

## Fortschritte der Reisdüngung in Süd- und Ostasien 1958–1978

### Advances in fertilizer use to rice, South and East Asia 1958–1978

Von G. Kemmler\*)

#### 1. Einleitung

Seit 1950 hat sich die Welt-Reiserzeugung mehr als verdoppelt. Bis 1977 (Mittel 1976–1978) stieg die Reisproduktion um 200 Mio. t, von 167 Mio. t auf 367 Mio. t. Dabei betrug die Flächenausdehnung 40%, die Steigerung des Ernteertrags 56%. Von der Gesamtproduktion an Reis werden über 90% in Asien erzeugt (Tab. 1). Auf China und Indien allein entfallen 56%. Hier nahm die Erntefläche etwas langsamer zu, während die Erträge geringfügig schneller stiegen als im Welt-durchschnitt. Die Länder Asiens sind auch die wichtigsten Verbrauchszentren. Große Anstrengungen zur Steigerung der Produktion werden unternommen, um die Versorgung der schnell wachsenden Bevölkerung zu verbessern. Zwischen 1950 und 1977 hat die Reiserzeugung stärker zugenommen als die Bevölkerung (Reisproduktion +119%, Weltbevölkerung +64%).

Tab. 1: Welt-Reisproduktion und Anteil Asiens (10, 14)

	1950 (1948–52)			1977 (1976–78)			Steigerung 1950 – 1977		
	Mio ha	Mio t	t/ha	Mio ha	Mio t	t/ha	Fläche	Prod.	Ertr.
Welt	102.6	167.3	1.63	143.8	366.7	2.55	40 %	119 %	56 %
Asien	96.1	158.0	1.64	129.2	334.6	2.59	34 %	118 %	63 %
davon China	26.8	58.2	2.17	36.9	131.7	3.57	38 %	126 %	64 %
davon Indien	30.1	33.4	1.11	39.5	73.7	1.87	31 %	121 %	73 %

\*) Dr. Georg Kemmler, Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof  
Anschritt: Bünteweg 8, D-3000 Hannover 71

## 2. Düngung und Ertrag

Neben dem Ausbau der Bewässerung und der Einführung moderner Reissorten ist die Düngung ein wichtiger Faktor zur Ertragssteigerung, in vielen Fällen die Voraussetzung für den Einsatz der neuen Sorten. In einer Vielzahl von Feldversuchen ist nachgewiesen, daß die Mineraldüngung im Bewässerungsreis-Anbau zu hohen, rentablen Mehrerträgen führt.

### 2.1. Feldversuche in Indien

Als Beispiel sind in Tab. 2 die durchschnittlichen Ergebnisse von Düngungsversuchen des Indian Council of Agricultural Research (ICAR) angeführt, die in den Jahren 1967 bis 1977 auf Bauernfeldern im ganzen Land durchgeführt worden sind, jährlich über 500 Versuche. Der Mehrertrag je kg Düngernährstoff betrug 9,6 kg Reis/kg N, 13,2 kg Reis/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 7,3 kg Reis/kg K<sub>2</sub>O oder 10 kg Reis je kg NPK. Bei den Preisverhältnissen des Jahres 1977 (3,59 Rupees/kg N, 3,16 Rupees/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,34 Rupees/kg K<sub>2</sub>O und 740 Rupees/t Reis) ergaben sich folgende Geldmehrerträge je Rupee Düngeraufwand (value/cost ratio): Rs 2.0 für N, Rs 3.1 für P, Rs 4.0 für K, Rs 3.4 für die Einheit NPK.

**Tab. 2:** Wirkung der Mineraldüngung zu Reis in Indien. Ergebnisse von mehreren Tausend Versuchen in Bauernfeldern, 1967–1977 (18, 26, 25, 2)

	Düngung, kg/ha			Ertrag t/ha	Mehr- ertrag t/ha	Mehrertrag kg Reis/ kg Nährstoff	Ertrags-/ Aufwands- Verhältnis
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
1)	0	- 0	- 0	2.95	-	-	-
2)	120	- 0	- 0	4.10	1.15	9.6 (N)	2.0
3)	120	- 60	- 0	4.89	0.79	13.2 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.1
4)	120	- 60	- 60	5.33	0.44	7.3 (K <sub>2</sub> O)	4.0
	4) minus 1)			-	2.38	10.0 (NPK)	3.4

### 2.2. Düngeranwendung in der Praxis

Über die tatsächliche Düngeranwendung zu Reis, die in den meisten asiatischen Ländern erheblich niedriger liegt als in den Düngungsversuchen, gibt es einige neuere Untersuchungen (5, 19, 23, 32, 34, 35). Tab. 3 gibt eine Übersicht über die geschätzten durchschnittlichen Mineraldüngergaben zu Reis und die entsprechenden Erträge im Zeitraum 1970/71–73/74 für 11 Staaten Indiens und 9 asiatische Länder (da nähere Angaben für China fehlen, ist lediglich Taiwan mit aufgeführt).

In Indien werden die höchsten Reiserträge im Norden (Punjab: 3,2 t/ha) und im Süden (Tamil Nadu: 3,0 t/ha) erzielt. In diesen beiden Staaten ist die Reis-

**Tab. 3:** Düngieranwendung zu Reis und Reiserträge in 11 indischen Bundesstaaten und 9 asiatischen Ländern, geschätzte Durchschnittswerte der Jahre 1970/71 bis 1973/74

Indien (5)			
Staat	Mio. ha Reis	N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O kg/ha	Reisertr. t/ha
Madhya Pradesh	4,6	5,5	1,1
Orissa	4,4	5,0	1,2
Uttar Pradesh	4,5	8,3	1,2
Bihar	5,0	7,7	1,4
West Bengalen	4,9	6,7	1,8
Kerala	0,9	39,7	2,3
Andhra Pradesh	3,2	54,3	2,4
Haryana	0,3	58,6	2,5
Karnataka	1,1	69,9	2,7
Tamil Nadu	2,6	78,2	3,0
Punjab	0,5	82,0	3,2

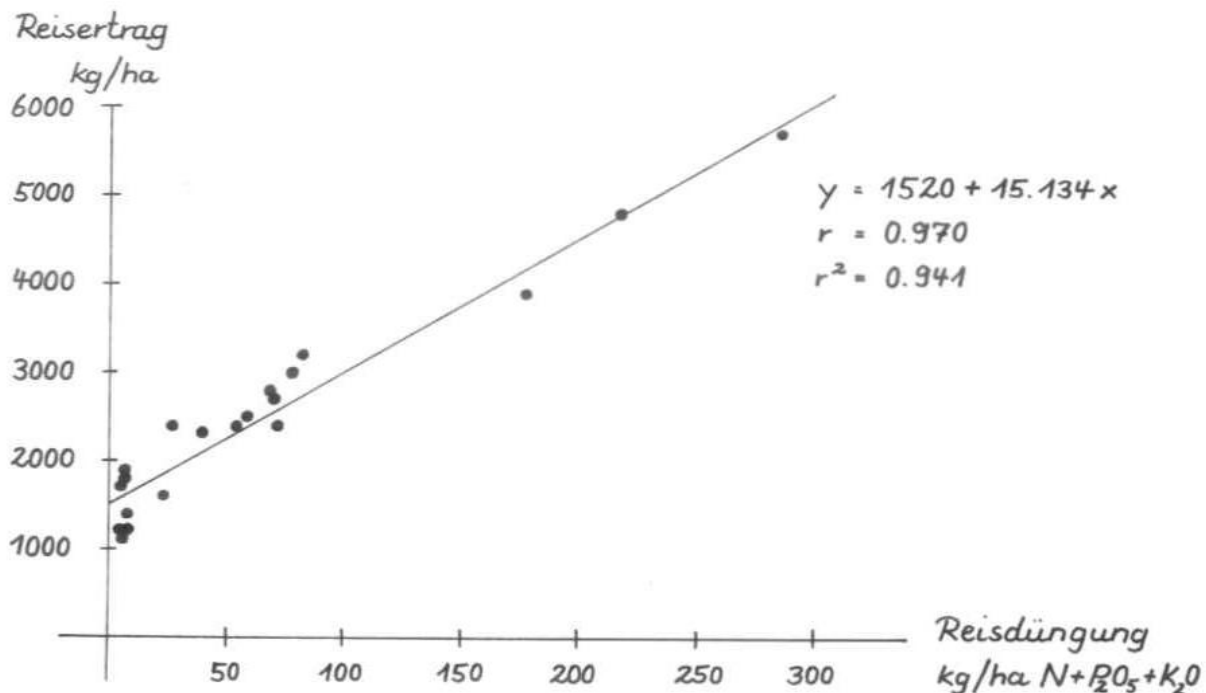
Andere Länder			
Land	Mio. ha Reis	N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O kg/ha	Reisertr. t/ha
Philippinen (24)	3,3	22,6	1,6
Burma (24)	4,8	5,5	1,7
Thailand (24)	7,0	6,8	1,9
Indonesien (24)	8,2	26,5	2,4
Sri Lanka (15)	0,6	70,6	2,4
W. Malaysia (24)	0,6	68,0	2,8
China (Taiwan) (30, 28)	0,7	178,0	3,9
Süd-Korea (21, 4, 33)	1,2	218,0	4,8
Japan (22)	2,7	286,0	5,7

düngung auch am höchsten mit etwa 80 kg NPK/ha. Für die Staaten mit den niedrigsten Ernteerträgen (Madhya Pradesh, Uttar Pradesh, Orissa) sagen die Durchschnittszahlen der NPK-Anwendung wenig aus über den tatsächlichen Dünger-Aufwand der einzelnen Reisbauern. Der fortschrittliche Farmer orientiert sich an den offiziellen Empfehlungen, während die Mehrzahl keinen Dünger anwendet (wobei die Gründe wie Armut, fehlende Kreditmöglichkeiten, Infrastrukturmängel, ungünstige Besitz- und Pachtverhältnisse etc. hier nicht diskutiert werden sollen). Ähnliche Verhältnisse liegen in den meisten Ländern der Region vor. Immerhin geben die Durchschnittswerte einen guten Überblick über das Niveau der Düngieranwendung im Vergleich zur Höhe der Reiserträge.

### 2.3. Zusammenhang von Düngung und Ertragsniveau

In Abb. 1 sind für die 11 indischen Bundesstaaten und die anderen 9 asiatischen Länder die Reiserträge und die Düngergaben zu Reis aus Tab. 3 gegeneinander aufgetragen. Es ergibt sich eine klare lineare Beziehung. Das ist ein etwas

ungewöhnliches Ergebnis. Wenn es nur um die Abhängigkeit des Ertrages von der Düngung ginge, müßte man eine Art Mitscherlich-Kurve erwarten mit einem starken Anstieg im Bereich niedriger Erträge und einem allmählichen Abflachen.



**Abb. 1:** Düngung von Reis und Reiserträge in 11 indischen Bundesstaaten und 9 asiatischen Ländern 1970/71 – 1973/74 (Quellen wie Tab. 3)

Für die Gegenüberstellung von Reis-Düngung und Reisertrag trifft dies aber nicht zu, da die Erträge noch von einer Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst werden, die im unteren Ertragsbereich die Wirkung der Düngung beeinträchtigen (fehlende oder unkontrollierte Bewässerung, Unkraut-, Schädlings-, Krankheitsbefall usw.), während sie im oberen Bereich so optimal gestaltet sind, daß sie die Wirkung der Düngung fördern. Generalisierend läßt sich aus den Daten, die der Abb. 1 zugrunde liegen, ableiten, daß ohne Düngung die Reiserträge in Asien etwa 1,5 t/ha (1,0–2,0 t/ha) betragen, bei 100 kg/ha NPK-Anwendung etwa 3 t/ha, bei 200 kg NPK etwa 4,5 t/ha und bei 300 kg NPK etwa 6 t/ha.

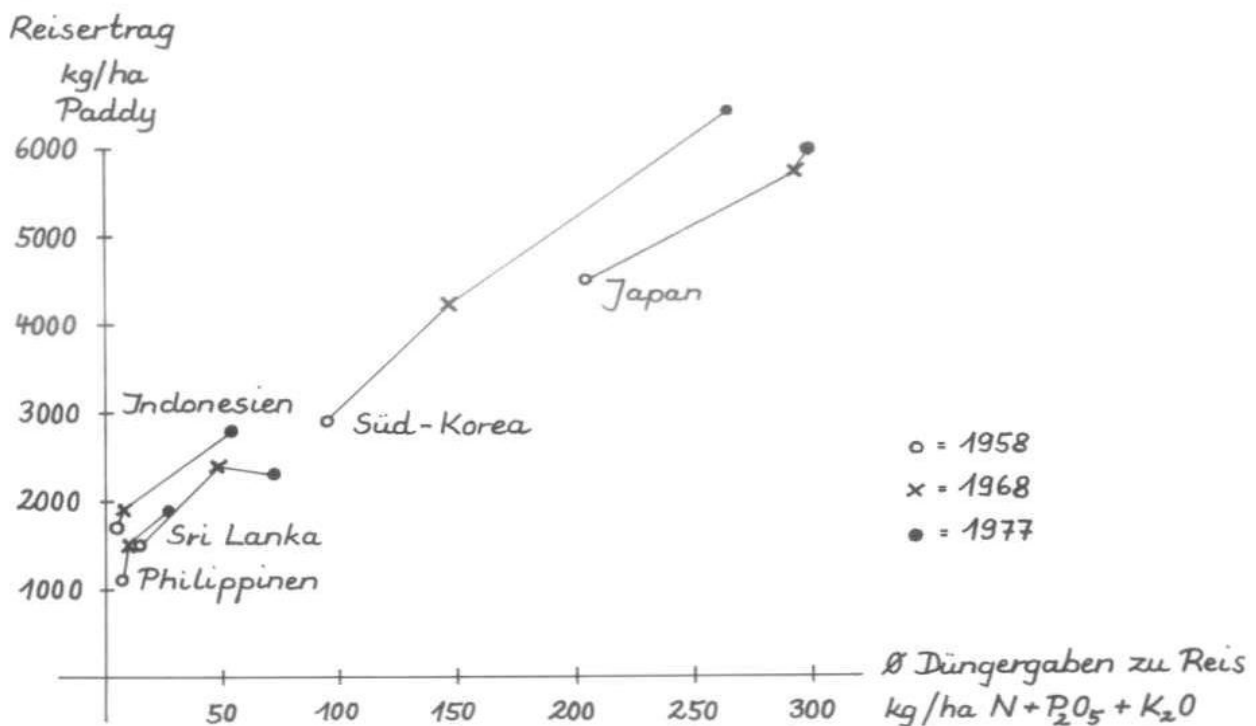
#### 2.4. Historische Entwicklung in 5 Ländern Asiens

Wie die tatsächliche Entwicklung in einigen Ländern abgelaufen ist, soll am Beispiel von Süd-Korea, Japan, Indonesien, Sri Lanka und den Philippinen gezeigt werden. Für diese 5 Länder liegen lediglich zuverlässige Zahlenangaben vor. Sie sind in Tab. 4 zusammengefaßt und in Abb. 2 graphisch dargestellt.

Es fällt auf, daß die Länder mit hohen Reiserträgen (Korea, Japan) auch höhere Zuwachsraten haben als Länder mit niedrigen Erträgen und geringer Düngung.

**Tab. 4:** Entwicklung von Reiserträgen und Reisdüngung in einigen Ländern Asiens, 1958–1968–1977

	1958 (19)		1968 (19)		1977		Steiger. 1958–1977		
	Ertrag* t/ha	NPK kg/ha	Ertrag* t/ha	NPK kg/ha	Ertrag* t/ha	NPK kg/ha	Ertrag* kg/ha <sup>(A)</sup>	NPK kg/ha <sup>(B)</sup>	A/B
Süd-Korea	2,9	95	4,2	147	6,4	264 (35)	3500	169	21
Japan	4,5	204	5,7	293	6,0	299 (35)	1500	95	16
Indonesien	1,7	5	1,9	8	2,8	54 (36)	1100	49	22
Sri Lanka	1,5	15	2,4	48	2,3	72 (7)	800	57	14
Philippinen	1,1	7	1,5	10	1,9	27 (16)**	800	20	40
* Dreijahres-Mittel, FAO-Zahlen ** 1978						Mittel	1540	78	20



**Abb. 2:** Düngung von Reis und Reiserträge in einigen Ländern Asiens 1958–1968–1977 (Quellen wie Tab. 4)

#### 2.4.1. Süd-Korea

Erstaunlich ist die Steigerung der Reisernten in Süd-Korea von 1958 bis 1976–78. Sie ist auf die Einführung der Neuzüchtung »Tongil« und anderer Hohertragsorten zurückzuführen und auf die entsprechende Anhebung der Reisdüngung. Aus der Ertragszunahme um 3500 kg/ha und der Erhöhung der NPK-Gaben um 169 kg/ha errechnet sich ein Zuwachs von 21 kg Reis je kg zusätzlicher NPK-Anwendung. Für die anderen Länder liegt diese Zahl ähnlich (nur für die Philippinen höher). Im Mittel beträgt der Zuwachs 20 kg Reis je kg Mehraufwand. Er ist in den Hohertragsländern nicht niedriger als in tropischen Entwicklungsländern.

## 2.4.2. Japan

Über die langjährige Entwicklung von mineralischer und organischer Düngung zu Reis in Japan gibt es statistische Angaben. Sie sind in Abb. 3 zusammengefaßt. Die Graphik zeigt die weitgehende Parallelität von mineralischer Düngung und Reisertrag, besonders während des 2. Weltkrieges, als Düngemittel nicht ausreichend zur Verfügung standen. In dieser Periode und in den ersten Nachkriegsjahren wurden große Mengen organischer Dünger verwendet (Stallmist, Kompost, Reisstroh, Fäkaldünger), bis zu 100 kg NPK/ha und mehr. Seitdem ist die Düngung mit organischem Material wieder zurückgegangen, vorwiegend aus arbeitstechnischen Gründen.

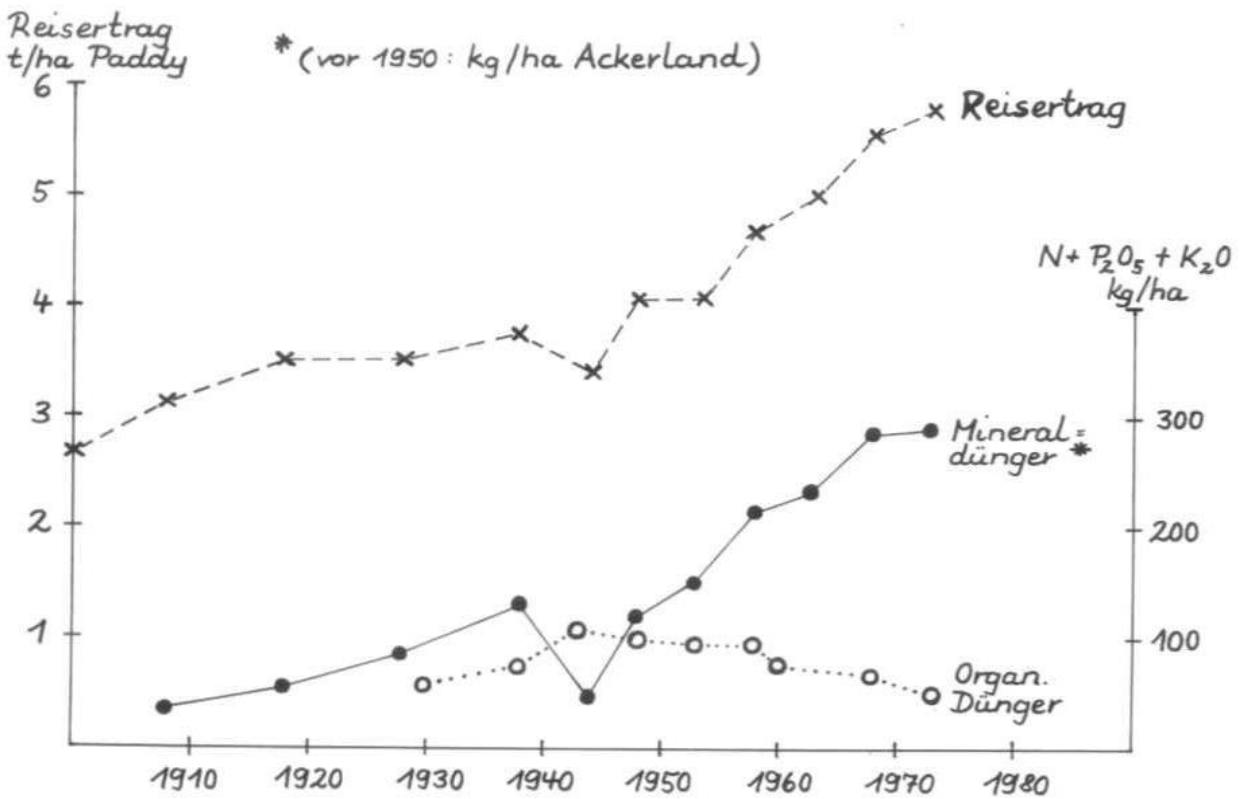


Abb. 3: Reisertrag und Düngieranwendung zu Reis in Japan (diverse Quellen)

In Abb. 3 ist weiter zu erkennen, daß seit einigen Jahren die Reiserträge schneller zugenommen haben als die Reisdüngung. Aus einer Untersuchung von Murayama, (23), geht hervor, daß die Wirksamkeit der N-Düngung nach 1955 erheblich besser war als in der Periode vor 1955. Als Gründe nennt er eine höhere Ausnutzung des Mineraldünger-Stickstoffs durch allgemeine Fortschritte in den Anbautechniken, Verwendung von leistungsfähigeren Reissorten, Aufteilung der N-Düngung in mehrere Gaben und Verbesserung des Nährstoff-Verhältnisses bei der Mineraldüngung. Tab. 5 zeigt die NPK-Gaben zu Reis und die Veränderung des N:P:K-Verhältnisses in Japan seit 1950. Während die N-Anwendung nur um 50% gesteigert worden ist, hat sich die P-Düngung verdreifacht und die K-Düngung mehr als vervierfacht. Gegenwärtig werden in Japan die Nährstoffe N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O etwa im Verhältnis 1:1:1 angewendet.

**Tab. 5:** Mineraldüngeranwendung zu Reis in Japan (22)

Jahr	Nährstoffangaben in kg/ha			Nährstoffverhältnis		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: K <sub>2</sub> O
1950	65	33	19	100	51	29
1951-55	69	40	42	100	58	61
1956-65	85	64	72	100	75	85
1966-75	98	100	87	100	102	89

### 2.4.3. Verbesserung der N-Wirkung durch Phosphat- und Kalidüngung

Auch in Süd-Korea hat die PK-Düngung zu Reis in den vergangenen 20 Jahren stark zugenommen, bei Kali von 0 auf 61 kg K<sub>2</sub>O/ha (vgl. Tab. 6). Allgemein gilt für die Länder Ostasiens mit hohen Reiserträgen (Japan, Süd-Korea, China), daß großer Wert darauf gelegt wird, die hohen Gaben an Stickstoff durch ausreichende Zufuhr von Phosphat und Kali auszugleichen. Die Reisbauern sind bestrebt, die Nährstoffe über die Düngung zurückzugeben, die dem Boden durch die Ernte entzogen wurden, bei 6 t Reis/ha etwa 100 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 160 kg K<sub>2</sub>O (34). Ein Teil der Nährstoffe (in China der größere Teil) wird über die organische Düngung eingebracht, der andere Teil über die Mineraldüngung. Die Stickstoffdüngung dient der Ertragssteigerung, die Düngung mit P oder K der Stabilisierung der hohen Erträge und der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (35).

**Tab. 6:** NPK-Düngung zu Reis in einigen Ländern Asiens, 1958-1968-1977 (kg/ha)  
(Quellen wie Tab. 4)

	1 9 5 8			1 9 6 8			1 9 7 7		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Süd-Korea	94	26	0	96	31	20	140	63	61
Japan	85	57	62	102	101	90	101	107	91
Indonesien	4	1	0	7	1	0	43	10	1
Sri Lanka	6	5	4	26	11	11	48	12	12
Philippinen	3	3	1	7	2	1	20*	5*	2*

\* 1978

In den anderen asiatischen Ländern, mit Reiserträgen zwischen 1,9 und 2,9 t/ha, wurde zunächst die N-Düngung forciert, während man die anderen Nährstoffe nur dort zur Düngung empfahl, wo ein akuter Mangel auftrat. Es wurde also Raubbau am Nährstoffvorrat des Bodens getrieben, und es mehren sich die Fälle, in denen die Stickstoffdüngung nicht mehr die erwartete Wirkung zeigt, z.B. wegen des Mangels an Phosphat (8), Kali (20), Schwefel (6), Zink und anderen Elementen (31). Auf den betroffenen Standorten sind spektakuläre Mehrerträge möglich, wenn der fehlende Nährstoff durch Düngung zugeführt wird (35).

#### 2.4.4. Übrige Länder

Wie aus Tab. 4 und Abb. 2 weiter hervorgeht, befinden sich die übrigen Länder noch unterhalb der Schwelle von 3 t/ha beim Ertrag und von 100 kg NPK/ha bei der Reisdüngung. Während in den Philippinen, trotz des weitverbreiteten Anbaus von modernen Reissorten, Düngung und Ertrag nur langsam angestiegen sind und es in Sri Lanka nach 1968 sogar eine Stagnation gegeben hat (u. a. bedingt durch wirtschaftliche und politische Faktoren), war die Entwicklung in Indonesien sehr positiv. Dazu haben BIMAS und andere Programme der Regierung beigetragen. Gegenwärtig laufen Versuche der Wissenschaftler und des Beratungsdienstes mit dem Ziel, die Wirksamkeit der Düngung durch ein ausgeglicheneres Nährstoffverhältnis zu verbessern (17).

### 3. Reis/Düngemittel-Preisverhältnis und Düngungsintensität

Neben anderen Faktoren hängt der Düngeraufwand in hohem Maße vom Verhältnis des Reispreises zum Preis für Düngemittel ab. Tab. 7 gibt einen Überblick über die Entwicklung der durchschnittlichen Erzeugerpreise für ungeschälten Reis (paddy) und die geschätzten Verbraucherpreise für Düngemittel in US cent/kg Reinnährstoff in einigen asiatischen Ländern für 1968, 1972 und 1976/77 (unter Weglassung der überhöhten Preise nach der Ölkrise von 1973/74).

**Tab. 7:** Reis- und Düngemittelpreise in US ¢/kg, 1968, 1972, 1977

Land	Reis (paddy)			N (Harnstoff)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Superphosph.)			K <sub>2</sub> O (Chlorkalium)		
	1968 (19)	1972 (33)	1977 (36)	1968 (19)	1972 (33)	1976/77 (11, 13)	1968 (19)	1972 (33)	1976/77 (11, 13)	1968 (19)	1972 (33)	1976/77 (11, 13)
Japan	29	42	103	23	26	42	24	37	75	10	16	29
Süd-Korea	11	22	44	18	15	55	15	11	33	8	5	15
Indonesien	4		19	16		36	14		36	—	—	—
China (Taiwan)	11	12	18*	30	21	35*	24	24	40*	12	12	20*
Malaysia	10	12	17	18	21	40	8**	28	27**	6	16	20
Sri Lanka	11	13	18	13	14	25	9**	14	19**	7	7	13
Philippinen	9	10	16	26	18	45	25	25	17	14	17	23
Thailand	5	6	11	30	27	35	29	43	53	14	17	26
Indien	5	7	11	25	25	45	26	28	43	11	10	17

\* US Embassy, \*\* Rohphosphat

Auffällig sind das starke Gefälle des Reispreises zwischen Japan einerseits und Indien/Thailand am anderen Ende der Skala sowie der Anstieg des Reispreises zwischen 1968 und 1976/77. Er war in Indonesien, Japan und Süd-Korea am stärksten. In diesen Ländern gab es auch den höchsten Zuwachs der Reiserträge (Tab. 4/Abb. 2). Die Düngemittelpreise unterscheiden sich nicht so stark wie die Reispreise. Sie liegen in einigen asiatischen Entwicklungsländern niedriger als in Japan infolge der Subventionspolitik der jeweiligen Regierungen. Auch die



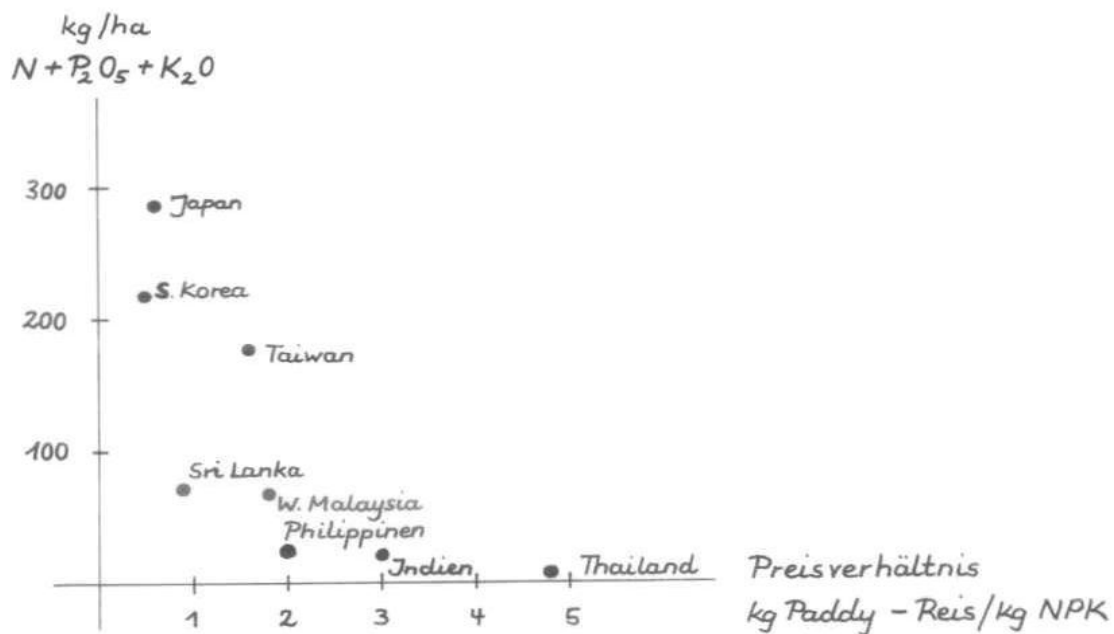
Düngemittelpreise sind zwischen 1968 und 1976/77 stark gestiegen. Ihr Verhältnis zum Reispreis hat sich aber kaum geändert (Tabelle 8). Es ist sogar im Schnitt etwas günstiger geworden.

**Tab. 8:** Preiswürdigkeit von Düngemitteln, dargestellt in kg Paddy-Reis, die zur Bezahlung von 1 kg N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O notwendig sind (Quellen wie Tab. 7)

L a n d	1968	1972	1976/77
Japan	0.7	0.6	0.5
S.-Korea	1.2	0.5	0.8
Indonesien*	3.8	-	1.9
China (Taiwan)	2.0	1.6	1.8
Malaysia	1.1	1.8	1.7
Sri Lanka	0.9	0.9	1.1
Philippinen	2.4	2.0	1.8
Indien	4.1	3.0	3.2
Thailand	4.9	4.8	3.5

\* N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

In Indien und Thailand brauchte der Bauer 1976/77 nur noch 3,2 bzw. 3,5 kg Paddy-Reis aufzuwenden, um 1 kg NPK zu bezahlen, gegenüber 4,1 bzw. 4,9 kg im Jahre 1968. Trotzdem stehen diese Länder weitaus ungünstiger da als alle anderen, die in Tabelle 8 aufgeführt sind, besonders im Vergleich zu Japan und Süd-Korea. Wie sich die Preiswürdigkeit der Düngemittel auf die durchschnittliche NPK-Anwendung zu Reis ausgewirkt hat, zeigt Abbildung 4 (Zahlen von Tab. 3 und Tab. 8). Vom Preisverhältnis her leuchtet es ein, daß die japanischen und



**Abb. 4:** NPK-Anwendung zu Reis und Reispreis: Düngemittelpreis-Verhältnis (1972)

koreanischen Reisbauern sich einen hohen Düngeraufwand leisten können, während die Düngieranwendung in Thailand relativ sehr teuer und entsprechend niedrig ist. (Falls 1 kg NPK einen Mehrertrag von 10 kg Reis entspricht, aber schon 4,8 kg Reis kostet, errechnet sich ein Ertrags/Aufwands-Verhältnis – V/C ratio – von lediglich 2,1). Dagegen dürfte sich in den Philippinen und besonders in Sri Lanka ein höherer Düngereinsatz gut rentieren. Wenn 1 kg NPK nicht mehr kostet als 1 kg Reis, ergibt sich ein ausgesprochen günstiges Ertrags/Aufwands-Verhältnis von 10:1.

#### 4. Organische Dünger – Mineraldünger

In allen Ländern der Region empfiehlt der Beratungsdienst die Anwendung von organischen Düngern wie Stallmist, Kompost, Stroh und Gründüngungspflanzen.

##### 4.1. China

Am stärksten machen hiervon die Reisbauern Chinas Gebrauch. Nach den Informationen einer FAO-Studiengruppe, die China 1977 bereist hat, entspricht die in organischem Material zugeführte Nährstoffmenge einer durchschnittlichen Gabe von 64 kg N, 39 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 74 kg K<sub>2</sub>O je ha (12). Darüber hinaus wird in der Volksrepublik China in steigendem Umfang Mineraldünger angewendet. Die FAO schätzt den Verbrauch je ha für 1976 auf 35 kg N, 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3 kg K<sub>2</sub>O. Zusammen mit der organischen Düngung ergibt sich für China eine mittlere Düngungsintensität von 99 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 77 kg K<sub>2</sub>O/ha. Wenn man berücksichtigt, daß im Schnitt etwa 1,5 Ernten/Jahr erzielt werden, ermäßigen sich die Nährstoffgaben pro Kultur auf 66 kg N, 33 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 51 kg K<sub>2</sub>O/ha. Dieser Düngeraufwand bezieht sich zwar auf alle Feldfrüchte, Obst- und Gemüsekulturen, dürfte aber auch für Reis ungefähr zutreffen. Ein Düngungsniveau von 150 kg NPK/ha bei mittleren Reiserträgen von 3,6 t/ha (Tab. 1) entspricht den Verhältnissen in den übrigen asiatischen Ländern (vgl. Abb. 1).

##### 4.2. Andere Länder

In allen anderen Ländern wird weniger organischer Dünger angewendet. In Japan betragen 1971–1974 die Gaben zu Reis etwa 3,25 t Kompost und 0,6 t Stroh mit einem geschätzten Nährstoffgehalt von 20 kg N, 7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 22 kg K<sub>2</sub>O/ha, wie aus den Veröffentlichungen des Landwirtschaftsministeriums über die Produktionskosten von Reis hervorgeht (vgl. Abb. 3).

Besonders ungünstig ist die Situation dort, wo das Stroh an das Vieh verfüttert und der Dung getrocknet und als Brennmaterial verwendet wird, wie in weiten Teilen von Indien, Pakistan und Bangladesch. Reisstroh enthält etwa 0,6% N, 0,1–0,2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,9–2,25% K<sub>2</sub>O (1,29). Es stellt also eine wertvolle Kaliquelle dar. Allerdings kann das im Stroh enthaltene Kalium durch Regenwasser leicht ausgewaschen werden, während Stickstoff und Phosphat in organischer Bindung

vorliegen und erst nach mikrobieller Zersetzung des Strohs frei werden. Rechnet man einmal nur mit einem  $K_2O$ -Gehalt von 1% im Stroh zum Zeitpunkt der Düngung, dann entspricht eine Gabe von 3,5 t Stroh/ha einer Kalidüngung von 35 kg  $K_2O$ /ha. 3,5 t Stroh dürften bei einer Reisernte von 3 t/ha anfallen, dem Durchschnittsertrag im Staate Tamil Nadu/Indien (Tab. 3). Dort betrug die Mineraldüngung zu Reis im Mittel der Jahre 1971/72–74/75 etwa 47 kg N, 16 kg  $P_2O_5$ , 15 kg  $K_2O$ /ha (5). Sie wäre durch Verwendung des Strohs für die Düngung um etwa 21 kg N + 5 kg  $P_2O_5$  + 35 kg  $K_2O$  erhöht worden. Tatsächlich errechnet sich aus der Verwendung von Kompost (9) für das Ackerland von Tamil Nadu (ohne Gründungsflächen) 1974/75 eine durchschnittliche Gabe von 10 kg N, 8 kg  $P_2O_5$  + 14 kg  $K_2O$ /ha, immerhin 40% der Kalimenge, die in 3,5 t Stroh enthalten ist.

Für ganz Indien berechnet (total cropped area minus green manured area), ergibt sich eine durchschnittliche Nährstoff-Anwendung im Kompost (rural compost plus urban compost) für 1974/75 von etwa 7 kg N/ha, 5 kg  $P_2O_5$ /ha, 10 kg  $K_2O$ /ha.

Das ist nur 1/5 der NPK-Düngung in Form von organischen Stoffen in China (auf 1,5 Ernten/Jahr berechnet). In Indien werden große Anstrengungen unternommen, andere Brennstoffquellen zu erschließen, wie schnellwüchsige Holzarten oder Biogas aus der anaeroben Vergärung organischer Abfallstoffe, um vom Kuhdung als Brennmaterial wegzukommen und ihn als Dünger einsetzen zu können.

## 5. Mögliche weitere Fortschritte

Mit 6 t/ha ist das gegenwärtige Ertragsniveau in Japan und Korea so hoch, daß man nur noch eine ganz langsame Steigerung erwarten sollte. Dennoch sind weitere hohe Wachstumsraten nicht auszuschließen, wie die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen. Höhere Ernten bedeuten höheren Nährstoffentzug. Unabhängig davon, ob die Ertragssteigerung auf leistungsfähigere Sorten, bessere Anbaumethoden, Krankheits- und Schädlingsbekämpfung oder andere Maßnahmen zurückzuführen ist, wird der höhere Nährstoffentzug durch entsprechende Düngergaben zu kompensieren sein. In Süd-Korea z.B. betragen die durchschnittlichen Empfehlungen des Office of Rural Development für die neuen Reissorten 140–150 kg N/ha, 80–90 kg  $P_2O_5$ /ha und 100 kg  $K_2O$ /ha (etwa 330 kg NPK/ha).

In China, wo die Entwicklung der Landwirtschaft Vorrang hat und die Möglichkeiten der Verwendung von organischem Material für die Düngung bereits optimal genutzt werden, ist mit einer weiteren Erhöhung des Mineraldünger-Einsatzes im Reisanbau zu rechnen.

In den anderen Ländern wird der Fortschritt davon abhängen, wie schnell die Hindernisse überwunden werden können, die einer Steigerung der Reiserträge durch den Einsatz von Düngemitteln im Wege stehen (z. B. mangelhafte Lagerungs- und Verteilungsmöglichkeiten, unzureichende Verfügbarkeit von Krediten, ungünstiges Verhältnis von Reispreis/Düngemittelpreis, Ungewißheit über den tatsächlichen Reispreis zur Erntezeit, mangelnde Bewässerungskontrolle, fehlende Fach-

beratung usw.). Vom Preis/Kosten-Verhältnis her gesehen, sind die Reis-Bauern Sri-Lankas dank der Düngemittel-Subventionen in einer günstigen Situation (Abb. 4). In diesem Land sind Maßnahmen angelaufen, in Verbindung mit dem Aufbau einer einheimischen Stickstoff-Industrie, die Düngemittel-Verteilung zu verbessern. Indonesien hat im zurückliegenden Jahrzehnt große Fortschritte gemacht, weitere dürften zu erwarten sein. Dagegen ist die Entwicklung in den Philippinen und in Thailand langsam verlaufen, in Thailand nicht zuletzt wegen des ungünstigen Verhältnisses Reispreis/Düngemittelpreis (Abb. 4).

In Indien hat die National Commission of Agriculture Pläne für die Steigerung der Nahrungsproduktion ausgearbeitet, die von folgenden Erträgen an poliertem Reis ausgehen (27): 1985 = 1,6 t/ha, 2000 = 2,5 t/ha. Umgerechnet in ungeschälten Reis bedeuten diese Zahlen 2,4 t/ha für 1985 und 3,75 t/ha für 2000. In der Periode von 1977 bis 2000 müßte die jährliche Ertragssteigerung 3% betragen, um von 1,87 t/ha auf 3,75 t/ha zu kommen. Zwischen 1950 und 1977 hat der Reisertrag um 2% pro Jahr zugenommen. Unmöglich sind Steigerungsraten von 3% jährlich nicht. In Süd-Korea und Indonesien wurden sie zwischen 1968 und 1977 übertroffen. Die Berechnung über die voraussichtliche Steigerung des Düngemittelverbrauchs in Indien läßt einen durchschnittlichen Reisertrag von 2,4 t/ha im Jahre 1985 als durchaus möglich erscheinen. 1972/73 wurden in Indien 2,77 mio. t NPK verbraucht, davon zu Reis etwa 28% (wie sich anhand der Tab. 3 und der Gesamt-Reisfläche von 37 mio. ha errechnen läßt). Für 1984/85 wird der Düngemittelverbrauch auf 9,18 mio. t NPK geschätzt (3). 28% davon, auf 40 mio. ha Reisfläche angewendet, ergäben 64 kg NPK/ha. Nach den Erfahrungen in Süd- und Ostasien entsprechen einem solchen Düngungsniveau mittlere Reiserträge von etwa 2,5 t/ha (vgl. Abb. 1). Durchschnittserträge dieser Größenordnung sind nach wie vor bescheiden, verglichen mit den Ernteergebnissen in Japan, Korea oder China. Wegen der großen Ausdehnung der Flächen, auf denen sehr niedrige Ernten erzielt werden, wäre ein Ertragsniveau von 2,4–2,5 t/ha für Indien aber schon ein respektables Ergebnis, für dessen Zustandekommen überdurchschnittliche Erträge in den anderen Reisanbaugebieten erforderlich wären.

Daß hohe Erträge in Indien erzielbar sind, zeigen nicht nur die Ergebnisse von Tausenden von Feldversuchen (Tab. 2), sondern auch die Daten der National Demonstrations und der All India Crop Competitions, an denen sich jedes Jahr fortschrittliche Bauern beteiligen (Tab. 9). Diese Ergebnisse berechtigen zu der Hoffnung, daß die von den Planern gesteckten Produktionsziele realistisch sind.

**Tab. 9:** Reis. Durchschnittserträge der National Demonstrations und Höchsterträge der All India Crop Competitions (27)

Nat. Demonstrations		Crop Competitions	
Jahr	t/ha	Jahr	t/ha
1968-69	5.95	1965-66	9.48
1969-70	5.69	1970-71	15.86
1970-71	5.61	1975-76	16.80

## 6. Zusammenfassung

Über 90% der Welt-Reisproduktion wird in den Ländern Asiens erzeugt. Dort haben Reiserträge und Reisdüngung in den letzten zwei Jahrzehnten beachtlich zugenommen. Der größte Zuwachs wurde in Korea und Japan erzielt, wo 1976/78 die durchschnittlichen Reisernten gut 6 t/ha betragen bei Mineräldüngergaben zu Reis zwischen 260 und 300 kg/ha N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O (NPK). Aber auch in vielen anderen Ländern hat es hohe Zuwachsraten gegeben, z. B. in Indonesien, China und Indien. Wegen des ursprünglich niedrigen Ertragsniveaus haben sie aber die Schwelle von 3 t/ha noch nicht überschritten. Die Ausnahme bildet China mit Durchschnittserträgen um 3,6 t/ha und einem geschätzten Düngeraufwand von 150 kg NPK/ha, überwiegend in Form von organischen Düngern.

Beim Vergleich der Situation in verschiedenen Ländern Asiens bzw. in den Reis anbauenden Bundesstaaten Indiens fällt ein enger Zusammenhang auf zwischen Ertragsniveau und Düngermanagement zu Reis (als Indikator der Intensität des Reisanbaus). In Staaten mit minimaler oder fehlender Düngung liegt der Durchschnittsertrag bei 1,5 t/ha (1–2 t/ha), dort wo 60–100 kg NPK/ha angewendet werden, etwa bei 2,4–3 t/ha, in den Ländern mit Düngergaben um 300 kg NPK/ha bei 6 t/ha und mehr.

Unter den Faktoren, die den Düngeraufwand beeinflussen, spielt das Verhältnis Reispreis/Düngemittelpreis eine große Rolle. Es ist besonders ungünstig in Thailand und Indien, besonders günstig in Japan und Süd-Korea. Zwischen 1968 und 1976/77 hat es sich in den meisten Ländern verbessert.

Für die Zukunft ist mit weiteren schnellen Ertragssteigerungen zu rechnen, vor allem in Gebieten, in denen heute bereits mehr als 2,5–3 t/ha geerntet werden. Auf Grund der Erfahrungen der Vergangenheit ist anzunehmen, daß sich Reisdüngung und Reiserzeugung parallel entwickeln werden.

Der Autor dankt Dr. P. Schäfer für die Verrechnung der Daten (Tab. 3, Abb. 1) und Frl. K. Sennholz für das Zeichnen der Grafiken.

## Summary

More than 90 per cent of the world rice production originates from the Asian countries. Rice yields and rice fertilization have considerably increased in these countries over the past two decades. The highest increase was observed in Korea and Japan where the average yield in 1976/78 was slightly above 6 t/ha at mineral fertilizer rates to rice between 260 and 300 kg/ha N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O (NPK). A marked increase was also observed in other countries, e.g. Indonesia, China and India. Due to the originally low yield levels the production in these countries has, however, not risen above the 3 t/ha mark with the exception of China where the average yield reached approx. 3,6 t/ha at an estimated NPK consumption of 150 kg/ha, mostly in the form of organic manures.

When comparing the situation in the different Asian countries or in different rice-growing federal states of India, a close relationship is observed between yield

and fertilizer input (as an indicator of the intensity of rice cultivation). In states with very low or no fertilization at all the average yield attains only 1,5 t/ha (1–2 t/ha), whereas the production is approx. 2,4–3 t/ha at fertilizer rates between 60–100 kg NPK/ha and 6 t/ha or more in countries where approx. 300 kg NPK/ha are applied.

The rice-fertilizer price ratio plays an important role among the factors influencing the level of fertilizer application. This ratio is particularly unfavourable in Thailand and India and particularly favourable in Japan and South Korea. It has improved in most countries between 1968 and 1976/77.

Further rapid yield increases have to be expected in the future, in particular in areas where at present more than 2,5–3 t/ha are attained. The experiences of the past allow the assumption that the development of rice fertilization and rice production will run parallel.

### Literaturverzeichnis

1. Amarasiri, S. L. and K. Wickramasinghe, 1977: Use of rice straw as a fertilizer material. *Tropical Agriculturist* 133, 39–49
2. Anonym, 1978: All India Coordinated Agronomic Research Scheme and Long Term Fertilizer Scheme (ICAR), *Fertilizer News* 23, 8, 30–32
3. Anonym, 1978: Fertilizer situation in India. *Fertilizer News* 23, 12, 59–76
4. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, 1972: Seminar »Economics on fertilizer use«. Taipei/Taiwan
5. Bhumbra, D. R., 1977: Balanced Fertilization. FAI-FAO Seminar on strategy for stimulating fertilizer consumption, 1976, *Proceedings*, New Delhi, I-3/1–12
6. Blair, G. J.; C. P. Mamaril and M. Ismunadji, 1979: Sulphur deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production. *Proceedings, Conference on soil related constraints to food production in the tropics*, IRRI, Los Baños/Philippinen, im Druck
7. Ceylon Fertilizer Corporation, 1979: Colombo/Sri Lanka. Persönliche Mitteilung.
8. Dabin, B., 1979: Phosphorus deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production. *Proceedings, Conference on soil related constraints to food production in the tropics*, IRRI, Los Baños/Philippinen, im Druck
9. FAI, 1975–76, 1977–78: Fertilizer Statistics. The Fertilizer Association of India, New Delhi/Indien
10. FAO Production Yearbook, 1971: Vol. 25, Rom/Italien
11. FAO, 1977: Annual fertilizer review. FAO Statistics Series No. 19, Rom/Italien
12. FAO, 1977: China. Recycling of organic wastes in agriculture. FAO Soils Bulletin 40, Rom/Italien
13. FAO, 1978: *Monthly Bull. of Statistics*, Vol. 1, Sept. 1978, Rom/Italien
14. FAO, 1979: *Monthly Bull. of Statistics*, Vol. 2, Feb. 1979, Rom/Italien
15. Govt. of Sri Lanka, 1974: Updating of long range fertilizer projections on Sri Lanka, Working Group on fertilizers, Colombo/Sri Lanka

16. Ho, C. T., 1979: FAO-Düngemittelprogramm, Manila/Philippinen. Persönliche Mitteilung
17. Ismunadji, M. and S. Partohardjono, 1979: Recent research on potash application in lowland rice, als Manuskript vervielfältigt, Djakarta/Indonesien
18. Kanwar, J. S.; Das, M. N.; Sardana, M. G. and S. R. Bapat, 1973: Economics of fertilizer use in rice in farmer's fields. *Fertilizer News* 18, 1, 71–88
19. Kemmler, G., 1971: Fortschritte der Reisdüngung in Ostasien, 1968. *Der Tropenlandwirt* 72, 16–28
20. Kemmler, G., 1979: Potassium deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production. Proceedings, Conference on soil related constraints to food production in the tropics, IRRI, Los Baños/Philippinen, im Druck
21. Kim, S. B., 1970: The Ass. for Potash Research, Seoul/Rep. of Korea. Persönliche Mitteilung
22. Min. of Agric. & Forestry, Japan, verschiedene Jahre: Survey on production cost of rice, Tokyo/Japan
23. Murayama, N., 1977: Changes in the amount and efficiency of chemical fertilizer applied to rice in Japan. Proceedings, Internat. Seminar on soil environm. & fertility managem. in intensive agric., Tokyo, 126–132
24. Palacpac, A. C., 1977: World Rice Statistics, IRRI, Dept. of Agric. Economics, Los Baños/Philippinen, überarbeitete Auflage
25. Rajendra Prasad, 1977: Response of field food crops to different fertilizers in India. FAO/SIDA Seminar, Lahore/Pakistan
26. Singh, D.; Krishnan, K. S. and S. R. Bapat, 1976: Economics of fertilizer use based on experiments in cultivators' fields. *Fertilizer News* 21, 3, 8–13
27. Sodhi, A. J. S., 1979: Agricultural policy and fertilizer use in India. *Fertilizer News* 24, 1, 46–51
28. Su, N. R., 1975: Fertilizer applications to rice in Taiwan. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bull. No. 60, Taipei/Taiwan
29. Suzuki, T., 1968: Characteristics and effect of fertilizers, B. Main manures, in Fertilizer and fertilization in Japan. Ed. T. Shiroshita, Tokyo/Japan, 31–41
30. Taiwan Agr. Yearbook, 1976: Ed. Dept. of Agr. & Forestry, Prov. Govt. of Taiwan, Taipei/Taiwan
31. Tanaka, A. and S. Yoshida, 1970: Nutritional disorders of the rice plant in Asia. IRRI Technical Bulletin 10, Los Baños/Philippinen
32. von Uexküll, H. R., 1970: Role of fertilizer in the intensification of rice cultivation. Proceedings, 9th Congress Internat. Potash Inst., Bern/Schweiz, 413–416
33. von Uexküll, H. R., 1975: Recent fertilizer problems in Asia. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bull. No. 59, Taipei/Taiwan
34. von Uexküll, H. R., 1976: Fertilising for high yield. Rice. IPI-Bull. 3, Internat. Potash Institute, Worblaufen-Bern/Schweiz
35. von Uexküll, H. R., 1978: Agronomic and economic evaluation of crop responses to potash fertilizer. Rice: The Far Eastern & S. E. Asian experience. Proceedings Internat. Symp. Potassium in soils and crops. New Delhi/Indien, 241–259
36. von Uexküll, H. R., 1979: Internat. Potash Inst. & Potash Phosphate Inst., East & South East Asia Program, Singapur. Persönliche Mitteilung