



Machbarkeitsstudie zur Absolutierung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Brennereien

von

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Dipl.-Ing. Elmar Brüggling, M.Sc.
Dipl.-Ing. Frauke Doetkotte, M.Sc.

Fachhochschule Münster
Fachbereich Energie • Gebäude • Umwelt
Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

Im Auftrag des
Verbandes Westfälischer Kornbrenner
im Bundesverband Deutscher Kornbrenner e.V.

gefördert durch das



Ministerium für
Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Münster im Dezember 2005

Machbarkeitsstudie zur Absolutierung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Brennereien:

Hrsg. von Christof Wetter, Fachhochschule Münster unter Mitwirkung von Elmar Brüggling – Steinfurt, 2005

NE: Wetter, Christof [Hrsg.]; Brüggling, Elmar

ISBN 3-938137-04-5

© 2005 Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter, Fachhochschule Münster

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	3
2	Gesetzliche Anforderungen	5
2.1	Rahmenbedingungen der europäischen Union	5
2.2	Nationale Rahmenbedingungen	6
3	Aufnahme des Ist-Standes	8
3.1	Erfassung der relevanten Betriebe	9
3.2	Aufnahme der relevanten Stoffströme	13
3.3	Mögliche Standorte und Logistikkonzepte	14
3.3.1	Dezentral	14
3.3.2	Zentral	14
4	Technische Möglichkeiten der Absolutierung	16
4.1	Darstellung der aktuellen Verfahren	16
4.1.1	Schleppmittelverfahren	16
4.1.2	Membran-Verfahren	17
4.1.3	Molekularsiebverfahren	19
4.2	Kosten und Automatisierungsgrad	21
5	Grobkonzeption einer möglichen Hofanlage	22
5.1	Grobberechnung der Anlagendimension	23
5.2	Abschätzung der Investitionskosten	23
5.3	Berechnung der zu erwartenden Betriebskosten	24
5.4	Berechnung der zu erwartenden Erlöse	24
5.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	25
6	Grobkonzeption einer möglichen Gemeinschaftsabsolutierungsanlage	29
6.1	Abschätzung der Investitionskosten	33

6.2	Berechnung der zu erwartenden Betriebskosten	34
6.3	Berechnung der zu erwartenden Erlöse	35
6.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	36
6.5	Beurteilung der Eignung der untersuchten Standorte	44
7	Förderprogramme und Finanzierungsmodelle	45
7.1	Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP)	45
7.2	Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	48
7.3	Zukunfts-Wettbewerb Ruhrgebiet	50
7.4	REN-Breitenförderung	53
7.5	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Agrarbereich für Umweltschutz (UM-Vorhaben)	55
7.6	Empfehlungen zur Finanzierung	57
8	Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse und Empfehlungen	59
9	Verzeichnisse	62
	Anlagen	

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Produktion von (Roh-)Branntwein ist in Deutschland durch das Branntweinmonopol geregelt. Das Branntweinmonopol besteht in seinen Grundzügen bereits seit 1919. Es regelt den staatlichen An- und Weiterverkauf von Alkohol, der im deutschen Monopolgebiet hergestellt wurde sowie die Einfuhr von Alkohol aus Drittlandstaaten. Das Branntweinmonopol verpflichtet bzw. berechtigt Brennereien, Alkohol aus der Verarbeitung bestimmter landwirtschaftlicher Rohstoffe (z.B. Kartoffeln, Getreide oder Kernobst) an die Bundesmonopolverwaltung abzuliefern. Dafür erhält der Brennereibesitzer ein kostendeckendes, durch Zu- bzw. Abschläge auf die betrieblichen Verhältnisse abgestelltes, Entgelt (Branntweinübernahmegeld). Durch den Erwerb von Brennrechten und der jährlichen staatlichen Ausgabe von Nutzungsbegrenzungen des Brennrechts wird die Branntweinproduktion begrenzt.

Die Produktion von Rohbranntwein erfolgt nach der staatlichen Ausgabe der Nutzungsbegrenzungen, die in der Regel mit der Rohstoffternte (Weizen) einhergeht. Für die Produktion der erlaubten Menge Rohbranntwein werden ca. vier Monate benötigt, so dass die Anlagen in den übrigen Monaten außer Betrieb genommen werden.

Das Brennrecht darf in der Regel nach den jährlichen Vorgaben der Bundesmonopolverwaltung nur zu 50-70 % ausgeschöpft werden. Derzeit werden 521.638 hl/a erzeugt, dies entspricht einer Ausnutzung des bestehenden Brennrechtes von ca. 50 %. Tatsächlich haben die bestehenden Anlagen aber eine um ein Vielfaches höhere maximale Anlagenkapazität. Aufgrund dieser Tatsache wurden bereits Machbarkeitsstudien zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brauereien [1] sowie zur Integration einer Strohheizungsanlage in eine landwirtschaftliche Brennerei [2] durchgeführt um neue Absatzmärkte wie den Kraftstoffbereich erschließen zu können.

Die vorliegende Studie baut auf den Ergebnissen der o.g. Machbarkeitsstudien auf und befasst sich mit dem nachgeschalteten Prozess der Absolutierung von Rohalkohol auf das verkaufsfähige Produkt.

Zu diesem Zweck ist der Prozessschritt der Absolutierung erforderlich, bei der das Ethanol gereinigt und entwässert wird. Anschließend hat das Ethanol eine Qualität von > 99,5 Vol.%. Nach DIN EN 228 [3] dürfen von diesem Reinethanol bis zu 5 Vol.% dem Ottokraftstoff beigemischt werden. Auch eine Zugabe von Ethanol zu Diesel bzw. Biodiesel wäre möglich, hierdurch würde die Verbrennung des Kraftstoffes im Motor verbessert und der Feinstaub- und Rußausstoß vermindert. Eine weitere Einsatzmöglichkeit findet Ethanol in der Produktion von ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether), das das Additiv MTBE (Methyl-Tertiär-Butyl-Ether)

ersetzt und von dem ebenfalls nach DIN EN 228 bis 15 Vol.% in Ottokraftstoffen zugemischt werden dürfen. Es besteht auch die Möglichkeit Reinethanol als Kraftstoff oder so genanntes E 85, aus 85 % Ethanol und 15 % Benzin, in Spezialfahrzeugen einzusetzen. Serienfahrzeuge zur Reinethanolnutzung werden bislang nur von wenigen Automobilfirmen (z.B. Ford) angeboten. Es gibt aber Flexible-Fuel-Vehicles (FFV) für E 85, die aber in Deutschland, in Ermangelung entsprechender Tankstellen, im Gegensatz zu anderen Ländern, wie Schweden oder Brasilien, bisher keinen Absatz finden.

Da die Produktion von Rohbrandtwein in allen landwirtschaftlichen Brennereien ein saisonales Geschäft ist, ist die mangelhafte Auslastung der Brennereien branchenweit übertragbar, so dass hier ein beachtliches und bislang ungenutztes Potential zur Produktion von Bioethanol vorhanden ist.

Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es, unter Betrachtung ökologischer und ökonomischer Gegebenheiten, ein Grobkonzept für eine Absolutierungsanlage zu entwickeln und somit die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zu überprüfen.

Diese Machbarkeitsstudie ist als wichtiges Glied eines iterativen Prozesses zu verstehen, dessen Ziel es ist, über den Zeitpunkt der staatlich garantierten Abnahme von Rohbrandtwein hinaus, ein zukunftsfähiges und wirtschaftliches Konzept zur Produktion von Bioethanol für landwirtschaftliche Brennereien zu entwickeln.

2 GESETZLICHE ANFORDERUNGEN

2.1 Rahmenbedingungen der europäischen Union

Von der europäischen Kommission wurde am 8.5.2003 die Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen erlassen. Diese Richtlinie wurde innerhalb der Frist, bis zum 31.12.2004, in nationales Recht umgesetzt. Sie schreibt vor, dass bis zum Jahr 2005 gemessen am Energieinhalt mindestens 2 %, bis zum Jahr 2010 mindestens 5,75 % der eingesetzten Benzin- und Dieselmotorkraftstoffe in der Europäischen Union biogenen Ursprungs sein müssen. Darüber hinaus sollen bis zum Jahr 2020 mindestens 20 % der fossilen Treibstoffe durch biogene Treibstoffe ersetzt werden, wie einer Zielvereinbarung (Grünbuch) der EU zu entnehmen ist.

Nach der Richtlinie 2003/30/EG gelten die nachstehend genannten Erzeugnisse als Biokraftstoffe:

- „Bioethanol“: Ethanol, das aus Biomasse und/oder dem biologisch abbaubaren Teil von Abfällen hergestellt wird und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist;
- „Biodiesel“: Methylester eines pflanzlichen oder tierischen Öls mit Dieselmotorkraftstoffqualität, der für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist;
- „Biogas“: Brenngas, das aus Biomasse und/oder aus dem biologisch abbaubaren Teil von Abfällen hergestellt wird, durch Reinigung Erdgasqualität erreichen kann und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist, oder Holzgas;
- „Biomethanol“: Methanol, das aus Biomasse hergestellt wird und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist;
- „Biodimethylether“: Dimethylether, der aus Biomasse hergestellt wird und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist;
- „Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)“: ETBE, der auf der Grundlage von Bioethanol hergestellt wird. Der Volumenprozentanteil des Biokraftstoffs an Bio-ETBE beträgt 47 %;
- „Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)“: Kraftstoff, der auf der Grundlage von Biomethanol hergestellt wird. Der Volumenprozentanteil des Biokraftstoffs an Bio-MTBE beträgt 36 %;

- „Synthetische Biokraftstoffe“: synthetische Kohlenwasserstoffe oder synthetische Kohlenwasserstoffgemische, die aus Biomasse gewonnen wurden (Erzeugung von Kraftstoffen aus Biomassevergasung (Biomass to Liquid - BTL));
- „Biowasserstoff“: Wasserstoff, der aus Biomasse und/oder aus dem biologisch abbaubaren Teil von Abfällen hergestellt wird und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist;
- „Reines Pflanzenöl“: Öl, das durch Auspressen, Extraktion oder vergleichbare Verfahren aus Ölsaaten gewonnen wird, roh oder raffiniert, jedoch chemisch unverändert, sofern es für den betreffenden Motorentyp geeignet ist und die entsprechenden Emissionsanforderungen erfüllt.

Darüber hinaus werden die erforderlichen Qualitäten der Biokraftstoffe durch Normen geregelt. Für den Einsatz von Bioethanol als Kraftstoffsubstitut ist die DIN EN 228 heran zu ziehen.

Die Richtlinie 2003/96/EG zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom, ermächtigt die Mitgliedsstaaten eine Steuerbefreiung für Biokraftstoffe (KN (Kombinierte Nomenklatur)-Code 2207 nach 2501/2001/EG) einzuführen. Des weiteren wird in dieser Richtlinie festgelegt, dass im Falle einer Überkompensation die Steuerbegünstigung anzupassen ist.

In diesem Zusammenhang ist es von Bedeutung zu erwähnen, dass die Verhandlungen zwischen der Europäischen Union und den Mercosur-Staaten (Brasilien, Argentinien, Paraguay, Uruguay und ab 12/2005 auch Venezuela) bezüglich der zollfreien Einfuhr von Kontingenten u.a. von Bioethanol bisher ohne Ergebnis blieben.

2.2 Nationale Rahmenbedingungen

Im Zuge der EU-Harmonisierung wird das deutsche Branntweinmonopol, als letztes deutsches Finanzmonopol, voraussichtlich zum 31.12.2010 auslaufen.

Für landwirtschaftliche Brennereien bedeutet dies den voraussichtlichen Wegfall von garantierten Branntweinübernahmeentgelten. Die bestehenden Brennrechte können bis zum Ende dieser Übergangszeit veräußert werden. Sollte das Branntweinmonopol zum 31.12.2010 auslaufen, müssen die landwirtschaftlichen Brennereien zu Marktpreisen produzieren. Dies ist aufgrund der z.T. geringen Produktionsmengen nicht bei allen Brennereien wirtschaftlich möglich. Daher müssen die landwirtschaftlichen Brennereien zusammen mit den jeweiligen Verbänden, die Entscheidung treffen, welche Wege zukünftig eingeschlagen werden sollen.

Die Produktion von Bioethanol ist in diesem Zusammenhang eine Alternative den Fortbestand der landwirtschaftlichen Brennereien zu sichern.

Darüber hinaus wurde am 21. Juni 2002 durch den Deutschen Bundestag im „Zweiten Gesetz zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes“ die Befreiung sämtlicher Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer, zunächst befristet bis zum 31. Dezember 2009 beschlossen. Das Gesetz trat nach der Genehmigung durch die EU erst 2004 in Kraft. Die Richtlinie 2003/30/EG wurde mit diesem Gesetz umgesetzt.

Die Steuerbefreiung gilt für Biokraft- und Bioheizstoffe, die ausschließlich aus Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung hergestellt werden. Bioethanol gilt in diesem Zusammenhang nur dann als Biokraftstoff, wenn der Alkoholgehalt mindestens 99 Vol.% beträgt.

Die Steuerbegünstigung darf nicht zu einer Überkompensation der Mehrkosten im Zusammenhang mit der Erzeugung der o.g. Biokraft- und Bioheizstoffe führen.

Zu diesem Zweck hat das Bundesministerium der Finanzen unter Beteiligung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit jährlich, erstmals zum 31. März 2005, dem Bundestag insbesondere einen Bericht über die Markteinführung der Biokraft- und Bioheizstoffe und die Entwicklung der Preise für Biomasse und Rohöl sowie die Kraft- und Heizstoffpreise vorzulegen und darin - im Falle einer Überkompensation - eine Anpassung der Steuerbegünstigung für Biokraft- und Bioheizstoffe entsprechend der Entwicklung der Rohstoffpreise an die Marktlage vorzuschlagen. Hierbei sind die Effekte für den Klima- und Umweltschutz, der Schutz natürlicher Ressourcen, die externen Kosten der verschiedenen Kraftstoffe, die Versorgungssicherheit und die Realisierung eines Mindestanteils an Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Kraftstoffen gemäß der Richtlinie 2003/30/EG vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor (ABl. EU Nr. L 123 S. 42) zu berücksichtigen.

Im Absatz 4 des §2a des Mineralölsteuergesetzes heißt es abschließend: „Im Falle von Störungen des deutschen Biokraftstoff- oder Bioheizstoffmarktes oder des Biokraftstoff- oder Bioheizstoffmarktes in der Europäischen Gemeinschaft, die durch Einfuhren aus Drittländern hervorgerufen werden, wird die Bundesregierung bei der Kommission der Europäischen Gemeinschaften die Einleitung geeigneter Schutzmaßnahmen beantragen.“

Dieser Satz könnte im Zusammenhang mit den Mercosur-Verhandlungen an Bedeutung gewinnen.

Der bisherige Brennprozess der landwirtschaftlichen Brennereien führt zu einem Alkohol in einer Qualität von ca. 85 Vol.%. Für den Einsatz als biogener Kraftstoffzusatz ist aber eine Qualität von > 99,5 Vol.% erforderlich, welche durch Absolutierung, die Reinigung und Entwässerung des Ethanols, erreichbar ist.

Die Anschaffung einer Absolutierungsanlage ist kostenintensiv. Daher soll überprüft werden ob eine Absolutierungsanlage wirtschaftlich betrieben werden kann und für welche Brennereien dieser Schritt zu empfehlen ist. Überprüft werden hierzu die dezentrale Hofabsolutierungsanlage und die zentrale Gemeinschaftsabsolutierungsanlage.

3.1 Erfassung der relevanten Betriebe

Zur Erfassung der relevanten Betriebe wurde in Kooperation mit der Union deutscher Agraralkoholerzeuger und -verarbeiter ein Fragebogen zur Bioethanolproduktion entworfen. Dieser wurde an insgesamt 401 landwirtschaftliche Brennereien gesendet.

Die angeschriebenen Verbände sind in Tabelle 3-2 dargestellt. Der Verband bayerischer landwirtschaftlicher Brennereien hatte bereits eine eigene Umfrage zu dem Thema unter seinen Mitgliedern vorgenommen. Die Ergebnisse werden im Folgenden auch dargestellt.

Von den 401 selbst versandten Briefen wurden 176 beantwortet, dies entspricht einem Rücklauf von ca. 44 %.

Tab. 3-2: Zusammenfassung der angeschriebenen Brennerei - Verbände

	angeschriebene Mitglieder	Rückmeldung
Verband		
Südwest	105	34
Rheinland	16	9
Mitteldeutschland	28	13
Westfalen	125	62
Niedersachsen	45	21
Weser-Ems	17	5
Schleswig-Holstein	5	3
Ohne Region	5	1
Lüneburg	13	4
Westfälische Kartoffelbrenner	7	6
Norddeutscher Landwirtschaftlicher Kartoffelbrenner e.V.	35	18
Summe	401	176

An der Produktion von Bioethanol für den freien Markt sind ca. 90 % der Brennereien, die sich beteiligt haben, interessiert. Wie die Abbildung 3-1 zeigt, besteht nur bei 6 % kein Interesse. Zudem hat die Befragung ergeben, dass 3 %, das sind 6 Brennereien, stillgelegt sind.

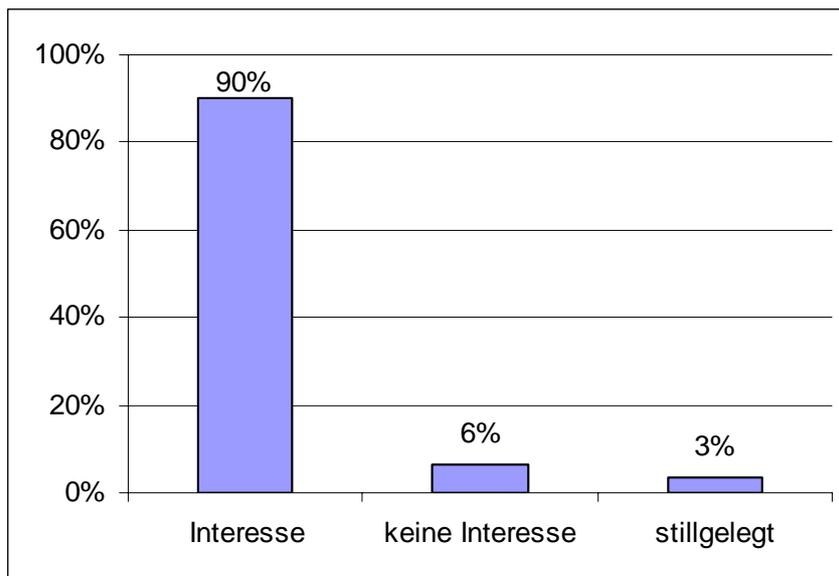


Abb. 3-1: Interessensbekundung zur Bioethanolproduktion für den freien Markt

Die Abbildung 3-2 gibt die Auswertung der Antworten auf die in Tabelle 3-3 dargestellten Fragen wieder.

Tab.3-3: Überblick der Fragen im Rahmen der Brennereiumfrage

1	Ich interessiere mich grundsätzlich für die Möglichkeit Bioethanol für den freien Markt zu produzieren.
2	Ich bin grundsätzlich bereit, über die Produktion im Jahresbrennrecht hinaus auch ungestützt Bioethanol für den Kraftstoffmarkt zu produzieren.
3	Die Produktion von Bioethanol sollte in landwirtschaftlichen Brennereien außerhalb des Branntweinmonopols stattfinden.
4	Ich möchte über weitere Aktivitäten in diesem Bereich informiert werden.

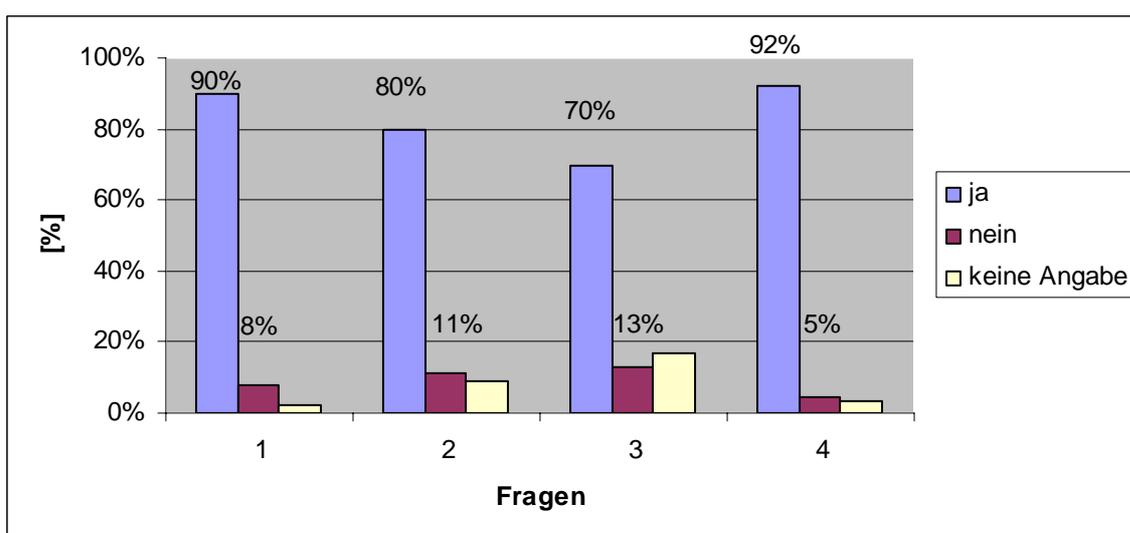


Abb. 3-2: Auswertung der Antworten im Rahmen der Brennereiumfrage

Die interessierten 159 Brennereien besitzen ein Brennrecht von ca. 300.000 hl/a. Nach den Angaben auf den Fragebögen sind sie ohne Investitionen in der Lage, zusätzlich zu ihrem

Brennrecht noch ca. 406.000 hl/a zu produzieren. Damit könnten sie derzeit ca. 700.000 hl/a herstellen. Nach entsprechenden Investitionen könnte eine maximale Produktionskapazität von ca. 1,65 Mio. hl/a realisiert werden.

Die Aufteilung nach Verbänden, Brennrecht und maximaler Produktionskapazität ist in der Tabelle 3-4 dargestellt. Über die größte Kapazität verfügen demnach der Verband Westfalen einschließlich der Westfälischen Kartoffelbrenner, gefolgt von dem Verband Norddeutscher Landwirtschaftlicher Kartoffelbrenner e.V. sowie den Verbänden Niedersachsen und Mitteldeutschland.

Tab. 3-4: Darstellung der Produktionskapazität nach Verbänden

Verbände	Brennrecht	zusätzliche Kapazität	maximale Kapazität
		hl/a	
Südwest	21.594	24.450	162.417
Rheinland	12.946	12.400	69.200
Mitteldeutschland	41.136	45.270	114.020
Westfalen	73.091	134.860	543.211
Niedersachsen	25.501	27.268	173.548
Weser-Ems	3.551	6.600	30.980
Schleswig-Holstein	9.400	8.200	30.000
Ohne Region	300	200	1.200
Lüneburg	16.969	19.200	68.500
Westfälischen Kartoffelbrenner	14.121	35.200	150.000
Norddeutscher Landwirtschaftlicher Kartoffelbrenner e.V.	80.000	92.000	303.000
Summe	298.608	405.648	1.646.076
		704.256	

Die obigen Produktionskapazitäten spiegeln sich nicht in den Angaben zur Produktionsbereitschaft nach Abnahmepreis wieder. Hier wurden wesentlich geringere Mengen bzw. nur die Bereitschaft zur Produktion angegeben. Außerdem haben rund 18 % keine Angaben gemacht. Daher resultiert, wie in Abbildung 3-3 dargestellt, aus der Umfrage eine Gesamtproduktionsmenge von ca. 436.000 hl/a.

Diese Produktionskapazität wird erst bei maximalem Preis erreicht. Die Bereitschaft zu Marktpreisen zu produzieren ist, wie auch die Abbildung 3-4 darstellt, deutlich geringer. Im Marktpreisbereich von ca. 45 - 55 €/hl würden 17 % der interessierten Brenner ca. 155.000 hl/a produzieren.

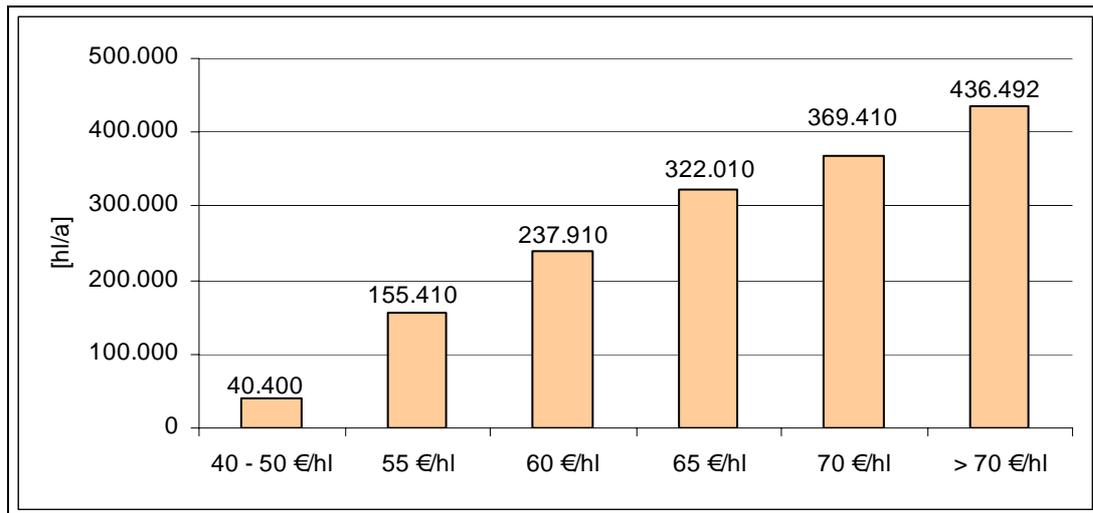


Abb. 3-3: Angegebene Produktionsmenge in Abhängigkeit vom Abnahmepreis (summiert)

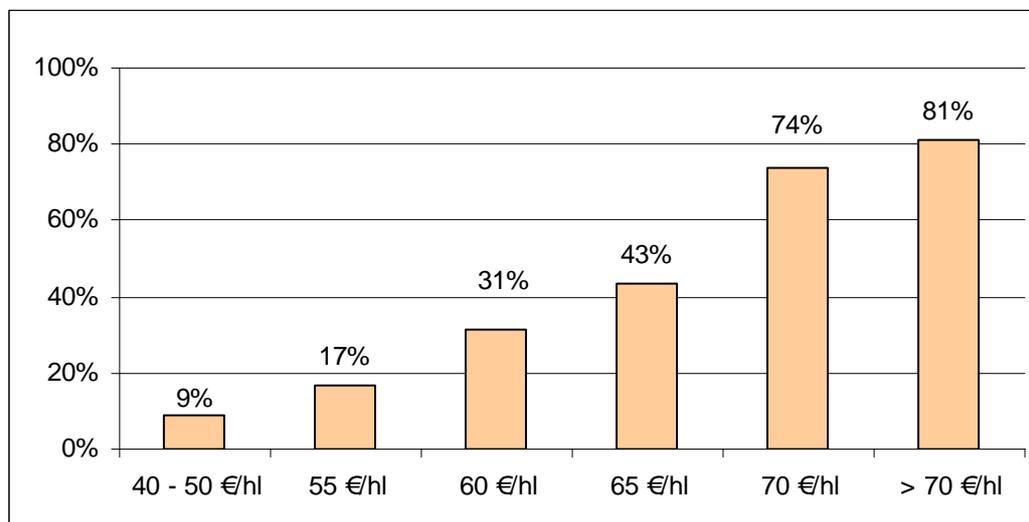


Abb. 3-4: Bereitschaft zur Produktion von Bioethanol in Abhängigkeit vom Abnahmepreis (summiert)

Konzept Verband Bayerischer Landwirtschaftlicher Brennereien

Der Verband Bayerischer Landwirtschaftlicher Brennereien hat ein Konzept zur „Bioethanol- und Energieerzeugung in mittelständischen landwirtschaftlichen Brennereien“ erarbeitet. Es sieht vor, dass die Brennereien ca. 330 Tage im Jahr kontinuierlich produzieren und die anfallende Schlempe in einer Biogasanlage verwertet wird. Bei 335 Arbeitstagen pro Jahr könnte eine bestehende Brennerei ca. 36.000 hl/a an 86 Vol.%igem Ethanol produzieren. Dieser soll an eine Absolutierungsanlage, die im Verbund mit einer Raffinerie betrieben wird, geliefert werden.

Der Verband geht davon aus, dass die Produktionskosten über denen der Großindustrie bzw. Importware liegen. Wie viele Brennereien tatsächlich in die Bioethanolerzeugung einsteigen,

ist derzeit wegen den ungewissen politischen Rahmenbedingungen und der Erlössituation nicht abzuschätzen.

Der Verband Bayerischer Landwirtschaftlicher Brennereien hat versucht, die Produktions- und notwendigen Investitionskosten, ausgehend von einer bestehenden Brennerei, zu ermitteln. Demnach würde der Umbau der Brennerei, die Beteiligung an der Absolutierungsanlage und der Neubau einer Biogasanlage ein Investitionsvolumen von ca. 2 - 2,5 Mio. € pro Betrieb erfordern. Ausgegangen wird von 30 Betrieben, so viele hatten bei einer Infoveranstaltung daran Interesse gezeigt. Es könnten dann theoretisch zwischen 700.000 und 900.000 hl/a erzeugt werden. Für den Umbau der Brennereien, den Bau einer Biogasanlage und einer Absolutierungsanlage würden demnach mit Gesamtkosten von 60 - 75 Mio € gerechnet.

3.2 Aufnahme der relevanten Stoffströme

Für den Betrieb einer zentralen Absolutierungsanlage mit einer Produktionskapazität von 100.000 t/a, was einer Produktion von ca. 1,3 Mio hl/a entspricht, sind ca. 63 Betriebe mit einer Produktionskapazität von je 20.000 hl/a erforderlich. Die Produktionskapazität in hl/a wird durch Division der Anlagenkapazität in t/a mit der Dichte des Ethanol (0,7894 kg/l) und die erneute Division mit der zu erzielenden Produktkonzentration ermittelt. Das Ergebnis wird anschließend mit 10 multipliziert um die Jahresproduktion auf die Einheit hl/a umzurechnen. Die Tabelle 3-5 gibt die Daten der einzelnen Anlagengrößen zusammenfassend wieder.

Tab. 3-5: Zusammenfassung der Anlagendaten zur zentralen Absolutierung

Anlagenkapazität	Ethanol 99,7 Vol.%	Anzahl Betriebe
jato	hl/a	a 20.000 hl/a
100.000	1.270.597	63
50.000	635.298	32
25.000	317.649	16

Die in Kapitel 3.1 dargestellten Ergebnisse der Befragung zeigen, dass aktuell nicht davon auszugehen ist, dass die ca. 64 Brennereibetriebe der Größenordnung 20.000 hl/a in der Lage sind die erforderliche Menge von ca. 1,3 Mio. hl/a für eine 100.000 t/a Anlage zu produzieren. Die benötigten 1,3 Mio hl/a wären nur durch sämtliche der an der Produktion von Bioethanol interessierten Brennereien zu erreichen. Dies allerdings erst nach entsprechendem Umbau (u.a. Erweiterung der Maischelinie und Automatisierung des Betriebes) und den damit verbundenen Investitionen in die Brennereien.

Die gesamte vorhandene Kapazität (ohne Investitionen) von ca. 700.000 hl/a wäre erforderlich für den Betrieb einer 50.000 t/a Anlage. Zu diesem Zweck müsste der Rohalkohol für die

zentrale Absolutierungsanlage aus fast allen Bundesländern, ausgenommen Bayern (siehe Konzept Kapitel 3.1), zum Anlagenstandort in Nordrhein-Westfalen transportiert werden. Dieses Konzept ist logistisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Mit der vorhandenen Kapazität (ohne Investitionen) wären die Verbände Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und der Verband Norddeutscher Kartoffelbrenner e.V. in der Lage eine Absolutierungsanlage mit einer Jahreskapazität von 25.000 t/a zu betreiben.

3.3 Mögliche Standorte und Logistikkonzepte

3.3.1 Dezentral

Die Absolutierungsanlagen könnten direkt bei den landwirtschaftlichen Brennereien aufgestellt werden. Ausgegangen wird von Anlagen der Größenordnung 20.000 hl/a, dies entspricht der Produktionskapazität einer durchschnittlichen landwirtschaftlichen Brennerei.

Wie bisher auch, müsste der Landwirt dafür sorgen, dass der Rohstoff zur Ethanolproduktion im erforderlichen Maß zur Brennerei gelangt. Der Bedarf an Rohstoff ist allerdings aufgrund des Wegfalls der Produktionsbegrenzung durch das Brennrecht höher als zuvor. Zudem findet die Produktion jetzt kontinuierlich das ganze Jahr und nicht nur saisonal statt. Dies erfordert die Bereitstellung einer der Produktion angepassten Lagerkapazität für den Rohstoff und ggf. ein erweitertes Schlempeverwertungskonzept.

Zur Energieeinsparung wird die während der Destillation und anschließenden Absolutierung anfallende Prozesswärme weitestgehend im Prozess genutzt.

3.3.2 Zentral

An Stelle von mehreren dezentralen Kleinanlagen, könnte auch eine Gemeinschaftsabsolutierungsanlage mit entsprechend höherer Kapazität errichtet werden. Für eine solche Anlage wurden drei Standorte in Nordrhein-Westfalen untersucht: der Chemiepark in Marl, das Gelände der Deutschen Kornbranntwein-Vermarktungs GmbH (dkv) in Lüdinghausen und der Standort Recklinghausen der Firma Sasol.

3.3.2.1 Marl

Der Standort Chemiepark Marl ist zentral im nördlichen Ruhrgebiet gelegen. Der Standort erfüllt hinsichtlich einer modernen Infrastruktur alle Anforderungen, wie eine direkte Anbindung an ein Strassen-, Schienen- und Wassernetz. Zudem ist neben der Energieversorgung auf verschiedenen Temperaturniveaus, auch eine mögliche Abnahme des Produktes (Fa. Oxeno Olefinchemie GmbH) am Standort realisierbar.

Erste Gespräche mit den Betreibern des Chemieparks Marl haben ergeben, dass die Errichtung einer Absolutierungsanlage in der Größenordnung von 1,2 Mio. hl/a denkbar ist. Eine finanzielle Beteiligung der Degussa bzw. der RAG wird aber ausgeschlossen.

Mit der Firma Oxeno Olefinchemie GmbH befindet sich potentieller Abnehmer für den absolutierten Bioethanol direkt auf dem Gelände. Die Anlage zur Herstellung von Bio-ETBE hat eine Produktionskapazität von ca. 250.000 t pro Jahr. Damit benötigt sie ca. 110.000 t Ethanol/a, wobei die Firma Oxeno aus Gründen der Versorgungssicherheit Ethanol bei mindestens 3 Lieferanten beziehen möchte.

3.3.2.2 Lüdinghausen

Die Deutsche Kornbranntwein-Vermarktungs GmbH (dkv) hat ihren Sitz in Lüdinghausen. Die dkv übernimmt den Kornrohalkohol von den Brennereien, reinigt ihn zu einem Alkoholgehalt von rund 96 Vol.% und verkauft die Kornfeindestillate an die Hersteller von Korn oder anderen Spirituosen auf Kornalkohol-Basis.

Die EURO-Alkohol Handelsgesellschaft mbH produziert Alkohole für die technische Verwendung. Dazu nutzt die EURO-Alkohol Handelsgesellschaft mbH den Standort Lüdinghausen der dkv. Seitens der Firma EURO-Alkohol besteht Interesse an einer weiteren Absolutierungsanlage auf dem eigenen Gelände. Eine Kostenbeteiligung wird nicht ausgeschlossen.

Der Standort ist ans Strassen- und Schienennetz angebunden. Genutzt werden könnte auch der Binnenhafen am Dortmund-Ems-Kanal.

3.3.2.3 Recklinghausen

Auf dem Gelände der Firma Sasol in Recklinghausen ist eine Schleppmitteldestillationsanlage vorhanden. Die Anlage hat eine Produktionskapazität von 60.000 t/a und besitzt derzeit eine Genehmigung zur Produktion von 30.000 t/a.

Dort könnte eine Absolutierung erfolgen. Die Firma Sasol würde den Brennereien derzeit 39,1 €/hl 85 Vol.% Ethanol bezahlen.

Das Gelände besitzt Anbindungen an den Strassen- und Schienenverkehr. Möglich wäre auch ein Zwischenumschlag im Duisburger Hafen.

4 TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN DER ABSOLUTIERUNG

Durch Destillation lässt sich Ethanol nur bis zum azeotropen Punkt, dieser liegt bei ca. 96 Vol.%, entwässern. Um die geforderte Ethanolqualität von > 99,5 Vol.% zu erreichen, müssen daher weitergehende Verfahren angewendet werden, um das Ethanol zu reinigen und zu entwässern. Für diese Absolutierung stehen grundsätzlich drei Verfahren zur Verfügung, das Schleppmittelverfahren, das Membranverfahren und das Molekularsiebverfahren. Nachfolgend werden diese Verfahren dargestellt.

4.1 Darstellung der aktuellen Verfahren

4.1.1 Schleppmittelverfahren

Das Schleppmittelverfahren ist das älteste der beschriebenen Verfahren. Es wird aber auch heute noch angewandt. Die Firma SASOL besitzt in Recklinghausen eine ausgediente Schleppmitteldestillationsanlage, die zur Absolutierung genutzt werden könnte.

Das Verfahren beruht auf der Zugabe eines Zusatzstoffes (Schleppmittel) zu dem Ethanol, dessen Siedepunkt im ähnlichen Bereich, wie das zu trennende Ethanol-Wasser-Gemisch liegt. Es entsteht ein Dreistoffgemisch, das wieder durch Destillation trennbar ist. Als Schleppmittel können unter anderem Benzol, Cyclohexan, Pentan und Toluol verwendet werden. Benzol wird, da es krebserregend ist, heute nicht mehr eingesetzt, sondern durch z.B. Toluol ersetzt.

Die Abbildung 4-1 zeigt den Ablauf einer Schleppmitteldestillation/Azeotrop-Rektifikation von Ethanol unter Einsatz von Benzol (heute: Toluol)

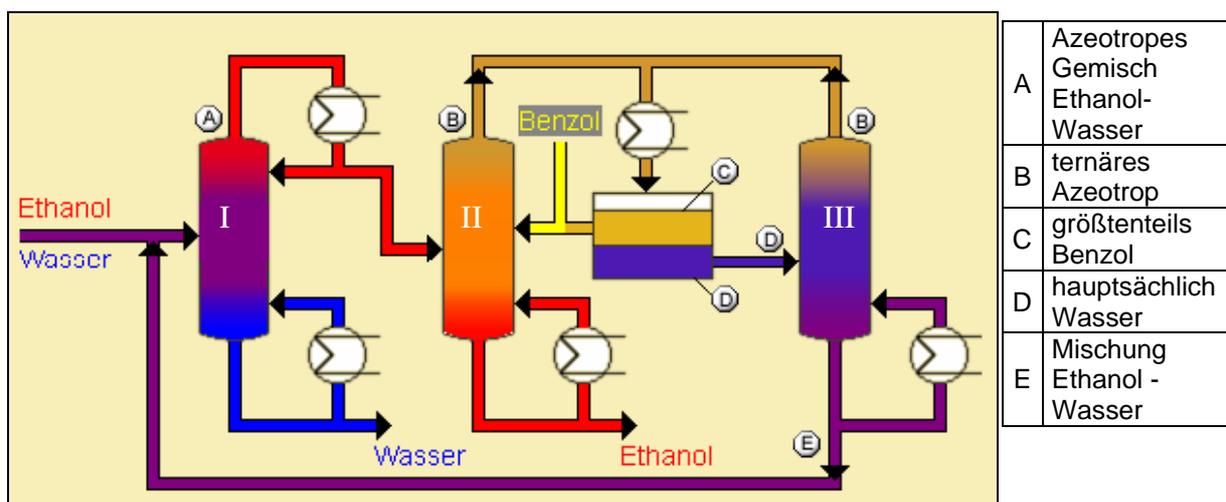


Abb. 4-1: Verfahrenschema Destillation mit anschließender Schleppmitteldestillation mit Benzol (heute: Toluol) [7]

Das Verfahrensschema zeigt zunächst eine Rektifikation, Kolonne I, bei der das zugeführte Ethanol/Wasser zum leicht siedenden azeotropen Ethanol-Wasser-Gemisch (A) aufkonzentriert wird. Dieses wird aus dem Kolonnenkopf abgezogen und in die Kolonne II eingeleitet, wo die Schleppestillation beginnt. In der Nähe des Kolonnenkopfes wird gleichzeitig das Schleppestoff, hier Benzol, zugeführt. Es wird soviel Benzol hinzu gegeben, wie durch Verluste verloren geht, damit sich ein leicht siedendes Heteroazeotrop (ein Stoffgemisch, das eine Mischungslücke aufweist) „B“ als Kopfprodukt bildet. Dieses Kopfprodukt „B“, ein Gemisch aus Schleppestoff-Ethanol-Wasser, wird dem Kopf dampfförmig entnommen. Das entwässerte Ethanol kann im Kolonnensumpf abgezogen werden.

Nach Abschluss der Destillation müssen Schleppestoff und Wasser voneinander getrennt werden. Bei Einsatz von Benzol bzw. auch Toluol als Schleppestoff kann dies durch einfache Phasentrennung erfolgen, da das entstandene ternäre Azeotrop „B“ aufgrund der Mischungslücke in zwei Phasen „C“ und „D“ zerfällt. Die Phase „C“ besteht größtenteils aus Benzol, sie wird als Rücklauf der Kolonne II wieder zugeführt. In der Phase „D“ ist im wesentlichen Wasser enthalten, das in die Kolonne III, eine Strippkolonne, gegeben wird. Im Sumpf des Strippers wird eine Mischung Ethanol-Wasser erhalten, sie wird zurück in den Zulauf zur Kolonne I geführt. Das Kopfprodukt ist das leicht siedende Heteroazeotrop „B“ und kann entsprechend weiterbehandelt werden.

Der Aufwand des Trennungsprozesses Schleppestoff/Wasser ist abhängig von dem gewählten Schleppestoff, in der Regel kann die Trennung durch Extraktion oder bei Heteroazeotropen durch Phasentrennung erfolgen.

4.1.2 Membran-Verfahren

Pervaporation

Die Pervaporation ist ein Membranverfahren zur Trennung wässrig-organischer oder rein organischer flüssiger Gemische.

Entsprechend der Abbildung 4-2 wird über die Membran ein Stoffgemisch, Feed, geleitet. Ein Teil des Stroms, das Permeat, passiert die Membran, wobei es vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand übergeht. Der andere Teilstrom, das Retentat, wird von der Membran zurückgehalten und so die Trennung des eingeleiteten Feedgemisches erreicht.

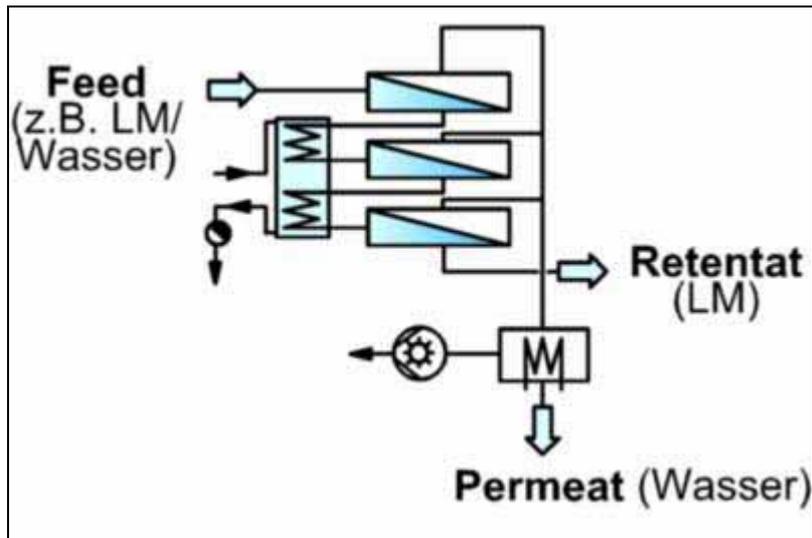


Abb. 4-2: Prinzipskizze einer technischen Pervaporationsanlage [9]

Die für den Prozess erforderliche Verdampfungsenthalpie wird dem flüssigen Feedgemisch (z.B. Ethanol/Wasser) entzogen, wodurch es sich entsprechend abkühlt. Mit sinkender Temperatur nimmt die Trennleistung stark ab, weshalb bei technischen Pervaporationsanlagen Membranmodule und Wärmeaustauscher in Reihe geschaltet werden. Die Triebkraft für den Stofftransport liefert in der Regel ein permeatseitig angelegtes Vakuum.

Das Verfahren eignet sich zum Anbau an bestehende Destillationsanlagen.

Bei Anlagengrößen von 20.000 hl/a sind die Anlagenkosten Kosten bestimmend und die Membrankosten spielen eine untergeordnete Rolle. Dagegen tragen bei größeren Anlagen die Membrankosten entscheidend zu den Gesamtkosten bei.

Ausschlaggebend für die Membrankosten ist der Absolutierungsschritt von 99 Vol.% auf den Endwert von 99,x Vol.%, da hierfür die Hälfte der gesamten Membranfläche benötigt wird. Für den Schritt von 85 Vol.% auf 99 Vol.% wird die andere Hälfte der Membranfläche benötigt.

Dampfpermeation

Zur Anwendung der Dampfpermeation muss das zu trennende Gemisch bereits dampfförmig vorliegen. Nach einer vorgeschalteten Destillation ist dies der Fall, weshalb sich das Verfahren besonders für die Absolutierung von Ethanol eignet.

Die Abbildung 4-3 zeigt eine Verfahrensskizze der Dampfpermeation. Das zu trennende Stoffgemisch wird der Membran dampfförmig zugeführt und in das Retentat und das Permeat aufgeteilt.

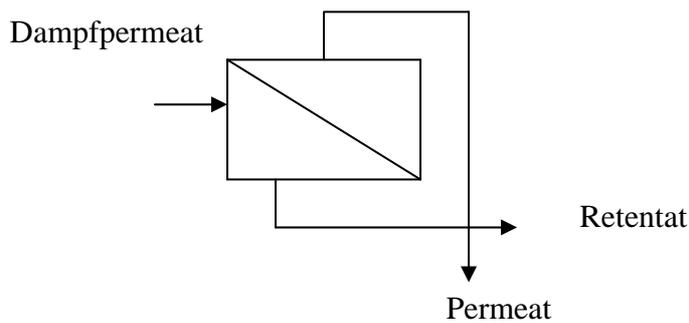


Abb. 4-3: Verfahrensskizze Dampfpermeation

Hierbei entfällt im Gegensatz zur Pervaporation der Phasenwechsel beim Übergang vom Feed zum Permeat, so dass sich keine feedseitige Temperaturabnahme entlang der Membran einstellt. Eine Zwischenaufheizung des Feedgemisches ist demnach nicht erforderlich. Ein weiterer Vorteil gegenüber der Pervaporation besteht in der schonenderen Betriebsweise der Membran.

Wie bei der Pervaporation auch, kann ein Modul zur Dampfpermeation an die bestehende Anlage angeschlossen werden. Für die Anlagenkosten gilt grundsätzlich das Gleiche, wie bei der Pervaporation, nur fallen die Gesamtkosten und auch die späteren Betriebskosten geringer aus, da keine Zwischenaufheizung nötig ist.

Für größere Anlagen kann eine Kombination von Membranverfahren und Molekularsiebverfahren von Vorteil sein. Das Membranverfahren würde dann genutzt werden, um bis auf ca. 99 Vol.% zu gelangen und der Schritt auf die Endqualität von 99,x Vol.% würde durch das Molekularsiebverfahren erfolgen.

4.1.3 Molekularsiebverfahren

Das Molekularsiebverfahren hat sich in den letzten fünf Jahren zunehmend durchgesetzt, so dass es bei vielen Neuanlagen Anwendung findet.

Das Verfahrensprinzip der Molekularsiebanlagen beruht auf dem Grundprinzip der Adsorption. Eine Molekularsiebanlage besteht aus zwei oder mehr Kolonnen, die mit einer Zeolithschüttung gefüllt sind.

Zeolithe sind synthetische kristalline Aluminiumsilikate, eine Form eines Zeoliths zeigt Abbildung 4-4. Unter bestimmten Bedingungen lagern sich in den sehr feinen Poren (0,3 nm) selektiv kleinere Moleküle ab, während größere Moleküle nicht aufgenommen werden.

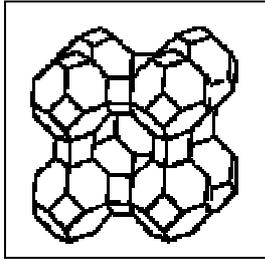


Abb. 4-4: Darstellung eines Zeolith-A-Gerüsts [10]

Das Ethanol wird im dampfförmigen Zustand komprimiert und durch das Molekularsiebbett gedrückt. Dabei lagern sich die Wassermoleküle durch Adsorption an den Poren an. Die Ethanolmoleküle gelangen ungehindert durch die Schüttung und werden anschließend zu Ethanol mit weniger als 500 ppm Wasseranteil kondensiert.

Das Funktionsprinzip eines Molekularsiebs verdeutlicht die Abbildung 4-5 am Beispiel der Trennung eines o-Xylol-Moleküls von seinen Isomeren m- und p-Xylol.

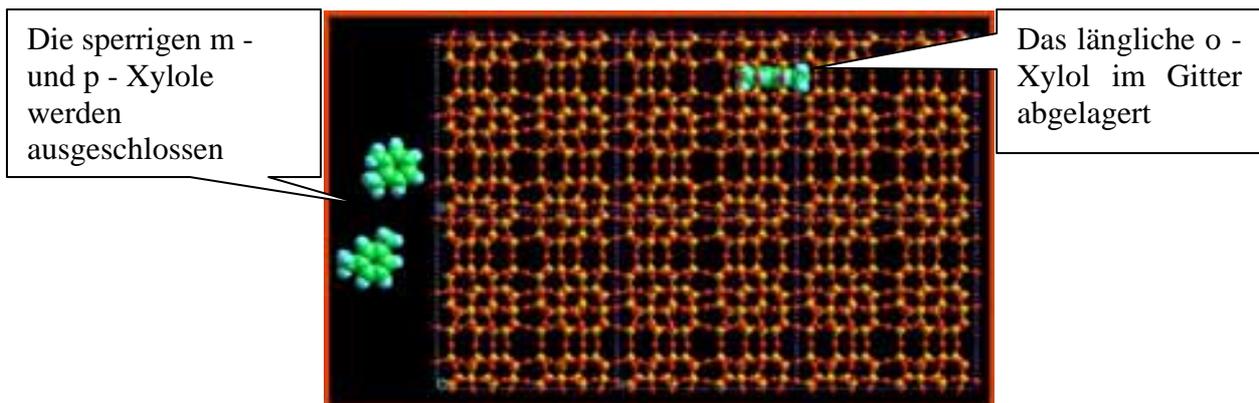


Abb. 4-5: Trennung eines o-Xylol-Moleküls von seinen Isomeren p- und m-Xylol [11]

Nach relativ kurzer Zeit (5 - 10 min) ist aufgrund der begrenzten Porenzahl der Schüttung, die Beladung der Zeolithe so hoch, dass auch das Wasser durch die Schüttung gelangt und so keine Trennung von Ethanol und Wasser mehr möglich ist. Um dies zu verhindern und eine einwandfreie Trennung sicherzustellen, wird in einem festen Rythmus von einer auf die andere Kolonne umgeschaltet. So kann immer eine Kolonne betrieben und die andere regeneriert werden. Die Regeneration erfolgt durch die Beaufschlagung der Kolonne mit entwässertem Ethanol bei abgesenktem Partialdruck. Dabei lösen sich die abgelagerten Wassermoleküle wieder aus den Poren der Zeolithe und werden ins entwässerte Ethanol gespült. Das anschließend wasserhaltige Ethanol muss entweder über eine separate Verstärkungsanlage aufbereitet oder zurück in den Rektifikationsprozess geführt werden.

4.2 Kosten und Automatisierungsgrad

Die Zusammensetzung und Höhe der Betriebskosten der drei möglichen Verfahren, Schleppestillation, Membranverfahren und Molekularsiebverfahren unterscheiden sich stark. Neben Kosten für Strom und Kühlmedium fallen beim Schleppestillationsverfahren die Chemikalienkosten an. Beim Membranverfahren kommen die Membranersatzkosten hinzu, wobei die Standzeit einer Membran ca. 3 - 4 Jahre beträgt. Für das Molekularsiebverfahren fallen zusätzlich Betriebskosten durch den Dampfbedarf, das Regenerieren der Molekularsiebe mit entwässertem Ethanol sowie Siebersatzkosten an. Aus industriellen Erfahrungen kann von einer Standzeit von mindestens 10 Jahren für das Molsieb ausgegangen werden.

Eine Abschätzung der Kosten ist prinzipiell nur durch Einholen von Angeboten möglich, da nur wenige unabhängige Daten verfügbar sind. Die Firma ACS Agrochemische Systeme GmbH aus Homburg hat vor dem Bau einer Absolutierungsanlage in Litauen einen wirtschaftlichen Vergleich der drei Absolutierungsverfahren durchgeführt [12]. Demnach sind die spezifischen Kosten bei der Dämpferpermeation (Membranverfahren) am niedrigsten, bei Gleichsetzung dieser Kosten mit 100 % ergeben sich für das Molekularsieb Kosten von 124 % und für die Schleppestillation Kosten von 142 %. Bei größeren Anlagen, ab ca. 360.000 l/d (entspricht ungefähr einer 100.000 jato Anlage) ändern sich die Prozentsätze, so dass die Dämpferpermeation und die moderne Schleppestillation in einem ähnlichen Kostenbereich liegen.

Die drei möglichen Verfahren, Schleppestillation, Membranverfahren und Molekularsiebverfahren sind weitestgehend automatisiert. Nach der Einstellung der Anlage läuft der Prozess automatisch über eine Steuereinheit ab.

Aufgrund dieser Ergebnisse sollte das Hauptaugenmerk auf das kostengünstigste Verfahren, die Dämpferpermeation, gelegt werden. Trotz der hohen Kosten, sollte auch das Molekularsiebverfahren weiter betrachtet werden, da es neben dem Membranverfahren bei den neueren Absolutierungsanlagen Anwendung findet. Gegen das Schleppestillationsverfahren sprechen die hohen Kosten, zudem findet das Verfahren bei Neuanlagen keine Anwendung mehr. Es wird daher nur kurz vor dem Hintergrund betrachtet, dass in Recklinghausen eine Absolutierung durch eine bestehende Schleppestillationsanlage erfolgen kann.

5 GROBKONZEPTION EINER MÖGLICHEN HOFANLAGE

Für eine Hofabsolutierungsanlage kommt aufgrund der geringsten Kosten, das Molekularsiebverfahren wäre 36 % teurer [13,14], nur die Anwendung des Membranverfahrens in Frage. Am Ende der Destillation liegt Ethanol-Sattdampf vor, deshalb wird das Dämpferpermeationsverfahren und nicht die Pervaporation, für die der Sattdampf erst kondensiert werden müsste, angewandt. Zudem fallen die Investitions- und Betriebskosten der Dämpferpermeation aufgrund des Wegfalls der Zwischenaufheizung, welche bei der Pervaporation erforderlich ist, geringer aus.

Es wurden zwei Varianten für eine Dämpferpermeationsanlage berechnet. Bei der Variante 1 wird das 85 Vol.%ige Ethanol im Anschluss an die Destillation in die Absolutierungsanlage gegeben. Dies entspricht dem Aufbau der meisten Brennereien. Da einige Brennereien aber auch eine Rektifikation besitzen bzw. zu klären ist ob sich eine Anschaffung lohnt, wenn das Ethanol am Hof absolutiert werden soll, erfolgt mit der Variante 2 die Auslegung einer Anlage hierfür. Das Ethanol hat nach der Rektifikation 95 Vol.%.

Das Funktionsprinzip der Anlage ist wie folgt: Der aus der Destillationskolonne bzw. Rektifikationskolonne austretende Ethanol-Sattdampf wird nicht kondensiert, sondern direkt den Membranmodulen einer Dämpferpermeationsanlage zugeleitet. Die Abbildung 5-1 zeigt ein Verfahrenschema zur Variante 2. Mit Hilfe der Membranen wird Permeat vom Ethanol-Sattdampf abgetrennt. Das Permeat besteht zum überwiegenden Teil aus Wasser und wird durch die Membran hindurch „verdampft“. Der auf der Membranrückseite austretende Permeatdampf strömt zu den von Kühlmedien durchströmten Permeatkondensatoren und wird hier nahezu vollständig niedergeschlagen und dann in einem Permeatbehälter gesammelt. Von Zeit zu Zeit saugt eine Pumpe das Permeat aus dem Permeatbehälter ab, und fördert es zur Wiederaufarbeitung zurück in die bauseits existierende Destillationskolonne oder einen Puffertank.

Der aus den Membranmodulen austretende und entwässerte Ethanol-Sattdampf strömt zu einem mit Kühlwasser versorgten Retentatcondensator und wird hier vollständig niedergeschlagen und abgekühlt. Eine Pumpe fördert das kondensierte Retentat (das entwässerte Ethanol) kontinuierlich in einen bauseitigen Stapel- oder Lagertank. Eine Vakuumpumpe saugt kontinuierlich nichtkondensierbare Gase (Inertgas, d.h. Luft) und anhängenden Restdampf aus Permeatkondensator und / oder Permeatbehälter.

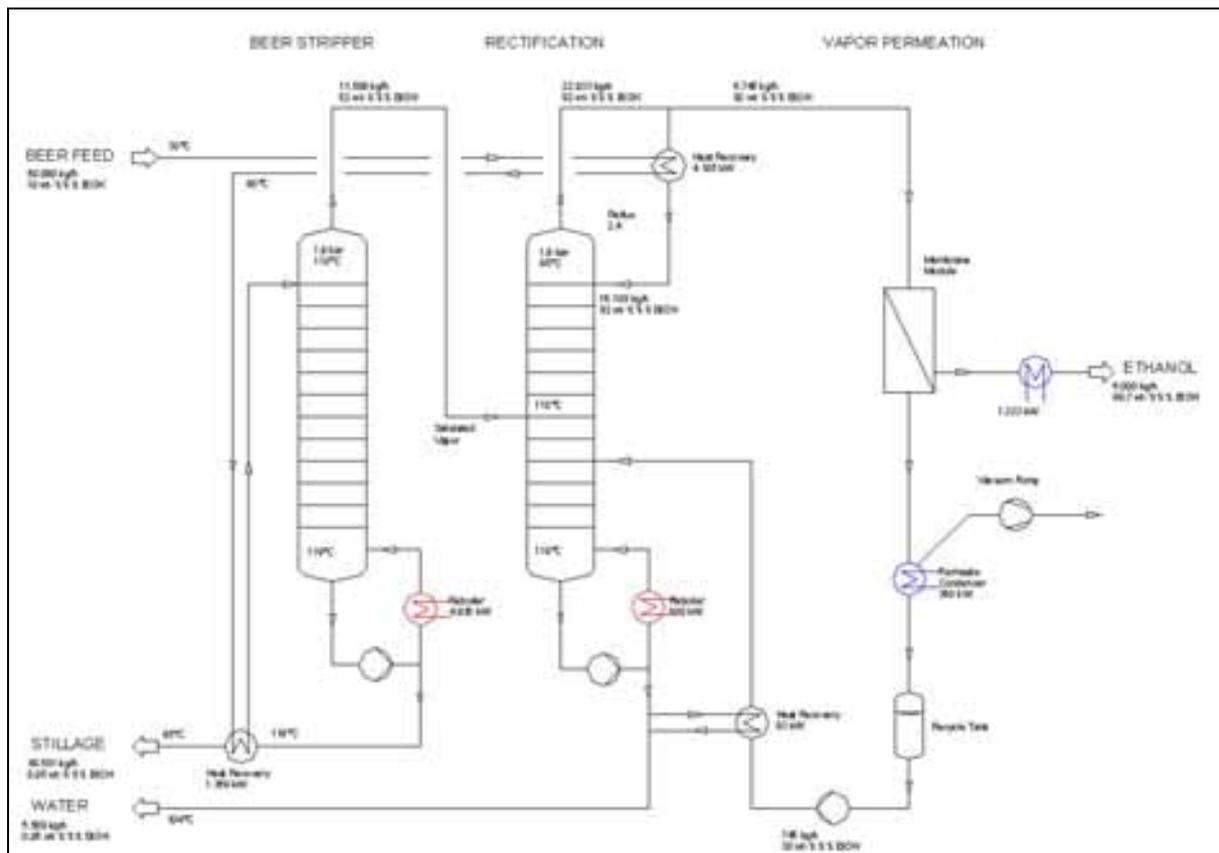


Abb. 5-1 Verfahrenschema einer Dämpfermation [13]

5.1 Grobberechnung der Anlagendimension

Die Absolutierungsanlage ist als Hofanlage für eine landwirtschaftliche Brennerei mittlerer Größe gedacht und besitzt daher eine Produktionskapazität von 20.000 hl/a. Dies entspricht bei 8.000 Betriebsstunden/a einem Volumenstrom von 198 l/h. In der Tabelle 5-1 werden diese Daten beispielhaft für den Rohstoffeinsatz für diese Anlage angegeben.

Tab. 5-1: Anlagendaten Hofanlage

Anlagengröße			Rohstoffeinsatz	
Ethanol 99,7 Vol.%			Erforderliches Rohethanol (85 Vol.%)	Erforderliche Biomasse
hl/a	jato	l/h	hl/a	t Weizen/a
20.060	1.588	199	23.529	6.118

5.2 Abschätzung der Investitionskosten

Entsprechend der Spezifikation der Oxeno Olefinchemie GmbH (siehe Anlage 1) soll das Bioethanol nach der Absolutierung 99,7 Vol.% (99,5 Gew.%) haben. Das Ausgangsethanol hat eine Qualität von ca. 85 Vol.% bzw., sofern eine Rektifikation vorhanden ist, ca.

95 Vol.%. Die Absolutierung von 85 Vol.% Ethanol wird als Variante 1 und von 95 Vol.% als Variante 2 bezeichnet.

Die Investitionskosten für die Anlage betragen 324.500 € bzw. 289.500 €. Sie setzen sich aus den Anlagenkosten, den Kosten für das Fundament und einem Kostenpunkt Sonstiges zusammen, unter dem die Kosten für den Druckluftkompressor sowie Verbindungsleitungen mit erfasst sind. Die Investitionskosten können den Tabellen 5-2 und 5-3 im Kapitel 5.4 entnommen werden.

5.3 Berechnung der zu erwartenden Betriebskosten

Für den reinen Betrieb der Absolutierungsanlagen fallen Kosten für Strom, Kühlwasser (Brunnenwasser) und Membranersatz an. Die Membranersatzkosten beinhalten nicht den Ausbau des Membranpaketes und den Transport zur Firma, diese Kosten sind unter Sonstiges mit erfasst. Die anfallenden Lohnkosten wurden aus der Machbarkeitsstudie zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brennereien [1] übernommen.

Die Absolutierungskosten betragen für die Anlage nach der Variante 1 165.854 €/a und nach Variante 2 118.431 €/a. Eine genaue Aufschlüsselung dieser Kosten ist in den Tabellen 5-2 und 5-3 in Kapitel 5.5 zu finden.

In diesem Kapitel werden auch die Gesamtkosten für die Produktion von absolutiertem Bio-Ethanol bestimmt.

5.4 Berechnung der zu erwartenden Erlöse

Verkauft man Ethanol, so würde man sinnvollerweise den Verkaufspreis mit einer Preisgleitformel an den Benzinpreis koppeln. Der Preisgleitformel könnte im Kern wie folgt gestaltet sein:

$$\text{Ethanolpreis von morgen} = \frac{\text{Ethanolpreis von heute} \cdot \text{Benzinpreis von morgen}}{\text{Benzinpreis von heute}}$$

Danach würde der Ethanolpreis den Schwankungen des Kraftstoffmarktes unterliegen. Das bedeutet solange der Benzinpreis steigt, steigt der Preis für Ethanol an und umgekehrt.

Da die Berechnungen mit einem realistischen Ethanolpreis durchgeführten werden sollten, wird mit einem heutigen Marktpreis von 45 - 47 Ct/l gerechnet.

Bei einer Anlage von 20.000 hl/a ergibt dies einen Erlös von 900.000 €/a bis 940.000 €/a.

5.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Absolutierungskosten

Werden für die beiden Varianten 1 und 2 die Absolutierungskosten betrachtet, führt dies zu dem in den Tabellen 5-2 und 5-3 angebenen Kosten. Die Absolutierungskosten betragen mit einer Dämpfepermeationsanlage für die Anlage mit der Variante 1 8,29 €/hl und für die Variante 2 5,92 €/hl.

Tab. 5-2: Absolutierungskosten Variante 1 (im Anschluss an die Maischedestillation wird der Ethanolgehalt durch die Dämpfepermeation von 85 Vol.% auf 99,7 Vol.% angehoben)

Variante 1: Absolutierungskostenkosten einer 20.000 hl Anlage (85 auf 99,7 Vol.%)						
Investitionskosten						
Anlage					320.000	[€]
Fundament					4.500	[€]
Sonstiges					6.400	[€]
Gesamtinvestitionskosten					324.500	[€]
Produktionskosten						
Anschlussleistung	9,5	[kW]	0,1	[€kWh]	7.600	[€a]
Kühlwasser	9,0	[m³/h]				
Enteisenung/Entmanganung			0,20	[€m³]	14.400	[€a]
Enthärtung			0,32	[€m³]	23.040	[€a]
Energiekosten			0,20	[€m³]	14.400	[€a]
Membranersatz	23.000	[€]			7.667	[€a]
Sonstiges	9,5	[%/a]			30.828	[€a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]			32.000	[€a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]			225	[€a]
Verzinsung	5	[%/a]			16.225	[€a]
Versicherung	1	[%/a]			3.245	[€a]
Reparaturen	5	[%/a]			16.225	[€a]
Gesamtkosten Absolutierung					165.854	[€a]
Produktionskosten Absolutierung					8,29	[€/hl]

Tab. 5-3: Absolutierungskosten Variante 2 (im Anschluss an die Rektifikation wird der Ethanolgehalt von 95 auf 99,7 Vol.% mittels Dämpfepermeation aufkonzentriert)

Variante 2: Absolutierungskosten einer 20.000 hl Anlage (95 auf 99,7 Vol.%)						
Investitionskosten						
Anlage					285.000	[€]
Fundament					4.500	[€]
Sonstiges					5.700	[€]
Gesamtinvestitionskosten					289.500	[€]
Produktionskosten						
Anschlussleistung	9,5	[kW]	0,1	[€kWh]	7.600	[€/a]
Kühlwasser	2,5	[m³/h]				
Enteisung/Entmanganung			0,20	[€/m³]	4.000	[€/a]
Enthärtung			0,32	[€/m³]	6.400	[€/a]
Energiekosten			0,20	[€/m³]	4.000	[€/a]
Membranersatz	16.000	[€]			5.333	[€/a]
Sonstiges	9,5	[%/a]			27.503	[€/a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]			31.525	[€/a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]			225	[€/a]
Verzinsung	5	[%/a]			14.475	[€/a]
Versicherung	1	[%/a]			2.895	[€/a]
Reparaturen	5	[%/a]			14.475	[€/a]
Gesamtkosten Absolutierung					118.431	[€/a]
Produktionskosten Absolutierung					5,92	[€/hl]

Die Variante 2, Absolutierung erst nach der Rektifikation, führt nur zu geringeren Produktionskosten, wenn eine Rektifikationsanlage bereits vorhanden ist. Eine Neuanschaffung würde sich aber nicht rechnen, da die Investitionskosten dadurch um 50 % gesteigert würden und auch die Produktionskosten um 40 % steigen würden. Somit wären Produktionskosten dann höher als bei der Variante 1, Absolutierung im Anschluss an die Maischedestillation.

Wirtschaftlichkeit einer bestehenden abgeschrieben und bezahlten Anlage

Zu den Absolutierungskosten fallen natürlich auch weiterhin die bisherigen Destillationskosten an. Diese wurden der Machbarkeitsstudie zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brennereien [1] entnommen. Die Tabelle 5-4 gibt die reinen Produktionskosten (ohne Abschreibung und Verzinsung) wieder. Diese gelten nur für abgeschriebene und bezahlte Anlagen, ansonsten kommen Kosten für Abschreibung von Bau und Technik sowie die Verzinsung hinzu.

Tab. 5-4: Reine Produktionskosten (ohne Abschreibung + Zinsen)

	Ausgangsdaten	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 1	Variante 2
			[€l]	[€l]	[€l]	[€l]
Energie (Heizöl)	0,55	[€l]	0,11	0,12	-	-
Energie (Stroh)	5,00	[€dt]	-	-	0,024	0,034
Strom	0,10	[€kWh]	0,01	0,01	0,01	0,01
Rohstoff (Weizen)	12,00	[€dt]	0,31	0,31	0,31	0,31
Enzyme	2,30	[€hl]	0,02	0,02	0,02	0,02
Versicherung			0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Löhne			0,03	0,03	0,03	0,03
Reparatur			0,02	0,02	0,02	0,02
Sonstiges			0,02	0,02	0,02	0,02
Summe = Destillationskosten			0,52	0,53	0,43	0,44
Absolutierung			0,08	0,06	0,08	0,06
Reine Produktionskosten			0,60 €	0,59	0,51	0,50

Mit einer abgeschriebenen und bezahlten Anlage würden die Produktionskosten für absolutiertes Bio-Ethanol 0,60 €/l bzw. 0,59 €/l betragen.

An Stelle von Heizöl kann die Erzeugung der benötigten Energie auch über eine Strohheizung erfolgen [2]. Die Produktionskosten hierfür sind ebenfalls in Tabelle 5-4 dargestellt. Sie werden durch eine Strohheizung um 0,09 €/l auf 0,51 €/l bzw. 0,50 €/l gesenkt. Wird davon ausgegangen, dass die Strohheizung neu angeschafft werden muss und somit nicht bezahlt und abgeschrieben ist, erhöhen sich die Produktionskosten, bei Investitionskosten von rund 385.000 € für eine 1MW_{th}-Anlage, um rund 2 Ct/l auf 0,53 €/l bzw. 0,52 €/l.

Wie bereits unter Kapitel 5.4 erwähnt, schwankt der Marktpreis für Ethanol derzeit um 0,45 - 0,47 €/l. Der wirtschaftliche Betrieb einer dezentralen Anlage scheint daher derzeit schwierig. Dies gilt auch für bestehende abgeschriebene und bezahlte Anlagen.

Wirtschaftlichkeit einer Neuanlage

Um festzustellen, ob sich dagegen ein Komplettneubau einer Gesamtanlage (Destillation und Absolutierung) wirtschaftlich rechnet, wurden die Produktionskosten für eine Neuanlage von 21.600 hl/a mit Heizöl [1] herangezogen. Der Anlagenaufbau entspricht der Variante 1, nach der Maischedestillation wird das ca. 40 %ige Ethanol mit einer Dämpferpermeationsanlage auf 99,7 Vol.% aufkonzentriert.

Wie in Tabelle 5-5 dargestellt, führt dies zu Produktionskosten von 0,70 €/l. Der Einsatz einer Strohheizungsanlage anstelle von Heizöl kann die Produktionskosten immerhin auf 0,63 €/l senken. Die angesetzten reinen Produktionskosten sind der Tabelle 5-4 entnommen.

Tab. 5-5: Produktionskosten einer Neuanlage

	Variante 1	Variante 1 + Strohheizung	
Abschreibung Technik	0,05	0,06	[€]
Abschreibung Bau	0,01	0,01	[€]
Verzinsung	0,04	0,05	[€]
Reine Produktionskosten	0,60	0,51	[€]
Produktionskosten	0,70	0,63	[€]

Damit liegen die Produktionskosten über dem Marktpreis für Ethanol. Bei einem Komplettneubau kann demnach, unabhängig von der Art der Energieerzeugung (Heizöl/Stroh), derzeit keine Wirtschaftlichkeit der Anlage erreicht werden.

6 GROBKONZEPTION EINER MÖGLICHEN GEMEINSCHAFTSABSOLUTIERUNGSANLAGE

Für eine Gemeinschaftsabsolutierungsanlage können das Membranverfahren, das Schleppmittelverfahren und das Molekularsiebverfahren eingesetzt werden. Aufgrund seiner hohen Kosten wird das Schleppmittelverfahren nicht für die Anlage in Betracht gezogen. Von den Membranverfahren wird, da am Ende der Destillation ein dampfförmiges Produkt, Ethanol-Sattdampf, vorliegt, das Dämpfepermeationsverfahren angewandt. Für diesen Anwendungsfall ist die Dämpfepermeation zudem auch kostengünstiger als die Pervaporation. Neben der Membran- und Molekularsiebverfahren, soll auch eine Kombination der beiden Verfahren betrachtet werden. Bei diesem Hybridmodell durch eine Dämpfepermeation erfolgt zunächst eine Teilentwässerung und im Anschluss daran die Endentwässerung im Molekularsieb.

Das Anlagenkonzept sieht vor, dass der in den landwirtschaftlichen Brennereien produzierte Bioethanol, mit ca. 85 Vol.% (80 Gew.%), am Anlagenstandort angeliefert wird. Dort erfolgt dann zunächst eine Rektifikation und im Anschluss daran die Absolutierung des Bioethanols.

Dämpfepermeation

Der Rohalkohol wird zunächst in die Rektifikationskolonne eingeleitet, wo der Ethanolgehalt von 85 Vol.% auf ca. 95 Vol.% (92 Gew.%) aufkonzentriert wird. Die Abbildung 6-1 gibt das Verfahrenschema einer solchen Anlage wieder.

Der aus dieser Rektifikationskolonne austretende Ethanol-Sattdampf wird nicht kondensiert, sondern direkt den Membranmodulen einer Dämpfepermeationsanlage zugeleitet. Mit Hilfe der Membranen wird Permeat vom Ethanol-Sattdampf abgetrennt. Das Permeat besteht zum überwiegenden Teil aus Wasser und wird durch die Membran hindurch „verdampft“. Der auf der Membranrückseite austretende Permeatdampf strömt zu den von Kühlmedien durchströmten Permeatkondensatoren und wird hier nahezu vollständig niedergeschlagen und dann in einem Permeatbehälter gesammelt. Von Zeit zu Zeit saugt eine Pumpe das Permeat aus dem Permeatbehälter ab, und fördert es zur Wiederaufarbeitung zurück in die bauseits existierende Rektifikationskolonne oder einen Puffertank. Der aus den Membranmodulen austretende und entwässerte Ethanol-Sattdampf strömt zu einem mit Kühlwasser versorgten Retentat-kondensator und wird hier vollständig niedergeschlagen und abgekühlt. Eine Pumpe fördert das kondensierte Retentat (das entwässerte Ethanol) kontinuierlich in einen bauseitigen Stapel- oder Lagertank.

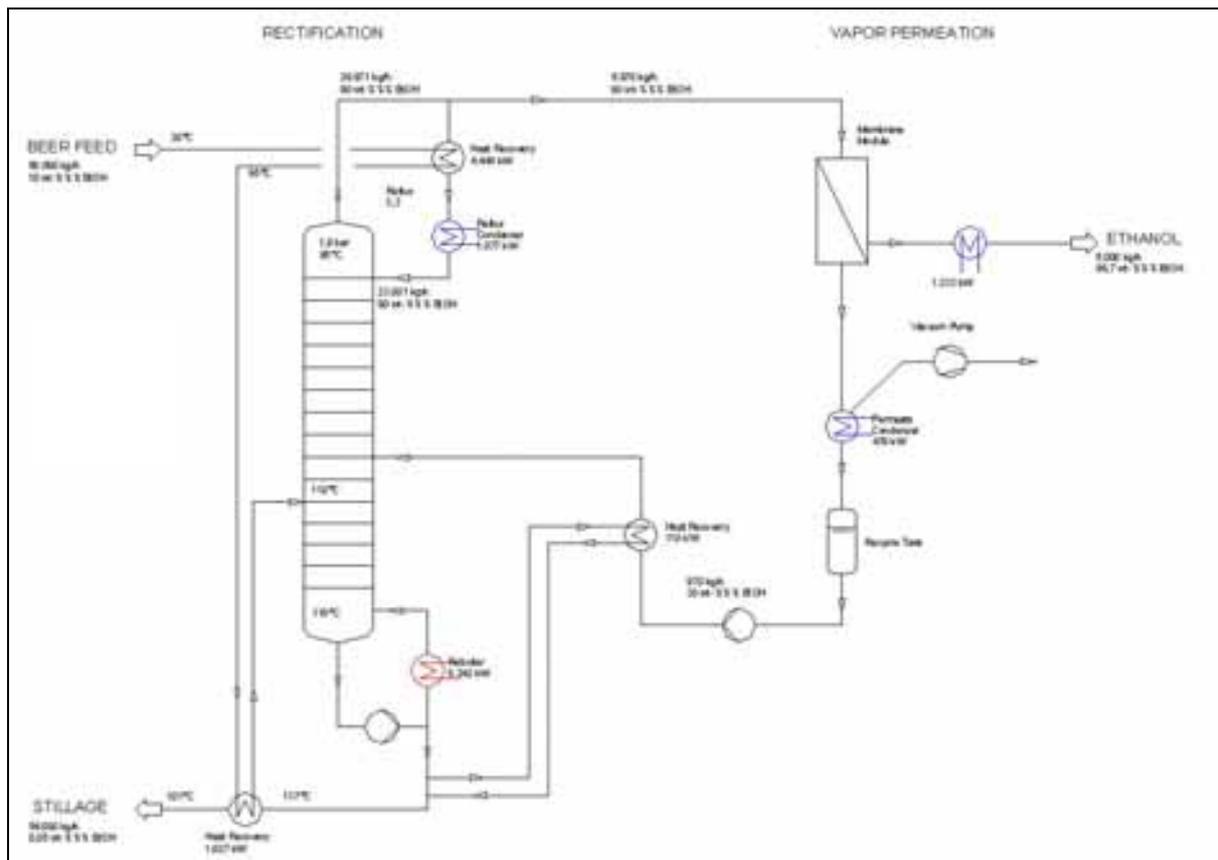


Abb. 6-1: Verfahrensschema einer Dämpfermeation [13]

Molekularsiebverfahren

Die ausgearbeitete Anlagenschaltung, sie ist in Abbildung 6-2 dargestellt, sieht eine Zweidruckrektifikation vor. Hierzu wird der eingeleitetet Rohalkohol in zwei Teilströme geteilt, die der Vakuum- bzw. der Druckkolonne zugeleitet werden. Der am Kopf der Vakuumkolonne austretende Ethanol-Sattdampf wird im Kondensator niedergeschlagen. Im Anschluss wird jeweils ein Teilstrom in die Vakuumkolonne zurückgeleitet und einer in die Druckkolonne. Diese ist direkt mit der Dehydrierungseinheit verbunden, so werden die ethanolreichen Brüden am Kolonnenkopf abgezogen, überhitzt und schließlich dehydriert.

Die einzelnen Teilanlagen (Rektifikationskolonne, Reboiler, Kondensatoren, Molsiebe usw.) sind energetisch miteinander verschaltet. Das zur Regenerierung der Molsiebe erforderliche aufgereinigte Ethanol wird nach der Regenerierung kondensiert und der Druckkolonne wieder zugeführt. In der Vakuumkolonne anfallendes Lutterwasser wird zur Produktvorwärmung in den Plattenwärmetauschern genutzt.

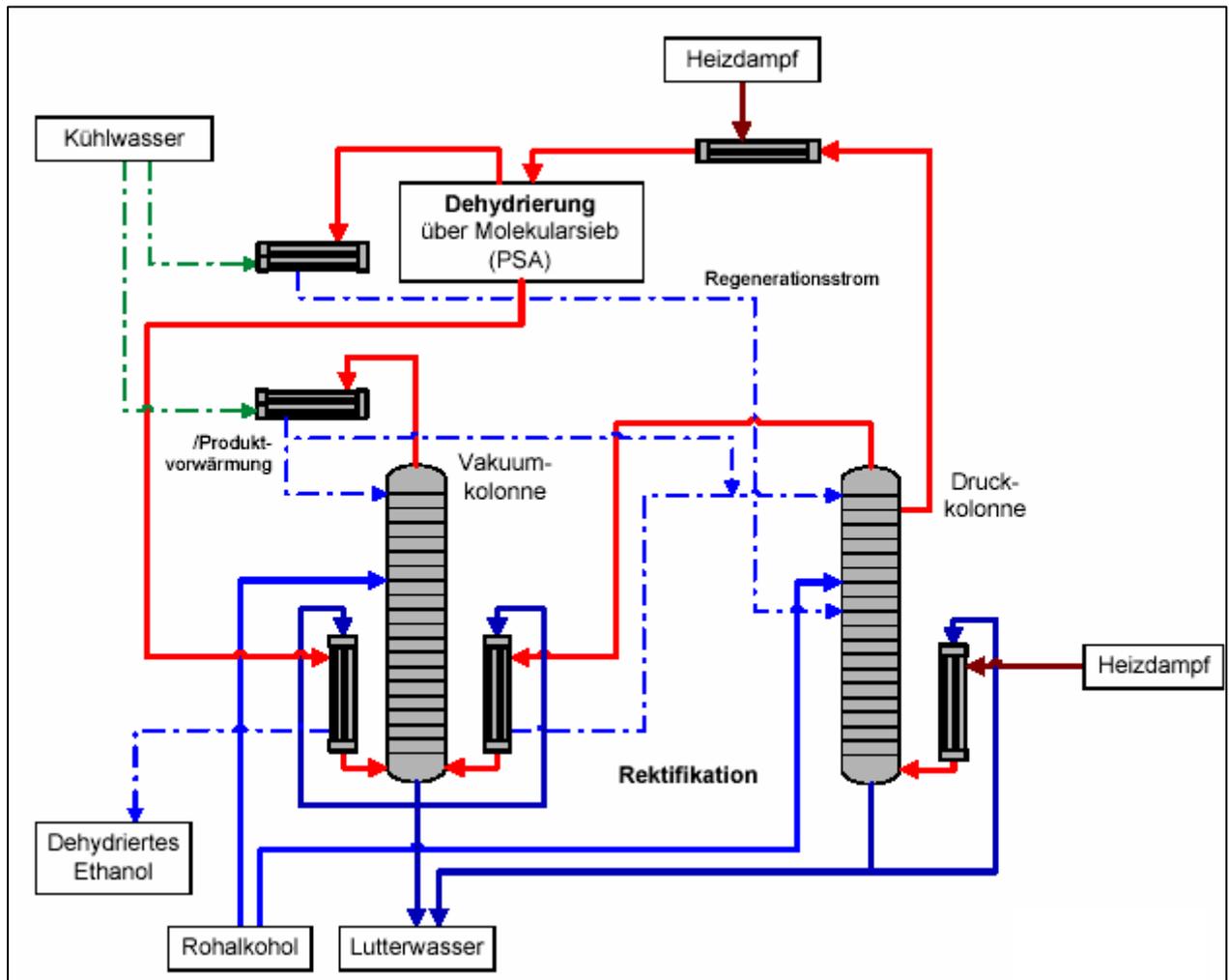


Abb. 6-2: Vereinfachtes Fließbild der Molekularsiebanlage [14]

Hybridanlage

Der aus den landwirtschaftlichen Brennereien angelieferte Rohalkohol wird zuerst in einer unter leichtem Überdruck stehenden Rektifikationskolonne auf ca. 95 Vol.% (92 Gew.%) entwässert. Die Abbildung 6-3 gibt das Verfahrensschema der Anlage wieder.

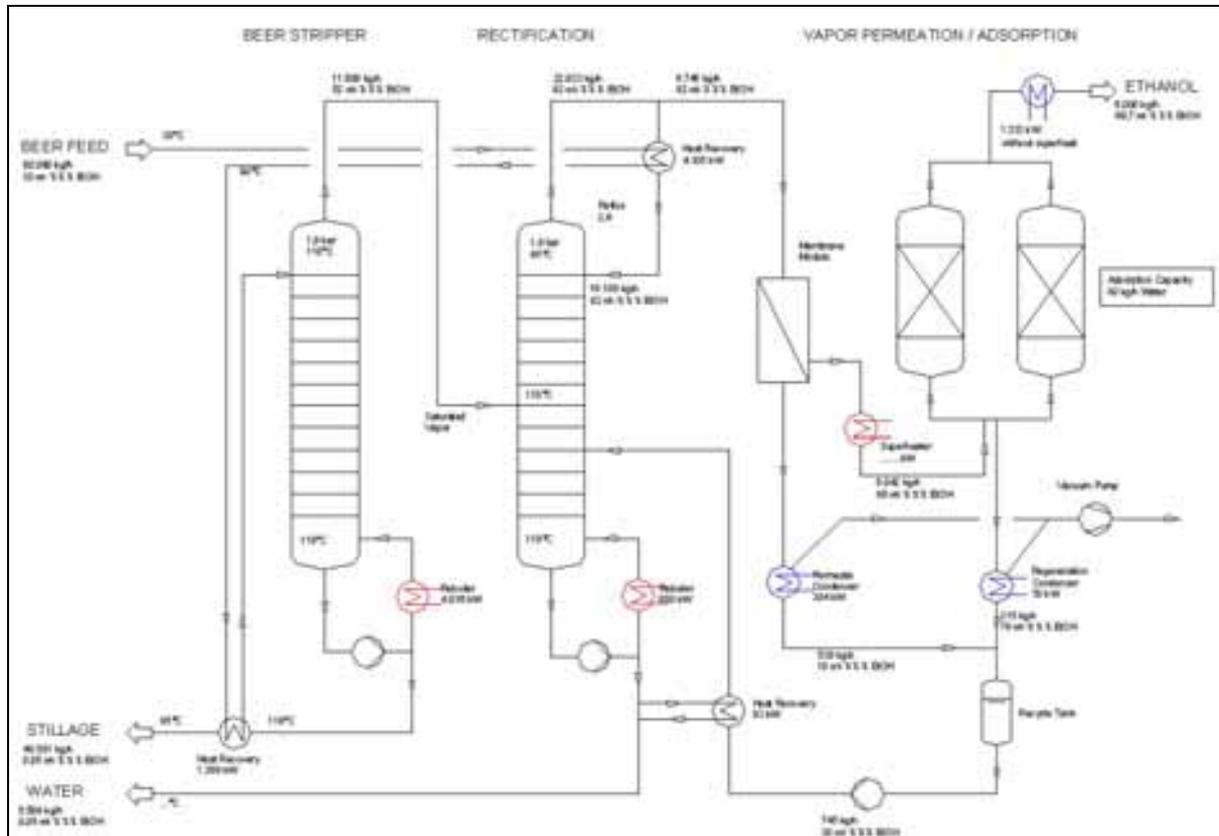


Abb. 6-3: Verfahrensschema einer Hybridanlage [13]

Der am Kolonnenkopf austretende Ethanol-Sattdampf (ca. +95 °C) wird in die Dämpfepemeationsanlage eingespeist. Die Dämpfepemeationsanlage übernimmt nur eine Teilentwässerung auf ca. 98 Vol.% (97 Gew.%) Ethanol. Dieser Ethanoldampf wird dann in einem Wärmetauscher überhitzt und einem Molsieb zur finalen Entwässerung auf 99,7 Vol.% (99,5 Gew.%) zugeführt.

Der überhitzte und entwässerte Ethanol-Sattdampf wird in einem mit Kühlwasser versorgten Produktkondensator vollständig niedergeschlagen und abgekühlt. Eine Pumpe fördert das kondensierte Produkt (das entwässerte Ethanol) kontinuierlich in einen Stapel- oder Lager-tank. Während ein Molsieb im bestimmungsgemäßen Betrieb arbeitet, d.h. den Ethanol-Dampf entwässert, wird das andere Molsieb mit einem Teilstrom des bereits entwässerten Ethanol-Dampfes wieder regeneriert. Das dabei anfallende Wasser-Ethanol-Gemisch wird in einem mit Kühlwasser versorgten Vakuumkondensator niedergeschlagen und ebenso wie das

Permeat der Dämpfepermeationsanlage zur Wiederaufarbeitung in die Rektifikationskolonne oder einen Puffertank gefördert.

Vakuumpumpen saugen kontinuierlich nichtkondensierbare Gase (Inertgas, d.h. Luft) und anhängenden Restdampf aus dem Permeatkondensator und / oder Permeatbehälter sowie dem Vakuumkondensator der Molsiebanlage ab.

Grobberechnung der Anlagendimension

Die Absolutierungsanlage wird als Gemeinschaftsabsolutierungsanlage ausgelegt. Ausgegangen wird von landwirtschaftlichen Brennereien mittlerer Größe mit einer Produktionskapazität von 20.000 hl. Es werden drei unterschiedliche Anlagengrößen berücksichtigt. Die größte Anlage ist für 100.000 t/a ausgelegt, hierfür würden ca. 60 landwirtschaftliche Brennereien der genannten Größenordnung benötigt. Desweiteren werden eine mittlere Anlage von 50.000 t/a und eine kleine Anlage mit 25.000 t/a betrachtet, falls sich nur 30 bzw. 15 mittelgroße landwirtschaftliche Brennereien beteiligen wollen.

Die Anlagendaten der Gemeinschaftsabsolutierungsanlage können der Tabelle 6-1 entnommen werden.

Tab. 6-1: Anlagendaten Gemeinschaftsabsolutierungsanlage

Anlagengröße		Produkt (99,7 Vol.%)	Rohethanol (85 Vol.%)
jato	kg/h	hl/a	
100.000	12.500	1.270.597	1.490.335
50.000	6.250	635.298	745.168
25.000	3.125	317.649	372.584

6.1 Abschätzung der Investitionskosten

Die Investitionskosten setzen sich aus dem Angebot für die Absolutierungsanlage sowie den Kosten für das Fundament zusammen. Zusätzlich wird noch ein Posten Sonstiges hinzuge-rechnet, unter dem die Kosten für Verkabelung, Isolierung und weitere anfallende Kosten erfasst werden.

Die Investitionskosten sind im Kapitel 6.4 in den Tabellen 6-4 - 6-6 für die Membrananlage sowie 6-7 - 6-9 für die Molekularsiebanlage und Tabelle 6-10 für die Hybridanlage dargestellt.

Aufgrund unterschiedlicher Standortgegebenheiten von Marl und Lüdinghausen entstehen standortspezifische Kosten, die sich im Fall des Standortes Lüdinghausen auch auf die Investitionskosten auswirken. Hier müssten Freiflächen gekauft sowie wegen Unverfügbarkeit Gebäude zur Unterbringung der MSR-Technik bzw. bei den Molekularsiebanlagen zur Einhausung der Pumpen und Feldgeräte einschließlich der ersten Bühne errichtet werden. Da für die Membran- und die Hybridanlagen Bürocontainer verwendet werden könnten, ist die Auswirkung auf die Investitionskosten gering. Inklusive Montage und Inbetriebnahme ergeben sich Investitionskosten für die drei Anlagengrößen 25.000/ 50.000/ 100.000 t/a von ca. 2,2 / 3,4/ 5,8 Mio € für das Membranverfahren. Für das Molekularsiebverfahren wäre allerdings ein Hallenbau erforderlich, wodurch sich die Investitionskosten um bis zu 100.000 € erhöhen. So ergeben sich Investitionskosten von ca. 3,1/ 3,9/ 5,8 Mio € für den Standort Marl und 3,2/ 4,0/ 5,9 Mio € für den Standort Lüdinghausen. Es wurden für die Molekularsiebanlage Angebote von zwei Herstellern eingeholt und derjenige ausgewählt, der die geringsten Betriebskosten erzielte. Für die Hybridanlage liegt nur ein Angebot für die Anlagengröße 100.000 t/a vor, da die Kosten für die kleineren Anlagengrößen über denen der Dämpferpermanationsanlagen liegen und somit kostenmäßig uninteressant sind. Die Investitionskosten betragen 5,9 Mio €

6.2 Berechnung der zu erwartenden Betriebskosten

Die Betriebskosten wurden anhand der im Anlagenangebot angegebenen Betriebsparameter ermittelt. Die standortspezifischen Betriebskosten für Strom (Anschlussleistung) Kühlwasser, Druckluft und Dampf wurden für den Standort Marl mit den Daten aus der Tabelle Energiepreise für Kleinabnehmer der Firma Infracor berechnet und lassen sich aus den Tabellen 6-4 bis 6-6 ableiten. Auch die Angaben zu den Mietpreisen von Flächen und Lagern wurden von Infracor bereitgestellt. Die Daten für den Standort Lüdinghausen stammen von der Firma EURO-Alkohol. Hier müsste die Druckluft selbst erzeugt werden, die Betriebskosten sind daher bei den Stromkosten zu finden. Die benötigten Freiflächen werden gekauft, eine Miet- oder Pachtoption wäre zwar auch möglich, es liegen aber keine Angaben dazu vor. Für die Lager liegt nur für die Größe 500 m³ ein Mietangebot vor, die beiden anderen Größen wären aber auch möglich weshalb die Kosten dafür abgeschätzt wurden.

Die standortunabhängigen Betriebskosten für die Absolutierung liegen zwischen ca. 2 und 4 €/hl. Hinzukommen noch ca. 1 - 3 €/hl an standortspezifischen Betriebskosten. Eine Übersicht über die allgemeinen Betriebskosten und die Gesamtbetriebskosten am jeweiligen Standort gibt Tabelle 6-2. Die genaue Kostenaufstellung für die einzelnen Anlagengrößen, Verfahren und Standorte sind den Tabellen 6-4 bis 6-10 zu entnehmen.

Tab. 6-2: Betriebskosten der verschiedenen Anlagen

	Allgemeine Betriebskosten	Marl		Lüdinghausen		
		Standortspezifische Betriebskosten	Gesamte Betriebskosten	Standortspezifische Betriebskosten	Gesamte Betriebskosten	
Membrananlage						
25.000 t/a	3,07	1,33	4,40	0,60	3,67	[€hl]
50.000 t/a	2,19	0,87	3,06	0,58	2,77	[€hl]
100.000 t/a	1,71	0,63	2,34	0,46	2,17	[€hl]
Molekularsiebanlage						
25.000 t/a	3,89	3,22	7,11	2,14	6,03	[€hl]
50.000 t/a	2,38	2,91	5,29	2,15	4,54	[€hl]
100.000 t/a	1,64	2,72	4,36	2,03	3,67	[€hl]
Hybridanlage						
100.000 t/a	1,69	0,74	2,43	0,51	2,20	[€hl]

Die Auswertung der Tabellen ergibt, dass die Betriebskosten mit der Größe der Anlage steigen. Dies entspricht den gestiegenen Anlagenkosten und auch dem gestiegenen Verbrauch an Strom, Kühlwasser und Druckluft. Ein Vergleich der beiden Verfahren ergibt, dass die Ersatzkosten beim Molsieb aufgrund der längeren Standzeit, mindestens 10 a zu 3 a, ungefähr 30 % geringer als bei Membranverfahren sind. Auch der Stromverbrauch fällt geringer aus. Aber das Molekularsiebverfahren benötigt mehr Kühlwasser als das Membranverfahren und, das ist entscheidend, es benötigt im Gegensatz zum Membranverfahren Dampf. Dieser Dampfbedarf ist der Hauptverursacher der ca. 40 % höheren Betriebskosten des Molekularsiebverfahrens. Beim Hybridverfahren wird aufgrund der vorhergegangenen Dämpferpermeation eine wesentlich geringere Dampfmenge benötigt, wodurch die Betriebskosten sich fast, sie sind maximal 4 % höher, denen der reinen Dämpferpermeationsanlage annähern. Beim Vergleich der standortspezifischen Betriebskosten zeigt sich, dass am Standort Lüdinghausen um bis zu 17 % niedrigere Betriebskosten als am Standort Marl entstehen.

6.3 Berechnung der zu erwartenden Erlöse

Die Ermittlung des Ethanolpreises erfolgte wie unter Kapitel 5.5 beschrieben. Wird davon ausgegangen, dass der Preis bei 45 - 47 Ct/l liegt, ergeben sich für die jeweiligen Anlagen die in der Tabelle 6-3 dargestellten Erlöse.

Tab. 6-3: Darstellung der zu erwartenden Erlöse nach der Anlagenkapazität

Anlage		Erlös
t/a	hl/a	Mio. €a
100.000	1.270.597	57,2 - 59,7
50.000	635.298	28,6 - 29,9
25.000	317.649	14,3 - 14,9

6.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die zur Berechnung herangezogenen Daten beruhen auf konkreten Angeboten einzelner Anlagenkomponenten, sowie auf den Angaben der Firma Infracor und Euroalkohol zu den Medienkosten und Anmietpreisen an den Standorten Marl und Lüdinghausen.

Dämpferpermeation

Die Absolutierungskosten für die Dämpferpermeationsanlagen in den drei Größen 25.000/ 50.000/ 100.000 t/a sind in den Tabellen 6-4 – 6-6 dargestellt. Die Angebote für die Absolutierungsanlagen beinhalteten die Montage und Inbetriebnahme der Anlage.

Tab.6-4: Absolutierungskosten Dämpferpermeationsanlage 25.000 t/a

Absolutierungskosten einer 25.000 t/a Dämpferpermeationsanlage						
Investitionskosten						
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen	
Absolutierungsanlage			1.000.000			[€]
Rektifikation			1.134.000			[€]
Fundament			7.088			[€]
Sonstiges			42.680			[€]
			2.183.768			[€]
Freiflächen					4.940	[€]
Bürocontainer					20.000	[€]
Betriebskosten						
Miete Freifläche	100	[m ²]		210	-	[€a]
Miete Bürofläche	30	[m ²]		3.600	-	[€a]
Miete Lager	2 · 500	[m ³]		320.000	144.000	[€a]
Anschlussleistung	46	[kW]		31.501	26.980	[€a]
Kühlwasser	100	[m ³ /h]		64.800	16.000	[€a]
Druckluft				780	-	[€a]
Membranersatz	100.000	[€]	33.333			[€a]
Löhne	6	[AK]	270.000			[€a]
Sonstiges	9,5	[%/a]	207.458			[€a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]	217.668			[€a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]	354		1.247	[€a]
Verzinsung	5	[%/a]	109.188			[€a]
Versicherung	1	[%/a]	21.838			[€a]
Reparaturen	5	[%/a]	109.188			[€a]
Summe der standortspezifischen Kosten				420.891	188.227	[€a]
				1,33	0,59	[€hl]
Gesamtkosten Absolutierung			969.028	1.389.919	1.157.255	[€a]
Produktionskosten			3,05	4,38	3,64	[€hl]

Für die 25.000 t/a Dämpferpermeationsanlage ergeben sich ohne die standortspezifischen Betriebskosten Jahresgesamtkosten, bestehend aus Investitions- und Betriebskosten der Absolutierung, von 969.028 €a. Werden die standortspezifischen Kosten hinzugenommen ergeben sich bei einer Produktionsmenge von 315.675 hl Bioethanol/a Produktionskosten von 4,38 €/hl am Standort Marl und 3,64 €/hl am Standort Lüdinghausen.

Tab. 6-5: Absolutierungskosten Dämpferpermeationsanlage 50.000 t/a

Absolutierungskosten einer 50.000 t/a Dämpferpermeationsanlage						
Investitionskosten						
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen	
Absolutierungsanlage			1.700.000			[€]
Rektifikation			1.674.000			
Fundament			7.088			[€]
Sonstiges			67.480			[€]
			3.448.568			[€]
Freiflächen					4.940	[€]
Bürocontainer					20.000	[€]
Betriebskosten						
Miete Freifläche	100	[m ²]		210	-	[€a]
Miete Bürofläche	30	[m ²]		3.600	-	[€a]
Miete Lager	2 · 1000	[m ³]		360.000	288.000	[€a]
Anschlussleistung	82	[kW]		56.154	46.576	[€a]
Kühlwasser	200	[m ³ /h]		129.600	32.000	[€a]
Druckluft				780	-	[€a]
Membranersatz	200.000	[€]	66.667			[€a]
Sonstiges	9,5	[%/a]	327.614			[€a]
Löhne	6,0	[AK]	270.000			[€a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]	338.109			[€a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]	354		1.247	[€a]
Verzinsung	5	[%/a]	172.428			[€a]
Versicherung	1	[%/a]	34.486			[€a]
Reparaturen	5	[%/a]	172.428			[€a]
Summe der standortspezifischen Kosten				550.344	367.823	[€a]
				0,87	0,58	[€/hl]
Gesamtkosten Absolutierung			1.382.086	1.932.430	1.749.909	[€a]
Produktionskosten			2,18	3,04	2,75	[€/hl]

Die Jahresgesamtkosten betragen standortunabhängig bei einer Dämpferpermeationsanlage der Größe 50.000 t/a 1.382.086 €a. In Abhängigkeit von Standort Marl bzw. Lüdinghausen ergeben sich Jahresgesamtkosten von 1.932.430 €a bzw. 1.749.909 €a. Mit einer Produktionskapazität von 631.313 hl/a liegen die Produktionskosten in Marl bei 3,04 €/hl. In Lüdinghausen sind es 2,75 €/hl.

Tab. 6-6: Absolutierungskosten Dämpfepermeationsanlage 100.000 t/a

Absolutierungskosten einer 100.000 t/a Dämpfepermeationsanlage						
Investitionskosten						
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen	
Absolutierungsanlage			3.100.000			[€]
Rektifikation			2.538.000			[€]
Fundament			9.450			[€]
Sonstiges			112.760			[€]
Gesamtinvestitionskosten			5.760.210			[€]
Freiflächen					4.940	[€]
Bürocontainer					20.000	[€]
Betriebskosten						
Miete Freifläche	100	[m ²]		210	-	[€/a]
Miete Bürofläche	30	[m ²]		3.600	-	[€/a]
Miete Lager	2 · 2000	[m ³]		440.000	440.000	[€/a]
Anschlussleistung	140	[kW]		95.872	79.520	[€/a]
Kühlwasser	400	[m ³ /h]		259.200	64.000	[€/a]
Druckluft				780	-	[€/a]
Membranersatz	400.000	[€]	133.333			[€/a]
Löhne	6	[AK]	270.000			[€/a]
Sonstiges	9,5	[%/a]	547.220			[€/a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]	575.076			[€/a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]	473		1.247	[€/a]
Verzinsung	5	[%/a]	288.011			[€/a]
Versicherung	1	[%/a]	57.602			[€/a]
Reparaturen	5	[%/a]	288.011			[€/a]
Summe der standortspezifischen Kosten				799.662	584.767	[€/a]
				0,63	0,46	[€/hl]
Gesamtkosten Absolutierung			2.159.725	2.959.387	2.744.492	[€/a]
Produktionskosten			1,70	2,33	2,16	[€/hl]

Für die Dämpfepermeationsanlage mit einer Produktionskapazität von 100.000 t/a, was 1.262.626 hl/a entspricht, ergeben sich standortspezifische Jahresgesamtkosten von 2.959.387 €/a bzw. 2.744.492 €/a. Die Produktionskosten in Marl betragen damit 2,33 €/hl und in Lüdinghausen 2,16 €/hl.

Molekularsiebverfahren

Für eine Anlage nach dem Molekularsiebverfahren ergeben sich für die jeweilige Anlagengröße die in den Tabellen 6-7 - 6-9 aufgeführten Absolutierungskosten. Das Angebot für die Anlagen umfasst die gesamten Anlagenaggregate einschließlich der Rektifikation.

Tab. 6-7: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 25.000 t/a

Absolutierungskosten einer 25.000 t/a Molekularsiebanlage						
Investitionskosten						
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen	
Anlage			2.100.000			[€]
Monatge und Inbetriebnahme			950.000			[€]
Fundament			18.000			[€]
Sonstiges			42.000			[€]
Gesamtinvestitionskosten			3.110.000			[€]
Freifläche					4.560	[€]
Halle					50.000	[€]
Betriebskosten						
Miete Freifläche	80	[m ²]		168	-	[€/a]
Miete Bürofläche	40	[m ²]		4.800		[€/a]
Miete Lager	2 · 500	[m ³]		260.000	144.000	[€/a]
Anschlussleistung	30	[kW]		20.544	17.040	[€/a]
Kühlwasser	225	[m ³ /h]		145.800	32.000	[€/a]
Dampf 3,5 bar	3,6	[t/h]		558.720	-	[€/a]
Dampf 6 bar	0,15	[t/h]		26.640	-	[€/a]
Dampf 8 bar	3,75	[t/h]			480.000	[€/a]
Molsiebersatz	100.000	[€/10a]	10.000			[€/a]
Löhne	6	[AK]	270.000			
Sonstiges	9,5	[%/a]	295.450			[€/a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]	309.200			[€/a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]	900		2.728	
Verzinsung	5	[%/a]	155.500			[€/a]
Versicherung	1	[%/a]	31.100			[€/a]
Reparaturen	5	[%/a]	155.500			[€/a]
Summe der standortspezifischen Kosten				1.016.672	675.768	[€/a]
				3,20	2,13	[€/hl]
Gesamtkosten Absolutierung			1.227.650	2.244.322	1.903.418	[€/a]
Produktionskosten			3,86	7,07	5,99	[€/hl]

Beim Einsatz einer Molekularsiebanlage mit einer Kapazität 25.000 t/a entstehen Jahresgesamtkosten für den Standort Marl von 2.244.322 €/a, dies entspricht Produktionskosten von 7,07 €/hl. Die Jahresgesamtkosten am Standort Lüdinghausen betragen 1.903.418 €/a und die Produktionskosten 5,99 €/hl.

Tab. 6-8: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 50.000 t/a

Absolutierungskosten einer 50.000 t/a Molekularsiebanlage							
Investitionskosten							
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen		
Anlage			3.100.000			[€]	
Monatge und Inbetriebnahme			950.000			[€]	
Fundament			25.500			[€]	
Sonstiges			62.000			[€]	
Gesamtinvestitionskosten			4.137.500			[€]	
Freifläche					6.460	[€]	
Halle					100.000	[€]	
Betriebskosten							
Miete Freifläche	170	[m ²]		357	-	[€a]	
Miete Bürofläche	85	[m ²]		10.200		[€a]	
Miete Lager	2 · 1000	[m ³]		320.000	288.000	[€a]	
Anschlussleistung	60	[kW]		41.088	34.080	[€a]	
Kühlwasser	450	[m ³ /h]		291.600	72.000	[€a]	
Dampf 3,5 bar	7,2	[t/h]		1.117.440	-	[€a]	
Dampf 6 bar	0,30	[t/h]		53.280	-	[€a]	
Dampf 8 bar	7,50	[t/h]			960.000	[€a]	
Molsiebersatz	200.000	[€10a]	20.000			[€a]	
Löhne	6	[AK]	270.000			[€a]	
Sonstiges	9,5	[%/a]	393.063			[€a]	
Abschreibung Technik	10	[%/a]	411.200			[€a]	
Abschreibung Bau	5	[%/a]	1.275		5.323	[€a]	
Verzinsung	5	[%/a]	206.875			[€a]	
Versicherung	1	[%/a]	41.375			[€a]	
Reparaturen	5	[%/a]	206.875			[€a]	
Summe der standortspezifischen Kosten					1.833.965	1.359.403	[€a]
					2,89	2,15	[€hl]
Gesamtkosten Absolutierung			1.550.663	3.384.628	2.910.066	[€a]	
Produktionskosten			2,44	5,33	4,59	[€hl]	

Bei der Anlagenkapazität von 50.000 t/a liegen die standortspezifischen Gesamtkosten für das Molekularsiebverfahren bei 3.338.878 €a bzw. 2.864.316 €a. Woraus Absolutierungskosten von 5,33 €hl in Marl und 4,59 €hl in Lüdinghausen resultieren.

Tab. 6-9: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 100.000 t/a

Absolutierungskosten einer 100.000 t/a Molekularsiebanlage							
Investitionskosten							
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen		
Anlage			4.700.000			[€]	
Monatge und Inbetriebnahme			950.000			[€]	
Fundament			36.000			[€]	
Sonstiges			94.000			[€]	
Gesamtinvestitionskosten			5.780.000			[€]	
Freifläche					6.080	[€]	
Hallenbau					100.000	[€]	
Betriebskosten							
Miete Freifläche	160	[m ²]		336	-	[€/a]	
Miete Bürofläche	80	[m ²]		9.600		[€/a]	
Miete Lager	2 · 2000	[m ³]		440.000	440.000	[€/a]	
Anschlussleistung	120	[kW]		82.176	68.160	[€/a]	
Kühlwasser	900	[m ³ /h]		583.200	144.000	[€/a]	
Dampf 3,5 bar	14,4	[t/h]		2.234.880	-	[€/a]	
Dampf 6 bar	0,50	[t/h]		88.800	-	[€/a]	
Dampf 8 bar	14,90	[t/h]			1.907.200	[€/a]	
Molsiebersatz	400.000	[€/10a]	40.000			[€/a]	
Löhne	6	[AK]	270.000			[€/a]	
Sonstiges	9,5	[%/a]	549.100			[€/a]	
Abschreibung Technik	10	[%/a]	574.400			[€/a]	
Abschreibung Bau	5	[%/a]	1.800		5.304	[€/a]	
Verzinsung	5	[%/a]	289.000			[€/a]	
Versicherung	1	[%/a]	57.800			[€/a]	
Reparaturen	5	[%/a]	289.000			[€/a]	
Summe der standortspezifischen Kosten					3.438.992	2.564.664	[€/a]
					2,71	2,02	[€/hl]
Gesamtkosten Absolutierung			2.071.100	5.510.092	4.635.764	[€/a]	
Produktionskosten			1,63	4,34	3,65	[€/hl]	

Die Jahresgesamtkosten einer 100.000 t/a Molekularsiebanlage betragen für den Standort Marl 5.510.092 €/a und für Lüdinghausen 4.635.764 €/a. Damit liegen die Absolutierungskosten bei 4,34 €/hl bzw. 3,65 €/hl.

Tab. 6-10: Absolutierungskosten Hybridanlage 100.000 t/a

Absolutierungskosten einer 100.000 t/a Hybridanlage						
Investitionskosten						
Standort			Allgemein	Marl	Lüdinghausen	
Anlage			3.300.000			[€]
Rektifikationsanlage			2.538.000			[€]
Fundament			18.150			[€]
Sonstiges			66.000			[€]
Gesamtinvestitionskosten			5.922.150			[€]
Freifläche					4.940	[€]
Bürocontainer					20.000	[€]
Betriebskosten						
Miete Freifläche	100	[m ²]		210	-	[€/a]
Miete Bürofläche	30	[m ²]		3.600	-	[€/a]
Miete Lager	2 · 2000	[m ³]		440.000	440.000	[€/a]
Anschlussleistung	100	[kW]		68.480	57.652	[€/a]
Kühlwasser	505	[m ³ /h]		327.240	80.800	[€/a]
Druckluft				780	-	[€/a]
Dampf 6 bar	0,50	[t/h]		88.800	-	[€/a]
Dampf 8 bar	0,50	[t/h]			64.000	[€/a]
Molsiebersatz	150.000	[€/10a]	15.000			[€/a]
Membranersatz	130.000	[€/3a]	43.333			[€/a]
Löhne	6	[Ak]	270.000			[€/a]
Sonstiges	9,5	[%/a]	562.604			[€/a]
Abschreibung Technik	10	[%/a]	590.400			[€/a]
Abschreibung Bau	5	[%/a]	908		1.247	[€/a]
Verzinsung	5	[%/a]	296.108			[€/a]
Versicherung	1	[%/a]	59.222			[€/a]
Reparaturen	5	[%/a]	296.108			[€/a]
Summe der standortspezifischen Kosten				929.110	643.699	[€/a]
				0,73	0,51	[€/hl]
Gesamtkosten Absolutierung			2.133.682	3.062.792	2.777.381	[€/a]
Produktionskosten			1,68	2,41	2,19	[€/hl]

Die Anwendung der 100.000 t/a Hybridanlage, Kombination von Dämpferpermeation und Molekularsieb, führt in Marl zu Jahresgesamtkosten von 3.062.792 €/a sowie Produktionskosten von 2,43 €/hl. Für Lüdinghausen ergeben sich Gesamtkosten von 2.777.381 €/a und Produktionskosten von 2,20 €/hl.

In den Tabellen 6-4 bis 6-10 wurden die Absolutierungskosten bei dem jeweiligen Verfahren und der jeweiligen Kapazität dargestellt. Weiterhin fallen natürlich bei den Brennern auch die Kosten für die Destillation an. Für eine Brennerei mit einer Kapazität von 21.600 hl [1] ergeben sich unter den aufgeführten Bedingungen die in Tabelle 6-10 und 6-11 dargestellten Destillationskosten. Hinzukommen noch die Transportkosten von den Brennereien zum Anlagenstandort. Diese liegen zwischen 3 - 5 €/hl. Die Tabelle 6-11 und 6-12 geben Aufschluss über die Produktionskosten für absolutierten Bioethanol in Abhängigkeit von der Größe der Absolutierungsanlage, dem Verfahren sowie dem Standort.

Tab. 6-11: Produktionskosten für absolutierten Bioethanol in Ct/l am Standort Marl

Destillation		Absolutierung							
		Transport	Anlagen- größe	Dämpfepermeation		Molsieb		Hybrid	
				Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l
Ct/l	Ct/l	t/a	Summe	Summe	Summe	Summe	Summe		
Reine Betriebskosten (abgeschrieben u. bezahlt)	52	5	25.000	4,38	61,4	7,07	64,1	-	-
			50.000	3,04	60,0	5,33	62,3	-	-
			100.000	2,33	59,3	4,34	61,3	2,41	59,4
wie vorherige nur Strohheizung (neu) statt Heizöl	43	5	25.000	4,38	52,4	7,07	55,1	-	-
			50.000	3,04	51,0	5,33	53,3	-	-
			100.000	2,33	50,3	4,34	52,3	2,41	50,4
Neuanlage mit Heizöl	60	5	25.000	4,38	69,4	7,07	72,1	-	-
			50.000	3,04	68,0	5,33	70,3	-	-
			100.000	2,33	67,3	4,34	69,3	2,41	67,4
Neuanlage mit Stroh- heizung	51	5	25.000	4,38	60,4	7,07	63,1	-	-
			50.000	3,04	59,0	5,33	61,3	-	-
			100.000	2,33	58,3	4,34	60,3	2,41	58,4

Tab. 6-12: Produktionskosten für absolutierten Bioethanol in Ct/l am Standort Lüdinghausen

Destillation		Absolutierung							
		Transport	Anlagen- größe	Dämpfepermeation		Molsieb		Hybrid	
				Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l	Ct/l
Ct/l	Ct/l	t/a	Summe	Summe	Summe	Summe			
Reine Betriebskosten (abgeschrieben u. abbezahlt)	52	5	25.000	3,64	60,6	5,99	63,0	-	-
			50.000	2,75	59,8	4,59	61,6	-	-
			100.000	2,16	59,2	3,65	60,7	2,19	59,2
wie vorherige nur Strohheizung (neu) statt Heizöl	43	5	25.000	3,64	51,6	5,99	54,0	-	-
			50.000	2,75	50,8	4,59	52,6	-	-
			100.000	2,16	50,2	3,65	51,7	2,19	50,2
Neuanlage mit Heizöl	60	5	25.000	3,64	68,6	5,99	71,0	-	-
			50.000	2,75	67,8	4,59	69,6	-	-
			100.000	2,16	67,2	3,65	68,7	2,19	67,2
Neuanlage mit Stroh- heizung	51	5	25.000	3,64	59,6	5,99	62,0	-	-
			50.000	2,75	58,8	4,59	60,6	-	-
			100.000	2,16	58,2	3,65	59,7	2,19	58,2

Die Tabelle zeigt deutlich, dass die Produktionskosten für absolutierten Bioethanol von den Destillationskosten bestimmt werden und die Kosten der eigentlichen Absolutierung eher eine untergeordnete Rolle spielen. Diese liegen zwischen 2-7 Ct/l je nach Anlagentyp und Standort. Werden zu den Destillations- und Absolutierungskosten noch die Transportkosten hinzugerechnet, entstehen Produktionskosten von 50 – 71 Ct/l.

Bei einem Marktpreis für 99,7 Vol.%iges Ethanol von 45 - 47 Ct/l wird deutlich, dass ein wirtschaftlicher Betrieb einer zentralen Absolutierungsanlage unter den gegebenen Bedingungen nicht möglich ist. Durch Optimierung vor allem des Destillationsprozesses aber auch der Absolutierungsanlagen könnten die Kosten bis zur Wirtschaftlichkeit reduziert werden.

6.5 Beurteilung der Eignung der untersuchten Standorte

Als Standort einer Anlage stehen zur Auswahl der Chemiapark Marl und das Gelände der dkv in Lüdinghausen. Der Chemiapark Marl ist ein Standort von international operierenden Chemieunternehmen während am Standort Lüdinghausen langjährige Erfahrung mit der Vermarktung und Reinigung von Rohalkoholen besteht.

Die beiden Standorte liegen nur ca. 30 km voneinander entfernt. Da die einzelnen potentiellen Lieferanten des Rohalkohols mitunter weit von einander entfernt sind, ergibt sich durch die Wahl des einen oder anderen Standortes kein logistischer Vorteil. Eine Anbindung an das Strassen-, Schienen- und Wassernetz besitzen beide Standorte. Ein kleiner Vorteil des Standortes Marl ist der unmittelbare Autobahnanschluss mit eigener Autobahnabfahrt. Der Standort in Lüdinghausen liegt ca. 18 km von der nächsten Autobahn entfernt.

An beiden Standorten können die zur Produktion benötigten Medien (Strom, Dampf...) bezogen sowie Flächen und Gebäude gemietet bzw. gekauft werden. Es unterscheiden sich aber die Kosten dafür, was dazu führt, dass die Produktionskosten in Lüdinghausen um 17 % günstiger sind als in Marl. Bei steigender Anlagengröße verringert sich der Unterschied aber immer mehr.

Ein Vorteil des Standorts Marl ist, dass dort mit der Oxeno Olefinchemie GmbH ein potentieller Abnehmer für das absolute Bioethanol vorhanden ist. Sofern dieser als Abnehmer gewonnen werden kann, wäre der Standort geeigneter als der in Lüdinghausen.

Ansonsten sind sich die zwei Standorte recht ebenbürtig und die Entscheidung würde nur aufgrund der geringeren Produktionskosten für den Standort Lüdinghausen ausfallen.

7 FÖRDERPROGRAMME UND FINANZIERUNGSMODELLE

Im Folgenden werden die relevanten Förderprogramme beschrieben, die für eine zentrale Absolutierungsanlage an einem in Nordrhein-Westfalen gelegenen Standort in Frage kommen. Die Förderung erfolgt durch einen Zuschuss oder ein zinsgünstiges Darlehen.

7.1 Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP)

Gefördert werden insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeits- und Produktionsbedingungen, zur Stärkung des Tier- und Umweltschutzes und zur Schaffung neuer Einkommensperspektiven für landwirtschaftliche Betriebe.

Ziele

Die Fördermaßnahmen zielen darauf ab,

möglichst viele wettbewerbs- und leistungsfähige landwirtschaftliche Betriebe und damit eine flächendeckende Landbewirtschaftung zu erhalten,

- die Erzeugung hochwertiger Lebensmittel für den eigenen Markt zu fördern,
- die artgerechte Tierhaltung auszudehnen und
- alternative Erwerbsmöglichkeiten zu nutzen.

Fördermaßnahmen

Im Rahmen der einzelbetrieblichen Förderung können Investitionen in den folgenden Bereichen unterstützt werden:

Wirtschaftsgebäude

- Neu-, Aus- und Umbau von Wirtschaftsgebäuden

Bei Investitionen im Bereich der Tierhaltung gelten folgende Bedingungen:

- Stallplätze für Milchkühe im Rahmen der verfügbaren Milchquote,
- Rationalisierungsinvestitionen in der Schweine-, Rindfleisch-, Eier- und Geflügelproduktion ohne Bestandsaufstockung,
- Aufstockungsinvestitionen in der Schweinehaltung bei Ökobetrieben sowie der Rindfleischerzeugung und Geflügelmast,
- Aufstockungsinvestitionen bei Umstellung der Käfighaltung auf besonders artgerechte Freiland- und Bodenhaltungssysteme für Legehennen,

- Die Einrichtung von Vollspaltenböden wird nicht gefördert
- Investitionen zur artgerechten Tierhaltung, Direktvermarktung und für Biogasanlagen werden vorrangig gefördert.

Maßnahmen zur Energieeinsparung und -umstellung (Sonderprogramm)

- Neubau energiesparender Gewächshäuser einschließlich des hierfür notwendigen Abrisses alter Anlagen,
- Wärme- und Kälte-dämmungsmaßnahmen,
- Wärmerückgewinnungsanlagen,
- Wärmepumpen, Solaranlagen, Biomasse- und Biogasanlagen, Biomasseverfeuerung,
- Umstellung der Heizanlagen auf umweltverträgliche Energieträger,
- verbesserte Energieerzeugung und Wärmeleitung,
- Steuerungs- und Regeltechnik
- bessere Raumausnutzung in Gewächshäusern

Maschinen

Maschineninvestitionen für die Innenwirtschaft. Maschinen für den Außenbereich werden nur bezuschusst, wenn sie der umweltfreundlichen Ausrichtung der Produktion dienen (z.B. Pflanzenschutzgeräte mit besonderen technischen Einrichtungen zur umweltfreundlichen und effizienten Ausbringung, Mulchsaatgeräte, Güllewagen mit Schleppschläuchen, Miststreuer mit Exaktstreuaggregaten)

Erschließung neuer Einkommensquellen

Bei der Erschließung neuer Einkommensquellen geht es vor allem um Investitionen für die Direktvermarktung landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Produkte, den Beherbergungsbereich "Urlaub auf dem Bauernhof" und die Förderung land- und hauswirtschaftlicher Dienstleistungen.

Fördervoraussetzungen

Die Fördervoraussetzungen und die Höhe der möglichen Bezuschussung sind in der Tabelle 7-1 zusammengestellt.

Tab. 7-1: Tabellarische Übersicht des AFP-Programms

Maßnahmen	Vorraussetzungen	Höhe der Zuschüsse
Investitionen zur <ul style="list-style-type: none"> • Rationalisierung zur Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen • Erhaltung und Verbesserung von Umwelt, Tierschutz und Tierhygiene • Umstellung auf artgerechte Tierhaltung, Aufstockung von Tierbeständen und Ökobetrieben, Rindfleisch- und Geflügelfleischerzeugung • Erschließung neuer Einkommensquellen (Diversifizierung) • Energieeinsparung und -umstellung 	Kleine Investitionen <ul style="list-style-type: none"> • Nachweis der beruflichen Fähigkeiten • Einkünfte des Antragsstellers (Antragsteller und Ehegatte) maximal 90.000 € • Nachweis über Zweckmäßigkeit, Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit 	Kleine Investitionen bis 50.000 € Investitionsvolumen zur Auffüllung besonderer Anforderungen an die Landwirtschaft Zuschuss bei Einkommen bis: 50.000 € 35 % 70.000 € 32 % 90.000 € 29 %
	Große Investitionen <ul style="list-style-type: none"> • Abschluss einer landwirtschaftlichen Fachschule oder gleichwertige Ausbildung • Vorwegbuchführung (2 Jahre) und 10 Jahre Buchführung ab Bewilligungszeitpunkt • Angemessene Eigenkapitalbildung • Summe der positiven Einkünfte (Antragssteller und Ehegatte) maximal 90.000 € Mindestbetrag der förderfähigen Kosten: 10.000 € Mindesteigenleistung außer bei Maßnahmen zur artgerechten Tierhaltung, Direktvermarktung: 10 % Höchstbetrag: 510.000 €	bis 100.000 € Investitionsvolumen bei Einkommen bis: 50.000 € 20 % 70.000 € 17 % 90.000 € 14 % Große Investitionen mindestens 50.000 € Investitionsvolumen, 10 % Zuschuss zur Erfüllung besonderer Anforderungen an die Landwirtschaft, max. 30.000 € Zuschuss bei Einkommen: 50.000 € 31 % 70.000 € 27 % 90.000 € 23 % Zuschuss bei Aussiedlung max. 21.000 €

Durchführung und Umsetzung

Antragsberechtigt sind Unternehmen der Landwirtschaft, deren Geschäftstätigkeit zu wesentlichen Teilen (mehr als 25 % der Umsatzerlöse) darin besteht, durch Bodenbewirtschaftung oder durch Bodenbewirtschaftung verbundene Tierhaltung pflanzliche oder tierische Erzeugnisse zu gewinnen und deren Betriebe die Mindestgröße nach dem Gesetz über die Alterssicherung der Landwirte (GAL) erreichen. Außerdem sind landwirtschaftliche Betriebe, die kirchliche, gemeinnützige oder mildtätige Zwecke verfolgen, förderfähig.

Ansprechpartner

Ansprechpartner und zuständig für die Durchführung der Maßnahme sind die Kreisstellen der Landwirtschaftskammern.

7.2 Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

Die KfW fördert Investitionen der gewerblichen Wirtschaft zum Schutz von Wasser, Luft und Boden sowie zum sparsamen Umgang mit Energie. Die Förderung erfolgt über die Bereitstellung zinsgünstiger Darlehen. Folgende Programme stehen bei der KfW zur Verfügung:

- ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm
- KfW-Umweltprogramm
- BMU-Programm zur Förderung von Investitionen mit Demonstrationscharakter zur Verminderung von Umweltbelastungen

ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm

Das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm unterstützt

- alle Investitionen zum Schutz der Umweltbereiche Boden, Wasser und Luft
- Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien

und bietet folgende Finanzierungsvorteile:

- Langfristige Finanzierung zu einem niedrigen Zinssatz
- Kleine und mittlere Unternehmen gemäß der EU-Definition können bis zu 75 % ihrer Investition finanzieren.
- Das Programm ist mit anderen Fördermitteln kombinierbar

Die Antragsstellung erfolgt über die Hausbank.

KfW-Umweltprogramm

Das KfW-Umweltprogramm fördert Investitionen zur Verbesserung der Umweltsituation.

- Langfristige Finanzierung zu einem niedrigen Zinssatz
- Das Programm ist mit öffentlichen Fördermitteln kombinierbar.
- Die Kredite können vorzeitig ganz oder teilweise außerplanmäßig ohne zusätzliche Kosten getilgt werden.

Die Antragsstellung erfolgt über die Hausbank.

BMU-Programm zur Förderung von Investitionen mit Demonstrationscharakter zur Verminderung von Umweltbelastungen

Das BMU-Programm fördert Projekte durch ein zinsgünstiges Darlehen und mit einem Zuschuss.

Es werden Demonstrationsvorhaben im großtechnischen Maßstab gefördert, die aufzeigen, in welcher Weise fortschrittliche Verfahren und Verfahrenskombinationen zur Verminderung von Umweltbelastungen verwirklicht werden können. Insbesondere umweltschonende Produktionsverfahren im Bereich der Energieeinsparung und der rationellen Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien werden mit Vorrang folgendermaßen gefördert:

- KfW-Darlehen mit Zinszuschuss des BMU bis zu 70 % der förderfähigen Kosten, ohne Höchstbetrag
- Investitionszuschuss bis zu 30 % der förderfähigen Kosten. Es muss begründet werden, warum der Zinszuschuss nicht ausreicht.
- Langfristige Finanzierung zu einem niedrigen Zinssatz
- Ein Darlehen aus diesem Programm kann mit Mitteln aus dem ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm aufgestockt werden, z. B. für die Finanzierung des Grunderwerbs.

Vor der Antragstellung wird empfohlen eine formlose Projektskizze zur fachlichen Vorprüfung bei der KfW einzureichen. Das Antragsformular kann bei der KfW unter der e-Mail-Adresse bestellservice@kfw.de bestellt werden.

Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft sowie sonstige natürliche und juristische Personen des privaten Rechts stellen ihren Antrag über eine Hausbank an die KfW.

Folgende Unterlagen werden zusätzlich benötigt:

- Beschreibung des Vorhabens mit Begründung, warum es einen Demonstrationscharakter hat und welche Umweltschutzwirkungen durch die geplanten Investitionen erreicht werden sollen.
- Aktuelle Finanzbedarfsplanung, aus der ersichtlich ist, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Höhe die Mittel benötigt werden.

Die fachliche Prüfung des Investitionsprojekts führt das Umweltbundesamt (UBA) ggf. unter Einschaltung eines externen Experten durch. Die Entscheidung über die Förderung trifft das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Die Kontaktaufnahme zur KfW kann unter folgenden Anschriften erfolgen:

KfW Bankengruppe

Palmengartenstraße 5-9

60325 Frankfurt am Main

Telefon: 069/7431-0

Fax: 069/7431-2944

Beratungszentrum

Bockenheimer Landstr. 104

60325 Frankfurt am Main

Telefon: 069/7431-3030

Fax: 069/7431-1706

7.3 Zukunfts-Wettbewerb Ruhrgebiet

Der bis zum Jahr 2006 laufende ZukunftsWettbewerb Ruhrgebiet ist das größte regionale Förderprogramm dieser Art in Europa. Rund 100 Mio. Euro stehen für die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft aus dem NRW-EU-Programm Ziel-2 zur Verfügung. Die strategische Ausrichtung des Wettbewerbs hat die folgenden vier Grundsätze:

- Die Vergabe der Fördermittel erfolgt im Wettbewerb um die besten Ideen.
- Die Förderung gilt für technologieorientierte Innovationen, bei denen Unternehmen mit Hochschulen und Forschungsinstituten zusammenarbeiten
- Das Ergebnis der Zusammenarbeit müssen marktfähige und marktreife Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen sein.
- Dem Umfang der Förderung entsprechend müssen neue Arbeitsplätze geschaffen oder bestehende über den Förderzeitraum hinaus gesichert werden.

Anträge können jeweils zum Quartalsende eingereicht werden. Die Abbildung 7-1 zeigt die Ziel 2 Fördergebiete im Überblick.

- Das Unternehmen beschäftigt weniger als 250 Mitarbeiter und besitzt entweder ein Jahresumsatz < 40 Mio. EUR oder eine Jahresbilanzsumme < 27 Mio. EUR
- Weniger als 25% des Kapitals oder der Stimmrechte des Unternehmens befinden sich im Besitz eines Großunternehmens
- Projektthemen sind - ohne Branchenbeschränkung - technologieorientierte Produkt-, Prozess- oder Dienstleistungsentwicklungen.
- Die Förderhöhe beträgt 35 bis max. 50% der Projektausgaben. Die maximale Förderung liegt bei EUR 500.000.
- Die halbjährlichen Stichtage für die Abgabe der Anträge sind der 1. März und der 1. September.

Für KMU gilt das Antragsverfahren I mit folgendem Ablaufschema:

1. Idee
2. Ziel 2-Check
3. Suche eines Wissenschafts- und Forschungspartners
4. Einhaltung der KMU-Kriterien
5. Antragsabgabe (zum 1.3 bzw. 1.9. jeden Jahres (bis 2006) bei Zenit (Zentrum für Innovation und Technik in NRW)
6. Vorprüfung der Antragsunterlagen durch die Staatskanzlei, MWA (Ministerium für Wirtschaft und Arbeit), MWF (Ministerium für Wissenschaft und Forschung), PTJ (Projektträger im Forschungszentrum Jülich) und Zenit
7. Unternehmergepräche – Klärung von Detailfragen mit Zenit
8. Antragsbewertung durch die Prüfungsstellen
9. Entscheidung

Antragsunterlagen stehen im Internet zum download bereit unter:

<http://www.zukunftswettbewerb.de/antraege/downloads.html>

Der Antrag wird beim Zentrum für Innovation und Technik in NRW (Zenit) unter folgender Adresse eingereicht:

Projektbüro "ZukunftsWettbewerb Ruhrgebiet"

ZENIT GmbH

45468 Mülheim an der Ruhr

Ansprechpartner beim Zentrum für Innovation und Technik in NRW ist:

Werner Pfeifenroth

Telefon: 0208/30004-48

E-Mail: pf@zenit.de

7.4 REN-Breitenförderung

Das Förderprogramm "Rationelle Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen" (REN) leistet einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz im Bau- und Wohnungssektor. Neben der Breitenförderung beinhaltet es die Förderbereiche Demonstrationsförderung und Technische Entwicklung.

Für den vorliegenden Fall kommen die Programmbereiche Demonstrationsförderung und Technische Entwicklung in Frage.

Demonstrationsförderung

Ziel der Demonstrationsförderung ist es, innovative und neue Technologien zu erproben und bezüglich ihrer Marktreife zu optimieren. Der Bereich wendet sich an Personen oder Institutionen, die zu einer risikoträchtigen modellhaften Investition und zur Entwicklung des entsprechenden Prototyps bereit sind.

Die Zuständigkeit fällt in den Bereich des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes NRW (MVEL). Verantwortlich für die Programmabwicklung ist die Bezirksregierung Arnsberg mit ihrer Abteilung 8 in Dortmund.

Im Rahmen der REN-Demonstrationsförderung werden Projekte

- zur Nutzung regenerativer Energiequellen - z. B. Wasserkraft-, Windenergie- und Solaranlagen, Anlagen zur Nutzung von Biomasse
- zur rationellen Energienutzung - KWK, Abwärmenutzung, Energiemanagementsysteme etc. gefördert.

Demonstrationsprojekte sind in der Regel mit technischem und wirtschaftlichem Risiko behaftet und bilden ein wesentliches Bindeglied zwischen dem Bereich der Forschung und Entwicklung und der Praxis. Sie dienen

- der Erprobung innovativer, neuartiger Technologien,
- der Optimierung einer Technik zur Überprüfung der Marktreife.

Demonstrationsvorhaben werden mit Fördersätzen in der Höhe von bis zu 35 % der Projektsumme unterstützt. Ziel der Demonstrationsförderung ist

- Verminderung der Investitionsrisiken bei Einsatz noch nicht erprobter Technologien,
- Abbau von Hemmnissen und Stärkung der Bereitschaft zur rationellen Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen,
- einen erheblichen Beitrag zur Primärenergieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung, verbunden mit wesentlichen Effekten in der Industrie- und Technologiepolitik hinsichtlich der Erhaltung bestehender und Schaffung neuer Arbeitsplätze zu leisten.

Technische Entwicklung

Der Förderbereich "Technische Entwicklung" wendet sich an Unternehmen der Energietechnik, der Energiewirtschaft sowie an gewerbliche und industrielle Energieverbraucher in NRW. Innerhalb des Programmbereichs wird die Durchführung von innovativen technischen Entwicklungsvorhaben im Bereich

- Produkte und Verfahren zur rationellen Energie- und Rohstoffnutzung,
- Wasserstoff- und Solartechnologien,
- Nutzung regenerativer Energiequellen,
- umweltfreundlicher Kohleeinsatz in der Kraftwerkswirtschaft sowie
- Untersuchungen zur Einführung und Verbreitung neuer Technologien finanziell unterstützt, wenn sie über den Rahmen eines Einzelunternehmens hinaus Pilotcharakter hat, d. h. ein Multiplikatoreffekt ist zu erwarten. In Abhängigkeit vom technischen Risiko der Entwicklung, der volkswirtschaftlichen Bedeutung und der Finanzkraft des Antragstellers kann die Förderquote bis zu 49 % der entwicklungsrelevanten Kosten betragen.

Die Anträge beider Programmbereiche werden bei der Bezirksregierung Arnsberg unter folgender Adresse eingereicht:

Bezirksregierung Arnsberg

Seibertzstraße 1

59821 Arnsberg

Telefon:02931/82-0

Fax:02931/822520

poststelle@bezreg-arnsberg.nrw.de

Ansprechpartner:

Klaus Bekemeier (BD)

Telefon: 0231/5410-3973

klaus.bekemeier@bezreg-arnsberg.nrw.de

Weitere Informationen erhält man beim Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen unter:

Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen

Haroldstraße 4

40213 Düsseldorf

Tel.: +49 (0)211-837-02

Fax: +49 (0)211-837-2200

E-Mail: poststelle@mvel.nrw.de

7.5 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Agrarbereich für Umweltschutz (UM-Vorhaben)

Voraussetzung für eine Förderung ist die anhand von Forschungsergebnissen belegte, begründet zu erwartende Eignung der vorgesehenen Verfahren, Umweltbelastungen abzubauen bzw. Umweltverbesserungen zu realisieren.

Antragsberechtigt ist, wer die in der Richtlinie des BMVEL zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Agrarbereich für Umweltschutz (FER-BMVEL; <http://bmvel.zadi.de/anwis/rlneu160701.pdf>) vom 16. Juli 2001 genannten Bedingungen erfüllt. Zuschussfähig sind insbesondere Investitionen und projektspezifische Betriebsausgaben, zu denen der Antragsteller einen Zuschuss von bis zu 50 % erhält. Zwingend vorgeschrieben ist die wissenschaftliche Betreuung des geförderten Vorhabens, über die das BMVEL im Einzelfall entscheidet. Diese wird in der Regel zu 100 % gefördert.

Antragsverfahren

Um den Ablauf des Antragsverfahrens möglichst einfach zu gestalten, empfiehlt sich die frühzeitige Kontaktaufnahme mit der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Bevor ein förmlicher Antrag gestellt wird, ist es zweckmäßig, eine formlose Projektskizze einzusenden. Durch diese Form der Anfrage ist es möglich, eine Projektidee schon vor der ausführlichen Formulierung eines formellen Antrages auf die Möglichkeit ihrer Förderung zu prüfen. Es wird darauf hingewiesen, dass der Projektträger die Skizze bzw. den Antrag wissenschaftlich begutachten lässt. Die Gutachter sind zur vertraulichen Behandlung der Angebotsunterlagen verpflichtet. Sollte dann keine Möglichkeit einer Förderung gesehen werden, hat sich der Arbeitsaufwand in Grenzen gehalten; bei einer positiven Beurteilung wird der Projektträger einen formellen Antrag anfordern und entsprechende Unterlagen zusenden.

Projektskizze für FuE-Vorhaben im Agrarbereich für Umweltschutz

Zur Prüfung, ob eine Projektidee als UM-Vorhaben geeignet ist, sind folgende Eckpunkte zu beachten, die gewissermaßen als erste Checkliste dienen können. Das Verfahren muss

- neu sein und sich demzufolge von bisherigen Verfahren ausreichend abgrenzen lassen;
- praxisrelevant sein, so dass aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse / Forschungsergebnisse ein erster Einsatz unter praktischen Bedingungen sinnvoll ist;
- übertragbar sein, also keine Einzelfalllösung und für die breite Anwendung geeignet sein;
- wirtschaftlich sein, d.h. dass sich ein späterer Einsatz des Verfahrens in anderen Unternehmen auch ohne Förderung rechnen soll;
- einen Umwelteffekt zur Folge haben, der möglichst direkt durch den Einsatz des Verfahrens entsteht. Die Umweltentlastung oder -verbesserung ist hierbei weit gefasst und bezieht beispielsweise die Verringerung der Belastung von Boden, Pflanzen und Tieren mit ein;
- in der Praxis (z.B. Betrieb der Land- und Forstwirtschaft) bei einem Investor zum Einsatz kommen, der sich mit mindestens 50% an den Kosten des Vorhabens beteiligt (Anteilsförderung).

Gliederung der Skizze für ein UM-Vorhaben

1. Angaben zum Antragsteller (Investor)
2. Titel des Vorhabens
3. Ziel des Vorhabens
4. Beschreibung des Verfahrens unter besonderer Berücksichtigung von
 - 4.1 Neuheit und Beispielhaftigkeit,
 - 4.2 Umwelteffekt (Abbau von Umweltbelastungen bzw. Beitrag zu Umweltverbesserungen),
 - 4.3 Wirtschaftlichkeit (Punkte 4.1 bis 4.3 wenn möglich mit Angaben zu den Forschungsergebnissen bzw. mit Quellenangaben aus der Fachliteratur belegen)
5. Inhalt der wissenschaftlichen Betreuung (z. B. Untersuchungen, Messungen)

Die Projektskizze ist per Email sowie zusätzlich in 5-facher Ausfertigung schriftlich einzureichen bei:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Referat 514
Projektträger Agrarforschung und -entwicklung
53168 Bonn

Weitere Informationen zum Programm erhält man unter:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Referat 514 - Projektträger Agrarforschung und -entwicklung
Dipl.-Ing. agr. Hans Fink
Ferdinant-Lassalle-Str. 1-5
53168 Bonn
Tel.: 0228/6845-904
Fax: 0228/6845-2960
Email: hans.fink@ble.de
www: www.ble.de (dort weiter unter „Agrarforschung“)

7.6 Empfehlungen zur Finanzierung

Zunächst sollte versucht werden, Fördermittel für das Projekt Absolutierungsanlage zu bekommen. Hierzu kommen das UM-Vorhaben (Kap. 10.5), das REN-Programm (Kap. 10.4) und das BMU-Programm (Kap. 10.2) zur Förderung von Investitionen mit Demonstrationscharakter zur Verminderung von Umweltbelastungen in Frage.

Bei Förderung durch das UM-Verfahren, könnten Fördermittel von bis zu 50 % der Betriebsausgaben sowie bis zu 100 % der wissenschaftlichen Betreuungskosten zur Verfügung gestellt werden. 50 % der Kosten müssten von einem Investor getragen werden. Das REN-Programm fördert über die Demonstrationsförderung bis zu 35 % der Projektsumme bzw. bis zu 49 % über die Technische Entwicklung. Über das BMU-Programm gibt es einen Investitionszuschuss von 30 % sowie einen KfW-Kredit mit Zinszuschuss durch das BMU.

Für die nicht förderfähigen Kosten müsste ein Kredit aufgenommen werden, die KfW-Förderbank bietet hierfür zwei Programme, ERP- und Umweltprogramm, mit günstigen Zinskonditionen an. Bis zu 75 % der Investitionssumme könnten über eines der Programme als Kredit aufgenommen werden. Eine Kombination der Programme ermöglicht auch eine 100 %ige Finanzierung.

Das AFP-Programm und auch der Zukunftswettbewerb Ruhrgebiet eignen sich eher zu Förderung von kleineren Projekten, da max. 500.000 € bzw. 510.000 € zur Förderung bereitgestellt werden. Die Förderung des Zukunftswettbewerbs erfolgt zu dem nur in einem festgelegten Gebiet, Ziel-2-Gebiet und im Wettbewerb. Der Standort Marl liegt im Ziel-2-Gebiet, Lüdinghausen nicht.

8 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Die vorliegende Studie schließt an die Machbarkeitsstudie zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brennereien [1] an und befasst sich inhaltlich mit dem nachgelagerten Prozess der Entwässerung bzw. der Absolutierung des Rohalkohols von 85 Vol.% auf das verkaufsfähige Produkt mit > 99,5 Vol.%.

Die landwirtschaftlichen Brennereien produzieren derzeit Ethanol mit einer Qualität von rund 85 Vol.%. Ein Großteil dieses Rohbranntweins wird an die Bundesmonopolverwaltung für Branntwein abgegeben, außerdem werden Kleinmengen an Spirituosen hergestellt. Im Zuge der EU-Harmonisierung ist zu erwarten, dass das deutsche Branntweinmonopol voraussichtlich zum 31.12.2010 auslaufen wird. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig neue Absatzmärkte, wie die Produktion und den Verkauf von Bioethanol als Kraftstoffsubstitut, für die vorhandenen landwirtschaftlichen Brennereien zu erschließen. Bioethanol darf dem Otto-Kraftstoff zugegeben, direkt als Kraftstoff bzw. als E 85 vermarktet sowie zur Produktion von ETBE verwendet werden.

In der vorliegenden Studie wurden drei Anlagentypen zur Entwässerung von Rohalkohol technisch und wirtschaftlich untersucht. Dabei handelte es sich um die Dämpfepermeationsanlage, das Molekularsieb und eine Hybridanlage, eine Kombination aus vorgeschalteter Dämpfepermeation mit einem Molsieb. Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Dämpfepermeationsanlage, mit Absolutierungskosten in Höhe von rund 4 Ct/l bei einer 25.000 t/a Anlage und 3 Ct/l bei der 50.000 t/a Anlage die geringsten spezifischen Produktionskosten aufwies.

Um ein solches Anlagenkonzept realisieren zu können, konnten zwei verschiedene Standorte in NRW ermittelt werden, auf denen eine solche zentrale Absolutierungsanlage errichtet werden kann. Dies ist zum einen der Chemiepark Marl, der aufgrund seiner sehr guten Verkehrsanbindungen und der problemlosen Versorgung mit Energie sowie der Tatsache, dass auf dem Betriebsgelände mit der Oxeno Olefinchemie GmbH ein potentieller Abnehmer des Produktes ansässig ist, sehr gute Voraussetzungen mitbringt. Auf der anderen Seite konnte mit dem Betriebsgelände der Deutschen Kornbranntwein-Vermarktungs GmbH (dkv) ein weiterer Standort ermittelt werden, der sich aufgrund der etwas günstigeren Medien- und Mietkosten anbietet.

Darüber hinaus wurde ebenfalls ein dezentrales Absolutierungskonzept mit einer Anlagengröße von 20.000 hl/a auf dem Prinzip der Dämpfepermeation untersucht. Dabei wurde

ermittelt, dass bei einem solchen Anlagenkonzept Rohalkohol (85 Vol.%) für 8,3 Ct/l absolutiert werden kann. Bei der Nutzung einer vorhandenen Rektifikationskolonne (96 Vol.%) können die Kosten noch auf ca. 6 Ct/l gesenkt werden. Setzt man eine abgeschriebene und bezahlte Brennerei voraus, so entstehen dennoch Produktionskosten in Höhe von 60 Ct/l. Gesenkt werden können die Kosten insbesondere durch Einsatz eines anderen Energieträgers z.B. einer Strohheizung statt Heizöl sowie weiterer Optimierungsmaßnahmen (z.B. Reduzierung des Energieeinsatz) des Destillationsprozesses.

Die im Rahmen der Studie vorgenommene Befragung der Brennereiverbände ergab, dass bei 90 % der Brennereien Interesse an der Produktion von Bioethanol für den freien Markt besteht. Aufgrund der aktuellen Marktpreise von 45-47 Ct/l sind die landwirtschaftlichen Brennereien nicht in der Lage, verkaufsfähiges Bioethanol wirtschaftlich zu produzieren. Auf diesem Preisniveau dürften ebenfalls industrielle Produktionsstätten nicht wirtschaftlich produzieren können.

Der zu erzielenden Verkaufspreis an Mineralölkonzern für Bioethanol ist deutlich niedriger, als der derzeitige Abnahmepreis der Bundesmonopolverwaltung, so dass aktuell das unternehmerische Risiko als hoch eingeschätzt wird und somit keine Investitionen in die Bioethanolproduktion rechtfertigen.

Die interessierten Brennereien könnten mit der vorhandenen Kapazität (ohne neue Investitionen) zwar Rohalkohol in ausreichender Menge für eine zentrale Absolutierungsanlage mit einer Kapazität von 25.000 t/a oder 50.000 t/a produzieren, jedoch sind diese Brennereien unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht in der Lage dies zu dem aktuellen Marktpreisen von 45-47 Ct/l zu realisieren.

Wagt man einen Ausblick in die mögliche Entwicklung, könnte aus der aktuellen Marktlage, eine Direktvermarktung der landwirtschaftlichen Brennereien von Bioethanol als E 85 Kraftstoff eine neue Möglichkeit sein, den Markt für sich zu erschließen und somit eine hohe Wertschöpfung innerhalb der Landwirtschaft zu verwirklichen. Ein solches Konzept könnte wie folgt strukturiert sein:

1. Gründung einer Erzeugergenossenschaft
2. Produktion von Ethanol mit 85 Vol.%
3. Logistik und Transport des Alkohols z.B. durch einen Maschinenring
4. Lohnabsolutierung z.B. durch die Fa. Sasol in Recklinghausen
5. Lohnmischung zu E 85 Kraftstoff

6. Rücknahme des verkaufsfähigen Kraftstoffes
7. Abgabe an Mineralölgesellschaften wie z.B. der Westfalen AG oder Direktvermarktung in kleinen Gebinden (1.000 l)

Es bleibt festzustellen, dass die Produktion von Bioethanol in landwirtschaftlichen Brennereien in Deutschland machbar ist und verschiedene Konzepte zur Realisierung existieren. Den deutlichen ökologischen Vorteilen, die durch das kleinräumige Schließen von Stoffkreisläufen eindeutig für diese Art der Bioethanolproduktion sprechen, stehen einige Unsicherheiten hinsichtlich einer wirtschaftlichen Produktion von verkaufsfähigem Bioethanol gegenüber.

Darüber hinaus besteht für die landwirtschaftlichen Brennereien eine echte Chance zur Direktvermarktung von Bioethanol als E85 nach dem Vorbild des Biodiesels, d.h. einen Marktzugang mit hoher Wertschöpfung durch die Landwirtschaft zu erreichen. Soweit politisch gewollt, sind hier allerdings Starthilfen erforderlich.

9 VERZEICHNISSE

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Interessensbekundung zur Bioethanolproduktion für den freien Markt	10
Abb. 3-2: Auswertung der Antworten im Rahmen der Brennereiumfrage	10
Abb. 3-3: Angegebene Produktionsmenge in Abhängigkeit vom Abnahmepreis (summiert)	12
Abb. 3-4: Bereitschaft zur Produktion von Bioethanol in Abhängigkeit vom Abnahmepreis (summiert)	12
Abb. 4-1: Verfahrenschema Destillation mit anschließender Schleppestoffdestillation mit Benzol (heute: Toluol) [7]	16
Abb. 4-2: Prinzipskizze einer technischen Pervaporationsanlage [9]	18
Abb. 4-3: Verfahrensskizze Dampfpermeation	19
Abb. 4-4: Darstellung eines Zeolith-A-Gerüsts [10]	20
Abb. 4-5: Trennung eines o-Xylol-Moleküls von seinen Isomeren p- und m-Xylol [11]	20
Abb. 5-1 Verfahrenschema einer Dämpferpermeation [13]	23
Abb. 6-1: Verfahrensschema einer Dämpferpermeation [13]	30
Abb. 6-2: Vereinfachtes Fließbild der Molekularsiebanlage [14]	31
Abb. 6-3: Verfahrensschema einer Hybridanlage [13]	32
Abb. 7-1: Übersichtskarte des Ziel 2-Fördergebietes	51

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1: Alkoholerzeugung der in Deutschland produzierenden Brennereien (2003/2004) [nach 5]	8
Tab. 3-2: Zusammenfassung der angeschriebenen Brennerei - Verbände	9
Tab.3-3: Überblick der Fragen im Rahmen der Brennereiumfrage	10
Tab. 3-4: Darstellung der Produktionskapazität nach Verbänden	11
Tab. 3-5: Zusammenfassung der Anlagendaten zur zentralen Absolutierung	13

Tab. 5-1: Anlagendaten Hofanlage	23
Tab. 5-2: Absolutierungskosten Variante 1 (im Anschluss an die Maischedestillation wird der Ethanolgehalt durch die Dämpfepermeation von 85 Vol.% auf 99,7 Vol.% angehoben)	25
Tab. 5-3: Absolutierungskosten Variante 2 (im Anschluss an die Rektifikation wird der Ethanolgehalt von 95 auf 99,7 Vol.% mittels Dämpfepermeation aufkonzentriert)	26
Tab. 5-4: Reine Produktionskosten (ohne Abschreibung + Zinsen)	27
Tab. 5-5: Produktionskosten einer Neuanlage	28
Tab. 6-1: Anlagendaten Gemeinschaftsabsolutierungsanlage	33
Tab. 6-2: Betriebskosten der verschiedenen Anlagen	35
Tab. 6-3: Darstellung der zu erwartenden Erlöse nach der Anlagenkapazität	36
Tab.6-4: Absolutierungskosten Dämpfepermeationsanlage 25.000 t/a	36
Tab. 6-5: Absolutierungskosten Dämpfepermeationsanlage 50.000 t/a	37
Tab. 6-6: Absolutierungskosten Dämpfepermeationsanlage 100.000 t/a	38
Tab. 6-7: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 25.000 t/a	39
Tab. 6-8: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 50.000 t/a	40
Tab. 6-9: Absolutierungskosten Molekularsiebanlage 100.000 t/a	41
Tab. 6-10: Absolutierungskosten Hybridanlage 100.000 t/a	42
Tab. 6-11: Produktionskosten für absolutierten Bioethanol in Ct/l am Standort Marl	43
Tab. 6-12: Produktionskosten für absolutierten Bioethanol in Ct/l am Standort Lüdinghausen	43
Tab. 7-1: Tabellarische Übersicht des AFP-Programms	47

Literaturverzeichnis

- [1] Wetter, C.; Brüggling, E. Machbarkeitsstudie zur Bioethanolproduktion in landwirtschaftlichen Brennereien, Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, ISBN 3-938137-01-0, 2004
- [2] Wetter, C.; Brüggling, E. Machbarkeitsstudie zur Integration einer Stroh-Heizungsanlage in eine landwirtschaftliche Brennerei, Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, ISBN 3-938137-02-9, 2004
- [3] N.N. DIN EN 228, März 2004, Beuth-Verlag
- [4] Bundesregierung. MinölStG 1993, zuletzt geändert 22.12.04
http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/min_stg_1993/inhalt.html
- [5] Bundesmonopolverwaltung für Branntwein
<http://www.bfb-bund.de>
- [6] Schmitz, N. Bioethanol in Deutschland, Schriftreihe Nachhaltige Rohstoffe Band 21, Landwirtschaftsverlag GmbH Münster, ISBN3-7843-3217-X, 2003
- [7] Vernetztes Studium Chemie
<http://www.vs-c.de>
- [8] Institut für Verfahrenstechnik TU Berlin
http://pcitr4.fb10.tu-berlin.de/studium/lehre/scripte/tgo_scr.pdf
- [9] Institut für Verfahrenstechnik der RWTH Aachen
http://www.ivt.rwth-aachen.de/De/Forschung/Membranverfahren/pv_def.html
- [10] Institut für Umwelt und Verfahrenstechnik Bremen
<http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/z/zeolith.htm>
- [11] Zeolyst International
<http://www.zeolyst.com/html/custom.html>

- [12] Herr G. Tusel, ACS GmbH Material zur Alkoholentwässerung
- [13] beroplan GmbH
Membran- und Prozesstechnik Schriftliches Angebot
- [14] GEA Wiegand GmbH Schriftliches Angebot
- [15] Vogelbusch GmbH Schriftliches Angebot
- [16] Union zur Förderung von Oel-
und Proteinpflanzen e. V. (UFOP) <http://www.ufop.de/download/Interboot.pdf>
- [17] Gesamtschule Bonn -
Bad Godesberg <http://members.aol.com/gebonn2/sun/Index.htm>
- [18] INNOVAS Innovative Energie-
und Umwelttechnik Gbr [http://www.innovas.com/Biodieselanlagen/
/Konzepte.htm](http://www.innovas.com/Biodieselanlagen/Konzepte.htm)
- [19] Die Tageszeitung (taz) [http://www.taz.de/pt/2002/12/17/a0114.nf
/text.ges,1](http://www.taz.de/pt/2002/12/17/a0114.nf/text.ges,1)
- [20] Energieagentur NRW [http://ea-nrw.de/foerderung/page.asp?TopCatID
=&CatID=&RubrikID=2544](http://ea-nrw.de/foerderung/page.asp?TopCatID=&CatID=&RubrikID=2544)
- [21] Kreditanstalt für Wiederaufbau
(KfW) <http://www.kfw-foerderbank.de/>
- [22] ZukunftsWettbewerb Ruhrgebiet <http://www.zukunftswettbewerb.de/>
- [23] Ministerium für Städtebau und
Wohnen, Kultur und Sport des
Landes Nordrhein-Westfalen <http://www.ren-breitenfoerderung.nrw.de/>
- [24] Bundesanstalt für Landwirtschaft
und Ernährung [http://www.ble.de/index.cfm/4BDD531A8E884
7AFBF6931E765192337](http://www.ble.de/index.cfm/4BDD531A8E8847AFBF6931E765192337)

Anlagen

OXENO Olefinchemie GmbH, Marl, Germany**Bio-Ethanol – Specification_99.5w**

Item	Unit	min.	max.	Method
Ethanol Purity (on dry basis)	% wt	99.7		GC
Ethanol Purity (on wet basis)	% wt	99.5		
Water	ppm		3 000	ASTM D 1064
Methanol	ppm		200	GC
Esters, calculated as Ethylacetate	ppm		100	ASTM D 94
Aldehydes, calculated as Acetaldehyde	ppm		200	ASTM E 411
Higher Alcohols (Fuseloids)	ppm		2 000	GC
Acetone	ppm		30	GC
Acidity, calculated as Acetic acid	ppm		100	ASTM D 1613
Non Volatile Matter	mg/100 ml		100	ASTM D 1353
Cations (Sum of Ca ⁺⁺ , Na ⁺ , Fe ⁺⁺ , Cu ⁺⁺ ,...)	ppm		3	ASTM D 5056
Nitrogen	ppm		1	ASTM D 4629
Chlorides, total, as Cl	ppm		1	ASTM D 5808
Sulphur, total, as S	ppm		3	ASTM D 5443

Density at 20° C in [kg/l] is to be determined