

Effizienter Einsatz von Gülle und Gärresten ohne oder in Kombination mit mineralischem Stickstoff?

Gemäß der Düngeverordnung dürfen maximal 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft gedüngt werden. Daran wird sich mengenmäßig auch bei der neuen DüV nichts ändern. Allerdings wird diese Menge nun dann nicht mehr nur auf ausschließlich tierische Herkunft sondern auch auf Gärreste pflanzlicher Herkunft bezogen. Ungeachtet dessen reicht die N-Menge aber vielfach nicht aus, um den hohen N-Bedarf von intensiv genutztem Dauergrünland zu decken. Stickstoff aus Mineraldünger ist zulässig und könnte den Mehrbedarf decken. Die Frage ist allerdings, lohnt sich der Einsatz und welche Menge sollte wann gedüngt werden? Im Folgenden werden einige Aulendorfer Untersuchungen von Prof. Dr. Martin Elsäßer zusammengefasst.

Der optimale N-Düngeaufwand hängt vom Bestand ab

In einer bundesweiten Versuchsserie wurde der N-Aufwand bei der Grünlanddüngung von 0 bis auf 480 kg N/ha gesteigert. Die maximalen jährlichen TM-Erträge zeigten im Vergleich der fünf Versuchsstandorte ein relativ ähnliches Niveau, lediglich am Spitalhof in Bayern wurden mit bis zu 15 t TM ha⁻¹ höhere und in Iden (Sachsen-Anhalt) mit 10 t TM ha⁻¹ etwas geringere Erträge realisiert. Der N-Ertrag stieg an allen Standorten zunächst erwartungsgemäß linear an, bevor bei einem N-Input von 350 bis über 400 kg N ha⁻¹ (Tab. 1) ein Plateau erreicht wurde. Entsprechend nahm die N-Aufnahmeeffizienz nahezu linear ab (nicht dargestellt). Interessant waren die Ergebnisse aus Aulendorf insbesondere deshalb, weil der RP-Gehalt zwar mit steigendem N-Input anstieg, aber bereits bei einem N-Aufwand von 32 kg die Zielgehalte von max. 18% Rohprotein im Aufwuchs erreicht wurden. Der Zielkorridor von 14-18% Rohprotein kann demnach bei kleereichen Beständen nur bei stark reduziertem N-Input eingehalten werden. Dies resultiert dann in Trockenmasse-Ertragsverlusten von bis zu 50%. Eine Ausschöpfung des N-Ertragspotentials bzw. eine ausgeglichene N-Bilanz wird erst bei deutlich höherem N-Input erreicht. Im Gegensatz dazu erfordern die Ansprüche des Wiederkäuers eine beträchtliche Reduktion der N-Intensität.

Tab. 1. Optimaler N-Input (kg N ha⁻¹, mineralisch+N-Fixierung) in Abhängigkeit des verwendeten Indikators und Standortes

	Riswick	Spitalhof	Aulendorf	Eichhof	Iden
Max. TM-Ertrag	284	386	360	345	359
RP-Gehalt (Zielwert 18%)	155	149	32	199	223

Wenn mit Gülle oder Gärresten gedüngt wird, kommen weitere Überlegungen hinzu, denn der Pflanzenbestand des Grünlandes kommt im Frühjahr aufgrund meist niedriger Temperaturen eher langsam in Schwung. Wenn Gülle aufgrund von langer Schneelage bzw. ungeeigneter Ausbringmöglichkeiten eher spät gedüngt werden kann, ist deren Wirksamkeit meist anfänglich gering. Eine bessere Wirksamkeit ist bei Mineraldüngern bzw. einer Kombination von Mineral- und Wirtschaftsdüngern zu erwarten. Generell empfiehlt sich die N-Düngung analog des Trockenmasse-Zuwachsverlaufes auszurichten. Der ist im Frühjahr bei starkem Wachstum hoch und geht das Jahr hindurch sukzessive zurück. Im Frühjahr ist die Düngung mit Stickstoff daher weit effizienter als im Sommer oder im Herbst.

Doch wie kann man die N-Düngeeffizienz ganz generell steigern?

Eine wesentliche Möglichkeit ist es die N-Zufuhr zu begrenzen und die N-Düngung gezielt zum Bedarfszeitpunkt vornimmt und gleichzeitig die Stickstoffverluste auf dem Feld minimiert. Darüber hinaus muss der gedüngte Grünlandbestand in der Lage sein, den gedüngten Stickstoff aufzunehmen und in Ertrag umzusetzen. Es kommt

also ganz entscheidend auf die botanische Zusammensetzung des Grünlandbestandes an. Die nächsten beiden Bilder zeigen dies sehr deutlich.

Bild 1 und 2: Unterschiedliche Grünlandbestände reagieren sehr stark unterschiedlich auf die Zugabe von Stickstoff

Neben der abnehmenden N-Effizienz bei steigendem N-Aufwand kommt es auch zu höheren N-Verlusten, die unter Grünland weniger als Nitratauswaschungen zu finden sind, sondern auch als Lachgasemissionen auftreten. Das haben Ergebnisse aus dem DAIRYMAN-Projekt gezeigt. Mit zunehmendem N-Aufwand sinkt die Düngereffizienz gleichzeitig steigen die Lachgasemissionen an (Abb. 1). Hinsichtlich der Treibhausgasbelastungen ist Lachgas (N_2O) wesentlich umweltschädlicher als Kohlenstoffdioxid.

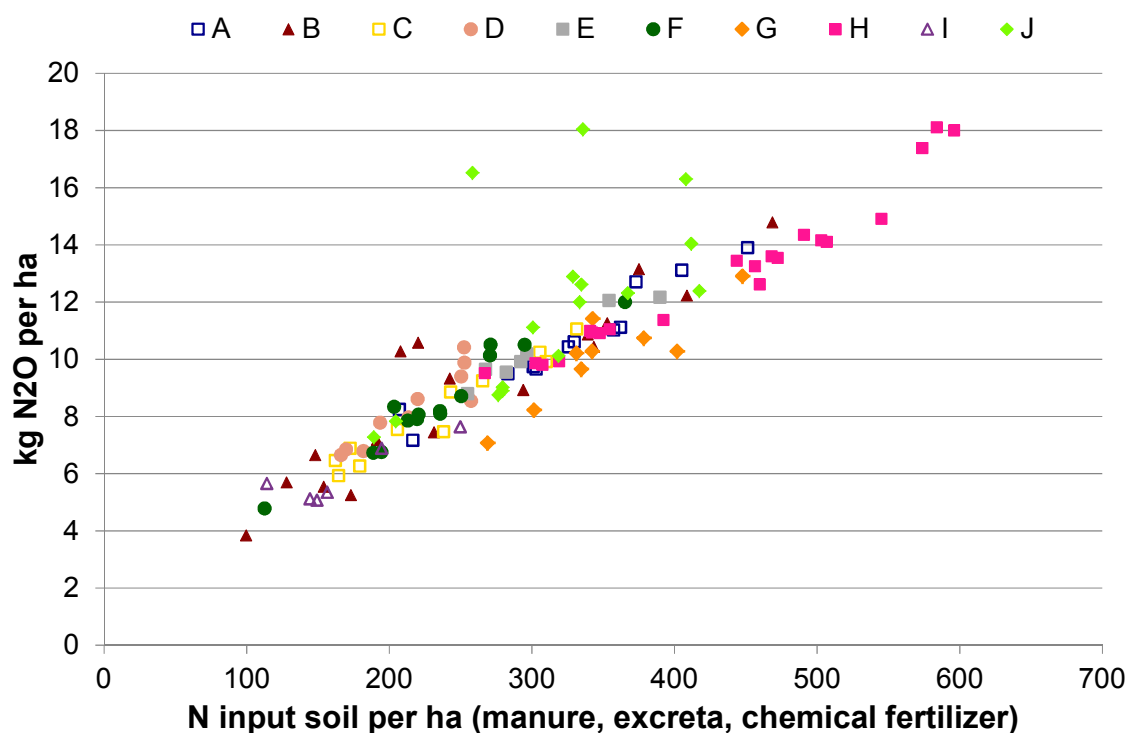


Abb. 1: Lachgasemissionen in kg N₂O/ha in Abhängigkeit vom N-Aufwand je ha (Ergebnis aus dem Dairyman-Projekt, Oenema, 2012) (unterschiedliche Symbole bezeichnen unterschiedliche Partnerländer im Projekt)

Das LAZBW hat in verschiedenen mehrjährigen Versuchen unterschiedliche Düngerkombinationen mit Gülle bzw. Gärrest und Mineraldüngerstickstoff auf ihre Ertragswirkung hin untersucht. Die Versuchsfrage war dabei unter anderem: Welche Wirkung hat die Beschränkung der Gärrestmenge auf 170 kg/ha und welchen Effekt hat eine unterschiedlich mineralische Stickstoffergänzungsdüngung auf die Erträge von Dauergrünland? Sollte zusätzlich mineralisch gedüngt werden, lohnt sich die mineralische Ergänzung und wenn ja, wann und zu welchen Aufwüchsen ist die Wirkung am besten? Im Folgenden werden Ergebnisse aus drei Versuchen dargestellt.

Versuch 1:

Am **Standort Allgäu** in Haidgau (unser besonderer Dank gebührt Familie Fluhr) wurden Gärreste, die ausschließlich von pflanzlichen Substraten herrührten, verwenden

det. Die Gärreste wurden zwei oder dreimal jährlich in Mengen von insgesamt 51 - 68 m³ ausgebracht, wobei die TS-Gehalte zwischen 2.9 bis 6.6 % variierten. 1 m³ Gülle enthielt im Durchschnitt: pH-Wert 7,66, 4,07 kg N; NH₄-N 2,55 kg; TS 5,27%; P₂O₅ 1,44 kg; K₂O 2,80 kg; CaO 1,34 kg; MgO 0,46 kg. Der pH-Wert im Boden lag bei 5,2. Es wurden fünf Nutzungen je Jahr vorgenommen.

Versuch 2:

Am **Standort Oberschwaben** (Lampertsweiler, unser besonderer Dank gebührt Familie Dreher) bestanden die Gärreste je etwa zur Hälfte aus Rindergülle und pflanzlichen Kofermenten. Die Mengen variierten zwischen 38 - 57 m³ und die TS-Gehalte zwischen 4.1 und 8.7 % und zeigten die bekannte Variation in den Nährstoffgehalten. 1 m³ Gülle enthielt im Durchschnitt: pH-Wert 8,2; 5,4 kg N; NH₄-N 3,41 kg; Asche: 29,8 %; TS 7,35%; P₂O₅ 2,61 kg; K₂O 4,55 kg; CaO 4,16 kg; MgO 0,90 kg / m³. Der pH-Wert im Boden lag bei 6,0. Es wurden vier Nutzungen je Jahr durchgeführt.

Die Düngung mit Gärrest rein pflanzlicher Herkunft am Standort Allgäu zeigte die in Tab. 2 und Abb. 2 dargestellten Ergebnisse. Höhere N-Düngergaben resultierten nicht in signifikant erhöhten Erträgen. Die gleichmäßige Verteilung des Stickstoffs ergab leicht höhere Erträge. Insgesamt brachte die zusätzliche mineralische N-Düngung einen spürbaren Mehrertrag, die Verteilung des zusätzlichen Stickstoffs (in 2 oder 4 Gaben) war hingegen unbedeutend. Der Aufwand für eine mehrmalige zusätzliche N-Düngung kann also vermieden werden, es kommt anscheinend stärker auf die zusätzliche Zufuhr von mineralischem N an.

Tab. 2: Anwendungstermine und durchschnittlicher Nährstoffaufwand ausgewählter Behandlungen am Standort „Allgäu“ sowie TM-Erträge (2007-2009) und N-Entzüge (2007-2008) und N-Effizienz des zusätzlich gedüngten Mineraldünger Stickstoffs

V	Nährstoffe Gärsubstrat kg ha ⁻¹			Zusätzlicher Mineraldünger kg ha ⁻¹			Nährstoffe Gesamt kg ha ⁻¹			TM Ertrag t ha ⁻¹	N-Ertrag kg N ha ⁻¹	N-Eff. Min. dü.N %
	N	P	K	N	P	K	N	P	K			
Düngung mit Gärresten zum 1. und 3. Aufwuchs (2 x 19 m ³) à 38 m ³												
1	188	26	179	0	0	0	188	26	179	11.7 de	308.7 c	
3	188	26	179	4 * 36.5 (1.- 4. A.)	29	213	334	55	392	14.1 ab	399.5 ab	63
4	188	26	179	2 * 73 (2.+3. A.)	29	213	334	55	392	14.0 abc	408.2 ab	68
Düngung mit Gärresten zum 1. und 2. Aufwuchs (2 x 19 m ³) à 38 m ³												
5	187	25	172	0	0	0	187	25	172	11.5 d	312.9 c	
7	187	25	172	4 * 36.5 (1. - 4- A.)	29	213	333	54	385	14.8 a	411.5 ab	67
8	187	25	172	2 * 73 (2. 3. A.)	29	213	333	54	385	13.6 abcd	388.6 ab	52

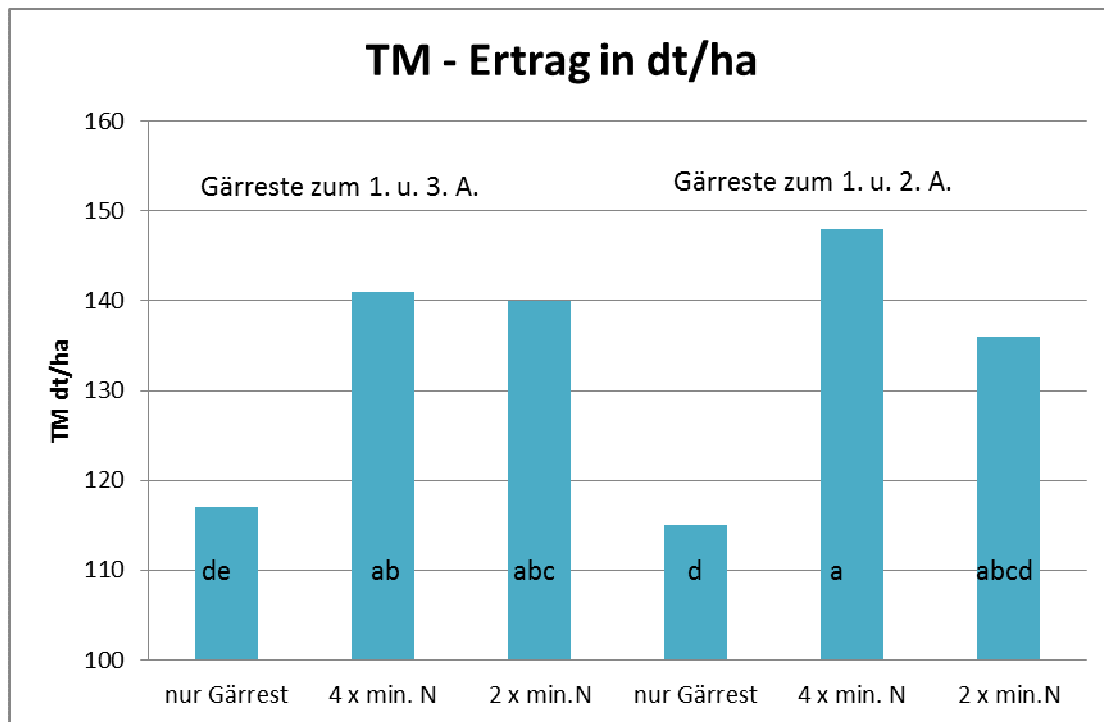


Abb. 2: TM-Erträge bei unterschiedlichem N-Aufwand und Gärrestausbringung in gleicher Höhe aber zu unterschiedlichen Aufwüchsen (Versuchsstandort Allgäu)

Im zweiten Versuch mit gemischten Gärresten (Rindergülle und pflanzliche Kofermente) bei nur viermaliger Nutzung zeigte sich ein ähnliches Bild (Tab. 3). Auch hier wurde mit mineralischer Zudüngung ein höherer TM-Ertrag erzielt und ebenso war die Aufteilung der mineralischen Düngegaben ohne Bedeutung sowohl auf den TM-Ertrag als auch den N-Entzug. Allerdings ging die Effizienz des zusätzlich eingesetzten Stickstoffs doch erheblich zurück und erreichte nur noch Werte zwischen 49 und 69%.

Tab. 3: Anwendungstermine und durchschnittlicher Nährstoffaufwand ausgewählter Behandlungen am Standort „**Oberschwaben**“ (Rindergülle und Kofermente gemischt) sowie TM-Erträge (2007-2009) und N-Entzüge (2007-2008) und N-Effizienz des zusätzlich gedüngten Mineraldünger Stickstoffs (V = Variante; kleine Buchstaben bezeichnen statistisch signifikant unterschiedliche Ergebnisse bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit))

V	Nährstoffe Gärsubstrat kg ha ⁻¹			Zusätzlicher Mineraldünger kg ha ⁻¹			Nährstoffe Gesamt kg ha ⁻¹			TM Ertrag t ha ⁻¹	N-Entzug kg N ha ⁻¹	N-Eff. Min.dü %
	N	P	K	N	P	K	N	P	K			
Düngung mit Gärresten zum 1. und 3. Aufwuchs (2 x 19 m ³) à 38 m ³												
1	185	34	141	0	0	0	185	34	141	10.7 d	245.6 e	
3	185	34	141	3 * 28.7 (z. 1.-3. A.)	7	176	271	43	317	12.7 ab	296.3 abcd	59
4	185	34	141	1 * 86 (z. 2. A.)	7	176	271	43	317	12.5 abc	288.6 abcde	50
Düngung mit Gärresten zum 1. und 2. Aufwuchs (2 x 19 m ³) à 38 m ³												
5	178	34	133	0	0	176	178	34	309	11.2 cd	262.8 cde	
7	178	34	133	3 * 28.7 (z. 1.-3. A.)	7	176	265	43	309	12.6 ab	304.9 abc	49
8	178	34	133	1 * 86 (z. 3. A.)	7	176	265	43	309	13.5 a	322.5 ab	69

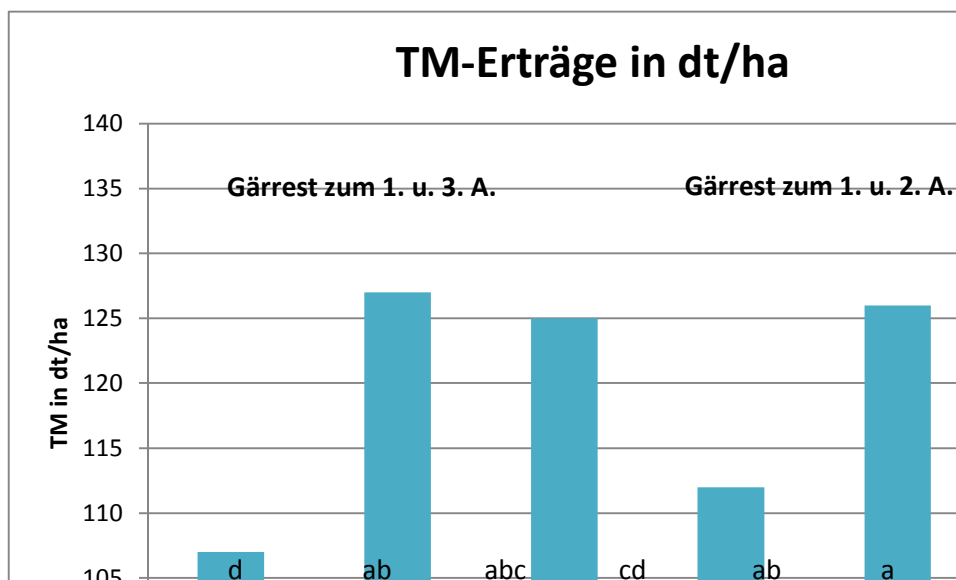


Abb. 3: TM-Erträge bei unterschiedlichem N-Aufwand und Gärrestausbringung in gleicher Höhe aber zu unterschiedlichen Aufwüchsen (Versuchsstandort Oberschwaben)

Wichtigste Ergebnisse

Trockenmasseerträge und N-Entzüge

Am Standort Oberschwaben (gemischte Gärreste je etwa zur Hälfte aus tierischer und pflanzlicher Herkunft) brachte die Variante mit dem höchsten N-Aufwand auch die höchsten TM- und Stickstoff-Erträge. Mit Gärrestdüngung in der Höhe von etwa 170 kgN/ha allein ohne zusätzliche Gaben von mineralischem Stickstoff wurde das Ertragsniveau nicht ausgeschöpft. Die Verteilung der Gärreste auf unterschiedliche Aufwüchse hatte keinen signifikanten Effekt auf die Erträge und offensichtlich auch nicht auf die N-Verfügbarkeit. Der zusätzlich gedüngte mineralische N wurde mit einer Effizienz von 49% - 69% verwertet, wobei es keine klare Tendenz dahingehend gab, ob eine einmalige N-Gabe besser war als eine Verteilung der N-Düngemenge auf mehrere Einzelgaben.

In beiden Versuchen hatten sich jedoch die Bestände stark verändert. Die Leguminosenanteile gingen zugunsten der Kräuteranteile wesentlich zurück (Tab. 4). Der gemessene N-Entzug durch das Erntegut lag meist deutlich über der N-Zufuhr was für eine starke N-Lieferung der Standorte spricht. Der Termin und die Häufigkeit zusätzlicher Gaben mineralischen Stickstoffs waren offensichtlich nur von geringer Bedeutung. Für die Ertragswirkung von zugeführtem N war es nicht entscheidend, ob dieser N aus pflanzlichen Substraten, tierisch-pflanzlicher Mischgülle oder mineralischem N entstammt. Auch der Düngetermin war in beiden Versuchen eher von untergeordneter Bedeutung.

Tab. 4: Veränderung der botanischen Zusammensetzung des Grünlandes an beiden Standorten (2007 - 2009)

Behandlung	Kräuteranteile in %				Leguminosenanteile in %					
	Oberschwaben		Allgäu		Oberschwaben		Allgäu			
	Standort	Jahr	2007	2009	2007	2009	2007	2009		
1		2007	27.5	33.8	23.0	33.5	10.0	1.3	4.5	1.8
3		2007	38.5	29.5	23.0	23.5	5.3	0.6	5.0	2.1
4		2007	33.8	27.3	28.8	31.8	1.5	0.4	4.0	2.1
5		2007	30.5	46.5	23.5	25.0	9.3	2.3	4.5	1.3
7		2007	24.5	40.8	16.0	17.8	7.3	1.9	4.3	0.9

8	30.0	20.3	13.8	20.5	7.5	1.0	3.0	0.9
---	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

In einem weiteren sechs Jahre dauernden Versuch des LAZBW in Oberschwaben (Mühlhausen; Besonderer Dank gebührt hier Fam. Roth) wurden 170 kg N ha⁻¹ J⁻¹ aus Gülle vergleichsweise an zwei bzw. fünf Zeitpunkten auf Dauergrünland gedüngt. Die „Häufigkeit der Gülleausbringung“ erfolgte bei einer Nährstoffmenge von insgesamt 170 kg N ha⁻¹ in zwei Stufen, sie musste aus versuchstechnischen Gründen aber in zwei gesondert auszuwertenden Versuchen erfasst werden.

Block 1: zweimaliges Ausbringen (zum 2. und 4. Aufwuchs)

Block 2: fünfmaliges Ausbringen (zum 1. Aufwuchs, zum 2., zum 3., zum 4. und nach dem vierten Aufwuchs).

Die Blöcke 1 und 2 sind dabei statistisch nicht exakt vergleichbar, weil die Gülledüngestufen aus Gründen der Praktikabilität in zwei nebeneinander liegenden Blöcken erfolgte und innerhalb dieser Blöcke sich jeweils 4 Wiederholungen der Düngevarianten befanden. Die Gülleausbringung erfolgte mit einem praxisüblichen Fass mit Prallkopfverteiler durch den Landwirt selber nach vorausgegangener einheitlicher Einstellung.

Mineralischer N wurde entweder gar nicht, in 5 Gaben zu je 15 kg ha⁻¹ Reinstickstoff gleichmäßig verteilt, in 2 Gaben zu 50 resp. 25 kg N ha⁻¹ oder einmalig als Entec (75 kg N ha⁻¹) zum ersten Aufwuchs gegeben.

Die Veränderungen der Pflanzenbestände wurden mit Botanischen Analysen zu jedem Aufwuchs und mittels einer Ertragsanteilschätzung nach Klapp/Stählin jährlich zum ersten Aufwuchs erfasst.

War zweimal Gülle gleich gut wie fünfmal Gülle?

Die Unterschiede im Ertrag zwischen der fünfmaligen Gülleausbringung mit kleineren Gaben und einer zweimaligen mit entsprechenden größeren Einzelgaben mit 118,3 zu 119,2 dt TM ha⁻¹ waren nur sehr gering. Auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Düngevarianten waren nur marginal. Insgesamt wies die zweimalige

Tab. 5: Jährliche u. mittlere Trockenmasseerträge der Versuchsvarianten (Mittel der Jahre 2004-2009; in dt ha⁻¹)

Varianten	N-Düng. kg/ha	TM-Ertrag dt/ha	XP-Ertrag dt/ha	N-Entzug kg/ha	NEL GJ/ha	N-Saldo kg/ha
5 x Gülle (zu jedem Aufw.)						
Gü. ohne zusätzl. N	151,0	118,9a	19,9a	318,5a	71,2a	167,5
Gü. u. 5 * 15 kg N als KAS	223,0	118,1a	19,8a	317,0a	70,9a	94,0
Gü. u. + 50 +25 kg N als KAS	226,0	120,0a	19,9a	318,1a	71,0a	92,1
Gü + 75 kg N als Entec	226,0	116,0a	19,8a	317,3a	69,0a	91,3
2 x Gülle (zum 2. u. 4. Aufw.)						
Gü. ohne zusätzl. N	163,2	116,4b	19,8a	316,2a	70,2b	153,0
Gü. u. 5 * 15 kg N als KAS	235,2	123,2a	20,1a	321,3a	74,0a	86,1
Gü. u. + 50 +25 kg N als KAS	238,2	119,0ab	20,2a	322,6a	70,9ab	84,4
Gü + 75 kg N als Entec	238,2	118,0ab	20,2a	322,6a	70,1b	84,4

Gülledüngung mit gleichzeitig fünfmaliger Anwendung von 15 kg N ha⁻¹ (mineralisch) die höchsten Erträge auf. Die unterschiedliche Verteilung von mineralischem N ergab keine statistisch gesicherten Unterschiede. Demnach kann eine zweimalige Gülledüngung (zum 2. und 4. Aufwuchs) mit zusätzlichen N-Gaben zwar als am besten betrachtet werden, zieht man jedoch auch die Ausbringungskosten ins Kalkül, dann

dürfte die einmalige Düngung mittels Entec bei zweimaliger Gülledüngung die insgesamt günstigste Variante sein.

Im Vergleich der einzelnen Aufwüchse hinsichtlich der Energiegehalte waren die jeweils ersten Aufwüchse den Folgeaufwüchsen weit überlegen (Abb. 4).

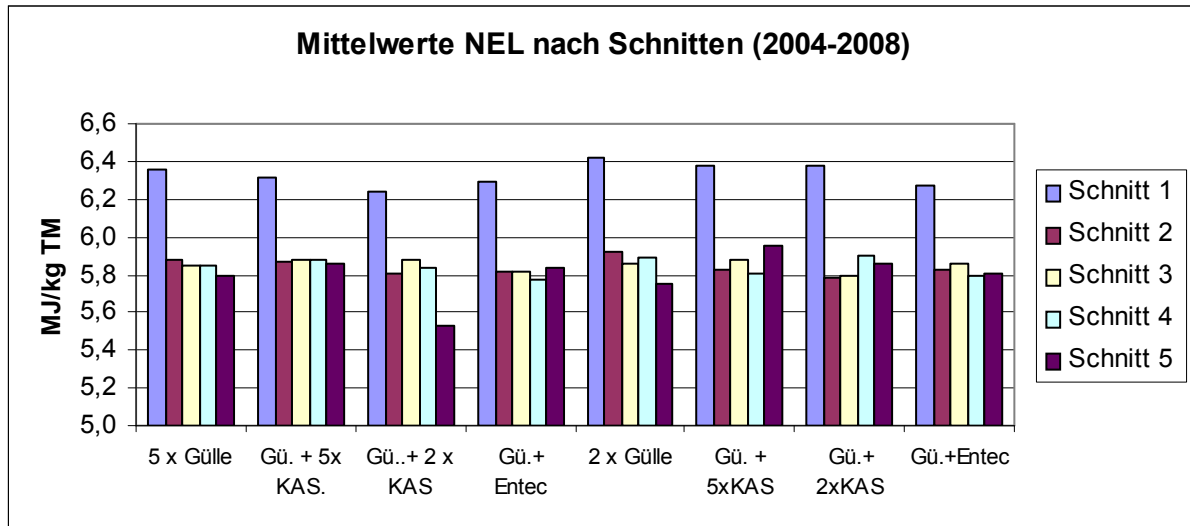


Abb. 4: Mittelwerte der NEL-Gehalte der einzelnen Aufwüchse (2004 - 2008)

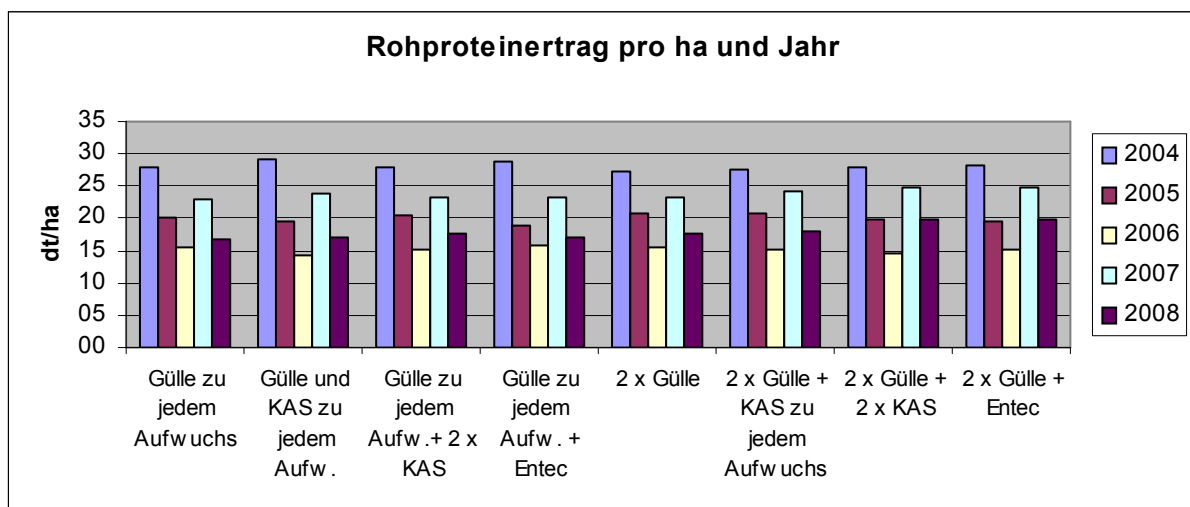


Abb. 5: Jahresmittel der Rohproteinträge in dt ha⁻¹

Ausnutzung des Düngestickstoffs

Die Ertragssituation bei den Eiweißerträgen zeigte starke Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsjahren. 2004 und 2007 waren die Jahre mit den einheitlich höchsten Eiweißerträgen. Die Unterschiede zwischen den Düngewarianten waren nur sehr gering (Abb. 5). Der vereinfachte N-Düngesaldo (N-Entzug über Erträge minus der gedüngten N-Menge) zeigte einen hohen N-Saldo, wenn wie bei den reinen Güllevarianten nur wenig N gedüngt wurde. Die Varianten mit zusätzlicher mineralischer N-Düngung steigerten die N-Entzüge nur unwesentlich, damit sank die Effizienz des gedüngten Stickstoffs bei zusätzlicher Mineralstickstoffzufuhr ab (Tab. 5). Die Verteilung des mineralischen Stickstoffs spielte nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Botanische Veränderungen

In Bezug auf die Veränderung der Kleeanteile während der Versuchsphase fällt auf, dass die Variante „zweimalige Gülledüngung ohne zusätzliche N-Düngung“ den Kleeanteil sehr stark förderte. Tendenziell reduzierte die fünfmalige Zufuhr von Gülle die Kleeanteile, wohingegen die nur zweimalige Gülledüngung den Weißklee eher förderte (Abb. 6).

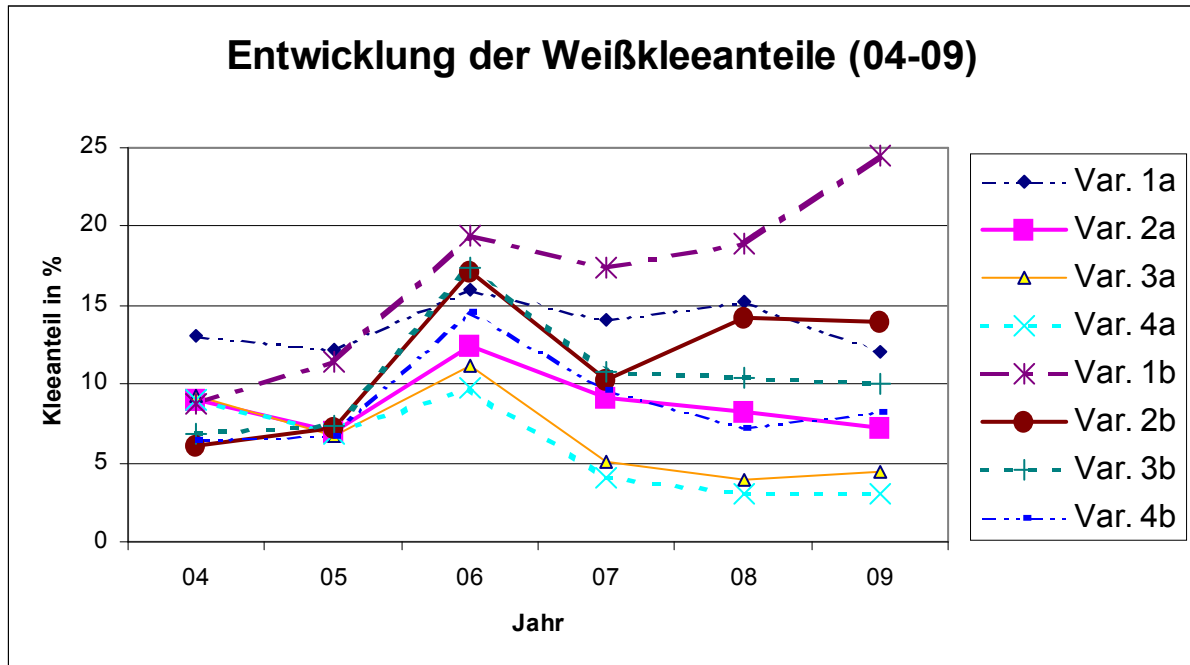


Abb. 6: Entwicklung der Kleeanteile von 2004 bis 2009 in % Ertragsanteil (Var. „a“ gleich fünf Güllegaben jährlich; Var. „b“ = zwei Güllegaben jährlich)

Zusammenfassung

Fünf- und zweimalige Gülledüngung bei insgesamt gleichen Nährstoffmengen unterschieden sich nicht wesentlich voneinander. Damit ist die günstigste Form Gülle auf Dauergrünland auszubringen wohl die, die insgesamt möglichst wenige Arbeitsgänge mit wenigen Überfahrten erforderlich macht. Auch die Verteilung zusätzlich gegebenen mineralischen Stickstoffs ist offensichtlich nicht allzu relevant zumindest dann nicht, wenn die Gülle zu jedem Aufwuchs gedüngt wurde. Einzig bei zweimaliger Güllegabe scheint es Vorteile für eine Aufteilung mineralischen Stickstoffs zu geben. Aber auch die weitere Zufuhr von mineralischem Stickstoff über 170 kg N ha^{-1} hinaus, ergab in diesem Versuch keine signifikanten Mehrerträge und damit zusammenhängend eine deutlich verringerte N-Effizienz. Die einmalige Gabe von Entec kann durchaus lohnend sein, wenn dadurch häufigere Düngetermine mit Gaben von Kalkammonsalpeter eingespart werden können.

Was lässt sich aus den Versuchen insgesamt ableiten?

- Für die Gewinnung proteinreicher Grassilagen ist die Nutzung der symbiotischen N-Bindung von Weißklee sehr wichtig.
- Bei hohen Weißkleeanteilen im Bestand ist eine gesteigerte N-Düngung mit Mineraldüngerstickstoff evtl. kontraproduktiv.
- Will man beste Futterqualität im wichtigen 1. Aufwuchs, dann muss die N-Düngung frühjahrsbetont sein.
- Die Aufteilung der Mineraldüngergaben ist nicht in jedem Falle wirtschaftlich. Im Hinblick auf die Ausbringungskosten einerseits und den zunehmenden Bo-

den Druck durch mehrfaches Überfahren andererseits ist die Reduzierung der Zahl der Überfahrten sicherlich die bessere Alternative.