

Leguminosen-basierte Grünlandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung

M. Merten, M. Hoffstätter-Müncheberg, M. Kayser, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen,
Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Graslandwissenschaft,
Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,
maria.merten@agr.uni-goettingen.de

1 Einleitung und Problemstellung

Grünland bildet die agronomische Basis der Wiederkäuer- und Pferdehaltung [8]. Leguminosen können hier als eiweißreiche Futterpflanzen und durch ihre Stickstoff fixierende Wirkung [10] zum Wert des Grünlandes beitragen. Die sich im Zuge des globalen Klimawandels ändernden Umweltbedingungen haben einen großen Einfluss auf die Pflanzenbestände des Grünlands. Steigende Lufttemperaturen und CO₂-Gehalte können vorteilhaft für das Leguminosenwachstum sein, da diese generell ein höheres Temperaturoptimum haben als Gräser [13]. Die am häufigsten im Grünland verwendete Leguminosenart ist der Weißklee (*Trifolium repens*) ([6], [12]). Da Weißklee einen hohen Wasserbedarf hat, kann prognostiziert werden, dass die sich ändernden Niederschlagsbedingungen, mit häufigerem Trockenstress im Sommerhalbjahr [1], negativ auf das Kleewachstum auswirken [2]. Dies war der Anlass, die Leistung alternativer Futterleguminosen unter Trockenstressbedingungen zu prüfen. Dabei wird angenommen, dass es Futterleguminosen gibt, die auf Grund einer erhöhten agronomischen Wassernutzungseffizienz und morphologischer Anpassungsmechanismen negative Auswirkungen des Klimawandels unter stickstofflimitierten Bedingungen kompensieren können ([14], [15]). Im Vordergrund stehen dabei Leguminosenarten, die bisher in der praktischen Grünlandwirtschaft nur eine sehr geringe Rolle spielen [9] wie *Lotus corniculatus* (Hornklee), *Lotus uliginosus* (Sumpfklee), *Medicago falcata* (Sichelluzerne), *Medicago lupulina* (Gelbklee) und *Onobrychis viciifolia* (Esparsette).

2 Material und Methoden

Es werden 6 Leguminosenarten (*Lotus corniculatus*, *Lotus uliginosus*, *Medicago falcata*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Onobrychis viciifolia*) im Reinbestand und in Mischung mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) sowohl in einem vierjährigen Feldexperiment als auch begleitend in einem Gewächshausversuch angebaut.

Das Feldexperiment wird an zwei Standorten in Niedersachsen (subatlantisch (Standort Oldenburg) bis subkontinental (Standort Göttingen)) durchgeführt. Es wird ein Faktor ‚Trockenstress‘ eingeführt mit den Stufen ‚Überdachung‘ und ‚unbehandelte Kontrolle‘. Die Bodenarten am Versuchsstandort Göttingen sind Lehme bis tonige Lehme mit einer nutzbaren Feldkapazität von 30 mm/dm. Am Versuchsstandort Oldenburg mit eher schwach schluffigen Sandböden, liegt eine nutzbare Feldkapazität von 24 mm/dm vor. Für durchschnittlich 35 Tage (Variante ‚Überdachung‘), jeweils im Frühjahr und im Sommer, erhalten die Pflanzen keinerlei Wasserzufuhr, so dass der volumetrische Bodenwassergehalt abfällt.

Die Bodenwassergehalte der oberen 12 cm wurden am Standort Oldenburg mittels Time Domain Reflectometry (TDR)-Technik 14-täglich ermittelt und lagen in Parzellen der unbehandelten Kon-

trolle während der Stressphasen im Jahr 2011 bei durchschnittlich 18 % und in 2012 bei 15 %. In den Parzellen mit Überdachung wurden durchschnittliche Werte von 7,5 % in 2011 und 6,8 % in 2012 ermittelt. Dauer und Intensität des Trockenstresses bestimmen, wie sich die Pflanzen physiologisch verändern. So ist beispielsweise die Wassernutzungseffizienz der Leguminosen unter Trockenstress in der Regel vermindert ([3], [4], [5], [7]).

Drei Mal je Jahr wird durch Beerntung der oberirdische Biomasseertrag erfasst. An Teilproben des Erntegutes werden morphologische Untersuchungen vorgenommen (Untersuchung des Blatt/Stängelverhältnisses) und durch Nahinfrarotspektroskopie die Futterqualität untersucht. Kontinuierlich erfasst werden Pflanzenwuchshöhe, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Nährstoffgehalte im Oberboden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge der Leguminosen nach der zweiten Trockenstressphase in den beiden Jahren 2011 und 2012, wie in den Tab. 1 und 2 dargestellt, zeigen deutliche standortbedingte Unterschiede. Trockenstress hat in der Regel keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag, bis auf 2011 am Standort Göttingen. Weißklee (*T. repens*) hat einen hohen Wasserbedarf, erleidet aber unter starkem Trockenstress, nur im zweiten Versuchsjahr am Standort mit mehr sandigen Böden (Oldenburg) und mit relativ geringer nutzbarer Feldkapazität einen erheblichen Ertragseinbruch. Ist der Boden lehmhaltiger, wie am Versuchsstandort Göttingen, kann *T. repens* den erlittenen Trockenstress gut kompensieren, erzeugt aber insgesamt mit und ohne Stress weniger Biomasse als *O. viciifolia*, *L. corniculatus*, *M. falcata* und *M. lupulina*. Erheblich andere Ergebnisse zeigen die untersuchten Leguminosen am Standort Oldenburg. Bis auf *L. corniculatus*, der ein großes Ertragspotential (auch unter Trockenstress) aufweist, stellen die betrachteten Leguminosen an diesem Standort aus rein ertraglicher Sicht kaum eine Alternative zu *T. repens* dar. Im Versuch wurde festgestellt, dass *L. corniculatus* in der Lage ist, sehr früh in der Vegetationsperiode mit der Biomassebildung zu beginnen und auf Trockenstress mit einem verstärkten Wurzelwachstum und der Ausbildung größerer Blätter im Verhältnis zum Stängel zu reagieren, was sich jedoch nicht statistisch absichern lässt. Diese Formen der Kompensation könnten zur Klärung der guten Ertragsergebnisse beitragen. Die Höhe der Niederschläge während der Stressphase war in den beiden Jahren und für die Standorte unterschiedlich. Am Standort Oldenburg fiel während der zweiten Trockenstressphase in 2012 Ø 3,4 mm Regen pro Tag, dagegen nur Ø 0,78 mm pro Tag in 2011. Am Standort Göttingen lag der durchschnittliche Niederschlag auf den unüberdachten Kontroll-Parzellen während der zweiten Stressphase sowohl in 2011 als auch 2012 bei ca. 2,5 mm pro Tag. Dies mag dazu beigetragen haben, dass die Erträge auf dem wenig Wasser speichernden Standort Oldenburg gegenüber den Erträgen am Standort Göttingen erst in 2012 deutlich einbrachen.

L. uliginosus (Sumpfklee) muss als Sonderfall betrachtet werden. In den ersten zwei Jahren nach Anlage der Bestände konnten an beiden Standorten noch gute Erträge nachgewiesen werden, die in den folgenden Erntejahren allerdings deutlich zurück gingen, teilweise war keinerlei Ertrag mehr messbar.

Tab. 1: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Reinkultur an den Standorten Göttingen und Oldenburg im Jahr 2011. Gezeigt werden die Mittelwerte nach der zweiten Trockenstressphase. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

Leguminose	Mittelwerte Trockenmassen 2011 [kg ha ⁻¹]			
	Göttingen		Oldenburg	
	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress
<i>Lotus corniculatus</i>	4803	4108	5584	7584
<i>Lotus uliginosus</i>	4839	2800	2538	1286
<i>Medicago lupulina</i>	4610	2884	280	326
<i>Medicago falcata</i>	390	1220	108	105
<i>Onobrychis viciifolia</i>	5398	4042	386	304
<i>Trifolium repens</i>	2708	2124	1596	1775
Statistik	<i>F</i> -Wert	<i>P</i>	<i>F</i> -Wert	<i>P</i>
Stress (<i>S</i>)	5,03	0,032	0,38	0,542
Leguminose (<i>L</i>)	8,42	<0,001	69,24	<0,001
<i>S x L</i>	1,03	0,414	3,14	0,019
<i>l.s.d. (S x L)</i>	2063,6		1196,7	

Tab. 2: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Reinkultur an den Standorten Göttingen und Oldenburg im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte nach der zweiten Trockenstressphase. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

Leguminose	Mittelwerte Trockenmassen 2012 [kg ha ⁻¹]			
	Göttingen		Oldenburg	
	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress
<i>Lotus corniculatus</i>	2876	3910	1196	2676
<i>Lotus uliginosus</i>	151	108	10	0
<i>Medicago lupulina</i>	3940	3313	730	70
<i>Medicago falcata</i>	1324	1099	51	43
<i>Onobrychis viciifolia</i>	4204	4414	234	225
<i>Trifolium repens</i>	2199	3521	1182	289
Statistik	<i>F</i> -Wert	<i>P</i>	<i>F</i> -Wert	<i>P</i>
Stress (<i>S</i>)	0,65	0,426	0,02	0,883
Leguminose (<i>L</i>)	14,2	<0,001	27,99	<0,001
<i>S x L</i>	0,79	0,562	9,11	<0,001
<i>l.s.d. (S x L)</i>	1721,1		557,8	

In Mischungen mit *L. perenne* hängt die Konkurrenzkraft der Leguminosen ebenfalls stark vom Standort und damit dem vorherrschenden Wasserregime ab (Abb. 1 und 2). Am Standort Göttingen können die Leguminosen gute Erträge entwickeln, teilweise den Graspартner darin sogar übertreffen (*L. corniculatus*, *M. falcata* und *O. viciifolia*).

Am Standort Oldenburg können lediglich *L. corniculatus* und *T. repens* nennenswerte Erträge in Mischungen mit *L. perenne* erbringen, wobei *L. corniculatus* den Graspартner sowohl unter Stress als auch unter Kontrollbedingungen übertrifft. *M. falcata*, *M. lupulina* und *O. viciifolia* besitzen ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr keinerlei Konkurrenzkraft gegenüber dem Graspартner, so dass sie keinen Ertrag mehr aufbauen.

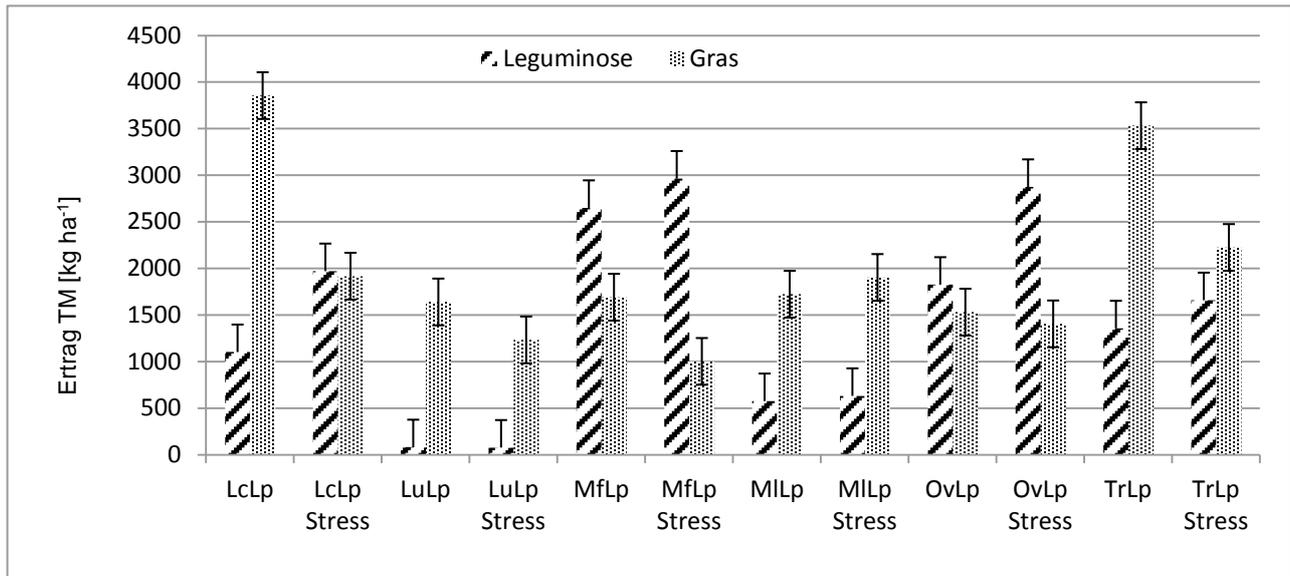


Abb. 1: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Mischung mit *Lolium perenne* (*Lotus corniculatus* - LcLp, *Lotus uliginosus* - LuLp, *Medicago falcata* - MfLp, *Medicago lupulina* - MlLp, *Onobrychis viciifolia* - OvLp, *Trifolium repens* - TrLp) am Standort Göttingen im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte und Standardfehler nach der zweiten Trockenstressphase.

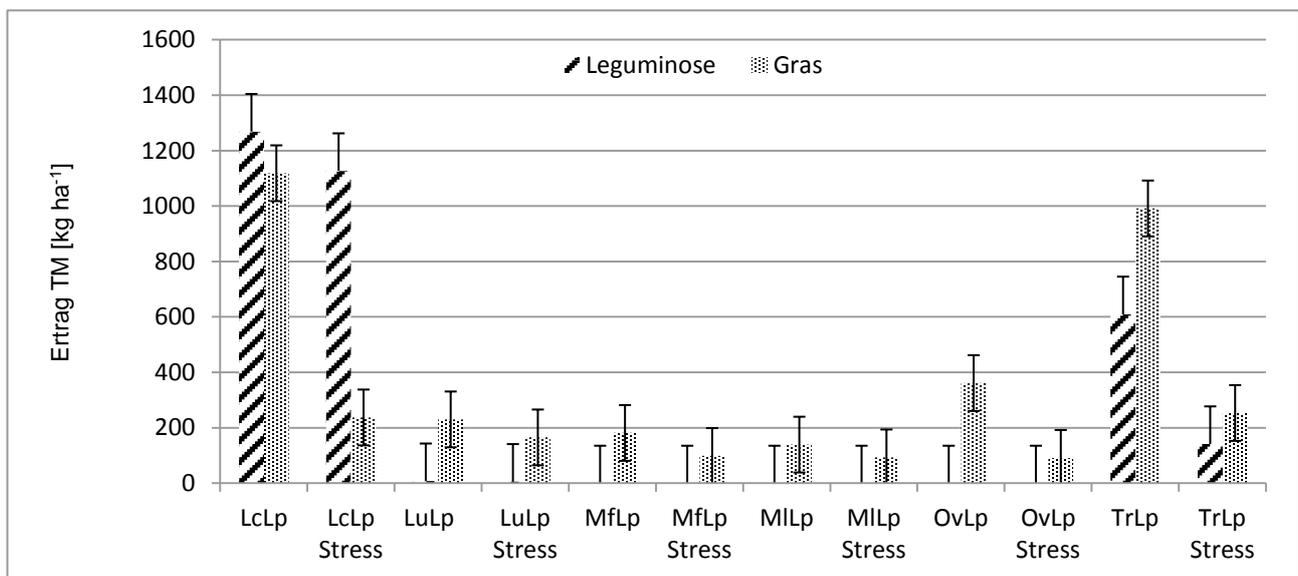


Abb. 2: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Mischung mit *Lolium perenne* (*Lotus corniculatus* - LcLp, *Lotus uliginosus* - LuLp, *Medicago falcata* - MfLp, *Medicago lupulina* - MlLp, *Onobrychis viciifolia* - OvLp, *Trifolium repens* - TrLp) am Standort Oldenburg im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte und Standardfehler nach der zweiten Trockenstressphase.

Das agronomische Potential von Leguminosen wird auch durch die Futterqualität bestimmt. Werden die Pflanzen Trockenstress ausgesetzt, ändern sich die pflanzenphysiologischen Prozesse und die Qualitätsparameter Rohproteingehalt (XP), organische neutral lösliche Faser (oNDF) und organische säurelösliche Faser (oADF) können Standort, Leguminose und Stress bedingte Unterschiede zeigen (Tab. 3 und 4). Sowohl NDF- als auch ADF-Gehalte liegen am Standort Oldenburg leicht unter den Ergebnissen des Erntematerials, das vom Standort Göttingen untersucht wurde. Die Le-

guminosen unterscheiden sich an beiden Standorten hoch signifikant in allen drei untersuchten Qualitätsparametern, allerdings unterschiedlich je nach Standort. (Wechselwirkung Standort und Leguminosenart, $P < 0,001$). Trockenstress wirkt sich nur auf XP signifikant aus; die Gehalte an Rohprotein sind unter Stress geringer. Die Reaktion der Bestände auf Trockenstress ist an beiden Standorten gleich (Wechselwirkung Standort und Stress, nicht signifikant). Die Leguminosenarten reagieren in ihren ADF-Gehalten deutlich unterschiedlich auf den Faktor Stress.

Tab. 3: Rohproteingehalte (XP in %), organische neutral lösliche Faser (oNDF in %) und organische säurelösliche Faser (oADF in %) der 6 Leguminosen am Standort Göttingen nach der zweiten Trockenstressphase in 2011. Bestandteilbestimmung durch Nahinfrarotspektroskopie. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

Leguminose	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress
	XP	XP	oNDF	oNDF	oADF	oADF
<i>Lotus corniculatus</i>	19,8	20,1	46,3	41,5	38,2	34,5
<i>Lotus uliginosus</i>	21,3	20,6	39,6	37,5	36,9	35,8
<i>Medicago falcata</i>	26,3	23,3	47,1	44,8	36,0	34,8
<i>Medicago lupulina</i>	26,1	23,3	37,0	41,4	26,6	31,5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	15,1	14,4	43,3	42,8	39,7	39,8
<i>Trifolium repens</i>	22,4	17,9	39,1	39,4	30,6	32,9
Statistik	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P
Stress (S)	11,47	0,002	0,37	0,548	0,44	0,514
Leguminose (L)	29,37	<0,001	5,59	0,001	14,71	<0,001
L x S	1,82	0,140	1,86	0,133	3,29	0,018
l.s.d. (L x S)	2,795		5,293		3,988	

Tab. 4: Rohproteingehalte (XP in %), organische neutral lösliche Faser (oNDF in %) und organische säurelösliche Faser (oADF in %) der 6 Leguminosen am Standort Oldenburg nach der zweiten Trockenstressphase in 2011. Bestandteilbestimmung durch Nahinfrarotspektroskopie. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

Leguminose	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress	kein Stress	Stress
	XP	XP	oNDF	oNDF	oADF	oADF
<i>Lotus corniculatus</i>	18,7	18,2	45,0	42,3	40,0	37,0
<i>Lotus uliginosus</i>	23,1	21,5	34,4	32,2	34,6	33,1
<i>Medicago falcata</i>	21,0	18,9	43,8	42,6	33,1	32,5
<i>Medicago lupulina</i>	14,2	13,2	39,5	37,6	26,2	25,4
<i>Onobrychis viciifolia</i>	13,4	11,0	31,5	31,3	32,1	30,5
<i>Trifolium repens</i>	28,1	22,2	33,3	35,3	27,0	30,5
Statistik	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P
Stress (S)	13,99	<0,001	2,75	0,108	2,21	0,148
Leguminose (L)	50	<0,001	80,38	<0,001	88,2	<0,001
L x S	2,11	0,093	2,06	0,099	5,86	<0,001
l.s.d. (L x S)	2,843		2,407		1,866	

Das Wachstum der Pflanzen wird durch Trockenstress gehemmt und daher ist das Vegetationsstadium der gestressten Pflanzen weniger weit fortgeschritten [4]. Die Leguminosen zeigen unter Stress zum Teil und gerade am Standort Oldenburg geringere NDF- und ADF-Gehalte, was sich allerdings

nicht statistisch absichern lässt. Diese Tendenz lässt sich möglicherweise mit einer weniger ausgeprägten Entwicklung der faserhaltigen Pflanzenbestandteile bei den gestressten Pflanzen erklären. Der generell niedrigere Rohprotein-Gehalt unter Trockenstressbedingungen entspricht den Erwartungen [11], da hier die Stickstoffaufnahme der Pflanzen durch das verlangsamte Wachstum noch nicht so weit fortgeschritten sein könnte wie bei den Kontrollpflanzen.

4 Schlussfolgerungen

Die Erträge der Leguminosen zeigen nach einer Trockenstressphase deutlich standortbedingte Unterschiede. Weißklee (*Trifolium repens*) kann in Reinkultur aber auch in Mischung mit *L. perenne* an Standorten mit sandigen Böden bei langem und starkem Trockenstress mit starken Einbrüchen im Ertrag reagieren. Unter diesen Bedingungen könnte *Lotus corniculatus* eine Alternative darstellen. Für Standorte mit lehmigen Böden erwiesen sich auch *Onobrychis viciifolia* und *Medicago falcata* als potentielle Alternativen. Die Werte der Futterqualitätsparameter Rohproteingehalte (XP), organische neutral lösliche Faser (NDF) und organische säurelösliche Faser (ADF) sind unter Trockenstress geringer, was sich jedoch nur für XP statistisch absichern lässt. Deutliche Unterschiede bestehen allerdings zwischen den Leguminosenarten, deren Gehalte an XP, ADF und NDF auch zwischen den Standorten variieren. Grundsätzlich bedingen niedrigere ADF- und NDF-Werte eine bessere Verdaulichkeit der Pflanzen und in dieser Hinsicht zeigen vor allem *Trifolium repens* und *Medicago lupulina* im Vergleich zu den anderen Leguminosen gute Werte.

5 Literatur

- [1] ALCAMO, J., MORENO, J.M., NOVÁKY, B., BINDI, M., COROBOV, R., DEVOY, R.J.N., GIANNAKOPOULOS, C., MARTIN, E., OLESEN, J.E. AND SHVIDENKO A. (2007): Europe. Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- [2] EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze: Dynamik des Wasserhaushalts als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. Ulmer, Stuttgart.
- [3] EHLERS, W. UND GOSS, M. (2003): Water dynamics in plant production. CAB International, Wallingford, UK.
- [4] FAROOQ, M., WAHID, A., KOBAYASHI, N., FUJITA, D. UND BASRA, S. M. A. (2009): Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 185-212.
- [5] FOULDS, W. (1978): Response to soil moisture supply in three leguminous species I. Growth, reproduction and mortality. *New Phytol.* 80, 535-545.
- [6] HOPKINS, A., WILKINS, R. (2006): Temperate grassland: key developments in the last century and future perspectives. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 144, 503-523.
- [7] LUCERO, D. W., GRIEU, P., GUCKER, A. (2000): Water deficit and plant competition effects on growth and water-use efficiency of white clover (*Trifolium repens*, L.) and ryegrass (*Lolium perenne*, L.). *Plant and Soil* 227: 1-15
- [8] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2011): Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2011. Niedersachsen.

-
- [9] ROCHON, J. J., DOYLE, C. J., GREEF, J. M., HOPKINS, A., MOLLE, G., SITZIA, M., SCHOLEFIELD, D. UND SMITH, C. J. (2004): Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59, 197-214.
- [10] SCHNOTZ, G. (1995): Stickstoff-Fixierungsvermögen mehrjähriger Leguminosen des Dauergrünlands. Dissertation, Universität Hohenheim, 128 S.
- [11] SHAEFFER, C. C., PETERSON, P. R., HALL, M. H. UND STORDAHL, J. B. (1992): Drought effects on Yield and Quality of Perennial Grasses in the North Central United States. *Journal of Production and Agriculture* 5 (4), 556-561.
- [12] SÖLTER, U., HOPKINS, A., SITZIA, M., GOBY, J. P. AND GREEF, J. M. (2007): Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions. *Grass and Forage Science* 62, 372-388.
- [13] SOUSSANA, J. F. UND LÜSCHER, A. (2007): Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. *Grass and Forage Science* 62, 127–134.
- [14] SOUSSANA, J.F. UND TALLEC, T. (2010): Can we understand and predict the regulation of biological N₂ fixation in grassland ecosystems? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 88, 197-213.
- [15] TAUBE, F., WACHENDORF, M., GREEF, J. M. UND WULFES, R. (1997): Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. *Berichte über Landwirtschaft* 75, 586-603.