

177

SONDERDRUCK

aus

LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG

Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-
und Forschungsanstalten

Mitherausgegeben von: H. Kick, Bonn; M. Kirchgeßner, München-Weihenstephan;
H.-J. Oslage, Braunschweig-Völkenrode; U. Ruge, Hamburg; F. Scheffer t, Göttingen;
E. Schlichting, Stuttgart-Hohenheim; O. Siegel, Speyer

SONDERHEFT 35

KONGRESSBAND 1978

Vorträge
gehalten auf dem 90. VDLUFA-Kongreß
in Augsburg
18. - 22. September 1978

Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung



J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

Düngen wir richtig im Blick auf die Qualität von Futterpflanzen?

Von G. VOIGTLÄNDER *) und J. B. RIEDER **)

Der Rauhfutterproduzent ist gezwungen, seine Qualitätsvorstellungen an den Ansprüchen seiner Nutztiere zu orientieren, wenn er erfolgreich sein will. Hauptqualitätsmerkmale sind Energie- und Proteingehalt, Verdaulichkeit und Futterstruktur. Diese Merkmale werden durch den Nutzungszeitpunkt bzw. die Nutzungshäufigkeit stärker geprägt als durch die Düngung, die nur in Kombination mit der Nutzung zur Wirkung kommt.

Die Zusammenhänge werden in Abbildung 1 verdeutlicht. Die Verdaulichkeit wird wesentlich bestimmt vom Verhältnis zwischen Zellwandbestandteilen und Zellinhaltsstoffen, mit gewissen Einschränkungen auch vom Verhältnis zwischen Struktur- und Nichtstrukturkohlenhydraten. Die Wirkung erhöhter N-Gaben auf verschiedene Inhaltsstoffe geht aus Tabelle 1 hervor.

Witterung

Bewirtschaftung

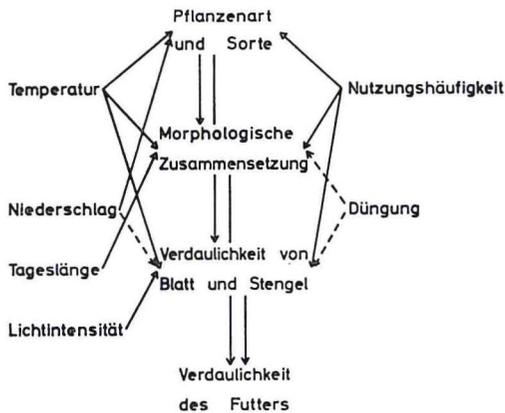


Abb. 1
Einflüsse auf die Verdaulichkeit von Grünfutter
(DEINUM und DIRVEN, 1974)

Tab. 1

Wirkung einer Erhöhung der N-Gabe auf die Grasqualität;
nach verschiedenen Literaturangaben
(SCHUKKING, 1968)

Gehalte	Bei gleichem Mähzeitpunkt	Bei gleichem Ertrag
Trockenmasse	— bis ±	—
Eiweiß	± bis +	+
Zucker	— bis ±	—
Asche	± bis +	+
Rohfaser	± bis +	—
Blatt-Stengelverhältnis	±	+

— = Erniedrigung ± = ungefähr gleich + = Erhöhung

*) Prof. Dr. G. VOIGTLÄNDER, Lehrstuhl für Grünlandlehre der TU München, D-8050 Freising-Weihenstephan.

***) ORR Dr. J. B. RIEDER, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Vöttinger Straße 38, D-8050 Freising

Der Nutzungszeitpunkt kann die Wirkungsrichtung verlagern und sogar umkehren, wie am Beispiel der Rohfaser erkennbar ist. Insgesamt beeinflusst der Nutzungszeitpunkt die Qualität mehrschnittiger Futterpflanzen wesentlich stärker als die Düngung. Das Thema müßte demnach eigentlich lauten: Düngen und nutzen wir richtig?

Aber hier liegt nicht die einzige Schwierigkeit bei der Beantwortung der im Thema gestellten Frage. Einen ebenfalls sehr gravierenden Faktor für die Futterqualität stellen die Verluste dar. Hierzu siehe Abbildung 2 (nach RIEDER). Je nach Konservierungsverfahren können aus dem Grundfutter 3 oder 17 l Milch pro Tag erzeugt werden. Theoretisch kann es sich dabei um das gleiche Ausgangsmaterial handeln: Frischgras direkt oder als Bodenheu und Grassilage verfüttert. Je schlechter die Grundfutterqualität, desto mehr Kraftfutter muß die 6000 l Kuh in der ersten Hälfte der Laktation erhalten, umso mehr Grundfutter wird aber auch aus der Ration verdrängt; daher die geringere Grundfutterleistung in den ersten Monaten der Laktation, besonders aus den qualitativ schlechteren Grundfutterarten.

Sekundäre Qualitätsmerkmale von Rauhfutter sind Mengen- und Spurenelemente und sonstige Wirkstoffe. Auch sie sind in ihrem Gehalt z. T. vom Nutzungszeitpunkt abhängig, können aber im Gegensatz zur Kohlenhydratfraktion z. T. auch direkt durch Düngung angehoben werden. Das trifft für verschiedene Mengen- und Spurenelemente zu.

Die essentiellen Elemente müssen und können dem Tier nicht bis zur vollen Bedarfsdeckung mit dem Grundfutter zugeführt werden. Sie reichen auch in bestem Grundfutter bei normaler Futteraufnahme höchstens und nicht bei allen Elementen für mittlere Leistungen, z. B. für etwa 15 kg Milch pro Kuh und Tag aus. Der je nach Grundfutterart und Rationsgestaltung unterschiedliche Mehrbedarf muß ohnehin durch direkte Beifütterung einer Mineralstoffmischung gedeckt werden. Daher wird heute von den meisten Fachleuten der Standpunkt vertreten, daß der Mineralstoffbedarf der Pflanze für die Höhe der Düngergaben entscheidend sein soll und nicht der des Tieres. M. a. W.: Dünger-

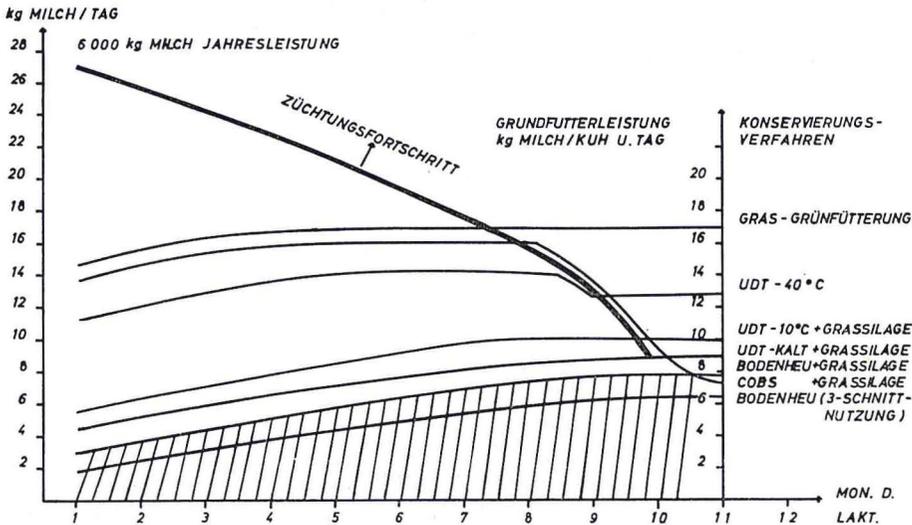


Abb. 2

Laktationsverlauf einer 6000 l Kuh und erforderliche Kraftfuttermenge in Abhängigkeit von der Grundfutterleistung und vom Konservierungsverfahren (schraffiert = Grundfutterleistung aus Bodenheu und Grassilage)

gaben sind zu vermeiden, die nicht oder nicht mehr in einer Ertragssteigerung zum Ausdruck kommen, sondern nur der darüber hinausgehenden Anreicherung des betr. Elements in der Pflanze dienen.

Diese einleitenden Gedanken zeigen schon, daß es nicht ganz einfach ist, die im Thema gestellte Frage sozusagen vom Standpunkt des Verbrauchers aus zu beantworten.

Aber es gibt noch weitere Gründe, die die Ermittlung der „richtigen“ Düngermenge im Futterbaubetrieb erschweren. In einem Betrieb mit flächenabhängiger Rindviehhaltung haben wir es mit einem nahezu geschlossenen Nährstoffkreislauf zu tun, in dem das Tier selbst eine entscheidende Rolle spielt. Je größer der Viehbesatz pro ha ist und je mehr Kraft- und Mineralfutter zugekauft wird, desto mehr Wirtschaftsdünger wird produziert und desto weniger Mineraldünger wird in einem reinen Grünlandbetrieb benötigt. Diese Menge im Einzelbetrieb auf lange Sicht richtig zu bemessen, ist nur bei richtiger Einschätzung der wichtigsten Größen des Nährstoffkreislaufs möglich. Leider sind die Daten für die einzelnen „Stationen“ des Nährstoffkreislaufs selbst im Versuchsbetrieb nur z. T. exakt erfaßbar; z. T. und besonders im praktischen Betrieb ist man auf Schätzungen und Analogieschlüsse angewiesen. So kann man sich an der Ertragshöhe, die ein wichtiges Kriterium für die Düngung der Verkaufsfrüchte ist, in einem praktischen Grünlandbetrieb kaum zuverlässig orientieren. Der Ertrag wird meistens nicht ermittelt und kann, z. B. im Weidebetrieb, in der Praxis auch gar nicht ermittelt werden. Auch die Futterqualität bietet ohne regelmäßige Analysen wenig Anhalte für die Beurteilung und Bemessung der Grünlanddüngung. Die Bodenuntersuchung kann uns bei sorgfältiger Durchführung und regelmäßiger Wiederholung zwar den Trend der Nährstoffversorgung, nicht aber das Defizit oder den Überschuß an Pflanzennährstoffen für eine Fläche oder einen Betrieb angeben. So ist man auf die Verwendung verschiedener Maßstäbe und auf eine Kombination von Ergebnissen aus Teilaspekten angewiesen.

Methodik

In Anbetracht dieser Situation haben wir zunächst den Nährstoffkreislauf von Grünlandbetrieben insgesamt betrachtet. Dabei haben wir uns auf reine Grünlandbetriebe im oberbayerischen und schwäbischen Grünlandgürtel beschränkt. Sie dominieren hier mit großem Abstand. Die Tierhaltung auf wirtschaftsfremder Futterbasis spielt keine große Rolle. Selbst der Kraftfuttermittelverbrauch in den zur Bilanzierung herangezogenen Milchviehbetrieben ist mit einer Ausnahme vergleichsweise gering.

Dann haben wir den geschätzten Nährstoffbedarf von Pflanzenbeständen und Tieren verglichen mit den Werten, die wir bei der Analyse von Grünland- und Feldfutter gefunden haben. Hierbei handelt es sich um Werte aus 40 bayerischen Naturräumen. Es konnte jedoch nicht nach der Düngungshöhe differenziert werden. Deswegen werden diese Zahlen durch Ergebnisse von Düngungsversuchen ergänzt. Schließlich wurden Bodenuntersuchungsergebnisse wiederum aus dem Grünlandgürtel zusammengestellt und nach den Richtlinien des VDLUFA interpretiert.

Ergebnisse

In Tabelle 2 ist ein Beispiel für die Aufstellung von Nährstoffbilanzen in einem Grünlandbetrieb enthalten. Sehr schwierig ist die Beurteilung der N-Bilanz.

Wir haben beim Entzug die Auswaschung, die Denitrifikation und die NH_3 -Verdunstung nicht berücksichtigt; bei der Nährstoffzufuhr blieb die N-Lieferung aus dem Boden und aus der Symbiose außer Betracht. So kamen wir in diesem Fall zu einer schwach positiven N-Bilanz. Wahrscheinlich wäre sie aber negativ, wenn man die eben erwähnten schwer quantifizierbaren Daten erfassen könnte. Ähnliches gilt für die Phosphorsäure. Hier wurde die P-Festlegung im Boden nicht einbezogen, weil das Ausmaß schwer abzuschätzen ist.

Tab. 2
Beispiel für die Aufstellung von Nährstoffbilanzen in einem Grünlandbetrieb
 (Landkreis Rosenheim, Betrieb II)

Entzug / Zufuhr in Form von ...	N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O
<i>Entzug</i>			
4230 kg Milch	24,4	9,7	7,6
300 kg Fleisch	8,4	3,3	0,4
76 dt Rauhfutter	182,4	68,0	260,6
Verluste (Triebweg)	12,0	4,0	15,0
Summe Entzug	227,2	85,0	283,6
<i>Zufuhr</i>			
Mineraldünger	90,0	80,0	150,0
310 kg Kraftfutter	15,0	2,6	2,6
10 kg Mineralfutter	—	2,8	—
36 m ³ Gülle	136,8	64,8	252,0
Niederschläge	15,0	—	—
Summe Zufuhr	256,8	150,2	404,6
Bilanz	+ 29,6	+ 65,2	+ 121,0

Sie kann aber die positive Bilanz leicht in eine negative umkehren. Das ist im vorliegenden Fall sogar wahrscheinlich, weil in diesem Betrieb nur 5 mg P₂O₅ im Boden gefunden wurden. Bessere Anhalte dürfte die Kalibilanz ergeben. Sie ist deutlich positiv. Auswaschung und Nachlieferung aus dem Boden wurden dabei nicht berechnet. Nach Steinacher Versuchen kann diese Nachlieferung im mehr- bis langjährigen Mittel je nach Bodenart zwischen 30 und 140 kg K₂O pro ha und Jahr betragen. Dagegen werden die Auswaschungsverluste nur mit 10 bis 70 kg/ha K₂O angegeben (Ruhrstickstoff, 1978). Daß die Kaliversorgung in diesem Betrieb günstiger ist als die P-Versorgung, ist auch mit dem Ergebnis der Bodenuntersuchung (15 mg K₂O je 100 g Boden) angedeutet.

Tabelle 3 enthält die N-Bilanzen im Lkr. Rosenheim, in 185 Buchführungsbetrieben und in 7 Grünlandbetrieben dieses Landkreises; die Betriebe VIII und IX liegen im Ostallgäu. Diese Bilanzen sind mit einer Ausnahme positiv. Aber auch hier wäre eher mit negativen Bilanzen zu rechnen, wenn man die N-Lieferung aus dem Boden und aus der Symbiose sowie die Verlusten mit einbezüge. Ohne die Mineraldüngung wären die Bilanzen mit einer Ausnahme auch bei unserer Berechnungsweise negativ.

In den Tabellen 4 und 5 sind Nitratanalysen aus 2 N-Steigerungsversuchen auf Mineral- und Niedermoorboden zusammengestellt. Sie sollen dazu dienen, den N-Verbrauch der untersuchten Betriebe besser zu beurteilen. Wenn wir davon ausgehen, daß 0,4 bis 0,6 % NO₃ im Hinblick auf die ertragssteigernde Wirkung des Stickstoffs die obere Grenze markieren, dann kann man feststellen, daß auf beiden Bodenarten diese Grenze mit 300 kg N/ha und Jahr meistens nicht annähernd erreicht wird. Mit 600 bzw. 640 oder 680 kg N/ha wird sie nur auf Mineralboden im Spätsommer und Herbst, dann allerdings erheblich überschritten. Die meisten untersuchten Betriebe düngen 200 bis 350 kg N/ha, von denen (aus dem Wirtschaftsdünger) sicher erhebliche Verluste abzuziehen sind; deswegen kann aus dem Vergleich mit den Werten der Tabelle 4 und 5 geschlossen werden, daß keine Qualitätsprobleme zu befürchten sind und daß andererseits noch mehr Stickstoff mit Erfolg angewandt werden könnte.

Tab. 3
N-Bilanzen in Grünlandbetrieben der Landkreise Rosenheim und Ostallgäu
(Betriebe VIII und IX)

Gebiet/Betrieb	Zukauf in		Verkauf in Milch und Fleisch kg/ha	Bilanz *)	
	Kraft- und Mineral- futter kg/ha	Mineral- dünger kg/ha		mit Mineral- dünger kg/ha	ohne Mineral- dünger kg/ha
Landkreis Rosenheim	23,0	66,0	28,0	+ 16,3	— 49,7
185 Buchf. Betr.	28,0	66,0	37,0	+ 20,4	— 45,6
Betrieb I	60,6	195,0	57,4	+ 190,6	— 4,4
Betrieb II	15,0	90,0	32,8	+ 29,6	— 60,4
Betrieb III	44,7	120,0	49,8	+ 85,5	— 34,5
Betrieb IV	101,6	60,0	60,1	+ 103,9	+ 43,9
Betrieb V	13,4	80,0	40,7	+ 15,7	— 64,3
Betrieb VI	6,2	200,0	57,7	+ 116,7	— 83,3
Betrieb VII	11,5	60,0	44,9	— 40,6	— 100,6
Betrieb VIII	51,4	136,0	34,3	+ 117,9	— 18,1
Betrieb IX	37,0	89,0	36,7	+ 66,6	— 22,4

*) *Berechnungsgrundlagen:*

1. Zufuhr durch Mineraldünger, Kraftfutter, Niederschläge
2. Rücklieferung durch Exkremete (Weidegang, Flüssigmist)
3. Abgänge durch Verkauf von Milch und Fleisch
4. Verluste auf Triebwegen
5. Entzug durch Ernte (Basis: 12 kg TM/GV/Tag = 15,6 kg TM/Kuh/Tag)

Nicht berücksichtigt:

N-Nachlieferung aus dem Boden und N-Lieferung durch Leguminosen, Verluste durch Denitrifikation, NH₃-Verdunstung und Auswaschung.

Nur 2 Betriebe liegen bei etwa 450 kg N/ha/Jahr. Auch sie dürften während der Hauptvegetationszeit unter dem Optimum der N-Düngung liegen.

Prekärer kann die Situation im Feldfutterbau, speziell im Zwischenfruchtbau werden. Hier können nach verschiedenen holländischen Autoren sowie nach VETTER und STEFFENS (1977) vielfach überhöhte Nitratgehalte entstehen; ihre Ursache kann in einem hohen

Tab. 4
Nitratgehalte im Weidefutter (% NO₃ i. TM)
Standort: Grünschwaige, Anmoor- bis Niedermoorboden
(MARAMBIO, 1971)

Zeitpunkt der Probenahme	Reife- stadium	1969			1970		
		kg N/ha/Aufwuchs			kg N/ha/Aufwuchs		
		0	60	120	0	60	120
Mai	WR	0,12	0,30	0,60	0,12	0,13	0,47
	SR	0,15	0,28	0,61	0,09	0,19	0,49
Juli	WR	0,09	0,37	0,87	0,09	0,33	0,59
	SR	0,08	0,13	0,40	0,11	0,15	0,39
August	WR	0,16	0,29	0,48	0,19	0,47	0,63
	SR	0,14	0,29	0,52	0,18	0,35	0,51

Ann.: 60 und 120 kg N/ha/Aufwuchs entsprechen 300 bzw. 600 kg N/ha/Jahr.

Die Betriebe II - V und VII - IX (s. Tab. 2) düngten 200 bis 350 kg N/ha/Jahr, die Betriebe I und VI 450 kg N/ha/Jahr (org. + min.).

Tab. 5
Nitratgehalte im Weidefutter (% NO₃ i. TM)
(VAN BURG, 1977)

Zeitpunkt der Probenahme	1972		1973	
	kg N/ha und 320	Jahr 680	kg N/ha und 280	Jahr 640
Mai	0,10	0,26	0,02	0,18
Juni	0,18	0,71	0,03	0,37
Juli	0,14	0,61	0,06	0,38
August	0,08	1,75	0,06	1,16
September	0,13	1,42	0,33	1,28
Oktober/November	0,25	0,75	0,26	0,62

Ann.: 0,4% NO₃ i. TM im Ertragsoptimum.

0,6% NO₃ i. TM im Ertragsmaximum.

Die Betriebe II - V und VII - IX (s. Tab. 2) düngten 200 bis 350 kg N/ha/Jahr,
die Betriebe I und IV 450 kg N/ha/Jahr (org. + min.).

Stickstoffangebot aus dem Boden und aus der Düngung, speziell auch aus der Gülle liegen bei gleichzeitig geringem Zuwachs an organischer Masse infolge zu niedriger Tages- und Nachttemperaturen. Es kommt hinzu, daß Kruziferen, Phacelia und Buchweizen nach VETTER und STEFFENS (1977) offenbar höhere natürliche Nitratgehalte erreichen als Gräser und Leguminosen. Nach KEMP et al. (1976) können aber auch NO₃-Gehalte bis 6 % in Heu oder Vorweltsilage auftreten; dieses Futter stammte häufig von neu angesätem Grünland, das vor der Ansaat eine starke organische Düngung erhalten hatte. Die Gefahr für das Tier ist deswegen besonders groß, weil schon überhöhte Werte in einer Mahlzeit zu Schäden oder zum Tod führen können.

Tabelle 6 enthält die P₂O₅-Bilanzen, die nur positive Werte aufweisen. In einigen Fällen scheint eine echte positive Bilanz vorzuliegen, wie teilweise das Ergebnis der Bodenuntersuchung andeutet. Sehr eng scheinen die Korrelationen zwischen den Werten der Bodenuntersuchung und der Bilanz allerdings nicht zu sein. Das kann z. T. auch darin begründet sein, daß die Düngung bereits auf das Ergebnis der Bodenuntersuchung abgestimmt wurde, wenn z. B. hohe Bodenwerte mit einer niedrigen Düngermenge einhergehen. In vielen Fällen wäre die P-Bilanz wahrscheinlich negativ, wenn man die P-Festlegung berücksichtigen könnte. Darauf deuten auch die Ergebnisse der Pflanzenanalysen (Abb. 3) hin.

Von den K₂O-Bilanzen (Tab. 7) sind 4 negativ und 7 positiv. Aus diesen Zahlen könnte man schließen, daß die K-Versorgung schlechter sei als die mit Phosphorsäure.

Die Pflanzenanalysen (Abb. 3) zeigen jedoch ein umgekehrtes Bild. Die Ursache könnte in der besseren Ausnutzung des Kaliums und in der hier nicht angerechneten Kalinachlieferung aus dem Boden liegen.

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse von Pflanzenanalysen auf K, P und Mg aufgezeichnet. Die Werte für die 3 Mineralstoffe stammen jeweils aus denselben Proben, die je nach Schnitt und Konservierungsart zu größeren Gruppen zusammengefaßt wurden. Hier wurde nur nach Wiesen- und Mähweidegras unterschieden. Das Material wurde z. T. von der BLBP und z. T. vom Lehrstuhl für Grünlandlehre zur Verfügung gestellt. Es ist deutlich erkennbar, daß die K-Werte meistens erheblich über dem Bedarf der Pflanze für Höchsterträge liegen. Im Vergleich dazu bewegen sich die Mg-Werte, vom Bedarf des Tieres aus betrachtet, eher an der unteren Grenze, besonders dort, wo die Kaliwerte stärker überhöht sind. Die P-Gehalte weisen weniger große Schwankungen

Tab. 6
P₂O₅-Bilanzen in Grünlandbetrieben der Landkreise Rosenheim und Ostallgäu
 (Betriebe VIII und IX)

Gebiet/Betrieb	Zukauf in		Verkauf in Milch u. Fleisch kg/ha	Bilanz *)		P ₂ O ₅ im Boden mg/100 g
	Kraft- Mineral- futter kg/ha	u. Mineral- dünger kg/ha		mit Mineral- dünger kg/ha	ohne Mineral- dünger kg/ha	
Landkrs. Rosenheim	13,7	60,7	12,4	+ 53,9	+ 6,8	—
185 Buchf'Betr.	23,9	60,7	15,9	+ 71,5	— 10,8	—
Betrieb I	49,9	195,0	24,7	+ 238,0	+ 43,0	36
Betrieb II	5,4	80,0	13,0	+ 65,2	— 14,8	5
Betrieb III	19,1	90,0	22,1	+ 93,4	+ 3,4	60
Betrieb IV	19,3	165,0	26,2	+ 177,9	+ 12,9	—
Betrieb V	18,9	80,0	18,1	+ 81,6	+ 1,6	33
Betrieb VI	18,7	60,0	25,8	+ 59,4	— 0,6	25
Betrieb VII	11,8	65,0	20,3	+ 44,7	— 20,3	12
Betrieb VIII	21,7	156,0	15,3	+ 158,4	+ 2,4	—
Betrieb IX	15,2	124,0	15,3	+ 129,3	+ 5,3	—

*) *Berechnungsgrundlagen:*

1. Zufuhr durch Mineraldünger, Mineral- und Kraftfutter
2. Rücklieferung durch Exkremete (Weidegang, Flüssigmist)
3. Abgänge durch Verkauf von Milch und Fleisch
4. Verluste auf Triebwegen
5. Entzug durch Ernte (Basis: 12 kg TM/GV/Tag = 15,6 kg TM/Kuh/Tag)

Nicht berücksichtigt:

- P-Verfügbarkeit (Ausnutzung)
 und P-Festlegung im Boden

Tab. 7
K₂O-Bilanzen in Grünlandbetrieben der Landkreise Rosenheim und Ostallgäu
 (Betriebe VIII und IX)

Gebiet/Betrieb	Zukauf in		Verkauf in Milch u. Fleisch kg/ha	Bilanz *)		K ₂ O im Boden mg/100 g
	Kraft- Mineral- futter kg/ha	u. Mineral- dünger kg/ha		mit Mineral- dünger kg/ha	ohne Mineral- dünger kg/ha	
Landkrs. Rosenheim	8,1	50,8	8,2	+ 16,9	— 33,9	—
185 Buchf'Betr.	9,9	50,8	10,8	+ 22,3	— 28,5	—
Betrieb I	10,7	230,0	15,2	+ 236,6	+ 6,6	26
Betrieb II	2,6	150,0	8,0	+ 121,0	— 29,0	15
Betrieb III	7,9	15,0	12,2	— 18,3	— 33,3	40
Betrieb IV	13,7	60,0	16,0	+ 77,0	+ 17,0	—
Betrieb V	2,1	120,0	9,7	+ 77,8	— 42,2	20
Betrieb VI	1,1	15,0	13,8	— 18,4	— 33,4	30
Betrieb VII	2,0	27,0	10,5	— 38,3	— 65,3	12
Betrieb VIII	9,1	82,0	7,9	+ 62,9	— 19,1	—
Betrieb IX	6,5	14,0	10,6	— 33,1	— 47,1	—

*) *Berechnungsgrundlagen:*

1. Zufuhr durch Mineraldünger, Mineral- und Kraftfutter
2. Rücklieferung durch Exkremete (Weidegang, Flüssigmist)
3. Abgänge durch Verkauf von Milch und Fleisch
4. Verluste auf Triebwegen
5. Entzug durch Ernte (Basis: 12 kg TM/GV/Tag = 15,6 kg TM/Kuh/Tag)

Nicht berücksichtigt:

- Nachlieferung aus dem Boden

Abbildung 4 enthält die Werte von 460 Proben aus Ackerfutterbeständen. Die Kaliwerte liegen zwischen 2,5 und 3,2 ‰; nur wenige Werte sind höher, die vom Silomais mit 1,5 ‰ deutlich niedriger. Die P-Gehalte sind durchweg nicht bedarfsdeckend, obgleich angenommen werden kann, daß P-Düngung und P-Gehalte des Bodens auf den betr. Ackerschlägen höhere Werte erreichen als auf vergleichbarem Grünland. Es wäre daher falsch, wollte man die P-Gehalte durch P-Düngung auf ein mit Sicherheit bedarfsdeckendes Niveau anheben. Die direkte Fütterung von Mineralstoffen erscheint gerade in dieser Situation billiger und sicherer.

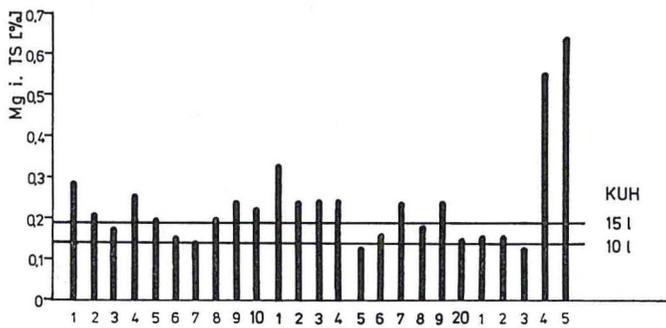
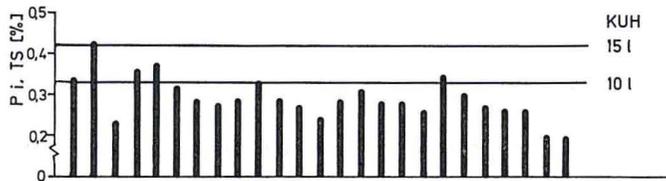
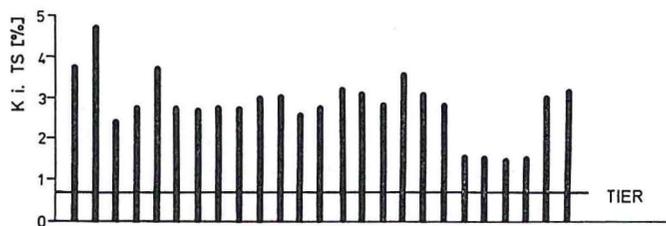
Die Mg-Gehalte unterscheiden sich im Prinzip wenig von denen des Dauergrünlandes (Abb. 3), lediglich die des Zuckerrübenblattes übersteigen die übrigen um etwa 200 ‰. Es ist nicht anzunehmen, daß — mit Ausnahme leichter Sandböden — die Mg-Düngung in den vorliegenden Untersuchungen ertragsbegrenzend gewirkt hat. Andererseits kann von einer Mg-Übersorgung auch nicht die Rede sein. So bleibt auch hier die Notwendigkeit der Mg-Ergänzung in der direkten Fütterung einer Mineralstoffmischung. Das gilt noch mehr für das in den beiden Darstellungen nicht aufgeführte Natrium. Es ist für die meisten süddeutschen Standorte und Pflanzenbestände kein Problem der Düngung, sondern eine wichtige Aufgabe der Fütterung.

Tabelle 8 enthält Bodenuntersuchungsergebnisse aus dem schwäbisch-bayerischen Grünlandgürtel. In Anlehnung an VETTER und FRÜCHTENICHT (1977) zeigen die unter A und B aufgeführten Ergebnisse eine Unterversorgung und nur die unter D eine Übersorgung an. Bei hoher Versorgung (C) wird eine in ihrer Höhe standortsabhängige Erhaltungsdüngung empfohlen, für D die halbe, für B die eineinhalbfache und für A die doppelte Erhaltungsdüngung. Man sieht aus diesen Zahlen, daß die Frage „Düngen wir richtig?“ sehr differenziert beantwortet werden muß. Es ist ganz auffallend, daß in den intensiven Güllegebieten des Allgäus am ehesten eine Überdüngung, besonders mit Phosphorsäure, stattfindet. 58 ‰ von 2220 Proben aus dem Ostallgäu fallen in die Gruppe D (sehr hoch). Auch in den oberbayerischen Betrieben finden wir in 27 bis 41 ‰ aller Untersuchungen

Tab. 8
Relative Gruppenanteile der P_2O_5 - und K_2O -Gehalte von Grünland-Bodenproben
einiger Landkreise der Regierungsbezirke Oberbayern und Schwaben
(Bayer. Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft, Weihenstephan, 1976)

Landkreis	Proben- zahl	P_2O_5				K_2O			
		niedrig A	mittel B	hoch C	sehr hoch D	niedrig A	mittel B	hoch C	sehr hoch D
Bad Tölz	1443	25	28	20	27	16	34	24	26
Berchtesgaden	1472	30	26	17	27	35	40	14	11
Miesbach	172	27	12	20	41	22	14	23	41
Rosenheim	951	15	33	24	28	29	39	18	14
Traunstein	1769	20	32	18	30	27	35	17	21
Weilheim	464	11	28	23	38	13	35	21	31
Wolfratshausen	1277	11	28	23	38	3	37	31	29
Lindau	152	7	37	30	26	25	49	16	10
Oberallgäu	534	7	24	22	47	6	39	21	34
Ostallgäu	2220	5	17	20	58	12	36	21	31
Unterallgäu	533	11	36	32	21	12	40	29	19

Anm.: Die Zahlen unter P_2O_5 und K_2O bedeuten ‰-Anteile in den Gruppen A - D an der Gesamt-Probenzahl.



- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| Nr. 1 Rotklee | Nr. 19 Leguminosensilage |
| Nr. 2-7 Kleegras | Nr. 20-23 Mais |
| Nr. 8-14 Luzerne | Nr. 24-25 Rübenblatt |
| Nr. 15-18 Luzernegras | — Bedarf der Milchkuh |

Abb. 4
K-, P- und Mg-Gehalte
von Ackerfutterpflanzen.
Ergebnisse von 460 Proben
aus bayerischen Betrieben

überhöhte P-Werte. Die Kaliwerte erreichen diese Prozentanteile nicht ganz. Auf der anderen Seite sind in der Gruppe A (niedrige Gehalte) noch Anteile von 5 bis 30 % (P_2O_5) und 3 bis 35 % (K_2O) verzeichnet, womit angedeutet ist, daß eine große Anzahl von Betrieben zu wenig oder mindestens die einzelnen Flächen zu ungleichmäßig düngt.

Diskussion

Die Zusammenhänge zwischen Düngung und Futterqualität können im Einzelfall recht deutlich sein, wenn man bei gegebenem Schnittzeitpunkt die N-Wirkung auf die verschiedenen Inhaltsstoffe oder die P-, K- und Ca-Wirkung auf die betr. Mineralstoffgehalte durch Analysen am Frischgras ermittelt. Die Situation wird schon schwerer durchschaubar, wenn man die Nutzungstermine planmäßig oder zwangsläufig variiert, wie es im praktischen Betrieb in jedem Jahr notwendig ist. Noch verworrener wird die Lage, wenn man die Verluste mit betrachtet, die von der Witterung, der Weideführung, der Futterwerbung, aber auch von der Düngung selbst jeweils mit wechselnden Wirkungsanteilen bestimmt werden. Erschwerend kommt hinzu, daß gerade die für den Wiederkäuer wichtigsten Qualitätsmerkmale (Energie, Verdaulichkeit und Futterstruktur) von der Düngung weniger als vom Nutzungstermin beeinflusst werden.

Ein besseres Maß für die Düngungshöhe geben die NO_3 -, P- und K-Gehalte ab, von denen nur der P-Gehalt für das Tier selbst essentiell ist, während NO_3 - und K-Gehalte im Übermaß direkt bzw. indirekt schädlich sind. Mg-, Na-, Ca- und Spurenelementgehalte sind in dem untersuchten Gebiet nur ausnahmsweise direkt von der Düngung mit dem betr. Element abhängig. Zum Teil werden sie durch Synergismen, z. T. durch Antagonismen, z. T. aber auch durch direkte oder über den Boden wirkende Witterungseinflüsse variiert.

Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge nimmt es nicht wunder, daß man den Ertrag, besonders an StE oder verdaulicher Energie, als den wichtigsten Maßstab für die Düngungshöhe betrachtet, zumal fehlende Inhaltsstoffe ohnehin durch Beifütterung ergänzt werden müssen. — Außer im Weidefutter wäre es auch sinnlos, in den einzelnen Futterarten für das Tier optimale Gehalte anzustreben, weil in der Sommer- und Winterstallfütterung selten nur ein Grundfutter, sondern meistens Kombinationen von 2 bis 4 verschiedenen Futterarten außer Kraft- und Mineralfutter angeboten werden. — Aber auch der Ertrag ist kein gutes Maß für die Düngung auf dem Grünland und im Futterbau, weil er im Gegensatz zum Verkaufsfruchtbaubau selten exakt ermittelt wird.

Und schließlich macht die Düngung selbst die größten Schwierigkeiten, wenn es gilt, den Mineraldüngerbedarf in einem Futterbaubetrieb exakt zu ermitteln. Er ist nicht nur von der Menge des anfallenden Wirtschaftsdüngers abhängig, sondern auch von seiner gleichmäßigen Verteilung und rechtzeitigen Anwendung. Voraussetzungen hierfür sind in erster Linie mit Miststreuer bzw. Güllefaß befahrbare Flächen und ausreichender Lagerraum, damit die optimalen Ausbringungszeiten eingehalten werden können.

Trotz aller dieser Erschwernisse ist es das Bestreben aller Beteiligten, auch im Futterbaubetrieb richtig zu düngen. Schließlich handelt es sich hier in der überwiegenden Mehrzahl um Betriebe mit einem in sich geschlossenen System — wo gibt es das sonst noch? Es kommt nur darauf an, die schwachen Stellen dieses Systems, speziell des Nährstoffkreislaufs, zu erkennen und hier behutsam regulierend einzugreifen. Hierzu fehlt es allerdings noch an exakteren Unterlagen über einzelne Stationen und Daten des Stickstoffkreislaufs, aber auch über die wirksamen Anteile der übrigen Pflanzennährstoffe im Kreislauf, ihre gegenseitige Beeinflussung und ihre Verlustraten. Diese Größen sollten ganz konsequent in gründlicher Teamarbeit für die wichtigsten und klar definierten Standorte erarbeitet werden, damit man sie möglichst zuverlässig für die in der Düngerberatung notwendigen Kalkulationen verwenden kann.

Trotz dieser Mängel haben wir versucht, Nährstoffbilanzen für Gebiete und Betriebe aufzustellen. Dazu haben wir alle greifbaren und feststellbaren Daten nach bestem Wissen verwendet. Außerdem haben wir zwei wichtige Stationen des Nährstoffkreislaufs etwas genauer unter die Lupe genommen, nämlich die Nährstoffgehalte von Futterpflanzen und von Grünlandböden aus dem schwäbisch-bayerischen Grünlandgürtel.

Die Stickstoffbilanzen lassen erkennen, daß in den meisten Betrieben zum Nutzen des Ertrages und ohne Schaden für die Tiere noch etwas zugelegt werden könnte. Diese Meinung wird bestätigt, wenn man die im einzelnen gedüngten Stickstoffmengen mit den Mengen in 2 N-Steigerungsversuchen und den dabei ermittelten NO_3 -Gehalten vergleicht. Dennoch bleibt die Unsicherheit, allerdings ganz besonders im Zwischenfruchtbaubau, daß schon eine einmalige auf eine Mahlzeit begrenzte Erhöhung des Nitratgehaltes Schäden am Tier hervorrufen kann.

Die P-Bilanzen waren überwiegend stark positiv. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß nach VETTER (1978) 50 bis 75 % über dem Entzug gedüngt werden muß, was hier nicht einkalkuliert wurde. Jedenfalls zeigten die Pflanzenanalysen aus dem gleichen

Gebiet (nicht aus denselben Betrieben) eher eine knapp ausreichende P-Versorgung an. Die Bodenuntersuchung, wieder andere Werte aus dem gleichen Gebiet, ergab neben einer breiten Mitte normal bis gut versorgter Flächen etwas größere Anteile zu hoher als zu niedriger Gehalte.

Die Kalibilanzen waren ebenfalls positiv, jedoch nicht in dem Maße wie die P-Bilanzen. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Überschüsse in Wirklichkeit noch etwas größer sind, wenn man die Nachlieferung aus dem Boden mit einbezieht. In diesem Sinne sind auch die Pflanzenanalysen zu interpretieren. Dabei kommt zum Ausdruck, daß die z. T. überhöhten K-Gehalte mäßige bis mittlere Mg-Gehalte zur Folge hatten, und das z. T. völlig unabhängig von der Mg-Düngung und von den z. T. sehr hohen Mg-Gehalten des Bodens. Die K-Gehalte der Böden zeigten deutliche Parallelen zu den P-Gehalten, lagen insgesamt jedoch etwas niedriger.

Für praktische Verhältnisse kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß durch Ertragsfeststellungen, Qualitäts- und Bodenuntersuchungen, auf repräsentativen Testflächen regelmäßig durchgeführt, ausreichende Hinweise für die annähernd richtige Bemessung der Mineraldüngung gewonnen werden können.

Zusammenfassung

Im schwäbisch-bayerischen Grünlandgürtel wurden Erhebungen durchgeführt, die dazu dienen sollten, die angewandten Düngermengen mit dem Düngerbedarf in Futterbaubetrieben zu vergleichen. Als Maßstab sollte die Futterqualität herangezogen werden. Es wurde gezeigt, daß die Zusammenhänge zwischen Düngung und Futterqualität nicht sehr eng sind und daß gerade die für den Wiederkäuer wichtigsten Qualitätsmerkmale mehr von anderen Faktoren bestimmt werden. Daher wurde versucht, die Frage nach der richtigen Düngung im Futterbaubetrieb anhand der Inhaltsstoffe zu beantworten, die noch am stärksten von der Düngung abhängig sind, nämlich die NO_3^- -, P-, K- und Mg-Gehalte.

Dazu wurden Ergebnisse von Pflanzenanalysen aus dem Grünlandgürtel und von Ackerfutterpflanzen aus anderen bayerischen Naturräumen mit dem Bedarf von Pflanze und Tier verglichen. Da dieser Vergleich allein nicht befriedigen konnte, wurden für den Landkreis Rosenheim, für 185 Buchführungsbetriebe und für 9 Einzelbetriebe Nährstoffbilanzen (N, P, K) errechnet. Schließlich wurden 11 000 Bodenuntersuchungsergebnisse aus dem gleichen Gebiet ausgewertet.

Die nach den einzelnen Methoden gewonnenen Ergebnisse stimmten z. T. überein und waren z. T. widersprüchlich. Versucht man die Unwägbarkeiten mit einzubeziehen und die Ergebnisse miteinander zu kombinieren, dann ergibt sich folgendes Bild:

1. Die N-Düngung ist nur selten überhöht und könnte in den meisten Betrieben noch gesteigert werden, wenn ein erhöhter Grundfutterbedarf auftreten sollte.
2. Die P-Düngung ist in der Mehrzahl der Betriebe ausgeglichen. Sie ist in vielen Betrieben überhöht, in einem etwas geringeren Prozentanteil offenbar aber auch zu niedrig.
3. Für die K-Düngung gilt Ähnliches. Die Überhöhung kommt allerdings stärker in der Pflanzensubstanz als in der Bodenuntersuchung zum Ausdruck.

Literatur

- BURG, P. F. J. VAN: Nitrogen fertilization of grassland. Proc. Intern. Meeting on Animal Prod. from Temperature Grassland, Dublin. 104 - 108, 1977
- DEINUM, B. u. DIRVEN, J. G. P.: A model for the description of the effects of different environmental factors on the nutritive value of forages. Proc. XII. Int. Grassland Congr. Moscow. 89 - 97, 1974

- HEISS, A.: Der Kreislauf der Pflanzennährstoffe (P und K) in Futterbaubetrieben und die ihn bestimmenden Faktoren. Diplomarbeit, Institut für Grünlandlehre, Weihenstephan 1970
- KEMP, A., GEURINK, J. H., HAALSTRA, R. T. u. MALESTEIN, A.: Nitraatvergifting bij rundvee. Stikstof 7, 322 - 328, 1976
- MARAMBIO, J.: Der Einfluß gesteigerter Stickstoffgaben auf die Nähr- und Mineralstoffgehalte von Mähweidefutter. Diss. Institut für Grünlandlehre, Weihenstephan 1971
- PALLAUF, J.: Zum Mineralstoffgehalt wirtschaftseigener Futtermittel. In: Zum Phosphor- und Mineralstoffbedarf der Wiederkäuer. Fachvereinigung Futterphosphate, Düsseldorf. S. 8 - 31, 1976
- RUHR-STICKSTOFF Aktiengesellschaft: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 8. Aufl., Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup 1978
- SCHUKKING, S.: De invloed van stikstofbemesting op het resultaat bij inkuilen. Landbouwwor-lichting 25, 226 - 233, 1968
- VETTER, H.: Schriftliche Mitteilung zur Ausnützung der Düngerphosphorsäure durch die Pflanzen, 1978
- VETTER, H. u. FRÜCHTENICHT, K.: Erarbeitung von Grundlagen für die Ermittlung des Düngerbedarfs. In: Wieviel düngen? S. 9 - 22, DLG-Verlags-GmbH., 1977
- VETTER, H. u. STEFFENS, G.: Wege zu einer besseren Nutzung der Gülle. Sonderdruck aus „Landw.-Blatt Weser-Ems“, Nr. 43 u. 44, 1975
- VETTER, H. u. STEFFENS, G.: Ursachen zu hoher Nitratgehalte in Zwischenfrüchten. Sonderdruck aus „Landw.-Blatt Weser-Ems“ Nr. 7, 1977

SONDERHEFTE ZUR „LANDWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG“

1. Sonderheft:
Forschungen für die Praxis und mit der Praxis
1951. Vergriffen
2. Sonderheft:
Wege und Ziele der Qualitätsforschung und Güteförderung bei landwirtschaftlichen und gärtnerischen Erzeugnissen
1952. Vergriffen
3. Sonderheft:
Justus v. Liebig im Lichte der Forschung des 20. Jahrhunderts
1953. 30 Seiten mit einer Kunstdrucktafel. Kartoniert DM 3,60
4. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung
1953. Vergriffen
5. Sonderheft:
Forschungen im Dienste der Tierernährung
1954. 75 Seiten mit zahlreichen Tab. und graphischen Darstellungen. Kartoniert DM 8,—
6. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung II
1955. 156 Seiten mit 57 Abb. und 55 Tab. Kartoniert DM 18,80
7. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung III
1956. 161 Seiten mit 32 Abb. und 70 Tab. Kartoniert DM 19,80
8. Sonderheft:
Pflanzenqualität — Nahrungsgrundlage
1956. Vergriffen
9. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung IV
1957. 157 Seiten mit 34 Abb. und 96 Tab. Kartoniert DM 22,20
10. Sonderheft:
Bodenfruchtbarkeit II
1957. IV und 123 Seiten mit 56 Abb. und 28 Tab. Kartoniert DM 19,80
11. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung V
1958. VIII und 127 Seiten mit 56 Abb. und 38 Tab. Kartoniert DM 22,20
12. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung VI
1959. VIII und 152 Seiten mit 60 Abb. und 28 Tab. Kartoniert DM 27,—
13. Sonderheft:
Magnesium — Boden — Pflanze
1959. VIII und 100 Seiten mit 43 Abb. und 66 Tab. Kartoniert DM 24,80
14. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung VII
1960. VIII und 141 Seiten mit 51 Tab. und 55 Abb. Kartoniert DM 26,40
15. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung VIII
1961. VIII und 159 Seiten mit 62 Abb. und 38 Tab. Kartoniert DM 27,50
16. Sonderheft:
Die Spurenelementversorgung von Pflanze, Tier und Mensch
1962. VIII und 147 Seiten mit 37 Abb. und 56 Tab. Kartoniert DM 26,20
17. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung X
1963. VIII und 211 Seiten mit 91 Abb. und 72 Tab. Kartoniert DM 30,75
18. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XI
1964. VIII und 208 Seiten mit 52 Abb. und 43 Tab. Kartoniert DM 30,25

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN 1

SONDERHEFTE ZUR „LANDWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG“

19. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XII
1965. VIII und 252 Seiten mit 87 Abb. und 75 Tab. Kartonierte DM 41,80
20. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XIII
1966. VIII und 152 Seiten mit 20 Abb. und 33 Tab. Kartonierte DM 28,80
21. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XIV
1967. VIII und 137 Seiten mit 81 Abb. und 35 Tab. Kartonierte DM 31,80
22. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XV
1968. VIII und 198 Seiten mit 91 Abb. und 44 Tab. Kartonierte DM 43,20
23. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XVI - XVII
1969. Teil I. VIII und 228 Seiten mit 81 Abb. und 81 Tab. Kartonierte DM 52,80
Teil II. VIII und 191 Seiten mit 70 Abb. und 63 Tab. Kartonierte DM 48,80
24. Sonderheft:
Internationales Symposium: Hundert Jahre Saatgutprüfung
1970. VIII und 207 Seiten mit 47 Abb. und 49 Tab. Kartonierte DM 50,60
25. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XVIII - XIX
1970. Teil I. VIII und 172 Seiten mit 78 Abb. und 56 Tab. Kartonierte DM 47,20
Teil II. VIII und 178 Seiten mit 73 Abb. und 71 Tab. Kartonierte DM 46,60
26. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XX - XXI
1971. Teil I. VIII und 333 Seiten mit 158 Abb. und 96 Tab. Kartonierte DM 87,60
Teil II. VI und 220 Seiten mit 87 Abb. und 64 Tab. Kartonierte DM 64,80
27. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXII - XXIII
1972. Teil I. VI und 281 Seiten mit 95 Abb. und 136 Tab. Kartonierte DM 86,50
Teil II. VI und 237 Seiten mit 102 Abb. und 107 Tab. Kartonierte DM 77,40
28. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXIV - XXV
1973. Teil I. X und 390 Seiten mit 127 Abb. und 173 Tab. Kartonierte DM 122,—
Teil II. VIII und 279 Seiten mit 94 Abb. und 138 Tab. Kartonierte DM 87,40
29. Sonderheft:
Justus von Liebig und unsere Zeit
1973. 48 Seiten mit 2 Abb. Kartonierte DM 9,80
30. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXVI - XXVII
1974. Teil I. VIII und 262 Seiten mit 89 Abb. und 77 Tab. Kartonierte DM 98,—
Teil II. VI und 218 Seiten mit 110 Abb. und 96 Tab. Kartonierte DM 82,80
31. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXVIII - XXIX
1975. Teil I. VIII und 320 Seiten mit 100 Abb. und 112 Tab. Kartonierte DM 118,—
Teil II. VIII und 292 Seiten mit 82 Abb. und 91 Tab. Kartonierte DM 106,80
32. Sonderheft:
Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXX - XXXI
1976. Teil I. VIII und 294 Seiten mit 78 Abb. und 106 Tab. Kartonierte DM 108,—
Teil II. VI und 281 Seiten mit 63 Abb. und 82 Tab. Kartonierte DM 102,80
33. Sonderheft:
Kongreßband 1976 Oldenburg
1977. Teil I. VI und 298 Seiten mit 107 Abb. und 108 Tab. Kartonierte DM 118,—
Teil II. IV und 348 Seiten mit 106 Abb. und 122 Tab. Kartonierte DM 128,50
34. Sonderheft:
Kongreßband 1977 Aachen
1978. Teil I. VIII und 279 Seiten mit 69 Abb. und 115 Tab. Kartonierte DM 104,—
Teil II. VII und 246 Seiten mit 106 Abb. und 78 Tab. Kartonierte DM 98,—