

Ausgeglichene Düngung zur Verbesserung der Nährstoffwirksamkeit bei unzureichender Düngemittel- versorgung *)

**Balanced manuring, for increased utilization of nutrients
under limited availability of fertilizers**

Von G. Kemmler**)

1. Einleitung

In einer Periode weltweiter Düngemittelknappheit ist die optimale Nutzung aller verfügbaren Pflanzennährstoffe das Gebot der Stunde. Hierzu gehören die Rückführung von organischen Abfallstoffen in Form von Stallmist oder Kompost ebenso wie alle Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Wirksamkeit der Mineraldünger-Nährstoffe führen. Diese Forderungen gelten besonders für Entwicklungsländer, in denen Düngemittel nicht nur knapp sind, sondern sich die Preise in kurzer Zeit verdoppelt oder verdreifacht haben.

Im folgenden werden a) anhand von neueren Ergebnissen der Grundlagenforschung einige Fälle der Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit geschildert und b) unter Verwendung von Preisrelationen des Jahres 1974 Ergebnisse von Düngungsversuchen aus der jüngeren Vergangenheit kritisch überprüft.

2. Verbesserung der Ausnutzung von Dünger-Nährstoffen durch ackerbauliche Maßnahmen

Anbau- und Pflegemaßnahmen, wie Aussattermin, Unkrautbekämpfung usw., können die Verfügbarkeit von Boden- und Düngernährstoffen für die

*) Modifizierte deutsche Version eines Beitrages für das „Seminar on Optimising Agricultural Production Under Limited Availability of Fertilizers“, organisiert von der FAO und der Fertilizer Association of India am 13. und 14. Dezember 1974 in New Delhi.

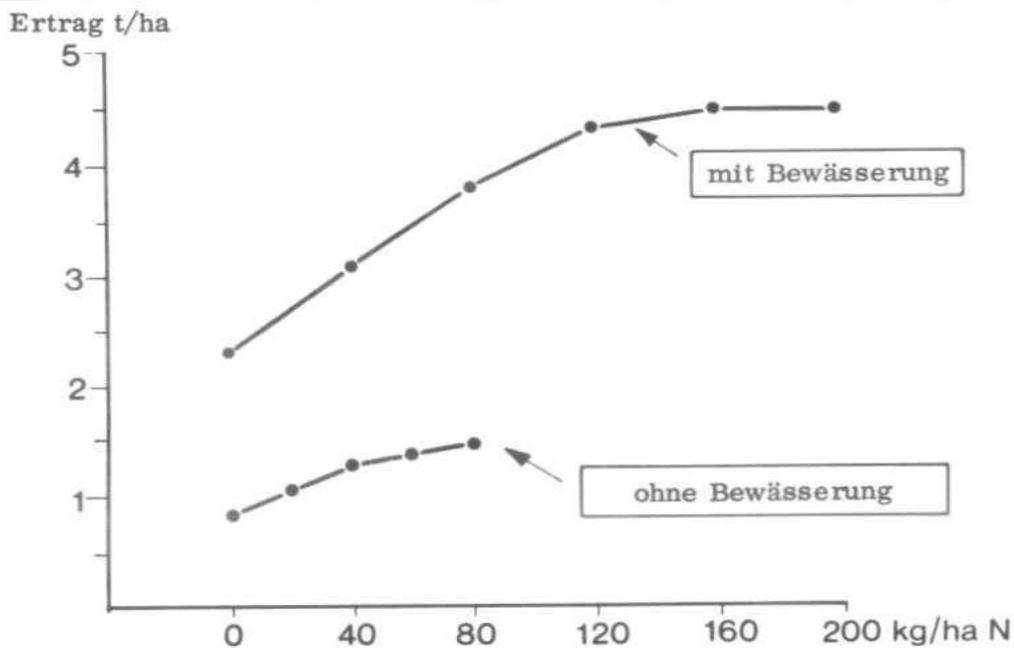
**) Dr. Georg Kemmler, Dipl. Landwirt, Leiter der Arbeitsgruppe für tropische und subtropische Landwirtschaft der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt Büntehof, Hannover.

Anschrift: D 3 Hannover-Kirchrode, Bünteweg

angebaute Kulturpflanze wesentlich beeinflussen. Besonders wirkungsvoll sind Maßnahmen der Be- und Entwässerung, wenn sie zu einem optimalen Feuchtigkeitszustand des Bodens führen. Wir wissen, daß die Düngewirkung bei Bewässerung besser ist als ohne Bewässerung.

Abb. 1

Ertragssteigerung durch N bei Weizen, Rabi-season 1970-71 (Indien)



Mit anderen Worten: Der gleiche Ertrag läßt sich mit geringerem Düngeraufwand oder sogar ohne Düngung erreichen, wenn die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse günstig sind.

Die Ursache ist nicht nur kräftigeres Wurzelwachstum, sondern auch ein direkter Einfluß auf die Beweglichkeit und damit die Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden. Laboratoriumsversuche haben gezeigt, daß der Nährstofftransport durch Diffusion weitgehend vom Feuchtigkeitszustand des Bodens abhängig ist. In einem feuchteren Boden wandern die Nährionen dem Konzentrationsgefälle nach in Richtung Wurzel viel schneller als in einem trockenen Boden. Das bedeutet gleichzeitig, daß unter feuchten Bedingungen das Bodenvolumen, aus dem eine Wurzel Nährstoffe aufnehmen kann, viel größer ist als unter Trockenfeldbedingungen.

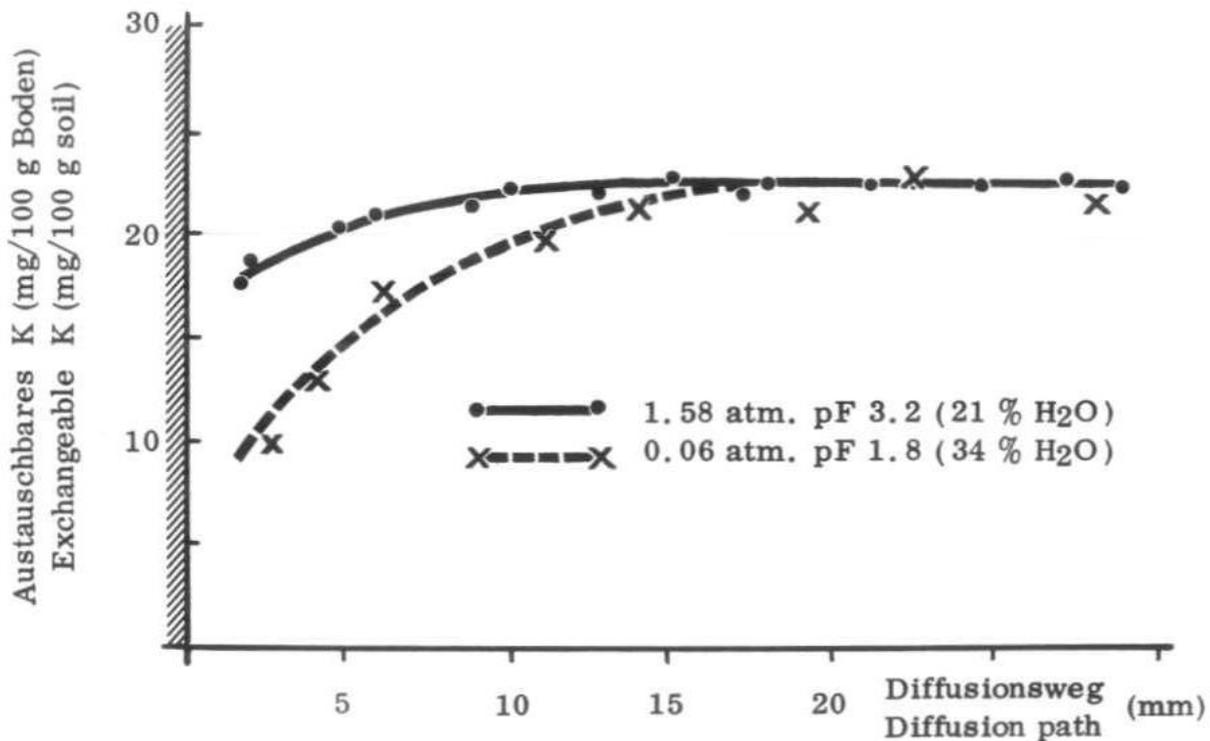
Bei gleichem Nährstoff-Zustand des Bodens führen daher günstigere Feuchtigkeitsverhältnisse zu einer besseren Nährstoffaufnahme und damit zu höheren Erträgen (Abb. 2). In einem Modellversuch mit split-root-Technik wurde der Einfluß der Wasserspannung und des Kaliumversorgungsgrades des Bodens auf den Trockenmasse-Ertrag junger Maispflanzen untersucht. Ein Teil der Maiswurzeln wuchs in einer Nährlösung, die die Pflanze mit Wasser und allen Nährstoffen außer Kalium versorgte.

Die anderen Wurzeln wuchsen im Boden, dessen K-Gehalt durch Düngung vor Versuchsbeginn eingestellt worden war und dessen Feuchtigkeit durch Filterkerzen während des Versuches bei pF-Werten zwischen 1,6 und 2,7 konstant gehalten wurde (Mengel und v. Braunschweig 1972).

Abb. 2

Bodenfeuchtigkeit und K-Diffusion

Soil moisture influences K diffusion

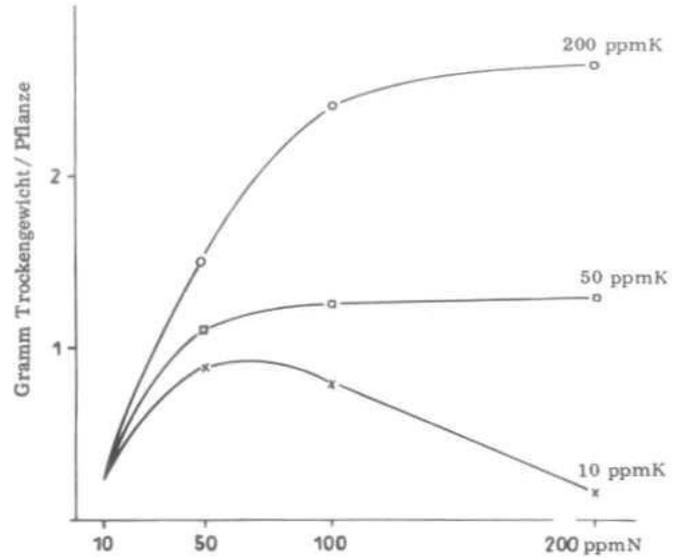


Der höchste Trockenmasse-Ertrag für alle K-Stufen wurde bei optimaler Bodenfeuchtigkeit erzielt (pF 2,0). Bei pF 2,0 war zur Erreichung des gleichen Ertrages weniger Kalium im Boden erforderlich als bei weniger günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen.

3. Bessere Nährstoffausnutzung durch ausgeglichene Düngung

Stickstoff ist der wichtigste Düngernährstoff. Seine Wirksamkeit wird erhöht, wenn die übrigen Wachstumsfaktoren optimal zur Verfügung stehen. Der Einfluß z. B. der Kalium-Versorgung auf die Verbesserung des Stickstoff-Effekts kommt deutlich zum Ausdruck in den Ergebnissen von Wasserkulturversuchen mit Gerste, die MacLeod (1969) veröffentlicht hat. In der Versuchsreihe mit 10 ppm K ließ sich der Kornertrag nur bis zu einem N-Angebot von 50 ppm erhöhen. Eine weitere Steigerung der N-Konzentration führte zu einem Ertragsrückgang. In Gegenwart von 50 ppm K ergaben sich bei höheren N-Gaben zwar keine Ertragsdepressionen, aber auch keine wesentlichen Steigerungen.

Abb. 3

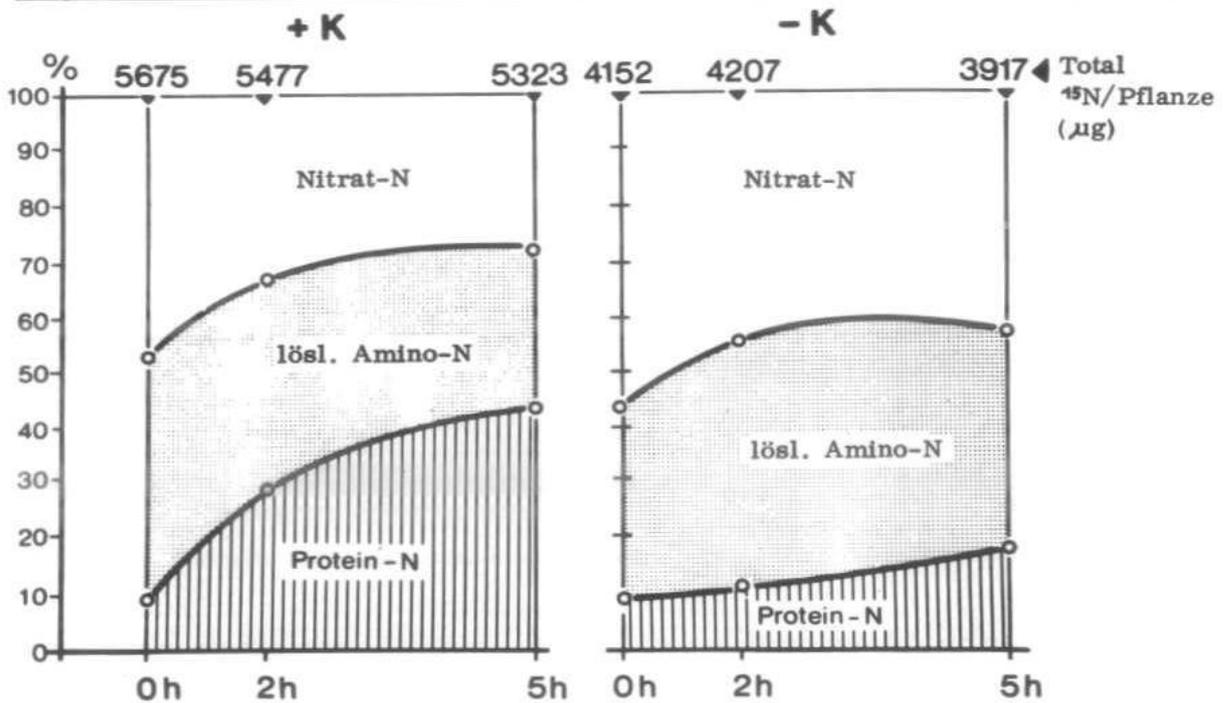


Die Abhängigkeit der N-Wirkung von der K-Konzentration der Nährlösung und der Kornertrag bei Gerste (Mac LEOD 1969)

Erst bei Erhöhung der K-Konzentration auf 200 ppm kamen steigende N-Gaben voll zur Wirkung. Bei unzureichender Versorgung mit Kalium wird der von den Pflanzen aufgenommene Stickstoff vorwiegend in lösliche N-Verbindungen eingebaut, wie freie Aminosäuren, Amide usw. Die Synthese von Eiweißstoffen kann mit der N-Aufnahme nicht Schritt halten. Bei verbesserter K-Ernährung wird dagegen ein größerer Anteil des absorbierten Stickstoffs zum Aufbau von Eiweiß verwendet, wie sich in Wasserkulturversuchen mit Tabakpflanzen bestätigen ließ, bei denen das Stickstoff-Isotop ¹⁵N verwendet wurde (Koch und Mengel 1974).

Abb. 4

Aufnahme und Einbaurrate von markiertem N in Tabakpflanzen (Koch und Mengel, 1974)



Ebenfalls mit ^{15}N durchgeführte Versuche zeigten, daß junge Reispflanzen bei guter K-Versorgung nicht nur den aufgenommenen Stickstoff besser verwerten, sondern daß sie auch in der Lage sind, mehr Stickstoff zu absorbieren.

Tabelle 1: Der Einfluß kurzzeitig variiertes K-Ernährung auf den Gehalt an löslichem markiertem Stickstoff in Sproß und Wurzeln junger Reispflanzen

K-Variation mval K/l	$\mu\text{g } ^{15}\text{N/g}$ Frischgewicht	
	Sproß	Wurzeln
0	167	86
0,5	178	80
1,0	185	100
2,0	210	105
4,0	214	103

(Quelle: MENGEL, VIRO und HEHL 1974)

Dieses Versuchsergebnis ist von besonderer Bedeutung, da Reispflanzen zur Zeit der Bestockung große Mengen an Stickstoff benötigen, um die erforderliche Anzahl von Halmen pro m^2 hervorzubringen (Yoshida und Hayakawa 1970). Offensichtlich gibt es nicht nur keine Konkurrenz zwischen Kalium und Ammonium-Stickstoff bei der Nährstoffaufnahme, sondern beide Ionen unterstützen sich gegenseitig. Bei gleicher Düngung mit Stickstoff sind also höhere Erträge zu erwarten, wenn gleichzeitig der Bedarf der Pflanzen an anderen Nährstoffen wie Phosphorsäure und Kalium gedeckt ist. Für uns ist dies eine Binsenweisheit. Aber sie wird in der Düngungspraxis vieler Entwicklungsländer nicht berücksichtigt (Kemmler 1972). So betrug in Indien das Verhältnis der Düngernährstoffe $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ im Düngjahr 1973/74 100:34:17, während die Ergebnisse von vielen tausend Düngungsversuchen des Coordinated Agronomic Experiments Scheme, das der Indian Council of Agricultural Research (ICAR) im ganzen Land durchführen läßt, die Überlegenheit einer ausgeglicheneren NPK-Düngung eindeutig bestätigen (Tab. 2).

Tabelle 2: Mehrertrag durch NPK-Düngung bei bewässertem Reis in Indien, 1967–1971 (dz/ha)

Anbausaison	Ertrag ohne Düngung	Mehrertrag durch		
		N_{120}	$\text{N}_{120} + \text{P}_{60}$	$\text{N}_{120} + \text{P}_{60} + \text{K}_{60}$
Kharif	29,13	12,53	19,81	22,60
Rabi	31,01	12,39	22,95	27,88

(Quelle: KANWAR et al. 1973)

Reis steht hier nur als Beispiel. Ähnliche Ergebnisse wurden auch mit nichtbewässerten Früchten erzielt (Mahapatra et al. 1973).

4. Bessere Nährstoff-Ausnutzung durch Aufteilung der Düngergaben

In vielen Fällen läßt sich die Wirkung der Stickstoffdüngung dadurch erhöhen, daß man den Dünger nicht in einer Gabe ausstreut, sondern in mehreren Teilgaben. Ähnliche Beobachtungen wurden für Kali berichtet.

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse eines Düngungsversuches mit geteilten K-Gaben zu Weizen in Indien.

Tabelle 3: Mehrertrag an Weizen durch Aufteilung der K-Gabe, Varanasi/Indien, 1973–74

N	Düngergaben, kg/ha		Ertrag dz/ha	Mehrertrag durch Teilung der K-Gabe, dz/ha
	P ₂ O ₅	K ₂ O		
60+60	60	60	32,77	
60+60	60	30+30	34,21	1,44
60+60	60	120	39,04	
60+60	60	60+60	41,56	2,52

L.S.D. (5%) : 2,45 dz/ha (Quelle: BALRAM SINGH et al. 1974)

5. Förderung der Stickstoffbindung bei Leguminosen

Es ist bekannt, daß Phosphat- und Kalidüngung das Wachstum von Leguminosen fördern. In Versuchen mit Hülsenfrüchten zeigte die Anwendung von K ähnliche Wirkungen wie N-Düngung bei Nicht-Leguminosen: starke Zunahme des Gehalts an Stickstoff, und zwar sowohl in Form von löslichen N-Verbindungen wie von Protein-N.

Dieses Ergebnis läßt sich wie folgt erklären: Verbesserte K-Versorgung fördert die Umwandlung von molekularem Stickstoff in Aminosäuren und Eiweiß. Kalium scheint bei der N₂-Bindung durch die Knöllchenbakterien eine spezifische Funktion auszuüben. Seine Wirkung ist nicht nur dem günstigen Einfluß auf den Transport von Assimilaten aus den oberirdischen Pflanzenteilen zu den Wurzelknöllchen zuzuschreiben.

Die größere Ausbeute an gebundenem Stickstoff bei gut mit K ernährten Pflanzen deutet auf eine direkte Beteiligung des Kaliums bei dem Prozeß der Reduktion des Stickstoffs von N₂ zu NH₃ hin.

Tabelle 4: Einfluß der Kalium-Versorgung auf den Gehalt an ¹⁴C markierten Zuckern und Aminosäuren in den Wurzelknöllchen von *Vicia faba* (cpm/g Wurzelknöllchen).

K-Konzentration der Nährlösung mval K/l	Zucker cpm × 10 ³	Aminosäuren
0,5	203	177
1,5	266	338
4,5	224	428

(Quelle: HAGHPARAST 1973)

Unter Bedingungen von Stickstoffdüngemittel-Knappheit sollte man daher stärker von der Fähigkeit der Rhizobium-Bakterien Gebrauch machen, molekularen Stickstoff zu binden. Die Farmer Neuseelands z. B. verlassen sich bei der N-Düngung ihrer Weideflächen vorwiegend auf die Aktivität der Knöllchenbakterien von Klee-artigen Gründlandpflanzen. 1971/72 lag der K₂O-Verbrauch in Neuseeland 11,7mal höher als der N-Verbrauch und wurde vom P₂O₅-Verbrauch noch um das 3fache übertroffen.

Vielleicht könnte in manchen Entwicklungsländern eine starke Ausdehnung des Anbaus von Körnerhülsenfrüchten im Gemenge mit Nichtleguminosen – gut versorgt mit P und K zur Förderung der N-Bindung – zur Linderung des Mangels an Stickstoffdüngern beitragen.

6. Förderung der N-Bindung in Reisböden

Erhebliche Mengen an Luftstickstoff werden durch Mikroorganismen in der Rhizosphäre von überfluteten Reisböden gefunden. Es werden Zahlen von 60 kg N/ha pro Reisernte angegeben (Yoshida und Ancajas 1973); das ist wesentlich mehr, als durch blaugrüne Algen im stehenden Wasser an der Oberfläche der Reisfelder fixiert wird. Stickstoffdüngung unterdrückt die N₂-Bindung, aber nur vorübergehend: In dem Dauerdüngungsversuch des Internationalen Reisforschungsinstituts (IRRI) in Los Baños/Philippinen konnte intensive N₂-Fixierung (ermittelt als Aktivität des Enzyms Nitrogenase) in der Rizosphäre der N-gedüngten Versuchsglieder 9 Tage nach der Stickstoff-Kopfdüngung festgestellt werden (Trolldenier 1974).

Offensichtlich stellt die Bindung von Luftstickstoff einen wichtigen Faktor bei der N-Ernährung der Reispflanze dar. – Unter Bedingungen von Stickstoffdünger-Knappheit sollten alle Maßnahmen gefördert werden, die die N₂-Fixierung im Wurzelraum der Reisböden begünstigen.

Unter anderen Faktoren übt die ausreichende Versorgung mit P und K einen positiven Einfluß auf die Stickstoffbindung aus. Entsprechende Ergebnisse von Laborversuchen wurden 1973 im IRRI-Dauerdüngungsversuch bestätigt (Tab. 5).

Tabelle 5: Einfluß alleiniger P- und K-Düngung auf den Reisertrag, IRRI, Dry Season 1973, t/ha

Reissorte	Ungedüngt	P-Düngung 30 kg/ha P ₂ O ₅	K-Düngung 30 kg/ha K ₂ O
IR 8	2,7	4,7	4,9
IR 22	4,3	4,5	5,2
IR 20	3,6	5,2	5,3
Mittel	3,5	4,8	5,1

(Quelle: Research Highlights for 1973, IRRI 1974)

K-Düngung allein steigerte den Reisertrag im Mittel der 3 Sorten um 16 dz/ha, alleinige P-Düngung um 13 dz/ha. Der Gesamt-N-Gehalt des Bodens war in den P- und K-Parzellen signifikant höher als in den ungedüngten Teilstücken (Trolldenier 1974).

Diese IRRI-Ergebnisse sind von großer Bedeutung, aber sie müssen unter den Bedingungen anderer Länder überprüft werden. Sollten sie sich als allgemeingültig herausstellen, könnten sie zu einer Neubewertung der Rolle der Nährstoffe bei der Düngung von Reis führen.

7. Kalium reduziert Denitrifikations-Verluste

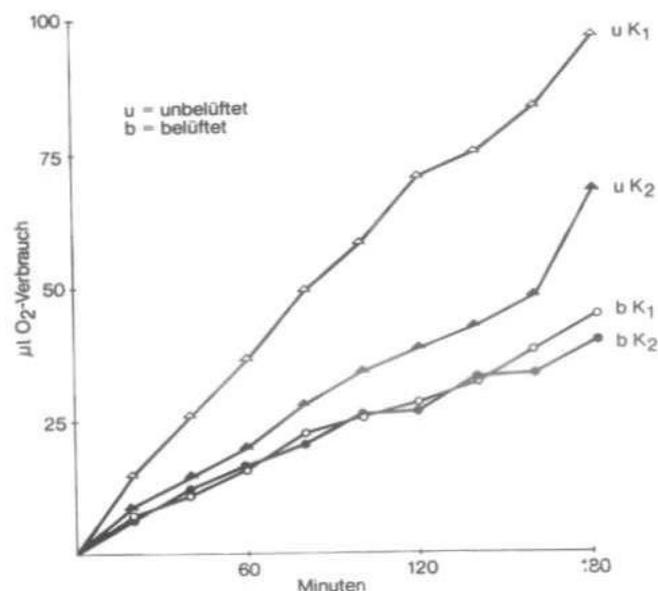
Die Verluste an Boden-Stickstoff durch Denitrifikation sind beträchtlich (Tandon 1974). Aufgrund einiger älterer Arbeiten läßt sich ein günstiger Einfluß des Kaliums auf die Verminderung von Denitrifikationsverlusten vermuten (Ghosh 1959, Rai 1959). Einzelheiten über die dabei ablaufenden mikrobiologischen Prozesse wurden 1971 von Trolldenier mitgeteilt. Er fand zunehmende Bakterienzahlen im Wurzelmedium von Pflanzen, deren N-Versorgung stark erhöht worden war, aber abnehmende Bakterienzahlen bei gut mit K versorgten Pflanzen. Wurzeln von Pflanzen der Variante mit guter N-, aber schlechter K-Ernährung scheiden beachtliche Mengen an Zuckern und Aminosäuren aus, die von den Bakterien leicht verwertet werden können. In gut mit K versorgten Pflanzen wird ein größerer Teil dieser nieder-molekularen Verbindungen in höhere Kohlenhydrate und Eiweißkörper umgebaut, so daß den Bakterien der Rhizosphäre weniger an Nahrung zur Verfügung steht.

Eine Erhöhung der Bakterienzahl führt zu Sauerstoff-Verarmung in der Rhizosphäre und schließlich zu verstärktem Auftreten anaerober Mikroorganismen. N-betonte Ernährung der Wirtspflanze erhöht, K-betonte Ernährung vermindert nicht nur die Zahl der Bakterien allgemein, sondern auch die Zahl der denitrifizierenden Bakterien.

Wasserkultur-Versuche mit und ohne Belüftung erbrachten hohe Stickstoff-Verluste durch Denitrifikation in den Varianten ohne Belüftung bei schlechter Kaliumversorgung. Bei guter K-Ernährung waren die N-Verluste erheblich vermindert.

Abb. 5

Wurzelatmung in Abhängigkeit von der K-Ernährung und der Belüftung der Nährlösung



Dieser Stickstoff-schonende Effekt des Kaliums ist nicht nur für Reisböden von Bedeutung, in denen anaerobe Verhältnisse durch das Überfluten der Felder bewußt herbeigeführt werden. Auch gewöhnliche Ackerböden können anaerobe Zonen aufweisen, in denen es zu Nitratverlusten von erheblichem Umfang kommt.

8. Ausgeglichene Düngung auch 1974 rentabel

Anfang 1973 wurde in Indien eine ökonomische Auswertung von 2257 Reisdüngungsversuchen (darunter 1573 mit Hohertragsorten) veröffentlicht, die zwischen 1967 und 1971 im Auftrage des ICAR auf Bauernfeldern durchgeführt worden waren (vgl. Tab. 2). Die Analyse ergab, daß der höchste Reinertrag je Hektar durch Volldüngung mit N+P+K erzielt wurde. Mit NPK-Düngung wurden in 41–48% aller Fälle Reinerträge von mehr als 100 indischen Rupien je Hektar erzielt, mit NP-Düngung in 34% und mit alleiniger N-Düngung nur in 12–15% aller Fälle. Diese Ergebnisse basierten auf Düngemittel- und Reispreisen des Jahres 1972. Inzwischen hat sich die Situation grundlegend geändert. Da sich die Düngemittelpreise seit 1972 mehr als verdoppelt haben, beträgt der Mehrertrag je Rupie Düngemittelaufwand weniger als die Hälfte der 1972 erzielbaren Reismenge.

Trotzdem war 1974 die Mineraldüngung ähnlich rentabel wie 1972, da auch der Reispreis inzwischen erhöht worden ist. Tabelle 6 bringt einen Vergleich der Rentabilität der Mineraldüngung zu Reis in Indien 1972 und 1974 aufgrund der in Tabelle 2 angegebenen Versuchsergebnisse. Erstaunlich ist, daß in der Rabi-Season durch NPK-Düngung 1974 bis auf die letzte Rupie genau der gleiche Reinertrag zu erzielen war wie 1972, obwohl in der Zwischenzeit die Düngemittelpreise um mehr als das Doppelte, der Preis für Reis aber „nur“ um weniger als 40% gestiegen war.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeit der NPK-Düngung zu Bewässerungsreis (Hohertragsorten in Indien aufgrund der Preise von 1972 und 1974)

Düngung kg/ha N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Mehrertrag kg/ha	Wert des Mehrertrags Rs/ha	Preise 1972		Wert des Mehrertrags Rs/ha	Preise 1974	
			Dünger- kosten Rs/ha	Rein- ertrag Rs/ha		Dünger- kosten Rs/ha	Rein- ertrag Rs/ha
Kharif							
120- 0- 0	1253	677	240	437	927	528	399
120-60- 0	1981	1070	368	702	1467	850	617
120-60-60	2260	1221	415	806	1673	973	700
Rabi							
120- 0- 0	1239	669	240	429	917	528	389
120-60- 0	2295	1239	368	871	1698	850	848
120-60-60	2788	1506	415	1091	2063	973	1090

Angenommene Preise
in Rs/kg

1972: Reis = 0,54, N = 2,00, P₂O₅ = 2,13, K₂O = 0,79
1974: Reis = 0,74, N = 4,40, P₂O₅ = 5,37, K₂O = 2,05

Entscheidend ist, daß der Mehrertrag durch NPK-Düngung um den gleichen Geldbetrag je Hektar gestiegen war wie der Düngeraufwand je Hektar.

Die Regierung eines Entwicklungslandes kann also auch bei stark gestiegenen Preisen für Düngemittel durch eine mäßige Heraufsetzung des Erzeugerpreises für Agrarprodukte dem Bauern einen Anreiz zum Einsatz von Düngemitteln geben, wenn die Erhöhung des Geldwertes des Mehrertrages durch Düngung die Steigerung der Düngerkosten kompensiert — und der Bauer z. B. durch Kredite die Möglichkeit hat, den höheren Geldbetrag für die Düngung erst einmal aufzubringen.

9. Wichtigkeit ausgeglichener Düngung bei reduzierter N-Gabe

Im Falle akuter Stickstoffdünger-Knappheit bleibt dem Bauern nichts anderes übrig als der Versuch, die Wirkung des eingesetzten Düngerstickstoffs auch bei reduzierter N-Gabe zu verbessern. Die erwähnten ICAR-Versuche zu Hohertragsreis enthielten Varianten mit 60 und 120 kg/ha N. Der durch die zweiten 60 kg/ha N erzielte Mehrertrag war etwas niedriger als der Ertragszuwachs durch die ersten 60 kg/ha N, wie aus Tabelle 7 hervorgeht, die auch den Ertragszuwachs durch P und K zeigt sowie das Ertrags-/Aufwands-Verhältnis für jeden Pflanzennährstoff.

Tabelle 7: Mehrertrag an Bewässerungsreis (Hohertragsorten) durch NPK in Indien (1967–1971) und Ertrags-/Aufwands-Verhältnis zu Preisen von 1974

Düngung (kg/ha)	N ₆₀	2. Rate von 60 kg/ha N	P ₆₀ in Gegenwart von N ₁₂₀	K ₆₀ in Gegenwart von N ₁₂₀ P ₆₀
Kharif				
1. Mehrertrag (kg/ha)	748	505	728	279
2. Wert des Mehrertrages (Rs/ha)	554	374	539	207
3. Düngerkosten (Rs/ha)	264	264	322	123
2./3. = Ertrags-/ Aufwands-Verhältnis	2,1	1,4	1,7	1,7
Rabi				
1. Mehrertrag (kg/ha)	661	578	1056	493
2. Wert des Mehrertrages (Rs/ha)	489	428	782	365
3. Düngerkosten (Rs/ha)	264	264	322	123
2./3. = Ertrags-/ Aufwands-Verhältnis	1,9	1,6	2,4	3,0

Angenommene Preise in Rs/kg: Reis = 0,74, N = 4,40, P₂O₅ = 5,37, K₂O = 2,05

In beiden Anbauperioden, Kharif und Rabi, war das Ertrags-/Aufwands-Verhältnis für P und K höher als für die zweiten 60 kg/ha N. (Leider wurden P₆₀ und K₆₀ nicht in Gegenwart von N₆₀ getestet, so daß die Ertrags-/Aufwands-Verhältnisse nicht exakt vergleichbar sind.)

Entsprechende Überlegungen für nicht bewässertes Getreide (Mahapatra et al. 1973), bei dem niedrigere Düngergaben angewendet wurden (N_{25} und N_{50} , P_{25} , K_{25}), bringen ähnliche Ergebnisse (Tab. 8). Im Falle von Hohertragsweizen (Kanwar et al. 1972) liegt das Ertrags-/Aufwands-Verhältnis für P über, für K geringfügig unter demjenigen für die zweiten 60 kg/ha N. Im Schnitt kann man als Ergebnis der Auswertung von 6356 Versuchen schließen, daß es für den indischen Bauern profitabler ist, NPK-Volldüngung anzuwenden, statt die Stickstoffgabe einseitig zu erhöhen (Tab. 8).

Tabelle 8: Ertrags-/Aufwands-Verhältnis bei der Düngung von Getreide in Indien (Düngemittelpreise von 1974)

Getreideart	N_1	N_2-N_1	P_1	K_1	Zahl der Versuche
Getreidepreise von 1972					
Hohertragsreis (Kharif)	1,5	1,0	1,2	1,2	} 1573
Hohertragsreis (Rabi)	1,4	1,2	1,8	2,2	
Hohertragsweizen	2,0	1,3	1,6	1,2	2235
Nicht bewässertes Getreide	1,4	1,2	1,2	1,4	2548
Mittel	1,6	1,2	1,45	1,5	6356
Getreidepreise 50% höher als 1972					
Mittel	2,4	1,8	2,2	2,25	

Die Ertrags-/Aufwands-Verhältnisse bei einer angenommenen Getreidepreissteigerung von 50% gegenüber 1972, wie sie etwa der Situation in Indien in der zweiten Hälfte des Jahres 1974 entsprechen haben dürften, lagen mit 2,2 bis 2,4 für N, P, K auf einem Niveau, das die Mineraldüngung nach wie vor ausgesprochen rentabel erscheinen ließ (für denjenigen Bauern, der über die nötigen Barmittel oder Kreditmöglichkeiten verfügte, den Dünger kaufen zu können).

10. Konsequenzen für die Düngemittel-Importpolitik

Die obige Auswertung von über 6000 Versuchsergebnissen führt zu einigen generellen Betrachtungen. Die einheimische Düngerindustrie in Indien und anderen Entwicklungsländern ist gegenwärtig und in der näheren Zukunft nicht in der Lage, den Stickstoffbedarf der Landwirtschaft voll zu decken. Beträchtliche Mengen an N-Düngemitteln müssen importiert werden. Einige Entwicklungsländer sind Selbstversorger in Rohphosphaten. Fast alle sind beim Kali voll auf Importe angewiesen.

Andererseits sind Devisen knapp, falls überhaupt verfügbar. Es ist also wichtig, Prioritäten festzusetzen. Das gilt auch für Düngemittel-Lieferungen im Rahmen der Entwicklungshilfe.

Wenn für den Bauern im Entwicklungsland eine ausgeglichene NPK-Düngung in mäßiger Höhe profitabler ist als eine einseitige Steigerung der N-Anwendung, läßt sich folgern, daß es für das Land sinnvoller ist, den Import von NPK-Volldüngern oder – beim Vorhandensein einer Stickstoffindustrie – von Phosphat- und Kali-Einzeldüngern zu erhöhen anstelle einer weiteren Steigerung der Einfuhren von N-Düngemitteln, zumal dann, wenn der importierte Stickstoff teurer sein sollte als der im Lande produzierte.

“In terms of foreign exchange it costs less to India to import potash than to import nitrogen for producing the same additional quantity of food grains”.

Dieser Satz, vor 9 Jahren in einem Aufsatz in der indischen Zeitschrift „Fertilizer News“ geschrieben (Jakate 1966), hat bis heute seine Gültigkeit behalten, obwohl inzwischen Tausende von neuen Versuchsergebnissen vorliegen und Ölkrise sowie Düngemittelknappheit die Situation grundlegend verändert haben.

11. Zusammenfassung

In einer Periode weltweiter Düngemittelknappheit und hoher Düngemittelpreise sind alle Maßnahmen von Bedeutung, die zu einer besseren Ausnutzung der Mineraldünger-Nährstoffe führen. Optimale Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden z. B. erhöhen die Verfügbarkeit der Pflanzennährstoffe. Ein ausgeglichenes N:P:K-Verhältnis in der Düngung oder die Anwendung in Teilgaben können zu einer besseren Wirkung der Düngung beitragen.

Phosphat und Kali erhöhen die Effizienz der Stickstoffdüngung. Kalium fördert die Bindung von Luftstickstoff durch die Knöllchenbakterien der Leguminosen sowie durch die Rhizosphäre-Bakterien überfluteter Reisböden. Darüber hinaus ist Kalium wirksam bei der Verminderung von N-Verlusten durch Denitrifikation.

Die Auswertung von vielen tausend Feldversuchen aus Indien ergab, daß Mineraldüngung auch unter den Preisverhältnissen von 1974 profitabel war, besonders bei Ergänzung der N-Düngung durch P und K. Die Zugabe von Phosphat und Kali zu einer mittleren Stickstoffdüngung erbrachte ein besseres Ertrags-/Aufwands-Verhältnis als eine Verdoppelung der N-Gabe.

Aus der Analyse von Versuchsergebnissen lassen sich Konsequenzen für die Düngemittel-Importpolitik von Entwicklungsländern ableiten. Sie laufen darauf hinaus, daß es sinnvoller sein kann, NPK-Volldünger zu importieren, als bei hohen Weltmarktpreisen für Stickstoff einseitig auf die Steigerung der Einfuhr von N-Düngemitteln bedacht zu sein.

Summary

Under the impact of an acute shortage of fertilizers and high fertilizer prices it is essential to raise the utilization of the plant nutrients contained in these materials. This is possible by improved agronomic practices of

which water management is one example. Better utilization of fertilizer nutrients can be obtained by balanced NPK manuring and by split application.

Phosphorus and Potassium does not only increase the efficiency of nitrogen. K improves nitrogen fixation by Rhizobium bacteria of leguminous crops and by rhizosphere bacteria in flooded paddy fields. Furthermore, K helps to reduce denitrification losses.

Evaluation of thousands of ICAR field trials reveals that the addition of P and renders fertilizer application more profitable and that it is more economical for the farmer to add potash than to double the rate of nitrogen. This is true also under the conditions of 1974 fertilizer prices.

It appears reasonable for many developing countries, therefore, to increase the import of potash and of NPK compounds instead of trying to increase the import of nitrogen, particularly at times when imported N is more expensive than domestically produced nitrogen.

Literaturverzeichnis

- GHOSH, A. B.: Journ. Indian Soc. Soil Sci., **7**, 1, 37–41 (1959)
- GRIMME, H., NÉMETH, K., und v. BRAUNSCHWEIG, L. C.: Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation, New Delhi, **1**, 33–43 (1971)
- HAGHPARAST, M. R.: Diss., Univ. Giessen/Germany (1973)
- JAKATE, N.: Fertiliser News, **11**, 11, 12–16 (1966)
- KANWAR, J. S., DAS, M. N., SARDANA, M. G., und BAPAT, S. R.: Fertiliser News, **17**, 11, 19–30, 54 (1972)
- KANWAR, J. S., DAS, M. N., SARDANA, M. G., und BAPAT, S. R.: Fertiliser News, **18**, 1, 71–88 (1973)
- KEMMLER, G.: Fertiliser News, **17**, 12, 57–67 (1972)
- KOCH, K., und MENGEL, K.: Proc. Int. Coll. Plant Analysis & Fertil. Probl., Hannover, **1**, 209–218 (1974)
- MACLEOD, L. B.: Agron. Journal, **61**, 26–29 (1969)
- MAHAPATRA, I. C., RAJENDRA PRASAT und BAPAT, S. R.: Indian Farming, June (1973)
- MENGEL, K., und v. BRAUNSCHWEIG, L. C.: Soil Sci., **114**, 2, 142–148 (1972)
- MENGEL, K., VIRO, M., und HEHL, G.: Plant & Soil, in press (1974)
- RAI, M. M.: Proc. Nat. Acad. Sci., India, **28A**, 2, 68–70, 4, 195–199 (1959)
- SINGH BALRAM, TYAGI, P. S., und RAMAKANT: Potash Newsletter, **9**, 2, 30–31 (1974)
- SINGH, N. P.: Indian Farming, **22**, 2, 65 (1972)
- TANDON, H. L. S.: Fertiliser News, **19**, 7, 3–11; 8, 14–21 (1974)
- TROLLDENIER, G.: Zentralblatt Bakt. Parasitkde, **126**, 2, 130–141 (1971)
- TROLLDENIER, G.: IRRI Saturday Seminar, June 15 (1974)
- YOSHIDA, T., und ANCAJAS, R. L.: Soil Sci. Soc. Am. Proc., **37**, 1, 42–46 (1973)
- YOSHIDA, S., und HAYAKAWA, Y.: Soil Sci. Plant Nutr., Tokyo, **16**, 5, 186–191 (1970)