

Bericht über die Versuchsjahre 1994 - 1995

ITADA-Projekt 10: Alternative Kulturen, Nachwachsende Rohstoffe: Anbau von Energiepflanzen zur Ganzpflanzengewinnung mit verschiedenen Beerntungsmethoden; Schwachholzverwertung

Projektleiter: **Dr. Reinhold Vetter** **IfuL** **Müllheim**
Dipl. Ing. J. Maier

Projektpartner: **Gérard Neuhard,** **SUAD 67** **Schiltigheim**

Mitbeteiligte: Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD, Stuttgart

1 Problemstellung

Biomasse als eine erneuerbare Energiequelle ist u.a. CO₂-neutral und kann dadurch zur Verminderung des Treibhauseffekts beitragen. Für die Verwendung von festen Energieträgern zur Erzeugung von Wärme und/oder Strom kommen außer Nebenprodukten wie Stroh auch speziell angebaute Energiepflanzen sowie Holz - z.B. in den Wäldern anfallendes Waldrestholz - in Frage. Dabei wird einerseits der zu erzielende Energieertrag bzw. Energiegewinn, andererseits die Eignung in verbrennungstechnischer Hinsicht über eine sinnvolle Verwendung als Energieträger entscheiden.

2 Forschungsziele

- Auswahl geeigneter Energiepflanzen mit bekanntem Anbauverfahren
- Erprobung der Anbautechnik
- Verbesserung der Ernte- und Lagerungstechnik
- Untersuchung des Energiegehaltes und des Verbrennungsverhaltens von Energiepflanzen und Holz

3 Direkte und indirekte Auswirkungen auf die Praxis

- **Wirtschaftlichkeit:** Der Anbau von Energiepflanzen als nachwachsende Rohstoffe auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen (bzw. der Einsatz von z.B. Waldrestholz) kann deren Rentabilität erhöhen und zum Einkommen der Landwirte beitragen. Unter Berücksichtigung von Folgekosten (z.B. als Folge des Treibhauseffektes durch CO₂-Freisetzung) von fossilen Energieträgern können Energiepflanzen volkswirtschaftliche Vorteile bringen.
- **Umwelt:** Der umweltschonende Anbau von Energiepflanzen bzw. die Verwendung von Waldrestholz ermöglicht die Erhaltung der Kulturlandschaft. Der Einsatz von Biomasse als erneuerbare Energiequelle reduziert den CO₂-Ausstoß und damit den Treibhauseffekt. Die fossilen Energievorräte werden geschont.

4 Methodik

4.1 Versuchsstandorte

Die Versuche wurden in beiden Jahren an insgesamt vier Standorten durchgeführt: Müllheim (D), Vendenheim (F) und Gamsheim (F) - beide circa 10 km nördlich von Strasbourg in der Oberrheinebene - sowie Binsdorf (D) im Albvorland .

Standortbeschreibung

	Standorte			
	Müllheim (D) 1994 - 95	Vendenheim (F) 1994	Gamsheim (F) 1995	Binsdorf (D) 1994 - 95
Lage ü. NN (m)	232	150	129	600
Niederschlag (mm)	650	611	821	800
Temperatur (°C)	9,5	11,9 *	10,6	6,8
Boden				
- Ackerzahl	81	-		51
- Bodentyp	Parabraunerde		Aluvions rhénanes	(Schwarzjura)
- Bodenart	uL	IS		hhstL
(%S, %U, %T)	12, 66, 22	54, 34, 12	25, 35, 37	6, 28, 66
- Besonderheiten				staunaß

* 1994

Die Standorte in der Rheinebene zeichnen sich durch mittlere bis gute Böden mit befriedigender Wasserführung aus, wobei Vendenheim einen tiefgründigeren Boden hat als Gamsheim. In Binsdorf wird die Bodenqualität durch eine stauende Tonschicht in circa 60 cm Bodentiefe beeinträchtigt.

4.1.1 Witterung

Müllheim													
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Summe/ Durchschnitt
mm	50	47	9	82	136	35	68	62	123	53	16		
mm													
°C													
Vendenheim (1994)													
mm	39	60	26	47	123	78	59	68	74	40	23	43	680
°C	4	3	10	9	15	19	23	20	16	10	9	6	11,9
Gamsheim (1995)													
mm				61	118	84	44	48	55				
°C													
Binsdorf													
1994													
mm	46	34	21	90	135	75	105	70	91	17	34	56	774
1995													
mm													
°C													

(Ab 1995 wurden die Witterungsdaten in Müllheim und in Binsdorf mit eigenen Wetterstationen aufgezeichnet).

Die Witterung 1994 war durch einige Besonderheiten gekennzeichnet:

- nasser Herbst und Winter 1993/94 und dadurch ungünstige Bedingungen für Saatbettbereitung und Aussaat (v.a. in Binsdorf)
- hohe Frühjahrsniederschläge (Mai)
- naßkalter Frühsommer (erste Junidekade)
- subtropischer Sommer (warm, trocken, Hitzestreß)
- milder Winter
- Orkanböen im Dezember

4.2 Auswahl der Pflanzenarten und Sorten

Der Anhang 1 zeigt die 1994 sowie 1995 untersuchten ein- und mehrjährigen Kulturen an den drei Standorten.

Die Kulturarten wurden nach den Gesichtspunkten Vorhandensein der Anbautechnik, Kosten für Saatgut etc., hoher Energieertrag bzw. -gewinn bei niedriger Anbauintensität, Erntefähigkeit in trockenem Zustand und Standorteignung ausgewählt. Der Miscanthus wird 1995 als Referenzpflanze in Müllheim ins Programm aufgenommen.

Die Sorten wurden nach den Kriterien Frühreife, Ertragstreue bei extensiver Behandlung (Low-input-Sorten), Krankheitsresistenz, Standfestigkeit, Strohlänge, Kornsitze und Zulassung (Sortenliste) ausgesucht.

4.3 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden wegen der ebenfalls zu erprobenden Erntetechnik in Großparzellen wie folgt angelegt:

- Müllheim: 6,5 ar (2 Wiederholungen) 1994/ 13 ar (ohne Wiederholung) 1995
- Vendenheim: 16 ar (ohne Wiederholung)
- Gamsheim: 12 ar (ohne Wiederholung)
- Binsdorf: 25 ar (ohne Wiederholung)

Die Bodenbearbeitung wurde den örtlichen Gegebenheiten entsprechend i.d.R. konventionell, in Vendenheim bzw. Gamsheim z.T. mit Minimalbodenbearbeitung bei der Saat, durchgeführt.

Die Bestände wurden mit geringer Intensität geführt (siehe Anhang):

- reduzierte N-Düngung (80 - 120 kg N/ha abzüglich N_{\min})
- reduzierter Pflanzenschutz (nur Herbizideinsatz),
- Verzicht auf Halmverkürzer,
- mäßige Bestandesdichten.

Dadurch sollen der Energieinput (v.a. bei N) bzw. der Kostenaufwand verringert, die Umweltverträglichkeit gewährleistet sowie mögliche schädliche Verbrennungsprodukte von Pflanzenschutzmittelrückständen vermieden werden.

4.4 Verbrennungsversuche

Alle in den Versuchen angebauten Energiepflanzen sowie verschiedene Baumholzarten (Waldrestholz) wurden am Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD) der Universität Stuttgart untersucht:

- **Laboruntersuchungen (Elementaranalyse)**

Die Laboruntersuchungen erlauben, das Verbrennungsverhalten und die möglichen Auswirkungen der Verbrennung auf die Feuerungsanlage grob abzuschätzen. Stickstoff, Schwefel und Chlor sind für die Emissionen von NO_x, SO₂, und HCl verantwortlich und daher eher unerwünschte Bestandteile der Brennstoffe. Chlor kann darüber hinaus zu Hochtemperaturkorrosion an Überhitzer- und Verdampferheizflächen von Dampferzeugern führen. Die Anteile an flüchtigen Bestandteilen und festem Kohlenstoff charakterisieren den Brennstoff in seiner Verbrennungs- und Entgasungseigenschaft. Durch die Ermittlung der Zusammensetzung der Brennstoffe können im Idealfall die Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen, vorhergesagt werden.

Der Brennwert wird im Labor mittels eines Bomben-Kalorimeters bestimmt. Mit Formel (1), in die noch die Brennstofffeuchtigkeit und der Wasserstoffgehalt einfließt, wird der untere Heizwert errechnet.

$$(1) \quad H_u = H_o - 24,41 \times \text{Feuchte (\%)} - 218,1 \times \text{H}_2\text{-Gehalt (\%)}$$

Der Brennwert (oberer Heizwert, H_o) unterscheidet sich vom unteren Heizwert durch die Verdampfungsenthalpie

- a) des Wassers, das durch die Brennstofffeuchtigkeit in das Rauchgas gelangt,
- b) des Wassers, das durch die Oxidation des im Brennstoff enthaltenen Wasserstoffes im Rauchgas enthalten ist.

Der Brennwert unterscheidet sich somit umso weniger vom Heizwert, je trockener ein Brennstoff ist, und je niedriger der Wasserstoffgehalt des Brennstoffes ist.

Anmerkung: Beim Einsatz von modernen Brennwertkesseln, wie sie schon vielfach bei Gasheizungen anzutreffen sind (für die Holzverbrennung befinden sie sich momentan noch in der Entwicklungsphase), wird der im Rauchgas vorhandene Wasserdampf auskondensiert, und die freiwerdende Wärme genutzt. Somit kann bei dieser Technik der "obere Heizwert" als zur Verfügung stehende Wärmemenge angesehen werden, die Abgasverluste sind minimal.

- **Verbrennungsverhalten in einer Kohlestaubverbrennungs- (KSVA) sowie einer Wirbelschichtanlage**

5 Ergebnisse

5.1 Energiepflanzenanbau

5.1.1 Trockenmasseerträge

Die Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Ganzpflanzenerträge der einjährigen Energiepflanzen der vier Standorte in 2 Jahren. Die niedrigsten Ganzpflanzenerträge bei einjährigen Kulturen wiesen Raps und Sonnenblumen auf. Beim Erntegut handelte es sich fast ausschließlich um Stroh, da die Körner z.T. vollständig ausgefallen waren. Bei den Getreidesommerungen weist Hafer mit ca. 7,5 t TM/ha den höchsten Durchschnittsertrag mit den geringsten Ertragsschwankungen auf. Triticale und Roggen liegen im Schnitt darunter, was auf Niedrigsterträge an zwei Standorten zurückzuführen ist. Diese waren einerseits durch die Saat-, andererseits durch die Erntetechnik bedingt. Die Getreidewinterungen zeigen erwartungsgemäß höhere Ganzpflanzenerträge auf, die im Durchschnitt bei fast 9 t TM/ha liegen. Wintertriticale übertrifft Winterroggen und Wintergerste, obwohl der Ertrag eines Standortes in einem Jahr aufgrund eines sehr dünnen Bestandes sehr niedrig war. Mais hatte den durchschnittlich höchsten Ertrag aller einjährigen Kulturen, wobei er in Binsdorf z.B. von Wintertriticale übertroffen wurde.

Die Unterschiede in den Erträgen zwischen den Standorten sind nach zweijährigen Anbauversuchen nicht eindeutig, da nicht alle Kulturen in jedem Jahr an allen Standorten angebaut wurden sowie die Bestandesführung nicht identisch war.

Die Kornerträge bei Getreide und Mais lagen entsprechend der geringen Anbauintensität zwischen 15 (Sommerroggen Binsdorf 1994) und 51 (Hafer Müllheim 1994) bzw. bei Mais zwischen 26 (Gamsheim 1995) und 68 dt /ha (100 % TS) 1994 in Müllheim.

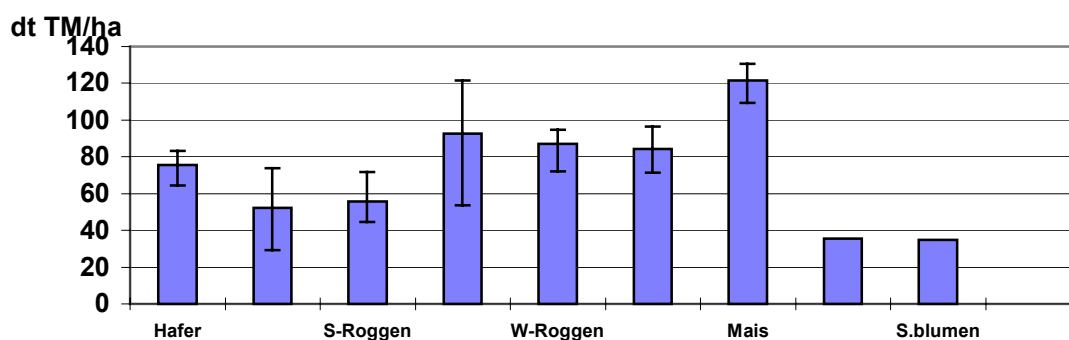


Abb. 1: Durchschnittliche und extreme Erträge aller Standorte bei einjährigen Energieganzpflanzen 1994 und 1995 (dt TM/ha)

Die mehrjährigen Energiepflanzen lagen nach den bisherigen Ernten mit ihrem Ertragsniveau unter dem des Wintergetreides (siehe Tab. 1). Die Energiegräser übertreffen bisher im Durchschnitt Topinambur und die 2-jährigen Weiden. Weitere Ernten sind abzuwarten, um verlässlichere Aussagen treffen zu können.

Tab. 1: Durchschnittliche und extreme Erträge mehrjähriger Energiepflanzen an zwei Standorten 1994 und 1995 (dt TM/ha x a⁻¹)

	Energiegras (1 Schnitt)	Topinambur	Weiden (2-jährig)
Ø	72,0	37,4	50,6
Min	52,9	27,0	
Max	86,4	84,6	

Insgesamt liegen die geernteten Ganzpflanzenerträge unter den gebildeten Erträgen. Meist ist dafür Lagerbildung in Verbindung mit der Erntetechnik (z.B. bei Getreide) oder v.a. die Erntetechnik (z.B. bei Topinambur in Binsdorf) verantwortlich.

5.1.2 Beerntungsmethoden

Zur Ernte der Ganzpflanzen wurde vorhandene, z.T. allerdings nicht mehr gebräuchliche, Technik eingesetzt (siehe auch Anhang 11 - 13).

Die Ernte von Getreideganzpflanzen mit der unten beschriebenen Technik ist weitestgehend problemlos. Die Kornverluste lagen 1994 zwischen 1 und 20% der geernteten Trockenmasse, wobei sie bei Triticale stets am geringsten waren. Die hohen Verluste in Binsdorf 1994 waren auf ein zweimaliges Wenden des Schwades nach einem Niederschlag zurückzuführen. In Müllheim lagen die Kornverluste zwischen 1 und 2%. Beim etwas späteren Mähen auf Schwad 1995 im Stadium Ende Gelbreife/Anfang Vollreife konnte das Getreide teilweise noch am selben Tag bei einer Feuchte < 20% gepreßt werden.

	Getreide Raps	Mais Sonnenblumen Topinambur	Gras	Weiden
Erntetechnik				
Alternative I	Schwadmäher Quaderballenpresse	Feldhäcksler	Mähwerk Zetter Quaderballenpresse	Feldhäcksler
Alternative II		Scheibenmähwerk Quaderballenpresse		Schere/Säge (manuell)

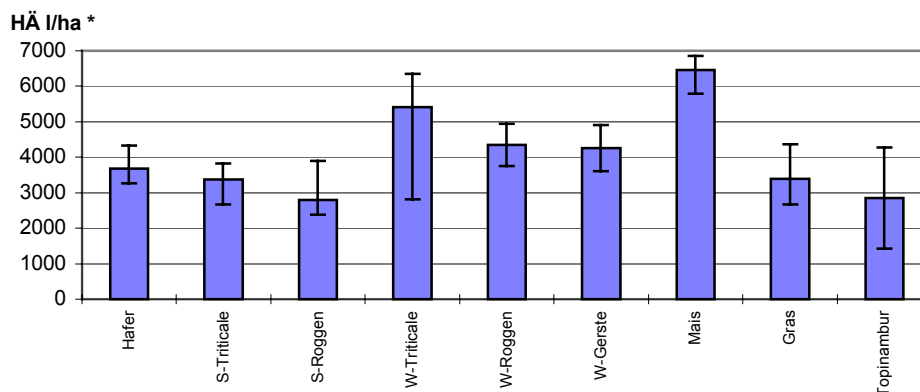
Die Ernte von Gras war mit der von Heu identisch bzw. einfacher, da zu einem späteren Zeitpunkt als bei der Futtergewinnung - d.h. bei stärkerer Verholzung - gemäht wurde.

Alle übrigen Arten wurden mit dem Feldhäcksler, z.T. auch mit Mähwerk und anschließender Ballenpresse, geerntet. Beim Mais ist das Pressen der gemähten Pflanzen möglich, das Problem ist auch bei später Ernte die relativ hohe Feuchte (1994: 25 bis 28%), die eine längere Lagerung erschwert. Bei Topinambur muß die Alternative II weiter geprüft werden.

Für die Ernte von Ganzpflanzen (z.B. Getreide) in einem Arbeitsgang existieren inzwischen Funktionsmuster von verschiedenen Firmen. Beim BIOTRUCK der Firma HAIMER werden die Ganzpflanzen als Pellet-Kuchen geerntet und werden zudem durch die Motorenabwärme um circa 4% trockener. Bei den Vollerntern von CLAAS bzw. DEUTZ-FAHR werden die geschnittenen und evtl. gehäckselten Pflanzen als Großballen gepreßt. Für schnellwachsende Baumarten gibt es als Prototypen u.a. ein Frontanbaugerät der hessischen Forstverwaltung sowie einen CLAAS-Vollernter. Beide Geräte erzeugen Häckselgut unterschiedlicher Schnittlänge.

5.1.3 Energieerträge (Heizöläquivalent)

Da sich die Brennwerte der untersuchten Energieganzpflanzen untereinander kaum unterscheiden (siehe Kapitel 5.1.5), sind die Heizöläquivalente dieser festen Biomassen v.a. von dem TM-Ertrag abhängig. Entsprechend differenzieren sich die einzelnen Arten wie bei den Hektarerträgen. Sie liegen folglich bei Mais und Wintertriticale am höchsten bei über 5000 bzw. 6000 l/ha.



* bezogen auf Heizöl E.L.

	Hafer	Sommertriticale	Sommerroggen	Wintertriticale	Winterroggen	Wintergerste	Mais	Gras	Topinambur
Ø	3682	3374	2792	5421	4344	4257	6459	3390	2852
Min	3272	2671	2385	2817	3757	3612	5791	2668	1421
Max	4326	3820	3889	6356	4941	4902	6864	4359	4282

Abb. 2: Durchschnittliche und extreme Energieerträge einiger Energieganzpflanzen aller Standorte 1994 und 1995

5.1.4 Energiebilanz

Für die zwei interessanten Arten Wintertriticale und Energiegras wurden vereinfachte Energiebilanzen aufgestellt, um das Verhältnis Energieeinsatz und Energieertrag zu verdeutlichen. Die Systemgrenzen bei der vorliegenden Bilanzierung sind die Produktion der Betriebsmittel (z.B. Energieeinsatz bei der Saatgutproduktion) einerseits sowie die Ernte der Energieganzpflanzen andererseits.

Bei den praktizierten Bestandesführungen wurde etwa 13x mehr Energie pro Flächeneinheit „geerntet“, als zur Produktion der Energieganzpflanzen eingesetzt wurde (siehe Tab. 2). Dies entspricht Literaturangaben bei Getreide, die bei ebenfalls niedriger Anbauintensität Werte zwischen circa 9 und 13 nennen.

Tab. 2: Energiebilanz ausgewählter Energieganzpflanzen aus dem Anbau 1994 und 1995

	Wintertriticale	Energiegras
Ertrag dt TM/ha	93	72
Brennwert Bo (J/g)	18639	17955
Energie-Output (MJ/ha) *	173343	129276
Energie-Input (MJ/ha)	13437	9567
Energie-Input (%)	8	7
Energie-Output:Input	12,9	13,5

5.1.5 Inhaltsstoffe

Die Energiepflanzen des Versuchsprogramms 1994 und 1995 wurden untersucht auf

- Rohproteingehalt
- Lignin-, Cellulose- und Hemicellulosegehalt
- Brennwert u.a. (Elementaranalyse)

Tabelle 3: Elementaranalyse von Holz und Kohle (Werte auf wasserfrei bezogen)

	Steinkohle Göttelborn 5/94	Steinkohle Göttelborn 12/94	Buche	Fichte	Eiche	Kiefer	Weide Hohen- heim	Weide Grißheim	Pappel Betten- reute
Flüchtige (%)	34,6	33,55	83,18	82,1	80,57	81,33	81,24	79,42	81,57
Asche (%)	8,25	11,1	0,34	0,45	0,53	0,43	1,3	2,24	1,63
Fixed C (%)	57,1	55,3	16,94	17,46	18,9	18,23	17,47	18,33	16,8
Schwefel (%)	0,82	1,38	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04	0,09	0,06
Schwefel (g/MJ)	0,26	0,44	0,006	0,016	0,006	0,016	0,022	0,046	0,03
Stickstoff (%)	1,09	1,59	0,13	0,11	0,18	0,1	0,48	0,34	0,39
Stickstoff (g/MJ)	0,35	0,51	0,07	0,06	0,09	0,05	0,26	0,17	0,2
Chlor (%)	0,16	0,18	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlor (g/MJ)	0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Brennwert H ₀ (J/g)	31 440	31 430	19 730	20 385	19 625	20 870	18 590	19 546	19 680

Die Hölzer unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nur sehr geringfügig. Lediglich die Vertreter der Schnellwuchsplantagen (Weide, Pappel) weisen einen etwas höheren Stickstoffgehalt auf (s. Tab. 3). Dies ist auf den hohen Rindenanteil dieser sehr dünnastig geernteten Biomassen zurückzuführen. Die Gehalte an Schwefel und Chlor sind bei Hölzern äußerst gering. Zum Vergleich sind 2 Kohlechargen eingetragen. Die Kohlen weisen bei allen schadstoffrelevanten Elementen wesentlich höhere Konzentrationen als die Biomassen auf. Auch die Bandbreite der Zusammensetzung der beiden aus der gleichen Zeche stammenden Kohlechargen ist deutlich zu erkennen.

Von den Energieganzpflanzen liegen Analysen aus Vorversuchen in Müllheim 1993 und dem Anbaujahr 1994 vor (s. Tab. 4 und 5). Dabei fällt auf, daß der Stickstoffgehalt in der Reihenfolge

Topinamburstengel < Sommergerstenstroh < Maisstroh < Sonnenblumenstroh < Haferganzpflanze < Roggenganzpflanze < Maiskörner < Sonnenblumenkerne

ansteigt. Der Schwefelgehalt von Ganzpflanzen liegt etwas über dem des Stroh, ist insgesamt aber als niedrig einzustufen. Der Chlorgehalt ist nach den vorliegenden Ergebnissen unterschiedlich: Hafer hat den höchsten Cl-Gehalt. Im Vergleich zu Steinkohle sind die untersuchten Energiepflanzen (bezogen auf die Energieeinheit) ärmer an Schwefel, ärmer oder reicher an Stickstoff (je nachdem ob Stroh oder Korn) und reicher an Chlor (außer Topinamburstroh). Der Brennwert entspricht etwa dem der untersuchten Hölzer.

In Tabelle 4 und 5 sind die Analysenergebnisse der untersuchten Biomassen dargestellt. Die Flüchtigengehalte liegen bei den untersuchten Biomassen sehr eng im Bereich von 77 bis 82 %. Die Aschegehalte sind zwischen 2 und knapp 10 % weiter gestreut. Am wenigsten Asche findet man in den Körnern der Ganzpflanzen. So sind in den Körnern von Mais, Hafer, Roggen und Triticale zwischen 2 und 3 % Asche zu finden. Die Ganzpflanzen, also Stroh und Korn weisen Aschegehalte zwischen 4 und 7 % auf. Das Sonnenblumenstroh hat mit 9,8 % den höchsten Aschegehalt.

Auch im gesamt C-Gehalt weisen die holzartigen Biomassen tendenziell höhere Anteile auf als die landwirtschaftlichen Ganzpflanzen. Als Streubreite im C-Gehalt kann 45 - 50 % angegeben werden.

Der Stickstoffgehalt der Körner liegt ebenfalls über dem der Stroh-Korn Mischungen der Ganzpflanzen. Dies kommt durch den Anteil an Aminosäuren im Korn. Es wurden Werte zwischen 0,37 % für das Topinambur-Stroh und knapp 2 % im Haferkorn gemessen.

Tabelle 4: Elementaranalyse von Energiepflanzen (Werte auf wasserfrei bezogen)

	Steinkohle Göttelborn 12/93	Roggen- ganz- pflanze	Hafer- ganz- pflanze	Sommer- gersten- stroh	Mais- stroh	Mais- korn	Sonnen- blumen- stroh	Sonnen- blumen- kerne	Topi- nambur- kraut
Flüchtige (%)	34,90	78,87	76,44	78,65	78,51	79,35	79,99	86,26	83
Asche (%)	8,11	3,78	6,74	4,27	4,74	3,88	4,28	3,81	2,71
Fixed C (%)	57,0	17,35	16,8	17,08	16,75	16,87	15,72	9,89	14,28
Schwefel (%)	1,14	0,1	0,18	0,12	0,11	0,14	0,05	0,14	0,09
Schwefel (g/MJ)	0,36	0,05	0,1	0,06	0,06	0,07	0,023	0,046	0,05
Stickstoff (%)	1,18	1,36	1,06	0,61	0,84	1,41	0,91	2,54	0,2
Stickstoff (g/MJ)	0,38	0,67	0,58	0,29	0,45	0,7	0,43	0,83	0,1
Chlor (%)	0,22	0,41	0,88	0,4	0,31	0,3	0,14	0,42	<0,1
Chlor (g/MJ)	0,07	0,2	0,48	0,2	0,17	0,15	0,08	0,14	<0,05
Brennwert H ₀ (J/g)	31 470	20 208	18 170	20 544	18 470	20 072	21 023	30 254	18 730

Schwefel ist in den Biomassen wenig enthalten. Auffallend sind lediglich die Rapsproben mit 0,4 % S. Die übrigen untersuchten Biomassen liegen zwischen 0,1 und 0,2 % Schwefel.

Die Schlüsselrolle der Inhaltsstoffe für die technische Verbrennung hat das Chlor. Es ist für die Hochtemperaturchlorkorrosion verantwortlich, kann aber auch an der Dioxin- und Furanbildung beteiligt sein. Die Chlorgehalte der Biomassen sind stark unterschiedlich und hängen vom Standort, und wahrscheinlich auch von der Düngung der Biomassen ab. So wurden in Küstennähe höhere Chlorgehalte in Stroh gefunden als im Binnenland. Bei den hier untersuchten Biomassen traten Chlorkonzentrationen von kleiner als 0,1 % (Nachweisgrenze) bis ca. 0,5 % beim Triticale-Korn und der Hafer-Ganzpflanze auf.

Tab. 5: Inhaltsstoffe ausgewählter Energieganzpflanzen - Anbaujahr 1994 (Durchschnittswerte)

	Sommer- triticale	Winter- triticale	Winter- roggen	Winter- gerste	Mais	Winter- raps	Energie- gras	Topi- nambur
Rohprotein (% i. TM)	11,81	8,75	7,34	8,41	7,89	6,54	7,06	2,17
Lignin (%) *	14,9	20,1	22,3	15,1	7,0	26,1	16,3	21,0
Hemicellulose (%) *	13,8	16,8	15,5	13,7	9,83	14,7	13,4	16,8
Holocellulose (%) *	54,65	72,8	75,8	66,1	42,8	78,1	70,1	78,45
Rohcellulose (%) *	26,7	42,4	45,1	35,8	28,44	42,4	39,0	39,85
Flüchtige (%) **	78,32	79,19	78,86	76,43	80,78	80,43	74,13	81,79
Asche (%) **	4,99	3,75	3,86	5,92	3,46	6,26	7,35	3,67
Fixed C (%) **	16,7	17,07	17,31	17,65	15,77	13,33	18,57	14,55
Schwefel (%) **	0,17	0,11	0,10	0,12	0,16	0,35	0,13	0,11
Stickstoff (%) **	1,38	0,88	0,52	0,88	1,31	0,92	1,03	0,31
Chlor (%) **	0,24	0,22	0,45	0,78	0,24		0,0	0,3
Brennwert H ₀ (J/g)**	18772	18639	18577	17992	19029	18233	17855	18526

* bezogen auf atro, ** bezogen auf wasserfrei

5.1.6 Bodenuntersuchungen

5.1.6.1 N_{\min}

Die N_{\min} -Untersuchungen nach der Ernte zeigen an allen Standorten in beiden Jahren keine bedrohlichen Ergebnisse (siehe Anhang 6 - 10). Dies dürfte auf die restriktive oder fehlende N-Düngung (Weiden) zurückzuführen sein. Die höchsten Werte nach der Ernte waren 117 kg N/ha (Nov. 1994) bei Mais bzw. 221 kg N/ha bei Triticale (Aug. 95) in Binsdorf, der niedrigste war 5 kg N/ha (Nov. 94) beim Energiegras in Müllheim.

5.1.6.2 Sonstige Bodenuntersuchungen

Bei den Bodenfruchtbarkeitsparametern wie Humus, pH und Grundnährstoffversorgung lassen sich nach zwei Anbaujahren noch keine Aussagen machen.

5.1.7 Lagerung von Großballen

Die in Großballen geernteten Energiepflanzen wurden entweder auf dem Feld unter Plane (Müllheim) oder in einer Halle gelagert.

Nach dem Pressen wurde in Müllheim die Ballentemperatur gemessen: sie stieg in keinem Fall über 36°C (Gras, Getreide, Raps), da die Feuchte der Ganzpflanzen beim Pressen zwischen 3 und 20 % lag (s. Anhang 11). Dasselbe dürfte für die anderen Standorte gelten, wo die Erntefeuchte zwischen 7 und 10 % lag (s. Anhang 12 und 13).

Von jeder in Ballen geernteten Kulturart wurde nach circa 3 Monaten je ein Ballen geöffnet. In keinem Fall war das Balleninnere in irgendeiner Weise verdorben, lediglich in den in Müllheim auf dem Feld gelagerten Ballen wurden vermehrt Lang- oder Bodenwanzen festgestellt. Diese scheinen sich dort zu verstecken oder saugen die Samen aus.

5.1.8 Bereitstellungskosten und Energieträgerpreise

Die folgenden Kalkulationen (inkl. Flächenstilllegungsprämie 1994) geben die Spanne zwischen 500 und 1000 DM/ha Deckungsbetrag für die Biomassebereitstellung ab Feld wieder (s. Tab. 6). Sie wurden auch für Mais und Topinambur unter der Annahme einer Ernte mit dem Feldhäcksler durchgeführt.

Die Kosten pro Dezitonne Biomasse-Trockenmasse schwanken zwischen 3,85 DM (bei Mais-) und 21,54 DM (bei Getreideganzpflanzen), wobei diese in erster Linie vom Trockenmasseertrag beeinflusst werden. Die Preise pro Kilowattstunde Biomasseenergie schwanken zwischen knapp 1 Pfennig (bei Mais) und über 3 Pfennig bei Getreide. Mais weist die niedrigsten Kosten bzw. Preise auf (ohne Berücksichtigung evtl. anfallender Trocknungskosten).

Tabelle 6: Bereitstellungskosten und Energieträgerpreise für Biomassen (Anbaujahr 1994)

	Bereitstellungskosten DM/dt TM				Energieträgerpreise Pf/kWh			
	Getreide- ganzpflanzen	Mais	Energie- gras	Topi- nambur	Getreide- ganzpflanzen	Mais	Energie- gras	Topinam- bur
	<i>Deckungsbeitrag 500 DM/ha</i>							
Min.	6,33	3,85			1,1	0,7		
Max.	12,19	6,68			2,3	1,2		
Ø	9,26	5,27	9,58	9,45	1,7	1,0	1,9	1,8
	<i>Deckungsbeitrag 1000 DM/ha</i>							
Min.	13,28	7,67			2,4	1,4		
Max.	21,54	10,68			4,3	1,9		
Ø	17,41	9,18	15,40	15,33	3,4	1,7	3,0	2,9

5.2 Verbrennungsversuche

Die Ergebnisse der noch nicht abgeschlossenen Versuche des IVD hatten 1994 den Schwerpunkt bei Verbrennungsversuchen mit verschiedenen Hölzern (Waldrestholz). Die Verfeuerung der Hölzer geschah in Mischung mit Kohle in einer Staubverbrennungsanlage (KSVA) und mit einigen reinen Holzflammen. Die Energiepflanzen aus dem Anbau 1994 wurden 1995 im Labor und bei der Verbrennung schwerpunktmäßig untersucht.

5.2.1 Ermittlung der optimalen Korngröße

Die Korngröße ist in erster Linie dafür verantwortlich, wie vollständig ein Brennstoff in einer vorgegebenen Verweilzeit in der heißen Verbrennungszone der Staubfeuerung, ausbrennt. Je feiner der Brennstoff aufgemahlen ist, desto besser wird sein Ausbrand sein. Die feine Aufmahlung bedeutet jedoch einen größeren Energieverbrauch bei der Zerkleinerung.

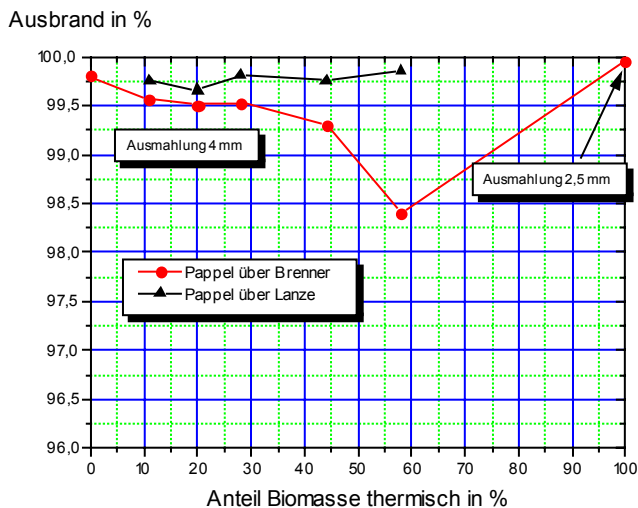


Abb.3: Ausbrand in Abhängigkeit vom Biomasseanteil

Die drei unterschiedlich aufgemahlenen Energiegräser wurden zusammen mit Götterborn-Kohle verbrannt um die erforderliche Mahlfeinheit festzustellen. In Bild 4 sind die CO- und die NO_x-Emissionen der Mischflammen über dem thermischen Biomasseanteil dargestellt. Bis 30 % Biomasseanteil sind die CO-Emissionen für alle Ausmahlungen auf einem niedrigen Niveau. Darüber steigen jedoch für die größeren Ausmahlungen die CO Werte an. Für eine Mitverbrennung bis 30 % sind somit auch die größeren Ausmahlungen ausreichend. Soll jedoch ein höherer Anteil an Energiegras mitverfeuert werden, muß eine feinere Ausmahlung gewählt werden.

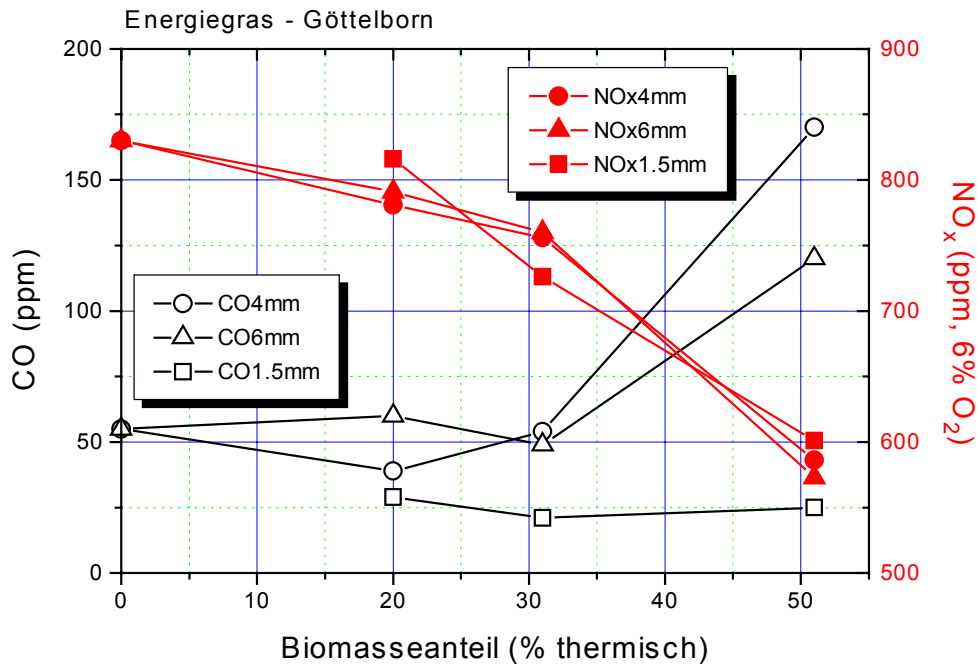


Abb.4: CO- und NO_x-Emissionen der Energiegras-Kohle Mischungen

5.2.2 Primärseitige NO_x-Minderung

Bei der primärseitigen NO_x-Minderung versucht man die Stickoxidbildung in der Flammenzone durch geeignete Feuerungstechnik zu vermindern, im Gegensatz zu den Sekundärmaßnahmen, die bereits gebildete Stickoxide reduzieren sollen.

Luftstufung im Feuerraum bei reinen Biomasseflammen

Reine Biomasseflammen wurden auf ihr NO_x-Minderungspotential durch Luftstufung im Feuerraum untersucht. Bei der Luftstufung wird nicht die gesamte zur Verbrennung notwendige Luft als

Sekundärluft über Brenner zugegeben, sondern ein Teil über eine Luftlanze als Tertiärluft in den Brennraum geblasen. Es kamen Fichte, Pappel und Stroh zum Einsatz. Die drei Biomassen haben der Reihenfolge nach steigende Stickstoffgehalte. In Bild 5 sind die NO_x-Emissionen über der Luftzahl in der Reduktionszone dargestellt. Man erkennt beim Stroh, als stickstoffreichsten dieser drei Brennstoffe, bei Lambda um 1,2 die höchsten Stickoxidemissionen, die jedoch mit kleiner werdendem Lambda stark abnehmen. Die Fichte hat in jedem Fall die niedrigsten Emissionen, die sich auch von der Luftzahl nicht mehr beeinflussen lassen. Hierbei handelt es sich zum Großteil um thermische Stickoxide, die durch den geringen Brennstoffstickstoffeintrag zunehmend an Bedeutung gewinnen. Bei einer einfachen Gasflamme

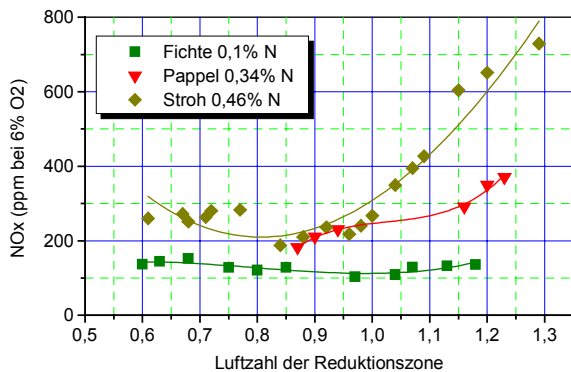


Abb.5: NO_x-Emissionen bei reiner Biomassefeuerung

Bei einer einfachen Gasflamme

(nicht optimiert) liegen die Stickoxidwerte in der gleichen Größenordnung, wie bei dieser Fichtenflamme. Die Pappelverbrennung verursacht NO_x -Emissionen zwischen denen der Fichte und der Strohfeuerung.

5.2.3 NO_x -Emissionen bei verschiedenen Biomasseanteilen

Die NO_x -Emissionen sinken mit zunehmendem Biomasseanteil, obwohl der Stickstoffinput durch den auf den Heizwert bezogenen höheren Stickstoffgehalt des Energiegrases steigt. Grund dafür ist die geringere Konversion des Brennstoffstickstoffs zu NO , die aus der vermehrten Freisetzung von CO und NH_3 -Verbindungen bei der Biomasseentgasung gegenüber der Kohle resultieren.

In Bild 6 sind die NO_x -Emissionen bei der Mitverbrennung von Raps, Wintergerste, Hafer und Roggenganzpflanzen mit der Götterbornkohle dargestellt. Die Brennstoffe unterscheiden sich in ihrem Stickstoffgehalt und somit auch die Flammen in ihrem Stickstoffinput. Der Vergleich der Stickstoffgehalte der Biomassen und der Kohle ist in Tabelle 7 einmal in Gewichtsprozent und einmal auf den Heizwert bezogen dargestellt.

Tabelle 7:

Brennstoff	N-Gehalt in Gew %	N-Gehalt in g/MJ
Götterborn 12 94	1,59	0,51
Wintergerste	0,53	0,28
Winterroggen	0,67	0,36
Energiegras	1,03	0,57
Winterraps	1,47	0,73
Hafer	1,54	0,89

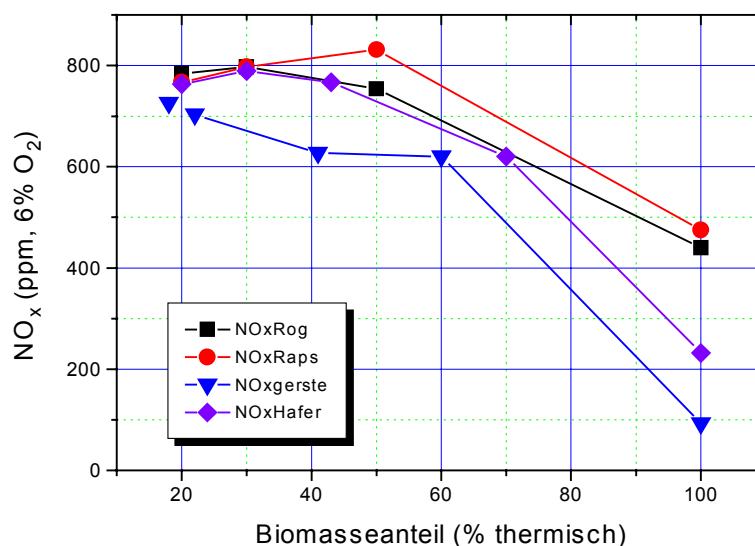


Abb.6: NO_x -Emissionen der Ganzpflanzen-Kohle Mischungen

Man erkennt, daß sich die Biomassen mit den höheren Stickstoffgehalten (Raps, Roggen, Hafer) in der Feuerung ähnlich verhalten. Mit Ausnahme des Winterroggen weisen diese Biomassen höhere Stickstoffgehalte als die Kohle auf. Dies führt in diesem Fall auch zu vergleichbaren NO_x -Emissionen. Bei den reinen Biomasseflammen (100 % Biomasseanteil) fallen insbesondere bei der Gerste- und der Haferflamme die NO_x -Emissionen sehr stark ab. Grund dafür sind die sehr hohen CO -

Emissionen, die bei beiden Flammen gemessen wurden. Das CO reagiert mit dem NO_x zu CO₂ und molekularem Stickstoff.

5.2.4 SO₂-Emissionen bei der Biomasse-Kohle Mischverbrennung

Durch den im Vergleich zur Kohle sehr geringen Schwefelgehalt der Biomassen, sind für zunehmende

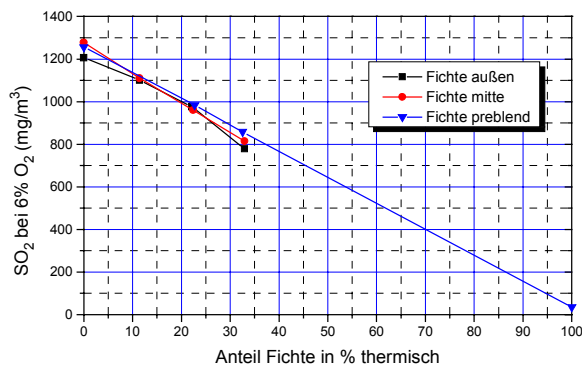


Abb.7: SO₂-Emissionen in Abhängigkeit des Biomasseanteils

Biomasseanteile abnehmende SO₂-Emissionen zu erwarten. Dies konnte durch Messungen auch bestätigt werden. In Bild 7 sind die Schwefeldioxidemissionen bei den bereits beschriebenen Fichte-Misch-Flammen unterschiedlicher Brennerkonfigurationen dargestellt. Zusätzlich ist die reine Fichtenflamme eingetragen. Mit zunehmendem Fichteanteil nimmt die SO₂-Emission linear ab. Dies liegt zum einen am geringeren Schwefeleintrag durch die Brennstoff-mischung, zum anderen besitzt die Biomasse durch ihren Kalziumgehalt die Fähigkeit Schwefel in der Asche zu binden. Dies vermindert die Schwefeldioxidemission.

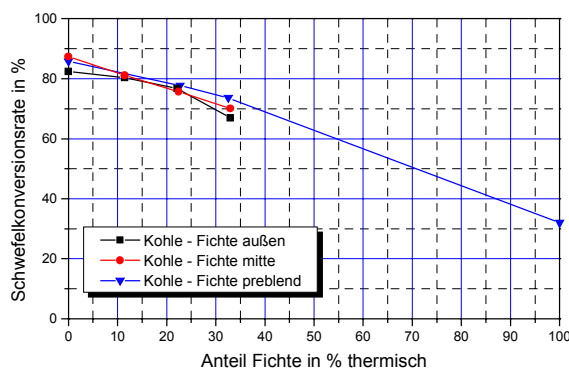


Abb.8: Schwefelkonversionsrate bei Biomasse-Kohle Mischfeuerung

In Bild 8 ist die Schwefelkonversionsrate über dem Fichteanteil dargestellt. Die Konversionsrate beschreibt das Verhältnis aus der tatsächlichen SO₂-Emission zu der aus dem Schwefeleintrag durch die Brennstoffe, maximal möglichen. Der unterschiedliche Schwefelgehalt der Mischungen ist also herausgerechnet. Aus der sinkenden Konversionsrate erkennt man, daß weniger SO₂ emittiert wird, als aus dem Schwefel-Input zu erwarten wäre, und somit ein Teil in die Asche eingebunden wird.

Die Brennerkonfigurationen haben auf die SO₂-Emissionen keinen Einfluß.

6 Schlußfolgerungen

Für den Anbau als Energieganzpflanzen bei geringer Anbauintensität eignen sich die untersuchten Kulturen hinsichtlich Ganzpflanzenertrag unterschiedlich. Raps und Sonnenblumen hatten wegen hohem bis völligem Kornverlust die geringsten Erträge und werden nicht weiter untersucht. Durch die ähnlichen Brennwerte der einzelnen Biomassen (mit Ausnahme der Ölpflanzen) beeinflusst v.a. der Ganzpflanzenertrag den Energieertrag pro Hektar. Die positive Energiebilanz macht die Verwendung fester Biomasse als Energieträger interessant.

Die untersuchte Erntetechnik für Langgut bei Getreide und Gras eignet sich, um trockenes (= lagerfähiges) Gut zu erhalten. Bei Mais ist auch bei später Ernte im Winter kein ohne Trocknung länger lagerfähiges Gut erhältlich.

Beim unterstellten Anbau der Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen waren die landwirtschaftlichen Biomassen nur teilweise gegenüber Heizöl wirtschaftlich konkurrenzfähig.

Die Verbrennung bzw. Mitverbrennung von Biomassen in einer Kohlestaubverbrennungsanlage sind technisch und auch in Bezug auf Emissionen möglich.

Die interessantesten Energiepflanzen sind v.a. weiter zu untersuchen auf ihr Ertragsniveau in Abhängigkeit vom Anbauregime, evtl. geeignete neue Erntetechniken und die Beeinflussung der verbrennungstechnisch relevanten Inhaltsstoffe durch Düngung oder Standort.

7 Perspektiven

Land- und forstwirtschaftliche Biomassen werden in Deutschland bzw. Baden-Württemberg als erneuerbare Energieträger an Bedeutung zunehmen. Sie könnten z.B. in speziellen Biomasseanlagen zur Wärme- und/oder Stromerzeugung Verwendung finden. Möglichkeiten des Anbaus und der Verbrennung wurden aufgezeigt.

Die Wirtschaftlichkeit der Biomassen wird von der Entwicklung des Preises der fossilen Energieträger abhängig sein.

8 Zusammenfassung

Verschiedene ein- und mehrjährige Kulturpflanzen wurden auf Ganzpflanzenertrag, geeignete Ernteverfahren für ein möglichst ohne technische Trocknung lagerfähiges Gut, stoffliche Zusammensetzung hinsichtlich Brennstoffeignung, Verbrennung in Großanlagen und wirtschaftliche Gesichtspunkte untersucht. Die Rangfolge der Erträge war nach 2 Anbaujahren wie folgt: Mais > Wintertriticale > Winterroggen > Wintergerste > Sommerroggen > Sommertriticale > Energiegras > Weiden > Topinambur > Raps > Sonnenblumen. Analog zu den Trockenmasse-Erträgen sind (wegen ähnlichem Brennwert aller Biomassen außer Ölpflanzen) die Energieerträge pro Hektar bei Mais mit über 6000 Liter Heizöläquivalent am höchsten, beim Energiegras mit über 3000 Liter entsprechend geringer. Mit der eingesetzten Erntetechnik können Getreideganzpflanzen, Gras und Topinambur in lagerfähigem Zustand geerntet werden. Unter Berücksichtigung des Energie-Inputs beim Anbau (bis zur Ernte) ist der Energie-Output z.B. bei Wintertriticale und Energiegras 13mal höher als der Input. Die Energiebilanz ist deutlich positiv. Die Energieträgerpreise der Energieganzpflanzen lagen bei einem Vergleichsdeckungsbeitrag von 1000 DM/ha z.B. bei Getreide zwischen 2,4 und 4,3 Pf/kWh (Anbaujahr 1994) im Vergleich zu circa 3,5 Pf/kWh bei Heizöl.

Die untersuchten landwirtschaftlichen Biomassen (aus Anbaujahr 1994) waren gegenüber Steinkohle (bezogen auf die Energieeinheit) ärmer an Schwefel, ärmer oder reicher an Stickstoff und reicher an Chlor (mit Ausnahme von Topinambur und Gras). Die Hölzer unterscheiden sich untereinander geringfügig in ihrer stofflichen Zusammensetzung. Die Gehalte an Schwefel, Stickstoff und Chlor sind geringer im Vergleich zur Kohle. Die Verbrennung in einer Kohlestaubverbrennungsanlage ist möglich.

Bei den Verbrennungsversuchen wurde auch die optimale Ausmahlung der Biomasse für einen maximalen Ausbrand erprobt. Durch unterschiedliche Brennerkonfigurationen (unterschiedliche Zuführung von Sekundär- bzw. Tertiärluft und Brennstoff) können NO_x-Emissionen primärseitig vermindert werden, bei Hölzern stärker als bei landwirtschaftlichen Biomassen. In Mischung mit Steinkohle nehmen NO_x-Emissionen mit zunehmendem Biomasseanteil ab. Die SO₂-Emissionen nehmen wegen den im Vergleich zu Kohle niedrigeren Schwefelgehalten mit zunehmendem Biomasseanteil ebenfalls ab.

ANHANG/ANNEXE

Annexe 1: Versuchsplan der ein- und mehrjährigen Energieganzpflanzen/ Plan des essais des cultures annuelles et pluriannuelles 1993/94 und 1994/95

	S t a n d o r t e / S i t e s					
	Vendenheim/ Gamsheim (F)		Binsdorf (D)		Müllheim (D)	
	1993/94	1994/95	1993/94	1994/95	1993/94	1994/95
einjährige Kulturarten/ Cultures annuelles						
Hafer/Avoine	+		+		+	
S-Roggen/Seigle de print.	+		+	+		
W-Roggen/Seigle d'hiver		+		+	+	+
S-Triticale/Triticale print.	+	+	+			+
W-Triticale/Trit. d'hiver		+		+	+	+
W-Gerste/Orge d'hiver					+	+
Mais	+	+	+		+	+
W-Raps/Colza d'hiver					+	
Sonnenblumen/Tournesol					+	
Faserhirse/Millet						+
mehrjährige Kulturarten/ Cultures pluriannuelles						
Deutsches Weidelgras/ Ray-grass anglais			+	+		
Rohrglanzgras/Glatthafer					+	+
Phal. roseau/Fromental						
Topinambour			+	+	+	+
Weiden/Saules			+	+	+	+
Miscanthus						+

Annexe 3: Aussaat, Pflanzung und Pflegemaßnahmen/Semis, plantation et protection des plantes - Müllheim 1994 - 95
- Mehrjährige Kulturen/Cultures pluriannuelles

	Glatthafer/Rohrglanzgras	Topinambur/	Weiden	Miscanthus
	Fromental/Phalaris roseau	Topinambour	Saules	Roseau de chine
Vorfrucht/ Culture précédente				S. blumen/W-Roggen Tournesol/Seigle d'hiver
Sorte/Variété	AREL 41/LUDION	WALDSPINDEL	Salix viminalis	Misc. sin. „Giganteus“
Aussaat, Pflanzung/ Semis, Plantation	3.5.93	5.4.93	19.4.93	24.5.95
Saatmenge/	20/10			
Dose de semis (kg/ha)		5	1	1
Pflanzen, Plantes/m ²		75	100	75
Reihenabstand/				
Ecartement (cm)				
Pflanztechnik/ Méthode de plantation		Kartoffellegemaschine Planteuse pomme de t.		Setzmaschine/Planteuse 2-reihig/2 rangées
Pflegemaßnahmen/ Protection des plantes	1994	1994	1994	1995
- Herbizid	<i>Harmony</i> 30g/ha (2.9.94)	-	-	-
- sonstiges/autres	Schröpf- schnitt (8.11.94)	Schröpfschnitt/ Coupe de soin		<i>Roundup</i> 3 kg/ha <i>schw.s.Amm.</i> 10kg/ha (12.5.95) Maschinenhacke/Sarclage (12.7.95 + 2.8.95)

Annexe 4: Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflegemaßnahmen/ Préparation du sol, semis et protection des plantes - Vendenheim 1994 und Gamsheim 1995

	S-Roggen		S-Triticale		Hafer		W-Roggen		W-Triticale		Mais	
	Seigle de printemps		Triticale de printemps		Avoine		Seigle d'hiver		Triticale d'hiver		Mais	
	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1995	1995	1995	1994	1994	1995
Vorfucht/ Culture précédente Bodenbearbeitung/ Préparation du sol - Pflug/Charrue - Kreiselegge + Drille/ Herse rot.+Semoir - Kulturegge/Herse - Semavator	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain	Körnermais Mais grain
	18.3.94	18.3.94	18.3.94	6.4.95	18.3.94	18.3.94	14.10.94	14.10.94	14.10.94	28.4.94	28.4.94	ja ja
Sorte/Variété	SOROM	TRITANO	TRITANO	TRITANO	ALFRED	MOTTO	PREGO	Dk 205	Dk 205	Dk 205	Dk 205	Dk 205
Aussaat/Semis	18.3.94	18.3.94	18.3.94	6.4.95	18.3.94	14.10.94	14.10.94	14.10.94	14.10.94	3.5.94	3.5.94	29.4.95
Saatstärke (Körner/m²)	460	400	400	390	400	430/380	430/380	430/380	430/380	11	11	10,4
Densité (grains/m²)												
Saatmenge/Dose de semis (kg/ha)	-	-	-	17	-	(17)	(17)	(17)	(17)	75	75	75
Reihenabstand/ Ecartement (cm)												
Pflegemaßnahmen/ Protection des plantes - Herbizid	<i>Bofix</i> 2,5 l/ha (24.5.94)	<i>Bofix</i> 2,5 l/ha	<i>Bofix</i> (24.5.94)	<i>Bofix</i> 2,5 l/ha (24.5.94)	<i>Bofix</i> 2,5 l/ha (24.5.94)					<i>Lasso GD</i> 3,5 l/ha (5.5.94)	<i>Lasso</i> 4,5 l/ha + <i>Atrazin</i> 1 kg/ha	

Annexe 5: Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflanzung und Pflegemaßnahmen/ Préparation du sol, semis et protection des plantes - Binsdorf 1994 und 1995

	S-Roggen		S-Triticale		Hafer		Mais		W-Roggen		W-Triticale		Dt. Weidelgras		Topinambur		Weiden	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
Bodenbearbeitung																		
- Grubber/	10/93		10/93		10/93		10/93		18.8.94		18.8.94		18.8.94					
Cultivateur									Grubber		Grubber		Grubber					
- Pflug/Charrue	10/93		10/93		10/93		10/93		9.9.94		9.9.94		9.9.94					
- Saatbett-		28.3.95	18.3.94		18.3.94		18.3.94											
kombination		Fräse																
- Kreiselege/	+								28.4.95		19.9.94		19.9.94					
Herse rotative																		
Sorte/Variété	SOROM	SOROM	TRITANO	GRAMENA	DK 196	DK 196	DK 196	DK 196	MOTTO	PREGO	LIPRIOR	WALD-SPINDEL	Salix viminalis					
Aussaat, Pflanz./	24.3.94	5.4.95	24.3.94	24.3.94	24.3.94	24.3.94	24.3.94	4.5.94	23.9.94	23.9.94	31.3.94	7.5.94	4.5.94					
Semis, Plantation																		
Saatstärke (K./m ²)	350	460	340		370		10	12	320	300								
Densité (gr./m ²)		160							160	140	25							
Saatmenge/Dose de semis kg/ha																		
Pflanzen,																		
Plantes/m ²																		
Reihenabstand/ Ecartement (cm)	12,5	11	12,5		12,5		75	74	11	11								
Pflanztechnik/ Méthode de plant.																		
- Herbizid	Orkan 1,0 l/ha, Gropper 35g l/ha (1.6.94)	Tristar 1,5 l/ha (4.5.95)	Orkan 1,0 l/ha, Gropper 35g l/ha (1.6.94)	Orkan 1,0 l/ha, Gropper 35g l/ha (1.6.94)	Orkan 1,0 l/ha, Gropper 35g l/ha (1.6.94)	Cato 33 g/ha Certrol B 0,75 l/ha (7.6.94)	Cato 33 g/ha Certrol B 0,75 l/ha (7.6.94)	Buctril 0,75 l/ha (26.6.95) Hacke (4.7.95)	31/ha (24.11.94) Tristar 1,5 l/ha (7.4.95)	31/ha (24.11.94) Tristar 1,5 l/ha (7.4.95)	Schröpfungsmitt/ Coupe de soin	Basta 1,5 l/ha (15.6.94)	Basta 1,5 l/ha (15.6.94)					

Annexe 6: Bodenuntersuchung und Düngung/Analyse du sol et fertilisation - Müllheim 1994 - Einjährige Kulturen/Cultures annuelles

	Orge d'hiver		Seigle d'hiver		Triticale d'hiver		Avoine		Maïs		Colza d'hiver		Tournesol	
	27.7.93	12.8.94	27.7.93	12.8.94	27.7.93	12.8.94	28.10.93	12.8.94	27.7.93	12.8.94	27.7.93	12.8.94	27.7.93	12.8.94
P ₂ O ₅ mg/100g	8	14	13	18	10	12	13	15	12	11	18	15	16	16
K ₂ O mg/100g	24	24	19	26	28	23	19	24	27	17	27	27	14	19
Mg mg/100g	8	9	9	10	8	9	9	9	8	8	10	9	11	9
pH	5,7	5,9	6,5	6,1	5,7	5,8	6,5	6,8	5,6	6,8	6,1	5,9	6,3	6,1
Humus %	1,6	1,7	1,5	1,9	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,7	1,9	1,9	1,5	1,8
N totale %		0,12		0,13		0,12		0,11		0,10		0,13		0,13
N _{min} (kg N/ha)	1.2.94	28.7.94	10.1.94	28.7.94	10.2.94	28.7.94	10.2.94	28.7.94	6.4.94	7.11.94	10.2.94	28.7.94	20.4.94	7.11.94
0-30 cm	14,6	18,0	13,4	10,4	18,4	15,6	13,4	8,3	28,0	29,6	12,2	33,8	13,3	5,7
30-60 cm	10,8	7,5	13,8	4,1	19,5	4,5	13,8	3,1	9,3	25,8	15,4	8,2	15,2	6,3
60-90 cm	11,9	3,9	15,5	3,6	21,2	6,3	15,5	3,1	5,3	5,4	19,8	7,7	10,3	4,3
Total	37,3	29,4	42,7	18,1	59,1	26,4	42,7	14,5	42,6	60,9	47,4	49,7	38,8	16,3
Düngung/Fertilisation kg/ha														
N 1. dose	60	3.3.94	60	3.3.94	60	3.3.94	60	29.3.94	40	1.5.94	80	10.2.94	50	28.4.94
2. dose	30	7.4.94	30	7.4.94	30	7.4.94	40	9.5.94	80	14.6.94	40	11.3.94	50	
Total	90		90		90		100		120		120		50	
P ₂ O ₅	120	19.1.94	120	19.1.94	120	19.1.94	120	19.1.94	120	19.1.94	120	19.1.94	0	0
K ₂ O	160	19.1.94	160	19.1.94	160	19.1.94	160	19.1.94	160	19.1.94	160	19.1.94	0	0
MgO	24	19.1.94	24	19.1.94	24	19.1.94	24	19.1.94	24	19.1.94	24	19.1.94	0	0

Annexe 8: Bodenuntersuchung und Düngung/Analyse du sol et fertilisation - Müllheim 1994 und 1995

- Mehrjährige Kulturen/Cultures pluriannuelles

	Energiegras/Herbes		Topinambur/Topinambour		Weiden/Saules		Miscanthus
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	
	3.9.92	15.9.95	14.2.92	1.2.95	27.7.93	1.2.95	15.9.95
P ₂ O ₅ mg/100g	11	17	12	15	15	14	17
K ₂ O mg/100g	17	18	14	22	15	15	25
Mg mg/100g	8	12	5	12	12	11	9
pH	7,1	6,4	5,8	6,7	6,5	6,6	6,3
Humus %	1,5	2,1		2,3	2,4	2,4	1,7
N total %	0,14	0,16		0,14		0,14	0,12
	8.3.94	10.7.95	8.3.94	14.2.95	* 2-jähriger Umtrieb/1. récolte (2 ans)		4.5.95
N _{min} (kg N/ha)	3,9	4,2	9,4	10,0	20.4.94	7.11.94	15.2.95
0-30 cm	2,0	2,0	6,6	13,3	4,5	4,3	5,4
30-60 cm	2,0	2,0	5,3	8,0	8,1	3,1	4,7
60-90 cm	7,9	8,2	21,3	31,3	3,9	2,5	4,5
Total					16,5	9,9	14,5
	80	80	80	80			40
N	11.3.94	15.3.95	11.3.94	15.3.95			23.5.95
P ₂ O ₅	120	120	120	120			60
K ₂ O	160	160	160	160			150
MgO	24	24	24	24			20
	19.1.94	15.3.95	19.1.94	15.3.95			14.3.95
Düngung/Fertilization kg/ha	11.3.94	15.3.95	11.3.94	15.3.95			14.3.95

Annexe 9: Bodenuntersuchung und Düngung/Analyse du sol et fertilisation - Vendenheim und Binsdorf 1994

	Vendenheim alle Kulturen Toutes cultures		Binsdorf				Weiden Saules			
	So.-Roggen Seigle de print.	So.-Triticale Triticale de print. Bodenuntersuchung/Analyse du sol	Hafer Avoine	Mais Maïs	Topinambur Topinambur	Energiegras Herbes				
P ₂ O ₅ mg/100g	18.8.94 15	18.8.94 5	18.8.94 4	25.11.94 7	25.11.94 9	25.11.94 3	25.11.94 3			
K ₂ O mg/100g	16	8	6	15	13	18	14			
Mg mg/100g	10	9	12	15	8	12	11			
pH	7,5	6,5	6,7	5,6	7,3	6,7	6,7			
Humus %	8,8	8,5	10,1							
N total %	0,48	0,48	0,58							
N _{min} (kg N/ha)	24.3.94 36	24.3.94 35	24.3.94 37	25.4.94 28	30.11.94 233	30.11.94 9	30.11.94 33			
0-30 cm	SR	ST	H	Ma						
30-60 cm	27	24	21	43	25	18	38			
60-90 cm	21	21	21	44	21	10	34			
Total	84	86	124	82	56	117	70			
Düngung/Fertilisation kg/ha										
	Seigle de pr. Trit. de pr. Avoine	Maïs								
N	80 (18.3.94)	120 (3.5.94)	30	24.5.94	30	24.5.94	45	24.5.94	45	24.5.94
2. Dose	-	-	-	17.6.94	-	17.6.94	-	-	-	-
Total	80	120	30	52	30	75	45	45	45	45
P ₂ O ₅	0	0	30	24.5.94	30	24.5.94	45	24.5.94	45	24.5.94
K ₂ O	0	0	30	17.6.94	30	17.6.94	30	17.6.94	45	24.5.94
MgO	0	0	30	24.5.94	30	24.5.94	45	24.5.94	45	24.5.94
	0	0	22	17.6.94	22	17.6.94	30	17.6.94	45	24.5.94
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 10: Bodenuntersuchung und Düngung/Analyse du sol et fertilisation - Gamsbheim und Binsdorf 1995

	Gamsbheim alle Kulturen Toutes cultures	Sommer-Roggen Seigle de printemps			Winter-Roggen Seigle d'hiver		Winter-Triticale Triticale d'hiver		Mais Maïs		Energiegras Herbes		Topinambour Topinambour		Weiden Saules		
		11.3.95	? 8.95	11.3.95	? 8.95	11.3.95	? 8.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	11.3.95	
Bodenuntersuchung/Analyse du sol																	
	5.4.95																
P ₂ O ₅ mg/100g	20																
K ₂ O mg/100g	24																
Mg mg/100g	50																
pH	7,8																
Humus %	3,4																
N total %																	
N _{min} (kg N/ha)																	
0-30 cm	10	14	27	9	18	119	161	13	4	15	4	16	15	16	16	11.3.95	
30-60 cm	12	22	11	7	22	40	50	20	2	9	2	17	9	17	17	11.3.95	
60-90 cm		25	5	5	22	6	10	12	1	5	1	0	5	0	0	11.3.95	
Total	22	61	43	21	62	165	221	45	7	29	7	33	29	33	33	11.3.95	
Düngung/Fertilisation kg/ha																	
	15.3.95																
N 1. Dose	100	60	8.5.95	60	60	5.4.95	60	60	60	6.5.95	60	4.5.95	60	60	60	11.3.95	
N 2. Dose																	
N Total	100	60		60	60		90	120	60		60		60	60	60	11.3.95	
P ₂ O ₅	0	120		120	120		120	120	120		120		120	120	120	11.3.95	
K ₂ O	0	180		180	180		180	180	180		180		180	180	180	11.3.95	
MgO	0	30		30	30		30	30	30		30		30	30	30	11.3.95	

Annexe 11: Angaben zur Ernte von Energieganzpflanzen/Données de récolte - Müllheim 1993/94 und 94/95

	Wintergerste Orge d'hiver		Winterroggen Seigle d'hiver		Wintertriticale Triticale d'hiver		Sommer -Roggen Seigle de print.		Sommer Triticale de print.		Hafer		Mais		Raps Colza		Sonnen- blumen Tour- nesol		Energiegras Herbes		Topinambour (tiges)		Weiden (2-j.) Saules (2 ans)		Weiden (3-j.) Saules (3 ans)				
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	
Date de récolte /Ernte	8.7.	8.7.	25.7	26.7.	25.7	26.7.	4.8.	4.8.	25.7.	25.7.	1.2.95	1.2.95	25.7.	25.7.	24.6.	1.7.	26.01.95	26.01.95	24.6.	1.7.	26.01.95	26.01.95	8.2.95	8.2.95	8.2.95	8.2.95	8.2.95		
Erntefeuchte (TS %)	80	85,8	94	93,8	95	88,1	92,5	92,1	85	75	99	76	97	92,7	64	54,5													
Humidité réc. (%MS)	92	88,5	92	89,8	92	89,3	88,6	89,3	92	82	91																		
Plante entière/Ganzpfl.	71,5	97,0	94,7	72,0	88,3	114,9	43,3	74,0	83,2	125,2	35,4	35,0	86,4	62,3	84,6	50,6													
Grains/Korn	31,0	32,0	35,5	28,2	28,0	29,3	8,1	14,3	44,2	67,8	6,4	0																	
Rendement (q MS/ha)	40,5	65,0	59,2	43,8	60,3	85,6	35,2	59,7	39,0	57,4	29,0	35,0			84,6														
Ertrag ges. (TS dt/ha)	1	2		0				1	nn	100%																			
Grains(1);Paille	1,3	2,0	1,7	1,6	2,2	2,9	4,3	4,2	0,9	0,9	4,3																		
Kornverluste (dt/ha)	nn	131,7	nn	116,5	nn	125,0	nn	nn	nn	151,2																			
Korn (=1) : Stroh																													
Rend. pot. (q MS/ha)																													
Ertragspotent. (dt/ha)																													
dont grains (q MS/ha)																													
davon Korn (dt/ha TM)																													
Méthode de récolte	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	
Ernteverfahren	Schwadleger	Schwadleger	Schwadleger	Schwadleger	Schwadleger	Schwadleger	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	Schwadl.	
- Balles/Ballen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
ø Haut. chaume (cm)	17	27	17	30	16	26	18	18	19	7	41	6	6	9	5														
ø Stoppelhöhe (cm)																													
Dim.balles/ Ballenmass																													
Longueur / Länge	220	170	170	170	170	170	170	170	170	170	165	165	200																
Largeur / Breite	125	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	125																
Hauteur / Höhe (cm)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70																
Balles/ha / Ballen/ha	19	39	39	38	38	38	38	38	38	38	20	20	29																
Densité espace (q/m³)																													
Raumgewicht (dt/m³)																													
Balles/Ballen (86%TS)	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,4	1,3	1,9																
Haché/Häcksel (86%TS)	1,4	1,3	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,3	1,3	1,0																

Annexe 12: Angaben zur Ernte von Energieganzpflanzen/Données de récolte - Vendenheim (V) und Binsdorf (B) 1994

	Seigle de printemps/ So-Roggen		Triticale de printemps/ So.-Tritic.		Avoine/ Hafer		Mais / Mais		Topinambour/ Topinambur	
	V	B	V	B	V	B	V	B	V	B
Date de récolte /Ernte	04.08.1994	16.08.1994	04.08.1994	16.08.1994	04.08.1994	16.08.1994	01.95	02.02.1995		2.3.95
Humidité / Feuchte (% MS)										
Plante entière / Ganzpfl.	93	91	92	90	91	90	66	72		88
Grains / Korn	88	86	88	86	85	86		78		
Rendement /Ertr.(q MS/ha)	71,9	44,7	70,5	49,6	65,4	64,6	130,7	109,3	10,8	10,8
Grains / Korn	29,1	12,9	31,7	14,5	33,9	26,9		64,2		
Paille / Stroh	42,4	31,8	38,8	35,1	31,5	38,0		45,1		10,8
Perte de grains (q MS/ha)	nn	9	nn	5	nn	11	nn	nn		
Kornverluste (dt/ha TM)	1,5	2,4	1,3	2,3	0,9	1,4		0,7		
Grains(1): Paille										
Korn (=1): Stroh										
Méthode de récolte/	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	manuel	manuel		fauchage
Ernteverfahren	balles	balles	balles	balles	balles	balles				balles
Hauteur chaume (cm)	22	18	25	15	23	18	6	7		
Stoppelhöhe (cm)										
Dimensions balles (cm)										
Ballenmaße (cm)										
Longueur / Länge	180	200	180	200	180	230				140
Largeur / Breite	80	120	80	120	80	120				80
Hauteur Höhe	85	70	85	70	85	70				50
Balles/ha / Ballen/ha	36	16	36	16	28	16				20
Densité espace (q/m³)										
Raumgewicht (dt/m3)	1,9	1,5	1,8	1,7	2,0	2,4				1,2
Balles (86% MS)										
Ballen (86% TS)										

Annexe 13: Angaben zur Ernte von Energieganzpflanzen/Données de récolte - Gamsheim (G) und Binsdorf (B) 1995

	W.Roggen Seigle d'hiver		W.Triticale Triticale d'hiver		S.Roggen Seigle de printemps		S.Triticale Triticale de printemps		Maïs / Maïs		Energiegras Herbes		Topinambur Topinambour	
	G	B	G	B	B	B	G	G	G	B	B	B	B	B
Date de récolte / Ernte	1.8.95	18.8.95	1.8.95	18.8.95	18.8.95	18.8.95	1.8.95	1.8.95	18.10.95			22.6.95		
Humidité/Feuchte (% MS)														
Plante entière / Ganzpfl.	87,9	96,4	88,4	96,5	92,0	92,0	74,4					90,1		
Grains / Korn	87,9		88,0				nn							
Rendement (q MS/ha)	74,9	91,4	53,8	121,4			29,2	43,8				52,9		
Ertrags (dt/ha TM)														
Grains / Korn	29,0	23,5	21,6	21,1			7,7	22,1						
Paille / Stroh	45,9	67,9	32,2	90,3			21,5	21,7						
Perte de grains (q MS/ha)														
Grains(1): Paille	1,6	2,6	1,5	2,9	5,1	5,1	2,8							
Korn (=1): Stroh														
Rendement pot.(q MS/ha)	nn	134,8	nn	152,2	83,9	83,9	nn			151,8			197,0	
Ertragspotential (dt/haTM)														
dont grains / dav. Korn		37,3		38,9	13,7	13,7				22,6				
Méthode de récolte	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	andaine	manuell					fauchage	
Ernteverfahren	balles	balles	balles	balles	balles	balles	balles	balles					balles	
Hauteur chaume (cm)	22	26	22	18	28	28	28							
Stoppelhöhe (cm)														
Dimensions balles (cm)														
Ballenmaße (cm)														
Longueur / Länge	100		105											
Largeur / Breite	80		80											
Hauteur / Höhe	80		80											
Balles/ha / Ballen/ha														
Densité espace (q/m³)														
Raumgewicht (dt/m³)														
Balles/Ballen (86% TS)														

Annexe 14: Pflanzenmerkmale, Ertragskomponenten und Krankheiten/Qualités des plantes et maladies - Müllheim 1993/94 und 94/95
- Einjährige Kulturen/Cultures annuelles

	Orge d'hiver		Seigle d'hiver		Triticale d'hiver		Avoine		Seigle de pr.		Triticale de print.		Mais		Colza d'hiver		Tournesol	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
Semis / Saat	27.9.93	6.10.94	29.10.93	6.10.94	29.10.93	6.10.94	10.3.94	10.3.94	16.3.95	16.3.95	4.4.95	4.4.95	1.5.94	1.5.94	2.9.93	2.9.93	25.4.94	25.4.94
Levée / Aufgang	8.10.93	17.10.94	1.12.93	16.10.94	1.12.93	18.10.94	29.3.94	29.3.94	10.4.95	10.4.95	18.4.95	18.4.95	16.5.94	16.5.94	8.9.93	8.9.93		
Taux de levée / Dichte		282		222		212			51		334							
Épauison / Ährenschieb.		4.5.95		2.5.95		15.5.95			28.5.95		6.6.95							
Maturité jaune / Gelbr.	24.6.94	26.6.95	12.7.94	14.7.95	11.7.94	18.7.95	8.7.94	8.7.94	28.7.95		31.7.95		mm		mm		mm	
Maladies, parasites (1-9)	Blatt	Rhyncho-	Blatt	Hähnh. 5	Blatt	Hähnh. 4	Blatt	Blatt	Hähnhchen 4		Hähnhchen 3		Beulenbrand		Beulenbrand			
Krankh., Schäd. (1-9)	sporium 7		Braunrost	4					Braunrost 3				Zünsler		Zünsler 2			
A la récolte: / bei Ernte																		
- Hauteur pl. / Höhe (cm)	127	117	170	158	126	134	134	134	186		118		207		173		167	
- Verse (1-9) / Lager	1	6	2	7	1	4	1	1	2		1		8		2		5	
- Retard maturité de la paille (1-9)	1	3	2	2	2	2	4	4	2		3		2		9		1	
- Tiges/m ² Ähren/m ²	489	660	387	453	494	460	389	389	174		336		9		33		5	
- Dégâts / Schäden													Jagd					
PMG/TKG g (86 %TS)	62		37	30	38	35	32	32	38		40		320		331		mm	
Poid plante individuelle /Gew. Einzelpfl. g (86% TS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-		162		176		85	

- Mehrjährige Kulturen/Cultures pluriannuelles

	Herbes/Energiegras		Topinambour		Miscanthus		Saules/Weiden	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
Semis, plantation/Saat, Pfl.	3.5.93	3.5.93	5.4.93	5.4.93	24.5.95	24.5.95	19.4.93	19.4.93
Début végétation/Veg. beg.								
Maladies, parasites (1-9)	-	Wühlmaus 3	Echter Mehltau	Echter Mehltau 3			Große Weidenrindenlaus	3.3.95
A la récolte:								
- Hauteur plante (cm)	152	171	287	287			355	
- Verse / Lager (1-9)	3	7	9	9			1	
- Tiges/m ²	-	-	44	44			4	
Poids plante individuelle	-	-	24	24				
Einzelpflanzenengewicht g (86% TS)								

Annexe 15: Pflanzenmerkmale, Ertragskomponenten und Krankheiten/Qualitäts des plantes et maladies

- Vendenheim (V) und Binsdorf (B) - 1994

	Seigle de printemps / Sommerroggen		Triticale de printemps / Sommertriticale		Avoine / Hafer		Mais / Mais		Topinambour / Topinambour	
	V	B	V	B	V	B	V	B	V	B
Semis, plantation / Saat, Pflanzung	18.3.94	24.3.94	18.3.94	24.3.94	18.3.94	24.3.94	3.5.94	4.5.94	7.5.93	28.5.93
Levée / Aufgang										
Maturité jaune / Gelbreife		23.7.94		30.7.94		30.7.94				
Maladies, parasites / Krankheiten, Schädlinge		Mutterkorn					Zünsler	Zünsler Vogel		(Falscher) Mehltau
A la récolte / b. d. Ernte:										
- Hauteur plante / Pfl. Höhe (cm)	136	172	102	110	118	112	200	230	297	
- Tiges/m ² / Stengel/m ²	364	475	304	570	276	500	11	8	18	
- Verse (1-9) / Lager (1-9)	6	3	2	1	1	2	3	8		
- Dégâts / Schäden					Wild		Wild	Wild		
PMG / TKG g (86 % TS)	32	36	47	56	31	35	235	316	316	50
Poid plante individuelle Einzelpflanzengewicht g (86 % TS)								163		

- Gamsheim (G) und Binsdorf (B) - 1995

	Seigle d'hiver Winterroggen		Triticale d'hiver / Wintertriticale		Seigle de printemps Sommerroggen		Triticale de print. Sommertriticale		Mais / Mais		Herbes Energiegras		Topinambour Topinambour	
	G	B	G	B	B	G	G	B	G	B	B	B	B	B
Semis, plantation / Saat, Pflanzung	14.10.94	23.9.94	14.10.94	23.9.94	5.4.95	6.4.95	6.4.95	6.4.95	6.5.95	31.3.94	7.5.94	7.5.94	7.5.94	
Levée / Aufgang	26.10.94	lückig	28.10.94	lückig	5.8.95				normal					
Maturité jaune / Gelbreife		21.7.95		26.7.95										
Maladies, parasites / Krankheiten, Schädlinge														
A la récolte / b. d. Ernte:														
- Hauteur plante / Pfl. Höhe (cm)	152	167	112	134	176	82	160	252	90	259				
- Tiges/m ² / Stengel/m ²	328	750	324	625	450	178	11	11	11	84				
- Verse / Lager (1-9)	2	8	2	7	2	1			8					
- Dégâts / Schäden		1 Fahrspur		1 Fahrspur	Nässeschäden 3 „Säspuren“				Schwarzwild 7					
PMG / TKG g (86 % TS)	32	31	37	30	35	44,3								
Poid plante individuelle Einzelpflanzengewicht g (86 % TS)														