

Pflanzen

N-Düngung zur Lenkung des Futterangebotes von Weiden

¹Peter Thomet, ¹Matthias Stettler, ¹Martin Hadorn und ²Eric Mosimann

¹Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, CH-3052 Zollikofen

²Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 Nyon

Auskünfte: Peter Thomet, E-Mail: peter.thomet@shl.bfh.ch, Fax +41 31 910 22 99, Tel. +41 31 910 21 52

Zusammenfassung

In zwei Feldversuchen auf einer Ansaatwiese und einer Dauerweide wurde in der Region Bern-Solothurn während vier Jahren untersucht, wie sich die jahreszeitliche Verteilung des Graswachstums von Weiden mittels der mineralischen Stickstoffdüngung beeinflussen lässt. Die Jahresmenge von 150 kg N in Form von Ammonsalpeter wurde in vier Varianten verteilt: gleichmässig, frühjahrs-, sommer- und herbstbetont. Drei der vier Versuchsjahre waren durch Sommertrockenheitsperioden geprägt, die zu einem starken Abfallen des Trockensubstanzzuwachses (TS) im Hochsommer und zu relativ tiefen Jahreserträgen von 100-110 dt TS/ha führten. Trotzdem konnte mit der N-Düngung die Futterverteilung während des Jahres erheblich variiert werden. Es war möglich, etwa 10% des Gesamtjahresertrages vom Frühjahr auf den Spätsommer/Herbst zu verschieben. Die Verteilung des Stickstoffs beeinflusste den Jahresertrag nicht. Zu ungünstigen Zeitpunkten (Sommertrockenheit, Herbst) ausgebrachte N-Gaben waren nicht verloren und kamen später zur Wirkung. Mit der N-Düngung konnte der Futterertrag der Weiden im Mittel um 27 % gesteigert werden. Die mittlere N-Wirkung über alle Versuchsorte, Jahre und N-Verfahren betrug 16,3 kg TS/kg N. Es wird gefolgert, dass eine taktische N-Düngung zur Harmonisierung von Futterangebot und Futterbedarf wertvoll sein kann. Insbesondere auf Weiden mit Kleeanteilen unter 25 % kann die taktische N-Düngung, namentlich eine sommerbetonte Düngung, einen Beitrag zur Glättung der Zuwachskurve und zur Vereinfachung des Weidemanagements leisten.

Um auf Weiden eine hohe Flächenproduktivität zu erzielen, ist unter anderem eine effiziente und gezielte Stickstoffdüngung wichtig. Dies gilt für die Schweiz umso mehr, da der Einsatz von mineralischem Stickstoff durch die agrarpolitischen

Vorgaben gegenüber dem Ausland stark eingeschränkt ist. In der schweizerischen Nährstoffbilanzierungsmethode (Suisse-Bilanz) geht man davon aus, dass auf der Weide ein grosser Teil des von den Tieren ausgeschiedenen Stickstoffs nicht zur Wirkung

kommt (so genannter Weideabzug: 70% des auf der Weide anfallenden Exkrementestickstoffes wird nicht eingerechnet). Dies führt dazu, dass bei Weidehaltung trotz allgemein engem Düngungs-Korsett ein Spielraum für den Einsatz von mineralischem Stickstoff besteht. Auf Vollweidebetrieben ist Stickstoff ein wichtiges Instrument zur Lenkung des Graswachstums. Ein taktischer Stickstoffeinsatz kann helfen, die Balance zwischen Graswachstum und Weidegrasverzehr zu finden. Auf Vollweidebetrieben sollte der Stickstoff nicht in erster Linie zur Maximierung des gewachsenen Futterertrages, sondern zur Harmonisierung von Futterangebot und Futterbedarf dienen.

Ausländische Untersuchungen haben gezeigt, dass mit taktischer Stickstoffdüngung der Verlauf des Futterzuwachses beeinflusst werden kann: Eine Stickstoffdüngung im Winter kann das Graswachstum im Frühjahr beschleunigen, Stickstoffgaben im Spätsommer und Herbst können die Vegetationszeit und damit die Weideperiode bis zu einem Monat verlängern (Binnie *et al.* 2000). In der Schweiz wurde auf Dauerwiesen und Ansaatwiesen untersucht, ob man den Futterberg im Frühjahr mittels verzögerter N-Düngung in den Sommer verlagern könnte, um die Futterkonservierung zu entlasten (Thöni 1984, Thomet und Brühlmann 1987). Man stellte fest, dass dank einer Verschiebung der Stickstoffdüngung vom Frühjahr in den Sommer das Wachs-



Abb. 1. Versuchsfeld Bremgarten BE. Fünf Düngungsverfahren à je drei Wiederholungen.

Tab. 1. Angaben zu den zwei Standorten der N-Düngungsversuche

Ortsbezeichnung der Versuche	Bremgarten BE	Hessigkofen SO
Gemeinde / Höhenlage	3038 Kirchlindach/ 580 m	4577 Hessigkofen/ 605 m
Koordinaten	599'390 / 203'510	601'290 / 220'250
Bodentyp	sehr tiefgründige Braunerde	tiefgründiger Braunerde-Gley
pH-Wert ¹ , Humus ¹ , N _{Kjedahl} ¹	6,35; 5,5 %, 2,08 g/kg	6,75; 5,8 %, 5,88 g/kg
Phosphor ² /Kalium ² (EDTA; mg/kg)	58,7 / 193,8	73,5 / 268,3
Nutzung	Kurzrasenweide seit 2002	Kurzrasenweide seit 1994
Wiesentyp	Standardmischung 440 (angesät im August 2002)	Englisch-Raigras-Wiesenrispengras-Mähweide
Botanische Zusammensetzung ³ (%-Anteil nach Daget Poissonet)		
Gräser	<i>Lolium perenne</i> 40, <i>Poa prat.</i> 12, <i>Poa annua</i> 11, <i>Poa trivialis</i> . 4, <i>Dactylis. Glom.</i> . 4, <i>Phleum pr.</i> 1	<i>Lolium perenne</i> 31, <i>Poa prat.</i> 24, <i>Poa annua</i> 8, <i>Poa trivialis</i> 22, <i>Phleum pratense</i> 0,5; <i>Agrostis stol.</i> 2, <i>Agropyron rep.</i> 0,5
Weissklee	<i>Trifolium repens</i> 27	<i>Trifolium repens</i> 11
Kräuter	<i>Plantago major</i> 1, <i>Tarax. off.</i> 0,5	<i>Taraxacom offic</i> 1,5, <i>Diverse</i> 0,5

^{1 & 2} Mittelwerte von zwei Bodenproben am 8.10.02 & 10.12.04
³ Mittelwerte von zwei Erhebungen am 8.10.02 & 9.11.04

tum im Frühjahr etwas gebremst und dafür im Sommer gefördert werden kann.

Mit dem vorliegenden Projekt wollten wir wissen, wie weit sich diese Erkenntnis auch auf Weiden übertragen lässt. Zwei Fragen waren von besonderem Interesse: 1. Welcher Handlungsspielraum ergibt sich durch die taktische N-Düngung zur gewünschten Harmonisierung von Futterangebot und Futterbedarf auf intensiv bewirtschafteten Weidebeständen des Mittellandes; 2. Welche Ertragswirkung erzielt der Stickstoff, wenn er unterschiedlich verteilt wird?

Zwei Versuchsstandorte während vier Jahren

Als Ausgangsbestände für die Versuche wurden eine Gras-Weissklee-Mischung (SM 440) und eine intensiv bewirtschaftete Dauerweide in der Region Bern-Solothurn gewählt. Beide Standorte befanden sich auf Vollweidebetrieben mit Kurzrasen-Weidesystem (Tab. 1). Während der vier Versuchsjahre 2003-2006 wurden die Graswachstumskurven in je drei Wiederholungen nach einer adaptierten Methode von Corral & Fenlon (1978) für

fünf verschiedene Düngungsvarianten gemessen (Abb. 1). Eine Stickstoffmenge von 150 kg N in Form von Ammonsalpeter wurde entweder gleichmässig, frühjahrs-, sommer- oder herbstbetont verteilt und mit einer ungedüngten Kontrolle (N0) verglichen (Abb. 2). Alle Düngungsvarianten erhielten im Winter eine betriebsübliche Güllegabe à 20-25 m³/ha (ca. 30 kg N_{vert}/ha). Jedes Jahr wurden auf den Weiden neue Versuchsflächen von ca. 300 m² angelegt und ausgezäunt. Die

Versuchspartellen waren 9,0 m² (1,5m x 6,0m) gross. Das Gras wurde jeweils mit einem kleinen Motormäher mit 1m breitem Messerbalken gemäht (Schnittfläche für die Bestimmung der FS-Erträge: 6 m²). Vor dem Schnitt erfolgte jeweils die Ertragsanteilschätzung des Klees.

Nur eines der vier Versuchsjahre (2004) entsprach dem langjährigen Mittel und wies eine im Schweizer Mittelland übliche Graswachstumskurve mit ei-

Abb. 2. Fünf Verfahren und vier Verteilungsvarianten von 150 kg N/ha/Jahr in Form von Ammonsalpeter wurden verglichen. 1. Kontrolle ohne mineralische N-Düngung; 2. gleichmässig von April bis September (7 x 20/25 kg N/ha), entspricht den Empfehlungen der GRUDAF 2001; 3. frühlingsbetont (blau), Düngung im Frühjahr und Sommer (5 x 30 kg N/ha); 4. sommerbetont (5 x 30 kg N/ha) und 5. herbstbetont, Düngung im März, Mai, Juni und September (5 x 30 kg N/ha)

Varianten für die taktische Stickstoffdüngung

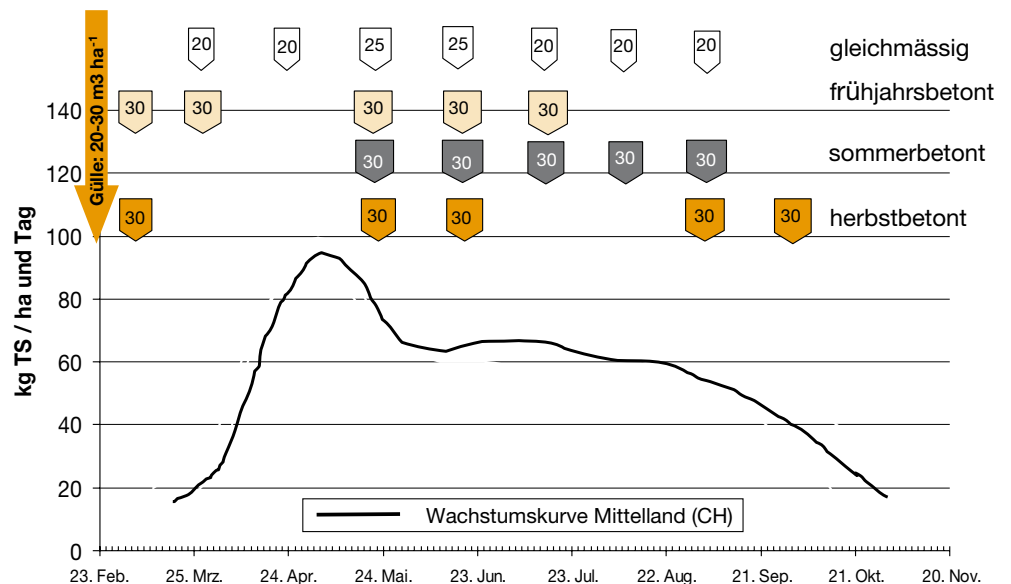
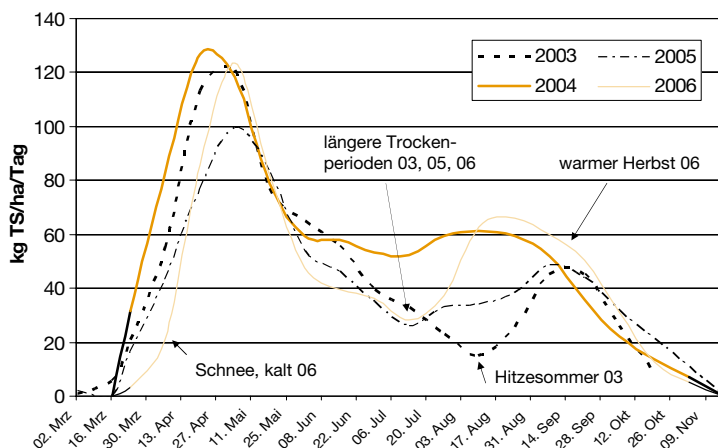


Abb. 3. Jahresvergleich der Graswachstumskurven. (Mittelwerte der zwei Standorte und fünf Düngungsvarianten)



nem mittleren Tageszuwachs von 60 kg TS/ha/Tag auf (Thomet & Blättler 1998).

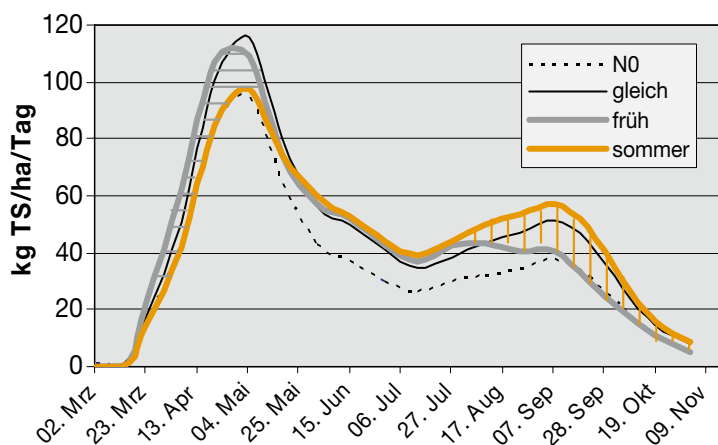
Die Jahre 2003, 2005, 2006 wiesen alle eine ausgeprägte Sommertrockenheitsperiode aus, was den Jahresertrag erheblich schmälerte. Die Niederschlagsmengen der drei Monate Juni bis August lagen unter dem langjährigen Mittel (für die Jahre 2003, 2005, 2006 um 40 %, 57 %, 66 %). Ein extremes Jahr war 2003 mit einem um fünf Grad wärmeren Sommer als dem langjährigen Durchschnitt. Die Temperaturen erreichten in den Niederungen am 13. August ihren Höhepunkt mit 37 bis 39 Grad. Der Oktober des gleichen Jahres hingegen war der Kälteste seit 1974. Im Jahr 2006 fiel im März viel Schnee, der Weidebeginn war drei Wochen später als üblich. Dafür gab es dann einen besonders milden und lange dauernden Herbst. Die skizzierten

Wetterverhältnisse widerspiegeln sich alle in den Zuwachskurven in Abbildung 3. Die grössten Unterschiede im Zuwachs ergaben sich in der ersten Hälfte August mit einer Variation von 17 bis 66 kg TS/ha/Tag.

Lenkung des Futterangebotes

Der Jahresverlauf des Futterangebotes auf den untersuchten Weiden wurde in erster Linie durch die Wetterverhältnisse geprägt. Im Sommer waren die Niederschläge der begrenzende Faktor, im Frühjahr und Herbst die Temperaturen. Trotzdem liess sich das Graswachstum durch die Stickstoffdüngung noch erheblich beeinflussen. Die diesbezüglichen Unterschiede zwischen den Jahren und Standorten waren nicht sehr gross, deshalb wurden Standorte und Jahre zusammengefasst (Abb.4). Das Graswachstum der ungedüngten Kontrolle und der Variante mit gleichmäs-

Abb. 4. Einfluss der N-Düngungsvarianten auf die Graswachstumskurve. (Mittelwerte der zwei Standorte und vier Versuchsjahre)



siger Stickstoffverteilung verlief annähernd parallel. Die 150 kg N-Düngung führten zu einer Ertragssteigerung von 2'534 kg TS/ha beziehungsweise 28 %. Wenn wir die frühlingbetonte mit der sommerbetonten N-Düngung vergleichen, stellen wir fest, dass wir 8,8 respektive 11,6 dt TS oder etwa 10 % des Gesamtjahresertrags vom Frühjahr auf den Spätsommer/Herbst verschieben können. Bezogen auf die Periode (August bis November) des stark nachlassenden Futterangebotes auf den Weiden betrug die Steigerung 45 % oder ca. 63 Grossvieh-Weidetage pro Hektare beziehungsweise eine Weideverlängerung von ca. drei Wochen. Betriebswirtschaftliche Modellrechnungen zeigen, dass jeder zusätzliche Weidetag einen Vorteil von etwa 4 Fr./Kuh zusätzlichem Nettoerlös ergibt (Stettler 2005).

Im Hinblick auf die Weideführung ist erwähnenswert, dass sich mit einer sommerbetonten Verteilung die Zuwachskurve signifikant glätten liess. Die Weideführung wird dadurch erleichtert, weil weniger Änderungen der Besatzstärke erforderlich sind. Zudem kann das Problem der Flächenknappheit auf schlecht arrondierten Betrieben entschärft werden. Die Vollweideperiode kann eventuell weit in den Sommer oder Herbst hinein ausgedehnt werden.

Wirkungen der Herbstgaben

Als weniger Ziel führend erwies sich die herbstbetonte Variante. Deshalb wurde sie beim Vergleich in Abbildung 4 weggelassen. Der Verlauf lag mehr oder weniger zwischen dem frühjahrs- und sommerbetonten Verfahren. Es war nur eine sehr geringfügige Steigerung des Futterangebotes im Herbst möglich. Die letzte Stickstoffgabe Ende September wirkte nur noch wenig. Interessant jedoch war, dass der Rest

nicht verloren war, sondern über den Winter verfügbar blieb und im nächsten Frühjahr noch zu teilweise signifikanten Mehrerträgen führte. Für das sommerbetonte Verfahren liess sich das gleiche nachweisen, wenn auch in geringerem Umfang. Die letzte N-Gabe erfolgte hier ende August/anfangs September und wirkte zum grösseren Teil noch vor dem Wintereinbruch. Nur ein kleinerer Teil kam erst im Frühjahr zur Wirkung. Die starke Nachwirkung der Herbst-N-Gaben im folgenden Frühjahr ist auch in einem Versuch von Voigtländer und Mädler (1974) belegt.

In den Jahren 2003 und 2004 wurde im Sommer/Herbst der Verlauf der Nitratgehalte im Futter gemessen. Die Verfahren sommer- und herbstbetonte N-Düngung führten erwartungsgemäss zu etwas erhöhten Gehalten im Futter. Nur einmal, während den ersten beiden Oktoberwochen 2003, fanden wir in Bremgarten für die Tiergesundheit kritische Werte im Bereich von 5000-5500 mg/kg TS. Die Erhöhung gegenüber dem Verfahren „gleichmässig“ lag im Bereich von 1000-1500 mg.

Trotz der signifikanten Nachwirkung von späten N-Gaben, muss darauf hingewiesen werden, dass auch die NitratAuswaschung während des Winters insgesamt zunimmt (Farrugia *et al.* 1997, Simon *et al.* 1997, Vertes *et al.* 1997).

TS-Erträge und N-Wirkungen

In drei Versuchsjahren lagen die Erträge als Folge der ausgeprägten Sommertrockenheitsperioden deutlich unter dem im Schweizer Mittelland erwarteten Wert von 125 dt TS/ha. Der Standort Hessigkofen war insgesamt weniger produktiv als Bremgarten, besonders in den Jahren 2003 und 2004. Der

Tab. 2. Wetterdaten zu den vier Versuchsjahren in der Region Bern (Messstation Bern-Liebefeld)

		Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
lang ¹	NS ²	72,9	85,4	114,8	130,4	111,6	105,6	104,1	90,6	90,8
-jährig	T ³	5,2	8,1	12,9	16,1	18,4	18,2	13,9	9,5	3,9
	NS	45,6	64,5	77,3	43,3	102,6	77,0	48,8	119,6	69,1
2003	T	6,8	9,0	14,2	21,7	19,7	21,9	14,2	6,7	4,7
	NS	51,3	39,1	98,4	111,3	136,6	126,3	46,6	152,5	15,0
2004	T	4,0	9,0	12,0	16,4	17,8	17,9	14,7	11,0	3,8
	NS	35,6	133,2	83,3	35,8	67,1	141,0	129,6	76,4	24,6
2005	T	4,8	8,8	13,5	18,3	18,6	16,5	15,3	10,5	3,5
	NS	157,8	208,8	160,5	40,7	42,7	185,3	129,8	89,6	46,5
2006	T	3,3	8,4	13,1	17,8	22,1	14,8	16,4	12,0	5,8

¹ langjährig: 1987 - 2002 ² NS = Monatssumme Niederschlag (mm) ³ T = Tagesmittel Lufttemperatur (° C)

Tab. 3. Nachwirkungen der Herbst-Stickstoffgaben im nächsten Frühjahr. Vergleich der TS-Mehrerträge (kg TS/ha) der sommer- und herbstbetonten Verteilungs-Verfahren gegenüber dem Mittelwert von gleichmässig und frühjahrsbetont

Versuchsort	Brem	Brem	Hess	Hess ¹
Düngungsjahr	2003	2004	2003	2005
Verfahren sommerbetont (30 kg N ab 1. September)	169 ^a	588 ^a	182 ^a	-136 ^{ns}
Verfahren herbstbetont (60 kg N ab 1. September)	365 ^b	774 ^b	628 ^b	181 ^{ns}

^{a, b} verschiedene Buchstaben bedeuten Verfahren, die sich signifikant unterscheiden (p < 0,05)

¹ Die Nachwirkungen konnten zweimal nicht gemessen werden, am Standort Bremgarten 2005 und am Standort Hessigkofen 2004, weil die Kühe in die ausgezäunte Versuchsfläche eingedrungen sind.

Tab. 4. Jahreserträge (dt TS/ha) und N-Wirkungen (kg TS/kg N) der vier Verteilungsverfahren von 150 kg N gegenüber einer Kontrolle ohne N-Düngung

	Bremgarten 03 & 04		Hessigkofen 03 & 04		Brem & Hess 05 & 06	
	Ertrag	N-Wirk	Ertrag	N-Wirk	Ertrag	N-Wirk
ohne N	124,1 ^a	-	88,5 ^a	-	73,0 ^a	-
gleichm	135,6 ^{ab}	7,7	109,3 ^b	13,9	107,6 ^b	23,1
frühjahr	132,5 ^{ab}	5,6	108,9 ^b	13,6	102,8 ^b	19,9
sommer	137,1 ^b	8,7	112,9 ^b	16,3	104,0 ^b	20,7
herbst	134,3 ^{ab}	6,8	106,4 ^b	11,9	99,2 ^b	17,5

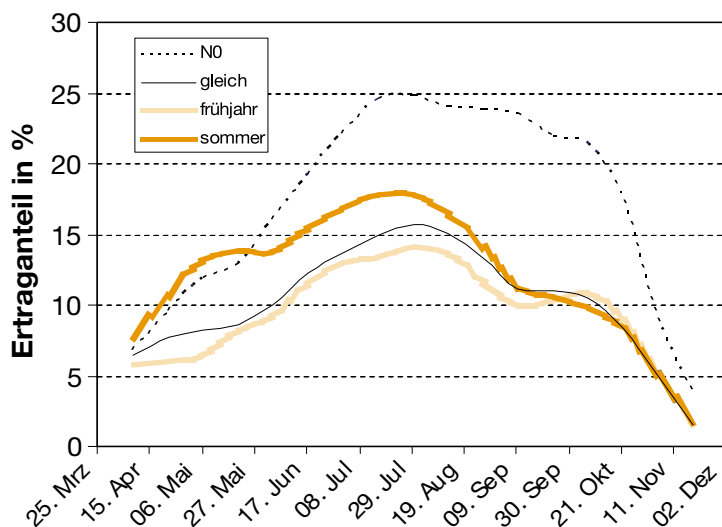
^{a, b} Verschiedene Buchstaben bedeuten Verfahren, die sich signifikant unterscheiden (p < 0,05).

Standort Bremgarten brachte im Jahr 2004 sehr hohe Erträge von 152 dt TS/ha (Durchschnitt aller N-Düngungsverfahren).

Der Vergleich der Düngungsverfahren zeigt auf, dass es in Bezug auf den Ertrag keine grosse Rolle spielte, wie der mineralische Stickstoff verteilt wurde (Tab. 4).

Als tendenziell vorteilhaft erwiesen sich in den ersten beiden Versuchsjahren die sommer- und herbstbetonten Verfahren, danach war die gleichmässige Verteilung etwas besser. Aufgrund unserer Ergebnisse und jener anderer Studien kann man verallgemeinern und sagen, dass die unterschiedliche Verteilung

Abb. 5. Jahresverlauf der Kleeanteile in Abhängigkeit der N-Düngungsvarianten. (Mittelwerte der zwei Standorte und vier Versuchsjahre)



der Stickstoffdüngung den Ertrag kaum beeinflusst (Voigtländer 1961, Caputa und Schechtner 1970, Morrison 1980, Hennessy *et al.* 2004).

Die über alle N-Düngungsverfahren, Jahre und Standorte gemittelte N-Wirkung betrug 16,3 kg TS Mehrertrag pro kg gedüngtem Stickstoff. Das ist im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit sehr gut. Allgemein wird davon ausgegangen, dass sich die N-Düngung ab einer Wirkung von 10 kg TS/kg N lohnt. Demzufolge war die N-Wirkung auf der Ansaatwiese in Bremgarten mit 8,3 und 6,1 kg TS/kg N in den Jahren 2003 und 2004 ungenügend. Dies kann unter anderem auf den hohen Weissklee-Anteil zurückgeführt werden, der für die N-Versorgung der Weide zur Verfügung stand. Besonders abgefallen ist die frühjahrsbetonte N-Düngung. Gelohnt hat sich dagegen in denselben Jahren die N-Düngung auf der Dauerweide in Hessigkofen (Wirkungen 2003 und 2004: 14,5 und 13,3 kg TS/kg N). In den Jahren 2005 und 2006 liessen sich die mangelhaften Jahreserträge an den Standorten Bremgarten und Hessigkofen dank Stickstoffwirkungen von über 20 kg TS/kg signifikant verbessern. Gegenüber den ungedüngten Flächen stand 42 % mehr Futter zur Verfügung.

Die unterschiedlichen N-Verteilungsvarianten wirkten sich eben-

falls auf den Verlauf des Kleeanteils während der Weidesaison aus (Abb. 5). Unabhängig von der Stickstoffdüngung wurden die höchsten Kleeanteile jeweils im Juli festgestellt. Die höchsten Anteile bildeten sich in den N0-Parzellen, die aber einen um 21 % tieferen Jahresertrag aufwiesen. Der höchste und vorteilhafteste Kleeanteil der gedüngten Verfahren stellte sich bei sommerbetonter N-Düngung ein. Der Unterschied gegenüber «frühjahrsbetont» betrug in der Zeitperiode von Mai bis August etwa 10 %. Dies ist bemerkenswert, weil die Verzehrbarekeit des Weidefutters und damit das Milchproduktionspotential mit zunehmendem Weissklee-Anteil ansteigen.

Schlussfolgerungen

Dank der taktischen Düngung mit mineralischem Stickstoff kann das Futterwachstum besser an die Nutzungsansprüche der Weidetiere angepasst werden. Vor allem im Sommer und Herbst kann es auf vielen Betrieben interessant sein, den Weideertrag zu steigern, mit dem Ziel, auch in dieser Zeit auf die teure Stallfütterung zu verzichten. Unsere Versuche zeigen, dass es im Umfang von ca. 10 % des Jahresertrages möglich ist, allein durch die zeitliche Verteilung von mineralischem Stickstoff das Graswachstum in die gewünschte Richtung zu verschieben.

Die grossen Unterschiede von Jahr zu Jahr zeigen aber, dass die Witterung und vor allem die Niederschlagsverteilung begrenzend sind. Dies trifft in besonderem Masse in den Sommermonaten zu. Gegen den Spätsommer hin wird das Graswachstum wieder sicherer und kann durch eine späte N-Gabe anfangs September noch angekurbelt werden, um im Oktober und November mehr billiges Weidefutter nutzen zu können. Dank taktischer Stickstoffdüngung ist es möglich, vor allem im Herbst zusätzliche Weidetage zu gewinnen. Die unterschiedliche N-Verteilung während der Vegetationsperiode hatte in allen Versuchsjahren kaum einen Einfluss auf den Jahresertrag und auf die N-Verluste.

Interessant ist das Ergebnis, dass Stickstoff von Ammonsalpeterdünger, der aus klimatischen Gründen im Herbst nicht mehr zur Wirkung kam, während des Winters nicht verloren ging, sondern seine Ertragssteigerung im folgenden Frühjahr erzeugte. Das gleiche gilt für den Stickstoff, der in Trockenheitsperioden nicht wirken konnte. Er brachte den Mehrertrag erst im Nachsommer und Herbst, wenn wieder genügend Wasser für das Graswachstum zur Verfügung stand.

Es wird gefolgert, dass die sommerbetonte Stickstoffdüngung von Weiden für die Vollweide-Milchproduktion am interessantesten ist. Einerseits ist die Stickstoffwirkung sehr gut, andererseits bleibt der Kleeanteil im Weidefutter relativ hoch.

Literatur

■ Binnie R.C., Mayne C.S. & Laidlaw A.S., 2000. The effects of rate and timing of application of fertilizer nitrogen in late summer on herbage mass and chemical composition of perennial ryegrass swards over the winter period in Northern Ireland. *Grass and Forage Science* **56**, 46-56.

- Caputa J. & Schechtner G., 1970. Wachstumsrhythmus und Stickstoffwirkung auf natürlichen Beständen der Bergweiden. *Das wirtschaftseigene Futter* **16** (3), 165-182.
- Corral A.J. & Fenlon J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **91**, 61-67.
- Farrugia A., Decau M.L., Vertes F. & Dalaby L., 1997. En prairie, la balance azotée à l'échelle de la parcelle. *Fourrages* **151**, 281-296.
- Hennessy D., French P., O'Donovan M. & Laidlaw A.S., 2004. Manipulation of grass growth by altering nitrogen application. *Grassland Science in Europe*, Vol. **9**, 705-707.
- Morrison J., 1980. The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertilizer nitrogen. Proc. Int. Symp. Eur. Grassland Fed on the role of nitrogen in intensive grassland production, Wageningen 1980, 51-57.
- Simon J.C., Vertes F., Decau M.L. & Le Corre L., 1997. Les flux d'azote au pâturage. *Fourrages* **151**, 249-280.
- Stettler M., 2005. Taktische Stickstoffdüngung von Grünland. Schlussbericht des KTI-Forschungsprojektes, Schweiz. Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen, 99 S.
- Thomet P. & Brühlmann M., 1987. Einfluss unterschiedlicher Verteilung der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Pflanzenbestand von drei Naturwiesentypen. *Mitt. Schweiz. Landw.* **35** (4), 209-218.
- Thomet P. & Blättler T., 1998. Graswachstum als Grundlage für die Weideplanung. *Agrarforschung* **5**, 25-28.
- Thöni E., 1984. Staffellung der Futterkonservierung durch die N-Düngung. *Mitt. Schweiz. Landw.* **32** (3) 93-104.
- Vertes F., Simon J.C., Le Corre L. & Decau M.L., 1997. Les flux d'azote au pâturage. II- Etude des flux et de leurs effets sur le lessivage. *Fourrages* **151**, 263-280.
- Voigtländer G., 1961. Versuche mit variierter Verteilung der Stickstoffgaben auf Weiden der Schwäbischen Alb. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **113**, 263-279.
- Voigtländer G. & Mädler F., 1974. Verlängerung der Weideperiode durch rechtzeitige Nutzung und Stickstoffdüngung. *Das wirtschaftseigene Futter* **20** (2), 95-111.

RÉSUMÉ

Production des pâturages pilotée par la fumure azotée

Deux essais ont été conduits pendant quatre ans dans la région de Berne-Soleure sur une prairie temporaire et sur une prairie permanente. Il s'agissait d'expérimenter diverses modalités d'application des engrais azotés minéraux en vue de rendre plus régulière la production des pâturages durant l'année. A cet effet, une quantité annuelle totale de 150 kg N/ha de nitrate d'ammoniac a été distribuée selon quatre variantes : doses constantes (1), doses plus importantes au printemps (2), en été (3) et en automne (4). Au cours de trois années, la sécheresse estivale a provoqué un fort ralentissement de la croissance de l'herbe, résultant sur des rendements annuels en matière sèche relativement faibles (100 à 110 dt MS/ha/an). Dans ces circonstances, les différents procédés de fumure azotée expérimentés ont tout de même eu des effets variés sur la répartition de la production durant la saison. Il a notamment été possible de reporter environ 10 dt MS/ha du printemps à la fin de l'été. En revanche, la quantité annuelle d'herbe n'a pas été influencée par le mode de distribution de l'azote. En effet, les apports effectués lors de périodes peu propices, en été ou en automne, agissaient ultérieurement. En moyenne des deux lieux, des quatre années et des variantes testées, le nitrate d'ammoniac a provoqué un gain de 16,3 kg de matière sèche par kg de N, soit 27% du rendement annuel. Ainsi, une fumure azotée bien ciblée est efficace et permet de mieux répartir la production des pâturages en cours de saison. En particulier, lorsque la part du trèfle est inférieure à 25%, une fumure N axée sur la période estivale donne un meilleur équilibre entre les quantités d'herbe produites et celles consommées par le bétail, ce qui facilite la conduite du pâturage.

SUMMARY

Manipulating pasture grass growth by nitrogen fertilization

In two field trials on a sown and a permanent pasture the possibilities of influencing grass growth of pastures via the seasonal distribution of mineral nitrogen (N) fertilization was studied over four years in the region Bern-Solothurn. In the four treatments the annual fertilizer application of 150 kg N in the form of ammonium nitrate was distributed as follows: evenly distributed over the whole growing season or higher doses in spring, summer or autumn. Three of the four experimental years were characterized by pronounced dryness periods during summer which lead to a considerable decrease of dry matter growth and annual yields of only 10-11 t ha⁻¹. In spite of this, the seasonal distribution of grass growth could be substantially varied through the seasonal distribution of N fertilization. It was possible to shift approximately 10% of the total annual yield from spring to late summer and autumn. The seasonal distribution of the N fertilizer did not significantly influence the total annual yield. On average the N fertilization increased the total annual pasture yield by 27%, as compared to the unfertilized control treatment. On average over all experimental sites, years and treatments the N effect was 16.3 kg DM per kilo N. The results imply that a tactical distribution of N fertilization could help to harmonize pasture growth and feed requirements. Particularly on pastures with less than 25% clover the tactical distribution of N fertilization can help to simplify pasture management through a more even growth rate. This is especially true for the higher doses in summer.

Key words: Nitrogen application pattern, grass growth, herbage mass, extended grazing season