

Zuckerrübenvinasse als Naturdünger im Kreislauf Boden – Pflanze

1. Einleitung

Im Futtermittelsektor sind Rübenmelasse und Rübenvinasse bekannte Zusatzkomponenten. Außerhalb dieses Bereiches findet man zunächst nur die Melasse gewichtet. Ihr hoher Zuckeranteil von rund 50 Prozent in einer auf 65 Prozent Trockenmasse eingedickten Handelsware dient der Fermentationsindustrie hauptsächlich zur Gewinnung von Bioalkohol, Trockenhefe und Zitronensäure. Mit den verschärften Umweltbedingungen wird heute der flüssige Gärungsrückstand generell aufgefangen, vergleichbar der Melasse eingedickt und unter der Handelsbezeichnung Vinasse logistisch geführt. Als weitgehend entzuckerte Melasse bleibt sie für den Mischfuttersektor als proteinreiches Nährsubstrat Ergänzung zu den pflanzlichen Eiweißträgern (Körnerleguminosen einschl. Soja, Palmkerne etc.).

Außerhalb des Futtermittelsektors ist die Zuckerrübenvinasse zumindest im deutschsprachigen Raum noch wenig bekannt. Das gilt auch für den landwirtschaftlichen Bereich und das, obwohl bereits Justus von Liebig vor gut 150 Jahren anregte, die Brennerückstände aus der Rübenmelasse zur Düngung zu verwenden. Die seit langem empirische Anwendung der Rübenvinasse in Frankreich, vorzugsweise zu Mais, ist durch eine nahezu 20jährige anwendungsbezogene Forschung in Deutschland durch die Epannage-Vinasse-Ausbringungs-GmbH, Mannheim-Ludwigshafen, auf eine wissenschaftlich fundierte und praxisorientierte Basis gestellt worden.

2. Material und Methoden

Je nach Fermentation der Melasse und chemisch/technischer Aufbereitung der Gärungsrückstände werden unterschiedliche Vinassen und Vinasse-Kaliumsulfatkonzentrate gewonnen. Sie sind in Tabelle 1 mit ihren wesentlichen Inhaltsstoffen genannt. Für die Verwendung in der Landwirtschaft eignen sich insbesondere die Typen B und C. Mit drei bis vier Prozent Stickstoff (N) und sechs bis neun Prozent Kalium (K_2O) sind es nicht nur gängige Handelsmuster mit logistisch vertretbarer Reichweite, bei einer zu empfehlenden durchschnittlichen Aufbringungsmenge von ca. 3 t/ha sind die zugeführten 100 kg/ha N und 200–250 kg K_2O für organische Dünger bekannte und im Pflanzenbau steuerbare Größen. Die übrigen, einst im Rübenkörper lokalisierten Nährstoffe, sind nur noch unterschwellig vorhanden. Das gilt insbesondere für Phosphor und Magnesium. Sie werden gleich zu Beginn der Rübenverarbeitung in der Kalkmilch, die zur Austrübung des Rohsaftes im Zuckergewinnungsprozeß der Rübenfabriken zugesetzt wird, gebunden und gelangen mit dem Carbokalk gesondert auf den Acker zurück. Der in der Vinasse verbleibende Anteil von je 10–15 kg Oxid/ha hat bei Feldausbringung der Vinasse im Herbst für die Pflanzenernährung je nach Versorgungsstufe des Bodens nur anteiliges Gewicht. Zu nennen sind auch die 25–35 kg Schwefel (S) und 20–28 g/ha Bor (B), die in dieser Größenordnung ausreichend sind, bodenbedingte Mangelsituationen in der Pflanzenernährung kurzfristig zu beheben.

Der Stickstoff in der Vinasse liegt vorzugsweise als Aminosäure und das Syntheseprodukt Betain vor. Es sind niedermolekulare Verbindungen. Sie sind in die organische Masse der Vinasse mit einem C/N-Verhältnis von 10:1 eingebunden. Nach Einarbeitung der Vinasse in den Boden erfolgen relativ rasch Mineralisation und Umwandlung in das pflanzenaufnehmbare Ammonium (NH₄) und Nitrat (NO₃)N, biologische Bindung durch Mikroorganismen und Rottevorgänge und die Aufnahme durch Pflanzenentzug. Die Summe dieser anteilig und gleichzeitig ablaufenden Vorgänge weisen Vinasse als eine organische Nährlösung aus. Das Deutsche Düngemittelgesetz läßt die Bezeichnung „Dünger“ aufgrund der niedrigen N- und K-Gehalte nicht zu. So ist die Vinasse nur als Bodenverbesserungsmittel ausgewiesen. Es wird nachfolgend der Beweis zu führen sein, daß Zuckerrübenvinasse nicht nur den Boden düngt und aufbaut, sondern auch ganz entscheidend in die Stick-

stoffnahrung der Pflanze eingreift und die Qualität des Erntegutes mitbestimmt.

Die eingangs erwähnte Liebig'sche Aufforderung zur Düngung mit Vinasse blieb in der Vergangenheit nicht gänzlich unbeachtet. Die meisten Versuche scheiterten jedoch an einer fehlenden Düngestrategie und an zu hohen Aufwandmengen.

Seit 1987 zeichnet die Vinasse-Ausbringungs (= EPANDAGE) GmbH des Mitautors dieses Beitrages mit Sitz in Ludwigshafen verantwortlich für Untersuchungen zur landwirtschaftlichen Verwertung von Zuckerrübenvinasse, die an einschlägige Forschungseinrichtungen vergeben oder unter wissenschaftlicher Aufsicht derselben eigenständig durchgeführt werden. Es ist bislang die einzige europäische Vinasseforschung, deren Erkenntnisse über den Wirkungsmechanismus der Vinasse nachfolgend beschrieben werden. Aus den Untersuchungen leiten sich unter Punkt 3.1 und 3.2 zwei Düngepraktiken ab.

Tabelle 1: Co-Produkte aus der Zuckerrübenmelasse

Analysen in % FM	TM	org. Masse	Asche	Ges.zucker als Glucose	K ₂ O	Gesamt N	Rohprotein (N×6,25)	spez. Gewicht	pH-Wert
1. Flüssige und dickflüssige Vinasse									
Type A	68%	50%	18%	20%	7,5%	2%	12,5%	1,31	10-11
Type B	68%	48%	20%	2-3%	8-9%	3,5%	22%	1,31	6
Type C	70%	50%	20%	3-5%	6%	4%	25%	1,34	5,55
Type D	75%	65%	10%	2%	2-3%	7,5%	47%	1,27	5,6
2. Dickflüssiges bis pasteuses Vinasse-Kalisulfat (extrahiert aus Zuckerrübenvinasse) Typ EK (FLORAKAL)									
Vin.-Kali Konzentr. A	80%	30%	50%		20-24%	2%	12,5%	1,6	5,2
3. schüttfähiges, kristallines und pulverisiertes Vinasse-Kalisulfat TYP CKSP									
Vin.-Kali Konzentr. B	99%				36%				
Vin.-Kali Konzentr. C	98%				48%				
4. Betain-Monohydrat, feed grade									
84% mit 1%, 2% und 5% Rieselfähigkeitsmittel									

Schwermetalle und organische Rückstände in Spuren bzw. nicht nachweisbar

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. „Herbstepandage“ = Vinassedüngung auf Stoppel und Stroh

In Ermangelung eigener Feldausbringungsgeräte wurde zu Beginn der Forschungsarbeiten die französische Applikationstechnik verwendet. 6000–8000 Liter fassende Spritzgeräte auf Doppeltandemachse sprühen nach der Körnerfruchternte auf Stoppel und Stroh die Vinasse über spezielle Teyetdüsen tröpfchenförmig aus. Der besondere Wirkungsmechanismus der Vinasse im Boden verlangt es, daß nach dem Ausbringen Vinasse und Erntereste unmittelbar mischend und ausreichend tief (ca. 10 cm) eingearbeitet werden.

Die sofort nach der Einarbeitung einsetzenden biologischen Umsetzungsvorgänge aktivieren und binden die Vinasse und ihre Zersetzungsprodukte an Boden, Pflanze und Mikroorganismen.

So übersteht der Vinassestickstoff weitgehend verlustlos und ohne Auswaschung die Wintermonate. Mit Abtrocknen und Erwärmen des Bodens im Frühjahr fließt er über die Mineralisation aus den diversen organischen Bindungsformen der wachsenden Pflanze zu. Über den gesamten Vegetationszeitraum sind es bestenfalls 50–60 Prozent zum Vinasseeintrag. Nach Abbildung 1 wird die natürliche Mineralisationskurve entsprechend erhöht und bis zur Abreife der Kultur getragen. Damit wird das fruchtspezifische Bilanzdefizit in den Frühjahrs- und Som-

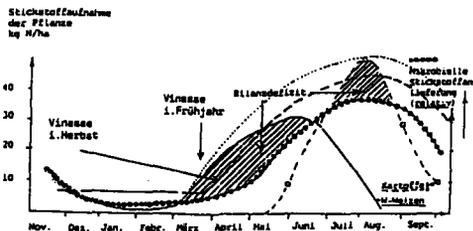


Abb. 1: Defizite in der natürlichen Stickstoffversorgung und ihr Abbau durch Vinasse.

mermonaten entscheidend abgebaut und verringert.

Die Verbesserung der Stickstoffversorgung führt nach Abbildung 2 zu Mehrerträgen von 10 bis 20 Prozent. Hackfrüchte, einschließlich Gemüsekulturen, scheinen für die Vinasseanwendung besonders geeignet zu sein.

Die Wirtschaftlichkeit der Anwendung von Vinasse errechnet sich zumindest bei Hackfrüchten und Gemüse bereits im ersten Jahr zu 100 Prozent als Summe aus eingesparten Mineraldüngerkosten und Mehrerträgen. Bei Körnerfrüchten läßt sich im Hinblick auf die gegenwärtige Preissituation selbst unter Berücksichtigung einer mehrjährigen Nachwirkung eine ökonomische Vinasseanwendung nur schwer nachweisen. Unberücksichtigt davon bleibt der positive Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit, zur Boden- und Pflanzenhygiene sowie auf das landwirtschaftliche Ökologiekonzept.

Wirkung und Nachweis setzen eine den Mineralisationsvorgängen angepaßte Strategie der mineralischen VN-Düngung voraus. Zur Vereinfachung wird in Tab. 2 nach Pflanzengruppen mit hohem und geringerem N-Bedarf unterschieden. Orientierend für die Düngung ist, daß der Rückfluß des Vinasse-N aus dem System Boden zeitlich und in der Menge nach Meß-, Beobachtungs- und Erfahrungswerten geschätzt und von der Mineraldüngung entsprechend in Abzug gebracht wird. Wenn aus dieser Art der Kompensationsdüngung dennoch Mehrerträge resultieren, spricht das für einen höheren N-Verwertungsfaktor. D.h., aus einem (1) kg aufgenommenen Vin-N vermag die Pflanze mehr an Biomasse und Endprodukt zu assimilieren als von einem (1) kg N mineralischer Düngerherkunft.

Als ein exemplarisches Beispiel derartiger Düngerstrategie dient ein großflächiges Feldexperiment zu Zuckerrüben in Abbildung 3. Der im Herbst über die Vinasse zugeführte Stickstoff (90 bzw. 120 N) wird in der N₂-Gabe des Folgejahres mit 85 Prozent

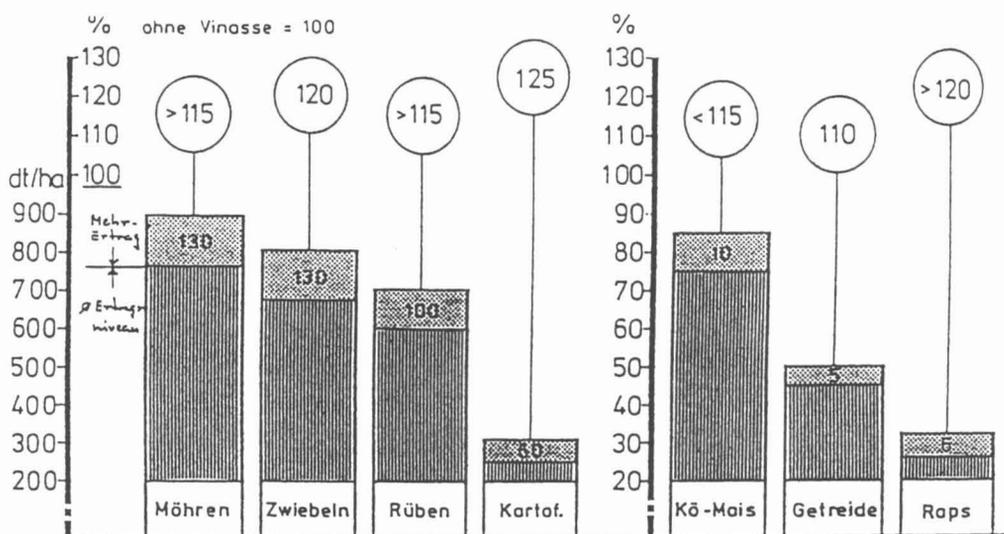


Abb. 2: Durchschnittliche Ertragssteigerungen nach 2,7–3,5 t/ha Rü-Vinasse in der Praxis von 1978–90.

Tabelle 2: Mineralische N-Düngung nach Vinasse

zu Pflanzen mit hohem N-Bedarf	zu Pflanzen mit geringerem N-Bedarf
Blatt- und Hackfrüchte einschl. Mais und Gemüse	Getreide, Sonnenblumen, Sonderkulturen
N 1 = betriebsüblich*	N 1 = betriebsüblich
N 2 = betriebsüblich minus 40–60 N	N 2 = betriebsüblich minus 20–40 N
N 3 = gewöhnlich nicht üblich	N 3 = Betriebsüblich minus 10–20 N

* Die betriebsübliche N-Düngung kann ein empirischer, ein Erfahrungswert sein oder das Aufdüngen nach N_{min} auf den Sollwert.

als pflanzenwirksam in Ansatz gebracht. Nach 2,5 t Vinasse werden nur noch 15 N zuge düngt, bei 3,5 t geht die N_2 auf Null (0) zurück. Obwohl dies nicht der Realität im Vin-N-Rückfluß entspricht, sind die Mehrerträge an Weißzucker mit 6,2 dt/ha = 106 Prozent und 24,2 = 125 Prozent beachtlich. Hier wird auf die bessere N_{vin} -Verwertung verwiesen.

Vinasse wirkt bekanntlich bis zu drei Jahren in abnehmender Weise nach. Dennoch empfiehlt es sich nicht, im zweiten und dritten Anbaujahr nach der vorgenannten Düngestrategie zu verfahren. Sinnvoller ist, die

Zweit- und Drittkultur nach Vinasse im Rahmen umweltschonender Wirtschaftsweise suboptimal mit N abzüdüngen, weil nur so der restliche Vinassestickstoff sicher zur Wirkung gelangen kann.

Nach der Wende wurden die großflächigen Vinasse-Experimente auf die Neuen Bundesländer (NBL) ausgedehnt. Schwerpunkt ist der mitteldeutsche Trockenraum, in dem die Strohdüngung forciert betrieben wird, offensichtlich aber auf Rotteschwierigkeiten stößt. Von den vielen erfolgreichen Vinasseinsätzen zusammen mit dem Landtechnischen Institut der Martin-Luther-Uni-

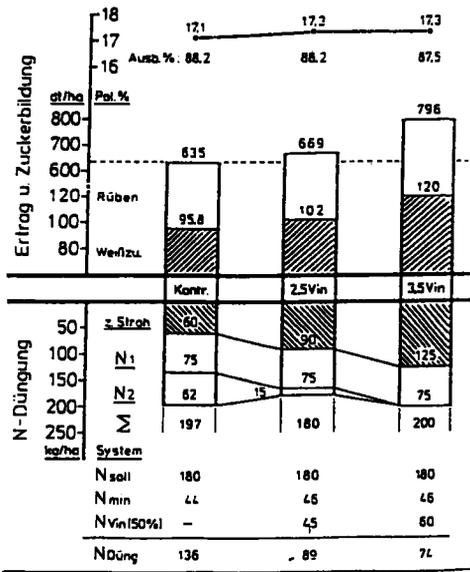


Abb. 3: Vinasse zu Zu-Rüben (nach Wintergerste). K. Frh. von Eerde, 4130 Moers 3 „Böschhof“ 1987/88.

versität Halle-Wittenberg – und hier Herrn Dr. W. Wilhelm – sei ein Beispiel in Abbildung 4 stellvertretend wiedergegeben. Die Ergebnisse sprechen für sich.

Das Ausbringen der Vinasse mit dem in Punkt 2 beschriebenen Tandemfahrzeug ist aus logistischen und ökonomischen Gründen nicht mehr zu empfehlen. In Verdünnung mit 1:1 (auf 1 Lit. Vinasse = 1 Lit. Wasser) vermag der Landwirt mit eigener Pflanzenschutztechnik die Vinasse zwar selbst und damit kostengünstig auszubringen, unbefriedigend bleibt aber die Flächenleistung bei der notwendigen, extrem langsamen Fahrgeschwindigkeit. Ein elegantes, wenn auch teures Verfahren wäre die Applikation über die bekannte Gülledrilltechnik mit Terragatorfahrzeugen in Auftragsvergabe an Lohnunternehmen und Maschinenringe. Derzeit wird für Landwirte eine Umbauanleitung für betriebseigene Pflanzenschutztechnik zum Ausbringen unverdünnter Vinasse erarbeitet. Zusatzausrüstung (Spezialdüsen, Pumpe)

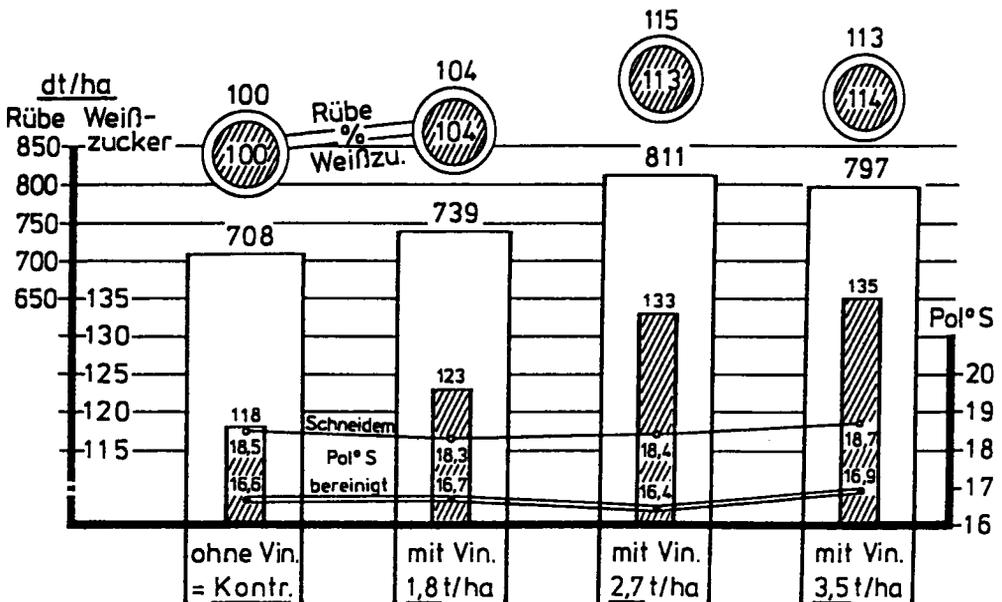


Abb. 4: Vinassewirkung auf Zuckerrüben 1992/93 Agrargenossenschaft Morl-Mödera, nördl. Halle/S.

und reversible Umbauzeiten sind wesentliche Bestandteile der Umrüstung.

3.2. „Frühjahrsependage“ = Vinassedüngung auf Wintersaaten und zu Sommerfrüchten

Orientierende Vorversuche zu nahezu allen Kulturen führten zu der Erkenntnis, daß Vinasse ohne Ätزشäden auch auf wachsende Bestände aufgesprüht werden kann. Die

in Tabelle 3 mitgeteilten Beispiele auf einer Schwarzerde der Magdeburger Börde zeigen, daß Vinassegaben im Frühjahr mit der Wirkung eines Mineral-N-Düngers durchaus vergleichbar sind.

Vorrangig als Erklärung gelten die Erfahrungen aus der Herbstependage, nach denen der Vinassestickstoff unter günstigen klimatischen Bodenbedingungen relativ rasch in $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ mineralisiert wird. An-

Tabelle 3: Vinasse-Gaben im Frühjahr im Äquivalent zur mineralischen N-Düngung LVA Bernburg-Strenzfeld

Versuchsjahr	Frucht	N* mineralisch		N* als Vinasse	
		dt/ha	rel.	dt/ha	rel.
1993	Wi-Weizen	63,5	100	63,2	99,7
	Wi-Gerste	57,0	100	58,7	102
1994	Zu-Rüben	615	100	627	102
	Wi-Raps	44,5	100	46,0	103
1995	Wi-Raps	39,6	100	35,1	88,6
	Wi-Weizen n. Rü.	73,2	100	73,7	101
	Wi-Weizen n. SG	99,4	100	99,4	100
	Wi-Gerste	75,4	100	70,4	93,3

* N ermittelt nach der Bedarfsanalyse der LUFA Halle (N = optimal)

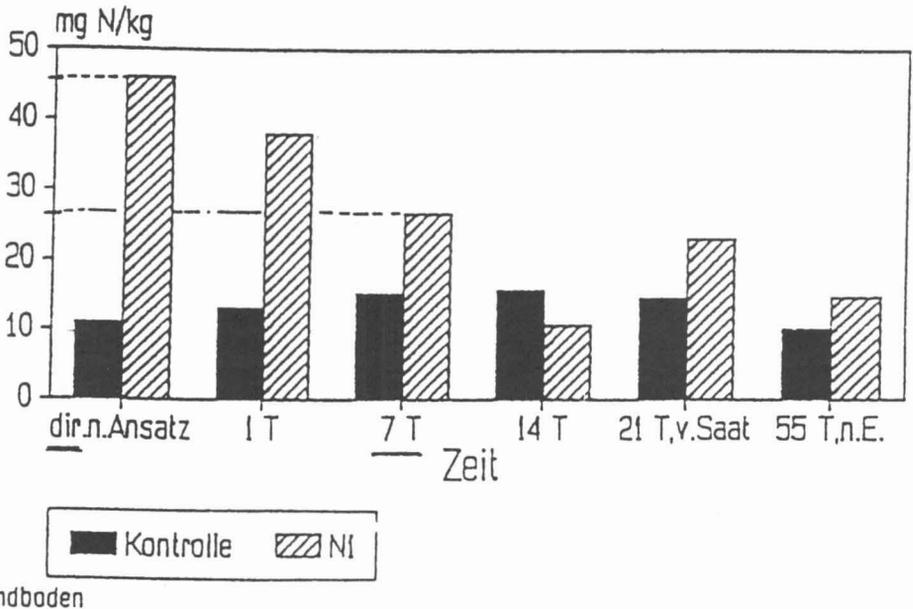


Abb. 5: Einfluß von Vinasse auf EUF-Norg n. STEFFEN, 1991.

rerseits ist denkbar, daß der Vinassestickstoff in seiner niedermolekularen Bindung in gewissen Anteilen von der Blattoberfläche aufgenommen und direkt in die Eiweißbausteine synthetisiert wird.

Mit dem N-Antragungsmodus aus einer Herbst- und Frühjahrsependage würde sich gleichsam der Kreislauf einer „rundum-Versorgung“ mit Stickstoff schließen, wie sie in Abbildung 1 skizziert ist. Ausgerichtet am N-Bedarf der erwarteten Ernte und in Kenntnis der ca. 50prozentigen N-Verfügbarkeit aus der Herbstvinasse und der mit Mineraldüngern vergleichbaren Wirkung einer Frühjahrsgabe, ließe sich der Gesamtbedarf an Vinasse ermitteln, wovon dann sinnvollerweise zwei Drittel im Herbst und das restliche Drittel im zeitigen Frühjahr auszubringen wären.

Obleich dieses Vorgehen auch dem konventionellen Landbau anzuraten wäre, entspricht es ganz den Vorstellungen und Erfordernissen im ökologischen Landbau. Mit diesem, insbesondere für viehlose Betriebe gedachten Düngesystem, ließe sich das Ertragsniveau den natürlichen Standortgegebenheiten weitgehend anpassen.

3.3. Ausgelesene Beispiele zur Ursache der Vinassewirkung

Immer wiederkehrende Ertragsphänomene nach Vinasse geben Hinweise darauf, daß Umsetzung, Verbleib und Wirkung des Vinasse-N nicht alleinige Ursachen sind. Es müssen auch noch andere, durch Vinasse im Boden initiierte Vorgänge in das Ertrags- und Qualitätsgeschehen eingreifen. Unberücksichtigt bleibt die Vermutung, daß Syntheseprodukte der wachsenden Rübe mit Wuchsstoffcharakter noch in der Vinasse enthalten sind und nach der Ausbringung als Stimulanzien wirken. Gleiches ist aus der Vinasseverfütterung als Zusatzkomponente in der Tierernährung bekannt.

3.3.1 Vinassestickstoff im Boden

Es wurde in Kap. 3.1. bereits ausgeführt, daß rund 90 Prozent des in der Vinasse enthalte-

nen Stickstoffs organisch gebunden sind. Unmittelbar nach der Einarbeitung der Vinasse in den Boden ist der genannte Anteil nach der EUF-Methode als Norg wiederfindbar.

Aus den Düngungsempfehlungen zur Stickstoffbedarfsanalyse ist bekannt, daß Norg leicht mineralisierbar ist. Nach einem Gießener Brutversuch (Abb. 5) können bereits nach sieben Tagen mit 43 Prozent mehr als zwei Fünftel der organischen N-Verbindungen mineralisiert sein, zunächst in $\text{NH}_4\text{-N}$, dann in $\text{NO}_3\text{-N}$. Beide Formen werden in der Praxis von Stellen des Bedarfs abgerufen. Das sind bei Herbstapplikation vorrangig der Aufwuchs aus dem Ausfall der Körnerfruchternte, auf die Vinasse folgt, und die anschließende Zwischenfrucht zur Gründüngung. Der restliche Vin.-N dient den sich aus dem Restzucker der Vinasse explosiv entwickelnden Mikroorganismen zum Aufbau ihres Eiweißkörpers. Weitere Anteile werden an die organische Bodenmasse gebunden bzw. incorporiert. Somit verbleibt aller Vinassestickstoff in den möglichen organischen Bindungsformen und entzieht sich damit der Auswaschung über Winter. Wiederholt wurde in entsprechenden Meßstrecken dafür der Erweis erbracht.

Mit den natürlichen Mineralisationsvorgängen ab Frühjahr wird der Vinasse-N, diesmal aus den verschiedensten organischen Fraktionen, anteilig freigesetzt. Je nach Standort bedingt dies eine gleitende, über die ganze Vegetation anhaltende N-Freigabe. Sie ist ganz sicherlich eine der wesentlichen Wirkungsursachen für eine Ertragsbildung, die über die N-Aufnahme durch eine verbesserte N-Verwertung hinausgeht.

3.3.2 Vinasse und das Bodenleben

„Ohne Bodenleben keine typische Vinassewirkung“ und „ohne Vinasse kein peak im mikrobiologischen Bodengeschehen“ – mit

Tabelle 4: Wirkung von Vinasse auf die Mikroflora von Substraten bei Topfpflanzen – Gesamtkeimzahl Bakterien×10⁶ g

Testpflanzen/ Düngesubstrat	Kontrolle	Mineral- düngung	Vinasse	Biosan
Ficus TKS 1	30	40	290	40
Ficus EEP/ Wurmhumus	42	42	100	20

Tabelle 5: Azotobacter in Anzahl/g im Lössboden eines Biobetriebes nach Vinasseanwendung – Mainzer Becken 16. 11. 91

Kontrolle	2,7 t/ha Vinasse im Herbst	5,4 t/ha Vinasse im Herbst	2,7 t/ha Vinasse im Frühjahr
3000	3650	6000	10250

diesen Aussagen dürften die engen Beziehungen zwischen Vinasse und Bodenleben am treffendsten zu charakterisieren sein. Daß der Vinasserestzucker den Erstimpuls für erhöhte Biodynamik gibt, die dann von den N-reichen organischen Verbindungen der Vinasse weiterhin getragen wird, ist aus den bisherigen Untersuchungen zur Wirkung der Vinasse im Boden unschwer abzuleiten.

Werden mikrobiologische Untersuchungen gezielt durchgeführt, ist der Beweis leicht zu führen. Als eines von vielen Beispielen seien die in Tabelle 4 mitgeteilten Gesamtkeimzahlen im Bereich der Mikroflora nach Vinassezusatz zu zwei Topfsubstraten unter Ficus genannt. Von allen Vergleichsbehandlungen – der Biodünger „Biosan“ einbezogen – reagierte ausschließlich und sehr eindeutig Vinasse.

Nachträgliche Untersuchungen im bodenmikrobiologischen Labor GRÜN-WOLLNY zum Artenspektrum führten zu der bemerkenswerten und mehrfach wiederholten Feststellung, daß insbesondere die Azotobacter als freilebende N-bindende Bakterien im Boden durch Vinasse in ihrer Entwicklung gefördert werden.

Zusammenfassung

Den auf ca. 65 Prozent eingedickten Rückstand aus der biochemischen Fermentation der Zuckerrübenmelasse bezeichnet man als Vinasse. Aufgrund des Stickstoff- und Kaliumgehaltes wird Vinasse sowohl in der Futtermittelindustrie als auch in der Landwirtschaft als biologischer Dünger und Bodenverbesserer eingesetzt.

Nach der Ernte auf die Stoppel aufgesprüht und unmittelbar eingearbeitet, wird die mikrobiologische Aktivität im Boden erhöht und der Strohabbau gefördert. Damit wird die Stickstoffauswaschung über Winter verhindert. Mit den natürlichen Mineralisationsvorgängen ab Frühjahr wird der Vinasestickstoff anteilig in den natürlichen Stickstoffkreislauf entlassen und wirkt sich positiv auf Ertrag und Qualität aus.

Das Ausbringen der Vinasse im Frühjahr ist ebenso möglich. Der Einfluß auf die Pflanze ist hierbei unmittelbar und direkt vergleichbar mit Mineraldünger.

Literatur

- Debruck, J.; Lewicki, W. 1985: Einfluß von Rübenvinasse im Ackerbau auf Ertrag, Strohrotte und Bodenfruchtbarkeit, Landwirtschaftl. Forschg., 38, 4
- Debruck, J.; Lewicki, W. 1990: Zuckerrübenvinasse, ein idealer Partner für den biologischen Landbau. Lebendige Erde, H. 1
- Debruck, J., 1993: Vinasse und ihre Eignung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. Herba Germanica, 1
- Grün-Wollny, J., 1992: Vinasse in ihrem Einfluß auf Dehydrogenaseaktivität und Azotobacter, Arbeitsbericht über Auftragsforschung für die E.V.A. GmbH 67069 Ludwigshafen/Rhein
- Steffen, K., 1991: Rübenvinasse und die N-Fractionen im Boden. Forschungsbericht Institut für Pflanzenernährung, unveröffentlicht
- Debruck, J.; Lewicki, W.: Vinasse aus der Zuckerrübenmelasse als organische Nährlösung und biologisches Agens für Boden und Pflanze – ein praktisches Beispiel für Liebigs Forderung nach Schließen von Naturkreisläufen. Anhang zur Edition der 9. Auflage Liebigs „Die Chemie in ihrer Anwendung...“ In: Verlag Agrimedia GmbH 25488 Holm, Holst., S. 1–20