

Aus dem Lehrstuhl für Grünlandlehre der Technischen Universität München und der Landwirtschaftlichen Forschung Hanninghof der Ruhrstickstoff AG, Versuchsgruppe Süd

Wirkung von Ein- und Mehrnährstoffdüngern auf den Mineralstoffgehalt von Mähweidegras zweier Standorte

Von G. Voigtländer, V. Lang und F. Mädel

Zusammenfassung

1. Auf 2 Weidestandorten wurden Mehrnährstoffdünger und Einnährstoffdünger bei Nährstoffgleichheit in ihrer Wirkung auf die Gehalte an P, K, Ca, Mg, Cu und Mn miteinander verglichen. Mit 2 MND (15/15/15 und 15/9/5/5) wurden gleiche N-Mengen, aber geringere P_2O_5 - und K_2O -Gaben ausgebracht. Außerdem wurde die Verteilung der PK-Gaben (Frühjahr bzw. gleichzeitig mit der N-Düngung während der Vegetationszeit) und die Frage „Physiologisch saure bzw. alkalische N-Dünger“ mit in den Versuchsplan einbezogen.
2. Die Verteilung der PK-Gaben während der Vegetationszeit hatte auf die P-Gehalte keinen besonderen Einfluß, die K-Gehalte waren dagegen auf beiden Standorten im Vergleich zur einmaligen PK-Gabe im Frühjahr ausgeglichener.
3. Alle MND bewirkten im Vergleich zu den ED niedrigere Gehalte an K und Ca, dagegen höhere Gehalte an Mg.
4. Zwischen dem Gehalt an Na im Weidefutter und dem Anteil an Dt. Weidelgras ergaben sich eindeutige Zusammenhänge. Ein Anteil von 6—8% Dt. Weidelgras ergab 0,02—0,03% Na in Weidefutter; mit 62—63% Dt. Weidelgras in der Grasnarbe wurden 0,15—0,22% Na erreicht. Durch 53 kg $Na_2O/ha/Jahr$ stieg der Na-Gehalt bei 63% Dt. Weidelgras auf 0,4%.
5. Die Cu-Gehalte lagen in allen Düngungsvarianten im Mittel über der Bedarfsnorm von 10 ppm i. d. TS. Die Schwankungen um den Mittelwert waren allerdings beträchtlich. Der Cu-Gehalt von 0,1% im MND Weidevollkorn hat zu einer geringeren Gehaltssteigerung, vor allem aber zu wesentlich geringeren Gehaltsschwankungen geführt.
6. Die Mn-Gehalte wurden durch die physiologisch saure N-Düngung mit Ammonsulfat-salpeter beträchtlich erhöht. Die Standortsunterschiede konnten durch die Höhe der Sommerniederschläge erklärt werden.
7. Überblickt man alle Ergebnisse, dann kann auf Mineralfutter bei geringer Futteraufnahme schon bei Milchleistungen über 10 kg pro Tag nicht verzichtet werden. Das gilt besonders für Na und Ca.

Eingang des Manuskripts: 13. 4. 78

Einleitung

In einer früheren Arbeit (LANG u. a., 1977) haben wir über die Trockenmasseerträge dieser Versuche berichtet. Auch die Standorts- und Versuchsbedingungen für beide Weidelgras-Weißkleeweidens wurden ausführlich beschrieben. Die Versuche wurden von 1969 bis 1973 in Dorfacker, 5 km west-

lich von Freising, und von 1970 bis 1973 auf dem Spitalhof am östlichen Stadtrand von Kempten/Allgäu durchgeführt. Den Düngungsplan enthält Tab. 1. Im folgenden sollen die Ergebnisse der Qualitätsuntersuchungen dargestellt und diskutiert werden. Untersucht wurden die Gehalte an Mengenelementen und den Spurenelementen Kupfer und Mangan in 9 Düngungsvarianten. Die

Tabelle 1: *Düngungsplan für beide Versuche*

Var.	Reinnährstoffe kg/ha und Jahr					Düngerarten
	N	P ₂ O ₅ ¹⁾	K ₂ O ²⁾	MgO	Na ₂ O	
Einnährstoffdünger (ED)						
						N-Form
1	—	200 F	323 F ³⁾			—
2	—	200 V	323 V ⁴⁾			—
3	200	200 F	323 F			Kalkammonsalpeter
4	200	200 F	323 F			Ammonsulfatsalpeter
5	200	200 V	323 V			Kalkammonsalpeter
Mehrnährstoffdünger (MND) ⁴⁾						
						Nährstoffgehalte
6	200	200	323			13 / 13 / 21
7	200	200	323	33		12 / 12 / 17 / 2 ⁵⁾
8	200	200	200			15 / 15 / 15
9	200	200	67	67	53	15 / 9 / 5 / 5 / 4 + 0,1% Cu ⁶⁾

¹⁾ Superphosphat.

²⁾ Kalisalz 50%.

³⁾ Eine Düngergabe im Frühjahr.

⁴⁾ Düngung in 5 Gaben während der Vegetationszeit.

⁵⁾ Kalimagnesia zum Aufstocken.

⁶⁾ Weidevollkorn (WVK).

Stärkeeinheiten und die in-vitro-Verdaulichkeit wurden nur in 3 Varianten (1, 5 und 9) bestimmt; sie sollen abschließend in einer besonderen Arbeit veröffentlicht werden.

Ergebnisse

Mengenelemente

P-Gehalte

Die P-Gehalte liegen in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz (5 Schnitte/Jahr) und der guten P-Versorgung aus der Düngung überdurchschnittlich hoch. Die 0,4% P in der TS werden im Durchschnitt der Versuchsjahre auch in Dorfacker nie unterschritten. Hier bewegen sie sich zwischen 0,4 und 0,45% ± 0,05—0,07. Trotz etwas besserer P₂O₅-Versorgung des Bodens sind die hohen P-Werte im Futter des Spitalhofs wohl hauptsächlich damit zu erklären, daß die Aufwüchse stets etwas jünger geerntet wurden als in Dorfacker. Die P-Werte liegen ziemlich einheitlich in allen Varianten um 0,56—0,57% ± 0,05—0,06 (s. Abb. 1).

Ein Zusammenhang zwischen TS-Er-

trag, P-Gehalt und P-Entzug tritt nur in Dorfacker in Erscheinung, wo auf den PK-Varianten (1 und 2) höhere Gehalte mit geringeren TS-Erträgen im Vergleich zu den übrigen Varianten gekoppelt sind. Daraus resultiert ein vergleichsweise geringerer Entzug.

In Abb. 2 sind die P-Gehalte im Mittel der Versuchsjahre, getrennt nach Standorten, Varianten und Schnitten zusammengefaßt. Auf beiden Standorten zeigt sich eine deutliche, aber unterschiedliche jahreszeitliche Abhängigkeit der P-Gehalte, die durch die verschiedenen Düngungsvarianten kaum beeinflußt wurde. So hat auch die Verteilung der PK-Düngung gegenüber einmaliger PK-Gabe im Frühjahr keinen besonderen Vorteil gebracht. Der verschiedenartige Verlauf der P-Gehaltskurven in beiden Versuchen kann eigentlich nur mit der Wasserversorgung aus den Niederschlägen zusammenhängen. In Dorfacker liegen die Niederschläge von April bis September im langjährigen Mittel um 520 mm, auf dem Spitalhof um 800 mm. In den Versuchsjahren waren die Sommer 1969, 1972 und 1973 ausgesprochen trocken,

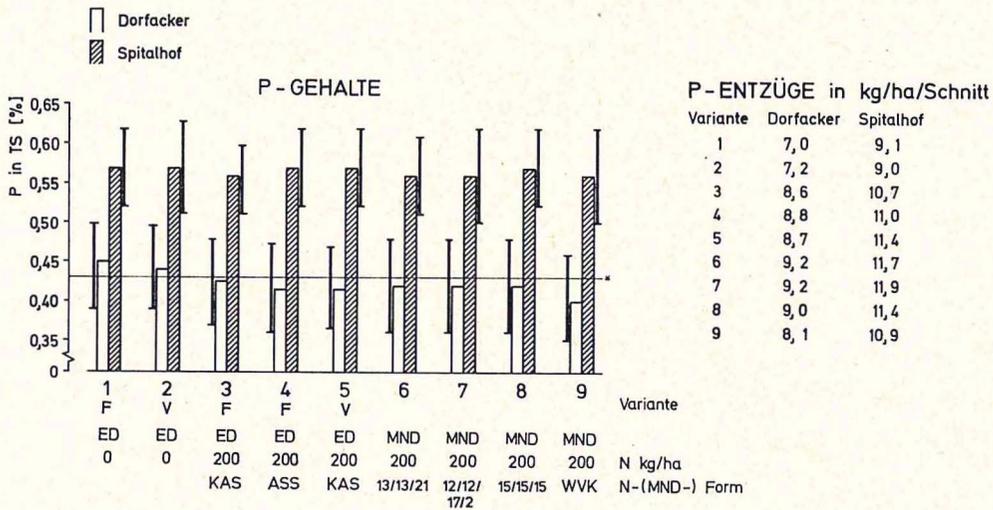


Abb. 1: Die P-Gehalte in der Futter-Trockensubstanz und die P-Entzüge im Durchschnitt aller Schnitte und Versuchsjahre, getrennt nach Varianten und Standorten. Die waagrechte Linie (*) in den Abbildungen kennzeichnet jeweils den Bedarf einer 550 kg schweren Milchkuh mit einer täglichen Leistung von 20 kg Milch bei einer Futteraufnahme von 12 kg TS.

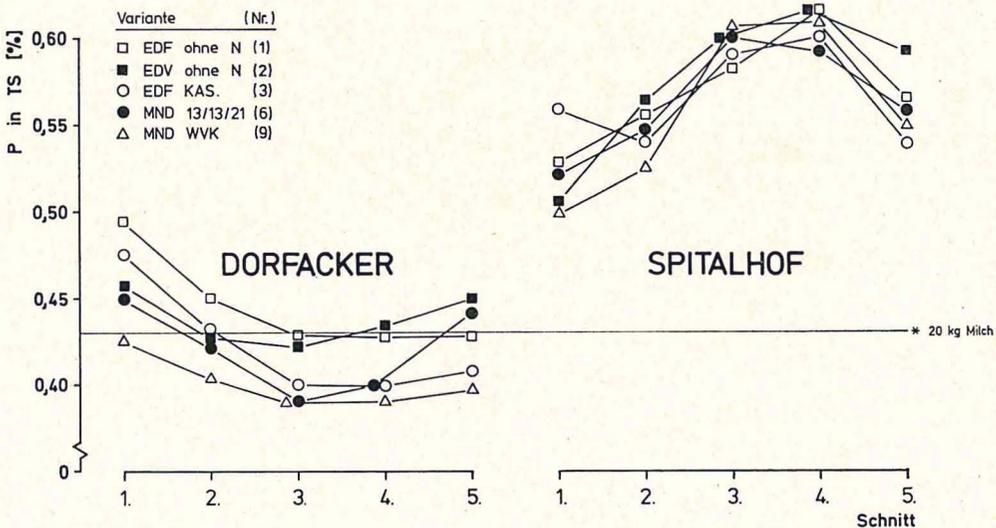


Abb. 2: Die P-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre, getrennt nach Standorten, Varianten und Schnitten.

was sich besonders in Dorfacker nachteilig auswirkte (vgl. Tab. 2); der Sommer 1970 brachte dagegen überdurchschnittliche Niederschläge. Vielleicht ist es damit zu erklären, daß die P-Gehalte in Dorfacker 1970 deutlich über dem sonst sehr gleichmäßigen P-Gehaltsniveau lagen.

Tabelle 2: Niederschläge von April bis September in mm in Dorfacker und auf dem Spitalhof

	1969	1970	1971	1972	1973	φ
Dorfacker	481	622	533	327	430	479
Spitalhof	747	956	574	621	535	687

K-Gehalte

Die K-Gehalte in der TS zeigen besonders in den Varianten 8 und 9 große Unterschiede zwischen beiden Standor-

ten, weil hier nur 200 bzw. 67 kg K_2O /ha gegeben wurden gegenüber 323 kg K_2O /ha in den anderen Varianten. Daß die K-Werte der TS in Dorfacker in den Varianten 8 und 9 wesentlich höher la-

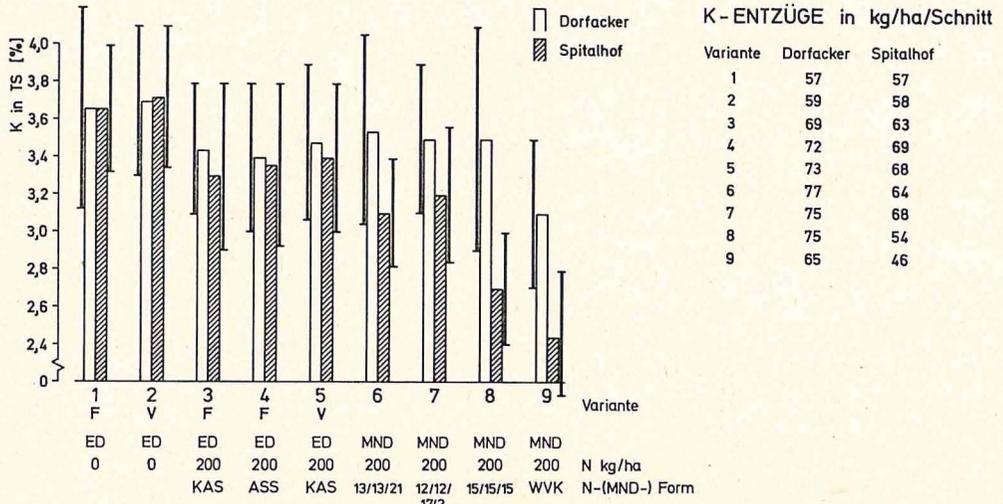


Abb. 3: Die K-Gehalte in der Futter-Trockensubstanz und die K-Entzüge im Durchschnitt aller Schnitte und Versuchsjahre, getrennt nach Varianten und Standorten.

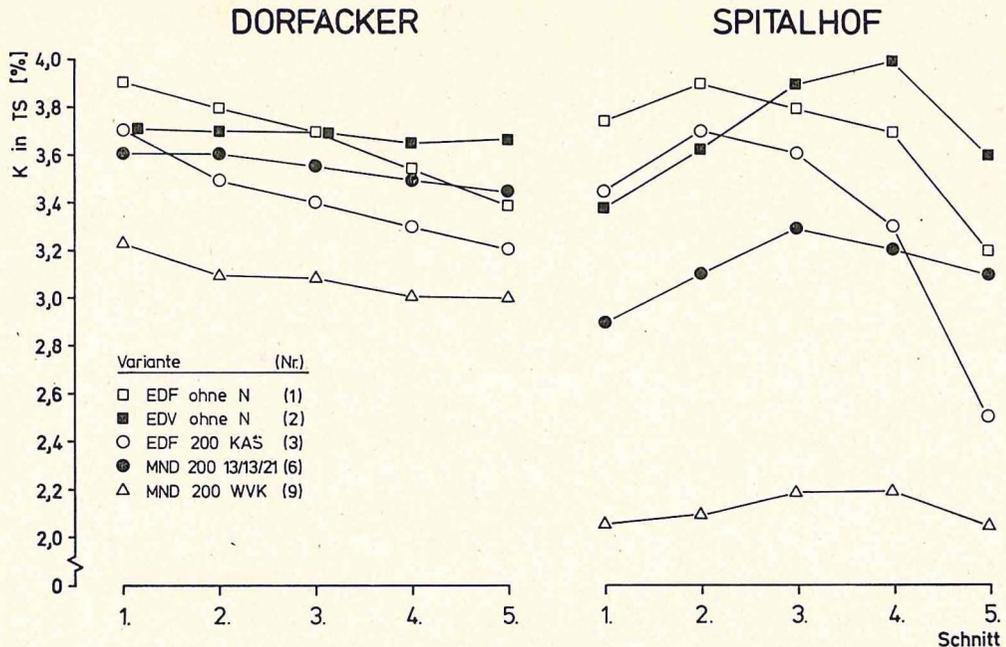


Abb. 4: Die K-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre, getrennt nach Standorten, Varianten und Schnitten.

gen als auf dem Spitalhof, kann nur auf die wesentlich höheren Bodenwerte in Dorfacker zurückgeführt werden, deren Einfluß auf den übrigen Varianten durch die hohe K-Düngung (323 kg/ha) ± überdeckt wurde (Abb. 3).

Die K-Gehalte in den einzelnen Schnitten (Abb. 4) zeigen die erwarteten Tendenzen: Vom Frühjahr zum Herbst deutlich fallende Gehalte nach Grunddüngung im Frühjahr, ausgeglichene Gehalte bei verteilter PK-Düngung.

Die K-Gehalte in den einzelnen Versuchsjahren zeigen wieder — wie die P-Gehalte — in allen Varianten über dem sonstigen Durchschnitt liegende Werte im feuchten Sommer 1970 in Dorfacker (Abb. 5). Die unterschiedliche Wirkung von Weidevollkorn auf die K-Gehalte in Dorfacker bzw. auf dem Spitalhof hängt wiederum eng mit den K-Gehalten des Bodens zusammen. Die K-Gehalte in der TS liegen in Dorfacker in Variante 9 in bezug auf die Verfügbarkeit anderer Mengenelemente relativ günstig. Auch der Ertrag wird bei diesen Gehalten noch nicht durch K-Mangel beeinträchtigt. Weidevollkorn wäre demnach für diesen Standort der gegebene Dünger. Dagegen fielen die K-Gehalte in Variante 9 auf

dem Spitalhof bei niedrigen K₂O-Gehalten im Boden schon im 3. Versuchsjahr auf 2% in der TS ab. Das bedeutet nach KNAUER (1963 und 1966), daß der Bestand in bezug auf die Ertragsbildung gerade noch ausreichend versorgt ist. M. a. W.: etwa nach 3 Jahren müßte VVK auf dem Spitalhof in gewissen Abständen durch eine zusätzliche K-Düngung ergänzt werden.

Die Mg-Gehalte

zeigen eine deutliche Abhängigkeit von den K-Gehalten in Boden und Pflanze. Höhere K-Werte in Dorfacker sind mit geringeren Mg-Gehalten gekoppelt, auf dem Spitalhof ist es umgekehrt. Das wird besonders deutlich im Futter der MND-Varianten 6—9 (Abb. 6).

Abb. 7 zeigt den üblichen Anstieg der Mg-Gehalte mit dem Fortschreiten der Vegetationszeit. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind gering mit Ausnahme der bereits erwähnten Überlegenheit der MND. Auch im Frühjahr reichen die Gehalte für Erhaltung + 15 kg Milch bei normaler Futteraufnahme aus, in den MND-Varianten auch für 20 kg.

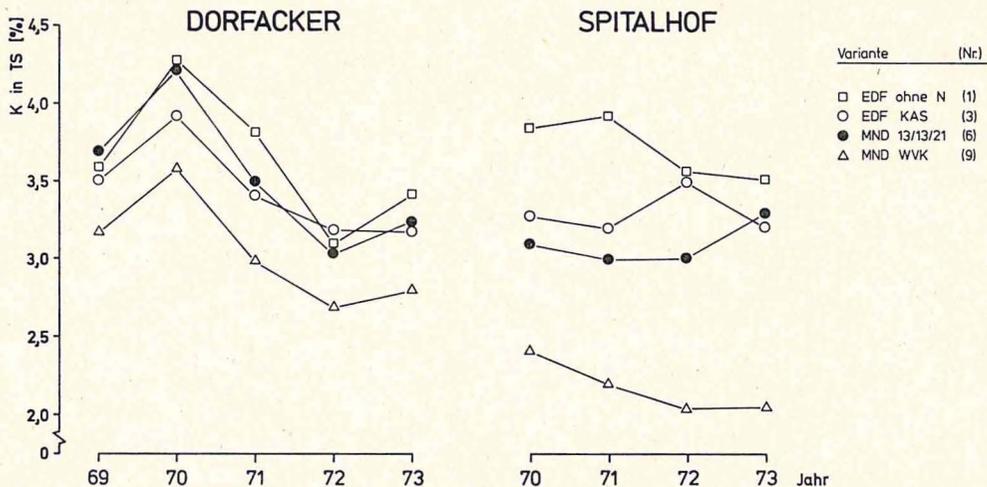


Abb. 5: Die K-Gehalte im Mittel aller Schnitte, getrennt nach Standorten, Varianten und Versuchsjahren.

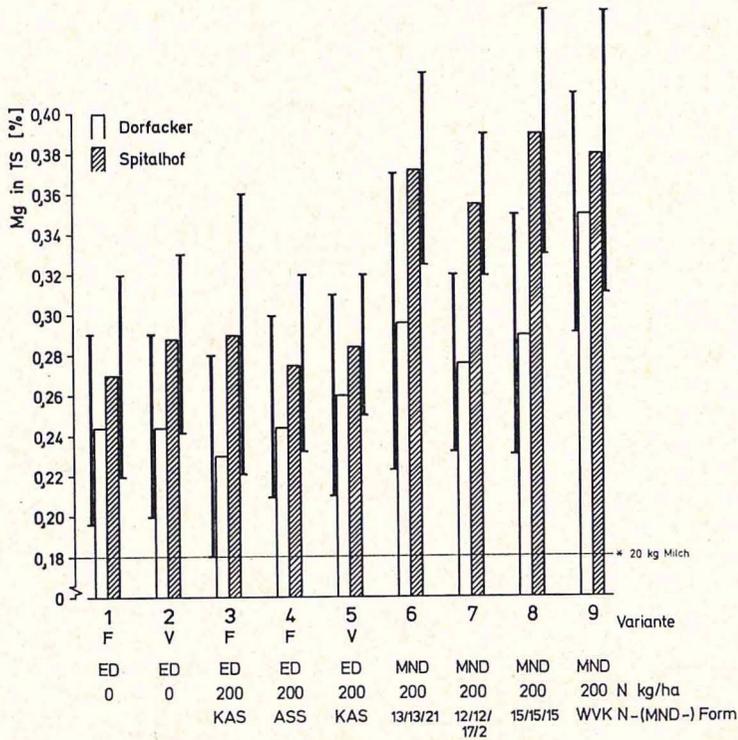


Abb. 6: Die Mg-Gehalte im Mittel aller Schnitte und Versuchsjahre, getrennt nach Standorten und Varianten.

DORFACKER

SPITALHOF

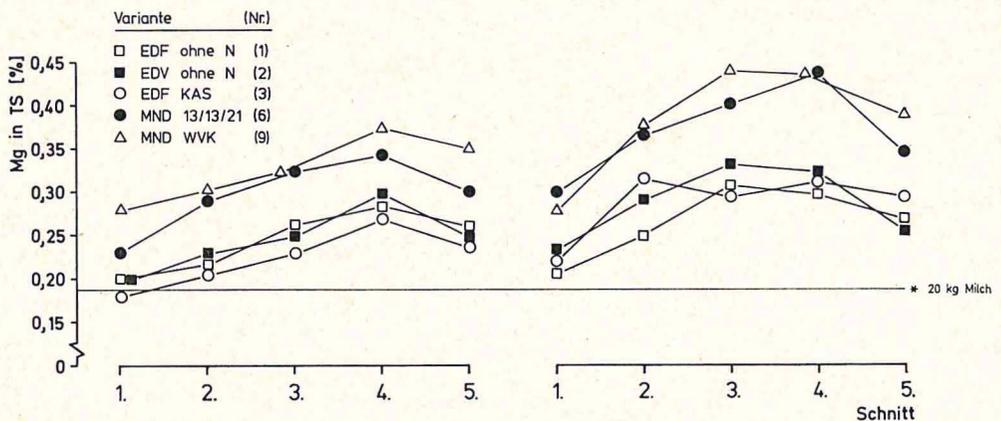


Abb. 7: Die Mg-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre, getrennt nach Standorten, Varianten und Schnitten.

Von Jahr zu Jahr schwankten die Mg-Gehalte in beiden Versuchen erheblich; sie lagen jedoch auch in den Jahren mit niedrigen Werten meist deutlich über

der Bedarfsnorm, besonders auf dem Spitalhof. Ebenso bleibt die Überlegenheit der MND-Varianten im Mg-Gehalt in allen Jahren bestehen.

Na-Gehalte

Hier zeigen sich am deutlichsten die Zusammenhänge zwischen dem Weidelgrasanteil und den Na-Gehalten (Abb. 8). In Dorfacker liegen die Weidelgrasanteile zwischen 6 und 8%, auf dem Spitalhof zwischen 29% (PK-Düngung) und 62–63% (alle übrigen Varianten). Der geringere Weidelgrasanteil auf den PK-Parzellen des Spitalhofs schlägt sich ebenfalls eindeutig in niedrigeren Na-Gehalten nieder. Besonders interessant ist die Reaktion des Na-Gehaltes auf die Düngung mit Weidevollkorn: In Dorfacker erfolgte bei wenig Weidelgras zwar eine Steigerung von 0,022 auf 0,05%, auf dem Spitalhof aber bei 63% Weidelgras von etwa 0,17% auf 0,4% Na durch nur 53 kg Na₂O/ha/Jahr. Dieser Wert liegt weit über der Bedarfs-

norm von 0,15–0,2% Na i. TS für Erhaltung + 10–15 kg Milch.

In Abb. 9 ist die Abhängigkeit der Na-Gehalte von der Jahreszeit nur für den Spitalhof dargestellt. Hier zeigt sich ein ± deutlicher Anstieg von Schnitt zu Schnitt. Dabei tritt der Abstand zwischen der Gehaltskurve der Variante 9 und allen übrigen besonders auffallend hervor. Die Na-Gehalte in Dorfacker sind auch mit Na-Düngung so gering, daß sich eine differenzierte Darstellung nicht lohnt.

Die Wirkung der einzelnen Düngungsvarianten auf die Na-Gehalte wurde durch den Jahreseinfluß wenig modifiziert.

Ca-Gehalte

Die höheren Gehalte der Varianten 1 und 2 (PK) lassen sich in beiden Ver-

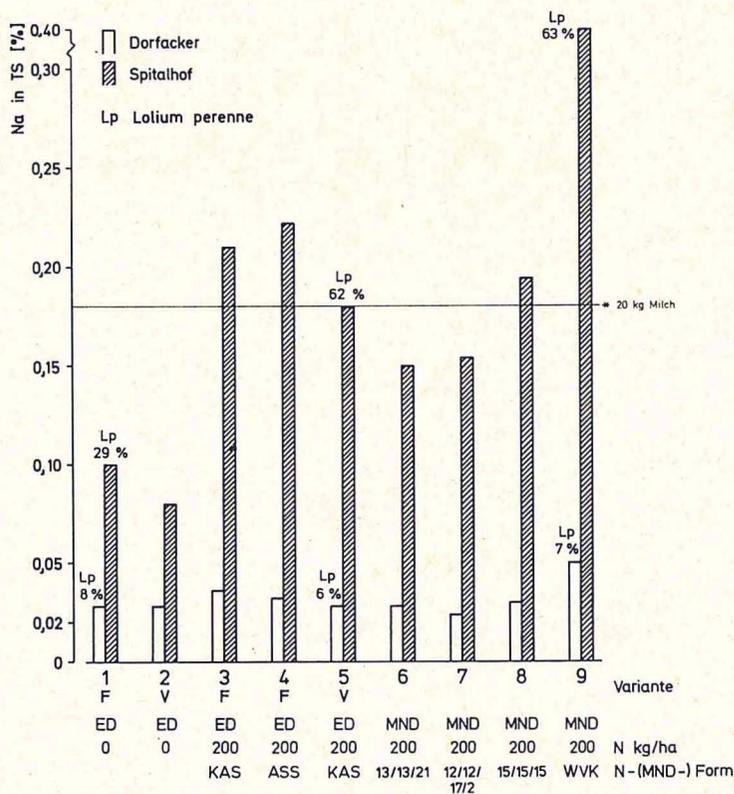


Abb. 8: Die Na-Gehalte im Mittel aller Schnitte und Versuchsjahre, getrennt nach Standorten und Varianten.

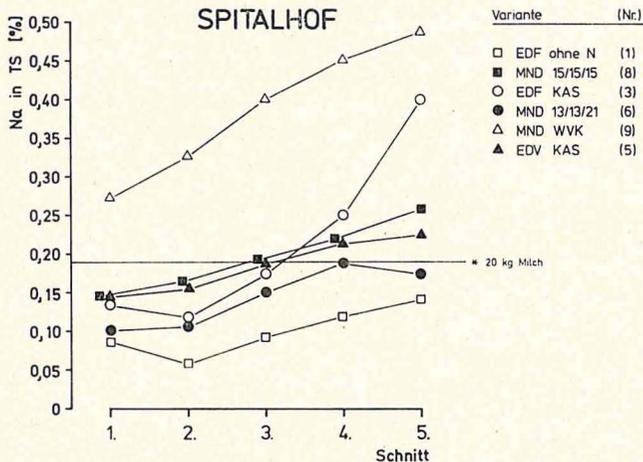


Abb. 9:
Die Na-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre, getrennt nach Varianten und Schnitten (nur Spitalhof).

suchen mit dem höheren Klee- und Kräuteranteil im Vergleich zu den übrigen Varianten erklären (Abb. 10).

Dagegen sind die Unterschiede zwischen den Varianten 3—5 einerseits und 6—8 andererseits durch Unterschiede in der Bestandszusammensetzung kaum zu begründen. Hier könnte aber der von FINCK (1975) und MENGEL (1968) mehrfach erwähnte Antagonismus zwischen Ca und Mg eine Rolle spielen. Wir wissen zwar nicht, warum die K- und

Ca-Werte auf den Varianten 6—8 so niedrig liegen; auf jeden Fall stehen sie in deutlichem Gegensatz zu den auffallend hohen Mg-Gehalten dieser Varianten.

Der jahreszeitliche Verlauf der Gehaltskurven zeigt den bekannten Anstieg bis zum 3. Schnitt. Die Herbstwerte fallen zwar leicht ab, liegen aber meistens noch über den Frühjahrswerten. Die durchweg geringen Ca-Gehalte von MND 13/13/21 (Variante 6) heben sich hier besonders stark ab.

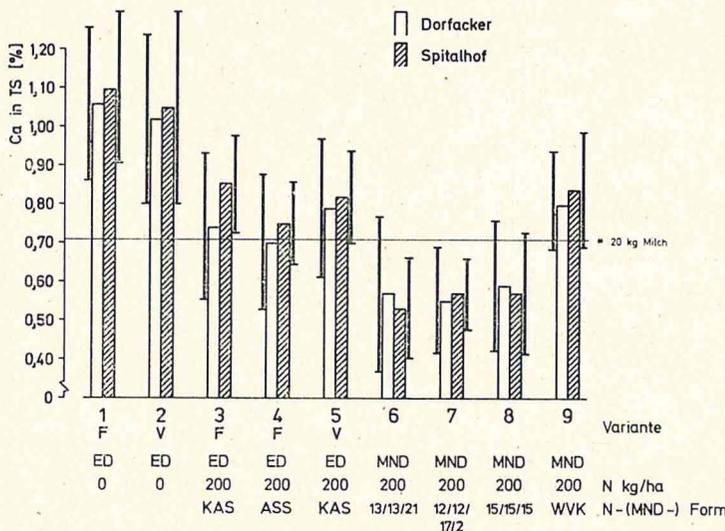


Abb. 10:
Die Ca-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre und Schnitte, getrennt nach Standorten und Varianten.

Cu-Gehalte

Die Cu-Gehalte liegen im Mittel immer über den Bedarfswerten für die Milchkuh von 10 ppm Cu i. TS (Abb. 11). Die Schwankungen um die Mittelwerte sind allerdings erheblich, besonders auf der PK-Variante 1. Die Standortsunterschiede zugunsten des Spitalhofs dürften durch die höheren Nieder-

schläge während der Vegetationszeit und durch das jüngere Futter bedingt sein. Es ist bekannt, daß Cu bei guter Wasserversorgung besser aufgenommen wird. Der geringe Cu-Gehalt von 0,1% im MND-WVK (Var. 9) hat zu einer leichten Gehaltssteigerung, vor allem aber zu wesentlich geringeren Gehaltsschwankungen geführt. Die Aufzeichnung der Cu-Gehalte, ge-

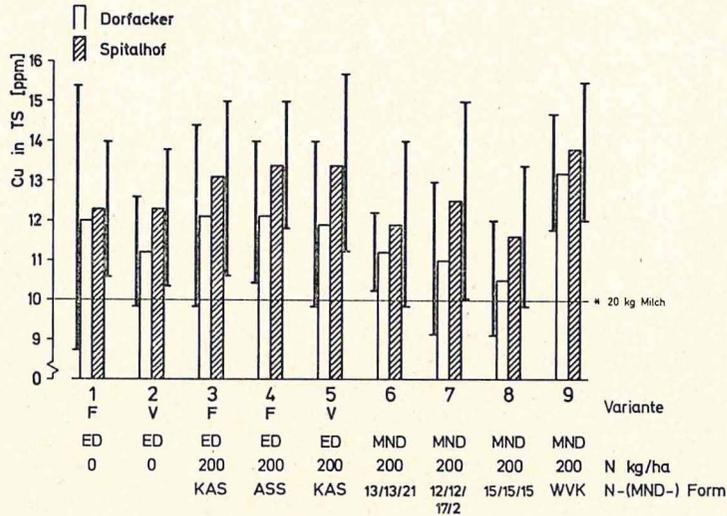


Abb. 11: Die Cu-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre und Schnitte, getrennt nach Standorten und Varianten.

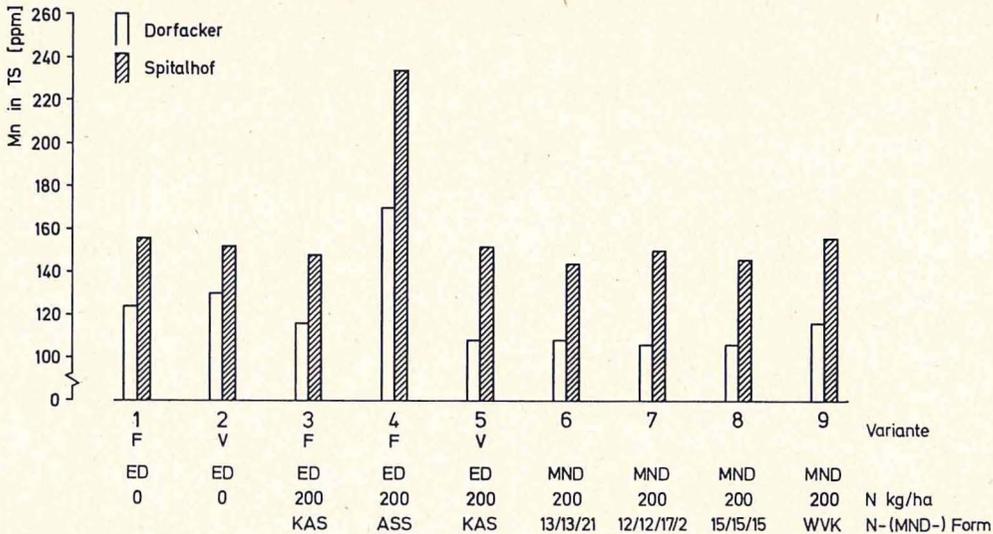


Abb. 12: Die Mn-Gehalte im Mittel aller Versuchsjahre und Schnitte, getrennt nach Standorten und Varianten. — Bei einer Futteraufnahme von 12 kg TS/Tag ist der Mn-Bedarf einer 550 kg schweren Kuh mit einem Gehalt von 50 ppm i. TS gedeckt.

trennt nach Standorten, Schnitten und Varianten, ergab keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Schnitten, so daß auf die Wiedergabe verzichtet wird.

Die Aufschlüsselung der Gehalte nach Versuchsjahren verdeutlichte den positiven Einfluß hoher Sommerniederschläge auf die Cu-Gehalte erneut (1970).

Mn-Gehalte

Abb. 12 mit den Mittelwerten der Mn-Gehalte in den einzelnen Varianten zeigt die höheren Gehalte auf dem Spitalhof, weil hier während der Vegetation häufiger als in Dorfacker infolge der hohen Niederschläge reduzierende Verhältnisse im Boden vorherrschen dürften. Diese fördern bekanntlich die Mn-Aufnahme. Dieser Zusammenhang kommt auch in dem hohen Loliumanteil zum Ausdruck, der auf einen dichtgelagerten bzw. verdichteten Boden hindeutet.

Die Jahresunterschiede in der Höhe der Niederschläge haben allerdings keinen Einfluß auf die Mn-Gehalte. Der Anstieg auf Variante 1 (EDF) im relativ trockenen Jahr 1973 im Vergleich zu den übrigen Varianten auf beiden Standorten hat sicher eine gemeinsame Ursache, die aber nicht bekannt ist. Ebenso wenig kann der stete Anstieg der Mn-Gehalte auf beiden Standorten von Jahr zu Jahr erklärt werden.

Auffallend, aber auch begründet sind die gesteigerten Werte in Variante 4 auf beiden Standorten. Die physiologisch saure Düngung mit Ammonsulfat-salpeter dürfte die alleinige Ursache dafür sein.

Dementsprechend verläuft die Kurve für Variante 4 (EDF ASS) in allen Jahren in Dorfacker und auf dem Spitalhof mit großem Abstand über denen der anderen Varianten.

Diskussion

Die Verteilung der NPK-Düngung in Form von MND und ED auf die einzel-

nen Schnitte bewirkte im Vergleich zur PK-Düngung im Frühjahr (N auf die Schnitte verteilt) nur in den K-Gehalten des Futters geringere jahreszeitliche Schwankungen. Die P-Gehalte zeigten dagegen nur eine geringe Abhängigkeit von der Verteilung der PK-Düngung. Diese Ergebnisse decken sich mit denen, die wir in anderen Versuchen erzielt haben (VOIGTLÄNDER und MÄDEL, 1970).

Futterproduzenten und Futtermittelhersteller diskutieren immer wieder die Frage, ob die Versorgung der Tiere mit Mengen- und Spurenelementen über das Grundfutter oder durch Mineralfuttermittel sichergestellt werden soll.

Meistens wird der Standpunkt vertreten, daß eine Anreicherung durch Düngung über deren ertragssteigernde Wirkung hinaus nicht angestrebt werden sollte. Außerdem ist es nicht sinnvoll, höhere Gehalte anzustreben, als für Erhaltung + 15–20 kg Milch erforderlich sind, weil der Energiegehalt auch von bestem Grundfutter keine höheren Leistungen zuläßt. Für Leistungen über 20 kg Milch muß der Mineralstoffbedarf durch Mineralfuttermittel gedeckt werden.

Tab. 3 enthält die Bedarfsnormen nach BECKER (1971) für Erhaltung + 20 kg Milch pro Tag bei verschiedener Futteraufnahme.

Tabelle 3: Richtwerte zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen (nach BECKER, 1971)

Futteraufnahme kg TS/Kuh/Tag	Mineralstoffbedarf pro Kuh (550 kg + 20 kg Milch) in % der TS			
	Ca	P	Na	Mg
10	0,85	0,52	0,22	0,22
12	0,71	0,43	0,18	0,18
14	0,61	0,37	0,16	0,16

Vergleicht man diese Richtgehalte mit den erzielten Ergebnissen, dann läßt sich feststellen, daß die P-Gehalte auf dem Spitalhof meistens schon bei einer Futteraufnahme von 10 kg TS ausreichend waren. In Dorfacker war dazu

eine Futteraufnahme von mindestens 12 kg TS — bisweilen sogar noch mehr — erforderlich.

Der Ca-Bedarf war nur auf den klee- und kräuterreichen PK-Parzellen bei einer Aufnahme von 10 kg TS voll gedeckt. Auf den Varianten 3, 4, 5 und 9 mußten zur ausreichenden Versorgung 12—14 kg TS aufgenommen werden. Auf den MND-Varianten 6, 7 und 8 war die Deckung des Bedarfs auch bei hoher Futteraufnahme unsicher.

Die Mg-Normen wurden auf dem Spitalhof sogar im Frühjahr mit 10 kg TS mit großer Sicherheit erreicht, in Dorfacker erst mit 12—14 kg TS. Während der übrigen Vegetationszeit gab es keine Engpässe. Auf den MND-Varianten 6—9 war die Versorgung stets sichergestellt. Die Na-Gehalte in Dorfacker erreichten auch mit Na-Düngung (Var. 9) nie und nicht annähernd die Bedarfsnorm. Sie waren ganz einseitig abhängig vom Weidelgrasanteil und von der Na-Düngung. 29% Deutsches Weidelgras auf den PK-Parzellen des Spitalhofs ergaben noch unbefriedigende Werte. Auf den übrigen Varianten mit über 60% Deutschem Weidelgras waren sie im Mittel nur bei einer Aufnahme von 12—14 kg TS ausreichend. Die großen jahreszeitlichen Schwankungen lassen aber eine sichere Bedarfsdeckung nicht zu. Die Variante 9 gewährleistete dagegen mit nur 53 kg Na₂O/ha und Jahr auch unter Berücksichtigung der Schwankungen eine stets gesicherte Versorgung.

Die Cu-Gehalte lagen auf dem Spitalhof immer über der Bedarfsnorm von 5—10 ppm in der TS. In Dorfacker wurden 10 ppm bisweilen unterschritten. Der geringe Cu-Gehalt von MND-WVK genügte aber auf beiden Standorten zu einer Anhebung auf 13—14 ppm bei wesentlich verringerten Schwankungen. Der geforderte Mn-Gehalt von 40—50 ppm in der TS wurde auf beiden Standorten in allen Varianten auch unter Be-

rücksichtigung der Streuung immer übertroffen.

Überblickt man alle Ergebnisse, dann kann auf Mineralfutter bei geringer Futteraufnahme nicht verzichtet werden. Das gilt besonders für Na und Ca. Da die Höhe der täglichen Futteraufnahme großen Schwankungen unterliegend und vom Praktiker ohne entsprechende Ermittlungen nicht beurteilt werden kann, sind ab 10 kg Milch zum Weidegras 100—150 g Mineralfutter mit etwa 11% Ca, 8% P, 9% Na und 2% Mg zu empfehlen (Hierzu siehe auch PALLAUF, 1976).

Literaturverzeichnis

- Becker, M., 1971: Mineralstoffbedarfsnormen für Rinder. Landw. Forschung 24, 225—237.
- Fink, A., 1975: Pflanzenernährung in Stichworten. 2. Aufl. Verlag Ferdinand Hirth, Kiel.
- Knauer, N., 1963: Über die Brauchbarkeit der Pflanzenanalyse als Maßstab für die Nährstoffversorgung und das Düngedürfnis von Grünland. Schriftenreihe der Landw. Fak. der Universität Kiel, Heft 33.
- , 1966: The use of plant analysis for determining the P and K needs of grasslands. Proc. X. Internat. Grassland Congress, 171—174.
- Lang, V., Voigtländer, G. und Mädels, F., 1977: Wirkung von Ein- und Mehrnährstoffdüngern auf den Trockenmasseertrag von zwei Weidelgras-Weißkleeweiden. Bayer. Landw. Jb. 54, 188—197.
- Mengel, K., 1968: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 3. Aufl. Verlag Gustav Fischer, Stuttgart.
- Pallauf, J., 1976: Zum Mineralstoffgehalt wirtschaftseigener Futtermittel. In: Zum Phosphor- und Mineralstoffbedarf der Wiederkäuer. Bericht über die Vortrags- und Diskussionsveranstaltung der Fachvereinigung Futterphosphate in Göttingen.
- Voigtländer, G. und Mädels, F., 1970: Wirkungen von Ein- und Mehrnährstoffdüngern (NPK) auf Ertrag und Qualität von Mähweidefutter. Landwirtsch. Forsch. 23, 333—344.

Herrn Direktor M. Gehring danken wir für die Betreuung des Versuchs auf dem Spitalhof und Herrn Th. Endress für die technische Durchführung.