

Justus Liebig-Universität Giessen

**Interaktionen zwischen Rohprotein und
wasserlöslichen Kohlenhydraten bei Weidelgräsern aus
dem Mischanbau mit Leguminosen und Reinsaaten**

Studienarbeit

zur Erlangung des Master of Science

Eingereicht von:

Sabine Möller

Gestellt von:

PD Dr. Harald Laser

Professur für Organischen Landbau
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Literatur.....	2
2.1 Hochzuckergräser.....	2
2.2 Leguminosen.....	4
2.3 Interaktionen zwischen Gräsern und Leguminosen in Mischungen	8
2.3.1 Interaktionen im Wachstum.....	8
2.3.2 Interaktionen mit Wirkung auf die Siliereignung.....	9
2.4 Arbeitshypothesen.....	11
3. Material und Methoden	13
3.1 Pflanzenmaterial.....	13
3.2 Methoden	13
4. Ergebnisse	15
4.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate.....	15
4.2 Stickstoff.....	17
4.3 Trockensubstanzerträge	20
4.4 Stickstofferträge.....	22
5. Diskussion	26
5.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate.....	26
5.2 Stickstoff.....	28
5.3 Trockensubstanzertrag	29
5.4 Stickstoffertrag.....	31
6. Zusammenfassung	34
7. Literaturverzeichnis	36

8. Tabellenanhang.....	41
9. Eidesstattliche Erklärung	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: N-Umsetzung bei unterschiedlichem Energieangebot (Quelle: EICKMEYER, 2004)	3
Abbildung 2: Entwicklung des Ackerfutterbaues in Deutschland (Quelle: LÜTKE ENTRUP, 2000)	6
Abbildung 3: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, 2. Schnitt 2007	15
Abbildung 4: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, 1. Schnitt 2008	16
Abbildung 5: Gehalt an Stickstoff, 1. Schnitt 2008	17
Abbildung 6: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt	19
Abbildung 7: Relativer Trockensubstanzertrag HZG in %	20
Abbildung 8: Relativer Trockensubstanzertrag Referenzsorte in %	22
Abbildung 9: Relativer Stickstoffertrag Hochzuckergras in %	23
Abbildung 10: Relativer Stickstoffertrag Referenzsorte in %	24

Anhangstabellenverzeichnis

Anhangstabelle 1: Signifikanztabelle für die wasserlöslichen Kohlenhydrate in den Jahren 2007 und 2008 und Stickstoff im Jahr 2008.....	41
Anhangstabelle 2: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in % in den Jahren 2007 und 2008 und Stickstoffgehalt in % im Jahr 2008	41
Anhangstabelle 3: Relativer Trockensubstanzertrag und Stickstoffertrag in % im Jahr 2008.....	42
Anhangstabelle 4: Absoluter Trockensubstanzertrag und Stickstoffertrag in g im Jahr 2008.....	42

1. Einleitung

Produkte aus tierischer Herkunft werden auf Grund der ständig wachsenden Weltbevölkerung und einem damit verbundenen steigenden Wohlstand mehr und mehr nachgefragt. Auch das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen nimmt zu, was eine Verknappung der landwirtschaftlichen Flächen für den Futteranbau bedingt. Damit stellt sich die Anforderung die knappen Flächen mit leistungsstarken Pflanzen zu bestellen, die eine verbesserte Qualität des Grundfutters liefern. Gerade die ökologisch wirtschaftenden Betriebe müssen sich diesen Anforderungen im Zuge der ständig steigenden Milchleistung stellen.

Bei der Leistungsfähigkeit der Pflanzen sollte nicht nur der Ertrag sondern auch deren Inhaltsstoffe beachtet werden. Eine neue Züchtung der Gräserart *Lolium perenne* verspricht mit den sogenannten Hochzuckergräsern einen genetisch höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, der eine verbesserte Futterqualität und Silierbarkeit bewirken soll. Der Misanbau von Futtergräsern und Leguminosen bedingt eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und einen Erosionsschutz, weshalb er im ökologischen Landbau eine große Bedeutung besitzt.

In der nachfolgenden Arbeit soll geklärt werden, ob die Hochzuckergräser im Misanbau mit Leguminosen weiterhin den Vorteil der höheren Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten besitzen und damit die Gärfähigkeit von Silagen aus Gras-/Leguminosenmischungen positiv beeinflussen können.

Weiterhin soll untersucht werden, ob die Fähigkeit der Luftstickstoffbindung der Leguminosen den positiven Einfluss auf den Ertrag von *Lolium perenne* gleichermaßen in der Hochzuckergrassorte ausübt.

2. Literatur

2.1 Hochzuckergräser

Artenvorstellung

Mit der Züchtung von Hochzuckergräsern (HZG) wurde in Großbritannien durch das IGER (Institute of Grassland and Environmental Research) in Aberyswyth in Wales bereits um 1980 begonnen. Der genetische Ursprung der Hochzuckergräser liegt zum Teil in den Alpenregionen, wo höhere Zuckergehalte Schutz vor Frost bieten können. Die Firma Germinal Holdings vermarktet mit AberHSG[®] eine Hochzuckergrassorte. Der Name leitet sich von dem Standort des IGER und dem Zusatz High Sugar Grass ab.

Die Saatzucht Steinach GmbH ist der deutsche Partner und entwickelte mit der Sorte Aberavon ein Hochzuckergras, das sich im Gegensatz zur der in England unter maritimem Klima gezüchteten Sorte, durch eine verbesserte Winterhärte eher für den Deutschen Raum eignet (BEIMLER und EICKMEYER, 2005).

Die Saatzucht Steinach GmbH stellte einen Antrag auf eine Sonderprüfung für diese Sorte in der die Verdaulichkeit und der Zuckergehalt gemessen werden sollten. Diese Sonderprüfung wurde beantragt, da bislang in den Sortenprüfungen zwar Parameter wie Trockenmasseertrag, Mooreignung, Winterhärte, Narbendichte, Reifezeitpunkt, Ausdauer und Krankheitsanfälligkeit eingehen, jedoch keinerlei Parameter für die Futterwertigenschaften wie Verdaulichkeit, Zuckergehalt und Proteingehalt eingehen. In der Sortenliste 2007 (ANONYMUS, 2007) werden nun Hochzuckergräser mit einem besonderen Hinweis auf die höheren Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (wLK) aufgeführt.

Hochzuckergrassorten sollen einen genetisch deutlich höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten besitzen und damit verbunden offenbar auch eine höhere Verdaulichkeit. Bisher liegen die meisten Prüfergebnisse darüber und von Ernährungsversuchen zu Bastardweidelgras und deutschen Weidelgras nur aus England vor.

„Den bisher wohl umfangreichsten Sortenvergleich für die Merkmale Zuckergehalt und Verdaulichkeit hat GILLILAND (2003) beschrieben“ (BEIMLER

und EICKMEYER, 2005). Der Vergleich ergab, dass die diploide Sorte Aberdart sowohl den diploiden als auch den tetraploiden Sorten überlegen ist.

Merkmale und Vorteile

Der genetisch höhere Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten ist ein Vorteil der Hochzuckergräser, da er ein höheres Angebot von Energie bedeutet. Die Einweißsynthese durch die Pansenmikroben wird von verschiedenen Faktoren, wie die Zufuhr von Stickstoff, mikrobiell essentiellen Wirkstoffen und Energie beeinflusst. Das spiegelt sich darin wieder, dass die „mikrobielle Proteinsynthese mit zunehmender Energieversorgung linear ansteigt“ (KIRCHGEBNER, 2004). Somit lässt sich festhalten, dass der begrenzende Faktor der Mikrobenproteinsynthese die zugeführte Energie ist.

Bei der Beweidung von Wiederkäuern lässt sich mit dem Hochzuckergras ein ständiges Angebot von Energie, durch die enthaltenen wasserlöslichen Kohlenhydrate, verwirklichen und wie in Abbildung 1 verdeutlicht, eine Verbesserung der Stickstoffumsetzung erzielen.

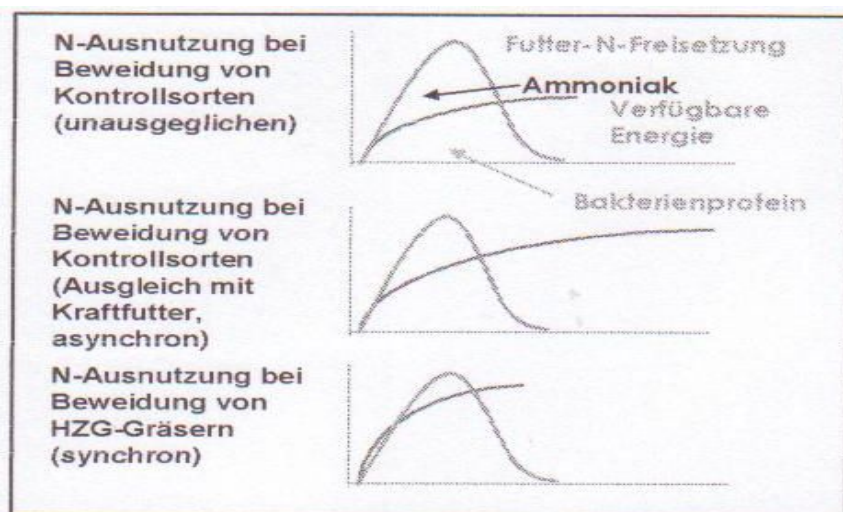


Abbildung 1: N-Umsetzung bei unterschiedlichem Energieangebot (Quelle: EICKMEYER, 2004)

Nach ALABSI und BOCKHOLT (2007) spielt der Zuckergehalt auch eine große Rolle in Bezug auf die Futterakzeptanz. In Ihrem Versuch über die Futterakzeptanz von Schafen stellten sie fest, dass die Grassorten mit höherem Zuckergehalt deutlich bevorzugt wurden.

JÄNICKE (2007) untersuchte die Mooreignung von der Hochzuckergrassorte Aberavon im Vergleich zu 3 weiteren Referenzsorten. Hier ließ sich herausstellen, dass die Hochzuckergrassorte im Mittel der 4 Untersuchungsjahre den höchsten Gehalt an Zucker aufwies. Ein weiterer Vorteil der Hochzuckergrassorte spiegelt sich darin wieder, dass sie auch nach der fünften Überwinterung in relativ guter Verfassung ist und bei den Boniturergebnissen zum besten Drittel der untersuchten 17 Sorten gehört.

Für die Sillierung von Gras-/ Leguminosenmischungen könnte sich ein weiterer Vorteil der Hochzuckergrassorte finden lassen. So stellen LASER und LEITHOLD (2007) in ihrem Versuch fest, dass sich der höhere Anteil an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorten positiv auf die zum Teil schlechten Gäreigenschaften von Gras-/ Leguminosengemischen auswirken könnten, indem sie den Zucker/Pufferkapazitäts Quotienten erhöhen.

2.2 Leguminosen

Artenvorstellung

Leguminosen sind weltweit vorhanden und werden als Futterpflanzen und zur Gründüngung auch weltweit angebaut. In der Mitte des 18ten Jahrhunderts wurden sie in Deutschland in der Landwirtschaft zu Verbesserung der Dreifelderwirtschaft und seit ca. 150 Jahren in größerem Umfang angebaut (GÖTZ und KONRAD, 1987). Die Futterpflanzen, zu denen neben den Leguminosen auch die Futtergräser gehören, waren bis in die 50iger Jahre sehr stark verbreitet. Ihr Rückgang ist durch die strukturelle Veränderung in der Landwirtschaft, wie die Spezialisierung der Betriebe, aber auch durch den Rückgang der Pferdehaltung zu Arbeitszwecken zu erklären (LÜTKE ENTRUP, 2000). Der Silomais verdrängte die Futterpflanzen zusehends, obwohl sich viele Möglichkeiten bieten sowohl die Futtergräser als auch die Leguminosen auf Grund ihrer Pflanzenvielfalt und unterschiedlichen Ansprüche in eine Fruchtfolge zu integrieren.

Eine der ersten Leguminosen in Deutschland war *Trifolium pratense*, der „um 1750 zur Besömmerung der Brache in der alten Dreifelderwirtschaft“ (LÜTKE ENTRUP, 2000) eingesetzt wurde. *Lotus corniculatus* hat allem Anschein nach

seinen Ursprung im mediterranen Raum (LASER, 1999) und ist heute in ganz Europa, Vorder- und Ostasien, Himalaya und Nord- und Ostafrika verbreitet (SEANEY und HENSON 1970, MANSFELD 1986). Wirtschaftlich gesehen hat *Lotus corniculatus* nur eine geringe Bedeutung in der Bundesrepublik Deutschland, kann aber auf trockenen Böden die nicht luzernefähig sind *Medicago sativa* ersetzen (GÖTZ und KONRAD, 1987). Kleearten gehören zu der Familie der *Leguminosae* (Hülsenfrüchte) und dort zur Unterfamilie der *Papilionatae* (Schmetterlingsblütler).

Medicago sativa, die aus den vorder- und mittelasiatischen Steppen stammt, wurde erst später in Deutschland zur Besömmerng angebaut (FRANKE, 1981). Sie ist weltweit eine der ertragreichsten Futterpflanzen und wurde schon im Altertum als Futtergrundlage für die Pferdezucht und -haltung eingesetzt (GÖTZ und KONRAD 1987, LÜTKE ENTRUP, 2000). Auch *Medicago sativa* gehört zu der Unterfamilie der *Papilionatae* und wird auch heute noch nahezu weltweit angebaut (FRANKE, 1981).

Leguminosen sind heute am Meisten im ökologischen Landbau vertreten. Einer der Grundsätze für die Fruchtfolgegestaltung im Ökologischen Landbau besagt, dass der Leguminosenanteil in der Fruchtfolge möglichst nicht unter 30 % liegen sollte (ANONYMUS, 2008). Im Anhang I der EG-Öko-Verordnung steht, dass die Bodenfruchtbarkeit und die biologische Aktivität des Bodens erhalten und gesteigert werden soll. Unter anderem mit dem „Anbau von Leguminosen, Gründüngungspflanzen bzw. Tiefwurzlern in einer geeigneten weit gestellten Fruchtfolge“ (ANONYMUS, 2008).

Generell ist, wie in Abbildung 2 zu sehen, im Zeitraum von 1955 bis 1996 ein rückläufiger Trend vom Leguminosenanbau in der Landwirtschaft zu beobacht.

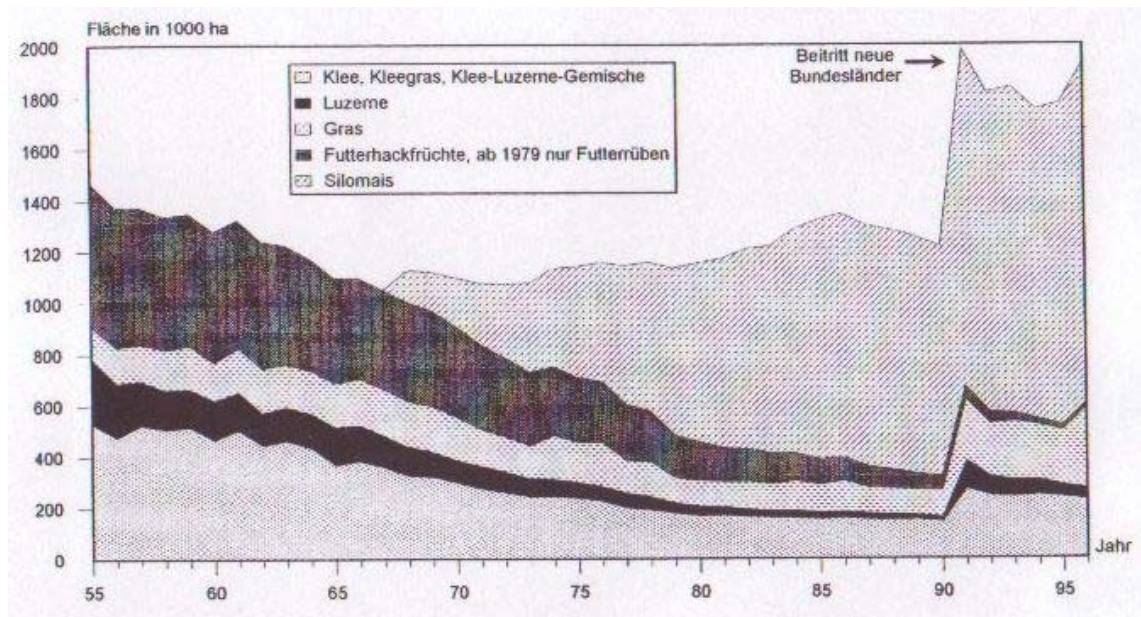


Abbildung 2: Entwicklung des Ackerfutterbaues in Deutschland (Quelle: LÜTKE ENTRUP, 2000)

Merkmale und Vorteile

Leguminosen zeichnen sich durch mehrer Vorteile aus. Unter anderem zählen dazu die Bindung von Luftstickstoff, Unkrautunterdrückung, Förderung des Bodenlebens und ihr positiver Vorfruchtwert. Durch die Bindung des Luftstickstoffes ist „ihr Eiweißgehalt und die Flächenleistung höher als bei Nichtleguminosen“ (FRANKE, 1981). Die Knöllchenbakterien sind maßgeblich für die Bindung des Luftstickstoffes verantwortlich. Sie leben frei im Boden und wandern über die Wurzelhaare in die Wurzeln der Pflanzen, wo sie zunächst, bis zur Ausbildung der charakteristischen Knöllchen, parasitisch leben. Auf Grund dieser parasitischen Lebensweise ist die Jugendentwicklung der Leguminosen durch eine vorübergehende Wachstumsstockung gekennzeichnet (LÜTKE ENTRUP, 2000).

Das Schlüsselenzym für die Stickstoffbindung in den Bakterien ist die Nitrogenase, die empfindlich auf Sauerstoff reagiert und für eine gute Aktivität einen niedrigen Sauerstoff-Partialdruck benötigt (OPITZ VON BOBERFELD 1994, LÜTTGE et al. 1999). Für die Bakterien stellt sich dadurch ein Problem dar, da für den Energie- und Kohlenstoffstoffwechsel eine gute Sauerstoffversorgung

gewährleistet sein muß. Dieses Problem wird durch verschiedene Faktoren gelöst. Zum Einen bedingt die intensive Atmungsaktivität der Knöllchen eine Reduzierung des Sauerstoffes im Knöllchengewebe und zum Anderen ist die Pflanze, also die Leguminose, auch ein Faktor. Das in den Leguminosen vorhandene Leghämoglobin bindet Sauerstoff, hält dadurch den „Sauerstoff Partialdruck im Bereich der Bakterioide niedrig und durch den Transport des gebundenen Sauerstoffes versorgt es die Atmungssysteme“ (LÜTTGE et al, 1999). So ist ein *Trifolium pratense* Bestand mit einer hohen Trockenmasse durchaus in der Lage ca. 300 kg Stickstoff pro Hektar in der oberirdischen Masse, überwiegend durch die Knöllchenbakterien, zu fixieren (LÜTKE ENTRUP 2000, LÜTTGE et al. 1999). Des Weiteren besitzt *Trifolium pratense* eine tiefreichende Pfahlwurzel, die es ihm ermöglicht für eine gute Bodenauflockerung zu sorgen. Die stark verzweigten Nebenwurzeln bieten genügend Platz für viele Knöllchen und eine gute Stickstoffbindung. Die N₂ Fixierung von *Lotus corniculatus* kann bis zu 260 kg Stickstoff pro Hektar sein. Auf Grund des höheren Ligningehaltes erreicht *Lotus corniculatus* eine geringere Dichte als Trifoliumarten (LASER, 1999). Durch die stark verzweigte Pfahlwurzel von *Lotus corniculatus* (GÖTZ und KONRAD, 1987) wird der Boden gelockert und er ist, wie auch *Trifolium pratense*, dank der starken Verzweigung in der Lage mit vielen Knöllchenbakterien eine Symbiose einzugehen.

Nach LÜTKE ENTRUP (2000) ist *Medicago sativa* in der Lage bei einem Ertrag von 150 dt pro Hektar ca. 400 bis 450 kg Stickstoff in der oberirdischen Masse zu fixieren. Eine Besonderheit von *Medicago sativa* ist, dass sie eine hohe Ertragsleistung mit einem hohen Eiweiß- und Mineralstoffgehalt realisieren kann und wird auch „die Königin der Futterpflanzen“ genannt.

Auch *Medicago sativa* besitzt wie *Trifolium pratense* und *Lotus corniculatus* eine tiefe Pfahlwurzel, die mehrere Meter in den Boden reicht. Ihre Nebenwurzeln befinden sich in 30 bis 50 cm Tiefe, wodurch es *Medicago sativa* möglich ist Wasser und Nährstoffe in der Krume und im Unterboden gut auszunutzen (LÜTKE ENTRUP, 2000). Auf Grund dessen ist *Medicago sativa* nicht besonders empfindlich gegenüber Trockenheit.

Eine Lockerung des Bodens, Bodenbelebung und Lebendverbauung des Bodens sind Eigenschaften durch die sich die Leguminosen auszeichnen. Besonders hervorzuheben ist die Fixierung des Luftstickstoffes und die dadurch entstehende nachhaltige Bodenfruchtbarkeit (GÖTZ und KONRAD 1987, FRANKE 1981).

2.3 Interaktionen zwischen Gräsern und Leguminosen in Mischungen

2.3.1 Interaktionen im Wachstum

In einer Mischung kommt es immer zu Interaktionen zwischen den Mischungspartnern. Diese Interaktionen, die man auch als Konkurrenz um die Faktoren Licht, Nährstoffe und Wasser bezeichnen kann, können sich positiv oder negativ auf die Pflanzen auswirken. Eine Konkurrenz um die genannten Faktoren beginnt dann, wenn einer der Faktoren Licht, Wasser oder Nährstoffe ins Minimum gerät (DONALD 1963, BAEUMER 1964, HAYNES 1980).

Die gebräuchlichsten Mischungen in Deutschland sind Gemenge mit den Mischungspartnern Weidelgräser und Leguminosen. Die Nährstoff- und Wasserkonkurrenz findet im Wurzelbereich statt. Leguminosen besitzen eine Pfahlwurzel, die tief in den Boden reicht und mit relativ vielen Nebenwurzeln ausgestattet ist (GÖTZ und KONRAD 1987, LÜTKE ENTRUP 2000). Im Gegensatz dazu sind Süßgräser, wozu *Lolium perenne* zählt, Flachwurzler. Ihre Wurzeln sind folglich nicht in so einem großen Umfang ausgebildet wie die der Leguminosen und reichen auch nicht so tief in den Boden. Gräser besitzen wesentlich weniger Stickstoff in ihren Wurzeln, da sie das Wurzelsystem nicht zur symbiotischen Stickstofffixierung nutzen wie die Leguminosen.

Auch in der Entwicklung unterscheiden sich diese Mischungspartner. Während *Lolium perenne* eine rasche Anfangsentwicklung zeigt, ist die Anfangsentwicklung der Leguminosen durch eine Stockung in der Jungendentwicklung langsamer (LÜTKE ENTRUP, 2000). Diese Stockung lässt sich mit der Infizierung durch die Knöllchenbakterien erklären, die zu Beginn eine parasitische Lebensweise haben. Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) ist

Lolium perenne kampfstark und wirkt meist unterdrückend auf seine Mischungspartner, während *Trifolium pratense* zunächst kampfstark ist aber nicht ausdauernd. Des Weiteren bildet *Trifolium pratense* keine Ausläufer, hat wenig bodennahe Blätter und eine relativ schwache Bestockung (OPITZ VON BOBERFELD, 1994). *Lotus corniculatus* ist, trotz langsamer Anfangsentwicklung und geringer Kampfkraft (NÖSBERGER, 1986), eine ausdauernde krautige Pflanze (FRANKE, 1981). Er ist kälte- und dürreverträglich und bei genügender Kalkversorgung wächst *Lotus corniculatus* auf fast allen Böden (GÖTZ und KONRAD, 1987).

Durch die genannten Unterschiede im Wurzelsystem und der Entwicklung dieser Mischungspartner lassen sich keine negativen Interaktionen erwarten. Auch die Wuchshöhe der Pflanzen bewegt sich im gleichen Raum (*Lolium perenne* bis zu 70 cm, *Trifolium pratense* und *Medicago sativa* 60-80 cm Höhe) (FRANKE 1981). Auf Grund der Fähigkeit der Luftstickstoffbindung durch die Leguminosen ist ein positiver Effekt auf die Ertragsanteile der Gräser zu erwarten, da überschüssiges Ammonium in den Boden abgegeben wird und hier den Gräsern zur Verfügung steht. So ist der Trockensubstanzertrag von Gras in einer Gras-/ Leguminosenmischung bei geringer Stickstoffdüngung deutlich höher als der Trockensubstanzertrag der Gräser in Reinsaat (JUCKEN 1994, BISKUPEK 1993).

2.3.2 Interaktionen mit Wirkung auf die Siliereignung

Für eine stabile Silage ist es notwendig, dass das Material schnellstmöglich luftdicht abgeschlossen wird und die Gärung mit Hilfe von anaeroben Milchsäurebildnern beginnen kann. Ein rasches Wachstum der Laktobakterien und eine rasche Milchsäuregärung verhindern die Buttersäuregärung (OPITZ VON BOBERFELD, 1994). Diese ist unerwünscht, da die Aktivität der Buttersäurebakterien mit einem erheblichen Trockensubstanz- und Energieverlust der Silage einhergeht.

In der Literatur ist immer wieder zu finden, dass bei der Silierung von Leguminosen und Leguminosen/ Gras Gemenge ein größeres Risiko besteht als bei der Konservierung von Gräseraufwüchsen (JUCKEN 1994, LASER und

LEITHOLD 2007, OPITZ VON BOBERFELD 1994). Eine Ursache hierfür sind niedrige Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Leguminosen und eine hohe Pufferkapazität. Der Zucker/Pufferkapazitäts-Quotient ist ein gutes Maß für die Gäreigenschaften von Pflanzenmaterial und wird gelegentlich am Rohproteingehalt abgeschätzt. Nach OPITZ VON BOBERFELD (1994) besitzen Gräser der *Lolium* Spezies die nicht zu viel mit Stickstoff gedüngt wurden gute Gäreigenschaften, am Zucker/Pufferkapazitäts-Quotient gemessen. Besonders überlegen sind hier die tetraploiden Sorten auf Grund ihres höheren Gehaltes an wasserlöslichen Kohlenhydraten.

Ein zunehmender Grasanteil in einer Gras-/ Leguminosenmischung beeinflusst die Gärfähigkeit der Silage positiv gegenüber Kleereinsaat (FRAME et al. 1972, MCBRATNEY 1981, GALLASZ 1982, STEWART und MCCULLOUGH 1985, KNOTEK et al. 1992, JUCKEN 1994). Dies ist durch die niedrigen Rohproteingehalte und hohen Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten zu erklären. Während Leguminosenbestände und Mischungen eine hohe Pufferkapazität besitzen (LASER und LEITHOLD 2007, RATTNEY und JOYCE 1974, PODKOWA und POTKANSKI 1991) ist die Pufferkapazität bei Gräsern reduziert auf Grund der hohen Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und niedrigen Rohproteingehalte (CAMLI et al. 1983, STEWART und MCCULLOUGH 1985).

Nach BISKUPEK (1993) liegt der Rohproteingehalt von Gras in einer Mischung mit Klee deutlich höher als in Reinsaat, insbesondere bei einem niedrigen Angebot an Stickstoff. Mit einem steigenden *Trifolium pratense* Anteil in der Mischung ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydrate in Gräsern niedriger im Vergleich zur Reinsaat. *Lotus corniculatus* verschlechtert nicht nur den Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten in einer Gras-/ Leguminosenmischung, er beeinflusst auch die Vergärbarkeit der Gräser negativ (LASER, 1999).

Es ist davon auszugehen, dass sich die Mischungspartner Gras und Leguminosen in einer Silage positiv beeinflussen. Der Grasanteil senkt die Pufferkapazität im gemischten Material durch den steigenden Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten (JUCKEN, 1994) und besitzt einen ausreichenden Anteil an Kohlenhydraten, die die Nahrungsquelle der Laktobakterien darstellen (OPITZ VON BOBERFELD, 1994). Diese beiden Faktoren

sind maßgeblich um den pH-Wert in der Silage zu senken und ein stabiles Ergebnis zu erreichen. Der Leguminosenanteil ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass der Futterwert der Silage angehoben wird, da sie eine wertvolle Proteinquelle für Wiederkäuer darstellen. Die hohen Rohproteingehalte der Leguminosen sind mit für den Siliererfolg wichtigen Eigenschaften negativ korreliert (LASER und LEITHOLD, 2007), da sie eine stark puffernde Wirkung besitzen und oft mit niedrigen Gehalten an wasserlöslichen Kohlenhydraten verbunden sind. Die Beimischung eines Grasanteils kann sich in Leguminosensilagen positiv auf die Gärfähigkeit auswirken (LASER und LEITHOLD 2007, JUCKEN 1994).

2.4 Arbeitshypothesen

Aus der Literatur lässt sich zusammenfassend feststellen:

- Leguminosen können auf Grund der Luftstickstoffbindung die Erträge von Nicht - Leguminosen in einem Mischanbau positiv beeinflussen und leisten einen Beitrag zu einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit
- Leguminosen besitzen niedrige Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und auf Grund höherer Rohproteingehalte und höherer Mineralstoffkonzentrationen eine hohe Pufferkapazität
- Gräser besitzen in der Regel höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten, und zum Teil auf Grund niedrigerer Rohproteingehalte meist eine geringere Pufferkapazität als Leguminosen
- Ein zunehmender Grasanteil in einer Gras-/ Leguminosenmischung beeinflusst die Gärfähigkeit positiv im Vergleich zu Kleereinsaaten
- Rohproteingehalte in Gräsern sind in Gras-/ Leguminosenmischungen deutlich höher im Vergleich zu Grasreinsaaten
- Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Gräsern reduziert sich bei einem steigendem Anteil an *Trifolium pratense* in der Mischung im Vergleich zu Grasreinsaaten

- Hochzuckergräser können offenbar die Siliereignung, die Futterakzeptanz und die Stickstoffausnutzung im Pansen positiv beeinflussen

Ausgehend von den in der Literatur genannten Fakten sollen in der vorliegenden Arbeit folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Wie hoch sind die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten in den Hochzuckergräsern und sind Unterschiede zu sonstigen Sorten vorhanden?
- Bestehen signifikante Unterschiede in den Gehalten an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergräser im Mischanbau im Vergleich zur Referenzsorte?
- Werden die chemischen Eigenschaften der Gräser durch den Mischanbau mit Leguminosen gegenüber der Reinsaat verändert?
- Sind die Vorteile der Hochzuckergräser weiterhin im Mischanbau mit Leguminosen vorhanden?
- Sind die Stickstoffgehalte der Hochzuckergräser im Mischanbau im Vergleich zur Reinsaat höher?
- Sind die Stickstoffgehalte negativ korreliert mit den Gehalten an wasserlöslichen Kohlenhydraten?
- Nutzen die Hochzuckergräser die Anwesenheit der Leguminosen gleichermaßen wie die Referenzsorte zur Ertragsbildung?

3. Material und Methoden

3.1 Pflanzenmaterial

Das Material stammt von einem Freilandversuch auf dem ökologisch wirtschaftenden Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof 180 m über NN (Bodentyp: erodierte Parabraunerde). Der Versuch wurde im Jahr 2006 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug 2,5 x 8 m. Die Parzellen wurden sowohl im Anlagejahr als auch in den Folgejahren mit 80 kg Stickstoff, in Form von Rindergülle, gedüngt. Die Mischung besteht aus jeweils einer Leguminosenart (*Trifolium pratense* mit der Sorte Lucrum, *Medicago sativa* mit der Sorte Planet und *Lotus corniculatus* mit der Sorte Oberhaunstädter) und einem Graspartner (*Lolium perenne* mit der Hochzuckersorte Aberavon und einer Vergleichssorte Gladio), die nach Arten getrennt in alternierenden Reihen gesät wurden. Den Mischungspartnern stand 50 % der Fläche zur Verfügung.

Insgesamt wurden 25 Proben *Lolium perenne* per Hand in einer Schnitthöhe von zehn Zentimetern geerntet. Darunter waren 6 Proben *Lolium perenne* in Reinsaat mit jeweils drei Proben der Hochzuckergrassorte und der Referenzsorte und 19 Proben aus dem Mischanbau mit jeweils drei Proben der Hochzuckergrassorte und der Referenzsorte. Insgesamt wurden drei Schnitte geerntet, die genannte Handernte erfolgte am 30. Mai 2008 und war der 1. Schnitt. Es wurden nur die zwei Sorten von *Lolium perenne* geerntet und in dieser Arbeit vorgestellt. Die Ergebnisse der Leguminosen sind Bestandteil einer anderen Arbeit.

3.2 Methoden

Stickstoff

Der Stickstoff wurde nach Dumas (ANONYMUS, 2004) mit dem Elementaranalysator VARIO EL bestimmt. Hierbei wird das Material mit Hilfe einer oxidativen Verbrennung aufgeschlossen. Aus dem Kohlenstoff und Stickstoff im

Material entstehen molekularer Stickstoff, Oxidationsprodukte wie CO₂, H₂O, NO und NO₂ und flüchtige Halogen- und Schwefelverbindungen.

Kohlendioxid und Stickstoff, die im Trägergas Helium enthalten sind, werden davon getrennt und in einer Wärmeleitfähigkeitszelle gemessen. Als Referenz dient eine zweite Kammer der Wärmeleitfähigkeitszelle in der ein konstanter Heliumgasstrom ohne Fremdgas herrscht. Des Weiteren bilden beide Kammern eine Messbrücke, deren elektrischer Unterschied ein direktes Maß für den Fremdgasanteil darstellt.

Wasserlösliche Kohlenhydrate

Die wasserlöslichen Kohlenhydrate wurden mittels Antron – Methode nach YEMM und WILLIS (1954) ermittelt. Hierbei wird das Pflanzenmaterial mit destilliertem Wasser versetzt und aufgeschüttelt. Im Anschluss wird es mit Kaliumcyanoferrat und Zinkacetat versetzt und nach einer Wartezeit filtriert. Nach einer Verdünnung, je nach erwartetem Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, wird das Filtrat mit der Antronreagenz angefärbt und im Anschluss gekocht. Anschließend wird die Extinktion der abgekühlten Probe im Photometer gemessen. Die Extinktion wird bei einer Wellenlänge von 625nm gegen destilliertes Wasser gemessen.

Als Referenz werden bei jeder Probenvorbereitung drei Blindwerte erstellt und eine Eichkurve mit 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25 und 30 % Glucose.

Auswertung

Die Laboranalysenergebnisse wurden mit einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Varianzursachen waren die *Lolium perenne* Sorten und der Mischungspartner. Die Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS für Windows, Version 15.0 (ANONYMUS, 2006) vorgenommen.

Ausgewertet wurden die Mittelwerte von zwei Wiederholungen der Laboranalysenergebnisse. Ein Signifikanzniveau von 5% wurde mit einem „*“ in der Varianztabelle gekennzeichnet und ein Signifikanzniveau von 1% wurde mit „**“ gekennzeichnet. Um signifikante Unterschiede darzustellen wurden die Grenzdifferenzen gebildet.

4. Ergebnisse

4.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate

Wie in der Anhangstabelle 1 zu sehen ist, besitzt die Loliumsorte sowohl 2007 im zweiten Schnitt als auch 2008 im ersten Schnitt einen großen signifikanten Einfluss auf die Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten. In beiden Fällen ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte in Reinsaat der Referenzsorte gegenüber gesichert überlegen. Im Jahr 2007 ist die Hochzuckergrassorte im Mischanbau mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* der Referenzsorte im Mischanbau mit diesen Leguminosen nicht gesichert überlegen. Im Jahr 2008 ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte im Mischanbau mit *Trifolium pratense* dem Gehalt der Referenzsorte im Mischanbau mit *Trifolium pratense* nicht gesichert überlegen. Dies ist auch noch mal in der Abbildung 3 und Abbildung 4 verdeutlicht.

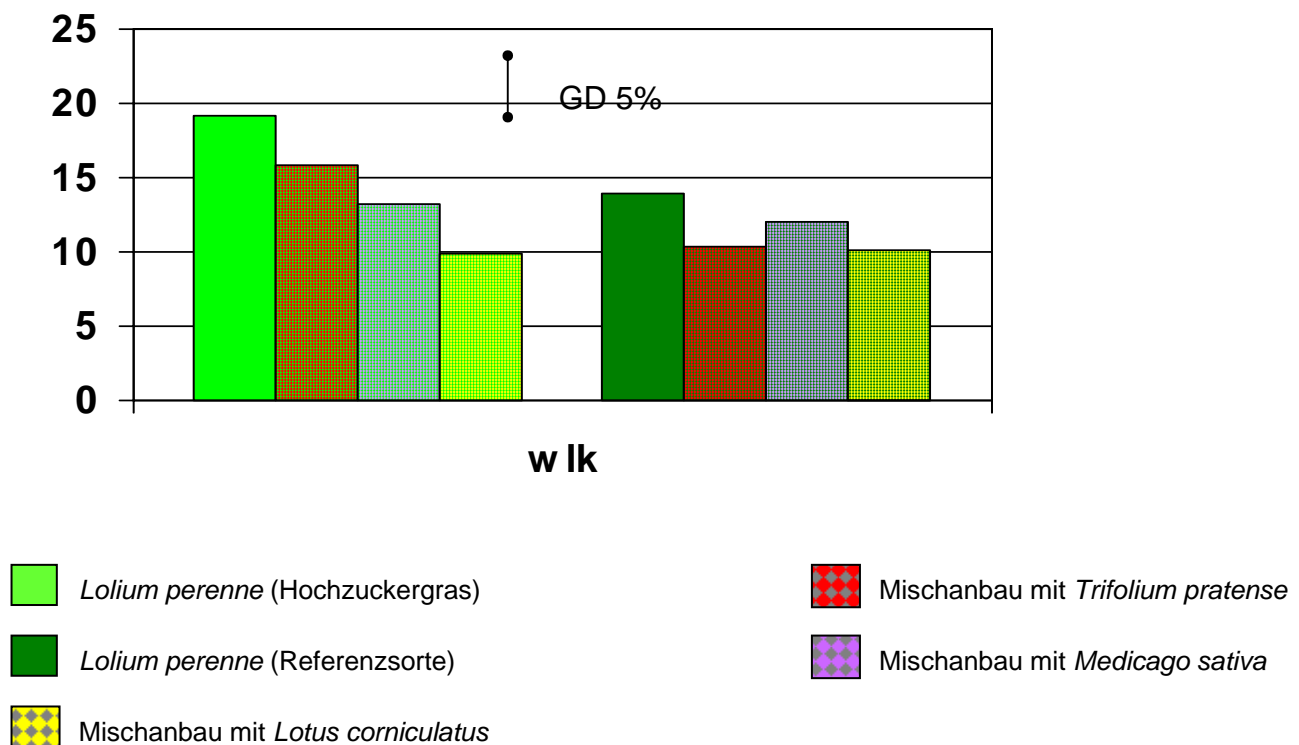


Abbildung 3: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, 2. Schnitt 2007

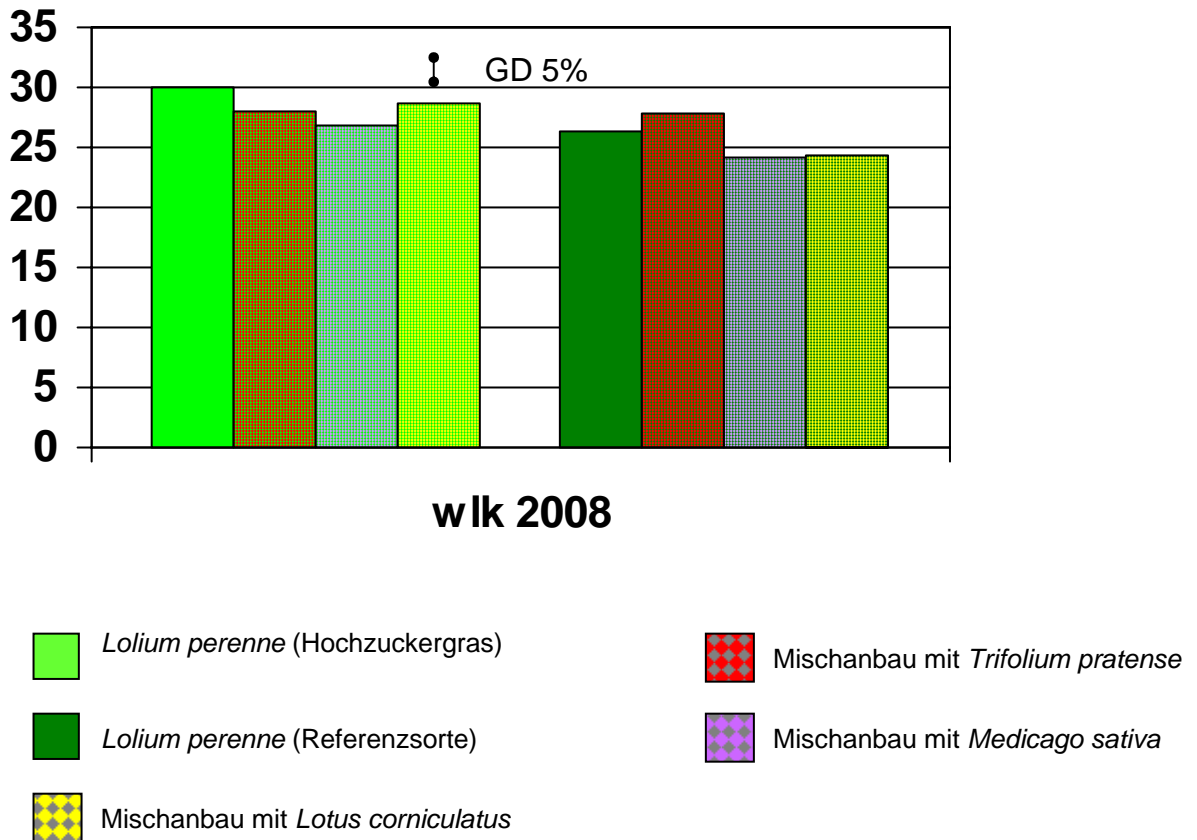


Abbildung 4: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, 1. Schnitt 2008

Ein weiterer signifikanter Einfluss auf den Gehalt ist der Mischungspartner (siehe auch Anhangstabelle 1). Sowohl 2007 als auch 2008 reduziert sich der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in den Hochzuckergrassorten bei einem Mischanbau mit Leguminosen. Jedoch ist der Unterschied 2007 bei einem Mischanbau mit *Trifolium pratense* nicht signifikant, während 2008 der Gehalt in der Mischung mit *Lotus corniculatus* nicht gesichert überlegen ist (vergleiche Anhangstabelle 2).

In der Referenzsorte sind ähnliche Ergebnisse zu beobachten. Auch hier ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Mischanbau mit Leguminosen reduziert. Allerdings besteht hier in beiden Jahren kein signifikanter Unterschied im Mischanbau mit *Trifolium pratense* und 2007 weiterhin kein signifikanter Unterschied im Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Referenzsorte im Mischanbau mit *Medicago sativa*. Neben den zwei Haupteffekten Loliumsorte und Mischungspartner besteht folglich noch ein Effekt in der Wechselwirkung der Leguminosen, da die unterschiedlichen Mischungspartner zu unterschiedlich Ergebnissen im Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten führen, die nicht generell signifikant sind.

Weiterhin ist zu beobachten, dass die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Jahr 2008 im Gegensatz zu dem Jahr 2007 um ca. 10 Prozentpunkte gestiegen sind, was in der Anhangstabelle 3 nachzulesen ist.

4.2 Stickstoff

Der Stickstoffgehalt der Proben im Jahr 2008 ist, wie in Anhangstabelle 1 zu erkennen, gesichert durch die Loliumsorte beeinflusst. Hier ergeben sich umgekehrte Verhältnisse zum Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Der Stickstoffgehalt der Referenzsorte ist sowohl in Reinsaat als auch im Mischanbau mit *Lotus corniculatus* signifikant höher als der Gehalt der Hochzuckergrassorte, was auch aus der Abbildung 5 und aus der Anhangstabelle 2 hervorgeht.

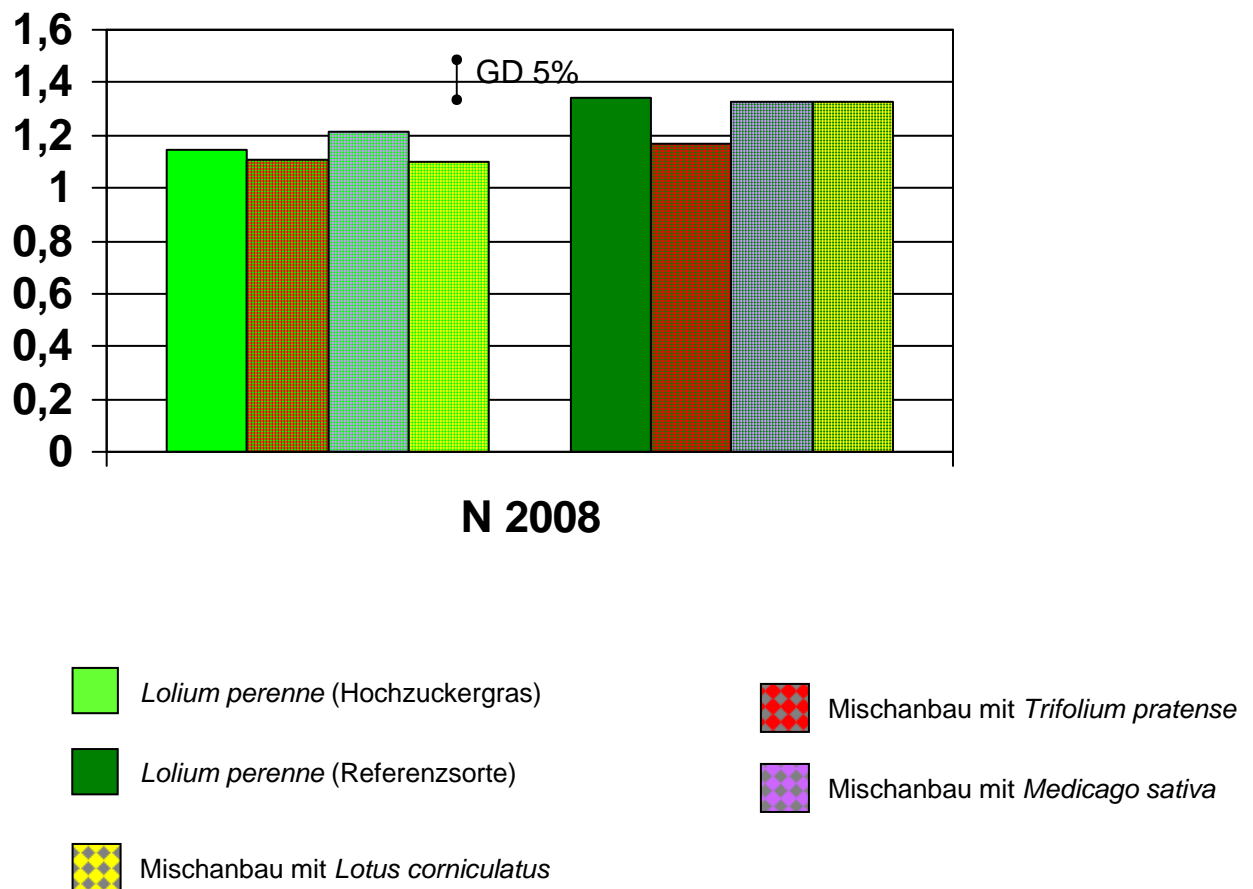


Abbildung 5: Gehalt an Stickstoff, 1. Schnitt 2008

Ein weiterer Effekt auf den Stickstoffgehalt wird durch den Mischungspartner gebildet (siehe auch Anhangstabelle 1). Jedoch existieren hier keine gesicherten Unterschiede im Stickstoffgehalt der Hochzuckergrassorte in Reinsaat und im Misanbau. Folglich besitzt der Mischungspartner Leguminose hier keinen Einfluss auf den Stickstoffgehalt.

Die Referenzsorte zeigt im Misanbau mit *Trifolium pratense* einen signifikant niedrigeren Gehalt an Stickstoff als in Reinsaat und in der Mischung mit *Medicago sativa* oder *Lotus corniculatus*. Die Stickstoffgehalte im Jahr 2007 wurden nicht ermittelt.

Gegenüberstellung wasserlösliche Kohlenhydrate und Stickstoff

Bei Betrachtung der Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stickstoff lässt sich zusammenfassen, dass die Loliumsorte in beiden Fällen einen gesicherten Einfluss ausübt. Weiterhin lässt sich festhalten, dass der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Hochzuckergras der Referenzsorte überlegen ist, der Stickstoffgehalt jedoch in der Referenzsorte gesichert dem Stickstoffgehalt des Hochzuckergrases überlegen ist.

Der Mischungspartner Leguminose hat auf beide Gehalte einen Einfluss, jedoch sind die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten mehr durch den Mischungspartner beeinflusst als der Stickstoffgehalt. Der Stickstoffgehalt des Hochzuckergrases ist in einem Misanbau mit Leguminosen nicht signifikant verändert, während die Referenzsorte im Misanbau mit *Trifolium pratense* einen gesichert niedrigeren Stickstoffgehalt besitzt als in Reinsaat. Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten ist im Misanbau mit Leguminosen signifikant niedriger als in Reinsaat, sowohl der Gehalt des Hochzuckergras als auch der Gehalt der Referenzsorte. Der Mischungspartner *Trifolium pratense* besitzt in beiden untersuchten Loliumsorten im Jahr 2007 keinen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Weiterhin ist festzustellen, dass der Mischungspartner *Medicago sativa* keinen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlendraten der Referenzsorte ausübt. Im Jahr 2008 besitzt der Mischungspartner *Lotus corniculatus* keinen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten des

Hochzuckergrases, während der Gehalt der Referenzsorte nicht gesichert von dem Mischungspartner *Trifolium pratense* beeinflusst wird.

Es ist also festzuhalten, dass die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stickstoff in *Lolium perenne* durch einen Misanbau mit Leguminosen beeinflusst werden. Weiterhin wird durch die Abbildung 6 klar, dass bei einem steigenden Stickstoffgehalt der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten rückläufig ist. Dadurch lässt sich das gegensätzliche Verhalten der beiden Gehalte erklären. Die Referenzsorte von *Lolium perenne* besitzt einen höheren Stickstoffgehalt wodurch der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten geringer ist. Die Hochzuckergrassorte dagegen besitzt einen höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten und folglich einen geringeren Gehalt an Stickstoff.

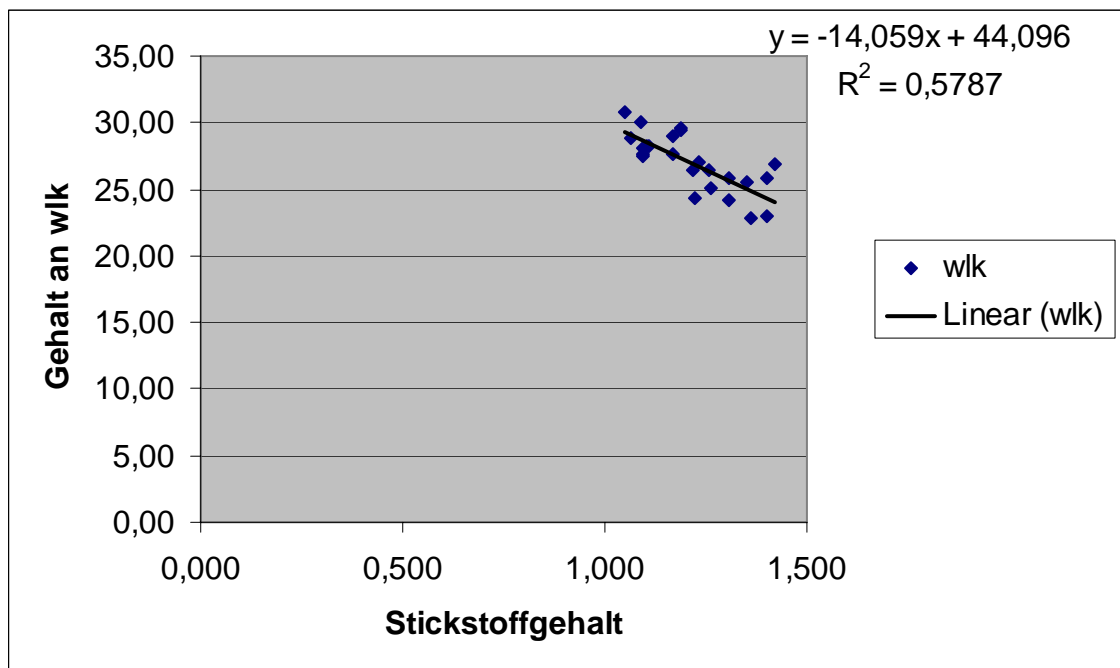


Abbildung 6: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt

4.3 Trockensubstanzerträge

Da von den jeweiligen Reinsaaten von *Lolium perenne* und *Lolium perenne* aus den Gras/Leguminosen Mischungen nur ein kleiner Ausschnitt der Versuchspartellen geerntet wurde, sind die Trockensubstanz-Erträge der Gräser in Mischungen nur relativ zu den Erträgen in Reinsaat dargestellt. Hierzu wird die Reinsaat von *Lolium perenne* der Hochzuckergrassorte und der Referenzsorte gleich 100 % gesetzt und die Mischungen mit den Leguminosen in Relation dazu berechnet.

Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, sind die Hochzuckergras/Leguminosen Mischungen der Reinsaat des Hochzuckergrases überlegen.

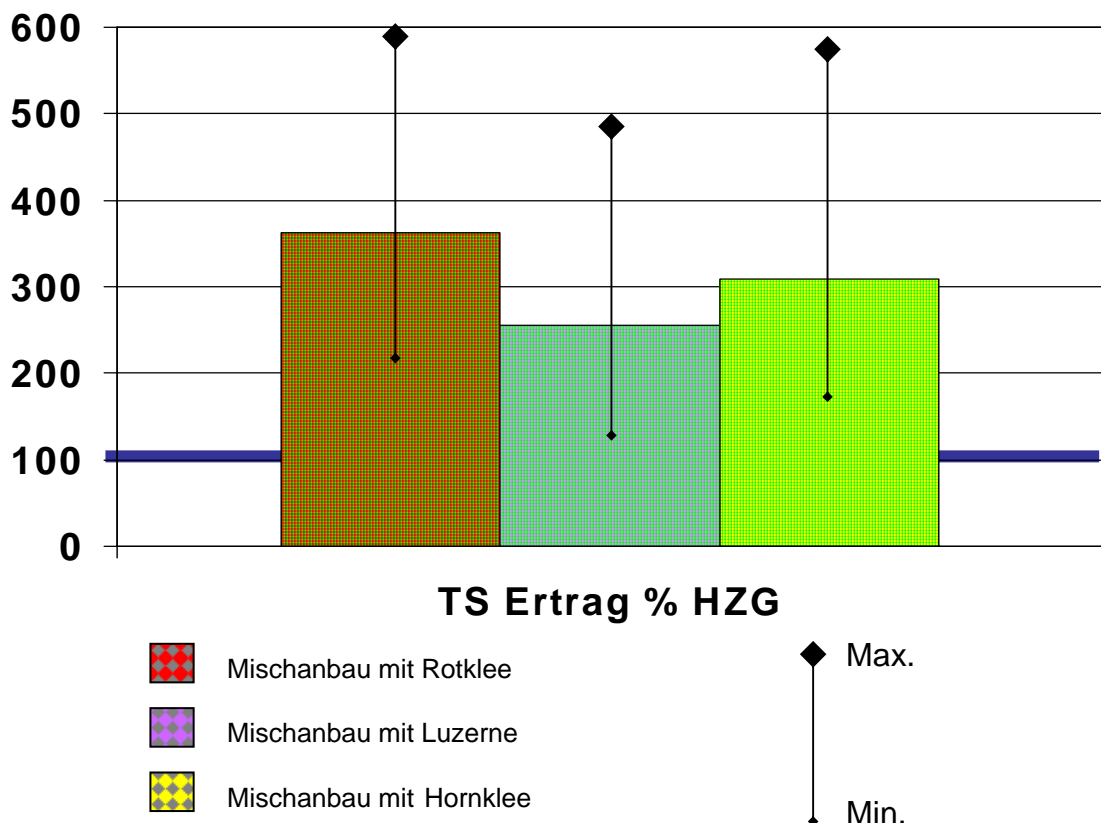


Abbildung 7: Relativer Trockensubstanzertrag HZG in %

Weiterhin ist festzustellen, dass die Mischung mit *Lotus corniculatus* den höchsten Schwankungsbereich aufweist. Die relativen Erträge der Gräser in der

Mischung reichen in den Blöcken von 166 % bis 582 %, gemessen an der Reinsaat, sind damit also um bis nahezu sechsfach höher. Die Schwankungsbreite der Trockensubstanzerträge der Hochzuckergrassorte im Mischbau mit *Trifolium pratense* liegen mit einer Schwankung zwischen 219 % und 590 % in einem ähnlichen Bereich wie die Mischung mit *Lotus corniculatus*. Wogegen der Mittelwert der Trockensubstanzerträge der Hochzuckergras/ *Trifolium pratense* Mischung aus allen Blöcken über dem mittleren Ertrag der Hochzuckergras/ *Lotus corniculatus* Mischung liegt (vergleiche Anhangstabelle 3). Die Mischung mit *Medicago sativa* ist im mittleren Trockensubstanzertrag der Hochzuckergräser auf dem niedrigsten Niveau der drei Mischungen. Weiterhin fällt die Schwankungsbreite in der Hochzuckergras/ *Medicago sativa* Mischung geringer aus und liegt zwischen 134 % und 496 %.

Die Trockensubstanzerträge der Referenzsorte von *Lolium perenne* fallen im Vergleich zur Reinsaat der Referenzsorte geringer aus als die Trockensubstanz der Hochzuckergrassorte im Vergleich zur Reinsaat der Hochzuckergrassorte. Die Erträge der Mischungen mit *Trifolium pratense* und *Lotus corniculatus* bewegen sich in den Mittelwerten auf einem ähnlichen Niveau (vergleiche Abbildung 8) und unterscheiden sich nur um knapp zwei Prozentpunkte, während die Mischung mit *Medicago sativa* mit 204 % knapp 60 Prozentpunkte darunter liegt.

Die größten Schwankungen der Trockensubstanzerträge innerhalb eines Mischungspartners zeigt, wie in Abbildung 8 zu sehen ist, bei der Referenzsorte von *Lolium perenne* der Mischbau mit *Trifolium pratense*, hier schwanken die Erträge zwischen 196 % und 349 %. Die Schwankungsbreite zwischen den Feldwiederholungen in der Gras/ *Lotus corniculatus* Mischung liegt zwischen 198 % und 300 %. Die geringste Schwankungsbreite ist, wie auch bei der Hochzuckergrassorte, in der Gras/ *Medicago sativa* Mischung zu beobachten. Hier schwanken die relativen Trockensubstanzerträge der Referenzsorte von *Lolium perenne* zwischen 170 % und 244 %. Die einzelnen Mittelwerte der Blöcke sind in Anhangstabelle 3 aufgeführt.

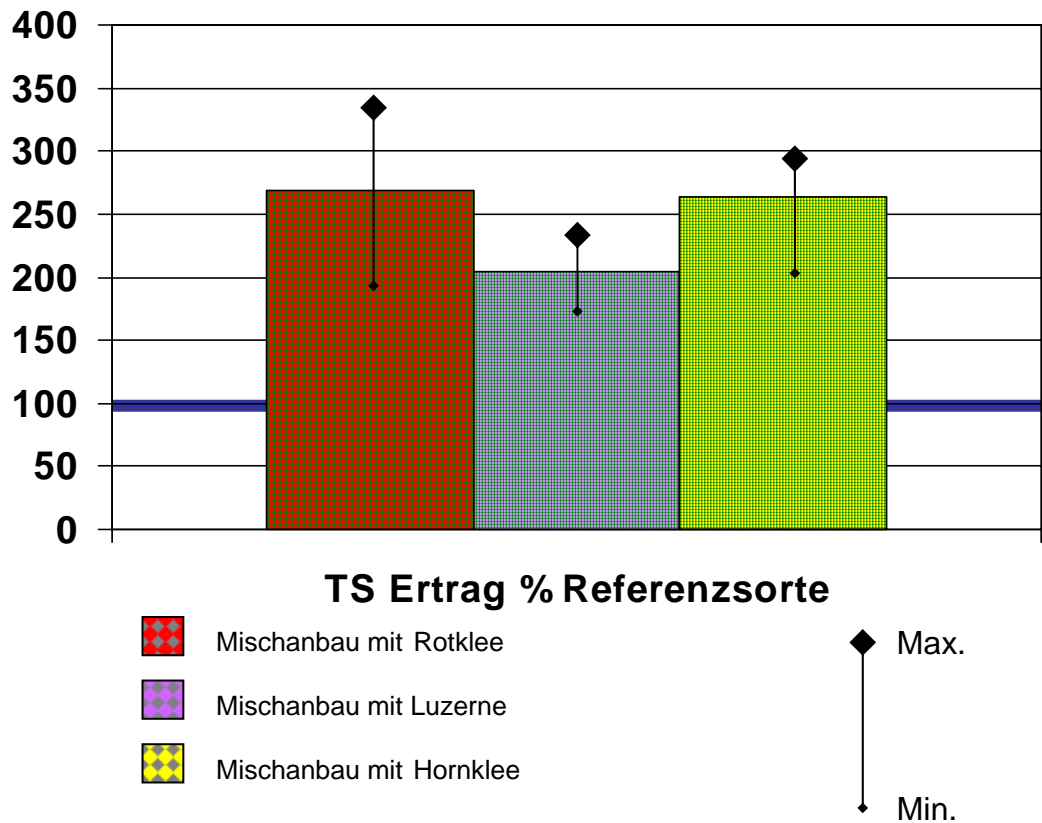


Abbildung 8: Relativer Trockensubstanzertrag Referenzsorte in %

4.4 Stickstofferträge

Die Stickstofferträge werden, wie auch die Trockensubstanzerträge, auf Grund der Ernteverhältnisse nur relativ an der Reinsaat dargestellt. Auch hier wird die entsprechende Reinsaat von *Lolium perenne* gleich 100 % gesetzt und die Stickstofferträge von *Lolium perenne* der Hochzuckergrassorte und der Referenzsorte im Mischbau mit den jeweiligen Leguminosen im relativen Verhältnis dazu gesetzt.

Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, liegen die Stickstofferträge der Hochzuckergrassorte im Mischbau mit Leguminosen relativ dicht beieinander. Die Höchsten Erträge wurde im Mischbau mit *Trifolium pratense* erreicht und die geringsten Erträge in der Gras/ *Medicago sativa* Mischung. Der Unterschied zwischen diesen beiden Erträgen beträgt ungefähr 100 Prozentpunkte, während der Stickstoffertrag der Hochzuckergrassorte im

Mischanbau mit *Lotus corniculatus* mit 291 % ungefähr in der Mitte der beiden anderen Mischungen liegt (vergleiche Anhangstabelle 3).

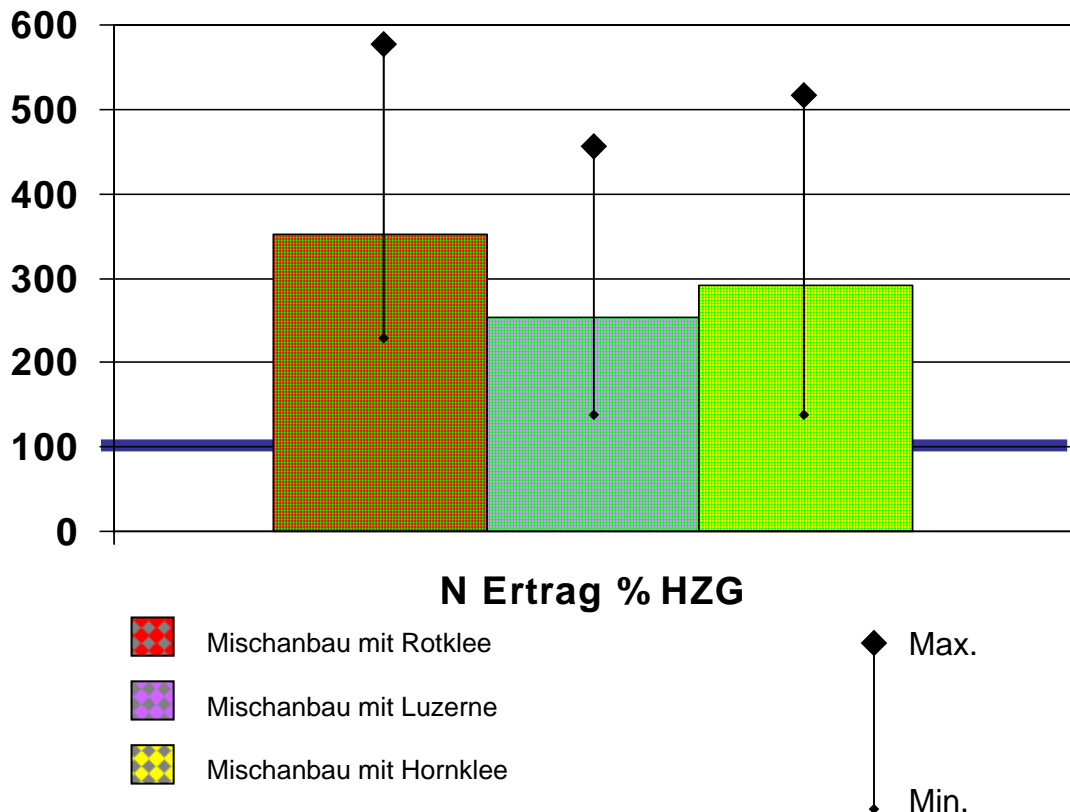


Abbildung 9: Relativer Stickstoffertrag Hochzuckergras in %

Auffällig sind die hohen Schwankungsbreiten innerhalb des Mischungspartners, die auf Grund der einzelnen Blöcke zustanden kommen. Die höchsten Schwankungen kommen in der Mischung mit *Lotus corniculatus* vor. In den einzelnen Blöcken schwanken die Stickstofferträge zwischen 172 % und 536 %. Die Schwankungen in der Gras/ *Trifolium pratense* Mischung liegen zwischen 228 % und 579 %. Sie fallen damit geringer aus als die Schwankungen in der Gras/ *Lotus corniculatus* Mischung, wohingegen der mittlere Stickstofferträge im Mischanbau mit *Trifolium pratense* höher ist als der Ertrag im Mischanbau mit *Lotus corniculatus*. Das geringste Niveau der Stickstofferträge der Hochzuckergrassorte ist in der Mischung mit *Medicago sativa* erreicht. Hier fällt auch die Schwankungsbreite nicht so hoch aus wie in den anderen

Mischungen. In der Gras/ *Medicago sativa* Mischung liegen die Schwankungen der Stickstoffträge zwischen 140 % und 456 %.

Die Stickstoffträge der Referenzsorte von *Lolium perenne* fallen, wie in Abbildung 10 zu sehen ist, geringer aus als die Stickstoffträge der Hochzuckergrassorte von *Lolium perenne*.

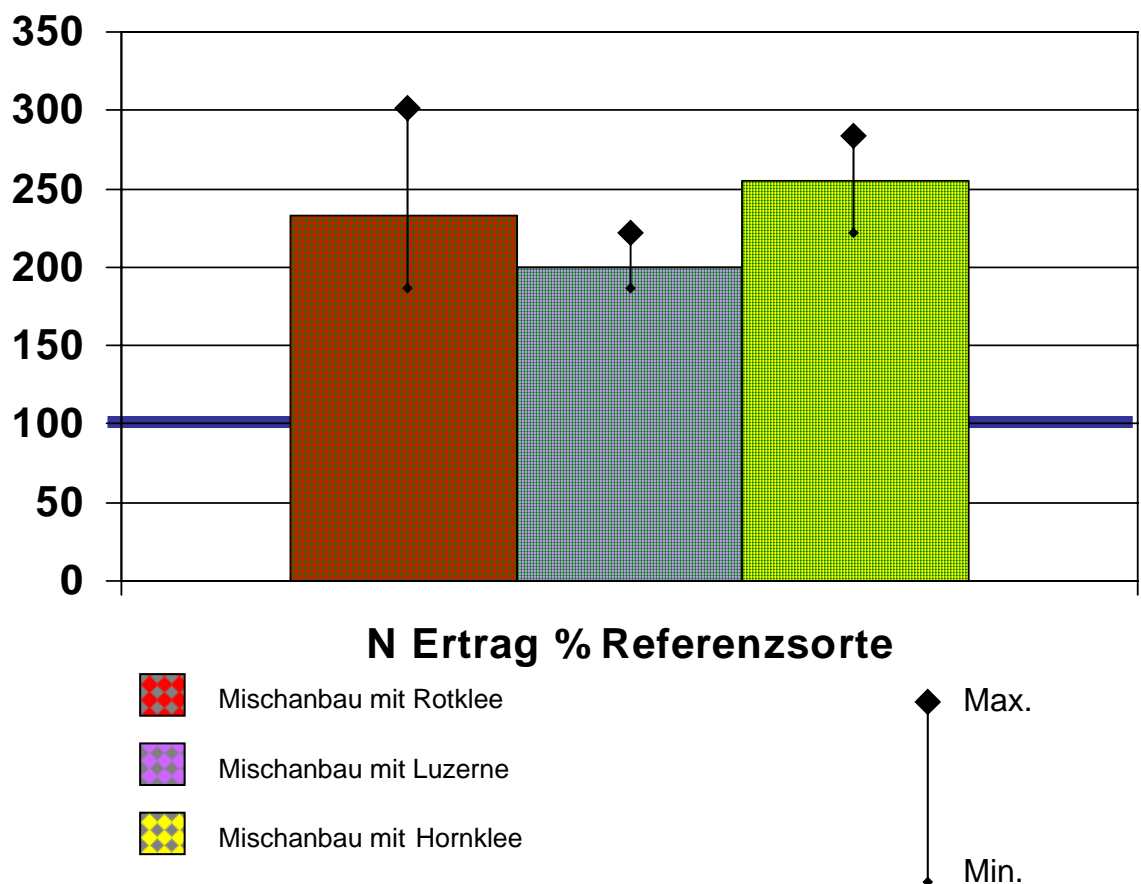


Abbildung 10: Relativer Stickstoffertrag Referenzsorte in %

Auch die Schwankungsbreiten fallen bei der Referenzsorte kleiner aus als bei der Hochzuckergrassorte. Den höchsten Stickstoffertrag erbringt die Referenzsorte von *Lolium perenne* im Mischbau mit *Lotus corniculatus*, wobei die Schwankungen, die zwischen 214 % und 280 % liegen, geringer ausfallen. Die höchsten Schwankungen sind in der Mischung mit *Trifolium pratense* zu beobachten. Sie liegen zwischen 168 % und 301 %, während der Stickstoffertrag geringer als in der Mischung mit *Lotus corniculatus* ausfällt.

Die Mischung mit *Medicago sativa* weist, wie auch in der Hochzuckergrassorte, in der Referenzsorte den geringsten Stickstofftrag und die geringsten Schwankungen auf. Die Schwankungsbreite in der Gras/ *Medicago sativa* Mischung liegt zwischen 185 % und 224 %. Die genauen Zahlen der Mittelwerte sind in Anhangstabelle 3 nachzulesen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Stickstoffträge der Hochzuckergrassorte und der Referenzsorte ähneln. Bei beiden Sorten von *Lolium perenne* ist der geringste Stickstofftrag in der Mischung mit *Medicago sativa* erreicht worden. Der höchste Stickstofftrag der Hochzuckergrassorte wurde im Mischbau mit *Trifolium pratense* erreicht, während die Referenzsorte im Mischbau mit *Lotus corniculatus* überlegen ist. Die Stickstoffträge der Hochzuckergrassorte fallen in allen Mischungen höher aus als die Mischungen der Referenzsorte (vergleiche Anhangstabelle 3).

5. Diskussion

5.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate

Wie in Anhangstabelle 1 zu sehen ist, ist die wichtigste Varianzursache, was die wasserlöslichen Kohlenhydrate betrifft, sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2008 die Lolium Sorte. Wie nach der Literatur zu erwarten ist, ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte signifikant höher als der Gehalt der Referenzsorte von *Lolium perenne* (BEIMLER und EICKMEYER 2005, LASER und LEITHOLD 2007). Im Jahr 2007 ist die Hochzuckergrassorte der Referenzsorte sowohl in der Reinsaat als auch im Mischanbau mit *Trifolium pratense* gesichert überlegen. Im Jahr 2008 ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte dem Gehalt der Referenzsorte nur im Mischanbau mit *Trifolium pratense* nicht gesichert überlegen.

Die zweitwichtigste Varianzursache in beiden Jahren ist der Mischungspartner, vergleiche Anhangstabelle 1. Wie in der Literatur beschrieben (BISKUPEK 1993, JUCKEN 1994, LASER und LEITHOLD 2007) nimmt im Jahr 2007 der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in *Lolium perenne* im Mischanbau mit Leguminosen ab. Bei der Hochzuckergrassorte lässt sich ein signifikanter Abwärtstrend von der Reinsaat über den Mischanbau mit *Medicago sativa* bis hin zum Mischanbau mit *Lotus corniculatus* feststellen (siehe Abbildung 3). Bei der Referenzsorte von *Lolium perenne* ist im Jahr 2007 ein ähnlicher Trend festzustellen, allerdings ist hier nur der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Referenzsorte im Mischanbau mit *Lotus corniculatus* signifikant niedriger als der Gehalt der Reinsaat. Jedoch ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte dem Gehalt der Referenzsorte in Reinsaat und im Mischanbau mit *Trifolium pratense* gesichert überlegen.

Im Jahr 2008 besteht neben der Varianzursache Mischungspartner mit der Varianzursache Mischungspartner * Loliumsorte eine weitere wichtige Varianzursache, die sich in Wechselwirkungen der Leguminosen äußert.

Im Jahr 2008 ist der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Hochzuckergrassorte in Reinsaat signifikant höher als im Mischanbau mit

Trifolium pratense und *Medicago sativa*. Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Reinsaat ist nicht signifikant höher als der Gehalt der Hochzuckergras/ *Lotus corniculatus* Mischung. Die Referenzsorte von *Lolium perenne* ist im Jahr 2008 was den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten betrifft den Mischungen mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* gesichert überlegen. Die Mischung mit *Trifolium pratense* zeigt, wie in Abbildung 4 zu sehen, zwar einen höheren Wert als die Reinsaat der Referenzsorte, jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant. Die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten der beiden *Lolium perenne* Sorten verhalten sich im Mischbau mit Leguminosen unterschiedlichen, was durch eine Wechselwirkung zu erklären ist. Während die Hochzuckergrassorte im Mischbau mit *Trifolium pratense* und *Medicago sativa* einen signifikant geringeren Gehalt als die Reinsaat besitzt ist der Gehalt der Referenzsorte im Mischbau mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* signifikant geringer als der Gehalt der Reinsaat.

Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydrate der Hochzuckergrassorte ist in Reinsaat signifikant höher als der Gehalt der Referenzsorte in Reinsaat. Im Mischbau mit Leguminosen ist die Hochzuckergrassorte der Referenzsorte in der Mischung mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* gesichert überlegen. Im Mischbau mit *Trifolium pratense* ist die Überlegenheit der Hochzuckergrassorte nicht gesichert.

Auffällig bei der Betrachtung beider Jahre ist, dass das Niveau der wasserlöslichen Kohlenhydrate 2008 fast doppelt so hoch ist wie im Jahr 2007. Untersuchungen von LASER et al. (2009), die sich mit dem gleichen Versuch beschäftigen, ergeben für den ersten Schnitt im Jahr 2007 wesentlich höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten als im zweiten Schnitt im Jahr 2007. Wobei zu beachten ist, dass die Gehalte in den Gräser und Leguminosen zusammen untersucht wurden. Vergleichend betrachtend ist auffällig, dass der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten von den Leguminosen beeinflusst wird. Die Gehalte in *Lolium perenne*, sowohl der Hochzuckergrassorte als auch der Referenzsorte, sind im Mischbau mit *Trifolium pratense* höher als die Gehalte in *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* zusammen. In den

Mischungen mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* sind ähnliche Wirkungen bei der Referenzsorte von *Lolium perenne* zu beobachten.

Für die Praxis lässt sich davon ableiten, dass sich ein Anbau von Hochzuckergräsern bei einem niedrigen Niveau an wasserlöslichen Kohlenhydraten lohnen kann. Hier ist auch über einen Mischanbau mit Leguminosen nachzudenken. Sollte ein Anbau von Leguminosen geplant sein, lohnt sich die Überlegung *Trifolium pratense* im Mischanbau mit Hochzuckergräsern anzubauen, da man hier einen höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Gras erzielen kann als bei einem Mischanbau mit einer anderen *Lolium perenne* Sorte. Nach den Untersuchungen von LASER et al. (2009) ist der erste Schnitt von *Lolium perenne* und Leguminosen in Bezug auf einen hohen Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten am Besten. Der zweite Schnitt erbringt insbesondere in einem Mischanbau mit *Trifolium pratense* vergleichsweise niedrige Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten.

5.2 Stickstoff

Die wichtigste Varianzursache der Stickstoffgehalte ist, wie in Anhangstabelle 1 zu sehen ist, im Jahr 2008 die *Lolium* Sorte. Für Stickstoff ergeben sich umgekehrte Verhältnisse wie für den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Der Stickstoffgehalt der Referenzsorte von *Lolium perenne* ist sowohl in der Reinsaat als auch in einem Mischanbau mit *Lotus corniculatus* dem Stickstoffgehalt der Hochzuckergrassorte gesichert überlegen. Im Mischanbau mit *Medicago sativa* und *Trifolium pratense* lassen sich zwischen der Referenzsorte und der Hochzuckergrassorte von *Lolium perenne* keine signifikanten Unterschiede im Stickstoffgehalt feststellen.

Die zweitwichtigste Varianzursache der Stickstoffgehalte ist nach Anhangstabelle 1 der Mischungspartner. Nach BISKUPEK (1993) soll der Rohproteingehalt, und folglich auch der Stickstoffgehalt, der Gräser in einem Mischanbau mit Klee deutlich über dem Gehalt der Reinsaat liegen, was sich in den vorliegenden Untersuchungen nicht bestätigt hat. Bei der Referenzsorte existiert nur in einem Mischanbau mit *Trifolium pratense* ein signifikant

reduzierter Stickstoffgehalt im Vergleich zur Reinsaat. Die Stickstoffgehalte der Gräser der Referenzsorte im Mischbau mit *Medicago sativa* und *Lotus corniculatus* sind der Reinsaat nicht gesichert unterlegen. Bei der Hochzuckergrassorte von *Lolium perenne* ist, wie in Abbildung 5 zu sehen, kein signifikanter Unterschied im Stickstoffgehalt zwischen der Reinsaat und dem Mischbau mit Leguminosen feststellbar.

Festzuhalten ist, dass der Stickstoffgehalt von *Lolium perenne*, sowohl der Referenzsorte als auch der Hochzuckergrassorte, nicht in solch einem Maße wie der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten von Leguminosen als Mischungspartner beeinflusst wird. Da in dieser Arbeit nur der Stickstoffgehalt von *Lolium perenne* und nicht der Stickstoffgehalt der Gräser und Leguminosen untersucht wurde, ist es möglich, dass bei einer Untersuchung beider Mischungspartner der Stickstoffgehalt auf Grund der Leguminosen erhöht sein könnte.

5.3 Trockensubstanzertrag

Der Trockensubstanzertrag wurde von dem geernteten Material der jeweiligen Parzellen ermittelt und dann auf einen Meter umgerechnet. Auf Grund dessen wurden keine Varianzen und Varianzursachen ermittelt.

Wie aus der Literatur (BISKUPEK 1993, JUCKEN 1994) zu erwarten war liegt der Trockensubstanz der Gräser in Mischungen über dem Ertrag der Gräser in Reinsaat. Wie in Abbildung 7 und in Abbildung 8 zu sehen ist, bestätigt sich diese Aussage für beide Sorten von *Lolium perenne*. Sowohl die Hochzuckergrassorte als auch die Referenzsorte erbringen im Mischbau mit Leguminosen höhere Trockensubstanzerträge als in der jeweiligen Reinsaat. Die Untersuchungen von LASER et al. (2009) ergeben, dass die Trockensubstanzerträge der Referenzsorte von *Lolium perenne* und Leguminosen über den Erträge der Hochzuckergrassorte und Leguminosen liegen. In den vorliegenden Untersuchungen ergeben sich umgekehrte Verhältnisse. Die Trockensubstanzerträge von *Lolium perenne* der Referenzsorte liegen unter den Erträgen der Hochzuckergrassorte. Dies lässt sich damit erklären, dass die Hochzuckergrassorte einen extrem niedrigen

Ertrag in Reinsaat erzielt hat und dadurch die Hochzuckergräser aus dem Mischanbau in Relation zur Reinsaat höher ausfallen als der Trockensubstanzertrag der Referenzsorte, da hier der Ertrag der Reinsaat höher lag.

Neben den unterschiedlich hohen Trockensubstanzerträgen der beiden Sorten von *Lolium perenne* sind die hohen Schwankungen in den jeweiligen Parzellen auffällig. Während bei der Hochzuckergrassorten zwar die Mischung mit *Trifolium pratense* im Mittel die höchsten Trockensubstanzerträge erbringt, kommen die höchsten Schwankungen in der Mischung mit *Lotus corniculatus* vor, hier liegen sie zwischen 166 % und 582 %. Die Schwankungsbreite der Erträge in der Gras/ *Trifolium pratense* Mischung liegen zwischen 219 % und 590 % und unterstreichen nochmals den hohen Ertrag der Mischung gegenüber der Reinsaat der Hochzuckergrassorte. Der Mischanbau mit *Medicago sativa* erzielt die geringsten Trockensubstanzerträge und auch die Schwankungen zwischen den einzelnen Parzellen fallen mit Werten zwischen 134 % und 496 % geringer aus. Was den Mischanbau mit *Medicago sativa* angeht fallen die Ergebnisse der Referenzsorte von *Lolium perenne* ähnlich aus. Die Trockensubstanzerträge der Referenzsorte im Mischanbau mit *Medicago sativa* sind am niedrigsten und auch die Schwankungen fallen am geringsten aus, sie liegen zwischen 170 % und 244 %. Den höchsten Ertrag erreicht die Referenzsorte im Mischanbau mit *Trifolium pratense* und *Lotus corniculatus*, die mittleren Erträge unterscheiden sich lediglich um zwei Prozentpunkte. Die Schwankungsbreite der Erträge im Mischanbau mit *Trifolium pratense* fallen mit den Werten zwischen 196 % und 394 % am höchsten aus. Die Schwankungen der Mischung mit *Lotus corniculatus* fallen nur etwas geringer aus und liegen zwischen 198 % und 300 %.

Auf Grund der unterschiedlichen Ergebnisse dieser Untersuchung und der Untersuchung von LASER et al. (2009), in denen das gleiche Pflanzenmaterial untersucht wurden, lassen sich nur schwer Aussagen für die Praxis treffen, da die gleichen Parzellen untersucht wurden. Da es in der Praxis unwahrscheinlich ist, dass ein Mischanbau vorgenommen wird und nur die Gräser geerntet werden, sind weiterführende Untersuchungen in denen *Lolium perenne* und die

jeweiligen Leguminosen gemeinsam beprobt werden sinnvoll um eine praxisrelevante Aussage über den Trockensubstanzertrag machen zu können. Festzuhalten ist, dass der höhere Trockensubstanzertrag der beiden Sorten von *Lolium perenne* im Mischanbau mit Leguminosen im Vergleich zur Reinsaat sehr wahrscheinlich auf Grund der Fähigkeit der Luftstickstoffbindung der Leguminosen und der damit verbundenen Bereitstellung des überschüssigen Ammoniums zurückzuführen ist.

5.4 Stickstoffertrag

Da der Stickstoffertrag mit Hilfe der Trockensubstanzerträge ermittelt wurden, wurden beim Stickstoffertrag auch keine Varianzen und Varianzursachen ermittelt.

Der hier ermittelte Stickstoffertrag liegt dem Stickstoff in den beiden Sorten von *Lolium perenne* zu Grunde. In der Literatur wird, wenn es um Stickstofferträge in Pflanzen geht, in den meisten Fällen auf Leguminosen verwiesen, aber nicht auf Sorten von *Lolium perenne*. Nach LÜTKE ENTRUP (2000) ist ein *Medicago sativa* Bestand in der Lage bei einem Ertrag von 150 dt pro Hektar ca. 400 bis 450 kg Stickstoff in der oberirdischen Masse zu fixieren. Ein *Trifolium pratense* Bestand liegt mit ca. 300 kg Stickstoff pro Hektar knapp dahinter (LÜTTGE et al 1999, LÜTKE ENTRUP 2000), während ein Bestand von *Lotus corniculatus* mit 260 kg Stickstoff pro Hektar die geringste Fixierungsleistung erbringt. Unterschiedliche Leguminosen fixieren folglich auch eine unterschiedliche Menge an Luftstickstoff. In diesen Untersuchungen lagen die Ergebnisse der *Lolium perenne* Sorten zu Grunde, die nicht wie die Leguminosen in der Lage sind Luftstickstoff zu fixieren, sondern den im Boden vorhandenen Stickstoff aufnehmen.

Wie in der Abbildung 9 und in der Abbildung 10 zu sehen ist, sind die *Lolium perenne* Sorten im Mischanbau mit Leguminosen den jeweiligen Reinsaat im Stickstoffertrag überlegen. Weiterhin ist festzustellen, dass die Hochzuckergrassorte ein höheres Niveau erreicht als die Referenzsorte, was darauf schließen lässt, dass die Hochzuckergrassorte den von den Leguminosen kommende Stickstoff möglicherweise effizienter verwerten kann

als die Referenzsorte. In den relativen Stickstoffträgen ist die Hochzuckergrassorte der Referenzsorte überlegen, jedoch nicht in Bezug auf den Gehalt an Stickstoff. Hier verfügt die Referenzsorte über einen signifikant höheren Stickstoffgehalt als die Hochzuckergrassorte. Da bei der Ermittlung der Stickstoffträge die Reinsaat der jeweiligen *Lolium perenne* Sorte gleich 100% gesetzt wurde ist die Überlegenheit der Hochzuckergrassorte auf Grund eines geringen Ertrages in Reinsaat zustande kommt. Bei Betrachtung der absoluten Zahlen (vergleiche Anhangstabelle 4) ist festzustellen, dass sich die Überlegenheit der relativen Stickstoffträge der Hochzuckergrassorte nicht widerspiegeln. Dies ist mit den extrem niedrigen Erträgen der Hochzuckergrassorte in Reinsaat zu erklären und lässt darauf schließen, dass sich eine kleine Ertragssteigerung stärker auf die Hochzuckergrassorte als auf die Referenzsorte auswirken kann.

Bei Betrachtung der Hochzuckergrassorte ist auffällig, dass die Mischung mit *Trifolium pratense* zwar die höchsten Stickstoffträge erreicht, aber die Schwankungsbreite mit den Werten zwischen 228 % und 579 % kleiner ausfällt als die Schwankungsbreite der Mischung mit *Lotus corniculatus*, die zwischen 165 % und 536 % liegt. Die Stickstoffträge der Hochzuckergras/ *Medicago sativa* Mischung sind mit einem Mittelwert von 254 % am geringsten. Auch die Schwankungen sind am geringsten und liegen zwischen 140 % und 456 %.

Bei der Referenzsorte von *Lolium perenne* ergeben sich ähnliche Werte für die Mischung mit *Medicago sativa*. Auch hier erreicht diese Mischung den geringsten Ertrag und die Schwankungsbreite der unterschiedlichen Parzellen fallen mit den Werten 180 % und 224 % am geringsten aus. Unterschiedlich zur Hochzuckergrassorte ist, dass die Referenzsorte im Mischbau mit *Lotus corniculatus* mit einem mittleren Stickstofftrag von 255 % den höchsten Ertrag erzielt und mit einer Schwankung zwischen 214 % und 280 % auch die höchste Schwankungsbreite besitzt. Die Mischung der Referenzsorte mit *Trifolium pratense* hat einen mittleren Ertrag von 232 % und eine Schwankungsbreite von 168 % bis 301 %.

Die in der Literatur (LÜTTGE et al. 1999, LÜTKE ENTRUP 2000) zu erkennende Abstufung der Leguminosen in Bezug auf die Luftstickstoffbindung von

Medicago sativa mit einem Stickstoffertrag von 400 bis 450 kg pro Hektar über *Trifolium pratense* mit 300 kg pro Hektar bis zu *Lotus corniculatus* mit einem Stickstoffertrag von 260 kg pro Hektar ist nicht auf den Stickstoffertrag in *Lolium perenne* Sorten in einem Mischanbau mit diesen Leguminosen zu übertragen, da sich hier umgekehrte Verhältnisse ergeben. So besitzt die Mischung mit *Medicago sativa* sowohl bei der Hochzuckergrassorte als auch bei der Referenzsorte den geringsten Stickstoffertrag.

Festzuhalten ist, dass sich mit einem Mischanbau von *Lolium perenne* und Leguminosen höhere Stickstofferträge im Gras erreichen lassen als in einer Reinsaat von *Lolium perenne*. Wählt man in der Praxis noch die Hochzuckergrassorte lassen sich in einem Mischanbau mit *Trifolium pratense* oder *Lotus corniculatus* die Stickstofferträge im Gras nochmals steigern. Dies lässt sich, wie die höheren Trockensubstanzerträge, mit der Fähigkeit der Luftstickstoffbindung der Leguminosen und der damit verbundenen höheren Konzentration an Stickstoff im Boden erklären.

6. Zusammenfassung

In Freilandversuchen sollte untersucht werden, ob der genetisch bedingte höhere Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Hochzuckergrassorte Aberavon der Art *Lolium perenne* auch in einem Mischanbau mit Leguminosen weiterhin vorhanden ist. Als Referenzsorte der Grasart *Lolium perenne* wurde die Sorte Gladio gewählt und die Leguminosen waren *Trifolium pratense* mit der Sorte Lucrum, *Medicago sativa* mit der Sorte Planet und *Lotus corniculatus* mit der Sorte Oberhaunstädter. Angelegt wurde der Versuch im Jahr 2006 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen. Die Mischungspartner, die aus je einer Grassorte und einer Leguminose bestanden, wurden nach Arten getrennt in alternierenden Reihen gesät. Den Mischungspartnern stand 50 % der Fläche zur Verfügung. Die Fläche wurde im Anlagejahr und den Folgejahren mit 80 kg Stickstoff, in Form von Rindergülle, gedüngt.

Untersucht wurden der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stickstoff im getrockneten Pflanzenmaterial. Das Pflanzenmaterial wurde per Hand geerntet und umfasste die Hochzuckergrassorte und Referenzsorte der Art *Lolium perenne* in Reinsaat und im Mischanbau mit genannten Leguminosen. Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten wurde von dem 2. Schnitt im Jahr 2007 und dem 1. Schnitt im Jahr 2008 ermittelt. Der Stickstoffgehalt wurde nur von dem 1. Schnitt aus dem Jahr 2008 ermittelt. Weiterhin wurde der relative Trockensubstanzertrag von einem geernteten Meter und der Stickstoffertrag ermittelt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Das untersuchte Hochzuckergras verfügt in Reinsaat über einen signifikant höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten als die Referenzsorte der Art *Lolium perenne*. Der Gehalt schwankt im Vergleich der Untersuchungsjahre zwischen 20 % und 30 %.
- Im Jahr 2007 war der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in der Hochzuckergrassorte nur im Mischanbau mit *Trifolium pratense* signifikant höher als der Gehalt der Referenzsorte. Im Jahr 2008 war die

Hochzuckergrassorte im Mischanbau mit *Lotus corniculatus* und *Medicago sativa* der Referenzsorte in Bezug auf wasserlösliche Kohlenhydrate gesichert überlegen.

- Die chemischen Eigenschaften der Pflanzen werden in Bezug auf wasserlösliche Kohlenhydrate und Stickstoff durch den Mischungspartner Leguminose beeinflusst
- Der Stickstoffgehalt der Hochzuckergrassorte ist in Reinsaat und im Mischanbau mit *Lotus corniculatus* und *Medicago sativa* signifikant geringer als der Stickstoffgehalt der Referenzsorte von *Lolium perenne*, die einzige Ausnahme bildet der Mischanbau mit *Trifolium pratense*. Hier liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden *Lolium* Sorten vor.
- Nimmt der Stickstoffgehalt in den Gräsern zu reduziert sich der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Daraus lässt sich schließen, dass der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten negativ mit dem Stickstoffgehalt korreliert ist.
- Die geringen absoluten Trockensubstanzerträge der Hochzuckergrassorte in Reinsaat werden durch den Mischanbau mit Leguminosen stärker erhöht als bei der Referenzsorte.
- Die Stickstofferträge fallen in der Hochzuckergrassorte aus dem Mischanbau zwar auch höher aus als der Stickstoffertrag der Referenzsorte, dies spiegelt sich aber nicht in den absoluten Stickstoffzahlen wieder und ist durch den extrem niedrigen Ertrag der Hochzuckergrassorte in Reinsaat zu erklären.

7. Literaturverzeichnis

1. ALABASI E. und R. BOCKHOLT, 2007: Botanische Zusammensetzung und Erträge im Vergleich von Weide- und Schnittnutzung in Langzeitexperimenten zur reduzierten Düngung auf zwei typischen Weidestandorten, Vortrag 54. Jahrestagung des AGGF „Neue Funktionen des Grünlandes: Ökosystem, Energie, Erholung“, Göttingen
2. ANONYMUS, 2004: VDLUFA Die chemische Untersuchung von Futtermitteln Methodenbuch III, 5. Ergänzungsfassung
3. ANONYMUS, 2006: SPSS für Windows, Version 15.0 SPSS Software, München
4. ANONYMUS, 2007: Sortenliste 2007/Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne, Hrsg. Bundessortenamt, ISSN: 1612-89 4X
5. ANONYMUS, 2008: Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), URL:<http://www.oekolandbau.de>
6. ANONYMUS, 2008: EG-Öko Verordnung in der Fassung vom 17.4.2008, Anhang I, URL:<http://www.bmelv.de>
7. BEIMLER M. und F. EICKMEYER, 2005: Referate und Poster zur 49. Jahrestagung, Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 7
8. BISKUPEK B., 1993: Futterqualität in Abhängigkeit interspezifischer Konkurrenz, Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Giessen

9. CAMLIN M.S., T.J. GILLIAND and R.H. STEWART, 1983: Productivity of mixtures of Italian ryegrass and red clover, *Grass and Forage Sci.* 38, 73-78
10. DONALD C.M., 1963: Competition among pasture plants. – *Adv. Agron.* 15, 1-118
11. EICKMEYER F., 2004: Hoch Zucker Gräser – Hintergründe, Entstehung und erste Ergebnisse deutscher Versuchsansteller, Vortrag 45. Jahrestagung des DLG-Ausschusses „Gräser, Klee und Zwischenfrüchte“ in Fulda
12. FRAME J., R.D. HARKESS and I.U. HUNT, 1972: The effect of a ryegrass companion grass and the variety of red clover on the productivity of red clover swards, *J. Brit. Grassl. Soc.* 27, 241-249
13. FRANKE W., 1981: *Nutzpflanzenkunde*, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
14. GALLASZ E., 1982: Einige Gedanken zur Silagebereitung aus Kunstwiesenfutter, *Die Grüne* 110, 14-17
15. GILLILAND T.J., P.D. BARRETT, R.E. AGNEW, A.M. FEARON and F.E.A. WILSON, 2003: Variation in herbage quality and grazing value traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties, *Votr. Pflanzenzüchtung* 59, 11-19
16. GÖTZ A. und J. KONRAD, 1987: *Landwirtschaftliches Lehrbuch Band 1: Pflanzenbau*, 5. Auflage, Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart

17. HAYNES R.J., 1980: Competitive aspects of the grass-legume-association. – Adv. Agron. 33, 227-261
18. JÄNICKE H., 2005: Referate und Poster zur 49. Jahrestagung der Ag Grünland und Futterbau
19. JUCKEN E., 1994: Mischungseffekte unter den Aspekten Gäreigenschaften und Gärfutterqualität, Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Giessen
20. KIRCHGEßNER M., 2004: Tierernährung, 11. Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
21. KNOTEK S., J. ZILAKOVA and M. ZIMKOVA, 1992: Differences in forage conservation of seminatural grasslands, sown grasses, grass/clover mixtures and legumes, Proceed 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland, 144-148
22. LASER H., 1999: Zur Leistung einschließlich Gäreignung von Arten des Festuco-Cynosuretum unter variierenden Bedingungen, Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Giessen
23. LASER H. und G. LEITHOLD, 2007: Möglichkeiten zur Verbesserung der Siliereigenschaften verschiedener perennierender Gras-/Leguminosenmischungen durch Hoch-Zucker-Gräser, Poster zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau „Zwischen Tradition und Globalisierung“, Stuttgart
24. LASER H., S. KÖHNKE und G. LEITHOLD, 2009: Eigenschaften von Mischungen mit perennierenden Leguminosen und Gräsern aus dem Anbau in alternierenden Reihen unter Einbeziehung einer Hochzuckergras-Sorte, 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau

-
25. LÜTKE ENTRUP N. und J. OEHMICHEN, 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaues: Kultupflanzen, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
26. LÜTTGE U., M. KLUGE und G. BAUER, 1999: Botanik, 3. Auflage, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim
27. MANSFELD R., 1986: Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Nutzpflanzen, 2. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo
28. MCBRATNEY J.M., 1981: Productivity of red clover grown alone and with companion grasses over a four-year period, *Grass and Forage Sci.* 36, 267-279
29. NÖSBERGER J., 1986: In: Nöserger J. und W. Opitz von Boberfeld: Grundfutterproduktion, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg
30. OPITZ VON BOBERFELD W., 1994: Grünlandlehre, Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart
31. PODKOWKA W. and A. POTKANSKI, 1991: Forages conservation as influenced by chemical and physical properties of the crop, *Landbauforsch, Völkenrode, Forages conservation, towards 2000, Sonderheft 123*, 2-15
32. RATTNEY P.V. and J.P. JOYCE, 1974: Nutritive value of white clover and perennial ryegrass, *N.Z.J. Agric.Res.* 17, 401-406
33. SEANEY R.R. and P.R. HENSON, 1970: Birdsfoot trefoil. *Adv. Agron.* 22, 120-157

34. STEWART T.A. and M.E. McCULLOUGH, 1985: S comparison of silages made from red clover/grass, white clover/grass an high nitrogen grass swards for beef production, Anim. Prod. 40, 267-277
35. YEMM E.M. and A.J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone, Biochem. J. 57, 85-97

8. Tabellenanhang

Anhangstabelle 1: Signifikanztabelle für die wasserlöslichen Kohlenhydrate in den Jahren 2007 und 2008 und Stickstoff im Jahr 2008

Varianzursache	wIK 2007		wIK 2008	N 2008
	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
Mischungspartner	3	42,815**	9,600**	0,0193*
Loliumsorte	1	64,063**	45,461**	0,134**
Mischungspartner * Loliumsorte	3	8,157	5,011*	0,0097
Fehler	16	4,630	1,085	0,0057
Gesamt	24			

Anhangstabelle 2: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten in % in den Jahren 2007 und 2008 und Stickstoffgehalt in % im Jahr 2008

	wIK % 2007	wIK % 2008	N % 2008
Hochzuckergras Reinsaat	19,22	29,96	1,143
Hochzuckergras/ <i>Trifolium pratense</i>	15,88	28,07	1,109
Hochzuckergras/ <i>Medicago sativa</i>	13,21	26,78	1,211
Hochzuckergras/ <i>Lotus corniculatus</i>	9,93	28,75	1,098
Referenzsorte Reinsaat	13,98	26,270	1,344
Referenzsorte/ <i>Trifolium pratense</i>	10,35	27,840	1,164
Referenzsorte/ <i>Medicago sativa</i>	12,02	24,100	1,324
Referenzsorte/ <i>Lotus corniculatus</i>	10,15	24,340	1,328
GD 5%	3,72	1,8	0,13

Anhangstabelle 3: Relativer Trockensubstanzertrag und Stickstoffertrag in % im Jahr 2008

	relativer TS Ertrag %	relativer N Ertrag %
Hochzuckergras/ <i>Trifolium pratense</i>	361,9	351,8
Hochzuckergras/ <i>Medicago sativa</i>	255,5	254,5
Hochzuckergras/ <i>Lotus corniculatus</i>	308,6	291,5
Standartabweichung	189,4	174,6
Referenzsorte/ <i>Trifolium pratense</i>	268,2	232,5
Referenzsorte/ <i>Medicago sativa</i>	204,5	200,1
Referenzsorte/ <i>Lotus corniculatus</i>	264,1	255,4
Standartabweichung	83,3	46,1

Anhangstabelle 4: Absoluter Trockensubstanzertrag und Stickstoffertrag in g im Jahr 2008

	TS Ertrag g	N Ertrag g
Hochzuckergras Reinsaat	11,4	0,1
Hochzuckergras/ <i>Trifolium pratense</i>	32,7	0,4
Hochzuckergras/ <i>Medicago sativa</i>	20,5	0,2
Hochzuckergras/ <i>Lotus corniculatus</i>	25,4	0,3
Standartabweichung	9,3	0,10
Referenzsorte Reinsaat	10,7	0,1
Referenzsorte/ <i>Trifolium pratense</i>	28,7	0,3
Referenzsorte/ <i>Medicago sativa</i>	21,5	0,3
Referenzsorte/ <i>Lotus corniculatus</i>	27,7	0,4
Standartabweichung	8,6	0,10

9. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum, Unterschrift