

Roggen für die Bioethanolproduktion

B. Stölken

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Acker- und Pflanzenbau, 18276 Gülzow

Einführung

Winterroggen ist im Vergleich zu Winterweizen und Wintergerste die ertragssicherste und ertragsstärkste Getreideart auf den leichtesten und leichten Standorten Mecklenburg-Vorpommerns, Brandenburgs, Sachsen-Anhalts und Niedersachsens. Er ist dort im Anbau nicht mehr wegzudenken oder zu ersetzen. Weiterhin hat Roggen seine Anbauberechtigung auf mittleren und guten Böden der D-Standorte. Seine wichtigsten Vorteile gegenüber anderen Getreidearten sind die gute Frost- und Kälteresistenz und die geringere Empfindlichkeit gegenüber der Sommertrockenheit.

Im Erntejahr 2004 wurde in Deutschland Roggen auf 621 Tausend ha angebaut. Im Jahr zuvor war es eine um 72 Tausend ha kleinere Fläche (Tab 1). Von den 621 Tausend ha hat man 3,8 Mio. t geerntet. Im Jahr 2003 wurden 2,3 Mio. t eingebracht. Dieser Mengenzuwachs 2004 ergab sich durch die Flächenerweiterung und durch die hohen Erträge von 61,3 dt/ha. Für die Landwirte wirkte sich diese Roggenmenge negativ aus, denn die Erzeugerpreise gaben stark nach.

Tabelle 1: Anbauflächen und Erntemengen von Roggen in Deutschland und M-V

Erntejahr	Fläche 1000 ha	Erntemenge 1000 t	Anteil MV an der Erntemenge	
			1000 t	%
1999	748	4.329	651	15
2000	843	4.154	563	14
2001	837	5.132	737	14
2002	728	3.666	467	13
2003	531	2.279	264	12
2004	621	3.761	416	11

(Angaben nach ZMP)

Mecklenburg-Vorpommern war im Erntejahr 2004 mit 11 % am Roggenaufkommen Deutschlands beteiligt und ist damit einer der führenden Roggenerzeuger. Zustande kommt dieses hohe Aufkommen durch den hohen Anteil an Sandstandorten.

Aus der deutschen Roggenbilanz geht hervor, dass jährlich von der Lebensmittelindustrie 0,9 Mio. t und von der Futtermittelindustrie 1,6 Mio. t verarbeitet werden (Tab. 2). Mit der restlichen Menge von etwa 2,0 Mio. t, die früher in die Intervention gingen, müssen sich die Landwirte stärker als bisher dem Markt stellen.

Tabelle 2: Gesamtbilanz von Roggen in Deutschland (Mio. t)

Wirtschaftsjahr	verwendbare Erzeugung	Futter	Nahrung	Saatgut industrielle Verwertung Verluste	Rest
1999/00	4,291	1,038	0,948	0,254	2,051
2000/01	4,208	1,255	0,920	0,235	1,798
2001/02	5,172	1,564	0,924	0,239	2,445
2002/03	3,700	1,563	0,910	0,170	1,057
2003/04	2,303	1,240	0,919	0,147	- 0,003
2004/05	3,761	-	-	-	-
Mittel	3,904	1,356	0,926	0,225	-

(Angaben nach ZMP)

An Interventionsroggen wurde die Forderung „Brotroggenqualität“ gestellt. Dieser Roggen steht heute der Mischfutterindustrie zur Verfügung. Sie muss also nicht mehr wie bisher üblich nicht-interventionsfähige Ware mit zum Teil geminderten Qualitäten verarbeiten. Andererseits erbrachten Interventionsverkäufe dem Landwirt gesicherte Erlöse, die teilweise höher waren als die am Markt erzielten Futterroggenpreise.

Alternative Verwertungsmöglichkeiten

In Deutschland wird mittelfristig mit einer Roggenproduktion von 3,0 bis 3,5 Mio. t auf einer Fläche von 600 bis 700 Tausend ha gerechnet. Unter dieser Voraussetzung würde bei der Beibehaltung des jetzigen Verbrauchs in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie ein Überhang von etwa 1,0 Mio. t verbleiben, der alternativen Verwertungsmöglichkeiten zugeführt werden muss.

So könnte z. B. sehr schnell eine größere Menge von Roggen ins Mischfutter gegeben werden, denn viele Fütterungsversuche haben immer wieder gezeigt, dass die weit verbreiteten alt hergebrachten Vorurteile gegenüber dem Roggen als hochwertigem Futtermittel nicht gerechtfertigt sind. Gegenüber der jetzigen Praxis wäre es durchaus möglich, von gegenwärtig 10 % eingesetztem Roggen in der Mischfutterindustrie unproblematisch die doppelte Menge zu verwenden. In Rationen der Rinder- und Schweinemast sind Anteile bis zu maximal 60 % denkbar, ohne dass sich Beeinträchtigungen in der Fütterung bemerkbar machen, wie zahlreiche Fütterungsversuche belegen. Selbst extremste Roggenrationen führten in diesen Mastversuchen nicht zu wesentlichen Leistungseinbußen.

Eine andere Verwertungsmöglichkeit läge in der stofflichen Nutzung des Roggens. Schon heute werden kommerziell Dämmplatten und Dämmstoffe (Ceralith), sowie Pflanzplatten produziert.

Eine weitere durchaus interessante Alternative, die in letzter Zeit von den Fachleuten immer häufiger diskutiert und umgesetzt wird, ist es, Roggen als Rohstoff in der Bioethanolproduktion einzusetzen. Dies ist zurzeit besonders attraktiv, da die Bundesregierung Biokraftstoffe befristet bis 2009 von der Mineralölsteuer befreit hat und nach der Biokraftstoffrichtlinie der EU der Anteil von Biokraftstoffen bis 2010 schrittweise auf 5,75 % erhöht werden soll.

Bioethanol aus Roggen

Der Erzeugung von Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen kommt heute schon in den Vereinigten Staaten von Amerika, Brasilien und Frankreich eine große Bedeutung zu. In Deutschland konzentrieren sich gegenwärtig die Arbeiten auf die Planung und den Bau neuer Bioethanolanlagen, die als Brennereirohstoff Getreide, einschließlich Roggen, einsetzen möchten. Modernste Bioalkoholherstellungsverfahren basieren auf der Umwandlung von stärkehaltigen Ausgangsstoffen unter Zusatz von industriell hergestellten mikrobiellen Enzymen in fermentierbare Glucose und weiter zu Äthanol. Daher ist der Stärkegehalt des Rohstoffes, z. B. Getreide, wichtig bzw. seine Ethanolergiebigkeit, d.h. dem Anteil an vergärbarer Stärke.

Wichtige Arbeitsschritte in Getreidebrennereien sind der Aufschluss, die Verzuckerung, die Vergärung und die Destillation. Der Aufschluss des Rohstoffs kann nach drei unterschiedlichen Verfahren, dem Kaltmaisverfahren (Maischen bei Verzuckerungstemperaturen), dem Kochverfahren und dem Hochdruckdampfverfahren vorgenommen werden. Insbesondere Kaltmaisverfahren sind sehr kostengünstig und einfach zu handhaben. Sie sind mit einem sehr geringen Energieverbrauch verbunden, der die Produktionskosten erheblich reduziert. Kaltmaisverfahren arbeiten bei Verzuckerungstemperaturen von 50 bis 65 °C, wo vor allem die korneigenen Enzyme genutzt werden können. Die Lösung und Verzuckerung der Kohlenhydrate erfolgt hier in einem Arbeitsgang.

Speziell Roggen und Triticale können bereits im nativen Zustand, also ungemälzt, höhere amylytische Aktivitäten als andere Getreidearten haben, die ausreichend sind um die im Korn enthaltene Stärke zu vergärbaren Zuckern abzubauen. Diese Eigenschaft kann mit spezi-

ellen Roggen- und Triticalesorten im Kaltmaisverfahren besonders genutzt werden. Damit könnten die Kosten für industriell hergestellte Verflüssigungsenzyme, die üblicherweise 30 bis 50 % der Kosten des Maischens ausmachen, erheblich reduziert werden. Roggenpartien mit erhöhten Hydrolaseaktivitäten, speziell Amylaseaktivitäten, können daher besonders vorteilhaft sein. Enzymarme Roggen mit hoher Agglomeration der Stärke und Nichtstärkepolysaccharide (NSP) und damit verbundenen hohen Fallzahlen und Amylogrammen sind eher weniger geeignet für dieses energiesparende Kaltmaisverfahren. Mischungen aus Roggen und Triticale sind besonders gut für dieses Aufschlussverfahren geeignet.

Roggen der in der Bioethanolproduktion verwendet wird, muss nicht die hohe Qualitätsstufe „Brotroggen“, eine Fallzahl, politisch gewollt, von 120 s, erreichen. Ein Roggen in der Bioethanolproduktion sollte eine mittlere Fallzahl haben, einen hohen Stärkegehalt (>60 % i. TM) mit nicht zu hohem Polymerisationsgrad und einen niedrigen NSP-Gehalt.

Sehr niedrige Fallzahlen von < 75 s deuten auf eine erhöhte Aktivität von korneigenen Enzymen hin. Partien mit starkem Auswuchs, mit Fallzahlen < 60 s, haben niedrige Stärkegehalte, da die beginnende Keimung die Stärke abbaut und veratmet. Schwacher Auswuchs dagegen bringt gärungstechnische Vorteile, denn leicht erhöhte Enzymaktivitäten im Roggenkorn führen zu einem geringeren Bedarf an mikrobiellen Enzymen besonders im Kaltmaisverfahren.

Die im Roggen mehr als in anderen Getreidearten vorkommenden stark quellenden und schäumenden Schleimstoffe (lösliche NSP) und die viskositätserhöhenden und stark wasser-aufnehmenden Hemicellulosen (NSP), können den enzymatischen Abbau der Stärke beim Aufschluss stark verzögern und führen zu verminderten Ethanolausbeuten. Daher sind relativ geringe Pentosangehalte, einem Bestandteil der NSP, erwünscht. Ihre Fähigkeit, große Mengen an Wasser zu binden, führt außerdem zu einer drastischen Erhöhung der Maischeviskosität. Dadurch wird das Rühren und Kühlen der Maischen wesentlich erschwert und es kann zu einer verlängerten Prozessdauer infolge einer verzögerten Angärung der Maischen und eines langsameren Gärverlaufs kommen. Es steigt damit das Risiko einer Maische-Infektion. Um dies zu verhindern stehen heute umfangreiche Sortimente an NSP-abbauenden Enzymen zur Verfügung. Auch hohe Fettgehalte können außerdem für eine nahezu schaumfreie Gärung sorgen, da Fette auf den Maischen schwimmen und schaumzerstörend wirken.

Neben den zuvor beschriebenen Eigenschaften werden von einem Roggen für die Bioethanolproduktion eine gute Kornausbildung, ein hohes Tausendkorngewicht und ein hohes Hektolitergewicht erwartet. Dies weist auf einen geringen Schalenanteil und einen hohen Stärkegehalt hin. Außerdem wird von zu verarbeitenden Roggenpartien ein hoher technischer Reinheitsgrad gefordert (Verunreinigungen führen zu Störungen des Gärungsverlaufs) sowie Kornfeuchtegehalte von etwa 15 % sind gewünscht. Die Proteingehalte sind in der Bioethanolproduktion weniger wichtig, aber für den eventuellen Weiterverkauf der Schlempe als Viehfutter von Bedeutung.

Roggenuntersuchungen

Qualitätsergebnisse von uns untersuchter Roggensorten aus den Landessortenversuchen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt. In diesen ist neben den Erträgen und den Stärkegehalten auch der errechnete Ethanolertrag von einem Hektar angegeben. Es zeigt sich, dass es also möglich wäre eine errechnete theoretische Menge von bis zu 32 hl Ethanol von einem Hektar zu erzeugen. Da die Ethanolausbeute je Hektar, wie ersichtlich, wesentlich vom Korn-ertrag der Fläche abhängt, sind Sorten mit einem hohen Korn-ertragspotential bei einer hohen Tausendkornmasse (TKM) und einem hohen Stärkegehalt zu bevorzugen. Außerdem sind eine standortgerechte Sortenwahl und eine gute Standfestigkeit des Roggens von Bedeutung. Eine gute Krankheitsresistenz sowie hohe Enzymaktivitäten unter natürlichen Bedingungen sind weitere zu beachtende Sorteneigenschaften.

Weiterhin sind der Stärke- und Proteingehalt bestimmt worden. Die Stärkegehalte bewegen sich in dem untersuchten Probensortiment zwischen 54,9 und 64,2 % i. TM und die Proteinwerte liegen zwischen 8,7 und 13,2 % i. TM. Die Mittelwerte liegen bei der Stärke bei 60,9 %

und beim Protein bei 10,6 %. Weiterhin wurden die Pentosangehalte ermittelt, die sich zwischen 7,1 und 9,0 % i.TM bewegen. Der Mittelwert beträgt 8,1 %. Der Pentosangehalt (Ballaststoffe) im Roggen für die Brennerei sollte im Gegensatz zum Roggen für Nahrungsmittelproduktion möglichst niedrig gehalten werden.

In der Brennerei ist es erwünscht, viel Stärke in der Maische pro Schüttung zu haben. So sollten die Partien mit einem hohen Stärkegehalt bzw. einer hohen Ethanolergiebigkeit ausgewählt werden. Dies sind Sorten mit einem hohen TKM bei ausgeglichener Korngrößenverteilung und einem hohen Hektolitergewicht (HLG). Roggensorten, die sich etwas hervorheben sind Picasso, Rasant, Nikita und Caroass (Tab. 4).

Im Produktionsverfahren Roggen für die Bioethanolproduktion sollte die Stickstoffdüngung vor allem ertragsorientiert erfolgen und sich in ihrer Höhe nach dem Entzug bzw. dem Ertragsniveau richten (Tab. 5). Um hohe Proteingehalte im Korn zu vermeiden, sollte auf eine späte Stickstoffdüngung nach dem Ährenschieben entweder verzichtet werden oder auf einen Zeitpunkt nach dem Schieben des Fahnenblattes vorverlegt werden.

Fazit

- Bei gewünschter Produktion auf den leichten und leichtesten Sandstandorten gibt es zum Roggen keine wesentlichen Alternativen. Überhänge an Roggen, die entstehen, könnten zum großen Teil in die Bioethanolproduktion abfließen.
- Roggen kann wie Weizen und Triticale ein typischer Rohstoff in der Bioethanolproduktion sein.
- Für die Bioethanolproduktion sollte Roggen eine hohe Tausendkornmasse und einen hohen Stärkegehalt mit einem hohen Anteil an vergärbare Stärke haben. Diesem Ziel sollte die N-Düngung im Produktionsverfahren angepasst werden. Die Menge und Qualität der Zellwandbestandteile, den Nichtstärkepolysacchariden, sind zu beachten (Käfigeffekt).
- Roggen, der für die Bioethanolproduktion vorgesehen ist, muss nicht die Qualitätsstufe Brotroggen haben. Partien schwächerer Fallzahlen sind sogar geeigneter. Mit Besatz belastete Partien, wie Mutterkorn, Mykotoxine usw., müssen gereinigt oder eventuell verworfen werden.
- Entsprechend dem Aufschlussverfahren in der Brennerei, dem Hochdruckdämpfverfahren oder dem Kaltmaisverfahren, sind die Roggenpartien nach der Fallzahl oder dem gleichwertigem Amylogramm auszuwählen.
- Für eine sichere Empfehlung von Roggensorten wären weitere Untersuchungen notwendig, um speziell das gärungstechnische Verhalten besser zu beurteilen.

Tabelle 3: Ertrag und Qualität von Roggensorten der Ernten 1994 bis 1996 aus Gülzow

Sorte	Typ	Ertrag dt/ha	HLG kg/hl	Protein % i.TM	Stärke % i.TM	Pentosane % i.TM	err. Äthanol-Ertrag hl/ha
Borellus	P	73,2	76	11,1	64,2	8,1	25,1
Baro	P	66,4	80	10,5	62,5	8,1	22,1
Clou	H	86,6	77	9,5	62,1	8,3	28,7
Marder	H	87,4	76	10,2	61,8	8,0	28,8
Goliath	H	97,0	73	11,6	61,6	8,1	31,9
Gambit	H	88,4	77	9,8	61,6	8,1	29,0
Halo	P	72,9	78	8,7	61,5	7,9	23,9
Farino	H	97,7	73	10,7	61,5	8,1	32,0
Calypso	H	90,5	73	11,1	61,1	7,7	29,5
Locarno	H	87,2	75	10,4	60,8	8,9	28,3
Uso	H	80,5	76	10,1	60,8	8,7	26,1
Esprit	H	92,9	74	10,3	60,7	8,1	30,1
Rapid	H	91,2	75	10,1	60,4	8,5	29,4
Borlotus	P	71,0	72	12,3	60,4	7,4	22,9
Hacada	P	81,5	76	10,3	60,3	8,0	26,2
Amando	H	80,7	76	10,2	60,2	8,2	25,9
Amilo	P	71,3	76	10,9	54,9	7,6	20,9
Dino	H	77,1	70	13,2	59,3	7,1	24,4
Mittel		83,0	75	10,6	60,9	8,0	27,0

Tabelle 4: Ertrag und Qualität von Roggensorten der Ernte 2002 aus Gülzow

Sorte	Typ	Ertrag dt/ha	HLG kg/hl	Protein % i.TM	Stärke % i.TM	Pentosan % i.TM	err. Äthanol-Ertrag hl/ha
Picasso	H	86,2	75	10,2	61,4	8,0	28,2
Caroass	S	86,2	77	10,2	61,0	8,8	28,0
Nikita	P	76,3	77	10,9	61,0	8,2	24,8
Avanti	H	91,2	75	9,7	60,8	8,3	29,6
Fernando	H	87,9	75	10,1	60,8	8,8	28,5
Recrut	P	81,2	77	10,7	60,6	8,0	26,2
Boresto	P	78,8	76	11,0	60,6	8,5	25,5
Born	P	75,4	77	10,9	60,4	9,0	24,3
Rasant*	H	(105,8)	(77)	(9,7)	(61,3)	(6,9)	(34,4)
Mittel		82,9	76	10,5	60,8	8,5	26,9

* Sorte mit höchstem Stärkegehalt der Ernte 2004

Tab.5: Ertrag und Qualität von Winterroggen in Abhängigkeit von der N-Düngung

Düngung kg N/ha	Ertrag dt/ha	Protein % i.TM	Stärke % i.TM	Pentosan % i.TM	err. Äthanol-Ertrag hl/ha
50	76,5	9,6	61,4	7,5	25,0
80	81,4	9,9	61,3	7,7	26,6
110	82,3	10,7	61,2	8,0	26,8
140	80,7	11,2	60,4	8,3	26,0
170	80,6	11,7	59,3	8,1	25,5
200	81,1	12,2	59,6	8,2	25,8
Mittel	80,4	10,9	60,5	8,0	26,0

(n= 2 Sorten x 3 Orte 1996)