

## Wirkung von Stickstoffdüngern im Grünland in Abhängigkeit von Form, Menge und Zeitpunkt der Gaben

Im Zuge der Diskussion um Nachhaltigkeit, die derzeit allerorten stattfindet, kommt auch der Effizienz der mineralischen Stickstoffdüngung besondere Aufmerksamkeit zu. Es heißt man soll Stickstoff gemäß der Ertragszuwachskurve düngen, um eine möglichst hohe Ausnutzung des energieaufwändig produzierten Nährstoffes zu gewährleisten. Ein im Jahr 2010 angelegter Versuch am LAZBW Aulendorf hatte zum Ziel die unterschiedliche Wirkung verschiedenartiger mineralischer Stickstoffdünger auf das Wachstum von Dauergrünland zu untersuchen. Prof. Dr. Martin Elsäßer berichtet über die ersten vier Versuchsjahre des weiter laufenden Versuches.

### Material und Methoden

Der Versuch wurde in Kleinparzellen (1,5 x 6,66 m) auf dem Versuchsfeld in Aulendorf (8,4 °C, 903 mm Niederschlag) angelegt. Als Ausgangsbestand fand ein im Jahr 2009 angelegtes Dauergrünland Verwendung. Die Bestände wurden jeweils 5mal im Jahr geerntet. PK-Düngung wurde einheitlich mit 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 330 kg K<sub>2</sub>O gegeben. Die Stickstoffdüngung variierte wie in Tab. 1 angegeben. Die mittlere N-Düngung (V. 4 und 5) entspricht dabei der üblichen ordnungsgemäßen Stickstoffdüngung bei einem durchschnittlichen Ertragsniveau von 110 dt TM/ha.

Tab. 1: Form, Mengen und Verteilung der N-Düngung

Var.	Bezeichnung	Grunddüngung		Stickstoffdüngung (kg N/ha)					
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	gesamt	1.Aufw.	2.Aufw.	3.Aufw.	4.Aufw.	5.Aufw.
1	Nulldüngung	0	0	0	0	0	0	0	0
2	PK-Düngung	110	330	0	0	0	0	0	0
3	KAS gering	110	330	200	60	40	40	40	20
4	KAS Frühjahr	110	330	245	80	80	45	40	0
5	KAS Sommer	110	330	245	60	45	60	60	20
6	KAS viel	110	330	300	100	80	80	40	0
7	ASS	110	330	245	80	80	45	40	0
8	SSA	110	330	245	80	60	40	40	25
9	Harnstoff	110	330	245	80	60	60	45	0
10	Entec 26 gering	110	330	200	120	0	80	0	0
11	Entec 26 viel	110	330	300	120	40	80	60	0

Die nachstehenden Beschreibungen der Düngemittel wurden verschiedenen Firmenprospekten und dem Internet in Wikipedia entnommen.

Die in den Düngern enthaltene Stickstoffform ist maßgebend für die Wirkungsgeschwindigkeit. So sind beispielsweise nitrathaltige Dünger schnell und ammoniumhaltige Dünger langsamer für die Pflanzen wirksam.

**Kalk-Ammonsalpeter (KAS).** 27% N-Gehalt, davon 76 % Ammonnitrat und 24 % Kalk): Als Nitratdünger hat er eine schnelle Anfangswirkung, die durch die Nitrifikation des Stickstoffanteils aus dem Ammonium nach und nach ergänzt wird. Die bodenversauernde Wirkung der N-Anteile wird durch den enthaltenen Kalk kompensiert.

**Ammonsulfatsalpeter (ASS).** Dieser Dünger enthält ein Doppelsalz aus Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat mit 26 % Reinstickstoff; wovon 73 % des Stickstoffs als Ammoniumstickstoff und 27 % als Nitratstickstoff vorliegen. Zusätzlich enthält ASS 14 % Schwefel. ASS ist leicht wasserlöslich und wirkt im Boden chemisch sauer.

### Schwefelsaures Ammoniak oder Ammoniumsulfat (SSA).

Ammoniumsulfat ist wenig hygroskopisch und die wässrigen Lösungen reagieren schwach sauer. SSA enthält 21% Ammoniumstickstoff und 24 % Schwefel in Sulfatform.

### Harnstoff

Harnstoff enthält 47 % N und ist damit das am höchsten konzentrierte N-Düngemittel. Er enthält kein Nitrat, sondern Amidstickstoff, der nicht direkt von der Pflanze aufgenommen werden kann. Umsetzungsvorgänge im Boden in Ammonium und anschließend in Nitrat sind erforderlich. Wegen der damit verbundener Wirkungsverzögerung und möglichen N- Verlusten ist die Wirkung nicht klar kalkulierbar.

### Entec

ENTEC®-Dünger sind stickstoffhaltige Mineraldünger, die den Ammoniumstabilisator DMPP enthalten. Dieser verlangsamt die Nitrifikation und „stabilisiert“ den Ammoniumstickstoff des Düngers im Boden. ENTEC® enthält neben dem stabilisierten Ammoniumstickstoff auch immer einen Anteil Nitrat für die schnelle Startwirkung. Das bedeutet, dass die Pflanze beide Stickstoffformen über einen längeren Zeitraum gleichzeitig aufnehmen kann und damit die Effizienz der Stickstoffdüngung erhöht wird. ENTEC-Dünger sollen Pflanzen über einen Zeitraum von mehreren Wochen gleichmäßig mit Stickstoff versorgen.

### Ergebnisse

Im Mittel wurden nach 4 Versuchsjahren, die bezüglich ihrer Jahreswitterung stark verschieden waren, sehr unterschiedliche Trockenmasseerträge erzielt. 2010 war der mittlere Jahresertrag bei 130 dt TM/ha, in 2011 konnte er mit durchschnittlich 147,8 dt noch übertroffen werden. Er sank aber in beiden Folgejahren auf 119 bzw. 85,1 dt TM/ha stark ab. Im Mittel stiegen die Erträge mit zunehmender N-Düngung an (Abb.1). Sie waren aber auch mit im Mittel 100 dt/ha ohne zusätzliche mineralische N-Düngung sehr hoch, was für die N-Lieferung des Standortes incl. der Stickstoffbindung durch Leguminosen in Aulendorf spricht. Wie lange diese Lieferung bestehen bleiben kann, ist allerdings offen.

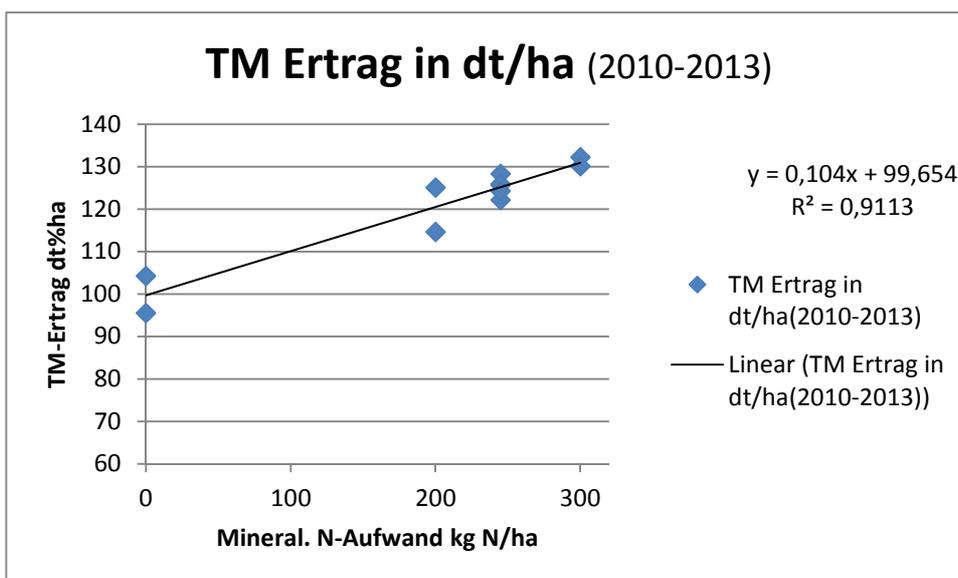
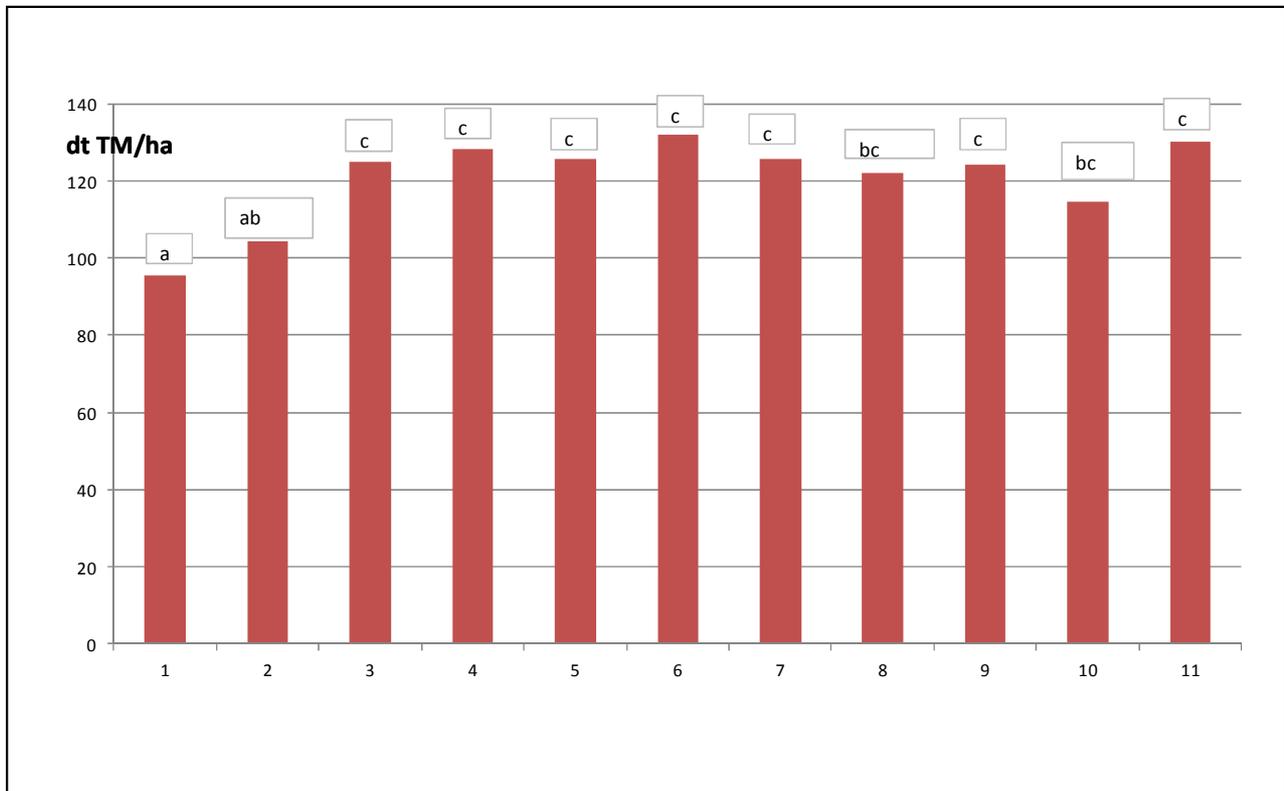


Abb. 1: Mittlere Trockenmasseerträge in dt /ha bei steigender N-Düngung

Betrachtet man die verschiedenen Düngerformen und auch die Variation der Düngemengen und Zeitpunkte, finden sich nur recht geringe Unterschiede (Abb. 2).



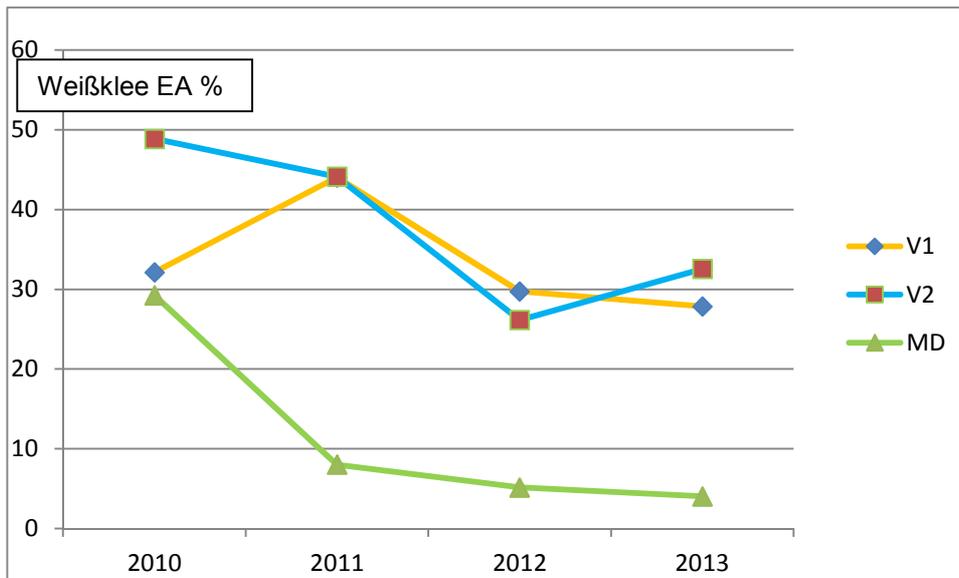
**Abb. 2:** Mittlere Trockenmasseerträge im Stickstoffdüngerversuch Aulendorf (Mittel 2010 – 2013) (unterschiedliche Buchstaben bezeichnen statistisch gesicherte Unterschiede)

Selbst die Erhöhung der N-Düngung um 100 kg N/ha bei Kalkammon-Salpeter (Vergleich Varianten 3 und 6) und bei Entec (Vgl. Varianten 10 und 11) resultierte zwar in beiden Fällen in höheren Erträgen, allerdings waren diese Ertragssteigerungen statistisch nicht signifikant. Ebenfalls zwar leicht besser, aber gleichfalls nicht statistisch gesichert, war die N-Düngung im Frühjahr im Vergleich zur sommerbetonten Düngung (Vgl. Varianten 4 und 5). Offensichtlich war der Standort in Aulendorf bereits ausreichend mit Stickstoff versorgt, so dass die N-Lieferung aus dem Boden bzw. die Luftstickstoffbindung durch Leguminosen auch ohne zusätzliche Düngung bereits hohe Erträge ermöglichte.

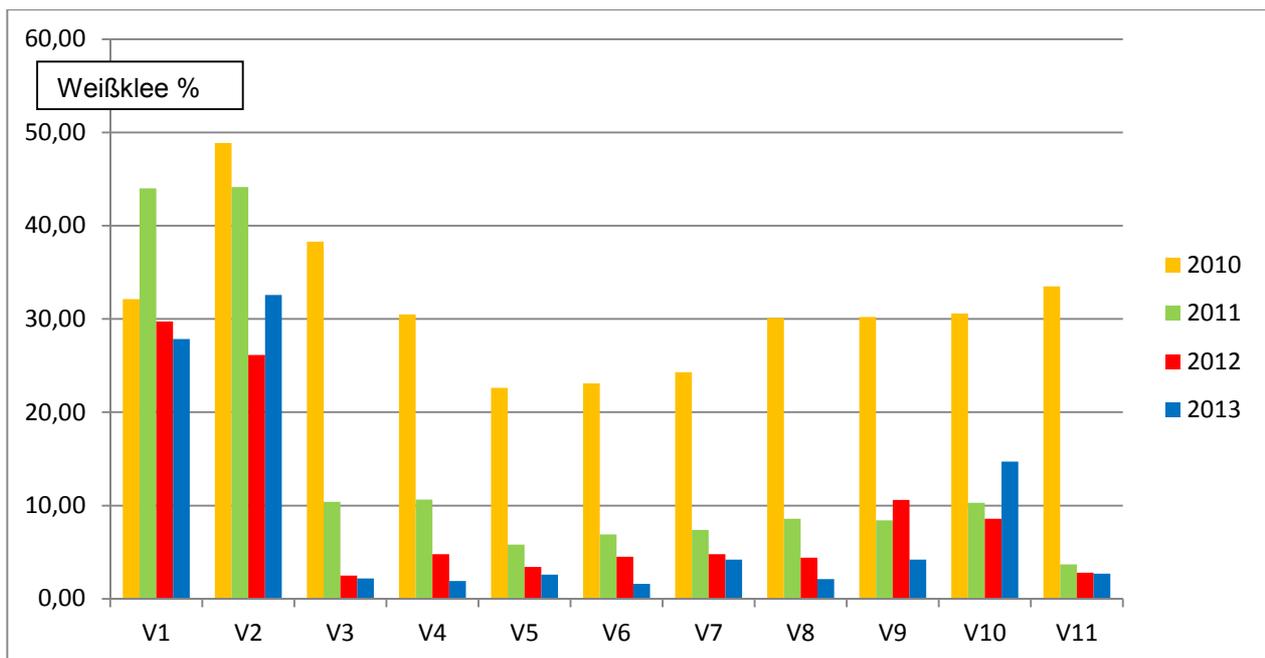
Die Zufuhr nährstoffgleicher N-Mengen in unterschiedlicher N-Form (Varianten 4, 7, 8 und 9) wies ebenfalls im Mittel keine Unterschiede auf. Weder war die Düngung mit Kalkammon-Salpeter derjenigen mit Harnstoff überlegen, noch war ein positiver Einfluss der zusätzlichen Schwefelgaben zu erkennen. Nährstoffmäßig gleiche Düngung mit KAS unterschied sich statistisch nicht von der Düngung mit Ammon-Sulfatsalpeter oder schwefelsaurem Ammoniak. Lediglich der völlige Verzicht auf Stickstoffdüngung hatte einen statistisch gesichert geringeren Ertrag. Trotz deutlich höheren Weißkleeanteilen konnte in diesen Varianten nicht die Ertragshöhe der mit mineralischem Stickstoff gedüngten Varianten erreicht werden.

## Kleeanteile

Die Ertragsanteile an Leguminosen/Kräutern/Gräsern veränderten sich während der Versuchslaufzeit sehr deutlich (Abb. 3). Im Mittel reduzierten sich die Weißkleeanteile bei den nicht mit N gedüngten Varianten erwartungsgemäß weniger stark als bei denen mit zusätzlicher N-Zufuhr aus Mineraldüngern. Diese Veränderung der Leguminosenanteile verlief aber durchaus auch variantenspezifisch (Abb. 4). In allen Varianten nahm der Weißkleeanteil deutlich ab. Bei den Varianten ohne mineralische N- Düngung (V1 und V2) blieb er allerdings auf deutlich höherem Niveau. Ebenso erholte sich der Weißklee bei Variante 10 (200 kg Entec) im Jahr 2013 wieder deutlich. Bei den mineralisch gedüngten Varianten nahm der Weißkleeanteil ungeachtet der N-Form einheitlich stark ab - am schnellsten in den Varianten 3, 4, 6 und 11.



**Abb. 3:** Veränderung der Weißklee – Ertragsanteile während der Versuchsphase (V1 = Nulldüngung; V2 = PK-Düngung; MD = Mittel der Mineraldünger- Varianten)



**Abb. 4:** Mittlere Ertragsanteile bei Weißklee in % (gewichtet über alle 5 Nutzungen)

Diese starke Veränderung des Ertragsanteils bei Weißklee lässt sich auch an der geschätzten Luftstickstoffbindung festmachen. Kalkuliert man mit einer Luftstickstoffbindung von durchschnittlich 3,5 kg N/ha je Prozent Ertragsanteil Weißklee, dann stand den Aufwüchsen erheblich mehr Stickstoff zur Verfügung als letztlich mineralisch gedüngt wurde. Für die weiteren Überlegungen zur Ausnutzung des Düngestickstoffs in Tab. 2 muss allerdings berücksichtigt werden, dass die geerntete Proteinmenge aus labortechnischen Gründen bisher nur für die ersten beiden Versuchsjahre vorliegt.

**Tab. 2:** Stickstoffwiederfindungsrate (= NWR) und N-Effizienz im Mittel der beiden Versuchsjahre 2010 u. 2011 (\*) geschätzt mit 3,5 kg N/ha je Prozent Ertragsanteil)

Nr.	Varianten	N-Düngung kg/ha	Klee-N <sub>2</sub> -Bindg. *) kg/ha	N- Zufuhr Gesamt kg/ha	TM-Ertrag dt/ha	N-Entzug durch Ertrag kg/ha	N-Effizienz %	NWR %
1	Nulldüngung	0	130,6	130,6	113,0	295,5		
2	PK-Düngung	0	160,2	160,2	126,7	346,3		
3	KAS gering	200	84,1	284,1	147,6	377,8	189%	16%
4	KAS Frühjahr	245	73,5	318,5	143,4	370,7	151%	10%
5	KAS Sommer	245	49,0	294,0	145,0	360,4	147%	6%
6	KAS viel	300	51,8	351,8	144,4	368,5	123%	7%
7	ASS	245	55,6	300,6	141,4	357,2	146%	4%
8	SSA	245	65,9	310,9	141,8	362,0	148%	6%
9	Harnstoff	245	66,1	311,1	145,3	364,3	149%	7%
10	Entec 26 gering	200	71,6	271,6	134,0	338,0	169%	- 4%
11	Entec 26 viel	300	62,2	362,2	146,5	391,5	131%	15%

Wird die N-Effizienz als Quotient aus N-Entzug dividiert durch N-Düngung gerechnet erhält man Werte für die N-Effizienz in den ersten beiden Versuchsjahren die zwischen 123 und 189% liegen. Betrachtet man aber die in Tab. 2 ebenfalls dargestellte Stickstoff - Wiederfindungsrate, so erkennt man dass die deutlich geringer ausfällt. Die Stickstoffwiederfindungsrate „NWR“ wird als Differenz im N-Entzug zwischen gedüngten und nicht mit N gedüngten Parzellen (V.2) bestimmt und in Prozent des aufgewendeten Stickstoffs ausgedrückt. Die Werte sind insgesamt sehr gering und liegen zwischen -4 und 16%, das bedeutet, dass aufgrund der hohen Kleeanteile bei N-Null und PK-Düngung, bereits ein ordentlicher Ertrag erzielt werden kann, der sich mit höherer N-Düngung zwar steigern lässt, aber die Effizienz der eingesetzten Dünger stark absenkt.

Durch Steigerung der N-Düngung wurden also Leguminosen aus dem Bestand gedrängt und damit die insgesamt gebundene Luftstickstoffmenge stark herabgesetzt. Ein Verzicht auf mineralische N-Düngung ermöglichte den Leguminosen eine N<sub>2</sub>-Bindung in der Höhe von rund 100 kg N/ha, was bei einem derzeitigen Stickstoffpreis von durchschnittlich 0,8 € einen Betrag von insgesamt 80.- €/ha ausmacht.

**Fazit:**

- Mineralische N-Düngung lohnt sich dann besonders, wenn die Grünlandbestände grasreich sind und die Zufuhr mineralischer N-Dünger nicht in erheblichem Maße Weißklee aus dem Bestand verdrängt. Allerdings war die Wirkung der N-Mineraldünger auf den Trockenmasseertrag an diesem Standort aufgrund bereits hoher N-Lieferungen des Bodens und hoher Kleeanteile im Ausgangsbestand nicht allzu hoch.

Letztlich wurden durch Mineraldünger-Stickstoff vor allem die Rohproteingehalte in den Aufwüchsen gesteigert.

- Insgesamt stützen die dargestellten Beobachtungen die Ergebnisse früherer Aulendorfer Untersuchungen, die letztlich zu dem seither angewandten und bewährten Prinzip des Vorgehens bei der Bemessung der Stickstoffdüngung auf Grünland geführt haben. In Baden-Württemberg gilt bisher, dass vom Stickstoffentzug des Bestandes eine gewisse N-Menge als Standortlieferung abgezogen wird, um letztlich so den N-Bedarf zu ermitteln.
- Die Verwendung schwefelhaltiger Düngemittel erhöhte die Trockenmasseerträge verglichen mit nährstoffgleicher Stickstoffdünger ohne Schwefel nicht.
- Mit Entec konnte die Anzahl der Düngungstermine verringert werden. Es bleibt zu prüfen inwieweit sich unterschiedliche Düngemaßnahmen auf das ökonomische Ergebnis auswirken werden.