

UBA-BE-003

ENERGETISCHE NUTZUNG VON STROH

BERICHTE

Energetische Nutzung von Stroh

**Monika PAAR
Horst NOWAK**

UBA-BE-003

**Wien, Dezember 1991
(Ergänzungen bis 1992)**

**Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie**



Textbearbeitung: Christine Pfeiffer
Nancy Cao
Wilfried Eilmsteiner

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, Dezember 1991 (Ergänzungen bis 1992)

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-156-9

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	ENERGIEPOTENTIALE	2
2.1	Theoretisches Energiepotential	2
2.2	Nutzbares Energiepotential	4
2.2.1	Nutzbares Energiepotential in den Bundesländern .	7
3	IST-ZUSTAND	8
3.1	Österreich	8
3.2	Ausland	10
4	BARRIEREN	10
4.1	Kosten	10
4.2	Feuerungstechnische Probleme beim Einsatz von Stroh als Brennstoff	11
4.3	Emissionen/Kleinanlagen	13
4.4	Akzeptanz bei der Bevölkerung	13
5	UMWELTASPEKTE BEI DER ENERGETISCHEN STROHVERWERTUNG	14
5.1	Emissionen bei Strohfeuerungsanlagen	14
5.2	Aspekte des Strohverbrennens auf den Feldern ...	15
6	ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE SYSTEMÜBERLEGUNGEN	16
7	ENERGIEPFLANZEN	17



ENERGIEGEWINNUNG AUS STROH

1 EINLEITUNG

Dunkle Rauchwolken, Staub- und Schadstoffbelastung der Luft waren bis vor kurzem in den intensiven Getreideanbaugebieten Österreichs nach der Erntezeit keine Seltenheit – das Strohabbrennen direkt am Feld stellte in diesen Gebieten die häufigste Methode dar, überflüssige Strohmengen zu beseitigen. Ein Grund dafür liegt sicherlich in der Entwicklung der Landwirtschaft während der letzten Jahrzehnte in Richtung Intensivierung und Spezialisierung.

In den landwirtschaftlichen Betrieben mit starkem Getreideanbau und fehlender Tierhaltung fällt ein hoher Anteil unverwertbaren Strohs an. Zumal auch das Einarbeiten in den Boden in diesen, hauptsächlich auf den Osten Österreichs beschränkten Gebieten, auf Schwierigkeiten stößt, stellte bis vor kurzem das Strohabbrennen am Feld für den Landwirt die billigste Form der Entsorgung dar.

Anders als bei Maisstroh, dessen Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis viel enger ist und das daher ohne Schwierigkeiten verrottet, wird Getreidestroh aus Mangel an organisch gebundenem Stickstoff von den Bodenorganismen relativ schlecht abgebaut. Das Einbringen von organischem Material, wie beispielsweise Maisstroh, spielt jedoch für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit eine wichtige Rolle. Bei der Berechnung des energetisch nutzbaren Potentials wurde daher nur jener Teil des Getreidestrohs herangezogen, der nicht in den Bodenkreislauf zurückgeführt werden kann, also jener Teil, der bis vor einiger Zeit auf Feldern verbrannt wurde.

Nach Schätzungen entstand durch das Strohabbrennen auf Österreichs Feldern jährlich eine Emissionsmenge von 60.000 t CO (das entspricht 3 % der gesamtösterreichischen CO-Emissionen), 15.000 t Kohlenwasserstoffe (3 %), 4.000 t Methan (1 %) und 11.000 t Staub (20 %) (ORTHOFFER, 1991). Einen hohen Anteil nehmen dabei auch die wegen ihrer vermutet cancerogenen Wirkung und umwelttoxischen Eigenschaften bekannten polyzyklischen Kohlenwasserstoffe ein. In Österreich ist das flächenhafte Verbrennen von Stroh seit dem 1. Juli 1993 verboten. Die Landeshauptleute können jedoch per Verordnung Ausnahmen von diesem Verbot zulassen.

Durch das Verbrennen im Rahmen der energetischen Nutzung in dafür konzipierten Feuerungsanlagen werden diese Emissionen um 90 – 99 % (Großanlagen) bzw. 60 – 90 % (Kleinanlagen) reduziert (ORTHOFFER, 1991).

Unter der Annahme, 25 % des in Österreich anfallenden Getreidestrohs, das ist schätzungsweise jene Strohmenge, die auf den Feldern vor dem Verbot verbrannt wurde, energetisch zu nutzen, ergibt sich ein Primärenergiepotential von rund 13 PJ pro Jahr. Das entspricht etwa 1,3 % des jährlichen österreichischen Gesamtenergieverbrauchs.

Im vorliegenden Kapitel wird das Energiepotential von Stroh folgender Getreidearten berücksichtigt: Weizen, Roggen, Hafer, Gerste sowie Winter- und Sommergetreide. Nicht berücksichtigt sind neben Mais alle feuchten Rest- und Abfallstoffe der landwirtschaftlichen Produktion (Zuckerrüben, Kartoffel, Feldgemüse), die in Kap. III ("Biogas in der Landwirtschaft") behandelt werden, sowie Raps, Sonnenblumen, Körnererbsen und Pferdebohnen. Bei diesen wird, ähnlich dem Maisstroh, deren Rückführung in

den Boden zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit angenommen. Aussagen zum Energiepotential dieser Stoffe finden sich jedoch in DISSEMOND (1990).

2 ENERGIEPOTENTIALE

2.1 Theoretisches Energiepotential

Das theoretische Potential ergibt sich aus der Annahme, das gesamte, in Österreich bei der Getreideproduktion anfallende Stroh energetisch zu nutzen.

Zur Ermittlung dieses Potentials wird die Getreideanbaufläche, der durchschnittliche Strohertrag und der Heizwert des Strohs herangezogen.

Die Getreideanbaufläche (Weizen, Gerste, Hafer, Roggen, Sommermenggetreide, Wintermenggetreide) betrug 1989 752.770 ha (ÖSTZ, 1989).

Der Strohertrag ist in erster Linie von der Getreideart abhängig. Weitere, den Strohertrag und den Heizwert beeinflussende, jedoch sehr schwer zu erfassende Faktoren, wie Aufwuchsbedingungen (Klima, Boden) und Getreidesorte, wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über den durchschnittlichen jährlichen Strohzuwachs der einzelnen Getreidearten.

Der Heizwert hängt ebenfalls von der Getreideart ab. In grober Näherung kann gesagt werden, daß sich das Stroh der einzelnen Getreidearten im Heizwert maximal um 10 % voneinander unterscheiden.

<i>Tab. 1: Jährlicher Strohzuwachs (BRÄUNLICH, 1985)</i>	
<i>Getreidearten</i>	<i>Strohzuwachs in kg/ha</i>
<i>Weizen</i>	<i>5.200</i>
<i>Roggen</i>	<i>4.770</i>
<i>Hafer</i>	<i>4.180</i>
<i>Gerste</i>	<i>4.960</i>
<i>Wintermenggetreide</i>	<i>4.980</i>
<i>Sommermenggetreide</i>	<i>4.580</i>

<i>Tab. 2: Durchschnittlicher Heizwert der wasserfreien Substanz (H_{uTS}) der einzelnen Getreidearten (HOFSTETTER, 1978)</i>	
<i>Getreideart</i>	<i>Heizwert (H_{uTS}) in MJ/kg</i>
<i>Wintergerste</i>	<i>16,156</i>
<i>Sommergerste</i>	<i>17,084</i>
<i>Winterweizen</i>	<i>16,852</i>
<i>Sommerweizen</i>	<i>17,333</i>
<i>Winterroggen</i>	<i>17,775</i>
<i>Hafer</i>	<i>16,760</i>

Mit zunehmender Feuchte sinkt der Heizwert des Stroh. Berücksichtigt man dies und bezieht man sich auf einen durchschnittlichen Heizwert für das trockene Stroh, so kann für die Berechnung des Heizwertes von Stroh folgende Faustformel verwendet werden:

$$H_u = H_{uTS} \cdot \frac{100 - w}{100} - 2,442 \cdot \frac{w}{100} \text{ (MJ/kg)}$$

H_u: unterer Heizwert (MJ/kg)
H_{uTS}: Heizwert der wasserfreien Substanz (Trockensubstanz):
 Bereich: 16 MJ/kg bis 18 MJ/kg
w: Wassergehalt des Brennstoffes in % der Masse, bezogen auf die Gesamtmasse

Durchschnittlich ist mit einer Feuchte von etwa 15 % zu rechnen, für H_{uTS} wurde der Mittelwert von 17 MJ/kg herangezogen:

$$H_u = 17 \cdot \frac{100 - 15}{100} - 2,442 \cdot \frac{15}{100}$$

$$H_u = 14 \text{ MJ/kg} = 3,9 \text{ kWh/kg}$$

Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Heizwert von 14 MJ/kg.

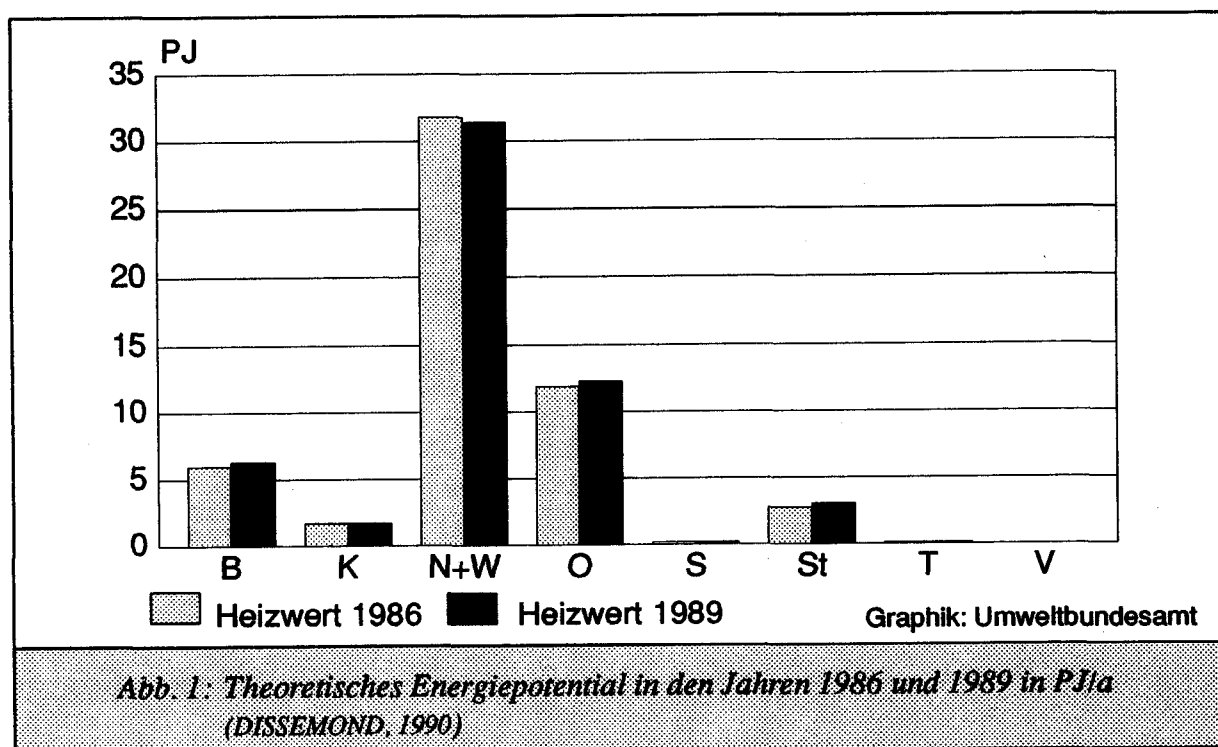
Tab. 3: Strohertrag			
<i>Getreideart</i>	<i>ha</i>	<i>jährlicher Strohzuwachs kg/ha.a</i>	<i>Strohertrag t/a</i>
<i>Winterweizen</i>	255.292	5.200	1.327.518,4
<i>Sommerweizen</i>	22.776	5.200	118.435,2
<i>Winterroggen</i>	89.010	4.770	424.577,7
<i>Sommerroggen</i>	2.009	4.770	9.582,9
<i>Wintergerste</i>	89.788	4.960	445.348,5
<i>Sommergerste</i>	202.088	4.960	1.002.356,5
<i>Hafer</i>	67.150	4.180	280.687,0
<i>Wintermenggetreide</i>	4.296	4.980	21.394,1
<i>Sommernenggetreide</i>	20.361	4.580	93.253,4
<i>Summe</i>	752.770		3.723.189,7

Um die gesamte, in Österreich anfallende Strohmenge zu berechnen, werden die Getreideflächen mit dem durchschnittlichen Strohzuwachs/Jahr multipliziert (Tab. 3).

Rechnet man mit einem Strohertrag von 3,723.190 t/a und einem Heizwert von 14 MJ/kg, so ergibt sich daraus ein **theoretisches Primärenergiepotential** von 52 PJ/a.

Dieser Wert entspricht rund 5 % des derzeitigen durchschnittlichen österreichischen Gesamtenergieverbrauchs von rund 1.000 PJ pro Jahr.

Die einzelnen Bundesländer zeigen jedoch – in Abhängigkeit ihrer Bodennutzung – sehr stark unterschiedliche Potentialwerte. Ein besonders hohes Potential weist Niederösterreich auf, gefolgt von Oberösterreich und dem Burgenland. Nachfolgendes Diagramm gibt einen Überblick über das Energiepotential der einzelnen Bundesländer.



Wie sich das theoretische Energiepotential auf die einzelnen politischen Bezirke verteilt, ist aus der folgenden Farbabbildung ersichtlich.

2.2 Nutzbares Energiepotential

Stroh fällt als Nebenprodukt beim Getreideanbau an. Abgesehen von der bisher in sehr geringem Umfang eingesetzten energetischen Nutzung, wird Stroh hauptsächlich als Stalleinstreu verwendet, in den Boden eingearbeitet oder am Feld verbrannt. Je nach Quelle finden sich hier zum Teil unterschiedliche Angaben.

Für die Zeit vor Inkrafttreten gesetzlicher Regelungen (siehe Tab. 3) ergab sich Schätzungen zufolge für Österreich folgende Verteilung nach Strohverwertungsmöglichkeiten:

<i>Tab. 3: Strohverwertung in Österreich – früher (ENGELHART, 1987)</i>	
<i>Einstreuen</i>	55 %
<i>Einarbeiten in den Boden</i>	15 %
<i>Verbrennen auf dem Feld</i>	25 %
<i>Verkaufen</i>	5 %

Die oben angegebenen Werte bezüglich des Verbrennens auf den Feldern dürften nach dem weitgehenden Verbot einer solchen Vorgangsweise heute niedriger sein. Sie werden auf 5 – 18 % geschätzt (PRÖLL und CHRISTIAN, 1991).

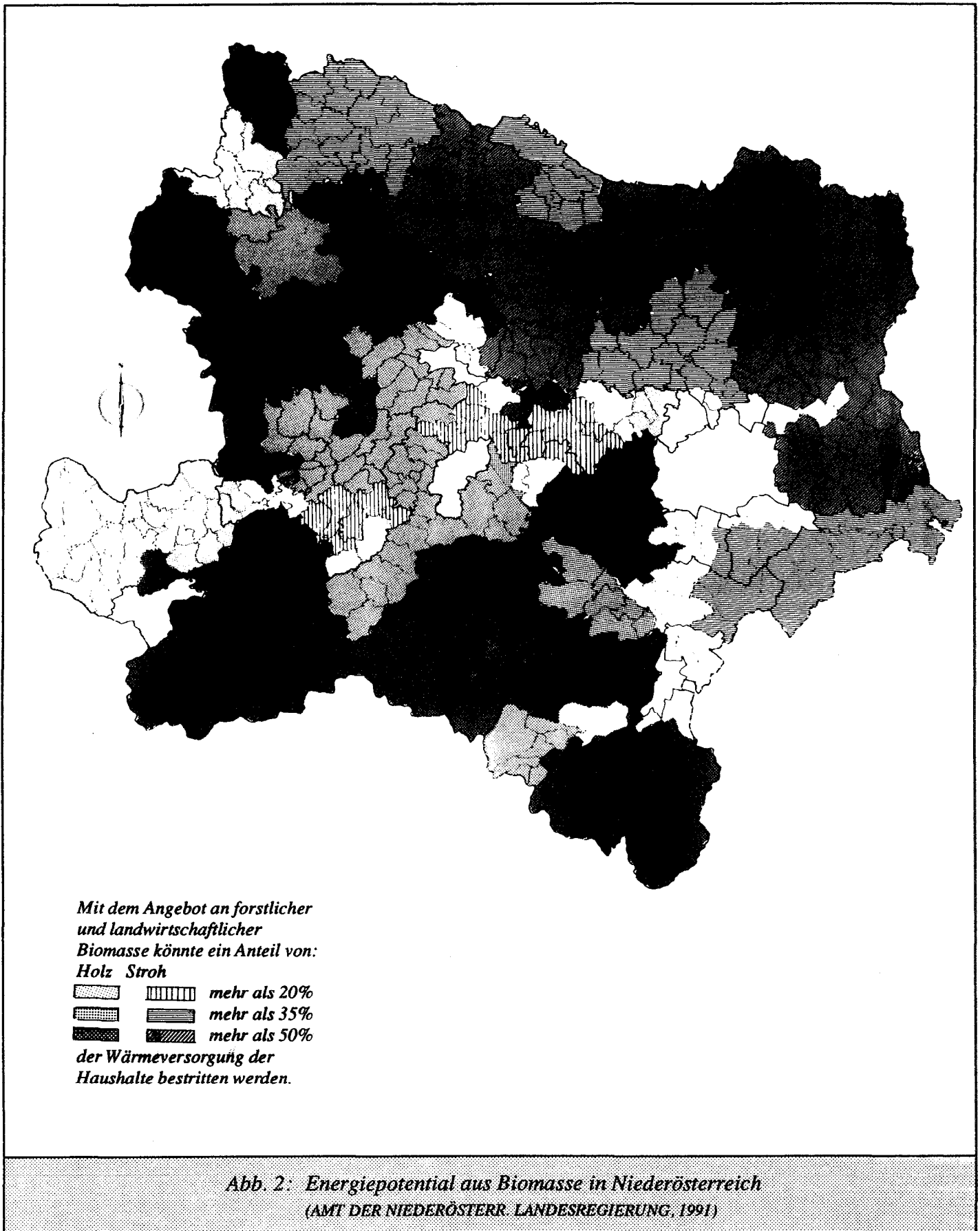
Insgesamt stehen in Österreich v.a. in den Getreideanbaugebieten im Osten des Bundesgebietes "Strohüberschüsse" zur energetischen Verwertung zur Verfügung. Die Verwendung als Einstreu fällt hier weg, da viehlose Betriebe vorherrschen. Probleme gab und gibt es – insbesondere in den Trockengebieten – beim Einarbeiten des Strohs in den Boden, da die großen Mengen an schwer zersetzbarem Getreidestroh im Boden teilweise nicht ausreichend abgebaut werden können.

So wie vor Einführung der Strohverbrennungsbeschränkungen das Verbrennen am Feld in manchen Gebieten eine Form der Verwertung darstellte, die auch aus der Notwendigkeit der Entsorgung resultierte, bietet die Verbrennung von Stroh in eigens dafür vorgesehenen Anlagen zusätzlich die Möglichkeit, das Energiepotential von Stroh zu nutzen und die dabei entstehenden Emissionen durch moderne Technologie zu minimieren.

Bei der Berechnung des nutzbaren Energiepotentials wird jene Strohmenge herangezogen, die Schätzungen zufolge (siehe Tab. 3) früher auf den Feldern verbrannt wurde (25 %). Die energierelevanten Werte für das nutzbare Potential betragen demnach ein Viertel der Werte des theoretischen Potentials.

Unter der Annahme, 25 % des in Österreich anfallenden Getreidestrohs zur Energiegewinnung zu nutzen, ergibt sich ein nutzbares Primärenergiepotential von 13 PJ/a; das entspricht etwa 1,3 % des jährlichen österreichischen Gesamtenergieverbrauchs.

Dieser Wert mag auf den ersten Blick relativ gering erscheinen. Bedenkt man jedoch, daß Stroh als Brennstoff hauptsächlich für den Bereich der Wärmeversorgung von Haushalten eingesetzt wird, so ließe sich in Gebieten mit hohem Strohanfall ein beträchtlicher Teil der dafür nötigen Energie durch diesen Alternativenergieträger abdecken (siehe Abb. 2).



2.2.1 Nutzbares Energiepotential in den Bundesländern

Grundsätzlich erfolgt bei der Berechnung des nutzbaren Energiepotentials eine Reduktion der theoretisch anfallenden Strohmenge um 20 %, die nicht verfügbar, zugänglich bzw. für die *Humusversorgung* erforderlich ist.

Bei Getreidestroh ist weiters jene Strohmenge abzuziehen, die als *Einstreu* benötigt wird. Der Durchschnittswert je Großvieheinheit (GVE) bei Rindern beträgt 0,9 t/GVE.a (BMELF, 1985a; KLOSS, 1986; ÖSTZ, 1987, 1988, 1989, 1990).

In den Bundesländern mit geringem Strohanfall und relativ hoher Viehhaltung kann es so zu einem negativen Wert kommen, der sich auch durch Strohangel und Zukauf aus anderen Regionen mit Strohuberschub bestätigt.

Es besteht jedoch keine Möglichkeit, diesen Handel zu quantifizieren. Für die Berechnung kann also nur der Strohanfall je Bundesland herangezogen werden.

Diese Überlegungen führen dazu, daß in den Bundesländern mit negativen Strohbilanzen kein nutzbares Getreidestrohpotential zur Verfügung steht. Für die Berechnung des nutzbaren Heizwertpotentials ist dann nur die tatsächlich anfallende Getreidestrohmenge, nach einem Abzug von 20 % zur Humusversorgung, und jener Betrag, der als Einstreu verwendet wird, zu berücksichtigen.

Demnach weisen nur die Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich und Burgenland ein positives, d.h. für energetische Zwecke nutzbares Potential auf (siehe Abb. 3). Generell fällt bei einem Vergleich der Jahre 1986 und 1989 auf, daß die erzielbaren Energiegewinne nahezu gleich hoch sind.

*Tab. 5: Nutzbares Energiepotential Getreidestroh 1986 und 1989 in TJ
(DISSEMOND, 1990)*

Bundesland	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Burgenland	4.801	5.046	581	470	4.220	4.576
Kärnten	1.354	1.383	2.137	2.115	- 782	- 733
Niederösterreich*)	25.419	25.110	5.932	5.724	19.487	19.386
Oberösterreich	9.535	9.845	7.401	7.198	2.134	2.647
Salzburg	159	176	1.913	1.879	- 1.755	- 1.702
Steiermark	2.262	2.483	4.439	4.272	- 2.177	1.789
Tirol	81	94	2.130	2.089	- 2.049	- 1.995
Vorarlberg	17	15	628	626	- 611	- 611
Österreich	43.627	44.151	25.160	24.372	18.467	19.779

(1) Potential nach 20 %igem Abzug vom theoretischen Potential 1986 (TJ)

(2) Potential nach 20 %igem Abzug vom theoretischen Potential 1989 (TJ)

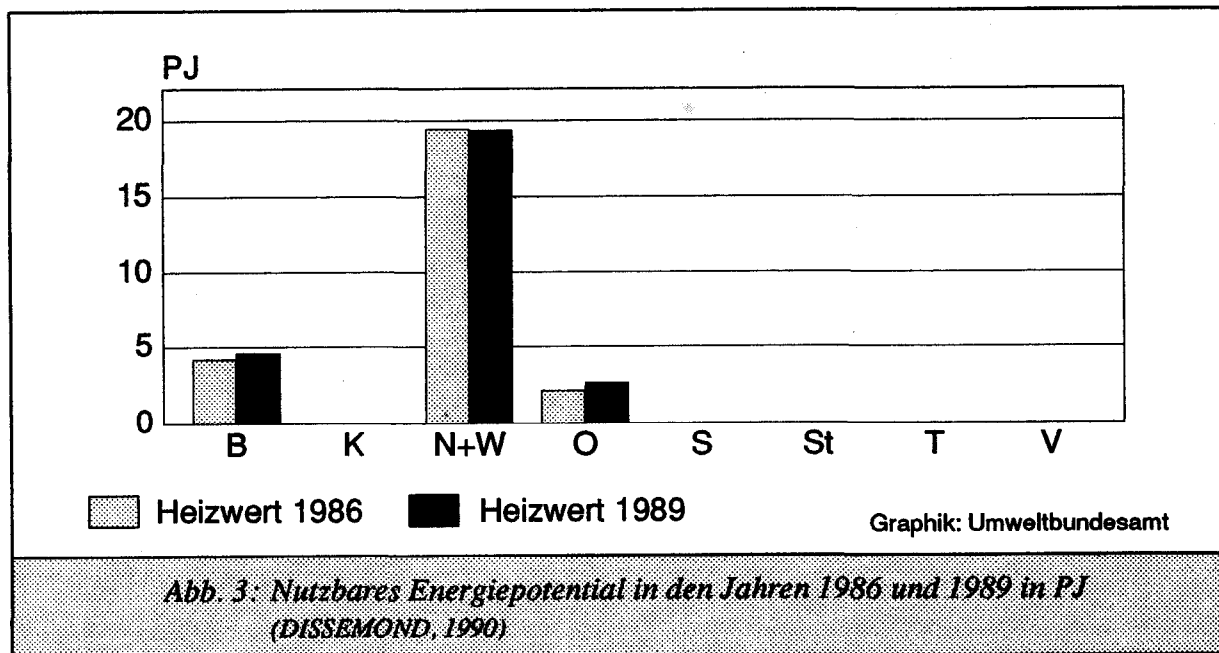
(3) Heizwert der Einstreu als Abzug 1986 (TJ)

(4) Heizwert der Einstreu als Abzug 1989 (TJ)

(5) Energetisch nutzbares Potential Getreidestroh 1986 (TJ)

(6) Energetisch nutzbares Potential Getreidestroh 1989 (TJ)

*) Niederösterreich, inklusive Wien



Die folgende Farbabbildung zeigt das nutzbare Energiepotential in den einzelnen politischen Bezirken.

3 IST-ZUSTAND

3.1 Österreich

Die Gründe, Stroh einer energetischen Nutzung zuzuführen, liegen im wesentlichen in den Zielsetzungen:

- heimische, insbesondere erneuerbare Energieträger verstärkt einzusetzen, um die Auslandsabhängigkeit der österreichischen Energieversorgung zu verringern
- die Umweltbelastung durch das Verbrennen des Getreidestrohs auf den Feldern zu reduzieren, sofern dies nicht durch Verbote erfolgt
- die regionale Wertschöpfung in den betreffenden Gebieten zu erhöhen
- die CO₂-Emissionen zu vermindern (bei biogenen Brennstoffen liegt ein geschlossener CO₂-Kreislauf vor).

Diese Überlegungen reichen rund fünfzehn Jahre zurück. In der ersten Phase der daraufhin einsetzenden Entwicklung waren überwiegend Kleinanlagen mit Durchbrandkessel im Einsatz. Diese Anlagen bereiteten insofern Schwierigkeiten, als sie beträchtliche Emissionen (Staub, unverbrannte Kohlenwasserstoffe) verursachten.

Die Grenzwerte der in der Folge ausgearbeiteten ÖNORM zur Emissionsbegrenzung konnten bei weitem nicht eingehalten werden. Eine Verbesserung bzw. Weiterentwicklung im Bereich der Kleinanlagen fand nur zögernd statt. Einige Firmen stellten den Bau solcher Anlagen überhaupt ein. Erst größere, mit entsprechenden Technologien (Verbrennungssystem, Abgasreinigung) ausgestattete Anlagen konnten bzw. können heute die entsprechenden Grenzwerte einhalten.

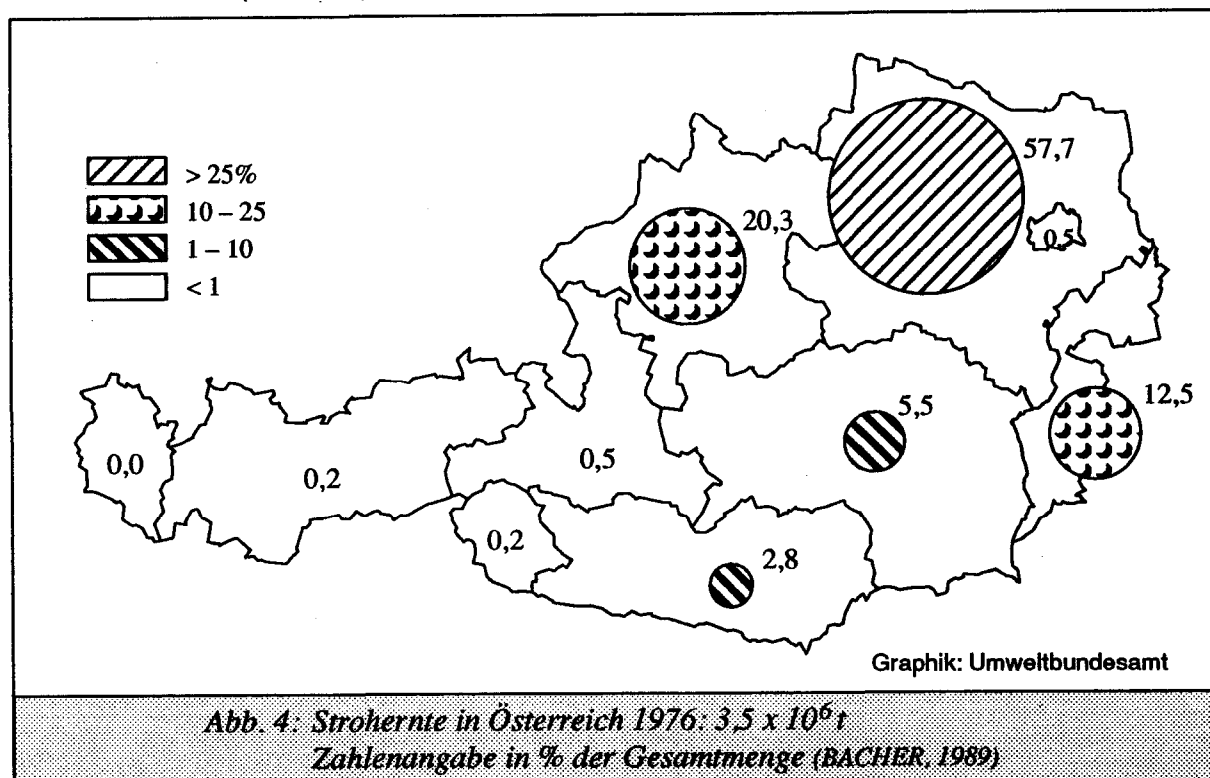
Da durch die großen Heizanlagen – derzeit existieren in Österreich davon vier – der Bedarf nicht abgedeckt wird, wären Neuentwicklungen für Strohheizungsanlagen unter 100 kW notwendig.

In Österreich wird zur Zeit etwa 0,1 % (0,952 PJ) des Gesamtenergieverbrauchs aus der energetischen Verwertung von Stroh gewonnen (BACHER, 1989). Je nachdem, welches nutzbare Potential den Berechnungen zugrundegelegt wird, könnten etwa 1 – 2 % des derzeitigen Energieverbrauchs durch Stroh gedeckt werden. Das entspricht dem Zehn- bis Zwanzigfachen der derzeitigen Nutzung.

Abbildung 4 zeigt die regionale Verteilung des Strohanfalls in Österreich. Von dem jährlich anfallenden Stroh werden rund 70 % in Niederösterreich und dem Burgenland geerntet, 20 % fallen in Oberösterreich an. Daraus ist ersichtlich, daß eine energetische Nutzung im wesentlichen auf diese drei Bundesländer beschränkt ist.

Ende 1985 standen in Österreich ca. 4.000 Strohheizanlagen in Betrieb, die vorwiegend dem Hausbrand in landwirtschaftlichen Betrieben dienten. Eine genaue Abgrenzung ist schwierig, da in vielen Anlagen auch andere Brennstoffe verheizt werden.

Großanlagen existieren zur Zeit nur in Niederösterreich. Die vier Anlagen befinden sich in Sitzendorf/Schmida (0,75 MW), Seibersdorf (2,2 MW), Sigmundsherberg (0,8 MW) und Hollabrunn (4,7 MW).



In Planung befindet sich eine Anlage in Manssdorf an der Donau (1,5 MW).

Die Anlage in Seibersdorf dient der Beheizung von Gebäuden, Sigmundsherberg ist einem Raiffeisenlagerhaus angeschlossen (Getreidetrocknung, Werkstätten- und Büroheizung), in Sitzendorf/Schmida wird der Schulkomplex beheizt und die Anlage in Hollabrunn dient der Dampferzeugung für die Kartoffelverwertung. Mit der Anlage in Manssdorf ist ebenfalls die Beheizung von Gebäuden (in der Anfangsphase 60 Gebäude) geplant.

3.2 Ausland

Führend auf dem Gebiet der energetischen Strohverwertung ist Dänemark.

Bei der Errichtung von Anlagen ist Österreich noch auf die Mitwirkung dänischer Firmen angewiesen, da diese weltweit die größten Erfahrungen besitzen.

In Dänemark sind zur Zeit rund 15.000 mit Stroh beheizte bäuerliche Verbrennungsanlagen in Betrieb. Das erste Strohfernheizwerk Europas wurde ebenfalls in Dänemark in der Heizsaison 1980/81 in Betrieb genommen. Weiters sind heute in Dänemark rund 40 Nahwärmeversorgungsanlagen auf Basis Stroh in Betrieb (SCHMIDT und HANTSCH-LINHARDT, 1990).

Die Gründe dafür liegen vor allem darin, daß Dänemark einerseits ein Hochtechnologie- und Agrarland zugleich ist und andererseits die weltweit bestausgebaute Fernwärmeinfrastruktur besitzt. Hinzu kommt noch, daß Dänemark erst spät mit dem Ausbau eines Gasversorgungsnetzes begonnen hat und aufgrund des Mangels an heimischen Brennstoffen (Kohle, Erdöl) schon frühzeitig auf Biomasse als Brennstoff zurückgegriffen hat (BRÄUNLICH, 1985).

Größere Strohverbrennungsanlagen (über 1 MW) befinden sich außerdem in Frankreich, England, in der Bundesrepublik Deutschland, Griechenland und einigen Staaten des ehemaligen Ostblocks.

4 BARRIEREN

4.1 Kosten

Großanlagen zur Strohverbrennung stellen kapitalintensive Projekte dar. Zu deren Realisierung ist daher eine exakte Planung notwendig.

Folgende Modellrechnung (ENGELHART, 1987) gibt einen Überblick über die Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit eines derartigen Projektes.

Neben einer geförderten Fremdfinanzierung von 50 % der Investitionskosten zu einem Zinssatz von 4 % müssen folgende Werte (+/- 10 %) erzielbar sein, damit ein wirtschaftliches Betreiben der Anlage möglich ist:

1. Ein Wärmeabgabepreis von 65 g je kWh muß langfristig abgesichert werden.
2. Die Rohstoffkosten, inklusive Transport und Pressen, dürfen einen Preis von öS 600,- je Tonne nicht überschreiten.
3. Die Investitionskosten dürfen 5,2 Millionen öS je MW Leistung nicht überschreiten.

Modellrechnung – Wirtschaftlichkeit	
<i>Strohheizwerk:</i>	
<i>Installierte Leistung: 1 Megawatt.</i>	
<i>Verkaufte Wärme p.a. 1,700.000 kWh</i>	
<i>à öS 0,65</i>	<i>öS 1,105.000,—</i>
– <i>Strohkosten pro Jahr</i>	
<i>bei einem Wirkungsgrad von 80 % ergibt</i>	
<i>sich ein Bedarf von 700 t</i>	
<i>à öS 600,—</i>	<i>öS 420.000,—</i>
– <i>Investitionskosten 5,2 Mill. öS</i>	
<i>50 % Eigenkapital, Anschlußgebühren,</i>	
<i>Investitionskostenzuschüsse</i>	
<i>50 % geförderte Fremdfinanzierung</i>	
<i>mit einer Laufzeit von 20 Jahren</i>	
<i>und einem Zinssatz von 4 % p.a. Tilgung</i>	
<i>+ Zinsen jährlich</i>	
	<i>öS 250.000,—</i>
– <i>Jahreskosten für Personal, Reparaturen, Strom</i>	
<i>Verwaltung;</i>	
<i>Jahresbetriebskosten</i>	
	<i>öS 175.000,—</i>
– <i>Rücklagen für Afa</i>	
<i>(Abschreibung für Abnutzung) jährlich</i>	
	<i>öS 260.000,—</i>
	<i>+/-0</i>

Bei der Berechnung wird bereits ersichtlich, daß bei der derzeitigen Energiepreissituation Strohfeuerungsanlagen dieser Größe ohne Förderung nicht realisierbar sind. Investitions- und Wartungskosten sind dabei die kostenintensivsten Faktoren, sie betragen rund 60 % der Gesamtaufwendungen.

Auch bei extrem günstiger Konstellation der Randbedingungen (hohe Leistung, hohe Vollaststundenzahl, große Verbraucherdichte, günstiges Wärmeverteilernetz etc.) ist ohne Förderung ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen kaum möglich.

4.2 Feuerungstechnische Probleme beim Einsatz von Stroh als Brennstoff

Stroh ist als Brennstoff nicht unproblematisch. Die technischen Schwierigkeiten bei Strohheizungsanlagen liegen in erster Linie in der Verschlackung sowie in den hohen Staubemissionen (Flugasche).

Beim Verbrennen von Stroh verbleibt als Rückstand 4 – 8 % Asche, die ab 850 °C im Brennraum zu erweichen beginnt und eine glasartige Schlacke (Na_2O , SiO_2) bildet. Diese kann an den Kessel- und Wärmetauscherflächen erstarren und dadurch zu Problemen führen.

Der Schmelzpunkt der Strohasche (850 – 900 °C) soll daher bei der Verbrennung nicht überschritten werden.

Bei der Verbrennung entsteht ebenfalls aus der Asche ein extrem feiner Staub, dessen Abscheidung hohe Anforderungen an die Filtereinrichtungen stellt. Als Entstaubungs-

einrichtungen sind Zyklone ungenügend, es müssen zusätzliche Maßnahmen, wie der Einbau von Tuchfiltern, vorgesehen werden (BRÄUNLICH, 1985).

Innerhalb der Heizzentrale treten in fast allen Bereichen, beginnend bei der Strohaufbereitung, Beschickung über die Verbrennung bis hin zur Abgasreinigung immer wieder mehr oder weniger schwere Probleme oder Störungen auf. Die Gründe dafür liegen hauptsächlich darin, daß die Strohverbrennungsanlagen technisch noch nicht voll ausgereift sind.

Ein weiterer Nachteil des Strohs (beispielsweise gegenüber fossilen Energieträgern) ist dessen geringe Energiedichte.

Tab. 6: Durchschnittliche Heizwerte verschiedener Brennstoffe (BRÄUNLICH, 1985)

<i>Energieträger</i>	<i>durchschnittlicher Heizwert in kWh/kg</i>
<i>Stroh (15 % Feuchte)</i>	<i>3,9</i>
<i>Steinkohle</i>	<i>7,91</i>
<i>Heizöl schwer (2 % S)</i>	<i>11,16</i>
<i>Heizöl leicht</i>	<i>11,28</i>
<i>Heizöl extra leicht</i>	<i>11,40</i>
<i>Erdgas</i>	<i>10,00</i>

Tab. 7: Schüttgewicht von Stroh (BRÄUNLICH, 1985)

<i>Zustandsform von Stroh</i>	<i>Schüttgewicht kg/m³</i>
<i>lose</i>	<i>20 – 50</i>
<i>gehäckselt</i>	<i>40 – 60</i>
<i>gepreßt in Großballen</i>	<i>70 – 130</i>
<i>gepreßt in Rundballen</i>	<i>60 – 90</i>
<i>gepreßt in Hochdruckballen</i>	<i>50 – 110</i>
<i>gemahlen</i>	<i>180 – 350</i>
<i>brikettiert</i>	<i>300 – 450</i>

Strohpellets und Briketts besitzen zwar eine Schüttdichte, die im Bereich des Brennholzes liegt, allerdings ist ihre Herstellung derzeit noch schwierig und wegen des hohen Energieeinsatzes bei der Brikettierung für Heizzwecke unwirtschaftlich.

In der Bundesrepublik Deutschland wurde, unterstützt vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, 1988 eine Studie durchgeführt, die u.a. auch die Wirtschaftlichkeit der Verfeuerung von Strohbricketts behandelt. Dabei wurde festgestellt, daß bei den aktuellen Preisen auf den Energieträgermärkten die Brikettierung mittels Hochdruckverdichtung nur unter ganz spezifischen Voraussetzungen ökonomisch positiv beurteilt werden kann. Bei den Marktverhältnissen für Energieträger mußte der Einsatz von Briketts aus Stroh gegenüber der Ölheizung und der Strohballenverfeuerung als deutlich zu teuer eingestuft werden. Nur im Vergleich mit Kohle und Brennholz – bei ho-

hem Preisniveau (Kaminholz) – errechnete sich eine Konkurrenzfähigkeit der Strohbricketts.

Die Wirtschaftlichkeitsgrenze als Heizölersatz wird erst ab einem Heizölpreis von ca. öS 4,5 je Liter erreicht.

Bedingt durch die feuerungstechnischen Anforderungen und die aufwendige Manipulation hinsichtlich Bergung, Transport und Lagerung stellt Stroh auf den ersten Blick einen relativ "unbequemen" Brennstoff dar. Betrachtet man jedoch den Aufwand für Bergung und Transport bei den meisten fossilen Brennstoffen, so kann dieses Argument leicht entkräftet werden.

4.3 Emissionen/Kleinanlagen

Für Strohheizungsanlagen bis 75 kW gilt hinsichtlich der Emissionsbegrenzung die ÖNORM M 9465. Gemäß § 11 des Niederösterreichischen Luftreinhaltegesetzes ist die Bewilligung für den Betrieb von Anlagen zu erteilen, wenn sie u.a. dem Stand der Technik entsprechen. Im § 12 ist die Typen- oder Einzelgenehmigung geregelt. Da bei Anlagen kleiner Leistung die Einzelabnahme wegen der hohen Kosten ungünstig ist, werden Typenprüfungen durchgeführt.

Seit 1983 ist für die positive Beurteilung bei der Typenprüfung zur Erlangung der Typengenehmigung die Einhaltung der Grenzwerte der ÖNORM Voraussetzung.

Die ÖNORM hat jedoch bereits während der Erarbeitung das Interesse der Hersteller an der Kesselprüfung negativ beeinflusst. Zwischen 1983 und 1987 wurden nur drei Strohessel zur Prüfung angemeldet, wobei zwei Anmeldungen bereits vor der Durchführung der Prüfung zurückgezogen wurden. Der einzige untersuchte Kessel konnte ebenfalls keine positive Beurteilung erlangen (WÖRGETTER, 1987).

Bis Anfang 1992 erlangte erst eine Firma die Typengenehmigung für ihre Strohheizer bis 75 kW.

4.4 Akzeptanz bei der Bevölkerung

Zur Realisierung eines Fernwärmeprojekts, das beispielsweise der Wärmeversorgung von Wohnhäusern in einer Gemeinde dienen soll, ist die Akzeptanz der Bevölkerung als zukünftiger Energieabnehmer eine notwendige Voraussetzung. Die Wirtschaftlichkeit hängt nicht zuletzt von der Zahl der an das Wärmeverteilnetz angeschlossene Wärmeabnehmer ab. Eine hohe Verbraucherdichte ist aus diesem Grund anzustreben.

In der Vorbereitungsphase muß daher festgestellt werden, mit welchen Reaktionen zu rechnen ist, d.h. welche Personengruppen dem Projekt positiv oder negativ gegenüberstehen. Seitens der Betreiber muß eine Kontaktaufnahme erfolgen, um die Argumentation der Gegner zu erfahren und in weiterer Folge Aufklärungsarbeit zu leisten.

Ist dies nicht der Fall, können Bürgerproteste Projekte blockieren, wie Beispiele aus der Vergangenheit zeigen. Strohheizanlagen stoßen häufig auf Widerstand, da alte Kessel mit schlechter Verbrennungstechnologie sehr hohe Emissionswerte aufwiesen.

5 UMWELTASPEKTE BEI DER ENERGETISCHEN STROHVERWERTUNG

5.1 Emissionen bei Strohfeuerungsanlagen

Jeder Verbrennungsvorgang bewirkt durch die dabei ablaufenden chemischen Reaktionen die Freisetzung luftverunreinigender Stoffe (Gase, Staub). Deren Höhe und Zusammensetzung hängt von der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffes, den feuerungstechnischen Bedingungen und den emissionsmindernden Maßnahmen ab, die Ausbreitung von den meteorologischen Bedingungen.

Im Hinblick auf die Luftschadstoffe SO_2 und NO_x kann Stroh im Vergleich zu den meisten fossilen Brennstoffen als vergleichsweise umweltschonend angesehen werden, da Stroh nur einen geringen Schwefel- bzw. Stickstoffgehalt besitzt.

<i>Tab. 8: Schwefel-, Stickstoff- und Aschegehalt fester Brennstoffe in % (WÖRGETTER, 1987)</i>			
	<i>Schwefel</i>	<i>Stickstoff</i>	<i>Asche</i>
<i>Koks</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>9</i>
<i>Braunkohle-</i> <i>briketts</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>5</i>
<i>Holz</i>	<i>0,0</i>	<i>0,08</i>	<i>0,5</i>
<i>Stroh</i>	<i>0,1</i>	<i>0,4</i>	<i>5</i>
<i>Werte auf lufttrockenem Zustand bezogen</i>			

Probleme ergeben sich bei Emissionen, die Produkte unvollständiger Verbrennung darstellen, wie CO und unverbrannte Kohlenwasserstoffe.

Da Stroh einen hohen Anteil leichtflüchtiger Substanzen enthält, kann es während der Anfangsphase der Verbrennung durch den raschen Verbrennungsablauf zu einer unvollständigen Verbrennung und damit zur Bildung eines hohen Anteils unverbrannter Kohlenwasserstoffe kommen. Der Grad dieser Emissionen hängt stark von den Verbrennungsbedingungen und der Feuerungsanlage ab.

In einer 1985 durchgeführten Untersuchung des Instituts für Landtechnik und Energiewirtschaft der Universität für Bodenkultur wurden die Emissionen an zwei unterschiedlichen Verbrennungsanlagen, einer Einblasefeuerung (870 kW, kontinuierlich beschickt) und einer Durchbrandfeuerung (50 kW, absätzig beschickt), untersucht. Dabei ergaben sich bei der Durchbrandfeuerung in bezug auf den organischen Kohlenstoff (TOC-Werte) weitaus höhere Werte als bei der Einblasefeuerung. Während der Anbrennphase, aber auch während der Verbrennung treten bei der Durchbrandfeuerung Luftmangelercheinungen auf, die zu einer unvollständigen Verbrennung führen.

Ein weiteres Problem stellen die Staubemissionen dar.

Der Staub besteht aus nicht brennbaren Feststoffpartikeln und ist besonders bei Großanlagen extrem fein, sodaß hohe Anforderungen an die Filtereinrichtungen gestellt werden müssen, um ihn abzuschneiden. Zyklone sind in den meisten Fällen nicht ausreichend, es müssen zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. der Einbau von Tuchfiltern, durchgeführt werden (BRÄUNLICH, 1985).

Da zahlreiche Anrainer Beschwerden über unzumutbare Staub-, Rauch- und Geruchsbelästigungen vorbrachten, wurde 1981 die Erarbeitung einer ÖNORM zur Emis-

sionsbegrenzung luftverunreinigender Stoffe von Strohheizungsanlagen beschlossen (ÖNORM M 9465). Diese gilt für Strohheizungsanlagen bis zu einer Brennstoff-Wärmeleistung von 75 kW und regelt u.a. die Kohlenwasserstoff- und Staubemissionen. Für Staub beträgt der Grenzwert 300 mg/m^3 , für Kohlenwasserstoffe 100 mg/m^3 .

In den Untersuchungen des Instituts für Landtechnik und Energiewirtschaft zeigte sich, daß der Grenzwert für Staub in fast allen Versuchen überschritten wurde. Die Werte der Einblasefeuerung lagen bezüglich der unverbrannten Kohlenwasserstoffe zumeist unter dem Grenzwert, die der Durchbrandfeuerung darüber.

Generell kann festgestellt werden, daß zur Reduzierung der Emissionen ein gewisser Aufwand in bezug auf die technischen Einrichtungen (Feuerraum, Abgasreinigung) erforderlich ist. Dies ist derzeit aus Kostengründen nur bei Großanlagen möglich.

5.2 Aspekte des Strohverbrennens auf den Feldern

In Betrieben mit gemischter Bewirtschaftung (Getreide- und Viehwirtschaft) wird Stroh als Stalleinstreu verwendet und gelangt in Kombination mit den tierischen Abfallstoffen wieder in den Boden. Dadurch wird der Boden mit dem für die Bodenfruchtbarkeit wichtigen Anteil organischer Masse versorgt.

In Gebieten mit starkem Getreidebau und fehlender Tierhaltung bereitet die Verwertung des hier in großen Mengen anfallenden Strohs jedoch Probleme. Das trifft hauptsächlich auf die spezialisierten Getreideanbaugebiete in Niederösterreich, Burgenland und Oberösterreich zu. Durch den hohen Getreideanteil in der Fruchtfolge und damit verbunden den hohen Strohanfall, reicht die Mikroorganismenfähigkeit nicht aus, um das Stroh vollständig abzubauen. Getreidestroh wird allein ohne Kombination mit tierischen Abfallstoffen durch den geringen Stickstoffanteil (das C : N-Verhältnis beträgt 80 – 100 : 1) relativ schlecht abgebaut. Obwohl weitgehend verboten, wird Stroh teilweise noch immer, etwa aufgrund von Ausnahmeregelungen, auf den Feldern verbrannt. Diese Methode stellt für die Landwirte in diesen Gebieten die billigste Form der Beseitigung der Strohüberschüsse dar. In Österreich wurden vor den gesetzlichen Verboten schätzungsweise 25 % des Strohs am Feld verbrannt. Neueren Quellen zufolge ist der Anteil des auf den Feldern verbrannten Strohs zurückgegangen und liegt beispielsweise in Niederösterreich bei 5 – 18 % (PRÖLL und CHRISTIAN, 1991).

Ein gravierender Nachteil dieser Form der Strohverwertung ist der Verlust an organischer Masse (Humusrohstoffe), die für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit notwendig ist. Zur Humusbildung und -erhaltung sollten jährlich 3.000 kg organische Substanz/ha in Form von Ernterückständen oder Stallmist in den Boden rückgeführt werden.

Bezüglich des Einflusses des Strohverbrennens auf die Mikroorganismen der obersten Bodenschicht liegen Untersuchungen vor. In einer 1973/74 durchgeführten Studie der Hessischen Landesanstalt für Umwelt wurde festgestellt, daß das Abbrennen nur einen sehr kurzfristigen Eingriff auf die Temperatur der allerobersten Bodenschicht darstellt. In Bodenproben, die vor und nach dem Brennen untersucht wurden, zeigten sich keine gesicherten Unterschiede im Bakteriengehalt.

Ein schwerwiegender Nachteil des Strohverbrennens ist die Belastung der Luft durch Rauchgasemissionen (siehe dazu folgende Farbgraphiken).

Unter dem Aspekt, daß Pflanzen als einzige Lebewesen Sonnenenergie in verfügbarer Form speichern können, ist zu bedenken, daß durch das Abbrennen der Felder ein Teil dieser Energie verlorengeht.

Zweifellos ist diese Methode nicht sinnvoll. Es stellt sich nun aber die Frage, ob den Bodenorganismen diese Energie, die in der organischen Substanz enthalten ist und die zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit benötigt wird, entzogen und der energetischen Nutzung in Strohverbrennungsanlagen zugeführt werden soll.

Solange die Spezialisierung (reine Ackerbaubetriebe mit hohem Getreideanteil) in der Landwirtschaft besteht, ist diese Frage jedoch rein rhetorisch. Unter diesen Voraussetzungen ist es natürlich sinnvoller, Stroh zur Energiegewinnung zu verwenden, als auf den Feldern abzubrennen.

6 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE SYSTEMÜBERLEGUNGEN

Lagerung und Transport sind bei Biomassebrennstoffen wesentliche Kostenfaktoren, die bei der Planung von Feuerungsanlagen berücksichtigt werden müssen. Grundsätzlich ist die energetische Verwertung von Stroh nur in Gebieten sinnvoll, in denen genügend Stroh anfällt, das nicht anderwertig genutzt werden kann.

Das bei der Ernte lose anfallende Stroh wird zunächst zu Ballen gepreßt. In Österreich sind quaderförmige Hochdruckpreßballen mit 10 – 15 kg/Stück und einer Dichte von 120 kg/m^3 (266 – 400 Ballen/ha) oder Rundballen mit 300 – 450 kg (9 – 13 Ballen/ha) üblich. Eine sehr kostenintensive und daher kaum durchgeführte Art des Strohpressens ist die Brikettierung. Die Schüttdichte liegt hier mit $300 - 600 \text{ kg/m}^3$ im Bereich des Brennholzes.

Aufgrund der geringen Dichte und des großen Volumens ergeben sich beim Transport des Strohs über größere Entfernungen technische und finanzielle Schwierigkeiten. Nach Berechnungen ist der Transport bis zu Entfernung von 15 – 20 km finanziell vertretbar.

Bezüglich der Gleichmäßigkeit des Anfalls und der Versorgungssicherheit ergeben sich hingegen kaum Probleme. Bei der Planung der Anlage wird die Frage der Brennstoffaufbringung (Berechnung der erforderlichen Strohmenge und kontinuierliche Belieferung) bereits abgeklärt.

Strohverbrennungsanlagen dienen hauptsächlich der Raumheizung, einige auch der Prozeßwärmeerzeugung. Bei der Art der Anlage ist zwischen zentralen und dezentralen Systemen zu unterscheiden. Unter zentralen Systemen (Strohfernwärme) versteht man die Wärmeerzeugung für ein bestimmtes Gebiet (Gemeinde oder Teil davon, Betrieb), an einem zentralen Ort, in einer dementsprechend großen Heizanlage.

Nach dem heutigen Stand der Technik ist die zentrale Wärmeerzeugung in Großanlagen hinsichtlich der Abgasreinigung, der Automatisierung der Strohaufbereitung und der Beschickung die einzig mögliche Form, um die hohen Investitionskosten abzudecken.

Kleinanlagen für Strohfeuerungen entsprechen technisch, vor allem in Hinblick auf die Emissionen, in den meisten Fällen noch nicht den Anforderungen.

Nachteile ergeben sich bei zentralen Anlagen dadurch, daß für die Versorgung der zu beheizenden Gebäude ein Wärmeverteilungsnetz notwendig ist und dadurch die Investitionskosten erheblich steigen. Zusätzlich treten im Wärmenetz Wärmeverluste auf, die bei Vollast etwa 5 % betragen und bei Teillast noch weit höher liegen können. (BACHER, 1989)

Um die Kosten und die Wärmeverluste in Grenzen zu halten, ist eine entsprechende Verbrauchsdichte und geringe Entfernung zu den Verbrauchern anzustreben. Aus diesen Gründen und da der Strohtransport einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt, ergibt sich für Strohfernwärmanlagen ein räumlich begrenztes Versorgungsgebiet.

7 ENERGIEPFLANZEN

Im Rahmen der Diskussion um die Energiegewinnung aus Biomasse wird den Nutzungsmöglichkeiten pflanzlicher und tierischer Abfallstoffe breiter Raum gewidmet. Überlegungen, Pflanzen ausschließlich zum Zweck der Energiegewinnung zu produzieren, werden hingegen selten angestellt.

Hauptgründe dafür sind die dem Sektor der pflanzlichen Produktion zugeteilten "klassischen" Aufgaben der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und die Erzeugung der Futtergrundlage für die tierische Produktion.

Dieses Rollenverständnis der Landwirtschaft als Nahrungs- und Futtermittelproduzent hat jedoch in den letzten Jahren darunter gelitten, daß einerseits die Sicherstellung der Ernährung bei weitem übertroffen wird und die Überschußproduktion durch staatliche Subventionierung finanziert werden muß und daß andererseits der verstärkte Einsatz von Produktionsmitteln (Mineraldünger, Pestizide) zu zunehmenden Umweltbelastungen führt.

Einen Teilaspekt zur Lösung dieser Probleme könnte der Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung darstellen. Bisher gibt es jedoch mit dem Energiepflanzenanbau wenig Erfahrung.

Die zur Energiegewinnung geeigneten Pflanzenarten sind gekennzeichnet durch ihren hohen Ertrag und/oder ihre geringen Anbauanforderungen. Hinsichtlich dieser Anforderungen bietet sich neben schnellwachsenden Hölzern das Riesenschilf oder "China-gras" (*Miscanthus sinensis giganteus*) an. Diese Grasart stammt aus Südost-Asien und zeichnet sich durch ihren außerordentlich hohen Ertrag auch in europäischen Klimaregionen aus.

Flächen, die für einen Anbau geeignet sind, müssen eine gute Wasserversorgung aufweisen und dürfen wegen des Maschineneinsatzes bei der Ernte nur gering geneigt sein. Grenzertragsböden kommen für die Schilfnutzung nicht in Frage. Vielmehr sind tiefgründige Ackerböden, die auch für den Getreide- und Maisanbau geeignet sind, notwendig.

Das Schilf kann drei Jahre nach dem Anbau das erste Mal in vollem Umfang genutzt werden und steht dann für einen Zeitraum von geschätzten 15 – 30 Jahren für eine jährliche Ernte von ca. 25 t TS zur Verfügung (im Vergleich: Weizen, Korn und Stroh: 10 t; Mais, Korn und Stroh: 17 t). Dieser Ernteertrag entspricht einem Energieäquivalent von 6 t Heizöl (= 250 GJ).

Der Trockensubstanzgehalt ist stark vom Erntezeitpunkt abhängig und liegt im März bei 25 t TS. Der Wassergehalt liegt zu diesem Zeitpunkt jedoch noch bei beachtlichen 30 %.

Der derzeitige Getreideexport von annähernd 1 Mio. Tonnen entspricht einer Produktionsfläche von ca. 200.000 ha (ASTL, 1990).

Unter der Annahme, jenen Teil der landwirtschaftlichen Nutzungsfläche, auf der Überschüsse produziert werden, der Energiegewinnung aus Riesenschilf zur Verfügung zu

stellen, ergäbe sich somit ein Energiepotential von 42,5 PJ (Gesamtenergieverbrauch Österreich: 1.013 PJ).

Kostenintensivster Faktor bei der Anlage von Riesenschilfbeständen sind die Aufwendungen für die Pflanzung. Sie betragen etwa öS 70.000,—/ha. Eine Bewässerungsmöglichkeit ist ebenso vorzusehen.

Eine Möglichkeit, die finanziellen Belastungen in der Anfangsphase zu verringern, wäre der Einsatz von Förderungen bei Neuanlagen. Dafür könnten die Geldmittel, die durch die Einsparung der Exportstützung für Getreide frei würden, verwendet werden.

Bei verstärktem Ausbau von Energiekulturen sind hingegen noch weitreichende Untersuchungen hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen auf Boden, Tier-, Pflanzenwelt und Landschaft notwendig.

Auch wirtschaftliche und technische Aspekte, wie beispielsweise die Aufbereitung des Brennstoffs, geeignete Feuerungsanlagen und die Emissionen bei der Verbrennung, müssen genau untersucht werden.

Könnten diese Fragen positiv gelöst werden, so wäre der Einsatz von Energiepflanzenkulturen eine Möglichkeit, einen Teil der fossilen Energieträger durch Energie aus Biomasse zu ersetzen und gleichzeitig die Überproduktion auf dem Getreidesektor einzudämmen.

LITERATUR**AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (1989)**

Energiebericht 1991. Bericht über die Lage der Energieversorgung in Niederösterreich 1990, Wien

ARGE ERNEUERBARE ENERGIE (1990)

Elefantengras. energie info

ASTL, A. (1990)

Wirtschaftlichkeit der Treibstoffalkoholproduktion. In: Agrarische Rundschau 1990 (6), S. 14 – 18

BACHER, R. (1989)

Die Wirtschaftlichkeit von Strohverbrennungsanlagen zur regionalen Fernwärmeversorgung. Dissertation, Wirtschaftsuniversität Wien

BMELF (Hrsg.) (1985a)

Energie aus Biomasse, Schriftenreihe C: Agrarpolitische Berichte der OECD, H. 24, Münster–Hiltrup

BRÄUNLICH, G. (1985)

Strohverbrennung – Stand der Technik. Fachtagung "Zukunftsorientierte Biomassefeuerungen im öffentlich-kommunalen Bereich", Veranstalter: Agrar Plus Ges.m.b.H.

DISSEMOND, H. (1990)

Ermittlung und Bewertung von Biomasseenergie auf der Grundlage landwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe. Unveröffentlichte Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien

ENGELHART, K. (1987)

Das Förderungs- und Finanzierungsinstrumentarium bei Planung und Errichtung von Strohverbrennungsanlagen. In: MAIER, A. (Hrsg.), Tagungsbericht "Alternativenergie Stroh", Entwicklungstendenzen und Erfahrungsberichte, Akademie für Umwelt und Energie, Heft 22, Laxenburg 1987

HOFSTETTER, E.M. (1978)

Feuerungstechnische Kenngrößen von Getreidestroh. Dissertation, Institut für Landtechnik, Technische Universität Wien

KLOSS, R. (1986)

Planung von Biogasanlagen nach technisch-wirtschaftlichen Kriterien. München/Wien

ÖNORM M 9465 (1984)

Emissionsbegrenzung für luftverunreinigende Stoffe von Strohheizungsanlagen bis zu einer Brennstoff-Wärmeleistung von 75 kW

ORTHOFFER, R. (1991)

Emissionsprobleme bei der Strohverbrennung. In: Stroh sinnvoll nutzen, Tagungsbericht, Wien

ÖSTZ (Hrsg.) (1987b)

Österreichisches Statistisches Zentralamt
Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik 1986. Wien

ÖSTZ (Hrsg.) (1988b)

Österreichisches Statistisches Zentralamt
Nutztierhaltung in Österreich 1987. Wien

ÖSTZ (Hrsg.) (1989)

Österreichisches Statistisches Zentralamt
Feldfruchtberichterstattung Oktober/November 1989. Schnellberichte 1.12, Wien

ÖSTZ (1989)

Österreichisches Statistisches Zentralamt
Anbaustichprobe

ÖSTZ (Hrsg.) (1990)

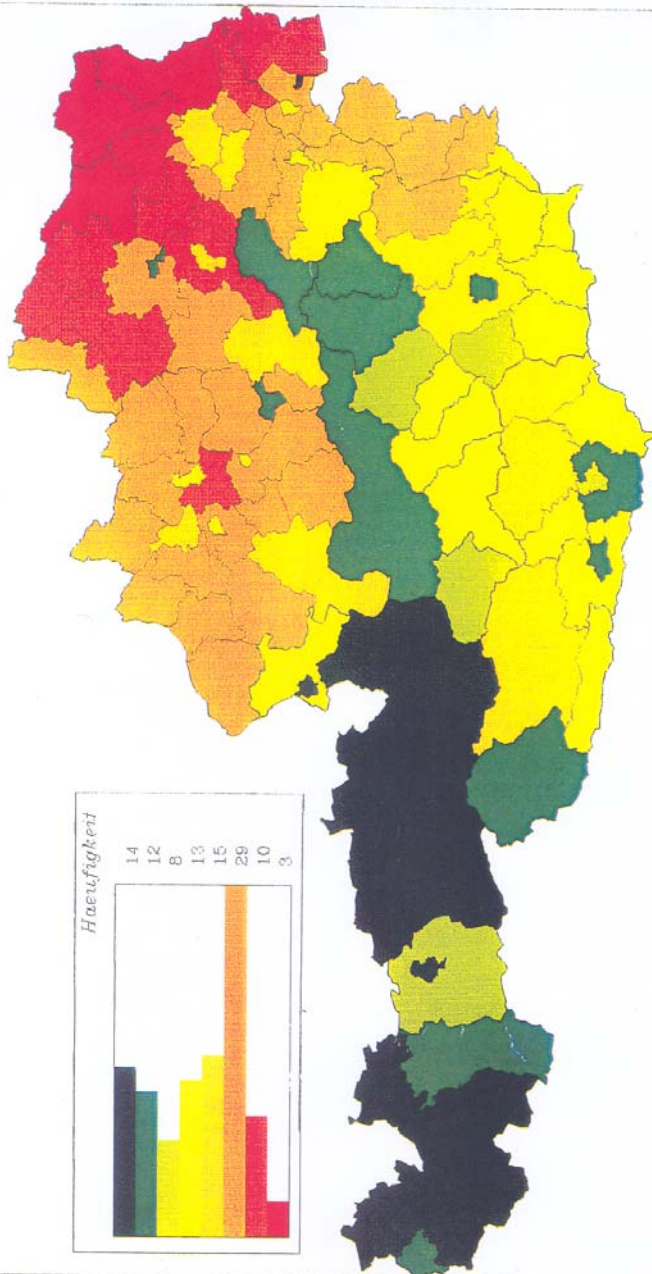
Österreichisches Statistisches Zentralamt
Statistische Nachrichten. 45. Jg. (Neue Folge), Heft 3, 4, Wien

- SCHMIDT, A. und HANTSCH-LINHART, W. (1990)**
Die energetische Nutzung der Biomasse in Österreich, Wien
- PRÖLL, E. und CHRISTIAN, R. (1991)**
Stroh sinnvoll nutzen. Tagungsbericht, Wien
- WÖRGETTER, M. (1987)**
Strohkessel kleiner Leistung – Stand der Technik. Referat im Rahmen der Fachtagung "Alternativenergie Stroh", Akademie für Umwelt und Energie, Laxenburg
- WÖRGETTER, M. (1987)**
Verbrennung von Biomasse – Auswirkungen auf die Umwelt. Beitrag für das Symposium "Hat die Energiegewinnung aus Biomasse Zukunft?" 3. Juli 1987, Eisenstadt

Weiterführende Literatur:

- BRAUN, H. et al. (1986)**
Emissionen bei Strohfeuerungen. Institut für Landtechnik und Energiewirtschaft, Universität für Bodenkultur
- BRAUNS, A. (1985)**
Agrarökologie im Spannungsfeld des Umweltschutzes. Westermann, Agentur Pederssen, Braunschweig
- EG-GENERALDIREKTION FÜR LANDWIRTSCHAFT (1982)**
Die land- und forstwirtschaftliche Biomasse – eine Energiequelle für Europa? (Document de travail)
- LEGERER, F. und ZAUSSINGER, A. (1989)**
Nahwärmesystem auf Strohbasis für den dörflichen Bereich. Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung von der Österreichischen Vereinigung für agrarwissenschaftliche Forschung durchgeführte Studie
- ORTHOFFER, R. und URBAN, G. (1989)**
Abschätzung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen in Österreich
- ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG FÜR AGRARWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG (1983)**
Vorstudie zur Quantifizierung der möglichen Aufbringung pflanzlicher Biomasse als Rohstoff für konventionelle und unkonventionelle Zwecke unter besonderer Berücksichtigung des für die Energiegewinnung verfügbaren Potentials.
- PRIEWASSER, R. (1985)**
Ökologische Aspekte der Nutzung von Rest-Biomasse zur Energiegewinnung. Schriftenreihe für Agrarpolitik und Agrarsoziologie, Band XLI 1985
- WEISZ, A. (1975)**
Untersuchungen bodenökologischer Auswirkungen des Strohverbrennens auf Getreidefeldern. Zeitschrift Natur und Landschaft, Heft 10

GETREIDESTROH · theoretisches Energiepotential

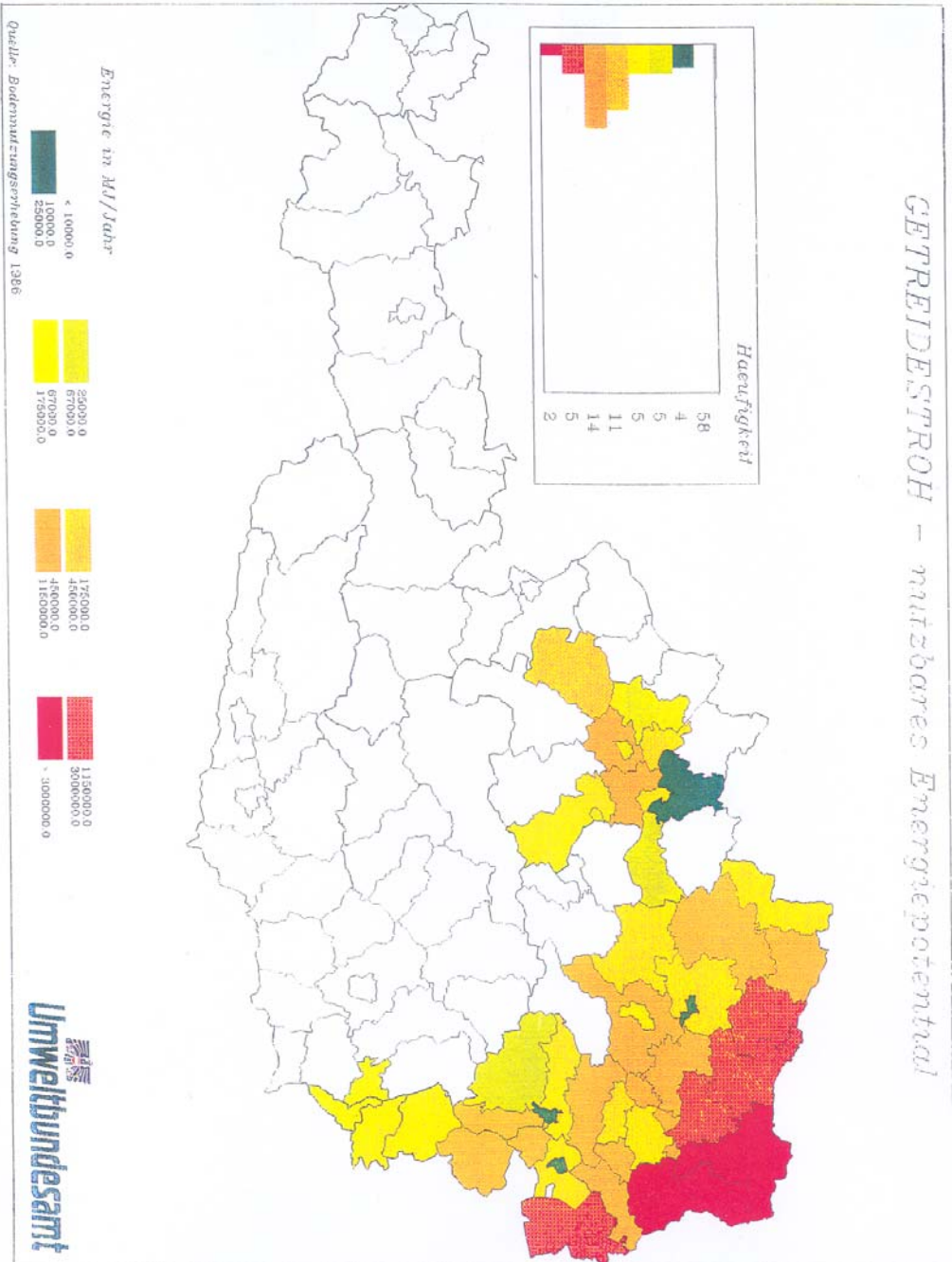


Energie in MJ/ha



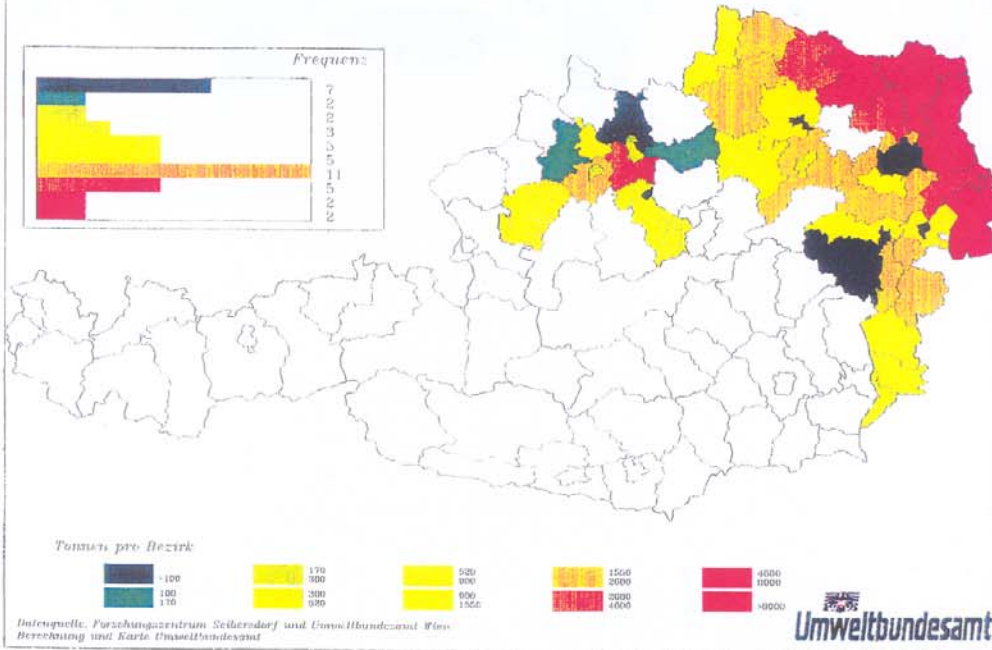
Quelle: Bodennutzungsatlas, 1996

GETREIDESTROH – nutzbares Energiepotential



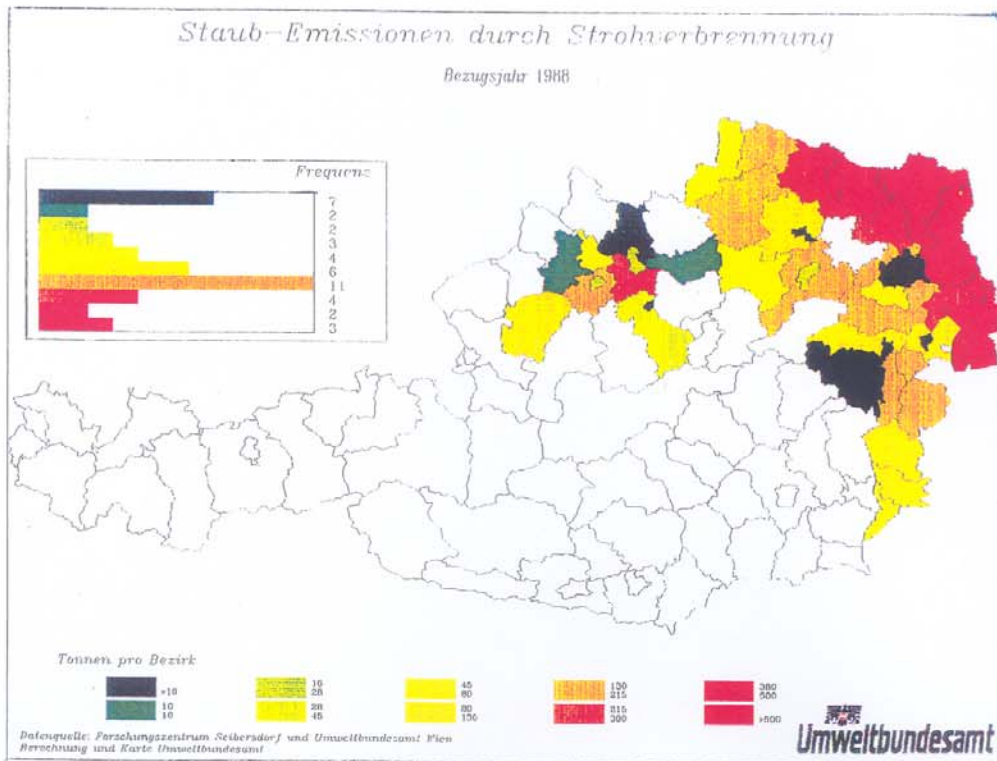
CO-Emissionen durch Strohverbrennung

Bezugsjahr 1988



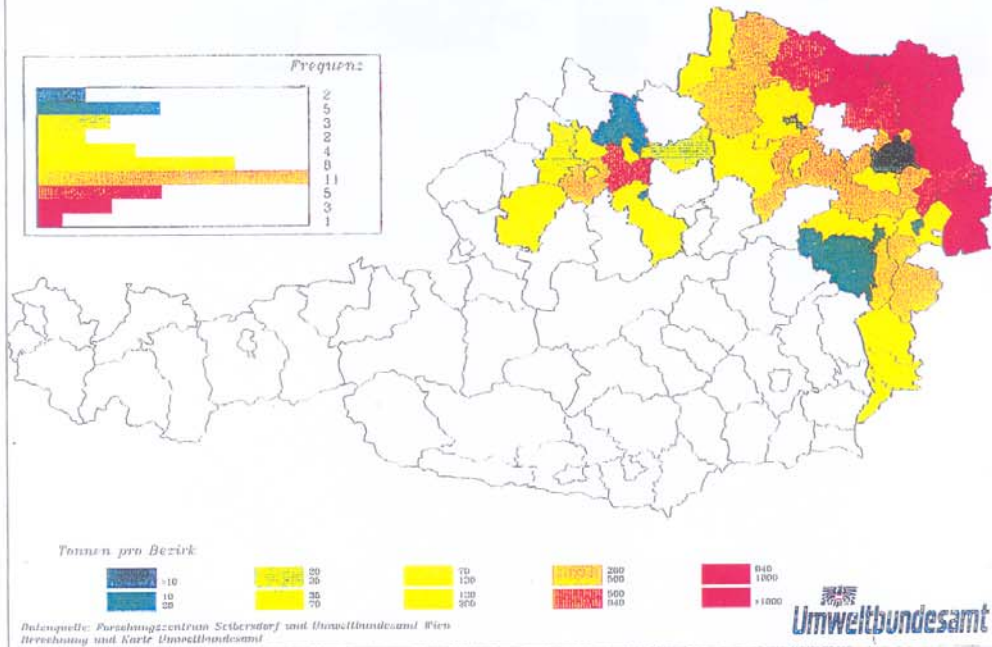
Staub-Emissionen durch Strohverbrennung

Bezugsjahr 1988



CxHy-Emissionen durch Strohverbrennung

Bezugsjahr 1988



Emissionen durch Strohverbrennung 1988

Kohlenwasserstoffe, CO und Staub

