

# Grenzen der Intensivierung im Futterbau

Von *G. Voigtländer*

Institut für Grünlandlehre der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan  
Vortrag, gehalten am Symposium aus Anlass des 70. Geburtstages von Prof. Dr. *R. Koblet*

Separatdruck aus

«Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte», 52, 298–312 (1974)

Druck und Verlag: Benteli AG, 3018 Bern

## Einleitung

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ist besonders in den westlichen Ländern unter Landwirten und Nichtlandwirten in eine zwielfichtige Diskussion geraten. Die Landwirte sehen sich aus Rentabilitätsgründen zu Höchstserträgen gezwungen und müssen dabei den Arbeitsaufwand und die Kosten im Auge haben, während die Nichtlandwirte in erster Linie die Folgen der Intensivierung fürchten, nämlich die Wirkungen und Nachwirkungen der Mineraldüngung, der chemischen Pflanzenschutzmittel und der Massentierhaltung. An dieser einseitigen Betrachtungsweise ist die Landwirtschaft nicht ganz schuldlos, da sie Düngung und Pflanzenschutz als Mittel der Intensivierung häufig in den Vordergrund stellt und die anderen Möglichkeiten sozusagen als selbstverständliche Begleit- und Folgemaßnahmen betrachtet oder unerwähnt lässt. Dabei bedeutet Intensivierung doch wohl die Förderung und die rationelle Ausnutzung aller Faktoren zur Steigerung des Ertrages bei gleichzeitiger Erhaltung oder Verbesserung der Qualität, und zwar unter steter Begrenzung des Aufwandes auf das für die angestrebte Intensitätsstufe erforderliche Maß.

Die Intensivierung im Futterbau hat im Vergleich zu der im Verkaufsfruchtbau ihre Besonderheiten. Für den Enderfolg ist die Verlustminderung nicht nur bei der Futtermittelkonservierung, sondern auch beim sommerlichen Weidegang bisweilen entscheidender als die Ertragssteigerung selbst. Genauso ist der Erfolg der Intensivierung aber auch abhängig von der Dauerleistung der Grasnarbe und der Nutztiere. Die letzte These trifft in vollem Umfang für Dauergrünland und Milchproduktion, viel weniger natürlich für Bullenmast auf Silomaisbasis zu. Alles in allem gibt es im Futterbau mehr Ansatzpunkte für eine Intensitätssteigerung als im Marktfruchtbau; unter ihnen spielen Mineraldüngung und Pflanzenschutz eine vergleichsweise untergeordnete Rolle, wenn man von Silomais und Futterrüben absieht; sie können bei der heutigen arbeitswirtschaftlichen Situation nicht ohne Herbizide kultiviert werden. In einem reinen Futterbaubetrieb werden aber auch sie einen grossen Teil ihres Nährstoffbedarfs aus dem Wirtschaftsdünger decken. Nach einer Mitteilung von *Koblet* (1973) beträgt der Anteil der Hofdünger am Gesamtdüngerverbrauch in der Schweiz für Stickstoff 80 %, für Phosphorsäure 56 % und für Kali 82 %; daraus lässt sich ableiten, dass der auf die Futterfläche entfallende Anteil des Wirtschaftsdüngers eher noch grösser ist.

Nach allem, was wir bisher wissen, setzen die Futterqualität und die Umweltbelastung durch Rückstände von Düngestoffen der Intensivierung keine Grenzen, wenn wir davon ausgehen, dass nicht mehr gedüngt wird, als zur Ausschöpfung des Ertragspotentials erforderlich ist, und dass die durch die Wirtschaftlichkeit gesetzten Grenzen nicht überschritten werden. Diese Forderungen können leicht erfüllt werden, selbst bei

einem Viehbesatz von 2,5–3 Grossvieh-Einheiten (GVE)/ha, wenn Rinder und Schafe gehalten werden, die den grössten Teil ihres Bedarfes aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) des Betriebes decken. Probleme entstehen dann, wenn zusätzlich Schweine und Hühner auf wirtschaftsfremder Futterbasis vorhanden sind. Auch dann darf im Hinblick auf Futterqualität und Umwelt nur die Menge an Gülle angewandt werden, die noch zur Ertragsbildung verwendet werden kann, wobei Imbalancen durch Mineraldünger auszugleichen sind.

In welchem Umfang mit Stickstoff (N)-Auswaschung aus dem Dauergrünland und gleichzeitig mit einer N-Belastung der Gewässer gerechnet werden muss, zeigt *Tabelle 1*. Danach ist die N-Auswaschung aus Dauergrünland, aus leichtem und schwerem Boden, bei hoher N-Düngung wesentlich geringer als aus Ackerland mit niedriger N-Düngung.

*Tab. 1.* Stickstoffauswaschung auf Acker- und Dauergrünland nach *Kolenbrander*, 1969 (zit. *Czeratzki*, 1973)

Lysimeterbewuchs	%-Teilchen < 16 $\mu$	N-Düngung kg/ha/Jahr	N mg/l	N-Auswaschung kg/ha/Jahr
Dauergrünland	60	150	1,1	5
Dauergrünland	0	240	2,1	13
Ackerland	23	50	10,5	32

Dass es besonders der Verbrauch der Pflanzendecke ist, der höhere N-Verluste verhindert, ist in *Tabelle 2* angedeutet. Andererseits ist offensichtlich, dass Boden- und Leguminosenstickstoff grosse Auswaschungsverluste verursachen können.

*Tab. 2.* Einfluss von Klee, Gras und Brache auf die Stickstoffauswaschung nach *Low* und *Armitage*, 1970 (zit. *Czeratzki*, 1973)

Zeitraum	Weissklee	N-Auswaschung kg/ha Wiesenfuchsschwanz	Brache
1951/52	38	5,0	137
1952/53	27	1,8	114
1953/54	26	1,3	113
1954/55	60 <sup>1</sup>	3,9	105
1956	131 <sup>2</sup>	2,0	41

<sup>1</sup> Klee absterbend.

<sup>2</sup> Klee entfernt.

Aus *Tabelle 2* wird auch verständlich, dass verschiedene Autoren die grössten Auswaschungsraten während der Vegetationsruhe beobachteten. Nach *Kolenbrander* (zit. *Czeratzki*, 1973) kann sogar aus Dauergrünland auf Sandboden bis etwa 35 % des zugeführten Stickstoffs ausgewaschen werden, wenn im Winterhalbjahr gedüngt wird. –

Auf Grund von Untersuchungen und Berechnungen schätzt derselbe Autor, dass in den Niederlanden die N-Auswaschung aus dem Ackerland 54, aus dem Grünland nur 13 kg je ha und Jahr beträgt.

Auch der Herbizideinsatz bedeutet – von Einzelfällen abgesehen – im Futterbau bislang keine Gefahr für Qualität und Umwelt, da nur geringe Flächenteile mit chemischen Mitteln behandelt werden.

In Bayern sind es jährlich 2,2% des Dauergrünlandes, in Oberbayern und Schwaben bis 3,5%. Wenn man dann noch den Ackerfutterbau ausser Futterrüben und Mais hinzurechnet, sind es in Bayern über 50% der LN, auf denen überhaupt keine chemischen Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden. In der Schweiz wird der Anteil eher noch grösser sein, weil der Anteil des Natur- und Kunstfutterbaues an der LN über 80% beträgt.

### **Faktoren, die die Intensivierung begrenzen können**

#### *1. Das Ertragspotential des Standortes und des Pflanzenbestandes*

Das Ertragspotential kann im Futterbau nicht mit der Trockenmasse (Trm), sondern muss nach Menge und Qualität definiert werden, wobei der Konzentration verdaulicher Nährstoffe in der Einheit Trm eine besondere Bedeutung zukommt. Untersuchungen zur Erfassung des Ertragspotentials wurden unter anderen von *Alberda* (1968) in den Niederlanden durchgeführt. Er kam bei einer frühen und einer späten Sorte von Deutschem Weidelgras auf über 200 dz Trm je ha unter optimalen Produktionsbedingungen.

Voraussetzung war, dass das gemähte Gras unmittelbar nach dem Schnitt von der Fläche entfernt wurde, weil sonst der schnelle Nachwuchs verhindert wurde. Genutzt wurde bei jeweils 40 dz Trm je ha, so dass insgesamt fünf Nutzungen pro Jahr mit sehr guter Qualität entstanden. Die Düngung wurde so bemessen, dass kein Mangel, aber auch keine wesentlichen Überdüngungen entstehen konnten. Dabei wurde von der Konzentration in der Pflanzensubstanz ausgegangen. So wurde ein Nitrat ( $\text{NO}_3$ )-Gehalt von 0,6% in der Trm eingehalten, der nach *van Burg* (1965) etwa die Grenze angibt, von der an keine Ertragssteigerung durch N mehr zu erwarten ist. Daher ist anzunehmen, dass mit 600 kg N, die für den Höchstertrag gebraucht wurden, keine nachteiligen Veränderungen der Futterqualität bewirkt wurden.

Für eine Reihe von Standorten mit N-Steigerungsversuchen errechneten wir mit Hilfe von Regressionsanalysen die Produktionsfunktionen des Stickstoffs. Dabei wird der Ertrag als eine Funktion der N-Düngung dargestellt. Aus dieser Funktion können Ertragsleistung und Rentabilität für jedes kg N bestimmt werden. Als Rentabilitätsschwelle haben wir unterstellt, dass unter unseren Preis-Kosten-Verhältnissen (BRD) das letzte kg Dünger-N noch einen Bruttoertrag von 4 Kilo-Stärke-Einheiten (kStE) = 6,7 kg Trm erbringen sollte.

In *Abbildung 1* sind die Ergebnisse von N-Steigerungsversuchen zu Deutschem Weidelgras (Sorte *Barlenna*) und Knaulgras (Sorte *Holstenkamp*) dargestellt. Die Versuche wurden auf Mineralboden auf unserem Versuchsfeld in Weihenstephan durchgeführt.

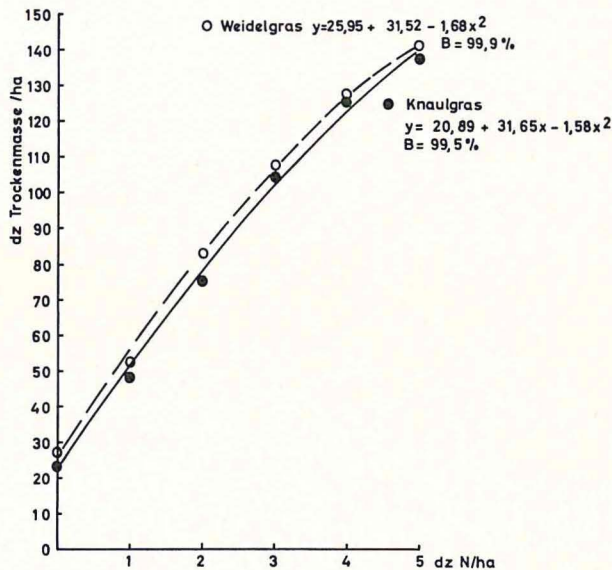


Abb. 1. Produktionsfunktionen der N-Düngung, Deutsches Weidelgras und Knaulgras, Weihestephan, 1973. – Jährlich 5 Nutzungen. Zu jeder Nutzung 20, 40, 60, 80 bzw. 100 kg N/ha. – Grunddüngung 90 kg  $P_2O_5$  und 250 kg  $K_2O$ /ha im Frühjahr. – Kein Weidegang, kein Stallmist.

Mit 500 kg N/ha wurde weder das Maximum noch das Optimum der Ertragssteigerung erzielt. Rechnerisch wurde es vom Weidelgras mit 938 bzw. 730, vom Knaulgras mit 1000 bzw. 790 kg N erreicht. Es ist allerdings anzunehmen, dass sich die Ertragskurve infolge des begrenzten Ertragspotentials der beiden Gräser schon vorher stark abgeflacht hätte. Immerhin war die Düngung bis 500 kg N/ha rentabel, da das letzte kg N noch über 10 kStE erbrachte. Der steile Anstieg der Kurve und die hohen Grenzerträge haben ihre Ursache darin, dass kein Stickstoff von Leguminosen und wenig aus dem Bodenvorrat zur Verfügung stand.

Wie stark der Leguminosenanteil die mineralische Stickstoffwirkung beeinflussen kann, zeigt *Abbildung 2*. Hier wurde auf einer Mähweide auf Mineralboden das Optimum (Grenzkosten = Grenzerlös) schon mit 165 kg N und das Maximum mit 231 kg N/ha produziert. Dabei wirkte sich die Ertragssteigerung nur auf den Grasanteil aus, bei gleichzeitigem Rückgang des Weisskleeanteils.

Ähnlich reagierte eine kleereiche Mähweideansaat auf die N-Düngung (*Abbildung 3*). Der Klee-Ertrag war nur in den Nullparzellen höher als der Grasertrag. Der Grasertrag wurde durch die N-Düngung gesteigert und erreichte ohne Beregnung bei 248 kg N und mit Beregnung bei 317 kg N/ha das Maximum. Der Weisskleeanteil nahm wieder zu, wenn der Zuwachs der Gräser nachliess, ein Zeichen dafür, dass der Weissklee durch mineralischen Stickstoff nicht direkt geschädigt wird. Der stickstoffliebende Löwenzahn breitete sich mit gesteigerter N-Düngung erwartungsgemäss aus. Ohne und mit Beregnung lag das Maximum des Gesamtertrages ausserhalb der aufgewendeten N-Mengen. Ohne Beregnung hat sich in dem niederschlagsarmen Sommer

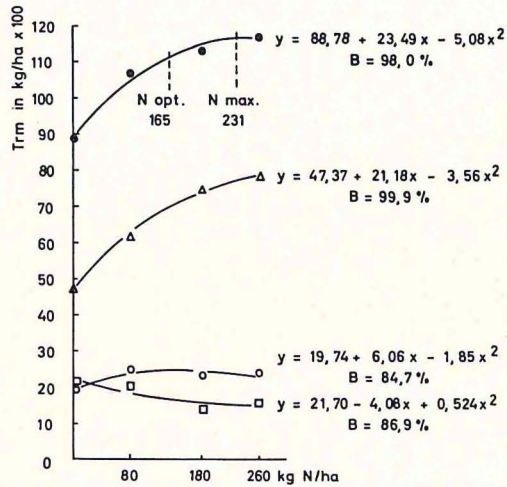


Abb. 2. Produktionsfunktionen der N-Düngung, Mähweide Eberspoint, 1972. Trm-Ertrag: (●) Gesamt, (Δ) Gräser, (◻) Weissklee, (○) Löwenzahn

Anmerkung: 4 Nutzungen,  $N_1 = 4 \times 20$  kg,  $N_2 = 60 + 3 \times 40$  kg,  $N_3 = 80 + 3 \times 60$  kg/ha. – Grunddüngung 80 kg  $P_2O_5$  und 130 kg  $K_2O$  je ha im Frühjahr. – Weidegang, 200 dz Stallmist/ha.

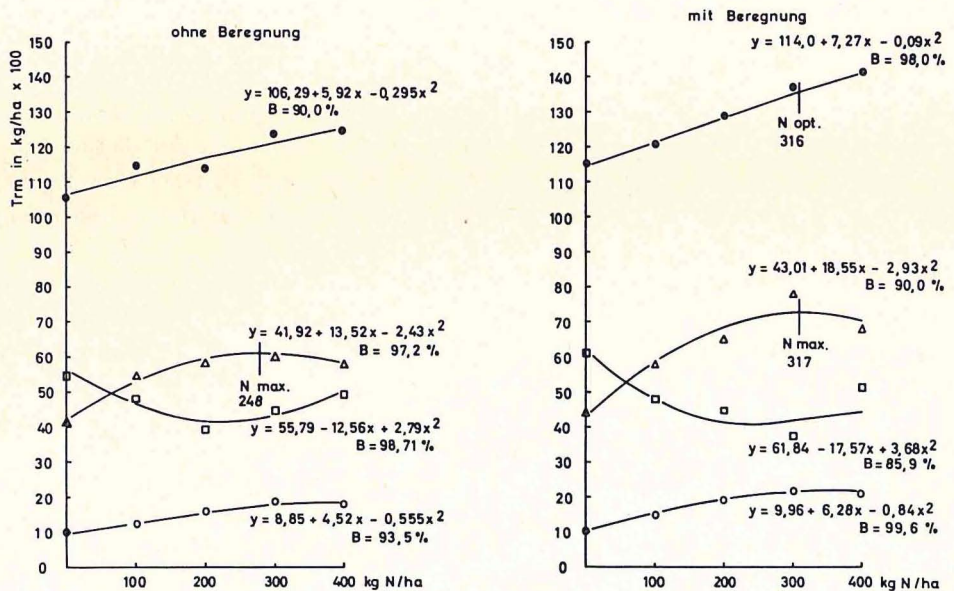


Abb. 3. Produktionsfunktionen der N-Düngung, Mähweide Weihestephan, 1972. Trm-Ertrag: (●) Gesamt, (Δ) Gräser, (◻) Weissklee, (○) Löwenzahn

Anmerkung: 5 Nutzungen mit je 20, 40, 60 bzw. 80 kg N je ha. – Grunddüngung 90 kg  $P_2O_5$  und 250 kg  $K_2O$  je ha im Frühjahr. – Kein Weidegang, kein Stallmist.

die N-Düngung nicht gelohnt, weil die N-Aufnahme durch die Trockenheit begrenzt wurde. Mit Beregnung konnte der Düngerstickstoff gut zur Wirkung kommen. Mit dem Optimum des Gesamtertrages bei 316 kg N/ha war zugleich das Maximum des Grasertrages erreicht. Aus der Berechnung der Produktionsfunktionen für die einzelnen Schnitte lässt sich ableiten, dass die N-Gaben am besten auf die Erträge im ersten, dritten und fünften Aufwuchs gewirkt haben.

Die Bedeutung des Boden- und Leguminosenstickstoffs für die Wirkung der mineralischen N-Düngung lässt sich an der Stickstoffaufnahme der Erntemasse auf den N<sub>0</sub>-Parzellen ermesen. So stellten wir auf N-reichem Niedermoorboden ohne wesentlichen Kleeanteil und ohne jegliche N-Düngung eine Aufnahme bis 400 kg N/ha, auf Mineralboden mit 25% Weissklee in der Grasnarbe eine Aufnahme von etwa 200 kg N und mit 80% Weissklee von über 400 kg N je ha und Jahr fest.

In anderen Versuchen auf Mineralboden mit 25% Weisskleeanteil lag die optimale N-Gabe bei etwa 50 kg N/ha und Schnitt, bei 80% Weissklee nur noch bei 20 kg N je ha und Aufwuchs.

Auf Niedermoorboden mit fast reinen Grasbeständen, aber sehr guter N-Nachlieferung waren grössere Schwankungen in der N-Düngerwirkung erkennbar. In manchen Nutzungen war sie gleich Null, in anderen waren 90 kg N je ha und Aufwuchs noch rentabel. Die Unterschiede in der Wirkung waren durch das im Sommer abnehmende Ertragspotential der Grasnarbe und durch die witterungsabhängige Verfügbarkeit des Bodenstickstoffs bedingt. Es ist demnach zweckmässig, die Produktionsfunktionen für die einzelnen Nutzungen zu errechnen. Aber schon dann, wenn wir sie nur für den Jahresertrag berechnen, können wir die wirtschaftliche Grenze der Ertragssteigerung durch N und die Unterschiede zwischen verschiedenen Standorten recht gut erkennen.

Die physiologische Grenze der Ertragssteigerung im Futterbau durch N-Düngung lässt sich an den NO<sub>3</sub>-Gehalten im Futter gut ermesen. Aus *Abbildung 4* ist ersichtlich, dass sich mit einer N-Steigerung von 0, 60, 120 und 240 kg je ha und Aufwuchs die Ertragskurven in den meisten Nutzungen stark abflachen bzw. den Höchstertrag schon erreicht haben, wenn 0,6% NO<sub>3</sub> in der Trm enthalten sind, womit eine gute Übereinstimmung mit *van Burg* (1965) und *Alberda* (1968) besteht. Andererseits wird auch mit einer unwirtschaftlichen Düngung von 240 kg N je ha und Nutzung die Schadgrenze für das Tier (1,6% NO<sub>3</sub>) nicht annähernd erreicht.

## 2. Die Beeinträchtigung der Futterqualität

Qualitätsveränderungen durch gesteigerte N-Düngung:

- Steigende Gehalte im Futter an Rohprotein und NPN einschliesslich Nitraten.
- Sinkende Gehalte an löslichen Kohlenhydraten, Rohfaser und stickstofffreie Extraktstoffe bei etwa gleichbleibenden Lignin- und Rohfettgehalten, aber erhöhten Karotingehalten.
- Steigende Gehalte an Asche, Kali, Calcium und Magnesium bei wenig veränderten Phosphor- und unregelmässig erhöhten Natriumgehalten.
- Unveränderte bzw. steigende Gehalte an Spurenelementen mit Ausnahme von Kupfer, dessen Gehalt durch N-Düngung leicht gesenkt wurde.

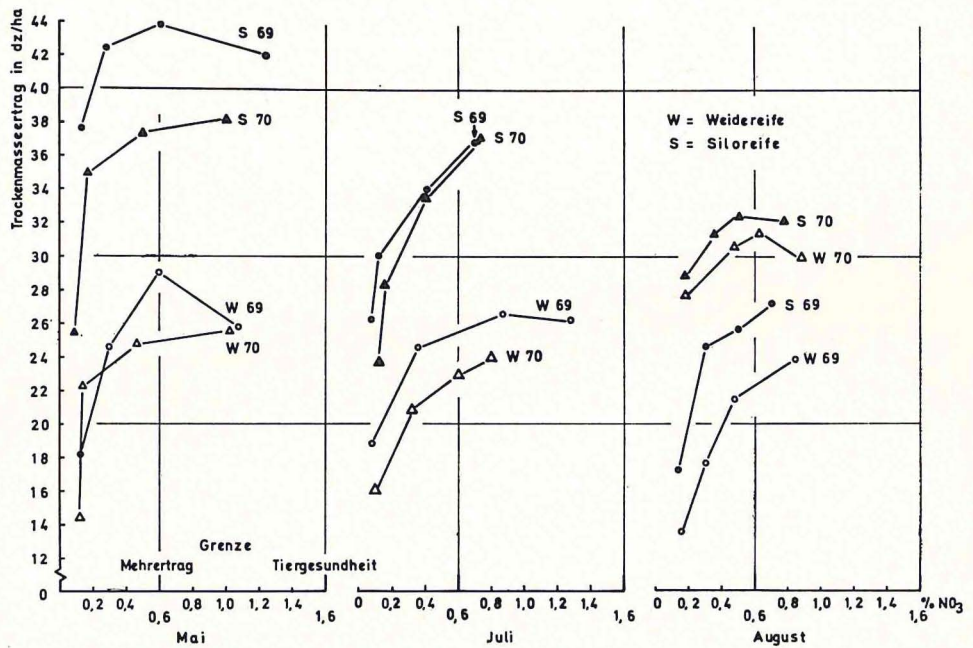


Abb. 4. Erträge in dz Trm je ha und  $\text{NO}_3$ -Gehalte von Mähweidefutter in % der Trm auf stickstoffreichem Niedermoor 1969 und 1970. – N-Steigerung 0, 60, 120, 240 kg/ha. – W = Weidereife, S = Siloreife.

Tabelle 3 gibt ein Beispiel für die Anreicherung von N-haltigen Substanzen in Abhängigkeit von der N-Düngung. Wir haben auf diesem N-reichen Niedermoorboden bis zu einer Anwendung von 60–120 kg N je ha und Nutzung durchaus erwünschte Gehalte, die auf Mineralboden auch bei Anwendung noch höherer Gaben nicht überschritten werden. In Anbetracht der Situation auf dem Eiweiss-Futtermittelmarkt sind also bei einer produktionstechnisch und wirtschaftlich vertretbaren N-Düngung von 60–80 kg/ha pro Aufwuchs in bezug auf die N-Fraktion keine Nachteile zu befürchten.

Tab. 3. Stickstoffdüngung und stickstoffhaltige Substanzen im Weidefutter auf Niedermoorboden (Grüschwaige 1969)

kg N/ha	dz Trm/ha	% Trm	% Rohprotein	% Nichtprotein-Stickstoff	% Nitrate
<i>Weidereife – Mai</i>					
0	18,7	16,0	21,8	3,5	0,12
60	27,7	15,4	24,5	5,6	0,30
120	29,0	15,4	27,7	8,1	0,60
240	26,5	13,8	29,9	8,5	1,08
<i>Siloreife – Mai</i>					
0	37,6	17,2	17,4	3,5	0,15
60	42,3	16,5	17,9	4,4	0,28
120	43,9	15,9	20,8	6,1	0,61
240	42,1	15,2	23,9	8,6	1,24



Ungünstiger stellt sich die Situation bei den Kohlenhydraten (KH) dar (Abbildung 5). Hier sind nur die löslichen KH dargestellt. Ähnlich verhalten sich die N-freien Extraktstoffe (NFE) und die Rohfaser. Während die Herabsetzung der Rohfasergehalte keinen Nachteil für die Futterqualität bedeutet, trifft das für die löslichen KH und NFE eher zu, zumal der Rückgang schon bei Anwendung von 60 kg N je ha und Nutzung sehr deutlich ist. Dieser Nachteil muss aber in Kauf genommen und durch Beifütterung von energiereichem Grund- oder Kraftfutter ausgeglichen werden.

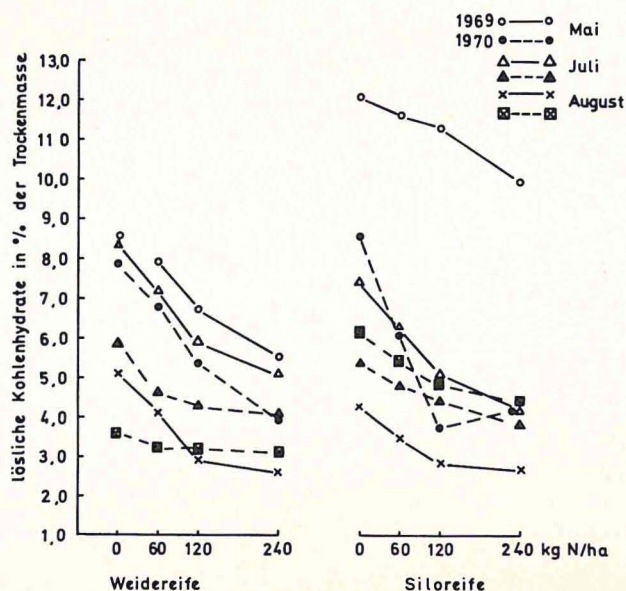


Abb. 5. Lösliche Kohlenhydrate im Weidefutter 1969 und 1970 in Abhängigkeit von N-Düngung, Reifestadium und Jahreszeit.

Man muss auch bedenken, dass es sich hier um grasreiche Bestände handelt, die höhere KH-Gehalte aufweisen als klee- und kräuterreiche. Durch die Anwendung einer angemessenen N-Düngung wird im allgemeinen erst eine Angleichung der KH-Gehalte grasreicher an kleereiche Bestände bewirkt. Durch den Gehalt an KH bzw. verdaulicher Energie wird jedenfalls die Intensität im Futterbau nicht begrenzt, solange noch die Menge, ausgedrückt in kStE, durch N-Düngung in lohnendem Umfang gesteigert wird.

Generell ist unbestritten, dass die Aufnahme von Mengen- und Spurenelementen durch die Pflanzen mit steigenden Stickstoffgaben und steigenden Trm-Erträgen Schritt halten kann, wenn das Angebot an diesen Elementen aus dem Boden und/oder der Düngung für die Versorgung ausreicht. Es kann sogar bis zu überhöhten N-Gaben zu einer Gehaltssteigerung von Kali (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) kommen; denn das Nitrat ( $\text{NO}_3$ )-Ion begünstigt nach Mengel (1972) die Aufnahme von  $\text{K}^+$  und  $\text{Mg}^{++}$ , wobei nach Schachtschabel (1954) auf Böden mit guter Nitrifikation die

Stickstoff-Form in der Düngung eine untergeordnete Rolle spielt. Von einer direkten Qualitätsminderung durch N-Düngung kann also auch bei Mengen- und Spurenelementen nicht gesprochen werden.

#### Qualitätsveränderungen durch Phosphorsäure und Kali (PK)-Düngung

Die Bemessung der PK-Düngung im Futterbau war lange umstritten. Erst die konsequente Berücksichtigung des Kreislaufs der Pflanzennährstoffe im Futterbaubetrieb brachte mehr Klarheit. Danach ist die PK-Versorgung unter Berücksichtigung der Faktoren Bodenvorrat, Nährstoffentzug, Viehbesatz und Kraftfutterzukauf so zu gestalten, dass ihre ertragssteigernde Wirkung voll ausgeschöpft wird. In praxi bedeutet das, dass im reinen Grünlandbetrieb mit einem Viehbesatz von 2–2,5 GVE je ha bei einigermaßen verlustloser Aufbewahrung und sachgemäßer Anwendung der Wirtschaftsdünger der Nährstoffkreislauf an P und K nahezu geschlossen ist. Im Vergleich dazu waren die Düngungsempfehlungen meist stark überhöht, weil sie sich zu einseitig am Entzug des Pflanzenertrages orientierten. Das führte in vielen Betrieben zu einer Überdüngung der Futterflächen.

So fand *Rieder* (1974) bei einer Auswertung von 13000 Analysenergebnissen aus einem südbayerischen Grünlandkreis, dass 1973 75% aller Proben mehr als 30 mg  $P_2O_5$  und 44,9% mehr als 30 mg  $K_2O$  je 100 g Boden enthielten. Dabei führen Werte über 20–25 mg nur selten zu höheren Erträgen oder zu höheren P-Gehalten im Futter.

Aus einer Auswertung von 13 Phosphatsteigerungsversuchen auf verschiedenen Standorten in Bayern ging weiterhin hervor, dass von 26 möglichen Fällen 8 überhaupt keine P-Wirkung ergaben. In 7 Fällen wurde mit 45 kg  $P_2O_5$ /ha, in 9 mit 90 kg/ha und nur in 2 Fällen auf extremem Grenzstandort mit 135 kg  $P_2O_5$  je ha der Höchstertag erreicht.

Diese Ergebnisse zeigen, dass pauschale Düngungsempfehlungen falsch sind und dass Methoden entwickelt werden müssen, in jedem Fall richtig zu düngen, das heisst nicht zuviel und nicht zuwenig. Ich halte es aus diesem Grund auch nicht für richtig, die Düngung, zum Beispiel mit P und Spurenelementen, auch dann zu empfehlen, wenn damit keine Ertragssteigerungen mehr zu erreichen sind, also nur zur Anreicherung des Futters mit dem entsprechenden Mengen- oder Spurenelement. Wo will man da die Grenze ziehen, zumal man weiss, dass Überdosierungen gefährlich sein können? Das gilt weniger für Mg und Na, weil eine Überdüngung kaum direkt schädlich für Pflanze und Tier werden kann. Es besteht lediglich die Gefahr, dass die Pflanze auch bei hohem Angebot nichts davon aufnehmen kann, dass also wirtschaftlich unsinnig gehandelt wird. Hierzu verweise ich auf *Tabelle 4*. Hier wurde eine befriedigende Anreicherung des Futters mit Na und auf Standort III auch mit Mg verhindert, wenn hohe K-Werte im Boden und im Futter vorhanden waren. Bei mittleren K-Gehalten auf Standort II genügten schon 53 kg  $Na_2O$  je ha für eine kräftige Erhöhung des Na-Gehaltes im Futter.

Es kann also nicht geleugnet werden, dass durch falsche Düngungsmassnahmen die Gleichgewichte zwischen einzelnen Mengen- und Spurenelementen im Futter nachhaltig verschoben werden. Viele Zusammenhänge sind wahrscheinlich noch nicht genü-

Tab. 4. Kali-, Magnesium- und Natriumgehalte im Mähweidefutter von drei Standorten in Abhängigkeit von der Düngung und den Gehalten des Bodens

Ort	Düngung kg/ha		Boden K <sub>2</sub> O		Durchschnittsgehalte von 5 Aufwüchsen					
	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	1970	1971	1970			1971		
					K	Mg	Na	K	Mg	Na
I	323	–	37	30	4,03	0,28	0,028	3,43	0,23	0,028
	67	53	19	14	3,66	0,37	0,051	2,99	0,28	0,057
II	323	–	15	20	3,26	0,28	0,163	3,56	0,26	0,175
	67	53	11	10	2,37	0,34	0,341	2,24	0,34	0,452
III	120	–	78	79	3,98	0,14	0,022	4,16	0,19	0,008
	120	240	56	72	3,92	0,14	0,035	3,98	0,19	0,023

I = Dorfacker und II = Spitalhof (Mineralboden).

III = Grünschwaige (Niedermoorboden).

Anmerkung: Bedarfswerte für die Milchkuh bei mittlerer Futteraufnahme: 0,15–0,2% Na und 0,2–0,25% Mg in der Trm.

gend bekannt. Die Folgen für die Tiergesundheit können schwerwiegend sein. Es sei nur an Weidetetanie, Nitratvergiftung und Calzinose erinnert. Es wäre aber nicht berechtigt, diese Folgen falscher Düngungsmassnahmen einer richtig verstandenen Intensivierung anzulasten. Wissenschaft und Beratung müssen mehr denn je bestrebt sein, brauchbare Methoden für eine angemessene Düngung zu entwickeln bzw. in die Praxis einzuführen.

### 3. Nutzungshäufigkeit, Schwierigkeiten und Kosten der Futterkonservierung

Noch weniger als durch eine angemessene Düngung wird die Grenze der Intensivierung im Futterbau durch die Nutzungshäufigkeit erreicht oder gar überschritten. Es kommt höchstens vor, dass im Frühjahr oder bei Futterknappheit zu junges Futter beweidet wird mit den bekannten Nachteilen für Leistung und Tiergesundheit. Hier liegt jedoch keine Intensivierung, sondern eher das Gegenteil vor. Ausserdem sind die Massnahmen bekannt, die man in der Ergänzungsfütterung ergreifen muss, wenn kein weidereifes Futter zur Verfügung steht. Die intensivste Nutzung wäre demnach bei mehrschnittigen Futterflächen einschliesslich Dauergrünland dann möglich, wenn Menge und Inhaltsstoffe in allen Aufwüchsen ein optimales Verhältnis erreicht haben. Nutzt man das Futter in jüngerem Zustand, kann die Tiergesundheit beeinträchtigt werden, nutzt man älteres Futter, leidet die daraus erzielbare Leistung. Das Optimum wäre für Milchvieh im Mähweidefutter etwa mit folgenden Zahlen charakterisiert: 20–25 dz Trm/ha, 20–22% Rohfaser, 600–700 StE/kg Trm und >75% Verdaulichkeit. Das ergäbe auf intensivem Grünland guter Lage fünf bis sechs Nutzungen jährlich. Diese Qualität lässt sich jedoch nur beim Weidegang und mit Hilfe der künstlichen Trocknung einhalten. Alle anderen Konservierungsverfahren sind durch um so grössere Verluste in der Feldperiode und beim Konservierungsvorgang selbst gekennzeichnet, je jünger und blattreicher das Erntegut ist. Die Praxis reagiert darauf, indem

sie das Futter für Silierung und Heubereitung entsprechend älter werden lässt und Wertminderungen in Kauf nimmt. Insofern wird die Grenze der Intensivierung sehr entscheidend durch die Schwierigkeiten der Futterkonservierung gezogen. Sie hat sich von jeher als Bremse für den Fortschritt in der Steigerung der Futterproduktion durch stärkere Düngung und häufigere Nutzung erwiesen.

Es kommt wesentlich darauf an, Erzeugung und Verwertung aufeinander abzustimmen. Ein erfahrener Grünlandwirt benötigt für 4000 Netto-kStE rund 5000 kStE/ha brutto, weil er bei der Weideführung und der Futterkonservierung mit 20% Verlust auskommt. Ein anderer muss 6000 kStE/ha erzeugen, um 4000 Netto-kStE zu erreichen, weil er nur 66% des erzeugten Futters zu verwerten versteht. Wie gross die Unterschiede in Abhängigkeit von der Weideführung sein können, haben als erste Schweizer Forscher (*Wiegner* und *Grandjean*) durch exakte Untersuchungen ermittelt. Sie fanden bei langsamem Umtrieb eine mittlere Ausnutzung des Weidefutters von nur 48%. Ohne Mehrdüngung, allein durch Beschleunigung des Umtriebs und Heuzwischennutzung, wurde eine Ausnutzung von 72% erzielt, in einem Fall sogar von 96%.

Gute Grünlandwirte gehen also erst den Weg der Verlustminderung, ehe sie an eine weitere Ertragssteigerung denken, weil sie bei der Futtermittelnutzung eher an die Grenzen der Intensivierung stossen als bei der Futtererzeugung.

#### 4. Die Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Situation

Die mögliche Produktionsintensität wird auch von der Leistungsfähigkeit und der Nutzungsrichtung der Nutztierhaltung eindeutig bestimmt und begrenzt. Milchvieh mit hohen Leistungen erlaubt und erfordert bis zu einem gewissen Grade aus Gründen der Futterqualität eine hohe Intensität der Futterproduktion, während extensive Nutzungsformen, zum Beispiel Jungviehaufzucht oder Mutterkuhhaltung, infolge geringerer Roherträge nur geringe Aufwendungen lohnen, allerdings grössere Flächen benötigen, wenn ein entsprechendes Einkommen erzielt werden soll.

Aber auch die Ausstattung eines Futterbaubetriebes mit Fläche, Gebäuden, Arbeitskräften und Kapital wirkt entscheidend zurück auf die Intensität der Futterproduktion. Ein Betrieb, der knapp mit Fläche ausgestattet ist im Vergleich zu dem Viehbesatz, den er auf Grund der Arbeitskräfte- und Gebäudesituationen verkraften kann, wird dicht an die wirtschaftlich vertretbare Grenze in der Intensität der Futtererzeugung herangehen. Je mehr Fläche er zur Verfügung hat, desto mehr kann er in der Erzeugungsintensität nachlassen bis zu der unteren Grenze, die ihm durch das Gebot eines gut über die Vegetationszeit verteilten, qualitativ hochwertigen Futters gezogen wird. Je mehr Vieh er durch Verbesserung der Arbeitskräfte- und Gebäudeverhältnisse, zum Beispiel mit Hilfe von Kapitaleinsatz, im Laufe der Zeit halten kann, desto mehr muss er mit der Steigerung der Futterproduktion nachziehen.

Diese Verhältnisse wurden für südbayerische Grünlandbetriebe durch Untersuchungen von *Wenzl* (1970) bestätigt, der mit steigender Betriebsgrösse eine fallende Nettoleistung je ha ermittelte. Dabei ist natürlich nicht auszuschliessen, dass geringere Nettoleistungen in grösseren Betrieben infolge grosser Verlustraten aus hohen Bruttoleistungen resultieren.

### 5. Die Wirtschaftlichkeit der Aufwendungen

Schliesslich bestimmt die Wirtschaftlichkeit des gesamten Betriebszweiges Futterbau/Nutztierhaltung die Intensität der pflanzlichen Erzeugung. Das geht aus einer Kalkulation von *Steinhauser* u.a., Weihenstephan, (1972) hervor; er hat untersucht, ob durch Variation der Einflussgrössen Düngung, Futtermittelkonservierung und Stallbauten die Situation von Futterbaubetrieben mit guter Produktionstechnik grundsätzlich verändert werden kann. Hier sollen nur die Einflüsse einer Intensivierung der Produktionstechnik, gemessen an der Höhe der N-Düngung, herausgehoben werden, zumal nach *Steinhauser* (1972) von neueren Konservierungsverfahren und neuen Stallbauformen keine wesentlichen Rationalisierungseffekte erwartet werden.

Für den optimalen Handelsdüngereinsatz auf dem Acker gilt grundsätzlich, dass der Düngeraufwand so weit zu steigern ist, dass sich die letzte eingesetzte D-Mark in Form von Handelsdünger gerade noch bezahlt macht. Dasselbe gilt für den Handelsdüngereinsatz auf dem Grünland. Erschwerend kommt hier jedoch hinzu, dass der Grenzertrag des Handelsdüngers auf dem Grünland nicht nach dem Marktwert des direkt erzeugten Produktes in Geld gemessen werden kann, sondern dass er von der Verwertung des erzeugten Futters in der Viehwirtschaft abhängt. Da je nach den vorhandenen Produktionsfaktoren verschiedene Produktionsverfahren der Viehhaltung zum Zuge kommen können, schwankt auch der Veredlungswert des Handelsdüngers bzw. die optimale Düngungsintensität von Betrieb zu Betrieb erheblich. Das Gesamtergebnis ist in *Tabelle 5* zusammengefasst. Wir sehen, dass in der Verwertung der Netto-kStE der Familienbetrieb dem Lohnarbeitsbetrieb in allen Produktionsverfahren überlegen ist. Ebenso ist entscheidend, ob in Altbauten produziert werden kann oder ob neu gebaut werden muss. Die Grenzkosten/kStE liegen in der Bullen-, Färsen- und Ochsenmast deswegen höher als in der Milchvieh- und Koppelschafhaltung, weil hier jüngeres Futter ohne Portionsweide angeboten werden muss. Infolgedessen wird mit grösseren Verlusten beim Weidegang gerechnet. Bei einem Vergleich der Grenzerträge mit den Grenzkosten sehen wir, dass ein Düngeraufwand von über 200 DM/ha nur gerechtfertigt ist, wenn das erzeugte Futter über Milchviehhaltung im Familienbetrieb verwertet wird und wenn Flächenzupacht nicht möglich ist. Alle übrigen Verfahren vertragen nur geringere, zum Teil wesentlich geringere Düngeraufwendungen als 200 kg N/ha.

Bei Zupachtmöglichkeit tritt eine andere Situation ein. Nach einer hier nicht näher zu erläuternden Kalkulation, die aber jederzeit nachvollzogen werden kann, lohnt sich eine Steigerung der Düngung auf über 150 kg N/ha nicht, solange gleich gutes Grünland in erreichbarer Nähe bis zu Pachtpreisen von 350 DM/ha angeboten wird.

Nach *Steinhauser* (1972) ergeben sich daher für den Handelsdüngereinsatz auf dem Grünland drei Möglichkeiten:

- Wenig Grünland, relativ grosse Arbeits- und Gebäudekapazität, keine Zupacht möglich:

Hohe Düngungsintensität (über 150 kg N/ha)

Tab. 5. Grenzertrag und Grenzkosten der Futtererzeugung auf dem Grünland (Steinhauser, 1972)

Betriebliche Situation	Produktionsverfahren der Viehhaltung			
	Milchviehhaltung 4000 kg Milch/ Kuh	Weidebullen- mast	Färsenaufzucht Färsen-, Ochsenmast	Koppelschaf- haltung
<i>Grenzertrag, DM/Netto-kStE</i>				
Familienbetrieb mit				
vorhandenen Ställen	0.60	0.35–0.40	0.25–0.30	0.30–0.35
Neubauställen	0.45	0.25–0.30	0.15–0.20	0.27–0.32
Lohnarbeitsbetrieb mit				
vorhandenen Ställen	0.45	0.27–0.32	0.17–0.22	0.22–0.27
Neubauställen	0.20	0.17–0.22	0.07–0.12	0.19–0.24
<i>Grenzkosten<sup>1</sup>, DM/Netto-kStE</i>				
bei Düngungssteigerung von				
150 auf 200 kg N/ha	0.25	0.36	0.36	0.25
200 auf 250 kg N/ha	0.33	0.48	0.48	0.33
250 auf 300 kg N/ha	0.55	0.71	0.71	0.55
bei 150 kg N/ha und Zupacht bei Pachtpreisen von				
250 DM/ha	0.22	0.22	0.22	0.22
300 DM/ha	0.23	0.23	0.23	0.23
350 DM/ha	0.25	0.25	0.25	0.25

<sup>1</sup> Einschliesslich Werbungskosten für 50 % des Nettoertrages als Winterfutter.

– Reichlich Grünland, relativ geringe Arbeits- und Gebäudekapazität, keine Verpachtungsmöglichkeit:

Niedrige Düngungsintensität (unter 100 kg N/ha)

– Flächenveränderung durch Zu- und Verpachtung möglich:

Mittlere Düngungsintensität (100–150 kg N/ha)

Aus diesem Beispiel sehen wir sehr deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit die Intensität im Futterbaubetrieb begrenzen kann, obgleich produktionstechnisch mit steigenden Düngergaben die Futterproduktion je ha noch gesteigert werden könnte. Werden diese Gesetzmässigkeiten beachtet, besteht in den meisten Betrieben noch weniger die Gefahr einer zu starken Düngung mit den befürchteten Folgen, als wenn man sich am pflanzenbaulichen Mehrertrag oder gar am Ertragspotential orientiert.

### Zusammenfassung

1. Der Intensivierung im Futterbau können durch folgende Faktoren Grenzen gesetzt werden: Ertragspotential des Standortes und des Pflanzenbestandes, Beeinträchtigung der Futterqualität, Schwierigkeiten der Futtermittelverwertung und -konservierung, betriebs- und arbeitswirtschaftliche Lage, Wirtschaftlichkeit der Aufwendungen.

2. Bei Begrenzung des Aufwandes auf das für die angestrebte Intensitätsstufe erforderliche Mass und bei rechtzeitiger Anwendung ist eine Belastung der Gewässer durch Rückstände von Düngemitteln und Herbiziden nicht zu befürchten; denn die Nährstoffauswaschung aus einer dichten und das ganze Jahr über lebensfähigen Grasnarbe ist im Vergleich zum Ackerland gering. Herbizide werden im Natur- und Kunstfutterbau nur auf einem sehr kleinen Flächenanteil angewandt.

3. Das Ertragspotential der meisten Grünlandflächen wird zur Zeit nicht annähernd ausgeschöpft. Eine Ausschöpfung mit angemessenem Düngeraufwand und optimaler Gestaltung der übrigen Produktionsfaktoren hätte keine schädlichen Folgen für Qualität und Umwelt, wäre aber in den meisten Fällen unrentabel.

4. Mit Hilfe von Stickstoffsteigerungsversuchen wurde das wirtschaftlich gerade noch tragbare Mass für einzelne Standorte ermittelt, indem die Produktionsfunktionen des Stickstoffs durch Regressionsanalysen errechnet wurden. Ertragsleistung und Rentabilität des Düngerstickstoffs waren deutlich von der Menge des verfügbaren Boden- und Leguminosenstickstoffs abhängig.

5. Die physiologische Grenze der Ertragssteigerung im Futterbau durch N-Düngung kann am  $\text{NO}_3$ -Gehalt getestet werden; sie wird nach verschiedenen Autoren und Versuchen des Verfassers mit 0,4–0,6 %  $\text{NO}_3$  in der Pflanzentrockenmasse erreicht.

6. Die Beeinträchtigung der Futterqualität zieht der Intensivierung keine Grenzen, wenn der Aufwand stets dem unter den jeweiligen Verhältnissen erzielbaren Ertrag angemessen ist. Überdüngung und falsche Düngung können schädliche Folgen für Pflanze und Tier haben, dürfen aber nicht mit Intensivierung verwechselt werden.

7. Die intensivste Nutzung des Futters wäre dann gegeben, wenn die wertgebenden Inhaltsstoffe in allen Aufwüchsen das für die Tierernährung günstigste Verhältnis erreicht haben. Da die Konservierung in diesem Zustand mit grösseren Verlusten verbunden ist, lässt man es physiologisch älter werden. So setzen die Schwierigkeiten der gebräuchlichsten Konservierungsverfahren der Intensivierung in der Futterproduktion deutliche Grenzen. Dabei beeinflusst die Verlustminderung den Enderfolg häufig stärker als die Ertragssteigerung, weil sie keine oder geringe Kosten verursacht.

8. Die Intensivierung der Futterproduktion hängt ausserdem von der betriebswirtschaftlichen Situation ab. Die Nutzungsrichtung begrenzt die Intensität des Futterbaues um so mehr, je geringer die möglichen Verkaufserlöse sind.

9. Bei knapper Nutzfläche und relativ grosser Arbeits- und Gebäudekapazität muss die Futterproduktion mit hoher, im umgekehrten Fall kann sie mit mässiger Intensität betrieben werden.

10. Die Wirtschaftlichkeit der Aufwendungen, gemessen am Gesamterlös des Betriebszweiges Futterbau/Nutzviehhaltung, dürfte die Intensivierung in den meisten Fällen entscheidender und früher begrenzen als die erwähnten produktionstechnischen Rücksichten. Lediglich bei Milchviehhaltung mit hohen Leistungen und bei knapper Flächenausstattung dürfte die Intensivierung bis in die Nähe des Ertragspotentials noch rentabel sein.

## Literatur

- Alberda, Th.*: Maximale grasproduktie. Stikstof 5, 538–545 (1968).
- Burg, P. F. J. van*: De Stikstofbemesting van grasland. 7. Het nitraatgehalte als indicator voor de stikstof-voeding. Stikstof 4, 461–469 (1965).
- Czeratzki, W.*: Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Landbauforsch. Völkenrode 23, 1–18 (1973).
- Koblet, R.*: Pflanzenbau und Umwelt. Schweizerische landw. Forsch. 12, 1–19 (1973).
- Mengel, K.*: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 4. Aufl. 1972, Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart.
- Rieder, J.*: Die Düngung neu überdenken. Bayer. landwirtsch. Wbl. 164, Nr. 6, 18–20 (1974).
- Schachtschabel, P.*: Das pflanzenverfügbare Magnesium des Bodens und seine Bestimmung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. 67, 9–23 (1954).
- Steinhauser, H., Wrede, J. und Reinhardt, H.*: Die zukünftige Entwicklung der Milcherzeugung in Grünlandbetrieben unter Berücksichtigung der neuzeitlichen Erzeugungs- und Konservierungsmethoden. BASF-Mitteilungen für den Landbau – Grünlanddüngung, Grünlandnutzung und Futtermittelkonservierung, 161–192 (1972).
- Wenzl, D.*: Einfluss von Betriebsgrösse, AK-Besatz und Düngeraufwand auf den Netto-Ertrag des Futterbaues in südbayerischen Grünlandbetrieben. Wirtschaftseig. Futter 16, 100–119 (1970).