „Species-by-Environment“ Tabelle, basierend auf einer RDA-Analyse*): hohe positive oder negative Werte einer Art zeigen an, dass die entsprechende Variante stark zur Erklärung der Art beiträgt; signifikant mit einer Variante korreliertes Vorkommen einer Art ($P < 0.05$; t value biplot) ist durch Fettdruck gekennzeichnet. Für die Kontroll-Variante war (aufgrund zu geringer Variabilität in den Daten) kein statistischer Test möglich.

	N-Zahl		K	M	Mist	G	GF
<i>Medicago sativa</i> (Luzerne)	na ¹	2004	-0.17	-0.08	-0.17	-0.08	0.51
		2011	0.13	-0.07	-0.41	-0.41	0.75
<i>Trifolium repens</i> (Weißklee)	na	2004	0.03	-0.04	-0.04	0.09	-0.04
		2011	-0.27	-0.47	0.43	-0.47	0.77
<i>Thlaspi perfoliatum</i> (Stengelumfassendes Hellerkraut)	2	2004	-0.23	-0.14	1.10	-0.32	-0.41
		2011	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01
<i>Lotus corniculatus</i> (Gewöhnlicher Hornklee)	3	2004	-0.27	-0.12	0.04	-0.12	0.47
		2011	-0.11	-0.56	-0.65	-0.16	1.47
<i>Centaurea jacea</i> (Wiesen-Flockenblume)	3	2004	-0.44	-0.39	0.73	-0.34	0.43
		2011	-0.89	0.22	0.62	0.22	-0.17
<i>Leucanthemum vulgare</i> (Margerite)	3	2004	0.05	0.05	-0.04	-0.04	-0.02
		2011	0.93	-0.28	-0.26	-0.44	0.06
<i>Salvia pratensis</i> (Wiesen-Salbei)	4	2004	0.96	0.85	-0.34	-0.76	-0.71
		2011	0.67	0.53	0.01	-0.39	-0.82
<i>Galium album</i> (Weißes Labkraut)	5	2004	-0.32	-0.85	0.40	0.71	0.06
		2011	-0.26	-0.55	0.29	-0.26	0.79
<i>Vicia sepium</i> (Zaunwicke)	5	2004	-0.34	-0.06	0.05	0.28	0.05
		2011	-0.12	-0.12	-0.12	-0.21	0.58
<i>Tragopogon pratensis</i> (Wiesen-Bocksbart)	6	2004	0.03	-0.56	0.06	0.66	-0.19
		2011	0.98	-0.69	-0.69	0.41	-0.01
<i>Lolium perenne</i> (Deutsches Weidelgras)	7	2004	0.35	-0.17	0.03	-0.17	-0.03
		2011	-0.38	0.05	0.08	0.18	0.07
<i>Arrhenaterum elatius</i> (Glatthafer)	7	2004	-1.13	-0.19	0.32	0.43	0.56
		2011	-1.00	-0.55	-0.17	0.87	0.85

¹na: nicht verfügbar

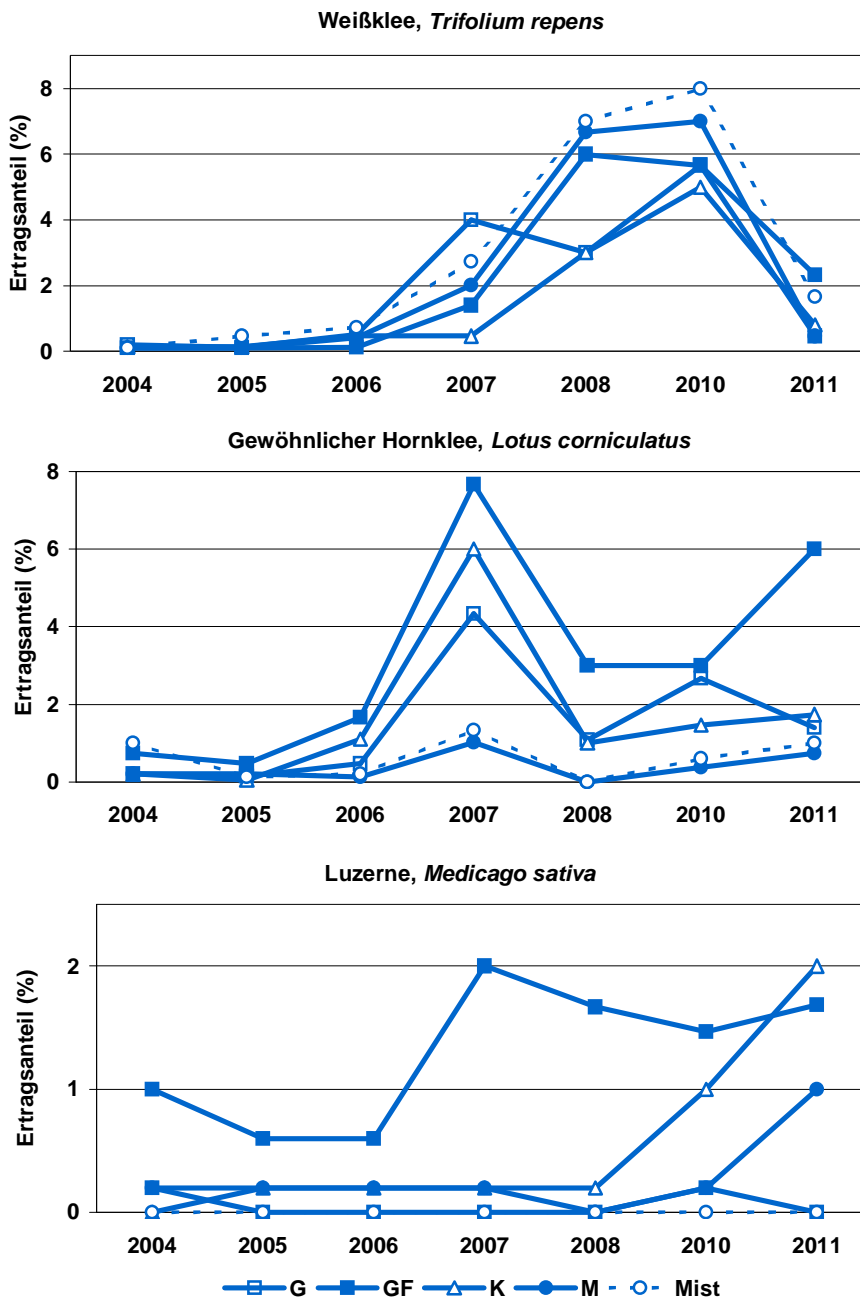


Abbildung 16: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Dörzbach.

Über die Versuchszeit nahm der Ertragsanteil der Margerite in der Frühjahrgülle- und Kontroll-Variante und derjenige der Wiesen-Flockenblume (beide N-Zahl 3) in der Gülle- und Mist-Variante deutlich zu, während ihr Ertragsanteil in den übrigen Varianten in etwa gleich blieb (Abb. 17). Diese **Unterschiede der Gülle-Varianten** sind insofern überraschend, als eine gewisse Ähnlichkeit des Effekts der Düngung zum ersten und zweiten Aufwuchs aufgrund gleicher Nährstoffform und -mengen zu

erwarten gewesen wäre. **Gegen eine erhöhte N-Wirkung spricht** die im Vergleich zur Kontrolle geringere Zunahme des Wiesen-Bocksbarths (N-Zahl 6, nicht in Abb. dargestellt) im Laufe des Versuchs in beiden Gülle-Varianten. Das mäßige N-Verfügbarkeit anzeigende Weiße Labkraut (N-Zahl 5) wies zwar signifikant höhere Ertragsanteile in der Gülle- als in den übrigen Varianten in 2011 auf, jedoch kam es in allen Varianten generell – jedoch besonders in der Gülle-Variante - zu einem starken Rückgang des Labkrauts (-12 vs. -4% im Durchschnitt der anderen Varianten; nicht in Abb. dargestellt).

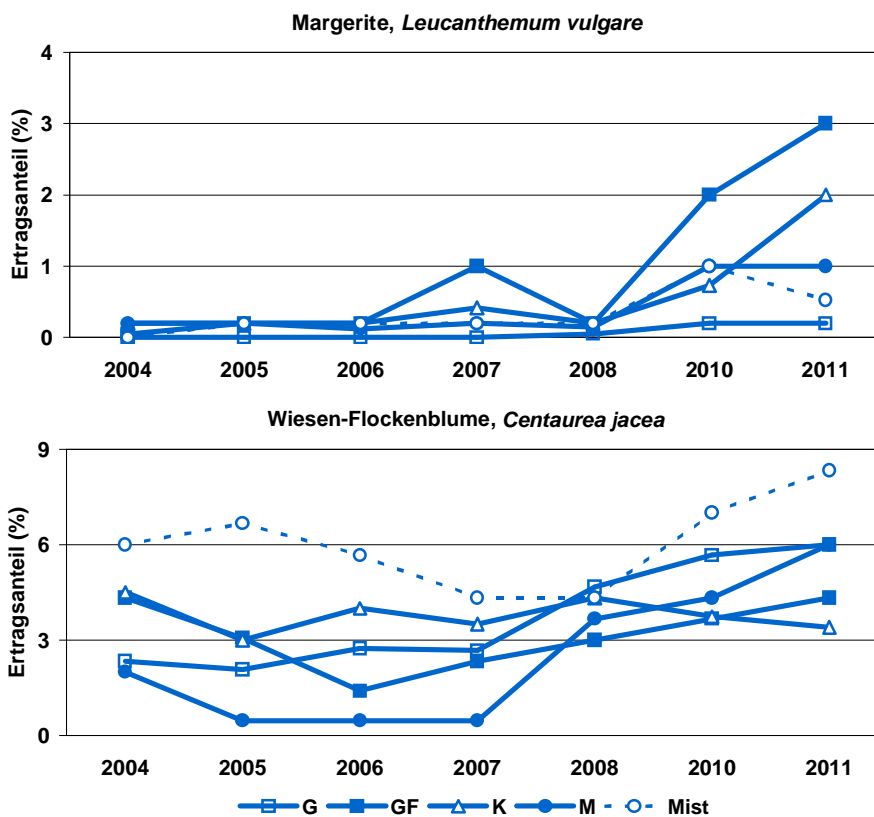


Abbildung 17: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Dörzbach.

Für eine höhere N-Wirkung beider Gülle-Varianten sprechen die durchgängig deutlich höheren Anteile des Obergrases Glatthafer (N-Zahl 7) sowie niedrigere Ertragsanteile des Magerzeigers Wiesensalbei (N-Zahl 4) im Vergleich zu den anderen Varianten (Abb. 18).

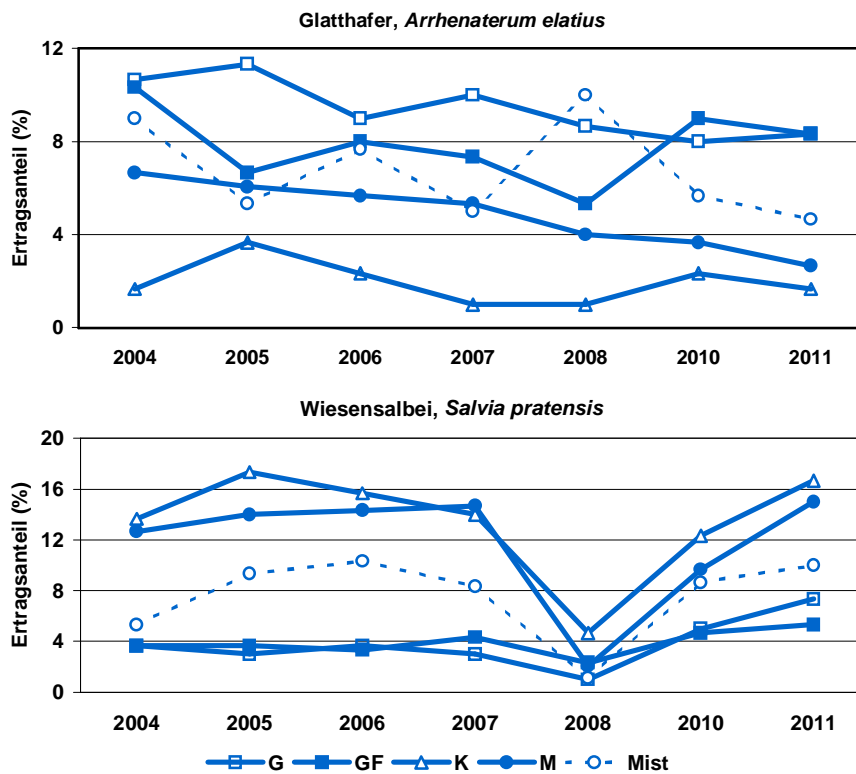


Abbildung 18: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Dörzbach.

Zwar spiegeln **die Gesamtertragsanteile an Magerkeits- und Nährstoffzeigern die Erwartungen** abnehmender Nährstoffeinträge von den Gülle-Varianten zur Mist-, Mineral und Kontrollvariante wieder, jedoch gab es 2011 keine statistisch signifikanten Unterschiede im Anteil an Magerkeits- o. Nährstoff-Zeigern zwischen den Varianten (Abb. 19).

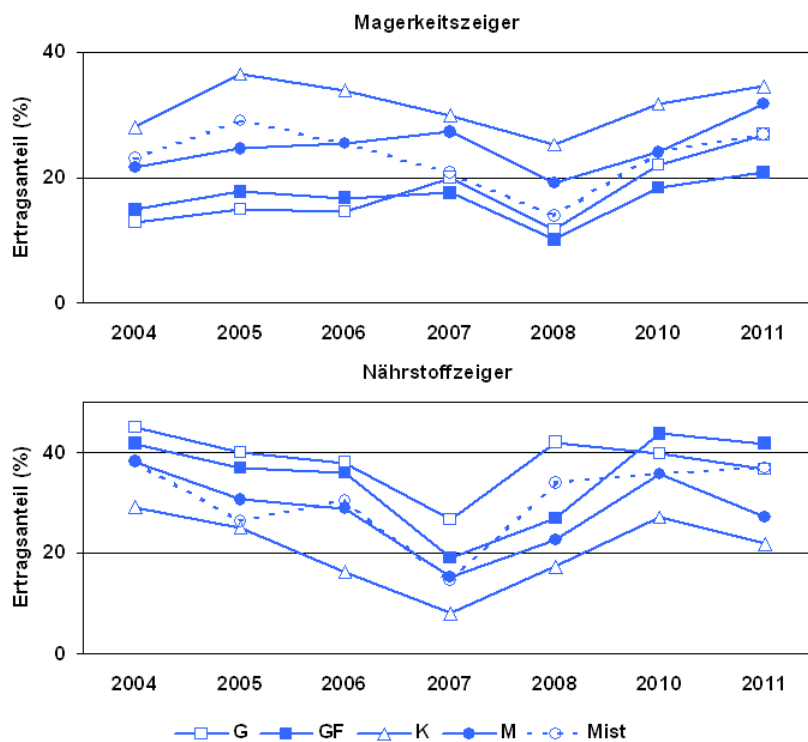


Abbildung 19: Entwicklung der Summe der Ertragsanteile Magerkeits- bzw. Nährstoffzeigender Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Dörzbach.

3.5.3 Genkingen

Auch in Genkingen gab es **widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich des Nährstoffeffekts bei Gülle-Düngung** (Tab. 6). Folgende **Hinweise** fanden sich **auf höhere Nährstoffwirkung der Frühjahrsgülle-Variante**: Die Magerkeitszeiger Ruch- und Kammgras (beide mit N-Zahl 4) kamen in der Frühjahrsgülle- (und Mist-) Variante 2011 signifikant seltener vor als in den anderen Varianten, vor allem als in der Kontrolle (welche die höchsten Werte aufwies), wobei dies jedoch nicht in allen Versuchsjahren so zutraf (Abb. 20).

Es fanden sich auch Hinweise auf **höhere Nährstoffwirkung der Gülle-Variante**: die Ertragsanteile des Knaulgras (N-Zahl 6) und Wiesen-Storchschnabels (N-Zahl 7) waren in mehreren Versuchsjahren (so auch 2011 beim Knaulgras, sh. Tab. 6) deutlich höher als in den übrigen Varianten (Abb. 20). In 2011 hatten sich jedoch die Unterschiede im Storchschnabel-Anteil zwischen den gedüngten Varianten relativiert; die Kontrolle wies jedoch durchgehend deutlich niedrigere Storchschnabel-Anteile auf (in

2011 um im Mittel 8 %), was auf eine Ausmagerung dieser Variante hindeuten könnte.

Keinen Hinweis auf höhere Nährstoffwirkung der Güllevarianten geben die Obergräser Glatt- und Goldhafer: während beide Gräser zu Versuchsbeginn signifikant häufiger in der Frühjahrsgülle- als in den übrigen Varianten vorkamen, nahmen beide bis zu Versuchsende im Ertragsanteils ab (Glatthafer um 10 % und Goldhafer um 14 %): so waren ab 2005 (Glatthafer) bzw. 2007 (Goldhafer) in fast allen Versuchsjahren keine deutlichen Unterschiede zu den übrigen Varianten mehr erkennbar (Abb. 21, Tab. 6).

Tabelle 6: Gewichtete Mittel des Vorkommens von Arten je Düngevariante (K: Kontrolle, M: Mineralisch, Mist, G: Gülle, GF: Gülle früh; Auszug aus „Species-by-Environment“ Tabelle, basierend auf einer RDA-Analyse*): hohe positive oder negative Werte einer Art zeigen an, dass die entsprechende Variante stark zur Erklärung der Art beiträgt; signifikant mit einer Variante korreliertes Vorkommen einer Art ($P < 0.05$; t value biplot) ist durch Fettdruck gekennzeichnet. Für die Kontroll-Variante war (aufgrund zu geringer Variabilität in den Daten) kein statistischer Test möglich.

	N-Zahl		K	M	Mist	G	GF
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (Ruchgras)	na ¹	2004	-0.19	-0.19	0.08	0.56	-0.26
		2011	0.55	0.06	-0.31	0.06	-0.37
<i>Cynosurus cristatus</i> (Kammgras)	4	2004	-0.49	-0.28	0.57	0.20	-0.01
		2011	0.33	0.20	-0.20	0.12	-0.44
<i>Trisetum flavescens</i> (Goldhafer)	5	2004	-0.33	0.57	-0.43	-1.07	1.26
		2011	-1.06	0.37	0.11	0.16	0.42
<i>Dactylis glomerata</i> (Knaulgras)	6	2004	0.36	-0.17	-0.59	0.15	0.25
		2011	-0.67	-0.35	0.11	0.67	0.24
<i>Arrhenaterum elatius</i> (Glatthafer)	7	2004	-1.42	-0.27	0.34	0.13	1.22
		2011	-0.54	0.04	0.74	-0.41	0.17
<i>Geranium pratense</i> (Wiesen-Storchnabel)	7	2004	-0.57	-0.77	0.59	0.89	0.14
		2011	-0.52	-0.01	0.10	0.22	0.21

¹ na: nicht verfügbar

Die Varianten zeigten grundsätzlich ein ähnliches zeitliches Muster hinsichtlich der Entwicklung der Mager- u. Nährstoffzeiger-Gesamtertragsanteile. Wie zu erwarten, wies die Kontrolle in den letzten Versuchsjahren die höchsten Anteile an Magerkeits- bzw. geringsten Anteile an Nährstoffzeigern auf. **Die Varianten unterschieden sich – bis auf die Jahre 2004 und 2010 – nur relativ geringfügig im Anteil der Magerkeits- und Nährstoffzeiger** (2005-2010 gab es zwischen den Varianten im Mittel einen Schwankungsbereich der Magerkeits- und Nährstoffzeigeranteile von nur 5 % Abb. 22). Die auffälligen Variantenunterschiede 2004 könnten durch Bestandesveränderungen im Zusammenhang mit dem relativ trockenen vorangehenden Jahr 2003 bedingt sein. Im Jahr 2010 kam es zu hohen Klappertopf-Etablierungsrate; die Varianten-Unterschiede im Anteil an Magerkeitszeigern stimmen sehr gut mit denen des

Zottigen Klapptropf überein (vergleiche Abbildungen 22 und 12). 2011 gab es keine Varianten-Unterschiede unterschieden im Anteil an Mager- o. Nährstoff-Zeigern.

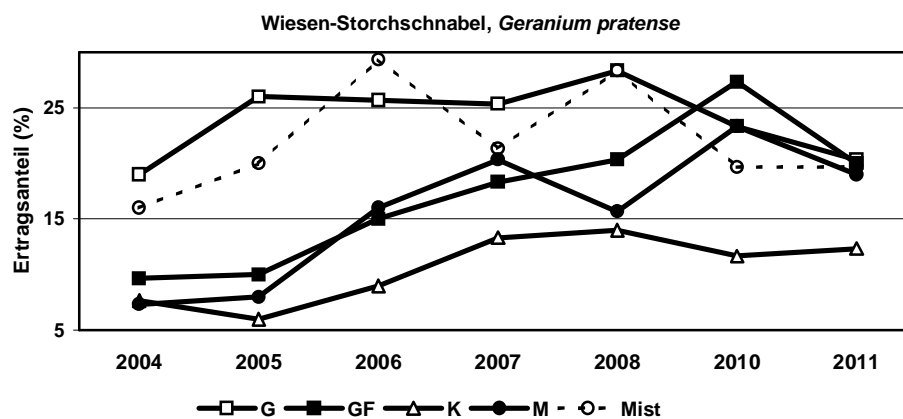
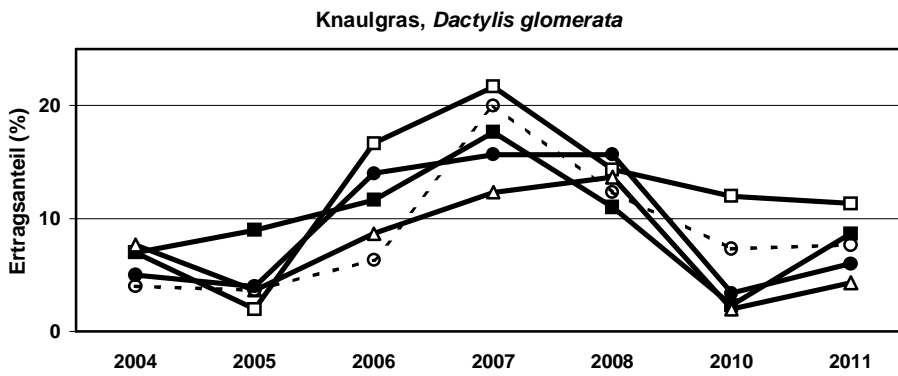
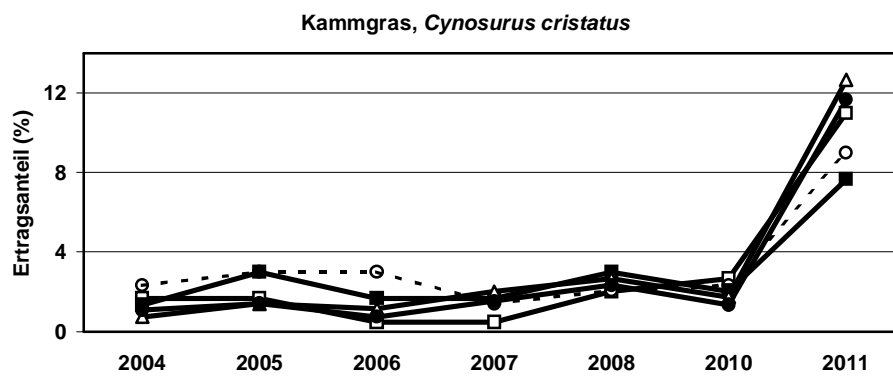
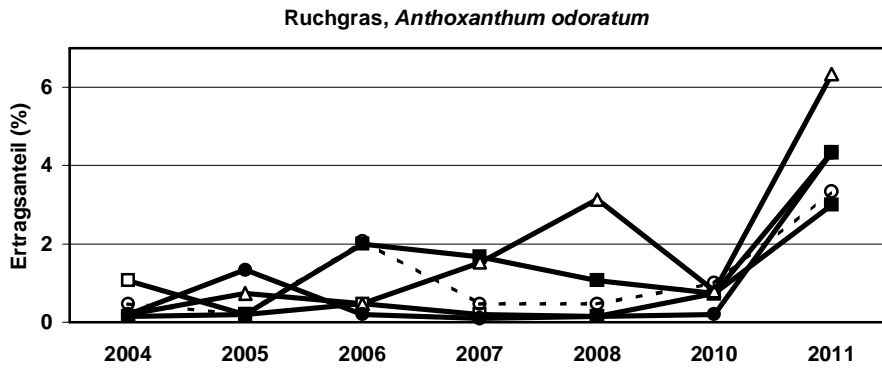


Abbildung 20: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Genkingen.

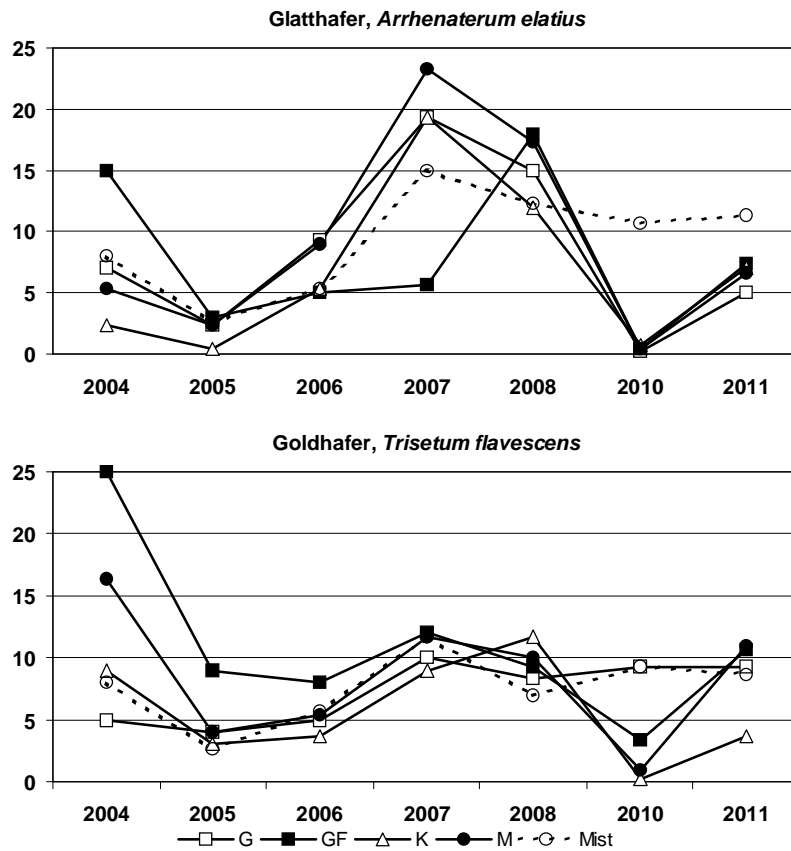


Abbildung 21: Entwicklung der Ertragsanteile ausgewählter Arten der Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrsgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist) über die Versuchsjahre in Genkingen.

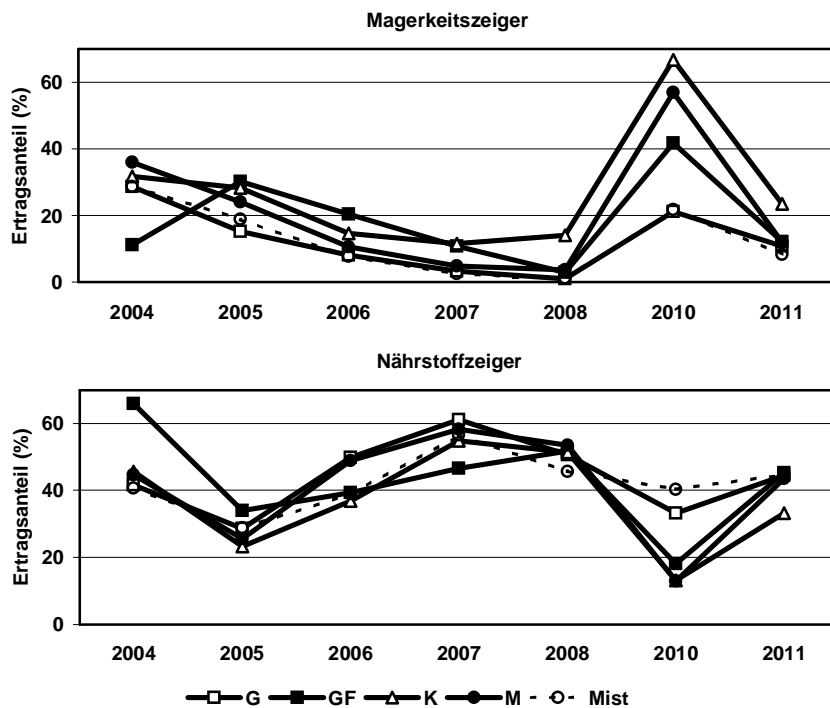


Abbildung 22: Summe der Ertragsanteile an Mager- bzw. Nährstoffzeigern über die Versuchsjahre für die Düngevarianten (G: Gülle, GF: Frühjahrgülle, K: ungedüngte Kontrolle, M: Mineralisch, Mist).

3.6 Kennarten der FFH-Lebensraumtypen

Tabellen 7-9 geben eine Übersicht über das Vorkommen von FFH-Kennarten (LUBW 2003) mit ihren Ertragsanteilen zu Beginn und Ende des Versuchs für die unterschiedlichen Düngungsvarianten und Standorte. Eine aussagekräftige Interpretation des Düngungseffekts allein basierend auf diesen Daten ist aufgrund der oben besprochenen teilweise starken Ertragsanteilsschwankungen der Arten zwischen den Versuchsjahren schlecht möglich.

Tabelle 7: Ertragsanteile (%) von Kennarten der Lebensraumtypen „Magere Flachland-Mähwiese“ und „Berg-Mähwiese“ im Jahr 2004 und 2011 der Varianten.

Art / Standort	Dörzbach									
	Frühjahrgülle		Mist		Gülle		Mineralisch		Kontrolle	
Jahr	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011
Kennarten der Flachland-Mähwiesen										
<i>Achillea millefolium</i>	16	7,3	12,7	11,7	24,0	12,3	15,3	15,0	15,0	7,0
<i>Alopecurus pratensis</i>	0,1	6,7	2,0	7,7	1,1	5,7	2,1	7,7	2,7	5,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i>										
<i>Arrhenatherum elatius</i>	10,3	8,3	9,0	4,7	10,7	8,3	6,7	2,7	1,7	1,7
<i>Avena pubescens</i>	0,1	0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	0,5	0,7

<i>Campanula glomerata</i>					0,1			0,1		
<i>Campanula patula</i>										
<i>Centaurea jacea</i>	4,3	4,3	6,0	8,3	2,3	6,0	2,0	6,0	3,0	3,4
<i>Centaurea nigra</i>										
<i>Cerastium holosteoides</i>	0,4		1,4	0,1	0,5		0,5		0,8	0,1
<i>Crepis biennis</i>										0,1
<i>Dactylis glomerata</i>	3,4	5,7	2,0	5,0	4,3	7,7	7,3	5,7	4,0	4,0
<i>Daucus carota</i>										
<i>Festuca pratensis</i>	1,3	0,7	0,7	0	0,1	0	0,7	0	0,2	0
<i>Festuca rubra</i>			0,1							
<i>Galium album</i>	10,0	7,7	12,3	5,3	15,3	3,3	4,7	2,7	9,0	3,7
<i>Geranium pratense</i>										
<i>Heracleum sphondylium</i>	0,1	0,1			0,1					
<i>Holcus lanatus</i>										
<i>Knautia arvensis</i>	0,4	1,7			0,1	0,1				0,1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0,1	1,0		0,4		0,1	0,1	0,3	0,1	2,0
<i>Pastinaca sativa</i>	1,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		1,4	0,1
<i>Phleum pratense</i>	0,1		0,1		0,1					
<i>Pimpinella major</i>										
<i>Plantago media</i>	0,1		0,1		0,1				0,1	
<i>Poa pratensis</i>	12,3	0,2	9,3	0,2	9,3	0,2	13,7	0,2	10,0	0,5
<i>Primula veris</i>										
<i>Ranunculus acris</i>										
<i>Ranunculus bulbosus</i>	6,0	6,7	10,0	7,7	5,0	10,7	6,7	8,0	8,7	8,7
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>				0,1				0,7		0,1
<i>Rumex acetosa</i>	0,1	0,4		0,1			0,1	0,5	0,1	0,1
<i>Salvia pratensis</i>	3,7	5,3	5,3	10,0	3,7	7,3	12,7	15,0	13,7	16,7
<i>Sanguisorba officinalis</i>										
<i>Tragopogon pratensis</i>	0,4	2,1	0,7	0,7	1,7	2,7	0,1	0,7	0,7	4,3
<i>Trifolium pratense</i>	0,2	10,3	0,2	15,0	0,2	13,0	0,1	17,3	0,7	26,7
<i>Trisetum flavescens</i>	16,0	12,0	11,7	14,0	13,0	11,7	16,0	8,0	11,0	7,0
<i>Veronica chamaedrys</i>										
Zusätzliche Kennarten der Berg-Mähwiesen										
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>										
<i>Geranium sylvaticum</i>										
<i>Meum athamanticum</i>										
<i>Poa chaixii</i>										
Summe	22	19	19	18	20	15	19	16	19	20

Tabelle 8: Ertragsanteile (%) von Kennarten der Lebensraumtypen „Magere Flachland-Mähwiese“ und „Berg-Mähwiese“ im Jahr 2004 und 2011.

Art / Standort	Furtwangen									
	Frühjahrgülle		Mist		Gülle		Mineralisch		Kontrolle	
Jahr	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011
Kennarten der Flachland-Mähwiesen										
<i>Achillea millefolium</i>	1,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	1,3	0
<i>Alopecurus pratensis</i>			0,1	4,7		0,1	0,3		0,7	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	9,7	13,7	9,3	8,0	9,0	16,0	5,7	12,3	10,3	15,3
<i>Arrhenatherum elatius</i>	10,3	2,0	7,0	2,1	7,7	1,0	3,3	1,0	3,0	0,7
<i>Avena pubescens</i>										
<i>Campanula glomerata</i>										
<i>Campanula patula</i>										
<i>Centaurea jacea</i>										
<i>Centaurea nigra</i>		0,7		0,5		0,2		1,4	0,2	0,3
<i>Cerastium holosteoides</i>	2,0	0,2	0,7	0,1	2,7	0,2	1,0	0,1	1,0	0,2
<i>Crepis biennis</i>										
<i>Dactylis glomerata</i>	6,0	4,3	11,3	4,7	7,0	4,0	18,0	7,0	13,7	4,7
<i>Daucus carota</i>										
<i>Festuca pratensis</i>	0,1	1,3	1,1	1,7	0,4	0,7	0,1	2,0	0,3	0,1
<i>Festuca rubra</i>	10,0	26,0	9,3	21,0	2,0	31,7	1,5	25,0	4,0	32,7
<i>Galium album</i>		0,5		1,4		1,7	0,3	1,3	0,7	0,4
<i>Geranium pratense</i>										
<i>Heracleum sphondylium</i>	2,7		3,3		2,7		2,3		3,0	
<i>Holcus lanatus</i>	0,1		0,3			0,1	0,3	0,1	1,8	
<i>Knautia arvensis</i>										
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0,1	0,4		0,7		0,4	1,7	0,2	1,3	0,5
<i>Pastinaca sativa</i>										
<i>Phleum pratense</i>	5,3	0,5	2,3	0,5	5,3	1,0	2,3	0,7	4,4	0,4
<i>Pimpinella major</i>	0,7	2,7	1,0	1,4	1,1		1,1		2,7	
<i>Plantago media</i>										
<i>Poa pratensis</i>	3,3	0,1	4,0		3,0	0,1	6,0	0,1	2,7	0,1
<i>Primula veris</i>										
<i>Ranunculus acris</i>	1,1	3,0	2,3	4,7	2,0	2,3	2,3	2,3	1,3	3,0
<i>Ranunculus bulbosus</i>										
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>										
<i>Rumex acetosa</i>	4,0	7,7	4,3	7,3	3,3	5,7	7,0	5,3	3,7	6,0
<i>Salvia pratensis</i>										
<i>Sanguisorba officinalis</i>			0,1							

<i>Tragopogon pratensis</i>										
<i>Trifolium pratense</i>	1,4	13,3	1,3	10,0	0,5	11,0	1,3	9,7	0,8	13,0
<i>Trisetum flavescens</i>	14,0	10,0	18,3	9,3	25,0	7,7	19,3	10,0	21,3	8,3
<i>Veronica chamaedrys</i>										
Zusätzliche Kennarten der Berg-Mähwiesen										
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>										
<i>Geranium sylvaticum</i>										
<i>Meum athamanticum</i>	0,7						0,3		0,1	0,4
<i>Poa chaixii</i>		0,1		0,4		4,1		4,0		0,1
Summe	18	18	18	18	15	19	19	19	21	17

Tabelle 9: Ertragsanteile (%) von Kennarten der Lebensraumtypen „Magere Flachland-Mähwiese“ und „Berg-Mähwiese“ im Jahr 2004 und 2011.

Art / Standort	Genkingen									
	Frühjahrgülle		Mist		Gülle		Mineralisch		Kontrolle	
Jahr	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011	2004	2011
Kennarten der Flachland-Mähwiesen										
<i>Achillea millefolium</i>	0,4	3,4	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	2,8	0,5
<i>Alopecurus pratensis</i>										
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,2	3,0	0,5	3,3	1,1	4,3	0,2	4,3	0,2	6,3
<i>Arrhenatherum elatius</i>	15,0	7,3	8,0	11,3	7,0	5,0	5,3	6,7	2,4	7,1
<i>Avena pubescens</i>	2,0	0,1	0,7	0,7	2,0	0,4	3,0	1,7	3,0	5,7
<i>Campanula glomerata</i>										0,4
<i>Campanula patula</i>					0,1		0,1	0,1	0,1	
<i>Centaurea jacea</i>	0,1						0,2		0,1	0,1
<i>Centaurea nigra</i>										
<i>Cerastium holosteoides</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
<i>Crepis biennis</i>	1,3	6,7	3,7	3,3	4,7	3,7	5,0	2,3	4,7	5,3
<i>Dactylis glomerata</i>	7,0	8,7	4,0	7,7	7,0	11,3	5,0	6,0	7,7	4,3
<i>Daucus carota</i>										
<i>Festuca pratensis</i>	5,3	9,7	4,3	10,3	1,3	8,0	2,3	7,0	2,7	7,3
<i>Festuca rubra</i>	3,0	1,7	4,0	1,7	5,0	2,3	6,0	2,3	6,3	2,7
<i>Galium album</i>	9,3	7,3	9,3	11,7	8,7	10,7	7,3	9,7	10,0	7,3
<i>Geranium pratense</i>	9,7	20,0	16,0	19,7	19,0	20,3	7,3	19,0	7,7	12,3
<i>Heracleum sphondylium</i>	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2		0,1	0,4	3,0	1,7
<i>Holcus lanatus</i>	1,4	1,3	1,4	0,1	1,7	1,7	0,2	3,7	0,2	0,4
<i>Knautia arvensis</i>		0,2	0,7	0,5	0,7	0,1	0,4	0,2	1,7	1,3
<i>Leucanthemum vulgare</i>		0,5		0,2	0,1	0,4		0,1	0,1	2,1

<i>Pastinaca sativa</i>										
<i>Phleum pratense</i>			0,1							
<i>Pimpinella major</i>										0,1
<i>Plantago media</i>	0,1		0,2		0,1	0,1	1,7	0,2	1,1	0,8
<i>Poa pratensis</i>	1,7		0,5		0,2		0,4		0,7	0,1
<i>Primula veris</i>							0,1		0,1	
<i>Ranunculus acris</i>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,7	0,2
<i>Ranunculus bulbosus</i>										0,1
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	5,3	1,7	18,3	1,3	16,3	2,7	24,3	2,3	16,3	3,7
<i>Rumex acetosa</i>	0,7	2,0	2,0	1,3	2,0	2,3	1,1	3,3	2,4	2,1
<i>Salvia pratensis</i>		0,1					0,4	0,1	0,4	0,4
<i>Sanguisorba officinalis</i>										
<i>Tragopogon pratensis</i>	1,0	0,5	3,3	0,7	3,0	0,1	1,3	0,1	3,0	2,1
<i>Trifolium pratense</i>	0,1	2,7	1,4	3,0	0,2	3,0	0,2	2,0	0,7	1,7
<i>Trisetum flavescens</i>	25,0	10,7	8,0	8,7	5,0	9,3	16,3	11,0	9,0	3,7
<i>Veronica chamaedrys</i>	0,5	0,2	0,2		0,2		0,2	0,1	0,2	0,1
Zusätzliche Kennarten der Berg-Mähwiesen										
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>										
<i>Geranium sylvaticum</i>	2,0	0,1	1,0		2,7		1,7	0,1	2,7	0,1
<i>Meum athamanticum</i>										
<i>Poa chaixii</i>										
Summe	24	24	25	21	26	21	28	26	30	29

4 Zusammenfassung

Der Bodennährstoffgehalt gehört zu den bedeutendsten Einflussfaktoren auf die Ausbildung von Graslandgesellschaften (Klapp 1965). Oft dauert es Jahrzehnte, bis sich infolge einer Bewirtschaftungsänderung ein neuer „Gleichgewichtszustand“ der Artenzusammensetzung entwickelt (Chytrý et al. 2009). Die Düngung ist daher ein bedeutender Faktor für die Ausprägung und – bei Änderung der Düngerform und/oder –höhe – Entwicklung der Bestandeszusammensetzung.

Festmist, als traditionelle Düngerform der FFH-Mähwiesen, gilt als unbedenklich in seiner Auswirkung auf den Bestand. Festmist zeichnet sich durch eine langsame N-Freisetzung durch Abbau der organischen Substanz aus und besitzt daher eine vergleichsweise geringe N-Wirkung. Gülle besitzt einen höheren Gehalt an Gesamt-N und schnell verfügbaren Ammonium-N (LTZ 2011), welcher relativ rasch in die von den Pflanzen hauptsächlich aufgenommene N-Form Nitrat umgesetzt wird. Dem entsprechend hat Gülle eine höhere und schnellere N-Wirkung als Festmist. Daraus ergab sich die der Versuchsanstellung zugrunde liegende Frage, ob auch eine Düngung mit Gülle (zum ersten bzw. zweiten Aufwuchs) geeignet ist, artenreiche FFH-Mähwiesen in ihrer Bestandeszusammensetzung zu erhalten.

Im vorliegenden Versuch wurde die Entwicklung der Artenzusammensetzung von Mähwiesen an drei Standorten in Abhängigkeit unterschiedlicher Düngung (unge düngte Kontrolle, mineralische P/K-Düngung, Gülle-Düngung zum 1. bzw. 2. Aufwuchs) über 8 Jahre (2004-2011) untersucht.

4.1 Vergleich der Standorte Furtwangen und Dörzbach

Düngung von am Standort limitiert verfügbaren Nährstoffen (meist N und oder P) bewirkt Veränderungen des Bestands: hochwüchsige Obergräser werden gefördert und niedrigwüchsige Gräser und Kräuter zurückgedrängt, woraus höhere und dichtere Grasnarben und eine Abnahme der Artenvielfalt resultiert (Voigtländer und Jacob 1987; Chytrý et al. 2009). Eine Düngung zum ersten Aufwuchs fördert das Wachstum besonders und sollte daher oben genannte Effekte verstärken. Witterungsbedingt kann es zu relativ großen Schwankungen in den **Ertragsanteilen der Gräser, Kräuter und Leguminosen** kommen (Briemle 2007), wie auch dieser Versuch bestätigte. Hinsichtlich der Ertragsanteile dieser Gruppen gab es in der Ten-

denz leichte (wenn auch nicht signifikante) Unterschiede im Düngungseffekt zwischen Furtwangen und Dörzbach: während in Furtwangen kaum visuelle Varianten-Unterschiede erkennbar waren (Abb. 5), fiel im besser Nährstoff-versorgten Dörzbach die Kontrolle durch niedrigere Gras- und höhere Leguminosenanteile auf (Abb. 8). Dies erstaunt insofern nicht, als an relativ mageren Standorten (hier Furtwangen im Vergleich zu Dörzbach) auch Magerkeits-zeigende Arten erst einmal durch (N-) Düngung gefördert werden, und zwar so lange bis konkurrenzkräftigere Arten verstärkt aufkommen und diese verdrängen (Klapp 1965; Voigtländer und Jacob 1987). Insgesamt resultierte die unterschiedliche Düngung jedoch weder in Furtwangen noch in Dörzbach in statistisch belegbaren Varianten-Unterschieden im Gras-Kraut-Leguminosen-Anteil. Basierend auf der **Nährstoffzahl** waren an beiden Standorten keine Varianteneffekte zu erkennen. Sowohl in Furtwangen als auch in Dörzbach kam es im Laufe des Versuchs nicht zu einer Verstärkung der Variantenunterschiede und an beiden Standorten war eine leichte Abnahme der N-Zahl zu beobachten, was auf eine Ausmagerung hindeutet. Dies spiegelte sich auch im **Ertragsanteil der Nährstoff- bzw. Magerkeits-zeigenden Arten** wieder: in Furtwangen kam es in allen Varianten zur Zunahme von Magerkeits- und Abnahme von Nährstoff-zeigern, in Dörzbach war keine bzw. dieselbe Veränderung wie in Furtwangen zu beobachten. Hinsichtlich der **Artenzahl** zeigte sich in Furtwangen, was Briemle (2004) schon bei der Düngung von Kalkmagerrasen feststellte: leichte Düngung (auch magerer Standorte; hier in Form von mineralischer P/K bzw. N/P/K-Düngung) kann sich positiv auf die Artenvielfalt auswirken. Denn in der Kontrolle kam es (aufgrund einer vergleichsweise hohen Anzahl verschwundener Nährstoff- und Magerkeits-zeigender Arten) zu einer negativen Artenbilanz, während diese bei den gedüngten Varianten ausgeglichen (Frühjahrgülle) bzw. positiv (v. a. in der Mist-Variante) ausfiel. In Dörzbach kam es bei allen Varianten zu einer Abnahme der Artenzahl, die bei den einzelnen Varianten etwas unterschiedlich ausfiel, jedoch nicht durch die Düngerbehandlung erklärbar war. An beiden Standorten gab es keine signifikanten Varianten-Unterschiede in der Artenzahl zu Ende des Versuchs. Marini et al. (2007) zeigten im Rahmen einer Untersuchung der Bedeutung von Boden, Topographie und Bewirtschaftung auf Artenreichtum und Bestandeszusammensetzung, dass die Artenzahl hauptsächlich durch die langfristige Bewirtschaftungsintensität sowie die Bodenfruchtbarkeit beeinflusst ist, während für die Bestandeszusammensetzung die Topographie an Bedeutung gewann. Dies deutet darauf hin, dass ein Effekt veränderter Düngung

sich möglicherweise bei der Artenzahl früher (statistisch) nachweisen lässt als bei der Bestandeszusammensetzung. In diesem Versuch konnten jedoch beobachtete Veränderungen in der Artenzahl nicht mit der Düngergabe in Verbindung gebracht werden.

An beiden Standorten **führte unterschiedliche Düngung letztlich nicht zu Unterschieden in der Bestandeszusammensetzung**. Ein Vergleich der **Ähnlichkeit der Varianten** zu Beginn und Ende des Versuchs deutet nicht auf eine zunehmende Unähnlichkeit der Gülle-Varianten zu den anderen Varianten – und vor allem der ungedüngten Kontrolle – hin, was als Hinweis auf eine stärkere (N-) Düngewirkung dieser Varianten zu werten gewesen wäre.

4.2 Standort Genkingen

Sowohl die **Gräser-Kräuter-Leguminosen-Anteile** als auch die N-Zahl und die **Ertragsanteile von Nährstoff- und Magerkeits-Zeigern** (kaum Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten) deuteten auf keinen Düngungs-Effekt hin. Die **N-Zahl** nahm - mit Ausnahme der mineralisch gedüngten Variante - nicht zu. Die Artenzahl nahm (ebenso wie in Dörzbach) in allen Varianten ab – in der Mist- und Gülle-Variante war der Artenrückgang am stärksten und führte zu signifikant niedrigerer Artenzahl in 2011. Unterschiede im Artenschwund der Varianten konnten nicht auf unterschiedliche Düngung zurückgeführt werden.

Insgesamt kam es zu keinen signifikanten Unterschieden in der **Bestandeszusammensetzung** der Varianten durch die Düngung. Auch die Analyse der Bray-Curtis-**Unähnlichkeit** zwischen den Varianten gab keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Düngewirkung und der Entwicklung der Ähnlichkeit zwischen den Varianten.

5 Schlussfolgerung

Für eine umfassende Beurteilung ist die Betrachtung der Gesamtheit der Arten und ihres Verhaltens in Reaktion auf die Bewirtschaftung notwendig, wie es multivariate Analysemethoden erlauben. Diese deuteten an keinem der Standorte auf eine unterschiedliche Entwicklung der Bestände infolge unterschiedlicher Düngung hin. Wenn auch teilweise Hinweise auf höhere Stickstoffwirkung bei Gülle-Düngung zum ersten

und/oder zweiten Aufwuchs gefunden wurden (und für manche Arten im Jahr 2011 statistisch belegt werden konnten), so war die N-Gabe durch Gülle-Düngung auf den untersuchten Flächen vermutlich zu gering, um Veränderungen des Bestands zu bewirken, zumal diese etwa zur Hälfte niedriger lagen als die bisherige langjährige Düngung der Flächen. Laut Voigtländer und Jakob (1987) werden Arten, die in wüchsigen Wiesen durch N-Düngung verdrängt werden, durch diese an mageren Standorten so lange gefördert, bis sie von konkurrenzstärkeren Arten wüchsigerer Standorte verdrängt werden. Gülle-Düngung in der Höhe der bisher am Standort üblichen N-Düngung der Flächen könnte sich daher negativ auf die Bestandeszusammensetzung auswirken. Langzeitwirkungen der unterschiedlichen Düngevarianten können aus diesem Versuch nicht abgeleitet werden.

6 Danksagung

Dank gebührt der Stiftung Naturschutzfonds sowie dem Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz _Baden-Württemberg für die Finanzierung. Des Weiteren gilt den beteiligten Landwirten Fritz Öchslen, Franz Fehrenbach und Werner Gumper für Ihre Mitarbeit sowie Karin King und Sylvia Engel für die fachliche Mitbetreuung des Versuchs unser Dank. Matina Ziegler und Bernhard Weiß von den Landratsämtern Schwarzwald-Baar bzw. Hohenlohekreis sei für ihre technische Unterstützung gedankt.

7 Literatur

- (1992). Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften.: 7-50.
- Briemle, G. (2004). 20 Jahre Landschaftspflegeversuch Filsenberg (Schwäbische Alb), Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW): 1-39.
- Briemle, G. (2007). Floristische Untersuchungen zur Düngeverträglichkeit von mesotrophem FFH-Grünland – Erste Ergebnisse nach 4jährigen Feldversuchen in drei Naturräumen Baden-Württembergs, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW): 36.
- Briemle, G. (2007). Floristische Untersuchungen zur Düngeverträglichkeit von mesotrophem FFH-Grünland – Erste Ergebnisse nach 4jährigen Feldversuchen in drei Naturräumen Baden-Württembergs, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW): 1-36.
- Bundesnaturschutzgesetz (2009). "Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Verschlechterungsverbot § 33, Abs. 1."
- Chytrý, M., M. Hejman, et al. (2009). "Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany." Applied Vegetation Science **12**(2): 167-176.
- Ellenberg, H. (1982). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart, Ulmer.
- Ellenberg, H., H. E. Weber, et al. (1992). "Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa." Scripta Geobotanica **18**.
- Elsässer, M. (2001). "Gülledüngung auf Dauergrünland und Artenschutz - ein unlösbarer Widerspruch?" Berichte über Landwirtschaft: Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft **79**(1): 49-70.
- Elsässer, M. (2007). Düngung von Wiesen und Weiden. Karlsruhe, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ).
- Klapp, E. (1965). Grünlandvegetation und Standort nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey.
- Klapp, E. and A. Stählin (1936). Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart, Ulmer.
- Lepš, J. and P. Šmilauer (2003). Multivariate analysis of ecological data using CANOCO, Cambridge University Press, Cambridge.
- Leyer, I. and K. Wesche (2008). Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung. Heidelberg, Springer.
- LTZ (2011). Beratungsgrundlagen für die Düngung im Ackerbau und auf Grünland in Baden-Württemberg. P. Schneider-Götz, Elsässer, Breuer. Karlsruhe, Landwirtschaftliches Zentrum Augustenberg.
- LUBW (2003). Natura 2000: Handbuch zur Erstellung von Pflege- und Entwicklungsplänen für die Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg. Entwurf Version 1.0. M. u. N. B.-W. L. Landesanstalt für Umwelt. Karlsruhe: 467.
- LUBW (2009). Arten, Biotope, Landschaft - Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. M. u. N. B.-W. L. Landesanstalt für Umwelt. Karlsruhe, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: 314.
- LUBW (2009). "Handbuch zur Erstellung von Managementplänen für die Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg. Version 1.2."
- Marini, L., M. Scotton, et al. (2007). "Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows." Agriculture, Ecosystems and Environment **119**: 281–288.
- Nowak, B. and B. Schulz (2002). Wiesen: Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes, Verlag Regionalkultur.
- Pötsch, E. (2011). Nährstoffgehalt und Wirksamkeit von Wirtschaftsdüngern im Grünland. Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. D. M. Elsässer M., Huguenin-Elie O., Pötsch E.M., Nußbaum H.-J. und J. Messner. Aulendorf, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW): 178-184.
- R (2012). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Development Core Team - R Foundation for Statistical Computing.
- ter Braak, C. J. F. and P. Šmilauer (1997-2004). Canoco for Windows. Wageningen, The Netherlands, Plant Research International.

- Tonn, B. and M. Elsaesser (2011). Infoblatt Natura 2000: Wie bewirtschafte ich eine FFH-Wiese?, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Stuttgart.
- VDLUFA (1991). Methodenbuch Band I: Die Untersuchung von Böden. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- Voigtländer, G. and H. Jacob (1987). Grünlandwirtschaft und Futterbau. Stuttgart, Ulmer.
- Wildung, R. E., T. R. Garland, et al. (1975). "The interdependent effects of soil temperature and water content on soil respiration rate and plant root decomposition in arid grassland soils." Soil Biology and Biochemistry 7(6): 373-378.
- Williams, T. E., D. F. Osbourn, et al. (1989). Grass, its production and utilization, Blackwell Scientific Publications.