

ANORGANISCH-TECHNISCHES LABORATORIUM DER UNIVERSITÄT ZU DORPAT
DIREKTOR: PROF. DR. ING. Y. KAUKO

DIE WIRTSCHAFTLICHEN MÖGLICHKEITEN DER ANWENDUNG VON SPIRITUS ALS BRENNSTOFF

VON

MAX TILZEN UND YRJÖ KAUKO

DORPAT 1924

Druck von C. Mattiesen, Dorpat.

Mit der Entwicklung der Industrie und der damit verbundenen drohenden Erschöpfung unserer Brennstoffvorräte ist die Brennstofffrage in letzter Zeit akut geworden, ganz besonders gilt das in betreff der flüssigen Brennstoffe, deren Vorkommen einerseits verhältnismässig beschränkt ist, während andererseits ihr Verbrauch als Motorbetriebsstoff in rapidem Steigen begriffen ist¹⁾. Während des Krieges haben die Zentralmächte, aber auch die nordischen Länder am Mangel von flüssigen Brennstoffen gelitten, und es sind Versuche ausgeführt worden, um Petroleum, Benzin etc. durch Brennstoffe zu ersetzen, die sich in diesen Ländern aus eigenen Rohstoffen herstellen lassen, wie z. B. Spiritus²⁾.

Die Anwendbarkeit von Spiritus bzw. Benzolsprit zu technischen Zwecken darf vom technischen Standpunkte aus als gelöst betrachtet werden³⁾. Allerdings ist zum Erzielen desselben Effekts der Verbrauch an Spiritus grösser als derjenige an Benzin bzw. Petroleum. Dieses beruht auf der Verschiedenheit der Heizwerte, die in der Tabelle I zusammengefasst sind⁴⁾.

-
- 1) Reichenheim, Die wirtschaftliche Bedeutung der flüssigen Treibstoffe.
Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie III.
Wirth, Brennstoffchemie.
Oelschläger, Der Wärmeingenieur.
Gerbel, Kraft und Wärmewirtschaft in der Industrie.
 - 2) Löw, Kraftwagenbetrieb mit Inlandtreibstoffen.
Oschmann, Spirituskraftwagen.
Hägglund, Die Sulfitablauge u. ihre Verarbeitung auf Alkohol.
Kungl. Kommerskollegii Utredning angående åtgärder främjande av Sulfitprittillverkningen, verkställd med biträde av tillkallade sakkunniga. Im weiteren kurzweg „Sulfitprittillverkningen“ genannt.
Formaneck, Benzin und Benzinersatzstoffe.
Donath und Gröger, Die Treibmittel der Kraftfahrzeuge.
 - 3) Donath und Gröger, loc. cit.
Sulfitprittillverkningen.
Löw, loc. cit.
Hägglund, loc. cit.
 - 4) Sulfitprittillverkningen.

Tabelle 1.
Untere Heizwerte pro Liter.

Brennstoff	Spec. Gewicht	Heizwert in Kal.
Spiritus 100% . . .	0,7947	5136
" 95% . . .	0,8168	4842
" 90% . . .	0,8346	4551
" 80% . . .	0,8645	3972
Benzin	0,72	7200—7560
Benzol	0,692	8400
Petroleum	0,825	8260—8660
Rohöl	0,85	8500—8920
Benzolsprit	—	5410 (auf 100 Teile Spir. 20 T. Benzol).

Die Umsetzung der Wärmeenergie in die mechanische ist beim Spiritus allerdings prozentual günstiger, als bei Benzin, bzw. Benzol oder Petroleum, welcher Umstand mit dem beim

Tabelle 2.

Notwendiges Preisverhältnis zwischen den Einheitspreisen der verschiedenen Motorbetriebsstoffe und Spiritus.

Brennstoff	Automobilbetrieb, Wirkungsgradverhältnis 4 : 5		Ortsfester Betrieb, Wirkungsgradverhältnis 2 : 3	
	Mehrverbrauch an Sprit in Vol. %	Preisverh. in Lt.	Mehrverbrauch an Sprit in Vol. %	Preisverh. in Lt.
Benzin : Sprit . . .	23%	1 : 0,81	2%	1 : 0,98
Petrol : Sprit . . .	—	—	17%	1 : 0,86
Rohöl : Sprit . . .	—	—	20%	1 : 0,84
Benzin : Benzolspr.	9,5%	1 : 0,91	—8,5%	1 : 1,1
Petr. : Benzolspr. .	—	—	4%	1 : 0,96
Rohöl : Benzolspr. .	—	—	8%	1 : 0,93

Bemerkung: Beim ortsfesten Betriebe kommt Benzin nur selten zur Anwendung.

Spiritusbetriebe möglichen höheren Kompressionsverhältnissen zusammenhängt¹⁾. Folglich stehen die verbrauchten Brennstoffmengen bei derselben Leistung nicht ganz im direkten Verhält-

1) Sulfitsprittillverknungen.

Hägglund, Die Sulfita blauge und ihre Verarbeitung auf Alkohol.
Löw, Kraftwagenbetrieb mit Inlandsbrennstoffen.

nis der Heizwerte, sondern das Verhältnis verschiebt sich zu Gunsten des Spiritus. Diesbezüglich angestellte Versuche haben gezeigt, dass sich der thermische Wirkungsgrad eines ortsfesten Petroleum- resp. Benzinmotors zu demjenigen eines Spiritmotors annähernd wie 2:3 verhält¹⁾, bei Automobilmotoren, wo dank dem hier notwendigen leichteren Bau das Kompressionsverhältnis sich nicht in dem Masse steigern lässt, beträgt obiges Verhältnis annähernd 4:5²⁾. Auf Grund der entsprechenden Heizwerte und obiger Wirkungsgradverhältnisse lässt sich nun das notwendige Preisverhältnis von Benzin bzw. Petroleum zu Spiritus bzw. Benzolsprit leicht berechnen. Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Weiter kann Spiritus zu Beleuchtungszwecken benutzt werden. Über diese Verwendungsart gibt folgende Tabelle 3 Aufschluss³⁾.

Tabelle 3.

Verbrauch pro Hefnerkerzenstunde.

Leuchtstärke in Hefnerkerz.	Petrol. Verbr.	Leuchtgas- Verbrauch	Elektriz.- Verbr.	Spiritus- Verbrauch
10—20	0,004 Lt.	—	1,7—1,3 watt	0,0035—0,0025 Lt.
20—100	—	1,6—1,4 Lt.	—	0,002 Lt.
100—200	0,0007 Lt.	—	—	0,002—0,00175 Lt.

Was die technische Ausführung der Anwendung von Spiritus zu Beleuchtungszwecken anbetrifft, so kann sie wiederum als in bejahendem Sinne gelöst betrachtet werden. Dasselbe gilt auch für die Anwendung von Spiritus zu Heizzwecken, doch haben diese beiden Verwendungsmöglichkeiten des Spiritus nur eine untergeordnete Bedeutung im Vergleich zu derjenigen als Motorbetriebsstoff. Folgende Tabelle 4 gibt die Verbrauchszahlen von Spiritus, Petroleum und Gas bei Verwendung zu Heizzwecken wieder⁴⁾.

Auf Grund der Tabellen 3 und 4 lässt sich das notwendige Preisverhältnis der entsprechenden Beleuchtungs- resp. Heizstoffe zum Spiritus leicht berechnen.

- 1) Hägglund, loc. cit.
- 2) Löw, loc. cit.
- 3) Sulfitsprittillverkningen.
- 4) Sulfitsprittillverkningen.

Tabelle 4.

Brennstoffverbrauch in den verschiedenen Kochapparaten.

Kochapparat	Wärme- verbrauch pro Stunde in Kalorien	Wärme- verbrauch z. Er- wärmen von 1 kg. Wasser von 0° auf 100° in Kalorien	Wirkungs- grad in %	Heizwert der Brenn- stoffe pro Liter	Brennstoff- verbrauch zum Erwärmen von 1 kg. Wasser von 0° auf 100°C in Liter
Spiritusküche . .	654	222	45	4842	0,046
Primus № 1 . . .	1978	234	43	8500	0,028
Petroleumküche .	2348	250	40	8500	0,029
Gasküche	—	177	57	5	35,4

Tabelle 5.

Notwendiges Preisverhältnis zwischen den Einheitspreisen der verschiedenen Beleuchtungs- resp. Heizstoffe zu Spiritus.

Masseinheiten: für Petroleum und Spiritus — Liter
für Elektrizität — kw/st
für Leuchtgas — cbm.

Brennstoff	Beleuchtung	Heizung	Bemerkungen
Petrol. : Spiritus . .	1 : 1,25 bei 10—20 H-Kerzen	1 : 0,63	
" " "	1 : 0,4 " 100—200 "		
Gas : Spiritus . . .	c. 1 : 0,75	1 : 0,77	
Elektriz. : Spir. . .	c. 1 : 0,45	—	

Was die Preise aller erwähnter Energiequellen betrifft, so ist es schwierig eine einheitliche Preisliste aufzustellen. Abgesehen von den jetzigen unnormalen Zeiten, wo sich die Folgen des Weltkrieges fast überall noch geltend machen, schwankten sie auch früher je nach dem Verbrauchsort in verhältnismässig weiten Grenzen. Folgende Zusammenstellung¹⁾ gibt annähernd sowohl die Vorkriegspreise (Kol. II und III), wie auch die gegenwärtigen in Eesti-Mark²⁾ (Kol. IV) wieder. Die beiden folgenden Kolonnen V und VI enthalten die auf Grund der erwähnten Preisverhältnisse berechneten zulässigen Spiritus- resp. Benzolspiritus-Preise.

Schon aus der obigen Zusammenstellung sieht man, dass die wirtschaftliche Anwendung von Spiritus als Brennstoff in

1) Zschrft. f. angew. Ch. 1913 und 1914.

Donath und Gröger, Die Treibmittel der Kraftfahrzeuge.

2) Marktpreise vom Jahre 1923.

Tabelle 6.

Preise der verschiedenen Energiequellen und die entsprechenden zulässigen Spiritus- bzw. Benzolspritpreise je nach der Verwendungsart.

I Energie- quelle.	II Russland Kop. pro Lit.	III Deutschl. Pf. pro Lt.	IV Estl. Emk. pro Lt.	V Zulässiger Spirituspreis pro Lt.		VI Zulässiger Benzolspr. preis pro Lt.		VII Verwendungs- art.
				Kop.	Emk.	Kop.	Emk.	
Petroleum.	6—8	20	15—18	5—7	13—15	6—7,5	14—17	{ Ortsfester Motorbetrieb Beleuchtung Beheizung
				3—9	7—21			
				5	11			
Motorbenzin	15—17,5	38	31—35	12—14	25—28	13—16	28—32	{ Automobil- betrieb
				15—17	30—34			
Motorbenzol	17,5	37,5	35	11—13	22—25			{ Automobil- betrieb
Gas pro cbm.	10		20	7,5	15			{ Beleuchtung Heizung
Elektrizität pro kw/st.	8		20	7,7	15,5			
Motorspirituis	ca. 18	34—38		3,5	9,0			{ Beleuchtung

manchen Fällen z. B. als Ersatz für Benzin doch in Frage kommen könnte. Auch haben sich bei der Herstellung von Spiritus in letzter Zeit grosse Veränderungen wirtschaftlicher Natur einführen lassen, und es dürfte deshalb angebracht sein, dass die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der verschiedenen Methoden genauer geprüft wird, um die Aussichten der diesbezüglichen technischen Anwendung von Spiritus jetzt und in der nächsten Zukunft beurteilen zu können. Im Folgenden soll an der Hand der einzelnen Herstellungsmethoden die Berechnung des Einstandspreises pro Liter Spiritus durchgeführt werden. Da aber die gegenwärtigen Verhältnisse nicht als vollkommen normale angesprochen werden können, so soll jede Berechnung zweimal durchgeführt werden, und zwar das eine Mal auf Grund der letzten normalen Vorkriegsjahre in russischen Goldrubeln, und das andere Mal auf Grund der gegenwärtigen Verhältnisse in Eesti-Mark. Auf die Art und Weise der Spiritusherstellung soll nicht näher eingegangen werden, sondern es werden nur die Literaturangaben, auf Grund

welcher der betreffende Kostenanschlag ausgeführt ist, gemacht werden. Um aber die Entwicklungsfähigkeit der verschiedenen Methoden beurteilen zu können, werden wir in dem Folgenden auf die Mängel und eventuellen Verbesserungen, die bis jetzt entweder gar keine oder nur teilweise Berücksichtigung gefunden haben, aufmerksam machen. Die zur Zusammenstellung der Kostenanschläge nötigen Preise sind im Anhange in einer besonderen Preisliste zusammengefasst.

Je nach dem Ausgangsmaterial können die Herstellungsweisen wie folgt eingeteilt werden:

- I. Spiritus pflanzlicher Herkunft.
 1. Aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen:
 - a) Kartoffel
 - b) Getreide (Roggen, Mais usw.).
 2. Aus zuckerhaltigen Rohstoffen:
 - a) Zuckerrübe und Zuckerrohr
 - b) Melasse.
 3. Aus zellulosehaltigen Rohstoffen:
 - a) Sulfitablaugen
 - b) Holz resp. Holzabfälle
 - c) Torf.
- II. Synthetischer Spiritus.
 1. Aus Calciumkarbid.
 2. Äthylengas.

I. Spiritus pflanzlicher Herkunft.

1. Spiritus aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen.

a) Kartoffelspirit.

Was zunächst die Kartoffelbrennerei anbetrifft, so ist sie ebenso wie die Getreidebrennerei eng mit der Landwirtschaft verknüpft. Momentan ist wohl die Kartoffel das wichtigste Ausgangsmaterial zur Herstellung von Spiritus, doch hat sie gerade in den letzten Jahren dank dem Hinzukommen anderer Herstellungsmethoden an Bedeutung verloren¹⁾.

Der Anbau von Kartoffel ist von grosser Wichtigkeit für die Landwirtschaft. Dank ihrer grossen Anspruchslosigkeit gedeiht sie auch auf geringem Sandboden, dem sie viel mehr

1) Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie.
Leist, Einwirkung des Weltkrieges und seiner Folgen auf die Spiritusind.

Kohlenhydrat abgewinnt als das Getreide¹⁾. Auch wird der Boden hierbei infolge der intensiveren Beackerung in hervorragender Weise für die nachfolgende Körnerfrucht vorbereitet, so dass auch gleichzeitig ihre Erträge durch den Kartoffelanbau gesteigert werden. Weiter liefert die Kartoffelbrennerei die für die Landwirtschaft so wichtige Schlempe, die hohen Nährwert besitzt²⁾.

Was die Verhältnisse hier in Eesti anbetrifft, so sind sie für den Kartoffelbau selten günstig: der leichte Boden, vielfach Sand, verlangt um einigermaßen annehmbare Ernten an Getreide zu erzielen viel Kunstdünger, das Winterkorn leidet oft durch ungünstige Witterungsverhältnisse, mit der anspruchlosen Kartoffel lassen sich dagegen auch unter diesen Verhältnissen annehmbare Ernten erzielen. Wenn sich nun die Kohlenhydrate der Kartoffel durch Spiritusgewinnung vorteilhaft verwerten liessen, so könnte man das Abfallprodukt, die Schlempe, zweckmässig zur Fütterung von Mastvieh verwerten — was besonders wichtig wäre, da ja Fleisch- und Milchprodukte zu den Hauptausfuhrartikeln des Landes gehören.

Kostenanschlag.

Zusammengestellt auf Grund persönlich gesammelter Daten von den Brennereien Salishof Kreis Werro u. Tarwast Kreis Fellin³⁾, für eine Brennerei von 100.000 Liter Alkohol Jahresproduktion bei einem mittleren Stärkegehalt der Kartoffel von 18% und einer Ausbeute von 0,60 Lit. Alkohol pro ein Kg. Stärke.

A. Anlagekosten

ca. 30.000 Rub. resp. 7.500.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Kartoffel	925.000 Kg.	à 1,25 Kop.	= 11.500 Rub.	resp. à 2,5 Emk.	= 2.300.000 Emk.
2. Gerste	230.000 „	à 5,5 „	= 1.250 „	„ à 11 „	= 250.000 „
3. Holz	800 cbm.	à 1 Rub.	= 800 „	„ à 450 „	= 360.000 „
4. Löhne	1500 Tage	à 0,60 „	= 900 „	„ à 160 „	= 240.000 „
5. Unterh.	1,5 %	der Anlagekost.	= 450 „	„ —	= 110.000 „

1) Lühder, loc. cit.

- Janke, Oestr. Chem. Zt. № 20, 1918.

2) Lühder, loc. cit.

3) Siehe auch Lühder, Technologie der Spiritusind. und Brennereilexikon.

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15 % der Anlagekosten	= 4.500 „ „	= 1.100.000 Emk.
	Summe 18.400 Rub. rsp.	= 4.360.000 Emk.
Davon ist der Schlempewert in Abzug zu bringen, der sich nach Löhder zu ca. $\frac{1}{4}$ des Kartoffel- wertes berechnet	= 2.900 Rub. rsp.	= 560.000 Emk.
100.000 Liter Spiritus kosten	15.500 Rub. rsp.	= 3.800.000 Emk.
Einstandspreis pro Liter Alkohol	$\frac{15.500}{100.000} = 15,5$ Kop. resp. 38,00 Emk.	

In vorliegender Berechnung ist, wie es auch im Folgenden der Fall sein soll, Holz als Brennstoff angegeben, und das einerseits darum, weil es de facto in allen Betrieben in Estland der Fall ist, und andererseits darum, weil Holz sich, in nordischen Ländern im allgemeinen, meist als das geeignetste Mittel zur Dampferzeugung erweist, denn bei Zugrundelegung folgender Heizwerte¹⁾:

$$\begin{aligned} \text{Holz} &= 3500 \text{ Kal.} & \text{Kohle} &= 7000 \text{ Kal.} \\ \text{Torf} &= 3500 \text{ „} & \text{Brennschiefer} &= 3000 \text{ Kal.}^2) \end{aligned}$$

und der in der Preisliste angegebenen Preise, berechnen sich je 10.000 Kal. aus den betreffenden Brennstoffen wie folgt:

10.000 Kal. aus Holz	= 0,8—1,0 Kop. resp. 3,7—4,0 Emk.
10.000 „ „ Torf	= 0,8—1,4 „ „ 3,0—4,3 „
10.000 „ „ Kohle	= 1,4—2,0 „ „ 4,1—4,3 „
10.000 „ „ Brennsch.	= — „ „ 2,5—3,5 „

Hiernach müsste sich oft der Betrieb mit Torf resp. mit Brennschiefer als der billigste erweisen, doch ist einerseits zu berücksichtigen, dass Torf nicht allorts zu Verfügung steht, weite Transporte würden ihn aber wesentlich verteuern, andererseits sind bei ihm grosse Schwankungen im Heizwert möglich, so dass sein Kalorienpreis sich schwer voraussagen lässt. Die Anwendung von Brennschiefer erfordert wiederum besondere Vorkehrungen und Einrichtungen, so dass sie vorläufig noch eine beschränkte ist.

Obigen Kostenanschlägen war eine Ausbeute von 0,60 Liter

- 1) Ost, Chemische Technologie.
Hausding, Handbuch der Torfgewinnung und Torfverwertung.
- 2) Mühlen, Die Oelschiefer des Europ. Russlands.

Alkohol pro 1 Kg. Stärke zu Grunde gelegt, wie es im Durchschnitt meist der Fall ist. Theoretisch liessen sich aus 1 Kg. Stärke 0,715 Liter Alkohol erzeugen, die Ausbeute betrug also 84% der Theorie. Durch geeignete Massnahmen wie z. B. Anwendung nicht zu konzentrierter Maischen und geschlossener Gärkessel mit Kohlensäurewäschen kann man bedeutend höhere Ausbeuten erzielen¹⁾, so sind beispielsweise in Deutschland 95% der Theorie erreicht worden. Ein anderes Mittel der Vervollkommnung besteht im Anbau und in der planmässigen Zucht geeigneter Kartoffelsorten, wodurch sich der Stärkegehalt, der bei den hiesigen Kartoffeln ungefähr zwischen 14 und 22% schwankt, bis zu 25% und darüber steigern lässt. Bei Annahme einer Ausbeute von 95% und eines Stärkegehalts der Kartoffel von 25% berechnet sich der Einstandspreis pro Liter Alkohol zu 12,00 Kop. resp. 31,5 Emk. Es liesse sich also auf diesem Wege eine bedeutende Verbilligung erzielen.

b) Getreidespiritus.

Die Getreidebrennereien, auf denen etwa vor 100 Jahren fast ausschliesslich aller Alkohol hergestellt wurde, haben mit der Entwicklung des Kartoffelbaues immer mehr und mehr an Bedeutung verloren, besonders für technische Zwecke, da die hier verwendeten Rohmaterialien Roggen, Mais, Gerste usw. viel zu teuer sind. Daher dient die Kornbrennerei auch fast ausschliesslich nur zur Herstellung von Edelbranntwein zu Trinkzwecken. Nur in Ländern mit starker Überproduktion an Getreide wie Russland, Amerika kommt auch der technische Zweck in Betracht. Doch auch in diesem Falle liegen die Verhältnisse anders als bei der Kartoffel: für Getreide gibt es einen Weltmarkt, es ist ein hochwertiges Produkt, das Frachten ohne weiters trägt und dank dem geringen Wassergehalt nicht die Empfindlichkeit der Kartoffel beim Transport gegen Druck, Stoss und Frost besitzt. Ernteüberschüsse lassen sich also leicht aufspeichern. Beim Getreide fehlt somit die Notwendigkeit zum Brennen, und deswegen verliert die Methode mehr und mehr an Bedeutung.

Was die Art und Weise der Herstellung von Alkohol aus Getreide anbetrifft, so unterscheidet sie sich weder der Anlage noch dem Betriebe nach wesentlich von der aus Kartoffeln — so

1) Lühder, Die Technologie der Spiritusind.

dass man ohne wesentlichen Fehler den Preis pro Liter berechnen kann, indem man bei der Berechnung für Kartoffelspirituss den entsprechenden Rohstoff ersetzt. Von einer genauern Berechnung kann aus den obigen Gründen abgesehen werden. Im guten Betriebe erhält man 33—34 Liter Alkohol pro 100 Kg. Getreide, bei Mais etwa 37—38¹⁾ Liter, so wären für eine Jahresproduktion von 100.000 Liter etwa 300.000 Kg. Getreide notwendig, beispielsweise Roggen, und da der Schlempewert nach Lühder und Dellbrück etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des angewandten Roggens beträgt²⁾, so berechnet sich der Einstandspreis pro Liter Alkohol zu 20,87 K o p. r s p. 59,00 E m k. Also, wie vorauszusehen war, bedeutend teurer als der Kartoffelspirituss.

2. Spiritus aus zuckerhaltigen Rohstoffen.

Bei der Spiritusfabrikation aus zuckerhaltigen Rohstoffen kommen als hauptsächlichste Rohstoffe in Frage: die Zuckerrübe und die Zuckerrübenmelasse, in den Tropen auch der Rohrzucker bzw. die Rohrzuckermelasse, doch haben letztere dank ihrem beschränkten Vorkommen nur eine untergeordnete Bedeutung.

a) Spiritus aus Rüben.

Der Gedanke Rüben auf Spiritus zu verarbeiten ist ebenso alt, wie die Entdeckung, dass aus Zuckerrüben Zucker gewonnen werden kann. Aber zu einer bedeutenderen Rolle in der Spiritusindustrie haben sich die Rübenbrennereien nicht aufschwingen können, abgesehen von einigen wenigen Ländern wie z. B. Frankreich, wo die Rübenbrennereien ungefähr dieselbe Rolle spielen, wie anderswo die Kartoffelbrennerei³⁾. Die Alkoholerträge in den Rübenbrennereien sind grossen Schwankungen unterworfen, da der Zuckergehalt der Rüben ein sehr wechselnder ist: von 8—18%, entsprechend einer Alkoholausbeute von 5,12 bis 11,52 Liter in sehr gutem und v. 4,8 bis 10,8 in mittlerem Betriebe aus 100 Kg. Rüben⁴⁾. Der Schlempewert ist dank dem niedrigeren Gehalt an organischen Nährstoffen geringer als bei der Kartoffel, etwa $\frac{1}{6}$ des Rübenwertes.

In nordischen Ländern kann die Spiritusgewinnung aus

1) Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie. Dellbrück, Brennerei-Lexikon.

2) Lühder, loc. cit.

3) Sidersky, Brennereifragen.

4) Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie.

Rüben dank dem geringen Zuckergehalt, der meist infolge des rauhen Klimas und der ungünstigen Bodenbeschaffenheit hinter dem obengenannten zurückbleibt, nicht in Betracht kommen.

Sollte man die hier meist angebauten Futterrüben auf Alkohol verarbeiten, so liessen sich im besten Fall drei bis vier Liter Alkohol pro 100 Kg. Rüben gewinnen¹⁾. Falls die Rüben, wie es häufig gemacht wird, statt Kartoffel in Kartoffelbrennereien verarbeitet werden, so lässt sich der Kostenanschlag für eine Jahresproduktion von 100.000 Liter bei einer Ausbeute von 3 Liter Alkohol aus 100 Kg. Rüben, folgendermassen zusammenstellen²⁾.

Kostenanschlag.

A. Anlagekosten

ca. 30.000 Rub. rsp. 7.500.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Rüben	3300 t.	à 7 Rub.	= 23.000 Rub. rsp.	à 1 500 Emk.	= 4.950.000 Emk.
2. Gerste	17 „	à 55 „	= 950 „	„ à 12.000 „	= 204.000 „
3. Holz	1800 cbm	à 1 „	= 1800 „	„ à 450 „	= 810.000 „
4. Löhne	2500 Tage		= 1500 „	„	= 400.000 „
5. Unterhalt 1,5% der Anlagekosten	450	„	= 450 „	„	= 112.000 „

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15%	= 4 500 Rub.	= 1.120.000 Emk.
Summe 32.200 Rub. rsp.		= 7.596.000 „
Abzug des Schlempewertes . . .	= 3.800 „	= 825.000 „
100.000 Liter Alkohol kosten	= 28.400 „	= 6.771.000 „
Einstandspreis pro Liter Alkohol = 28,4 Kop. resp. 67,71 Emk.		

Wie aus obiger Zusammenstellung ersichtlich, bildet das Rohmaterial den ausschlaggebenden Posten, folglich wird sich der Spirituspreis bei entsprechend höherem Kohlenhydratgehalt der Rüben bedeutend verringern. So berechnet sich der Einstandspreis z. B. bei einer Ausbeute von 7 Liter Alkohol pro 100 Kg. Rüben, die bei Zuckerrüben gewöhnlich erreicht wird, zu 17,5 Kop. rsp. 45,0 Mrk.

b) Spiritus aus Melasse.

Als Melasse bezeichnet man sowohl den bei der Gewinnung des Rohzucker als auch den bei der Reinigung desselben verblei-

1) Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie.

2) Lühder, loc. cit.

Ztschr. f. Spiritusind. 1919. N. 44.

benden Restsyrop — Rohzuckermelasse bzw. Raffineriemelasse. Sie enthält ungefähr 50% Zucker, der aber kristallinisch schwer zu gewinnen ist. Die Herstellung von Spiritus aus Melasse kann naturgemäss nur in Ländern in Frage kommen, die über eine ausgedehntere Zuckerindustrie verfügen, und wo für die Melasse keine vorteilhaftere Anwendung wie z. B. zu Nahrungs- oder Futtermitteln möglich ist.

Die Ausbeute schwankt je nach dem Zuckergehalt der Melasse zwischen 26 und 30 Liter Alkohol aus 100 Kg. Melasse¹⁾, was ungefähr 60 Liter Alkohol pro 100 Kg. Zucker ausmacht. Durch Anwendung geschlossener Gärkessel und Kohlensäurewäschen liessen sich die Ausbeuten wohl steigern bis etwa 65 Liter Alkohol pro 100 Kg. Zucker. Die Melasseschlempe ist als Futtermittel ungeeignet, da der grösste Teil der stickstoffhaltigen Substanz in Form von unverdaulichen Stoffen vorliegt²⁾. Dagegen ist der Düngewert der Schlempe recht hoch, nach Lühder beträgt er 1,30 Rmk. pro 100 Kg. Melasse. Häufig wird die Schlempe auf Schlempekohle verarbeitet, wobei pro Hektoliter Alkohol ein Mehraufwand von ca 1/2 cbm. Holz nötig ist. 100 Kg. Melasse ergeben durchschnittlich 10 Kg. Schlempekohle³⁾.

Da sich Angaben über Anlage- und Betriebskosten in der zugänglichen Literatur nicht vorfinden, so würde vielleicht folgende Überlegung annähernd zum Ziele führen: bei der Anlage fallen Henzedämpfer und Vormaischbottich fort, dagegen sind Bottiche zum Verdünnen und Ansäuern der Melasse nötig, dergleichen Vorrichtungen zum Kochen der Melasse und zur Herstellung der Schlempekohle, wodurch die Anlagekosten annähernd dieselben bleiben dürften, wie bei der Kartoffelbrennerei; bei den Betriebskosten spielt, abgesehen von den Rohmaterialien, der Brennstoffverbrauch eine wichtige Rolle. Bei der Melassebrennerei fällt das Dämpfen und Verzuckern der Stärke fort, doch tritt anstelle dieser Operation das Kochen der Melasse. Die Konzentration der vergorenen Maische ist ungefähr dieselbe wie bei der Kartoffelbrennerei — so dass der Brennstoffverbrauch sich eher etwas verringern als vergrössern dürfte.

1) Lühder, Technologie der Spiritusindustrie. Brauer-Tuchorze, Die moderne Spiritusfabrikation. Ullmann, Enzyklopädie I. Brennereilexikon.

2) Lühder, Die Technologie der Spiritusind.

3) Lühder, loc. cit.

Kostenanschlag.

Für 100.000 Liter Jahresproduktion, bei einem Zuckergehalt der Melasse von 50% und einer Ausbeute von ca. 57 Liter Alkohol aus 100 Kg. Zucker.

A. Anlagekosten

30.000 Rub. resp. 7.500.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Melasse 350 t. à 40 Rub.	= 14.000 Rub.	resp. à 8 000 Emk.	= 2.800.000 Emk.
2. Roggen 10 „ à 70 „	= 700 „	„ à 18.000 „	= 180.000 „
3. Malz 3 „ à 90 „	= 270 „	„ à 20.000 „	= 60.000 „
4. Holz f. d. Brennerei 700 cbm.	= 700 „	„ à 450 „	= 315.000 „
Holz f. d. Schlempe- kohle 500 cbm.	= 500 „	„	= 225.000 „
5. Löhne ca. 2000 Tage	= 1200 „	„	= 320.000 „
6. Chemikalien ca.	= 200 „	„	= 50.000 „
7. Unterhalt 1,5% d. Anlagekost.	= 450 „	„	= 112.000 „

II. Indirekte.

Amortisation u. Zinsen 15%	= 4500 „	„	= 1.120.000 „
Summe	= 22520 Rub. resp.		= 5.182.000 Emk.
Abzug von 35 t. Kohle à 70 Rub.	= 2450 „	„	= 455.000 „
100.000 Liter Alk. kosten	= 20070 Rub. resp.		= 4.727.000 Emk.

Einstandspreis pro Liter Alkohol = 20,1 Kop. resp. 47,27 Emk.;
für eine höhere Ausbeute von 65 Liter Alkohol pro 100 Kg.
Zucker berechnet sich der Einstandspreis zu 18,4 Kop. resp.
43,7 Emk.

3. Spiritus aus zellulosehaltigen Stoffen.

a) Sulfitspiritus.

Die Verarbeitung zellulosehaltiger Stoffe auf Alkohol hat in den letzten Jahren eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Bei allen Sulfit-Zellstoff-Fabriken entstehen täglich grosse Mengen von Sulfitablaugen. Liefert doch eine Tonne Zellstoff rund 10 cbm. Ablauge, allerdings wird ein grosser Teil davon im Kocher zurückgehalten, so dass im Durchschnitt etwa 4,5 cbm. Ablauge pro Tonne Zellstoff zur Verfüg-

ung stehen¹⁾. Diese Ablaugen enthalten vergärbaren Zucker, dessen Gehalt je nach dem Kochverfahren der Zellstoffabrik in verhältnismässig weiten Grenzen schwankt, im Durchschnitt jedoch $1,5 = 2,5\%$ beträgt¹⁾, und der ohne grosse Schwierigkeiten auf Alkohol verarbeitet werden kann. Dieses Verfahren kommt naturgemäss nur in walddreichen Ländern mit entwickelter oder entwickelungsfähiger Zellstoffindustrie in Betracht. Es sei an dieser Stelle auch kurz auf die Herstellungsweise eingegangen. Im Allgemeinen kann man hierbei drei Hauptabschnitte unterscheiden: *

I. Die Neutralisation der Sulfitablauge, die im Durchschnitt $2,5 - 3\%$ freie schweflige Säure, $0,75 - 0,15\%$ Essigsäure und $0,008 - 0,016\%$ Ameisensäure enthält²⁾, erfolgt in grossen Betontürmen, in denen die saure Flüssigkeit unter gleichzeitigem Einblasen von Luft je nach der Acidität mit der nötigen Menge Kalk und Kalkstein abgestumpft wird. Nach dieser Vorbehandlung wird die Lauge vom entstehenden Schlamm gereinigt, abgekühlt, in Beton- oder Holzbottichen geklärt und unter Zugabe von Nährstoffen für die Hefe in

II. Gärung gebracht. Die Gärungstemperatur beträgt ca $29 - 30$ Grad C. und die Dauer ca $3 - 4$ Tage. Neuerdings wird vielfach und mit gutem Erfolge das sogenannte kontinuierliche Gärverfahren angewandt: nach Zugabe der Nährstoffe wird die Lauge nur bis $\frac{1}{3}$ der vorhandenen Zuckermenge vergoren, wonach $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ des Bottichinhalts in einen anderen übergeführt und dort weiter vergoren wird, während neue unvergorene Lauge in den Vorgärbottich nachgefüllt wird usw. Der Alkoholgehalt der vergorenen Lauge beträgt im Mittel $0,8 - 1,0\%$ ²⁾.

III. Die vergorene Lauge wird in der üblichen Weise der Destillation unterworfen.

Betrieb und Anlage von Sulfitspiritusfabriken sind nach Obigem die denkbar einfachsten, der einzige Übelstand besteht in der geringen Konzentration der vergorenen Laugen und dem damit verbundenen grossen Dampfbedarf für die Destillation, der je nach dem System des Destillierapparates zwischen 16 und 26 Kg. Dampf pro 100 Liter Maische schwankt³⁾. Daher muss das Bestreben der Zellstoffabriken, die ihre Ablaugen auf Spiritus

1) Hägglund, Die Sulfitablauge und ihre Verarbeitung auf Alkohol.

2) Hägglund, loc. cit.

3) Hausbrand, Die Wirkungsweise der Rektifizier- und Destillierapparate.

verarbeiten, darauf gerichtet sein, Ablaugen von möglichst hohem Zuckergehalt zu gewinnen. Von grösster Wichtigkeit hierbei ist die Art und die Dauer des Kochverfahrens, denn beim Kochen kann unter Umständen schnell Zersetzung des Zuckers eintreten.

Kostenanschlag

für eine Jahresproduktion von 500.000 Liter Alkohol und für eine Ausbeute von 8 Liter Alkohol pro 1 cbm. Lauge, zusammengestellt nach persönlich von der finnischen Sulfitspiritusfabrik Tornator (Enso) eingeholten Daten¹⁾.

A. Anlagekosten

ca 100.000 Rbl. rsp. 25.000.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Sulfitlauge 62.500 cbm. kostenlos.		
2. Neutralisation und Chemikalien = 4.000 Rub. rsp.		700.000 Emk.
3. Holz (20 Kg. Dampf pro 100 Kg. Lauge) 12.500 cbm. à 1 Rub. = 12.500	„ „ à 450 Emk.	5.600.000 „
4. Löhne ca. = 4.500	„ „	660.000 „
5. Unterhalt 1% der Anlagekosten = 1.000	„ „	250.000 „

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15% = 15.000	„ „	3.750.000 „
Summe	36.000 Rub. rsp.	10.960.000 Emk.

Einstandspreis pro Liter Alkohol 7,29 Kop. rsp. 21,90 Emk.²⁾.

Nächst der Amortisation und den Zinsen bildet der Brennstoff die Hauptausgabe. Durch Abdampfbenutzung liesse sich eine bedeutende Verbilligung des Betriebes erzielen. Ihn aus der dazugehörigen Zellstofffabrik zu erhalten, wird kaum möglich sein, da diese im Allgemeinen über keinen freien Abdampf verfügen wird, dagegen kann der im Betriebe benötigte Dampf zuerst zur Kraft-erzeugung benutzt werden, und die aus ihm gewonnene Kraft in Form von elektrischer Energie verkauft rsp. in einem anderen nur

1) Hägglund, Die Sulfitablaugen und ihre Verarbeitung auf Alkohol. Sulfitspiritillverkuungen.

Umschau 1919. № 18.

Süd-Deutsche Apothekerzeitung 1921. № 4.

2) Hägglund berechnet den Spirituspreis zu 13–17 Goldpfennigen pro Liter.

mechanische Energie verbrauchenden Betriebe, wie z. B. zur Erzeugung des Holzschliffes, verwandt werden. Im vorliegenden Fall sind 13.000.000 Kg. Dampf pro Jahr = ca. 4300 Kg. Dampf pro Stunde vorhanden¹⁾. Eine Gegendruckdampfturbine mit einem Abdampf von ca. 2 Atm. wird in diesem Fall ungefähr 10 Kg. Dampf pro PS/Stde verbrauchen²⁾. Also könnte hierbei eine Kraftanlage von $\frac{4300}{10} = 430$ PS oder ca. 300 Kw. ausgeführt wer-

den, und der Einstandspreis pro Kw/st würde sich bei 50 %-iger Ausnutzung der Anlage ungefähr zu 0,8 Kop. resp. 2,5 Emk. berechnen, wenn man berücksichtigt, dass der Dampfkessel sowieso für die Zellstofffabrik nötig ist³⁾. Bei Annahme eines Selbstverbrauches in der Fabrik von 50 Kw. bleiben zum Verkauf 250 Kw. oder 750.000 Kw/st pro Jahr übrig⁴⁾, gerechnet die Kw/st zu 2,8 Kop. resp. 10 Emk.; so beträgt der Gewinn pro abgegebene Kw/st 2 Kop. resp. 7,5 Emk., was pro Jahr einen Gewinn von 15.000 Rbl. resp. 5.600.000 Emk. bedeutet. Werden diese Summen von den entsprechenden Betriebskosten der Spiritusfabrik abgezogen, so berechnet sich der Einstandspreis pro Liter Alkohol zu 4,24 Kop. resp. 10,62 Emk. Durch eine derartige Kombination hat sich der Spirituspreis also ungefähr um die Hälfte verringert. Im Falle die Energie im eigenen Betriebe zu einem billigeren Abnahmepreise angewandt werden muss, so ist das Ergebnis allerdings weniger günstig für den Alkoholpreis.

In Estland wurden im Jahre 1921 ca. 15.000 t. Zellulose hergestellt, im J. 1914 ca. 30.000 t.⁵⁾, was einer Spiritusmenge von ungefähr 1 resp. 2 Millionen Liter entspricht. Die Gesamtproduktion an Spiritus betrug im Jahre 1921/22 8,3 Millionen Liter, folglich wären aus Sulfita blaugen ca. 12 % der Gesamtproduktion erhältlich gewesen. In Anbetracht des niedrigen Sulfitspirituspreises wäre es durchaus zweckentsprechend, wenigstens an den grössten Sulfitzellstoffabriken Spiritusnebenbetriebe anzulegen, um so mehr da der Sulfitspiritus sich durch entsprechende Massnahmen ebenso gut reinigen lässt wie der Kartoffelspiritus.

- 1) 1 cbm. Holz wiegt ca. 350 Kg. und 1 Kg. Holz liefert ca. 3 Kg. Dampf.
- 2) Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch.
- 3) Taschenbuch für Elektrotechniker.
Gerbel, Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie.
- 4) Gerechnet das Jahr zu 300 Tagen und den Arbeitstag zu 10 Stunden.
- 5) „Eesti vabrikute tegevus“ 1921.

b) Spiritus aus Holz resp. Holzabfällen.

Schon lange, seit Anfang des vorigen Jahrhunderts, ist die Tatsache bekannt, dass bei Behandlung zellulosehaltiger Stoffe mit Säuren vergärbare Zucker entsteht, aber erst innerhalb der letzten 10—15 Jahre ist es in erster Linie amerikanischen Interessentenkreisen gelungen, die Gewinnung von Spiritus aus Holz resp. Holzabfällen in Grossbetrieben praktisch durchzuführen¹⁾.

Vor allem in Amerika sind bei den grossen industriellen Sägemühlen Spiritusfabriken als Nebenbetriebe angelegt, aber auch in Deutschland und Schweden sind neuerdings derartige Anlagen ausgeführt worden. Bisher haben sich nur Betriebe von grösserem Masstabe bewährt, hauptsächlich weil die Anlagekosten verhältnismässig sehr hoch sind, da viel teure säurebeständige Apparate und Maschinen gebraucht werden. Die meisten bestehenden Anlagen brauchen zum Aufschluss von Holz bei ca. 7 Atm. Druck und 20 Min. Kochdauer auf 100 Kg. Holzrockensubstanz 2,5 Teile Schwefelsäure und 125 Teile Wasser und erhalten ca. 23% Zucker, von dem etwa 70% vergärbare sind²⁾, was einer Ausbeute von 8 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holzrockenstoff entspricht. Im besten Fall haben sich bisher im Grossbetriebe Ausbeuten von 10—12 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holz erzielen lassen³⁾. Aller Wahrscheinlichkeit nach entsteht hierbei der grösste Teil des Alkohols aus den Hexosanen, während die Zellulose nur zu einem geringen Teile angegriffen wird, was daraus zu ersehen ist, dass z. B. beim Tannenholz, entsprechend einem Hexosangehalt von ca. 13%, 7—8 Lt. Alkohol entstehen, während man bei derselben Arbeitsweise aus Laubhölzern, die etwa 5% Hexosane enthalten, entsprechend kleinere Ausbeuten an Alkohol erhält⁴⁾. Aber auch andere Meinungen sind vorhanden⁵⁾.

1) Ullmann. Enzyklopädie I.

Brauer Tucherze, Die moderne Spiritusfabrikation.

Lühder, Die Technologie der Spiritusind.

Oesterr. Chem. Ztg. 1918. №. 20.

Chem. Zentralblatt 1919 II p. 182; 1919 IV p. 543; 1920 IV p. 508;

1921 II. p. 18.

Ztschr. f. Brennstoffchemie 1921. №. 18.

2) Janke, Oestr. Chem. Ztg. 1918.

3) Brauer-Tucherze, loc. cit. Chem. Zentralblatt 1919 II p. 82.

4) Pringsheim, Die Polysaccharide.

5) Lühder, loc. cit.

Kostenanschlag

für eine Jahresproduktion von 500.000 Liter Alkohol bei einer Ausbeute von 7 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holztrockenstoff.

A. Anlagekosten

ca. 200.000 Rub. rsp. 50.000.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Sägespäne (50% Wasser enthaltend)			
14,280 t. à 0,5 Rub. =	7.140 Rub. rsp. à	70 Emk. =	1.000.000 Emk.
2. Schwefelsäure 180 t. à 40 "	= 7.200 "	" "	= 3.000.000 "
3. Kalk 103 t. à 12 "	= 1.240 "	" " à 2500 "	= 260.000 "
4. Chemikalien ca.	= 2.000 "	" "	= 500.000 "
5. Brennstoff 8000 cbm. Holz	= 8.000 "	" "	= 3.700.000 "
6. Löhne ca.	= 7.000 "	" "	= 2.100.000 "
7. Unterhalt 1,5% der Anlagek.	= 3.000 "	" "	= 750.000 "

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15% =	30.000 "	" "	= 7.500.000 "
Summe	65.500 Rub. rsp.		= 18.010.000 Emk.

Einstandspreis pro Liter Alkohol = 13,10 Kop. rsp. 36,0 Emk.

Zu obiger Berechnung sei gesagt, dass sich im Allgemeinen kein fester Preis für Sägespäne angeben lässt. Vielfach stehen sie kostenlos zur Verfügung. Was den Posten „Brennstoff“ anbetrifft, so wird er oft entweder ganz wegfallen oder jedenfalls bedeutend kleiner sein, da das Heizmaterial ebenfalls die Holzabfälle, deren Vorhandensein ja Voraussetzung einer derartigen Anlage ist, bilden werden. Setzt man also den günstigsten Fall voraus, d. h. dass Holzabfälle kostenlos und in genügender Menge zur Verfügung stehen, so würde der Spirituspreis 10,2 Kop. rsp. 24,9 Emk. pro Liter betragen.

Anlagen von der Grösse wie obenstehende sind nur in Ländern möglich, wo grosse Sägereien vorhanden sind. In Estland z. B., wo die grösseren Sägereien im besten Fall über eine Holzabfallmenge von ca. 5000 t. pro Jahr verfügen, also etwa dreimal weniger als im Kostenanschlage angegeben, ist es fraglich, ob sich derartige Anlagen rentieren würden, da mit einer Verkleinerung des Betriebes eine Erhöhung der Betriebskosten pro Liter Spiritus verbunden ist. Nimmt man beispielsweise an, dass sich die Produktion 5 mal, die Betriebskosten dagegen nur 4 mal verringern, so kommt man zu einem Preise von 16,4 Kop.

rsp. 45,0 Emk. pro Liter. Dazu kommt noch, dass die Säurepreise hier vorläufig wenigstens unverhältnismässig hoch sind (etwa das 500-fache der Vorkriegszeit).

Wenn man in Betracht zieht, dass z. B. Fichtenholz ca. 60—70% Zellulose und Kohlenhydrate enthält¹⁾, so müsste man eine bedeutend höhere Ausbeute an Alkohol, etwa 30—35 Liter pro 100 Kg. Holz trockenstoff, erwarten. Tatsächlich lässt sich durch Behandlung mit grossen Mengen konzentrierter Säure eine fast quantitative Verzuckerung erzielen²⁾. Doch ist diese Art des Verfahrens wegen der hohen Kosten, die die Wiedergewinnung und Konzentrierung der Säure verursacht, in der Praxis nicht durchführbar³⁾. Dagegen sind schon früher Vorschläge gemacht worden, dass man Zellulose bzw. zellulosehaltige Rohstoffe mit kleinen Mengen konzentrierter Säure bzw. Chlorwasserstoffgas behandeln sollte⁴⁾. Es wurde aber durch angestellte Versuche gezeigt, dass diese Methode darum scheiterte, weil der entstandene Zucker sich angeblich wegen der hohen Säurekonzentration sofort zersetzte⁵⁾. Erst in allerletzter Zeit ist es der Forschung gelungen, ohne entstandenen Zucker zu zersetzen, mit Säuremengen zu arbeiten, die den 100-sten Teil davon ausmachen, was noch vor kurzem nötig war⁶⁾. Hiernach werden die Holzabfälle bei 13—16 Grad C. mit gasförmigem Chlorwasserstoff, 0,82 Kg. HCl auf ein Kg. Zellulose behandelt⁷⁾, danach wird der grösste Teil (ca. 80%) des HCl durch ausblasen resp. absaugen wiedergewonnen, die zurückbleibende Masse mit Wasser unter Druck bei ca. 120 Grad C. gekocht, neutralisiert und vergoren⁸⁾. Hierbei wird eine fast quantitative Ausbeute erzielt, also ca. 30 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holz trockenstoff. Im Grossbetriebe ist dieses Verfahren bisher noch nicht angewandt worden, daher ist es schwer vorauszusagen, wie es sich

- 1) Pringsheim, Die Polysaccharide.
Lühder, Die Technologie der Spiritusindustr.
- 2) Willstätter, Ber. 46. 1913 p. 2403.
- 3) Ztschr. Brennstoffch. 1921 № 18.
- 4) D. R. P. № 11836 Klasse 6 (23. III. 1880).
- 5) Ost, Ber. 46. 1914 p. 2995.
- 6) Kauko, Beiträge zur Kenntnis der quantit. Verzuckerung der Zellulose (Annales Academiae scientiarum finnicae und Naturwissensch. 1921. 14).
D. R. P. №. 305690 Klasse 89 i (4. V. 1916).
Hägglund, Finska Kemistsamfundets meddelanden 1923 № 1.
- 7) Kauko, loc. cit.
- 8) Hägglund schlägt vor zum Verdünnen Sulfitablauge zu benutzen.

bewähren wird. Die Hauptschwierigkeiten dürften im Einhalten der Temperatur von 13—16 Grad beim Behandeln mit HCl (es entwickelt sich hierbei viel Wärme) und im Wiedergewinnen des HCl liegen¹⁾. Es ist jedenfalls eine Frage von grossem Interesse, wie teuer sich der Spiritus nach diesem Verfahren stellen würde. Als Anhaltspunkt für einen diesbezüglichen Kostenanschlag könnte der vorhergehende dienen, da sich das vorliegende Verfahren prinzipiell nur durch die Vorbehandlung des Holzes mit gasförmigem HCl vom Vorhergehenden unterscheidet. Unter Annahme derselben Jahresproduktion von 500.000 Liter Alkohol und einer Ausbeute von 28 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holztrockenstoff müsste sich der Betrieb annähernd drei- bis viermal verringern. Zwecks Beschaffung eines möglichst billigen Chlorwasserstoffgases wäre es am vorteilhaftesten, es in einem Nebenbetriebe aus Steinsalz und Schwefelsäure nach dem Vorbild der Sulfat-Salzsäurefabriken resp. in einer Chloralkalianlage zu gewinnen. Nach Meyer „Die Fabrikation von Sulfat und Salzsäure“ berechnet sich der Einstandspreis pro Tonne Chlorwasserstoffgas zu 42 Rbl. resp. 17.000 Emk.

Kostenanschlag

der Spiritusfabrik für 500.000 Liter Jahresproduktion bei einer Ausbeute von 28 Liter Alkohol pro 100 Kg. Holztrockenstoff nach dem Verfahren mit gasförmigem Chlorwasserstoff.

A. Anlagekosten ca. 100.000 Rub. resp. 25.000.000 Emk. (d. h. die $\frac{1}{2}$ des vorigen Kostenanschlages, wobei sich die Grösse der Fabrik etwa 4-mal verringert hat, da die Ausbeute das 4-fache der im vorigen Kostenanschlage angegebenen beträgt, während die Jahresproduktion dieselbe geblieben ist).

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Sägespäne 3600 t. à 0,5 Rub.	= 1.800 Rub. resp. à	70 Emk.	= 250.000 Emk.
2. HCl-gas 200 t. à 42 Rub.	= 8.400 " " à	17.000 "	= 3.400.000 "
3. Kalk 160 t à 12 Rub.	= 1.900 " " à	2.500 "	= 400.000 "
4. Chemikalien ca.	= 2.000 " "		= 500.000 "
5. Holz 2000 cbm. à 1 Rub.	= 2.000 " " à	450 "	= 900.000 "
6. Löhne ca.	= 1.500 " "		= 700.000 "
7. Unterhalt 1,5% der Anlagek.	= 1.500 " "		= 375.000 "

1) Nach Hägglund, loc. cit., wird das Abtreiben von HCl in Vakuumpannen durch Heizen mit erhitztem Öl durchgeführt.

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15% = 15.000 Rub. rsp.	= 3.750.000 Emk.
Summe = 35.100 Rub. rsp.	= 10.275.000 Emk.
Einstandspreis pro Liter Alkohol = 7,0 Kop. rsp. 20,5 Emk ¹⁾ .	

Stehen Holzabfälle kostenlos und in genügender Menge zur Verfügung, so kostet der Liter Spiritus 6,3 Kop. rsp. 18,2 Emk.

Aus dem Vergleich beider Herstellungsmethoden von Spiritus aus Holz geht ohne weiteres hervor, dass der zweiten der Vorzug zu geben ist, vorausgesetzt, dass sich in der Praxis nicht unvorhergesehene Schwierigkeiten entgegenstellen.

c) Spiritus aus Torf.

Der Versuch, Torf zur Herstellung von Spiritus zu benutzen, ist schon vielfach gemacht worden und hat sich wohl zwar als technisch durchführbar erwiesen, scheidet aber bisher an den hohen Kosten. Die Arbeitsweise ist im Allgemeinen dieselbe, wie bei der Spiritusgewinnung aus Holzabfällen. Pro 100 Kg. Torf werden 6—8 Kg. Schwefelsäure angewandt, wobei man im Durchschnitt eine Ausbeute von 5—7 Liter Alkohol pro 100 Kg. Trockentorf erhält²⁾.

Kostenanschlag

für eine Jahresproduktion von 500.000 Liter Alkohol bei einer Ausbeute von 6 Liter Alkohol pro 100 Kg. Trockentorf.

A. Anlagekosten ca. 200.000 Rub. rsp. 50.000.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Torf 11.100 t. à 2,5 Rub.	= 28.000 Rub. rsp.	à 700 Emk.	= 7.770.000 Emk.
2. Schwefelsr. 500 t. à 40 Rub.	= 20.000 " "	à 20.000 " "	= 10.000.000 " "
3. Kalk 280 t. à 12 Rub.	= 3.400 " "	à 2.500 " "	= 700.000 " "
4. Chemikalien ca.	= 2.000 " "		= 500.000 " "
5. Holz ca. 1200 cbm. à 1 Rub.	= 12.000 " "	à 450 " "	= 5.400.000 " "
6. Löhne ca.	= 7.000 " "		= 2.100.000 " "
7. Unterhalt 1,5% d. Anlagek.	= 3.000 " "		= 750.000 " "

1) Hägglund berechnet den Preis pro Liter Spiritus zu 20 Oere; die Differenz zwischen unserer Schätzung und derjenigen von Hägglund erklärt sich dadurch, dass die Kaufkraft des Goldes in Schweden zur Zeit ca. 0,7 von derjenigen der Vorkriegszeit ausmacht.

2) Kauko, Alkoholilla turpeesta ja jäkälistä, Tekn. Aik. 1920.

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15% = $\frac{30.000 \text{ Rub. rsp.}}{2} = 7.500.000 \text{ Emk.}$

Summe $105.400 \text{ Rub. rsp.} = 32.720.000 \text{ Emk.}$

Einstandspreis pro Liter Alkohol = $21,1 \text{ Kop. rsp. } 62,4 \text{ Emk.}$

Selbst wenn der Brennstoffbedarf durch die ausgepressten Rückstände gedeckt werden sollte, würde sich der Torfspiritus bedeutend teurer stellen, als derjenige aus Holzabfällen, nämlich $18,7 \text{ Kop. rsp. } 54,6 \text{ Emk.}$ pro Liter.

Allerdings sind dem Verfahren entsprechend scheinbar in diesem Falle bloss leicht hydrolysierbare Hexosane verzuckert und vergoren worden: dieses sieht man auch aus der Untersuchung von Kauko und Lange¹⁾, die bei dem wenig zersetzten Torf $7,69\%$ Hexosane und $17,21\%$ Zellulose finden. $7,69\%$ Hexosanen entsprechen $8,45\%$ Hexosen bzw. $4,4 \text{ Gew. } \%$ oder $5,9 \text{ Liter Alkohol pro } 100 \text{ Kg. Torf}$, was unter Berücksichtigung dessen, dass bei einem sich zersetzenden Material Schwankungen in der Zusammensetzung vorkommen können, mit der industriellen Ausbeute an Alkohol in guter Übereinstimmung steht. Wenn aber der Torf mit konzentrierter Säure behandelt wird, so hydrolysiert sich auch die vorhandene Zellulose ca. 17% , entsprechend einer Gesamtalkohol- ausbeute von $14,14 \text{ Gw } \%$ resp. $17,9 \text{ Liter Alkohol pro } 100 \text{ Kg. Torf}$. Wenn wir aber berücksichtigen, dass die theoretische Ausbeute von Holzabfällen ca. $33 \text{ Liter Alkohol pro } 100 \text{ Kg. trockene Holzabfälle}$ beträgt, und dass der Preis von Holzabfällen jedenfalls nicht höher ist, als derjenige von Torf, sondern dass im Gegenteil der Torf in dem Zustande, wie er hier zur Anwendung käme, ein bedeutend teureres Rohmaterial ist, als Holzabfälle, so ist es ohne weiteres klar, dass die Anwendung von Torf zur Herstellung von Alkohol nach dieser Methode einstweilen nicht in Frage kommen kann.

II. Synthetischer Spiritus.

1. Spiritus aus Calciumkarbid.

Die Tatsache, dass Alkohol synthetisch hergestellt werden kann, ist schon lange bekannt, doch stiess der Versuch diese Herstellungsweise in der Praxis anzuwenden auf grosse Schwierigkeiten, und zwar stellten sich die Betriebskosten viel zu hoch. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, durch Vervollkommnung des Ver-

1) Kauko und Lange, Beiträge zur Kenntnis der Torfhydrolyse (Annalen der Finnischen Akademie d. Wiss. Serie A. 1922 p. 19).

fahrens es im Grossbetriebe anzuwenden. In Deutschland bestehen zur Zeit zwei Anlagen, die Spiritus aus Calciumkarbid herstellen, doch sind diese Fabriken mehr als Versuchsanlagen zu betrachten¹⁾. In der Schweiz soll auch eine derartige Anlage bestehen (Lonza-Werk)²⁾.

Das aus dem Karbid entwickelte Acetylen wird nach zwei verschiedenen Methoden in Acetaldehyd übergeführt, das sich durch die bekannten Mittel der Katalyse (Nickel) fast quantitativ zu Alkohol reduzieren lässt. Was die Überführung von Acetylen in Acetaldehyd anbetrifft, so fanden sich in der zugänglichen Literatur inbetreff der beiden Methoden, sowohl der sogenannten Grünstein'schen, wie auch der andern des Konsortiums für elektrochemische Industrie, nur recht mangelhafte Daten, ohne Angabe der Ausbeute³⁾. Daher sind beide Methoden in bezug auf die Ausbeute im Laboratorium geprüft worden, wobei nach der Grünstein'schen Methode⁴⁾ bei 20—25 Grad C. die günstigste Ausbeute erzielt wurde und zwar 79,8 % der Theorie, während die andere⁵⁾ eine Ausbeute von 88,4 % ergab.

Da zur Herstellung von einer Tonne Karbid 600—700 Kg. Koks, 920—1050 Kg. Kalk und 4000 Kw/St notwendig sind⁶⁾, so ist es vorauszusehen, dass der Herstellungspreis des Karbidspiritus sich unmittelbar nach dem Preise der Kohle bzw. der Kraft richten wird. Unter Annahme eines Energiepreises von 0,5 Kop. resp. 2,0 Emk. pro Kw/St berechnet sich der Karbidpreis zu 50 Rub. resp. 13.000 Emk. pro Tonne⁷⁾.

Kostenanschlag

der Karbidspiritusfabrik für eine Jahresproduktion von
1.000.000 Liter Spiritus⁸⁾.

A. Anlagekosten.

Schätzungsweise 250.000 Rub. resp. 60.000.000 Emk.

1) Schreiben des Reichsmonopolamtes von 24. VIII. 1923, erhalten auf eine diesbezügliche Anfrage.

2) Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie.

3) Ullmann, Enzyklopädie. I.

4) D. R. P. № 250356 und 253702.

5) F. P. № 455370 (Franz. Patent).

6) Askenasy, Technische Elektro-Chemie.

7) Askenasy, Technische Elektro-Chemie.

8) Brauer-Tuchorze, Die moderne Spiritusfabrikation.

Ullmann, Enzyklopädie. I.

Blücher, Auskunftsbuch der Chemischen Industrie.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Karbid 1600 t. à 50 Rub.	= 80.000 Rub. resp. à 13.000 Emk.	= 20.000.000 Emk.
2. Schwefels. ca. 100 t. à 40 Rub.	= 4.000 " " à 20.000 "	= 2.000.000 "
3. Quecksilberoxyd 1000 Kg.		
à 0,5 Rub.	= 500 " " à 500 "	= 500.000 "
4. H ₂ -gas 400.000 cbm. à 5 Kop.	= 20.000 " " à 20 "	= 8.000.000 "
5. Reinigungsmasse f. Azetylen	= 1.000 " "	= 1.000.000 "
3 t. Schwefelsäure		
5 t. Natriumbichromat		
6. Brst. 500 t. Kohle = 3500 cbm.		
Holz	= 3.500 " " à 450 "	= 1.600.000 "
7. Löhne ca.	= 10.000 " "	= 2.000.000 "
8. Unterh. 1,5% der Anlagekost.	= 3.700 " "	= 900.000 "

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15% = 37.000 " "	= 9.000.000 "
Summe = 149.700 Rub. resp.	= 45.000.000 Emk.

Einstandspreis pro Liter Alkohol = 14,97 Kop. resp. 45,0 Emk. 1)

Die aufgestellte Berechnung kann nur unter bestimmten Bedingungen annähernd richtig sein: 1) weil über die Anlagekosten aus der Praxis noch keine Daten vorliegen, 2) weil die Preise für Chemikalien einschliesslich Karbid grossen Schwankungen unterliegen, besonders bei der Berechnung in Eesti Mark.

In obiger Aufstellung machen die Ausgaben für Energie trotz angenommenen billigen Preises derselben ca. 25—30% der Gesamtherstellungskosten aus. Es ist einleuchtend, dass diese Methode nur dort in Betracht kommen kann, wo billige Energie zur Verfügung steht. Andererseits können auch solche Länder kaum in Frage kommen, die weder über Kohle noch über die zum Betriebe nötigen Chemikalien verfügen, da die Einfuhr derselben den Betrieb naturgemäss verteuern würde, was auch die Berechnung für estländische Verhältnisse beweist, wo der Preis von 45 Emk. pro Liter bedeutend höher ist als derjenige von Kartoffelsprit, während der Preis von 14,97 Kop. pro Liter niedriger ausgefallen ist, als der entsprechende Kartoffelspritpreis.

Welch grosser Energieaufwand zur Herstellung von Karbid-

1) Waeser gibt in der Ztschr. f. Brennstoffchem. 1921, № 6, einen Karbispirituspreis von 24 Goldpfennigen pro Liter an.

spiritus notwendig ist, zeigen folgende in Deutschland gesetzlich festgelegte Zahlen¹⁾, pro 1 Hektoliter Alkohol werden danach verbraucht:

635 Kw/St resp.	600 Kg. Kohle
zum Karbid	200 " "
als Betriebsstoff	50 " "
Zusammen	850 Kg. Kohle.

Dazu kommen noch 40 cbm. Wasserstoffgas und 320 Kg. Kalk. Eine Kartoffelbrennerei verbraucht dagegen nur 100—120 Kg. Kohle pro Hektoliter Alkohol. Die Energiefrage spricht somit scheinbar gegen eine Ausdehnung der Karbidspiritusindustrie. Das Karbidverfahren wird auch vom Brennereigewerbe scharf angegriffen, und das auf Grund folgender Überlegungen²⁾: 1 t. Karbid liefert rund 620 Liter Alkohol, zu deren Herstellung die Brennerei ca. 6,2 t. Kartoffel verbraucht. Andererseits können aus einer t. Karbid 1,25 t. Kalkstickstoff hergestellt werden, der im landwirtschaftlichen Betriebe einen Mehrertrag von 25 t. Kartoffel ergeben würde, diese liefern bei der Verwertung in der Brennerei 2500 Liter Alkohol, d. h. 4-mal soviel als 1 t. Karbid. Danach wäre die Verwendung von Karbid zur Spiritusherstellung nur dann zulässig, wenn der gesamte Ackerboden genügend mit Stickstoffdünger versorgt ist, was aber noch längst nicht der Fall ist. Weiter wird ausgeführt, dass vom volkswirtschaftlichen Standpunkt entschieden jener Fabrikationsmethode der Vorzug gebühren muss, welche ein Rohmaterial verarbeitet, das unter Mithilfe der Natur auch jetzt noch produziert werden kann, und nicht ein solches, dessen Verschwinden einen unersetzlichen Verlust bedeutet.

Diese Gegenüberstellung der Kartoffelsprittfabrikanten ist allerdings nicht unparteiisch. Bei der Herstellung von Spiritus aus Kartoffel wird nicht nur Energie in Form von Kunstdünger angewandt, sondern auch zur Bestellung des Ackerbodens selbst sind wertvolle Brennstoffe, gewöhnlich flüssige zum Motorbetriebe oder auch noch wertvollere z. B. Futtermittel nötig, so dass letz-

-
- 1) Ztschr. f. Brennstoffchemie 1921. № 6.
Ztschr. f. Spiritusindustrie 1918. № 25.
2) Foth, Chem. techn. Wochenschrift 1918. № 23—24.
Janke, Oester. Chemikerzeitung 1918. № 20.

ten Endes die Herstellung von Spiritus unter Berücksichtigung aller Faktoren, auch desjenigen der zweckmässigsten Ausnutzung des Bodens, vom Standpunkte der Volkswirtschaft ähnlich wie die allgemeine Rentabilitätskalkulation ausfallen wird. Weiter besteht ein nicht zu unterschätzender Vorzug des Karbidverfahrens in seiner Unabhängigkeit von der Zeit und Natureinflüssen: hier lässt sich das ganze Jahr hindurch Spiritus mit konstanten Ausbeuten herstellen, Witterungsverhältnisse und Missernten spielen keine Rolle. Es darf auch in diesem Zusammenhange nicht vergessen werden, dass die Anwendungsmöglichkeit dieses Verfahrens durch den niedrigen Energiepreis sowieso vorgeschrieben ist. Es ist gar nicht zulässig den Energieaufwand in Kohlen zu berechnen, weil die Energie wegen des hier nur zulässigen billigen Preises überhaupt nicht aus der Kohle gewonnen werden darf, sondern ausschliesslich andere Energiequellen wie Wasserfälle, Torfmoore etc. in Frage kommen, falls für die Energie keine preiswertere Anwendung vorhanden ist. Es ist auch vom volkswirtschaftlichem Standpunkte bloss zu begrüssen, wenn diese unausgenutzt verschwindende Energie (Wasserfälle) auf diese Art verwertet werden könnte.

2. Spiritus aus Äthylengas.

Die Gewinnung von Alkohol aus dem Äthylengas der Hochöfen, Kokereien und Gasanstalten steckt noch mehr in den Kinderschuhen als diejenige aus Karbid. Hauptsächlich in England sind Versuche in dieser Hinsicht angestellt worden¹⁾.

Der Äthylengehalt der Gase der trockenen Destillation von Brennstoffen schwankt in ziemlich weiten Grenzen: Leuchtgas enthält z. B. 2—5 %, Kokereigas oft bedeutend mehr. Das Prinzip der Spiritusherstellung aus Äthylen besteht in dessen Absorption durch konzentrierte Schwefelsäure (100 Kg. Säure absorbieren 14 Kg. Gas, entsprechend 450 Kg. Säure pro 100 Liter Alkohol) unter Bildung von Äthylschwefelsäure, die sich beim Erhitzen mit Wasser in Alkohol und Schwefelsäure spaltet. Der Alkohol wird abdestilliert, die Säure wird nach Konzentrierung dem Betriebe wieder zugeführt, oder man kann die verdünnte Säure beispielsweise der Ammonsulfatfabrikation zuführen, wodurch sich der

1) Chem. Ztg. 1923. № 1/3.
Ztschr. f. Brennstoffchemie 1921 № 6.

Wärmeaufwand verringern würde. Gegenüber dem grossen Aufwand an Energie und Stoff beim Karbidverfahren sind hier nur Bruchteile davon nötig; da ausserdem die Apparaturen einfach sind, so lässt es sich erwarten, dass der Spiritus aus Äthylen-gas der Kokereien usw. bedeutend billiger sein wird als derjenige aus Karbid. Einen massgebenden Kostenanschlag ist es zur Zeit noch nicht möglich zusammenzustellen. Untenstehende Berechnung soll nur schätzungsweise die im Grossbetriebe zu erwartenden Verhältnisse wiedergeben.

K o s t e n a n s c h l a g

für eine Jahresproduktion von 1.000.000 Liter Alkohol.

A. Anlagekosten ca. 160.000 Rub. rsp. 40.000.000 Emk.

B. Betriebskosten:

I. Direkte.

1. Äthylengas ¹⁾ 400.000 cbm.	= 5.600 Rub. rsp.	= 1.400.000 Emk.
2. Schwefels. 450 t. à 40 Rub.	= 18.000 " "	à 20.000 Emk. = 9.000.000 "
3. Kohle 1500 t. à 10 Rub.	= 15.000 " "	à 2.500 " = 3.750.000 "
4. Löhne ca.	= 5.000 " "	= 1.300.000 "
5. Unterh. 1,5% der Anlagekst.	= 2.400 " "	= 600.000 "

II. Indirekte.

Amortisation und Zinsen 15%	= 24.000 " "	= 6.000.000 "
Summe	= 72.000 Rub. rsp.	= 22.050.000 Emk.

Einstandspreis pro Liter Alkohol = 7,20 Kop. rsp. 22,05 Emk.

Da der hauptsächlichste Wärmeverbrauch zum Abdestillieren des Alkohols und zum Regenerieren der Schwefelsäure dient, so ist bei der Brennstoffberechnung angenommen, dass die konzentrierte Säure mit 300 Vol. % Wasser verdünnt wurde, ferner dass die verdünnte Säure 10 % Alkohol enthält, und die Verdünnungswärme der Schwefelsäure im gegebenen Fall 160 Kal/Kg. beträgt. Der Einbusse des Heizwertes des Kokereigases ist ebenfalls Rechnung getragen, indem das verbrauchte Äthylen nach seinem Kalorien-Wert in Rechnung gesetzt worden ist. Die Schwefelsäuremenge von 450 t. beträgt 10 % der jährlich in dem Fall benötigten, wenn keine Rückgewinnung der Säure vorgenommen wird.

¹⁾ Heizwert des Äthylens = 14.000 Kal. pro cbm., 10.000 Kal. = 1 Kop. rsp. 2,5 Emk. (vgl. Seite 10.)

Vergleichende Zusammenstellung der v

Die in Klammern [] stehenden Preise sind erst durch Verbesserung des Betriebes

Rohmaterial.	Jahresproduktion der Anlage in lt.	Stärkegehalt in %	Zuckergehalt in %	Ausbeute in %	100 kg. Rohmaterial geben lt. Alkohol	pro 1 hlt. Alkohol Rohmaterial-			Alkoholgehalt der vergorenen Maische %	Brennstoffverbrauch in Kal. pro 1 hlt. Alkoholo
						verbrauch in kg.	kosten in Rub.	kosten in EMk.		
Kartoffel . . .	100,000	18	—	84	10,8	925	11,5	2300	10	840,000
" . . .	—	25	—	95	18,9	530	6,6	1300	—	—
Roggen . . .	100,000	c. 60	—	—	—	—	—	—	—	—
Rüben . . .	100,000	—	ca. 5—6	ca. 90	3	3300	23	4950	3	1,700,000
" . . .	—	—	ca. 12	90	7	1400	9,8	2100	7	1,200,000
Melasse . . .	100,000	—	ca. 50	84	28,5	350	14	2800	10	730,000
" . . .	—	—	50	97	33,0	300	12	2400	10	—
Sulfitablauge	500,000	—	ca. 1,5	ca. 85	0,8	125 cbm.	kostenlos	—	0,8	2,600,000
" . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Holzabfälle mit 50% Wasser	500,000	—	—	ca. 20	3,5	2850	1,42	200	2	1,800,000
" . . .	—	—	—	—	—	—	kostenlos	—	—	kostenlos
" . . .	—	—	—	ca. 80	14	710	0,355	50	12	600,000
Torf lufttrocken .	500,000	—	—	ca. 50	4,5	2250	5,6	1800	1—1,5	2,500,000
Karbid . . .	1,000,000	—	—	—	62,5	160	8,0	2400	z. Karbid =	1,500,000
									z. Betrieb =	350,000
										= 1,850,000
Äthylen . . .	1,000,000	—	—	—	—	40 cbm.	0,84	220		1,050,000

Es sei an dieser Stelle noch kurz erwähnt, dass diese Herstellungsmethode unter anderem auch in Estland Anwendung finden könnte, da die Gase der Brennschieferdestillation ebenfalls nennenswerte Mengen von Äthylen enthalten. Doch wäre es verfrüht, daraus jetzt schon irgendwelche Schlüsse zu ziehen, da sowohl die hiesige Brennschieferdestillation, als auch die Spiritusgewinnung aus Äthylen im Allgemeinen sich erst im Anfangsstadium befinden.

Inbetreff der Genauigkeit der aufgestellten Kostenanschläge sei noch gesagt, dass die Berechnungen beim Kartoffel-, Sulfit- und Torfspiritus dank den zur Verfügung stehenden und meist aus den praktischen Betrieben erhaltenen Daten am genauesten ausgefallen sein dürften. Beim Rüben-, Melasse- und Holzspiritus sind hauptsächlich Schwankungen in den Anlagekosten mög-

elle 7.

chiedenen Methoden zur Spiritusherstellung.

p. neue im Grossbetriebe bisher noch nicht angewandte Verfahren erreichbar.

lb.	EMk.	Verkaufspreis pro lt. Alkohol		Verkaufspreis pro lt. Benzolsprit		Bemerkungen
		Kop.	EMk.	Kop.	EMk.	
1,5	1120	17,27	43,50	17,45	42,00	bei Steigerung der Ausbeute und höherem Stärkegehalt der Kartoffel.
—	—	[13,95	37,00	14,55	36,50]	
—	—	22,97	64,60	22,00	60,00	
1,5	1120	32,60	73,21	30,00	66,80	bei höherem Zuckergehalt.
—	—	19,70	50,50	19,35	48,00	
1,5	1120	22,80	54,10	21,90	51,00	bei Steigerung der Ausbeute.
—	—	[21,10	50,50	20,50	48,00]	
3,0	750	8,74	25,22	10,20	26,85	bei Verkauf der Abfallenergie.
—	—	[5,74	14,00	7,70	17,50]	
3,0	1500	16,0—19,0	43,5—52,5	16,3—19,3	42,0—49,5	nach dem Verfahren mit verd. H ₂ SO ₄ . Holzabfälle — kostenlos.
—	—	13,2	32,40	13,90	41,20	
3,0	750	[8,50	23,90	10,0	25,75]	n. d. Verfahren mit gasförmigem HCl.
3,0	1500	24,10	69,90	23,0	64,00	
3,7	900	16,70	49,50	16,90	47,00	
2,4	600	[8,40	25,00	9,90	26,70]	

lich, doch wohl nur in dem Masse, dass sie nicht wesentlich auf den Spirituspreis einwirken dürften. Grössere Unsicherheiten sind beim synthetischen Spiritus möglich, da diese Herstellungsweise noch nicht über das Versuchsstadium hinaus ist.

In der Tabelle 7 sind alle erhaltenen Resultate zusammengefasst. Bei der Berechnung des Verkaufspreises ist zu den Betriebskosten ein Zuschlag für den Gewinn gemacht worden, und zwar in der Höhe von 7,5% des Grundkapitals. Am günstigsten liegen die Verhältnisse beim Sulfitspiritus. Er stellt sich etwa die Hälfte billiger als der Kartoffelspritus. Durch im Betriebe vorzunehmende Veränderungen liesse sich sein Preis noch etwa um die Hälfte herabdrücken, so dass die Anwendung dieser Herstellungsmethode durchaus angebracht erscheint, besonders da

ihre Durchführung mit keinen grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. Auch Holzspiritus nach den Verfahren mit Chlorwasserstoffgas und Äthylenspiritus stellen einen billigen Spirituspreis in Aussicht. Die Anwendung des ersteren Verfahrens, eventuell auch des letzteren, wäre unter anderem auch in Estland möglich.

Wenn wir nun zur Anwendung von Spiritus als Brennstoff zurückkehren, so haben wir für das erste zu bemerken, dass in vielen Ländern die Spiritusfabrikation und der Spirituskonsum aus dem Gleichgewicht geraten sind, so z. B. in Estland, wo die Gesamtproduktion im Jahre 1913/14 42.780.000 Liter, im Jahre 1921/22 8.273.000 Liter und im Jahre 1922/23 5.420.000 Liter betrug, also bloss $\frac{1}{8}$ der Vorkriegsproduktion¹⁾, was wohl hauptsächlich durch das Fehlen der Ausfuhr nach Russland erklärlich ist. Ein grosser Teil der Brennereien liegt also brach oder arbeitet mit stark verringerter Produktion. Durch Verwendung von Spiritus als Motorbetriebsstoff könnte einerseits diesem Übelstande abgeholfen werden, andererseits könnte dadurch die Einfuhr von ausländischen flüssigen Brennstoffen, die im Jahr 1920/21 ungefähr 12.000.000 Liter betrug²⁾, eingeschränkt werden. Es fragt sich nur, ob der Spirituspreis eine derartige Verwendung zulässt. Wir haben bereits in der Tabelle 6 die maximalen Preise für Spiritus resp. Benzolsprit, angewandt als Ersatz für Benzin, Petroleum etc., angegeben. Berücksichtigen wir jetzt den Verkaufspreis von Spiritus resp. Benzolsprit je nach den verschiedenen Herstellungsmethoden an der Hand der Tabelle 7, so sehen wir, dass vorläufig nur der Alkohol aus Sulfitablaugen resp. der entsprechende Benzolsprit als Ersatz für Benzin und Benzol Anwendung finden kann. Der Spiritus aus Holzabfällen nach dem Verfahren mit gasförmigem Chlorwasserstoff und Äthylenspiritus versprechen dasselbe, doch sind beide Verfahren vorläufig noch nicht im Grossbetriebe angewandt worden. Beim ortsfesten Betriebe (Wirkungsgradverhältnis 2:3) würden die Verhältnisse für den Spiritus günstiger sein, doch kommt dort ebenso wie bei den langsam fahrenden Traktoren Benzin als Betriebsstoff selten in Frage, sondern Petroleum resp. Naphta, mit denen der Spiritus vorläufig nicht konkurrieren kann. Nur die Verarbeitung der Sulfitablaugen bei günstiger Verwertung resp. Ver-

1) Dorpater Nachrichten, Aug. 1923.

2) „Eesti välja- ja sissevedu“ 1920—21.

kauf der Abfallkraft verspricht den Spiritus zu einem Preise zu liefern, der ihn als Ersatz für Petroleum in Frage kommen lässt; dieses gilt auch inbezug der Anwendung von Spiritus zu Heizungs- bzw. Beleuchtungszwecken.

Preisliste.

M a t e r i a l .	Eesti Mark. 1922/23.	Russ. Gold- rbl. 1913/14.	Deutsch. Goldmk. 1913/14.
t. (Tonne) Kartoffel	2000—2500	12,5—14,0	25—35
1 t. Roggen	17000—18500	65—70	153
1 t. Gerste	12000	55—60	143
1 t. Mais	—	50—60	171
1 t. Rüben	ca. 1500	ca. 7	—
1 t. Darrmalz	ca. 20000*	ca. 90*	180—200
1 t. Melasse	ca. 8000*	35—40*	67—80
1 t. Kalk	2400—2500	12	—
1 cbm. Holz = 350 Kg.	430—470	1—1,2	—
1 t. Torf	1000—1500	2,5—5	—
1 t. Kohle	2500—3000	10—15	—
1 t. Brennschiefer	600—700	—	—
1 t. Sägespäne	ca. 70	ca. 0,5	—
1 t. Calciumkarbid	10000—15000	50—60	100—120
1 t. Schwefelsäure	20000—25000	30—50	—
1 t. Salzsäure	ca. 25000	—	—
1 Kg. Quecksilberoxyd	ca. 500	ca. 0,5	ca. 0,7
1 cbm. Wasserstoff	ca. 20	0,05	0,1
1 Kg. Natriumbichromat	—	ca. 0,4*	0,8—1,0
1 Arbeitstag	150—200	0,60—1,0	—
1 cbm. umbauten Raumes	1500—2000	5—7	—
Destillierappar. 170—180 Litr. pro St.	—	ca. 3000	—
Henzedämpfer f. 5—600 Lt. pro St.	—	ca. 2000	—
Gärbottich 25 Hlt.	—	ca. 200	—
Spiritus-Zisterne pro 10 Lt.	—	ca. 1	—

Bemerkung: Die Preise in Eestimark und Goldrubel stellen die Marktpreise der betreffenden Jahre dar, während die Preise in deutschen Goldmark der Literatur entnommen sind (Ztschr. f. angew. Chem. 1913/14, Brennereilexikon u. a.). Die mit einem * versehenen Preise sind aus denjenigen in Goldmark erhalten durch Multiplikation mit 100 für Eesti-Mark resp. mit 0,5 für Goldrubel.

Schlussergebnis ist: die günstigsten Methoden zur Herstellung von Spiritus (Sulfitablauge, Holzabfälle, Äthylengas) können einen wirtschaftlich rentablen Ersatz für Benzin liefern, und es ist zu erwarten, dass in der nächsten Zukunft auch das Petroleum wirtschaftlich rentabel durch Spiritus wird ersetzt werden können — das umso mehr, da aller Wahrscheinlichkeit nach die Petroleumpreise steigen werden, weil die Erdölreserven durch den ständig rapide zunehmenden Verbrauch an flüssigen Brennstoffen stetig abnehmen. Dagegen kann Spiritus aus Kulturpflanzen bloss unter ausnahmsweise günstigem Kartoffelbau (höherer Stärkegehalt) und vervollkommener Alkoholfabrikation (höhere Ausbeute) als Brennstoff eventuell in Frage kommen. Augenblicklich aber ist eine wirtschaftliche Anwendung des Spiritus aus Kulturpflanzen als Brennstoff nicht möglich.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung: das Brennstoffproblem	3
II. Die technische Seite der Anwendung des Spiritus als Brennstoff . . .	3
III. Die wirtschaftliche Seite der Anwendung des Spiritus als Brennstoff .	6
Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Herstellungsmethoden von Spiritus:	
I. Spiritus pflanzlicher Herkunft.	
1. Spiritus aus stärkehaltigen Rohstoffen:	
a) Kartoffel	8
b) Getreide	11
2. Spiritus aus zuckerhaltigen Rohstoffen:	
a) Rüben	12
b) Melasse	13
3. Spiritus aus zellulosehaltigen Rohstoffen:	
a) Sulfitablauge	15
b) Holz resp. Holzabfälle	19
c) Torf	23
II. Synthetischer Spiritus.	
1. Calciumkarbid	24
2. Äthylengas	28
IV. Schlussbetrachtungen über die Möglichkeit der wirtschaftlichen Anwendung von Spiritus zu technischen Zwecken	31
Anhang: Preisliste	33