

Verwertung von Rübenerde in der Landwirtschaft

- Zusammenfassung von 8jährigen Versuchsergebnissen -

von Dr. Reinhold Gutser  
Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technische Universität München  
in Freising-Weihenstephan

Rübenerde (RE) fällt bei der Reinigung von Zuckerrüben in den Zuckerfabriken an. Der wesentliche Anteil dieser Rübenerde ist Krumenboden von landwirtschaftlich genutzten Flächen, der als Folge des Wasch- und Abscheidevorganges des Wassers weitgehendst in strukturloser Form vorliegt. Rübenerden sind mit Pflanzenresten (Kleinteile des Rübenkörpers, Feinwurzeln) angereichert und enthalten demnach höhere N-Gehalte als übliche Ackerkrumen. Da diese Erden weder mit Schwermetallen noch mit Pflanzenbehandlungsmitteln kontaminiert sind, ist deren Rückführung und Verwertung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen naheliegend, allerdings mit der Forderung, daß dies zu keiner Beeinträchtigung der Umwelt (Boden, Wasser, Luft) führen darf.

- REZ** = Rübenerde - Aufbereitung durch Zentrifugation  
**REK** = Rübenerde - Aufbereitung in Erdlager (Kassetten)
1. Chemische, physikalische Untersuchung, Kenndaten
  2. Pflanzenunschädlichkeit
  3. Umsatz des Rübenerde-Stickstoffs (lufttrockene RE), (Ammonifikation, Nitrifikation)
    - a) Brutversuch (Brutschrank)
    - b) Langzeitversuch (2 Jahre) in Gefäßen (8 l), ohne und mit Bepflanzung (Vegetationshalle; 15 bis 25 °C)
  4. Feldversuche - Standort Freising -  
 Ø 814 mm Niederschlag,  
 7,6 °C Lufttemperatur im Jahr  
 (Erträge, N-Entzüge, N<sub>min</sub> im Wurzel- und Tiefenprofil, NO<sub>3</sub>-N im Boden- und Sickerwasser, N-Bilanzen)
    - a) Braunerde aus lehmigem Sand (1984) = IS  
 - Einmischung von RE in vorhandene Krume
    - b) Braunerde aus schluffigem Lehm (1987) = uL  
 - keine Einmischung von RE in vorhandene Krume  
 - weitgehend ganzjährige Pflanzenbedeckung

Abb. 1

Verwertung von Rübenerde (RE) in der Landwirtschaft  
 Versuchsprogramm 1984-1991

Untersuchung	REZ	REK
TS %	59	75
Sand %	10 - 30	10 - 15
Schluff %		≈ 60
Ton %	13 - 25	25
pH(CaCl <sub>2</sub> )	7,9	7,6
CaCO <sub>3</sub> %		5 - 10
C <sub>t</sub> %		1,0 - 2,5
N <sub>t</sub> %		0,12 - 0,25
C/N		8 - 14
NO <sub>3</sub> -N mg/kg	0-3	2 - 125
NH <sub>4</sub> -N mg/kg		5 - 350
CAL-Extraktion:		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g		20 - 40
K <sub>2</sub> O mg/100 g		120 - 240

Tab. 1

Physikalische und chemische Daten von Rübenerde (Mittelwerte, bezogen auf TS)

Der Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München beschäftigt sich seit 1984 intensiv mit der Erarbeitung von umweltgerechten Verwertungstrategien für Rübenerde in der Landwirtschaft (Abb.1).

Rübenerden weisen je nach Aufbereitung Wassergehalte von 25 - 40 % auf, enthalten abschlämbbare (< 60  $\mu\text{m}$ ) Korngrößenanteile um 80 % und zeigen eine neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktion (Tab.1). Die N-Gehalte entsprechen denen besonders fruchtbarer Böden (Anreicherung von pflanzlichen Kleinteilen), 1 - 5 % vom Gesamt-N liegen als  $\text{NH}_4$ -Stickstoff vor; Rübenerde enthält praktisch kein Nitrat (REZ). Besonders hervorzuheben sind die hohen Kaliumgehalte.

Sämtliche von uns geprüften Rübenerden enthielten keine pflanzenschädigenden Bestandteile (Testpflanzen : Salat und Sommergerste).

Ein sachgerechter und ordnungsgemäßer Einsatz von Rübenerde erfordert ausreichende Kenntnisse über deren N-Umsatzpotential.

Versuchsglied	I. Perkolationsversuch ohne Bepflanzung			II. N-Entzug der Pflanzen
	1. Jahr	2. Jahr	Summe	Summe
REZ (100 Vol%)	9,5	3,2	12,7	17,6
REK (100 Vol%)	9,5	1,8	11,3	12,9
REZ/IS (50/50 Vol%)	15,2	3,6	18,8	22,3
REK/IS (50/50 Vol%)	11,7	1,8	13,5	13,6
REZ/uL (50/50 Vol%)	14,0	3,7	17,7	19,9
REK/uL (50/50 Vol%)	8,0	3,3	11,3	13,5

In Kombination mit Böden wurde Rübenerde eingemischt  
 Perkolationen: 10 in 2 Jahren  
 Pflanzen: 12 Aufwüchse Weidelgras in 2 Jahren  
 Temperatur Gewächshaus: 15 - 25° C

N-Freisetzung in % der Zufuhr

IS = lehmiger Sand,  
 uL = schluffiger Lehm

Tab. 2

Umsatz von Rübenerde - Stickstoff im Boden

Gefäßversuch (8 l Volumen)

Unter optimalen Temperatur- und Feuchtebedingungen (Gewächshaus) und weitgehend unabhängig von der Methodik (N-Entzug durch Perkolation oder Pflanzen) wurden in 2 Jahren Umsatzpotentiale zwischen 11 und 20% festgestellt (Tab.2). REZ zeigte insgesamt eine schnellere N-Freisetzung als REK (die ungünstigere Struktur von REZ wurde durch Lufttrocknung und Homogenisierung (1 cm-Sieb) beseitigt).

In einem 1. Feldversuch mit produktionstechnischem Ansatz wurden Rübenerden auf einer Braunerde aus lehmigem Sand (IS) in die Ackerkrume eingearbeitet und deren Wirkung insbesondere auf Wachstum und Ertrag verschiedener Kulturpflanzen, aber auch auf physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens sowie den Nitrataustrag (Lysimeter, Saugkerzen, Tiefbohrungen) geprüft (Abb. 2).

<b>Krume:</b>	12 % Ton, 19 % Schluff, 69 % Sand $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 5,9$
<b>Versuchsplan:</b>	1. Kontrolle 2. 1 x REZ (Okt. 1983) 3. 1 x REK (Okt. 1983) 4. 2 x REZ (Okt. 1983 und 1984) 5. 2 x REK (Okt. 1983 und 1984)
<b>Aufbringhöhe:</b>	jeweils 15 cm
<b>Einmischung</b>	in vorhandene Krume
<b>N-Düngung:</b>	$\text{N}_0/\text{N}_1$ bzw. $\text{N}_1/\text{N}_2$
<b>Fruchtfolge:</b>	1984 Hafer 1985 Sommerweizen 1986 Kartoffeln 1987 Winterweizen 1988 Hafer 1989 Silomais
Stroh verblieb auf dem Feld	

Abb.2

Feldversuch I -  
Braunerde aus  
lehmigen Sand  
(IS)

Während der 6jährigen Laufzeit erzielte Rübenerde Mehrerträge von 24 - 39 % gegenüber der Kontrolle ohne Rübenerde (Tab. 3). Die Krumen wurden nährstoffreicher - insbesondere der Gesamtstickstoffgehalt stieg von 0,11 auf 0,14 % an -, die physikalischen Bodeneigenschaften (Porenvolumen, Speicherkapazität für Wasser) durchwegs günstig beeinflusst.

4 Jahre nach der Aufbringung der Erden wurde die Verteilung des  $\text{N}_{\text{min}}$ -Stickstoffs ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) im 5 m tiefen Bodenprofil untersucht: Rübenerde bewirkte eine deutliche Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten (Abb. 3). Die hohe N-Freisetzung aus der in die Krume eingemischte Rübenerde konnte demnach über die Kulturpflanze nicht

vollständig verwertet werden; fehlender Bewuchs im Herbst und Winter förderte zudem die NO<sub>3</sub>-Auswaschung.

Untersuchung	Kontrolle	REZ	1 x REK	REZ	2 x REK
mittlere Erträge (niedere N-Stufe)	= 100	124	139	137	135
Bodenuntersuchung (Krume) - 1988					
C <sub>t</sub> %	1,25	1,70	1,50	1,60	1,60
N <sub>t</sub> %	0,11	0,14	0,14	0,15	0,14
pH	6,2	6,9	6,9	7,7	7,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (CAL, K <sub>2</sub> O mg/100g)	19 25	27 32	26 44	32 45	29 69
Lagerungsdichte	1,44	1,30	1,27	1,34	1,29
Porenvolumen (Vol-%)	44,6	50,0	51,1	48,4	50,3
nutzbare Feld- kapazität (mm)	26	36	38	35	39

Tab. 3

Feldversuch I -  
lehmiger Sand  
(IS): Ergebnisse

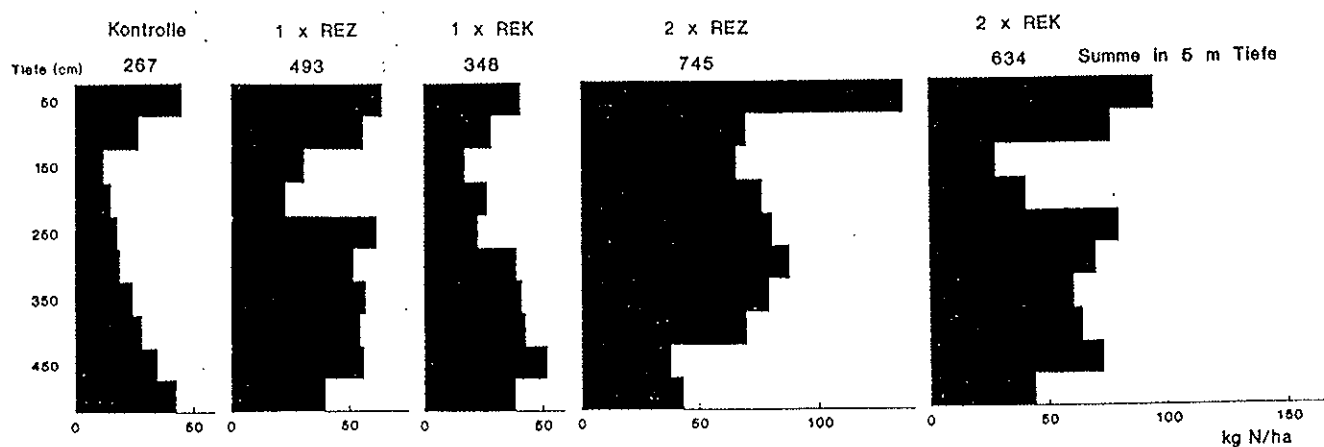


Abb.3 Nmin-Stickstoff im Profil bis 500 mm Tiefe  
Braunerde (IS) - September 1987

Krume: 20% Ton, 70% Schluff, 10% Sand  
 $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 6.6$

Versuchsplan: 1. Kontrolle  
 2. 1 x REK (15 cm), Januar 1987  
 3. 2 x REK (30 cm), Januar 1987

Keine Einmischung in die Krume!  
 allgemeinflache Bodenbearbeitung (< 15 / 20 cm)  
 N-Düngung:  $\text{N}_0 / \text{N}_1 / \text{N}_2$

Fruchtfolgen:

	A		B
1987	Weidelgras		Sommerweizen
1988	Weidelgras		Winterweizen
1989	Weidelgras	Winterraps	Winterraps
1990	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
1991	Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste

Stroh verblieb auf dem Feld

Abb. 4

Feldversuch II -  
 Braunerde aus  
 schluffigem  
 Lehm (uL)

N-Bilanz (kg N/ha)

	Kontrolle	1 x REK	2 x REK
Zufuhr ( $\text{N}_i$ )	-	3120	6240
Entzug	356	578	690
Auswaschung aus 1,5 m Tiefe*	80	89	108
Bilanzsaldo	-436	+2453	+5442

Fruchtfolge: 2 x Weidelgras - Winterraps - 2 x Wintergetreide  
 Reihe ohne mineralische N-Düngung

Tab. 4

Feldversuch II -  
 schluffiger Lehm  
 (uL): N-Bilanz  
 1987 - 91

In einem 2. Feldversuch (Abb. 4) wurden N-konservierende Gesichtspunkte verstärkt berücksichtigt:

1. keine Einmischung von Rübenerde in die Krume
2. ganzjährige Bodendeckung durch Auswahl günstiger Fruchtfolgen
3. Wahl eines Standortes mit geringerer Auswaschungsgefährdung als lehmiger Sand: schluffiger Lehm (uL)

Wie im 1. Versuch erzielte die REK höhere Erträge und N-Entzüge der Pflanzen, aber ohne negative Auswirkung auf die Stickstoffauswaschung (Tab. 4). Je nachdem, ob die N-Lieferung der ursprünglichen Krume in die N-Bilanzierung mit einbezogen wird, errechnet sich in diesem 5jährigen Feldversuch eine N-Freisetzung aus Rübenerde von 6 - 18 % des enthaltenen Gesamtstickstoffs.

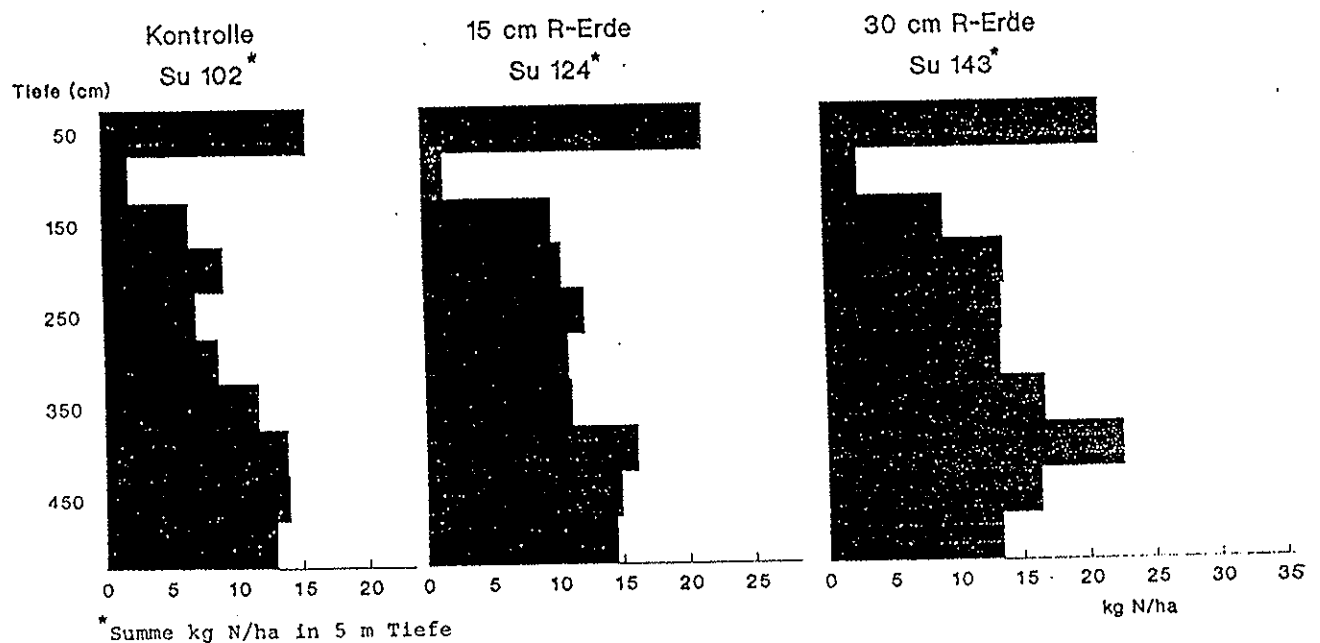


Abb.5 N<sub>min</sub>-Stickstoff im Profil bis 500 mm Tiefe  
Versuch 046 - August 1991

Eine nach 5 Jahren durchgeführte Tiefenbohrung bis 5 m belegt das insgesamt günstige Versuchsergebnis (Abb. 5); die Nitratverlagerung auf den Rübenerde-Parzellen ist zu vernachlässigen, insbesondere nach 15 cm hoher Aufbringung.

Auch zu 20 verschiedenen Terminen durchgeführte N<sub>min</sub>- Untersuchungen zeigten für die Schicht aus 60-90 cm Tiefe keinen nennenswerten Anstieg des Nitratstickstoffs.

Aus den N-Bilanzen der Modell-, Gefäß- und Feldversuche lassen sich Orientierungswerte für die N-Freisetzung aus Rübenerde ableiten (Tab. 5.). Berücksichtigt man für die ersten Jahre zusätzlich die N-Lieferung der vorhandenen Krume mit ca. 30 - 50 kg N/ha (geringere biologische Aktivität nach Überdeckung mit Rübenerde!) so ergeben sich N-Mengen von 200 bzw. 150 kg N/ha, die sich über die Kulturpflanzen gut verwerten lassen.

<b>Vorgabe:</b> 15 cm hohe Aufbringung entsprechend ca. 2500 kg N/ha keine Einarbeitung in die Krume (uL)		
<b>Jahr</b>	<b>Rate (% v. Zufuhr)</b>	<b>N-Freisetzung Menge kg/ha</b>
1.	5 - 6	125 - 150
2.	3 - 5	75 - 125
3.	2 - 3	50 - 75
4.	1 - 2	25 - 50

**Tab. 5**

**Mittlere N-Freisetzung aus Rübenerde für Freilandverhältnisse**

<b>Aufbringhöhe:</b>	bis 15 cm
<b>Boden:</b>	mittel-schwer
<b>Zeitpunkt:</b>	August nach Getreideernte Winter auf gefrorenem Boden
<b>Bodenbearbeitung:</b>	möglichst flach keine Vermischung mit Krume
<b>Fruchtfolge:</b>	ganzjährige Pflanzendecke! Ausbringung im August: 1-2 jähriges Weidelgras, dann Wintergetreide oder Winterraps Ausbringung im Winter: Sommergetreide, anschließend oder sofort 1-2 jähriges Weidelgras, dann wie oben allgemein vor Sommerkulturen überwinterte Zwischenfrüchte
<b>Mineralische Düngung:</b>	keine P-, K- und Kalk-Düngung für mindestens 6-10 Jahre ab 2.Jahr evtl. ergänzende N-Düngung: Optimierung durch Bodenuntersuchung

**Abb.6**

**Verwertungsstrategie von Rübenerde in der Landwirtschaft**



Aus den Ergebnissen des nunmehr 8jährigen Forschungsprogrammes ist abzuleiten, daß eine Verwertung von Rübenerde in der Landwirtschaft ohne nennenswerte Nitratbelastung des Grundwassers möglich ist, sofern stickstoffkonservierende Maßnahmen in das Bewirtschaftungssystem eingebracht werden. Abbildung 6 enthält die wichtigsten Anwendungsempfehlungen.

Rübenerde kann bis zu einer Höhe von 15 cm aufgebracht werden, sofern mittlere bis schwere Böden ausgewählt und für eine ganzjährige Pflanzenbedeckung in den Folgejahren Sorge getragen wird. Rübenerde darf nicht in die vorhandene Bodenkrume eingearbeitet werden; demnach ist eine möglichst flache Bodenbearbeitung einzuhalten. Ab dem 2. Jahr nach der Aufbringung reicht in der Regel die N-Freisetzung des Bodens nicht mehr für ein optimales Pflanzenwachstum aus; die Bemessung der mineralischen Ergänzungsdüngung läßt sich durch  $N_{\min}$ -Untersuchungen der Böden erleichtern.

Die Zuckerfabrik soll eine sachgemäße Bewirtschaftung der mit Rübenerde überdeckten Flächen durch begleitende Beratung der Landwirte sicherstellen; sämtliche Bewirtschaftungsmaßnahmen sind in einer Schlagkartei festzuhalten.

#### Zusammenfassung:

In einem 8jährigen Forschungsprogramm wurden Grundlagen zur Nährstoffwirkung von Rübenerde erarbeitet und darauf aufbauend eine geeignete Strategie für deren Einsatz in der Landwirtschaft abgeleitet. Eine Verwertung dieser wertvollen Rübenerden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist in Kombination mit stickstoffkonservierenden Bewirtschaftungsmaßnahmen ohne Gefährdung des Grundwassers durchaus möglich.