

# Reisfelder - bedeutende Quelle von Treibhausgasen?

Jacob RÜEGG, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil

**Methan gilt nach Kohlendioxid als das zweitwichtigste Treibhausgas. Weltweit wird Reis auf 148 Millionen Hektaren angebaut. Überflutete Reisfelder geben beträchtliche Mengen von Methan ab. Wovon diese Emissionen abhängen und welche Möglichkeiten es gibt, sie zu mindern, wird am Internationalen Reisforschungsinstitut auf den Philippinen untersucht.**

Dank dem natürlichen Treibhaus- oder Glashauseffekt der Atmosphäre liegt die mittlere Erdoberflächentemperatur bei 15 Grad Celsius. Wichtige Treibhausgase sind dabei Wasserdampf ( $H_2O$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ), bodennahes Ozon ( $O_3$ ), Methan ( $CH_4$ ), Lachgas ( $N_2O$ ) und Ammoniak ( $NH_3$ ) (Seifritz 1991). Seit der industriellen Revolution hat die Konzentration von Kohlendioxid in der Erdatmosphäre rasch von 280 ppm auf 355 ppm (parts per million, d.h. Gramm pro 1000 Kilogramm) zugenommen. Eine weitere

Zunahme bis auf etwa 600 ppm wird innerhalb der nächsten dreissig bis vierzig Jahre erwartet (Gore 1992). Auch beim Lachgas und Methan sowie weiteren Treibhausgasen wird mit einer Zunahme der Konzentrationen gerechnet. Zur Zeit kann noch nicht genau angegeben werden, wie und vor allem in welchem Ausmass sich diese erhöhten Treibhausgaskonzentrationen auf das globale Klima im nächsten Jahrhundert auswirken werden. Allgemein wird aber, unter anderem, von einer Erwärmung des Klimas, von einem

Anstieg der Meeresspiegel und einer Zunahme energiereicherer Stürme ausgegangen (Berz 1991; Blattmann 1990; Gassmann und Weber 1989).

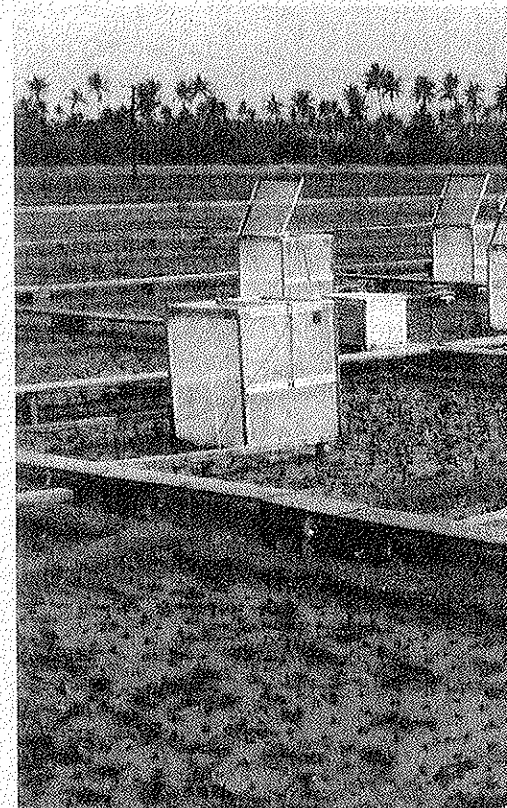
## Quellen der Methanemissionen

Obwohl Methan mit zur Zeit nur 1,7 ppm Konzentration in der Atmosphäre vorliegt, gilt es neben Kohlendioxid als eines der ernst zu nehmenden Treibhausgase. Ein Methanmolekül löst nämlich einen 23 bis 32 mal grösseren Temperaturanstieg aus als ein Molekül Kohlendioxid (Seifritz 1991). Methan wird natürlicherweise aus Vulkanen, Sümpfen, Tundraböden im Sommer und aus anderer unter Luftabschluss verrottender organischer Substanz

## Internationales Reisforschungsinstitut

Das Internationale Reisforschungsinstitut (International Rice Research Institute = IRRI) mit Hauptsitz auf den Philippinen wurde 1960 gegründet. IRRI's Leitmotiv ist es, die Lebensbedingungen gegenwärtiger und zukünftiger Generationen von reiserzeugenden und reiskonsumierenden Familien, insbesondere derer mit geringem Einkommen, zu verbessern.

Die Hauptaufgaben bestehen in der Weiterentwicklung und Verbreitung von Wissen und Technologie im Reisanbau, in der Förderung von nationalen Reisforschungsprogrammen und in der Aus- und Weiterbildung von Fachleuten aus Reis erzeugenden Ländern. Unter Berücksichtigung ökologischer Erfordernisse soll dadurch kurz- und langfristige sozialer und wirtschaftlicher Fortschritt erzielt werden. IRRI ist eines der 18 internationalen Forschungsinstitute im Agrar-, Forst- und Fischereibereich, die von der Beratenden Gruppe für Internationale Landwirtschaftliche Forschung (Consultative Group on International Agricultural Research = CGIAR) unterstützt werden. Diese mehrheitlich in den Tropen und Subtropen angesiedelten Forschungsinstitute werden von zahlreichen Stiftungen, Entwicklungsbanken und diversen Geberländern unterstützt. Die Schweiz (DEH = Direktion für Entwicklung und Humanitäre Hilfe in Bern) unterstützt seit vielen Jahren sowohl das IRRI wie auch andere Institute des CGIAR-Systems. Jährliche Beiträge werden sowohl an das zentrale Betriebsbudget des IRRI sowie zugunsten spezieller Projekte ausgerichtet. So werden beispielsweise ein Netzwerk für Integrierten Pflanzenschutz im Reisanbau oder die Erforschung und Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln auf pflanzlicher Basis unterstützt. Auch IRRI-Projekte ausserhalb der Philippinen werden von der Schweiz mitgetragen. So wickelt IRRI beispielsweise seit 1990 in Laos mit finanzieller und personeller Beteiligung aus der Schweiz ein langjähriges Projekt ab. Hauptziele sind die Verbesserung und Stärkung der laotischen Reisforschung- und Reisproduktion.



in die Atmosphäre abgegeben. Dazu kommt in beträchtlichen Mengen Methan, das aus den Verdauungsprozessen bei Wiederkäuern und aus mit Wasser über-

fluteten Reisfeldern stammt. Zur Zeit werden die Methanemissionen aus Reisfeldern auf jährlich mindestens 60 - 80 Millionen Tonnen geschätzt, was etwa 50 % aller landwirtschaftlichen und etwa 15 - 20 % aller globalen Methanemissionen entspricht (Neue und Roger 1992; Bachellet und Neue 1993; Neue 1992). Obwohl diese Schätzungen noch mit einigen Unsicherheiten behaftet sind, wird den Methanemissionen aus Reisfeldern in Bezug auf mögliche globale Klimaveränderungen eine ernst zu nehmende Bedeutung beigemessen.

### Reiserzeugung wird noch zunehmen

Reis wird global auf etwa 148 Millionen Hektaren angebaut. Fast 90 % davon liegen in Asien und etwa 87 % aller Reisböden werden jährlich während längerer Zeit natürlich oder durch Bewässerung überflutet (Tab. 1). Nur dort wo Reis während der Regenzeit auf nicht terrassierten Hängen in Hochlandgebieten angebaut wird, entsteht keine Überflutung der Felder und damit auch keine anaerobe Methangärung. Der Reisanbau wird sich flächenmässig kaum mehr stark ausdehnen können.

**Tab. 1. Weltweite Flächen unter Reisanbau (in Hektaren) und relativer Anteil der wichtigsten Reisanbauformen an der gesamten Reisanbaufläche (in Prozent) 1991**

	Anteil der wichtigsten Reisanbauformen an der Fläche unter Reis (in %)				
	Anbau unter kontrollierter Bewässerung	Regenfeldbau in flachen Lagen der Tieflandgebiete	Anbau in periodisch überschwemmten Gebieten	Regenfeldbau in Hanglagen der Hochlandgebiete	
	<b>Gesamtfläche in Millionen ha</b>	<b>Böden während des Reisanbaues über längere Zeit durch Wasser überflutet</b>	<b>Böden während des Reisanbaues über längere Zeit nicht überflutet</b>	<b>Böden nicht überflutet</b>	
Asien	132,7	57	27	7	9
Lateinamerika	6,7	32	9	0	59
Afrika	6,5	18	17	20	45
Australien	0,1	100	0	0	0
USA	1,1	100	0	0	0
Übrige Gebiete	1,0	K.A.	K.A.	K.A.	K.A.
Welt	148,1	55	25	7	13

K.A. = Keine Angaben verfügbar  
(Quelle: Internationales Reiserforschungsinstitut, Los Banos, Philippinen)

nen. Doch von 1990 bis 2020 wird eine Zunahme der Weltbevölkerung von rund fünf auf acht Milliarden Menschen vorausgesagt. Die Produktion von Rohreis muss in diesem Zeitraum, vorwiegend in Asien, um fast fünfzig Prozent von 518 Millionen Tonnen auf mindestens 760 Millionen Tonnen zunehmen, um nur das gegenwärtige Ernährungsniveau halten zu

können (Neue 1993). Dies bedeutet, dass die Reiserzeugung pro Fläche weiter gesteigert werden muss. Die erzeugte und teilweise dem Boden wieder zugeführte Biomasse wird grösser, was eine Zunahme der Methanemissionen mit sich bringen könnte (Neue und Roger 1992).

### Aktuelle Forschung

Am Internationalen Reiserforschungsinstitut (IRRI) auf den Philippinen wurde 1990 mit Untersuchungen über die Methanemissionen aus Reisfeldern begonnen (Abb. 1). Dabei stellen sich viele Teilfragen.

- ☉ Wieviel Methan wird vor, während und nach einer bewässerten Reiskultur im Boden erzeugt?
- ☉ Wie hängt diese Produktion vom Bodentyp, der Bewirtschaftung des Bodens, der Düngung und der Wasserführung ab?
- ☉ Wieviel vom erzeugten Methan wird im Boden und vor allem in der Wurzelzone oxidiert und als Kohlendioxid an die Atmosphäre abgegeben?
- ☉ Wieviel Methan gelangt direkt aus dem Boden oder via das Leitgewebe der Reispflanzenstengel in die Atmosphäre?

### Methanemissionen nur aus überfluteten Böden

Bei der Erforschung dieser komplexen Thematik wird das IRRI durch die Rockefeller Stiftung, die Amerikanische Umweltschutzbehörde und durch zahlreiche Geberländer, zu denen auch die Schweiz zählt, unterstützt (siehe Kasten). Eine



**Abb. 1.** Vor, nach (im Bild) und während der Reiskultur werden Methan- und Lachgasemissionen aus dem Boden anhand von Gasproben gemessen. Ein Computer steuert das Öffnen und Schliessen der einzelnen Kammern sowie die automatische Probeentnahme. Die Gasproben werden durch ein verlegtes Leitungssystem zur Messeinheit in einem Containerwagen (im Bild nicht sichtbar) geleitet. Dort werden Gasmesswerte sowie Witterungsdaten fortlaufend gesammelt und automatisch verarbeitet.

enge Zusammenarbeit besteht mit ähnlichen Forschungsprojekten in China, Thailand, Indien und Indonesien. Interessante erste Ergebnisse liegen bereits vor:

■ Methan wird am Ende des unter Luftabschluss vor sich gehenden Abbaues der organischen Substanz durch Bakterien erzeugt, wobei die Gaserzeugung je nach Bodentyp und pH wenige Stunden oder erst Wochen nach Überflutung des Reisfeldes einsetzt.

■ Leicht zersetzbare organische Dünger sind zwar dem Pflanzenwachstum förderlich, führen aber auch zu vermehrter Methanproduktion.

■ Wird der Boden kurzfristig trocken gelegt und dann wieder erneut bewässert, kann die Methanproduktion zugunsten einer Kohlendioxidproduktion verringert werden. Allerdings können während der Trockenphase vermehrt Lachgasverluste auftreten. Sowohl für den Stickstoffhaushalt des Bodens wie auch für die Atmosphäre ist dies aber unerwünscht.

■ Während des vegetativen Wachstums des Reises wird bei ungestörtem Boden bis zu 70 % des abgegebenen Methans direkt durch das Luftgewebe der Reispflanzen in die Umgebungsluft geleitet. Während der reproduktiven Wachstumsphase sind es sogar bis 90 %.

■ Die Reispflanze vermag in ihrer Wurzelzone einen beachtlichen Teil des gebildeten Methans zu oxidieren. Damit wird das klimamässig wesentlich weniger wirksame Kohlendioxid an die Umgebungsluft abgegeben. Heute bereits bekannte Reissorten unterscheiden sich sehr stark in ihrer Fähigkeit, Methan in der Wurzelzone zu oxidieren. IR42 beispielsweise ist gegenüber IR44 mehr als doppelt so effizient in der Oxidation von Methan in der Wurzelzone (Neue und Roger 1992; Neue 1992).

## Möglichkeiten zur Verminderung der Methanemissionen

Dieses komplexe Zusammenspiel von Böden, Reispflanzen, Mikroorganismen, Bodenbewirtschaftung, Düngung, Bewässerung, Witterung und Gasemissionen wird erst ansatzweise verstanden. Die ersten Resultate lassen aber erkennen, dass es Möglichkeiten gibt, die Methanemissionen aus Reisfeldern zu verringern, wenn auch nicht gänzlich zu unterbinden. Durch Direktsaat, statt Verpflanzen des Reises, kann beispielsweise die Zeitdauer der Überflutung der Felder verkürzt werden. Eine gezielte Be- und Entwässerung

der mit kontrollierter Bewässerung ausgestatteten Felder kann zu weniger Methanemissionen führen. Dabei dürfen aber die Pflanzenerträge und die durch die Bewässerung mögliche Unkrautunterdrückung nicht negativ beeinflusst werden. Auch beim Einsatz organischer und mineralischer Dünger lassen sich wahrscheinlich geeignete Kombinationen erarbeiten, die den Bedürfnissen des Bodens und der Pflanzen gerecht werden und dennoch zu weniger Methan und Lachgas führen. Die Züchtung ihrerseits wird versuchen, neue Typen von Reispflanzen zu schaffen, die viel Methan oxidieren und wenig davon an die Umwelt abgeben. Neben höheren sicheren Erträgen, guter Resistenz gegen Schädlinge und Krankheiten sowie Toleranz gegen verschiedene Umweltstressfaktoren wird damit die Wunschliste an die Züchter um eine zusätzliche Dimension erweitert: Pflanzentypen sind zu schaffen, die möglichst wenig unerwünschte Gase freisetzen.

## Reistypen für das 21. Jahrhundert

Weitere umweltrelevante Forschungsprojekte am IRRI befassen sich mit der Ultraviolett-B-Strahlung. Diese nimmt zu, da die Ozonschutzschicht in der höheren Atmosphäre abnimmt. Die Auswirkungen auf die Morphologie und Physiologie der Reispflanzen werden erforscht (Qiujiu *et al.* 1992). Erste Ergebnisse zeigen, dass Reistypen aus asiatischen Hochlandgebieten eine bessere Anpassung an erhöhte UV-B-Strahlung besitzen, als solche aus Tieflandgebieten. Möglicherweise kann eine solche Eigenschaft in neuem Basiszuchtmaterial eingebaut werden, damit zukünftige Sorten die erwartete höhere UV-B-Strahlung ohne Schaden ertragen können. Abgerundet wird dieser ganze Fragenkomplex schliesslich noch durch Untersuchungen in Klimakabinen und Gewächshäusern. Hier wird das Wachstum und Ertragsverhalten von Reistypen bei normaler wie absichtlich erhöhter Kohlendioxidkonzentration in Kombination mit verschiedenen Temperaturen erforscht. Man erhofft sich Kenntnisse, die vor allem in der Züchtung von Reistypen für das 21. Jahrhundert von Nutzen sein werden.

## LITERATUR

Anonym. 1990. Rice Researchers launch major study on global warming. The IRRI Reporter 4, 1-2. Published by the International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

Bachelet D. and Neue H.U. 1993. Methane emissions from wetland rice areas of Asia. *Chemosphere* 26 (1-4), 219-237.

Blattmann H., 1990. Die Treibhausproblematik - eine Bestandesaufnahme. Erwärmung bis 2100 um einige Grad, aber mit Unsicherheiten behaftete Prognosen. *Neue Zürcher Zeitung*, Dokumentation, Samstag/Sonntag 27./28. Oktober Nr. 250.107.

Berz G., 1991. Klimaänderung und ihre Folgen für die Versicherungswirtschaft. *Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Versicherungswissenschaften* 7/8, 209-217.

Gassmann F. und Weber R., 1989. Vom Menschen verursachte Klimaveränderungen. Schweizerische Physikalische Gesellschaft.

Gore A.I., 1992. *Earth in the Balance - Ecology and the Human Spirit*. Houghton Mifflin Company. Boston, New York, London.

Neue H.U. and Roger P.A., 1992. Rice Agriculture: Factors Controlling Emissions. In «Global atmospheric methane» edited by M.A.K. Khalil and M. Shearer, eds. NATO ASI/ARW series.

Neue H.-U., 1993. Methane Emission from Rice Fields. Wetland rice fields may make a major contribution to global warming. *Bio Science* 43 (7), 466-474.

Neue H.-U., 1992. Agronomic practices affecting methane fluxes from rice cultivation. *Ecological Bulletin Copenhagen* 42, 174-182.

Qiujiu D. Coronel V.P., Vergara B.S., Barnes P.W., and Quintos A.T. 1992. Ultraviolet-B Radiation Effects on Growth and Physiology of Four Rice Cultivars. *Crop Sci.* 32, 1269-1274.

Seifritz W., 1991. *Der Treibhauseffekt - Technische Massnahmen zur CO<sub>2</sub>-Entsorgung*. Carl Hanser Verlag München Wien.

## RÉSUMÉ

### Les champs de riz - une source de gaz avec activité climatique?

**Le riz se cultive dans le monde sur 148 millions d'hectares. Environ 87 % de tous les champs émettent des quantités considérables de gaz méthane dans l'atmosphère. Depuis 1990 l'institut international pour la recherche du riz aux Philippines entreprend des recherches pour savoir de quoi dépendent ces émissions et comment les réduire par des techniques culturales et d'amélioration génétique des plantes.**

## SUMMARY

### Rice fields - are they a source of gases held responsible for global warming?

**Worldwide cultivation of rice runs currently at 148 million hectares. Approximately 87 % of all rice fields emit significant amounts of the gas methane assumed to interfere with world climate. Since 1990, the International Rice Research Institute in the Philippines has investigated the factors influencing the methane emissions and how they could be mitigated by changes in cultivation methods and through breeding.**

**KEY WORDS:** rice, methane, IRRI, UV-B-radiation, carbondioxide, global warming