

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Aus der Sektion Pflanzenproduktion  
Wissenschaftsbereich Standortkunde  
(Leiter des Wissenschaftsbereiches: Prof. Dr. sc. K. Dörter)

## **Untersuchungen zur Wirkung des Stickstoffs im Zuckerfabrikabwasser auf das Pflanzenwachstum**

Von **Thomas Buske**

Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen

(Eingegangen am 8. Februar 1985)

### 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Bei der Verarbeitung von Zuckerrüben fallen jährlich hohe Mengen organisch belasteter Abwässer an. Ihre umweltschonende Beseitigung und möglichst nutzbringende Anwendung in der Volkswirtschaft gewinnt an Bedeutung. Auf Grund der angespannten Wassersituation in der DDR ist es nicht mehr vertretbar, Industrieabwässer in Flüsse und Seen zu leiten. Die DDR hat den welthöchsten Nutzungsgrad des potentiellen Wasserdargebotes mit 37,8 % (Paucke 1983).

Es ist ein gesamtgesellschaftliches Erfordernis geworden, mit den teuren Rohstoffen achtsamer umzugehen. Neue Methoden und Verfahren der umweltschonenden Beseitigung von Industrieabfällen sind notwendig. Es ist nicht allein Aufgabe der Landwirtschaft, die Abprodukte der Industrie zu beseitigen. Nur unter Berücksichtigung des Nutzeffektes und der erweiterten Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit ist die Landwirtschaft in der Lage, Abwässer zu verwerten. Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Grund für die schadlose Abwasserbeseitigung ist der Schutz natürlicher Biotope von Pflanzen und Tieren.

Das natürliche Reinigungsvermögen vieler Flüsse ist seit langem überschritten. Das Ökosystem Gewässer ist in verstärktem Maße der Eutrophierung ausgesetzt, unter anderem hervorgerufen durch organisch belastete Abwässer.

Eine umweltschonende Methode der Abwasserbeseitigung ist die Verregnung von Zuckerfabrikabwasser (ZFA) in der Landwirtschaft. Dabei kann es bei richtiger Anwendung gleichzeitig zu ökonomischen Vorteilen kommen. Diese Vorteile bestehen darin, daß einmal das Wasser und zum anderen der dort enthaltene Stickstoff ertragssteigernd wirken.

Untersuchungen zur Verwendung von ZFA als Bewässerungswasser wurden u. a. schon von Kramer (1959) durchgeführt. Neuer Ergebnisse dazu sind vom Lehrkollektiv Landwirtschaftliche Meliorationen und Landeskultur erarbeitet worden (Bernsdorf, Krause, Abdank 1985).

Bei der Verarbeitung von Zuckerrüben laufen die meisten Arbeitsprozesse unter Verbrauch von Wasser ab. Dadurch entsteht ein hoher Verschmutzungsgrad mit organischen Stoffen, aber auch mit Salzen wie Kalk, Kochsalz, Magnesiumchlorid und Soda.

Der BSB<sub>5</sub>-Wert (fünftägiger biologischer Sauerstoffverbrauch) des Abwassers liegt im Kampagnemittel zwischen 1400–6000 mg/l (Kollatsch 1975). Aufgabe des vorliegenden Gefäßversuches war es, die N-Wirkung des ZFA im Gefäßversuch zu ermitteln.

## 2. Versuchsmethodik

Zur Bestimmung der Mineraldüngeräquivalente von Zuckerfabrikabwasser wurde ein Gefäßversuch durchgeführt. Es handelte sich um einen Stickstoffsteigerungsversuch mit Welschem Weidelgras. Getestet wurden vier Varianten mit je vier Wiederholungen, einmal mit Zuckerfabrikwasser und zum anderen mit äquivalenten Klarwasser- und mineralischen Stickstoffmengen (Tabelle 1). Fünf Aufwüchse des Welschen Weidelgrases konnten geerntet werden, wobei der letzte Aufwuchs nur mit Klarwasser behandelt wurde.

Tabelle 1. Übersicht über die Versuchsvarianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>1. Aufwuchs</b>				
Wassermenge mm	30	60	90	120
N-Menge kg · ha <sup>-1</sup> *	14,6	29,2	43,8	58,4
<b>2. Aufwuchs</b>				
Wassermenge mm	—	60	90	120
N-Menge kg · ha <sup>-1</sup> *	—	29,2	43,8	58,4
<b>3. Aufwuchs</b>				
Wassermenge mm	—	30	60	90
N-Menge kg · ha <sup>-1</sup> *	—	14,6	29,2	43,8
<b>4. Aufwuchs</b>				
Wassermenge mm	—	—	30	60
N-Menge kg · ha <sup>-1</sup> *	—	—	14,6	29,2
<b>Gesamt</b>				
Wassermenge mm	30	150	270	390
N-Menge kg · ha <sup>-1</sup> *	14,6	73,0	131,4	189,8

\* über die angegebene ZFA-Menge ausgebracht bzw. als mineralischen N in Form von Kalkammonsalpeter und der entsprechenden Menge an Klarwasser verabreicht.

Der für diesen Versuch verwendete Boden wurde von einer Fläche, die zur Beregnung mit ZFA vorgesehen ist, entnommen. Der Boden ist durch nachstehende Werte charakterisiert:

Bodenart:	lehmiger Sand
NStE:	D3a
Zustandsstufe:	3D
Ackerzahl:	35
Humusbilanz:	- 3 (seit 1979) t ROS · ha <sup>-1</sup>
Reindichte:	2,64 g/cm <sup>3</sup>
pH:	4,6
N:	83 mg/100 g Boden
P:	5,1 mg/100 g Boden
K:	6,0 mg/100 g Boden

Das Abwasser wurde im Mai 1983 aus einem Speicherbecken der Zuckerfabrik entnommen und weist folgende Analysenwerte auf:

pH	7,8	Leitfähigkeit:	2300 $\mu$ s
BSB <sub>5</sub>	244 mg/l	N <sub>t</sub>	48 mg/l

Bestimmt wurden die Frisch- und Trockenmassen von Welschem Weidelgras sowie die Wurzelmassen und die Inhaltsstoffe des getrockneten Pflanzenmaterials. Aus diesen Werten wurde das Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) berechnet.

### 3. Versuchsergebnisse

In Tabelle 2 sind die Frisch- und Trockenmasseerträge von Welschem Weidelgras unter der Voraussetzung äquivalenter N-Mengen im ZFA sowie bei Klarwasser und Mineraldünger aufgeführt.

Die Ergebnisse zeigen mit einigen Ausnahmen, daß die durch Bewässerung mit ZFA erreichten Erträge unter denen der mineralisch gedüngten Varianten liegen. Im Mittel ist der Frischmasseertrag der Abwasservariante um 7 % und der Trockenmasseertrag um 14,5 % geringer als der Ertrag der mit mineralischem Stickstoff gedüngten Varianten.

In den Abbildungen 1 und 2 ist der Ertrag in Abhängigkeit von der Stickstoffmenge dargestellt. Die Funktionen sind mittels Regressionsanalyse ermittelt worden. Stichprobenumfang, Bestimmtheitsmaß und Reststreuung sind aus den Abbildungen zu entnehmen. Das Stickstoff-Mineraldüngeräquivalent (N-MDÄ) ist für die Abwasseraufwandmenge von 150 mm und 270 mm berechnet worden. Das N-MDÄ des Abwassers beträgt im Mittel bei den Frischmassen 55 und bei den Trockenmassen 33.

Um die Nachwirkung des Stickstoffs zu ermitteln, wurde noch ein fünfter Aufwuchs geerntet. Alle Varianten sind nur mit Klarwasser bewässert worden.

Die mit Abwasser behandelte Variante brachte gegenüber der mit mineralischem Stickstoff behandelten Variante einen um 16,6 % höheren Frischmasseertrag und einen um 8,2 % höheren Trockenmasseertrag (Tab. 3).

Um den Einfluß des Abwassers auf das Wurzelsystem zu ermitteln, wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Wurzelmassen bestimmt.

Im Gesamtmittel hat die Abwasservariante eine 11,7 % niedrigere Wurzelfrischmasse und eine 2,3 % niedrigere Wurzelrockenmasse. Die Unterschiede zwischen der Abwasser- und der mineralischen Stickstoffvariante wurden mit Hilfe des t-Testes geprüft. Dabei konnten keine statistische gesicherten Unterschiede festgestellt werden.

Die Untersuchung der Trockenmasse in bezug auf Inhaltsstoffe brachte die Ergebnisse in Tabelle 5. Aus dem Zahlenmaterial ist zu erkennen, daß keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten bestehen.

### 4. Diskussion der Versuchsergebnisse und Schlußfolgerungen

Als Hauptergebnis dieser Untersuchungen ist die durchweg positive Wirkung des Zuckerfabrikabwassers auf den Ertrag des Welschen Weidelgrases zu nennen.

Das Zuckerfabrikabwasser bewirkte für das Pflanzenwachstum keinerlei Schädigungen. Ferner kann eingeschätzt werden, daß mit steigender Stickstoffgabe sowohl bei der Abwasservariante als auch bei der mineralisch gedüngten Variante der Ertrag erhöht wird. Jedoch liegen die Erträge der Abwasservarianten niedriger als bei den mineralisch gedüngten Gefäßen. Daraus ist zu schlußfolgern, daß der organisch gebundene Teil des Stickstoffs im Abwasser den Pflanzen nicht sofort zur Verfügung steht. Beweis dafür sind die Ergebnisse des fünften Aufwuchses, der nur mit Klarwasser behandelt wurde. Die Abwasservariante brachte 10 % höhere Erträge als die mit mineralischem Stickstoff gedüngte Variante. Die Ursache dafür kann nur die allmähliche Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs der Abwasservariante sein, weshalb auch mit einer gewissen Nachwirkung des Stickstoffs in geringerem Umfang zu rechnen sein dürfte.

Tabelle 2. Frisch- (FM) und Trockenmasseerträge (TM von Welschem Weidelgras nach Bewässerung mit ZFA

		1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs		Summe	
		FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM
Variante 1 14,6 kg · ha <sup>-1</sup>	a	13,25	2,32	15,63	2,95	6,48	1,05	3,75	0,53	39,10	6,84
	b	13,68	2,48	16,25	3,33	7,38	1,25	3,78	0,65	41,10	7,71
	c	96,80	93,50	96,20	88,60	87,80	84,00	99,30	80,80	95,10	88,70
Variante 2 73,0 kg · ha <sup>-1</sup>	a	14,65	2,35	15,50	3,00	10,48	1,58	6,35	0,88	47,00	7,80
	b	17,20	2,83	17,00	3,68	12,63	2,00	5,18	0,85	52,00	9,36
	c	85,20	83,00	91,20	81,50	83,00	79,00	123,00	103,00	90,40	83,30
Variante 3 131,4 kg · ha <sup>-1</sup>	a	14,95	2,75	17,63	3,28	9,63	1,50	7,20	1,10	49,40	8,66
	b	15,63	2,75	16,38	3,48	14,08	2,18	7,43	1,12	53,50	9,54
	c	95,60	100,00	107,00	94,30	68,40	68,80	97,80	92,30	92,30	90,80
Variante 4 189,8 kg · ha <sup>-1</sup>	a	13,73	2,23	18,25	3,05	11,78	1,80	9,03	1,43	52,80	8,50
	b	17,35	3,10	14,50	3,53	14,93	2,65	9,03	1,48	55,80	10,75
	c	79,10	72,00	125,90	86,40	78,90	67,90	100,00	96,60	94,80	79,10
Summe	a	56,60	9,65	67,00	12,30	38,40	5,93	26,30	3,93	188,20	31,80
	b	63,90	11,20	64,10	14,00	49,02	8,08	25,40	4,10	202,40	37,40
	c	88,60	86,20	104,50	87,80	78,30	73,40	103,50	95,70	93,00	85,50

a – Erträge (g) nach Bewässerung mit ZFA

b – Erträge (g) nach Bewässerung mit Klarwasser und Mineraldünger

c – Relativertrag (b = 100 %)

Tabelle 3. Frisch- (FM) und Trockenmasse (TM) in g bei Welschem Weidelgras vom 5. Aufwuchs

	Variante 1 14,6 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 2 73,0 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 3 131,4 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 4 189,8 kg · ha <sup>-1</sup>		Gesamtmittel	
	FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM
Abwasser-N	1,90	0,75	2,18	0,38	2,60	0,53	3,33	0,70	2,50	0,49
mineral-N	1,68	0,35	2,05	0,28	2,08	0,43	2,78	0,78	2,15	0,46
Mehrertrag des Abwassers in %	13,40	7,10	6,10	36,40	25,30	23,50	19,80	- 9,70	16,30	8,30

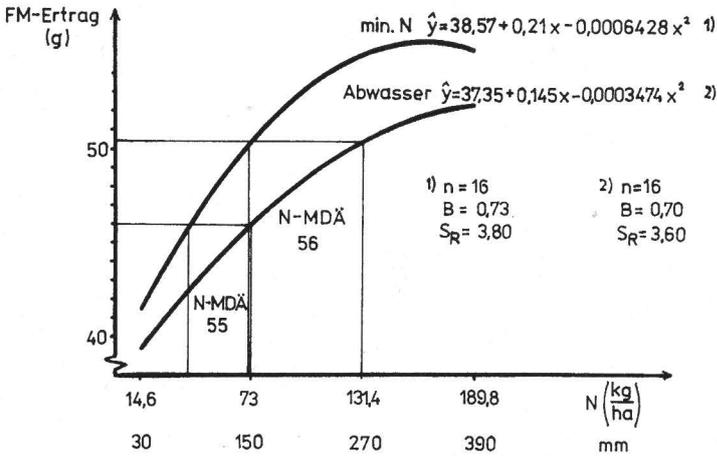


Abb. 1. Darstellung der Regressionsfunktion für den Frischmasseertrag in Abhängigkeit vom N-Gehalt im ZFA sowie des Mineraldüngers

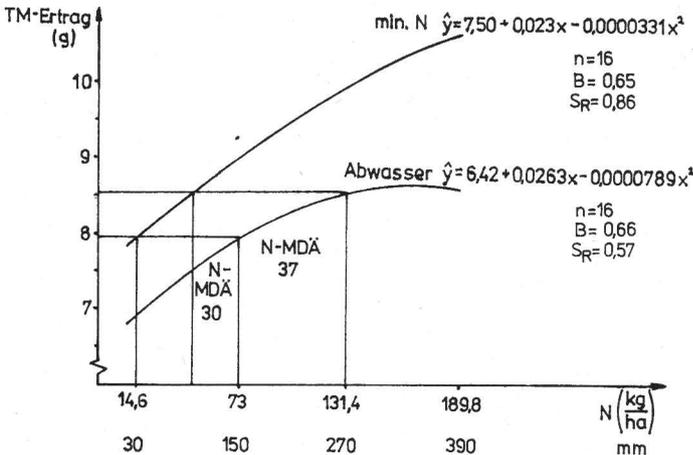


Abb. 2. Darstellung der Regressionsfunktion für den Trockenmasseertrag in Abhängigkeit vom N-Gehalt des ZFA sowie des Mineraldüngers

Die prozentuale Sofortwirkung des Abwasserstickstoffs bringt das MDÄ zum Ausdruck. Die Ergebnisse des Versuches zeigen, daß nur 33 % bis 50 % des im Abwasser enthaltenen Stickstoffs in der Vegetationszeit, in der das Abwasser eingesetzt wird, ertragswirksam werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein gewisser Teil des Stickstoffs möglicherweise dazu notwendig ist, um eventuelle negative Einflüsse des Abwassers auf das Pflanzenwachstum zu kompensieren. Bei den mit Abwasser bewässerten Varianten ist der Trockenmassegehalt geringer als bei den mit Klarwasser bewässerten Varianten. Diese Tatsache erklärt auch, daß das N-MDÄ des Abwassers bei den Frischmassen größer ist als bei den Trockenmassen.

Die Wurzelmassebestimmung nimmt eine gewisse Sonderstellung in diesem Versuch ein. Sie dient zur Überprüfung der Hypothese, daß Wurzelschädigungen bei hohen Abwassergaben auf Grund von Sauerstoffentzug und Kohlendioxidanreicherung im Boden durch mikrobiellen Abbau der organischen Substanz des Abwassers auftreten

Tabelle 4. Wurzelmassen (g) von Welschem Weidelgras

	Variante 1 14,6 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 2 73,0 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 3 131,4 kg · ha <sup>-1</sup>		Variante 4 189,8 kg · ha <sup>-1</sup>		Gesamtmittel	
	FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM	FM	TM
Abwasser-N	16,1	6,4	21,0	7,5	19,4	8,9	35,5	12,1	23,0	8,7
mineral-N	28,8	8,7	23,5	8,8	23,3	8,2	27,2	10,0	25,7	8,9

Tabelle 5. Inhaltsstoffe des Welchen Weidelgrases

Variante		Rohfaser	Rohasche	Rohfett ( <sup>0</sup> / <sub>100</sub> der Trockenmasse)	P	K	N	Na	NO <sub>3</sub>
<b>Abwasser-N</b>									
1	14,6 kg · ha <sup>-1</sup>	21,3	13,4	3,27	0,58	4,12	2,08	0,12	0,22
2	73,0 kg · ha <sup>-1</sup>	20,8	13,6	3,28	0,58	4,32	2,08	0,16	0,22
3	131,4 kg · ha <sup>-1</sup>	n. b.	14,5	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
4	189,8 kg · ha <sup>-1</sup>	21,1	13,3	n. b.	0,59	4,24	2,06	0,20	0,24
<b>Mineraldünger-N</b>									
1	14,6 kg · ha <sup>-1</sup>	20,6	13,7	3,03	0,52	4,0	2,21	0,17	0,22
2	73,0 kg · ha <sup>-1</sup>	22,3	13,3	2,03	0,54	4,28	2,11	0,11	0,17
3	131,4 kg · ha <sup>-1</sup>	20,4	13,3	n. b.	0,56	4,15	2,05	0,14	0,16
4	189,8 kg · ha <sup>-1</sup>	21,6	12,5	2,90	0,48	3,90	2,13	0,19	0,18

n. b. – nicht bestimmt

können. Diese Vermutung hat sich nicht bestätigt. Im Gegenteil, mit steigender Anzahl der Abwassergaben erhöhte sich die Wurzelmasse. Die Zunahme der Wurzelmasse ist statistisch gesichert. Die Wurzelmassen der Mineraldüngervariante dagegen unterliegen starken Schwankungen.

Auf die Pflanzeninhaltsstoffe des Welschen Weidelgrases hat das Abwasser keinen Einfluß.

Aus den Ergebnissen sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

- Es kann ein unbedenklicher Einsatz des Abwassers für die Beregnung von Welschem Weidelgras unter Voraussetzung der beschriebenen Analysendaten erfolgen.
- Es muß ein MDÄ von 33 zur Einsparung von mineralischem Stickstoff angewendet werden.
- Auf der Beregnungsfläche muß unbedingt mit  $N_{an}$ -Wert-Bestimmung gearbeitet werden, weil mit einer Nachwirkung des Stickstoffs aus dem Abwasser zu rechnen ist.
- Bei der Beregnung von Zuckerrüben ist die N-Wirkung des Abwassers zu beachten.
- Mögliche Stickstoffeinsparungen bei anderen Fruchtarten sind noch zu untersuchen, z. B. Einsparung der 2. Stickstoffgabe bei Getreide und anderen Kulturen.
- Bei Nichteinhaltung von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen (z. B. schlechte Humuswirtschaft, unsachgemäße Düngung und Bodenbearbeitung) können auf Abwasserberegnungsflächen stärkere negative Auswirkungen hervorgerufen werden als auf normalen Flächen.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, die N-Wirkung des ZFA zu ermitteln.

Der durchgeführte Stickstoffsteigerungsversuch mit Zuckerfabrikabwasser und adäquaten Mengen Kalkammonsalpeter in Kleinstgefäßen brachte folgende Ergebnisse: Durch die Anwendung des Zuckerfabrikabwassers mit den genannten Analysedaten konnte bei steigenden Gaben ein zunehmender Ertrag bei Welschem Weidelgras ermittelt werden. Schädigungen des Wurzelsystems oder anderer Pflanzenteile wurden nicht festgestellt. Jedoch bewirkt das Zuckerfabrikabwasser eine Abnahme des Trockenmassegehaltes bei Welschem Weidelgras gegenüber den mit Klarwasser beregneten Pflanzen. Nur ein Teil des Abwasserstickstoffes wird ertragswirksam. Das zeigen die ermittelten N-MDÄ von 33 bei den Trockenmassen und 55 bei den Frischmassen.

Die Stickstoffnachwirkung des Zuckerfabrikabwassers wird durch die 8% höheren Trockenmasseerträge der Abwasservariante bei unterlassener Düngung aufgezeigt.

### S c h r i f t t u m

- Bernsdorf, S., H. Krause und H. Abdank: Umweltgerechte landwirtschaftliche Verwertung von Zuckerfabrikabwasser (ZFA). *Hercynia N. F.*, Leipzig 22 (1985) 173-178.
- Kollatsch, D.: Technologie und Reinigung des Wassers in der Zuckerindustrie. *Wasser und Boden*, Hamburg 27 (1975) 11.
- Kramer, D.: Untersuchungen über Abwasser von Zuckerfabriken und über die landwirtschaftliche Verwertung von Abwässern. *Mitteilung des Institutes für Wasserwirtschaft* 7 (1959).
- Paucke, H.: Wasser - ein globales Problem. *Spectrum* 4 (1983) 8-9.

Thomas Buske  
Wissenschaftsbereich Standortkunde  
DDR - 4020 Halle (Saale)  
Ludwig-Wucherer-Straße 2