

**Literatur**

**1** Lahmeyer International; Batelle-Institut: Studie über die Umlagerung von Sedimenten in Wasserstraßen. DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.), August 1987.  
**2** Niedersächsisches Landesamt für Wasser und Abfall: Gewässergütebericht 1990. Niedersächsisches Umweltministerium, Juli 1991.  
**3** Internationale Kommission zum Schutze des Rheins: Statusbericht Rhein. September 1993.  
**4** Wilken, R.-D.; Neumann, L. J. R.; Christiansen, H.; Boeddeker, H.: Measurements of heavy metals and calculations of transport rates in the river upstream and downstream of Hamburg harbour. Der Hafen, Internationaler Umweltkongreß, Umweltbehörde Hamburg, September 1989, S. 158–161.  
**5** ARGE Elbe (Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe): Wassergütedaten der Elbe, von Schnackenburg bis zur See. Wassergütestelle Elbe, Zahlentafel 1991, August 1992.  
**6** Detzner, D.; Kitschen, L.; Weimerskirch, W.: METHA – erste Großanlage zur Aufbereitung von Hafensedimenten. Aufbereitungstechnik 34, 1993, Nr. 5.  
**7** Gaumert, T.: Entwicklung der Schadstoffgehalte in frischen, schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe bei Schnackenburg 1984–1991, ARGE

Elbe (Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe), Wassergütestelle Elbe, Juni 1992.  
**8** 10. Klärschlammverordnung (AbfKlärV). Deutscher Taschenbuch Verlag, 15. Mai 1992.  
**9** Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit. VCH Verlagsgesellschaft, 1988.  
**10** Freie und Hansestadt Hamburg: Francop, Zukunftssicherung des Hafens. Informationsbericht, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft, Strom und Hafenbau, 1987.  
**11** Tamminga, P.-G.: Unterbringung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen im Küstenvorfeld. Altlastensanierung '88, Kluwer Academic Publishers, Band 2, S. 1455–1457.  
**12** Müller, G.: Chemische Dekontaminierung von schwermetallbelasteten Schlammern. Altlastensanierung '88, Kluwer Academic Publishers Band 2, S. 1475–1477.  
**13** Förstner, U.: Baggerschlammprobleme in der BRD. Sicherheit in Chemie und Umwelt, Nr. 2, 1983.

**Anschrift der Verfasser**

Dr. Farshad Dehnad, Frank Kunkel, WETECH Institut für Wasser und Umweltschutztechnologie, Peutestraße 51, 20539 Hamburg

# Nachwachsende Rohstoffe – eine Chance auch für die Klärschlamm Entsorgung

Bei der Energiepflanzenproduktion bestehen verbesserte Bedingungen für die Klärschlammverwertung. N. KÖNEMANN, M. LÜPKE, IMMENHAUSEN

**1 Problem – Klärschlamm Entsorgung**

Die Klärschlamm Entsorgung ist inzwischen zu einem großen Problem vieler Kommunen geworden. Vor allem deshalb, weil der Anteil des landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes auf ca. 30 % der Gesamtmenge zurückgegangen ist. Demgegenüber werden heute über 70 % deponiert oder verbrannt. Die unterschiedlichen Entsorgungskosten für die zur Zeit in Betracht kommenden Entsorgungsverfahren veranschaulicht die Tabelle 1.

Neben den Kosten sprechen ökologische Gesichtspunkte für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung. Zu nennen sind vor allem eine vollständige stoffliche Nutzung und die systematische Kontrolle auf Grundlage der 1992 novellierten Klärschlammverordnung [3]. Durch die kommende TA-Siedlungsabfall ist zu erwarten, daß Klärschlammdeponierung künftig nicht mehr möglich sein wird.

**2 Nachwachsende Rohstoffe – Verwertung**

Nachwachsende Rohstoffe (Industriepflanzen) sind Pflanzen, die nach spezifischer Aufbereitung innerhalb energetischer, industrieller und technischer Prozesse verarbeitet werden. Die Verwendung von Pflanzen außerhalb der Ernährung ist so alt wie die Menschheit. Noch vor 200 Jahren lebten ganze Landstriche vom Flachs- und Waidanbau.

Die Anwendungsmöglichkeiten von Industriepflanzen

haben sich in den vergangenen Jahren deutlich erweitert. Tabelle 2 enthält eine Auswahl möglicher Nutzungen.

Tabelle 2 veranschaulicht, daß heute zahlreiche Anwendungen von nachwachsenden Rohstoffen (der gemäßigten Klimazonen) vorhanden sind. Hinzu kommt die große Zahl farbstoff-, duftstoff- und gerbsäureliefernder Gewächse, die in der Übersicht nicht berücksichtigt sind.

**3 Nachwachsende Rohstoffe – Anbauförderung**

In Deutschland besteht derzeit noch kein Markt für nachwachsende Rohstoffe. Der Anbau und die industrielle Verwertung von Ölpflanzen (Raps, Lein) ist am weitesten fortgeschritten. Eine Sättigung des heimischen Marktes ist hier nahezu erreicht. Für Faserpflanzen (Schilf, Gras, Flachs)

**Tabelle 1 Kosten der Klärschlamm beseitigung [4]**

Entsorgungsverfahren	Kosten (DM/t TR) (Trockenrückstand)
landwirtschaftliche Verwertung	bis 300
Deponierung nach Entwässerung auf 35 % Trockenrückstand	400 bis 600
Entwässern und Verbrennen; Deponierung der Asche	600 bis 1200

**Tabelle 2 Anwendung nachwachsender Rohstoffe (Auswahl)**

Einsatzbereich	Pflanzen (Auswahl)
Bereich: Industrielle Schmierstoffe	
Schmieröle (Hydraulik-, Sägeketten-, Motoröle u.a.)	Raps, Sonnenblume, Crambe Jojoba, Weiße Sumpfpflume, Leindotter, Rübsen, Wolfsmilch u. a.
Bereich: Energieerzeugung, Energierohstoffe	
Verbrennung, Pyrolyse, Vergasung	Getreide, Gräser, Raps, Senf, Gehölze (u.a. Weide, Pappel), Sonnentblume, Chinaschilf
Heizöl, Diesello	Raps, Sonnenblume, Sojabohne
Alkohole (Methanol, Ethanol), Ester, Alkane u.a. als Kraftstoffzusatz oder chemischer Grundstoff	Getreide (u.a. Mais, Hirse), Gehölze (u.a. Pappel, Weide), Rohrglanzgras, Rüben, Kartoffeln, Zichorie, Topinambur, Raps
Bereich: Chemische Grundstoffe	
Zucker (für Kunststoff, Alkohol u.a.)	Zuckerrübe
Stärke (für Leim, Alkohol, Verpackungen)	Kartoffel, Getreide (u.a. Weizen, Mais, Hirse), Buchweizen
Bereich: Chemische Produktion, Pharmazie, Papier	
Druckfarben	Sojabohne
Farben, Beizen, Lasur	Öllein, Wolfsmilch, Rübsen
Linoleum	Öllein
Tenside (Waschmittel)	Raps, Leindotter, Wolfsmilch
Adsorptions- und Schleifmittel	Amaranth
Bremsbeläge	Lein
Kunststoffe (Folien, Blutgefäße)	Amaranth, Lein
Papier, Zellulose (Verpackungsmaterial)	Gräser, Getreide, Schilf, Gehölze, Chinaschilf
Pharmakabestandteile (Insulin, Hormone)	Gerste
Bereich: Textilindustrie	
Rohfasern	Hanf, Lein u.a.
Bereich: Bauindustrie	
Bauplattenzusatz	Lein, Gras, Chinaschilf
Leichtbetonzuschlag	Getreidekorn (Weizen)
Landwirtschaftsbau	Weiden, Lein

könnte sich vor allem in der Baustoffindustrie ein neuer Absatz durch Substitution cancerogenverdächtiger Mineralfasern ergeben. Die Produktion energieliefernder Pflanzen ist in Deutschland noch durch den relativ niedrigen Erdölpreis behindert. Eine verstärkte Nutzung von Energiepflanzen wäre im Interesse unserer Umwelt wünschenswert. Die z. Z. vorherrschende Verbrennung fossiler Energieträger, wie Kohle, Erdöl und Erdgas, setzt Kohlen-, Schwefeloxide u. a. Gase in kurzen Zeiträumen frei, die in Jahr Millionen auf natürliche Weise durch Pflanzen gebunden wurden; die Folge ist der „Treibhauseffekt“. Bei Verbrennung nachwachsender Rohstoffe verändert sich dagegen die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in der Summenbilanz eines Jahres nicht.

Vor allem in *Nordamerika und Skandinavien* haben nachwachsende Rohstoffe einen größeren Stellenwert als in Deutschland. Das gilt insbesondere für die Energieerzeugung durch Ganzpflanzenverbrennung oder die Veredlung pflanzlicher Substanz zu organischen Energieträgern (z. B. Bioalkohole). Die Ursache liegt fast immer in der besseren Förderung durch den Gesetzgeber und damit

verbunden in vergleichsweise hohen Preisen für Fossilbrennstoffe.

Gegenwärtig ist in Deutschland eine verstärkte Förderung nachwachsender Rohstoffe zu beobachten. Förderkonzepte der Bundes- und Länderministerien für Forschung und Technologie sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unterstützen schon seit einigen Jahren die technische Verwertung nachwachsender Rohstoffe. Voraussetzung ist ein gesicherter Absatz. Darüber hinaus bestehen für einige Pflanzen, die fallweise auch nachwachsende Rohstoffe sein können (z. B. Raps, Lein) Beihilfen nach gültigen EG-Marktordnungen. Auch Kulturen, die der Herstellung von Industriestärke und -zucker dienen, erfahren bereits eine attraktive Förderung.

Neu ist, daß ab 1993 Mittel aus dem EG-Flächenstilllegungsprogramm [1] zur Anbauförderung nachwachsender Rohstoffe verfügbar sind. In der gesamten Europäischen Gemeinschaft erhalten Landwirtschaftsbetriebe (außer definierte Kleinerzeuger) künftig nur dann einen Ausgleich für Preissenkungen bei Getreide, Ölsaaten und Hülsenfrüchten, wenn sie 15 % der damit bestellten Fläche stilllegen. Diese Felder, in Rotations- bzw. Dauerbrache, sollen begrünt werden. Als einzige wirtschaftliche Nutzung ist ausdrücklich die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe zugelassen. Die bundeslandspezifische Stilllegungsprämie (im Wirtschaftsjahr 1992/93 721 bis 464 DM/ha) wird dabei in voller Höhe gezahlt.

Durch das EG-Flächenstilllegungsprogramm haben sich die Anbaubedingungen für nachwachsende Rohstoffe ohne Zweifel entscheidend gebessert. Trotzdem sind längerfristige Aussagen schwierig. Größere Fortschritte sind am ehesten bei der Energieerzeugung aus pflanzlicher Biomasse zu erwarten. Der Verbrennung werden dabei bessere Chancen eingeräumt als der Veredlung zu Ethanol oder Öl [5]. Ein begünstigender Einfluß würde sich durch gesetzliche Regelungen zur Eindämmung von Umweltbelastungen, beispielsweise bei Erhebung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe ergeben.

#### 4 Nachwachsende Rohstoffe – Gegenwärtige Anbaubedingungen

Pflanzen, deren Anbau als nachwachsender Rohstoff zur Zeit in Deutschland grundsätzlich möglich ist, sind nachfolgend zusammengestellt (s. Tabelle 3) und bewertet.

Tabelle 3 ist das Ergebnis umfangreicher Voruntersuchungen. Das oft komplexe Ergebnis ist als Pauschalbewertung ausgegeben. Festzustellen bleibt, daß derzeit in erster Linie Raps, Lein und Pflanzen, die verbrennbare Biomasse liefern, als nachwachsende Rohstoffe in Frage kommen. Bedingung ist ein zumindest kostendeckender Absatz der Ernte; bei Klärschlammdüngung ist immer der vollständige Nährstoffverbrauch durch die Pflanzen zu gewährleisten.

Die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe ist unter verschiedenen Kultivierungsformen denkbar. Möglich ist grundsätzlich der Anbau mehrjähriger Energiepflanzen, wie Chinaschilf, schnellwachsende Gehölze u. a. Vorteilhaft ist dabei vor allem der längerfristig planbare Absatz. Gleiches gilt für die ganzjährige Dauerbegrünung von Feldern als Sommer- und Winterkultur. Wird die Ernte einschließlich der Wildkräuter komplett verbrannt, so kann beim Anbau völlig auf chemische Vernichtungsmittel verzichtet werden. Auch der übliche Anbau in Fruchtfolge ist denkbar. Günstig bei Klärschlammdüngung sind

Hackfrucht – Ackergras – Getreide oder

Winterzwischenfrucht/Silomais – Getreide [9], [10].

Diese Kulturabfolgen führen zum ausreichenden Entzug von Nährstoffen, die im Klärschlamm enthalten sind. Not-

**Tabelle 3 Anbau nachwachsender Rohstoffe (Voruntersuchung)**

Pflanzen	Bewertungsparameter <sup>1)</sup>						Summe (1-6)	Einstufung
	1	2	3	4	5	6		
Raps	+	-	+	0	+	+	+3	Anbau wäre z. Z. unter entsprechenden Vorbedingungen möglich
schnellw. Gehölze			+	-	+	0	+2	
Lein (Öl-, Faserlein)	-	0	+	0	+	+	+2	
Getreide, Gräser	0	0	+	-	0	+	+1	
Chinaschilf	0	0	+	-	+	0	+1	
Kartoffel	0	0	0	-	0	+	0	Anbau wäre z. Z. nur unter sehr günstigen Voraussetzungen sinnvoll
Kreuzbl. Wolfsmilch	+	+	-	-	+	-	0	
Leindotter	+	-	0	-	+	0	0	
Sonnenblume	+	-	0	-	0	+	0	
Zuckerrübe	+	-	0	-	0	+	0	
Mais	+	-	-	-	0	+	-1	Anbau ist z. Z. nicht ratsam
Senf	-	0	0	-	0	+	-1	
Safflor	-	0	0	-	-	-	-2	

<sup>1)</sup> Erläuterungen zu Bewertungsparametern  
 (+) überwiegend günstige Einflüsse  
 (0) etwa ausgeglichene Wirkung günstiger und ungünstiger Einflüsse  
 (-) überwiegend ungünstige Einflüsse  
 () unzureichende Kenntnisse

Bewertungsparameter:  
 1 – Möglichkeit zur Klärschlammgabe (Nährstoffbedarf) (hohe Klärschlammgaben sind als „+“ bewertet)  
 2 – Standortansprüche (Boden, Klima; Fruchtfolgeeignung) (geringe Ansprüche sind als „+“ bewertet)  
 3 – Kosten (Verhältnis Anbau-/Ertragskosten bei Beachtung vorhandener Subventions- und Fördermittel),  
 4 – derzeitige Marktsituation in Deutschland bei Verwertung als nachwachsender Rohstoff,  
 5 – Einsatz als nachwachsender Rohstoff (vielfältige Einsatzmöglichkeit ist als „+“ bewertet),  
 6 – Anbauerfahrungen, Entwicklung der Sortenzucht.

wendige Anbaupausen, bei selbstunverträglichen Kreuzblütlern (Raps, Leindotter) und Lein, sind zu beachten. Auch zeitweilige Brachen können in eine Fruchtfolge eingeordnet werden. Derzeit ist es aber schwierig, für die dann verschiedenen Ernteprodukte eine dauerhafte Abnahme zu finden.

Fruchtfolgen mit Nahrungspflanzen sind prinzipiell möglich, sollen jedoch aufgrund der Klärschlammverwertung ausgeschlossen sein.

**5 Nachwachsende Rohstoffe – Kostenbeispiel zur Ermittlung von Rentabilitätsschwellen**

Rentabilitätsschwellen sind ohne praktische Erfahrung schwer zu bestimmen. Literaturangaben weichen demzufolge stark voneinander ab. Auf einige interessante Bilanzrechnungen wird verwiesen (siehe [6], [7], [11]). In [8] werden für energetisch verwertbare Biomassen folgende Stützungsbeiträge genannt:

- Weizen für Bioethanol: 2483 DM/(ha\*a)
- Raps für Biokraftstoff: 1903 DM/(ha\*a)
- Getreide für Verbrennung: 1680 DM/(ha\*a).

Diese Zahlen verdeutlichen den Wettbewerbsnachteil nachwachsender Rohstoffe gegenüber fossilen Energieträgern. An einem Kostenbeispiel wird nachfolgend untersucht, welche Auswirkungen das EG-Flächenstilllegungsprogramm und eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung gegenüber [8] haben:

**Vorbedingungen**

Pflanzen: Pappeln und Weiden, Nutzungsdauer 20 Jahre  
 Ertrag: 5–30 t/(ha\*a) erntefrisches Material  
 Es kann von 3jährigen sicheren Ernten um 70 t/(ha\*a) ausgegangen werden.

Kosten: in Anlehnung an [13] werden genannt:

- Anbaukosten: 200 DM/(ha\*a)
- Düngerkosten: 100 DM/(ha\*a)

- Erntekosten: 500 DM/(ha\*a)
  - Verkaufserlös: 1125 DM/(ha\*a) als Brennstoff
- Verwertung: Energieerzeugung durch Ganzpflanzenverbrennung;

Heizwert = 15,5 MJ/kg Biomasse, demzufolge entspricht 1 t Biomasse ca. 420 l Heizöl (Heizöläquivalent)  
 Im Bild 1 ist dargestellt, bei welchen Erträgen schnellwachsende Gehölze mit Heizöl konkurrieren.

Kurve 1 (Bild 1) zeigt den Anbau ohne Subventionen. Als Vergleich dient die Marktleistung für den konkurrierenden Marktfruchtanbau von 2400 DM/(ha\*a) [12]. Hinzuaddiert werden ertragsabhängige Verfahrensmehrkosten von 0,1 DM/l Heizöläquivalent (= 42 DM/t Biomasse) für die spezielle Ernteaufbereitung und -verwertung.

In Kurve 2 (Bild 1) ist eine Flächenstilllegungsprämie von 500 DM/(ha\*a) nach [1] als Kostenvorteil eingerechnet.

Die Kurven 3 und 4 (Bild 1) beachten über die Flächenstilllegungsprämie von 500 DM/(ha\*a) hinaus den Kostengewinn durch landwirtschaftliche Klärschlammverwertung. Neben gespartem Dünger von 100 DM/(ha\*a) [13] wird ein Gewinn

- a) gegenüber Deponierung von 200 DM/t<sub>TR</sub> (Bild 1, Kurve 3)
- b) gegenüber Verbrennung von 600 DM/t<sub>TR</sub> (Bild 1, Kurve 4) als Durchschnittswert nach [4] angenommen. Da der Nährstoffbedarf nachwachsender Gehölze noch nicht ausreichend geklärt ist, wird von 1 t<sub>TR</sub>-Klärschlammgabe/(ha\*a) ausgegangen.

Geht man von etwa 0,40 . . . 0,45 DM/l Heizöl aus, kann die Holzverbrennung bei Erträgen von 20 t/(ha\*a) mit Heizöl konkurrieren (Bild 1). Bei der Inanspruchnahme von Flächenstilllegungsprämien und der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung, verlagert sich die Rentabilitätsschwelle in niedrige Ertragsbereiche von 10 . . . 20 t/(ha\*a). Für die Berechnungen wurden Durchschnittswerte gewählt. Gelingt es, Randbedingungen zu verbessern und Kosten zu

optimieren, dann sind niedrigere Rentabilitätsschwellen schon bald zu erwarten. Investitionskosten für spezielle Landmaschinen, Energieanlagen u. a. sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

### 6 Ausblick

In jüngster Vergangenheit wurden verbesserte Voraussetzungen für die Produktion nachwachsender Rohstoffe geschaffen. Schon jetzt ist es lohnend, Flächen stillzulegen und den Anbau von Industriepflanzen in Betracht zu ziehen. Aus der gegenwärtigen Situation heraus ist es denkbar, daß bereits in wenigen Jahren nachwachsende Rohstoffe großflächig angebaut und Biomassen vor allem in dezentralen Blockheizkraftwerken verwertet werden.

Bei der Erzeugung von Pflanzen, die nicht in den Nahrungskreislauf gelangen, sollte kontrolliert mit Klärschlamm gedüngt werden. Eine Entschärfung des Entsorgungsproblems ist so zu erreichen.

Nach grober Schätzung ist damit zu rechnen, daß bis zum Jahr 2000 im Bundesgebiet ein bis drei Mill. ha landwirtschaftlicher Fläche aus der Nahrungsmittelproduktion ausscheiden [12]. Wird von 1,5 Mill. ha (alte Bundesländer) isgegangen, die im Jahr 2000 zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe verfügbar sind, ergibt sich folgende Rechnung:

1,5 Mill. t<sub>TR</sub> Klärschlamm/a könnten in der Landwirtschaft verwertet werden, wenn die Ausbringung von 1 t<sub>TR</sub>/(ha\*a) angenommen wird. Diese Menge entspricht etwa 60 % des derzeitigen Gesamtanfalls! Die Einsparung zusätzlicher Kosten für die Klärschlammdeponierung und -verbrennung würden sich auf mindestens 300 . . . 900 Mill. DM/a belaufen. Bei entsprechender Umlagerung, könnten mit diesem Geld viele bäuerliche Betriebe finanziell unterstützt werden. Bei Ernten von 20 t Biomasse/ha ergeben sich 30 Mill. t/a, das entspricht der Energie von 46,5 \* 10<sup>16</sup> J und einem Äquivalent von etwa 11 Mill. t Heizöl (etwa 1/4 der Inlandversorgung von 1987 [14]).

Auch der günstige Einfluß auf Umwelt und Landschaft sollte beachtet werden. Deponieraum wird gespart. Kohlen- und Schwefeloxide, Staub und andere Emissionen werden deutlich reduziert. In Verbindung mit nachwachsenden Rohstoffen können, nach entsprechender Genehmigung, Holzreste aus Forst und Industrie, Papier, Stroh u. ä. zur Wärme und/oder Stromerzeugung eingesetzt werden. Die Verbrennung dieser organischen Reste würde der künftigen TA-Siedlungsabfall Rechnung tragen.

Kommunen und Landwirte sollten gemeinsam die gegenwärtige Entwicklung beachten. Vorab ist die Bildung von Interessenverbänden sinnvoll, um Aufgaben wie die Erzeugung, Verwertung und Vermarktung nachwachsender Rohstoffe zu organisieren.

### Literatur

- 1 EG (1992): Verordnung (EWG) Nr. 2296/92 der Kommission vom 31. Juli 1992 mit Durchführungsbestimmungen für die Nutzung stillgelegter Flächen zur Erzeugung von Rohstoffen, die in der Gemeinschaft zu nicht in erster Linie für Lebensmittel- oder Futtermittelzwecke bestimmten Erzeugnissen verarbeitet werden, ABl. EG Nr. L 221/31, S. 25.
- 2 BMU (1991): Entwurf einer Novelle zur Klärschlammverordnung (AbfKlärV), Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit WA II 6 – 530 115/5.
- 3 BMU (1992): Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992, BGBl. I, S. 912–934.
- 4 Witte, H.: Argumente zur Klärschlammverwertung, Korrespondenz Abwasser 9, 1990, S. 1021–1029.
- 5 Mache, R.: „Die Landwirtschaft von morgen bereits heute auf die Probe stellen“, Flur und Furche 130, 1992, S. 20–21.

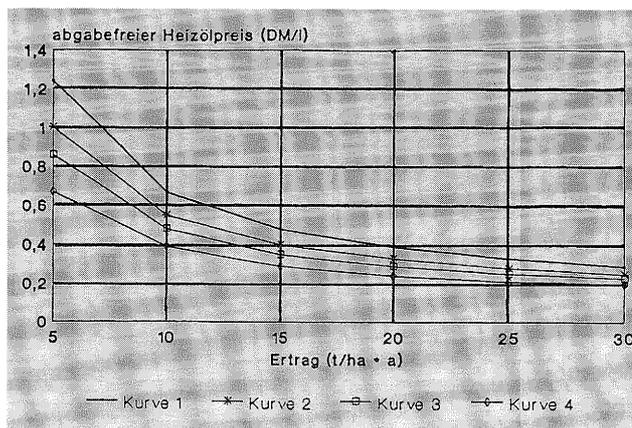


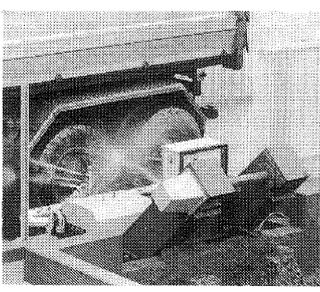
Bild 1 Rentabilitätsschwellen bei Ganzpflanzenverbrennung

- 6 Landwirtschaftliches Unternehmerseminar, Gut Schlüterhof: Produktion von Mais, Raps und Alternativkulturen, Freising 1987.
- 7 Sutor, P.: Informationsblatt der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, SuB (1991) 8 S. III-3.
- 8 Bund Länder Arbeitsgruppen unter Federführung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Biomasse – ein erneuerbarer Energieträger, Auszug aus dem Bericht des Bundes und der Länder über nachwachsende Rohstoffe, 2. überarbeitete Auflage, Bonn 1990.
- 9 Becker, K.: Wirkung des Einsatzes kommunaler Klärschlämme auf Boden und Pflanze. Diss. Humboldt-Universität, Berlin 1987.
- 10 Jelenic, N.: Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft, KTBL-Arbeitspapier 107, 1986.
- 11 Kopetz, H.: Bedeutung und Chancen des Energiewaldes als Alternativproduktion der Landwirtschaft, Bericht für den Verband der Europäischen Landwirtschaft. Landeskommission für Land- und Forstwirtschaft in Steiermark, Graz (Österreich) 1986.
- 12 Dambroth, M.: Beta-Rüben – ein nachwachsender Rohstoff für die Ethanol- und Chemie-Grundstoffgewinnung, Zuckerindustrie Nr. 2, 107, 1982.
- 13 Scheler, F.; Wuscheck, A.: Biomasse – Brennstoff der Zukunft?, dlz, 5 S. 14–17, 1991, S. 30–34.
- 14 Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 1988, Stuttgart und Mainz: Verlag W. Kohlhammer GmbH 1988.

### Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Norbert Könemann, Dipl.-Ing. Michael Lüpke, Ingenieurbüro Müller-Könemann, Über der Kampwiese 33, 34376 Immenhausen

## Reifenwaschanlage



für LKW



- Geringer Wasserverbrauch durch Wasserrecycling
- Optimales Reinigungsergebnis aller Achsen
- Sowohl für stationären wie mobilen Einsatz geeignet
- Einsatz auf Baustellen, Deponien und in Kieswerken

**Schluss mit verschmutzten öffentlichen Strassen**

FRUITIGER BAUMASCHINEN

CH-8401 Winterthur · D-78224 Singen · A-6900 Bregenz  
Auskunft gibt: Tel. 00 41-52/2 13 30 23, Fax 00 41-52/2 13 00 29

Bitte besuchen Sie uns auf der **ENTSORGA** Halle 12.1 Stand C/39