Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 92 (1941)

Heft: 4-5

Artikel: Das Holz als landeseigener chemischer Rohstoff

Autor: Pallmann, H. / Siegrist, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767313

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Holz als landeseigener chemischer Rohstoff.

Von H. Pallmann u. H. Siegrist.[1] (Agrikulturchem. Institut der Eidg. Techn. Hochschule.)

A. Einleitung.

Die Wertschätzung des Waldes als Holzlieferant ist heute beängstigend gross. Die seit Kriegsausbruch gehemmten Importe an Kohle, Benzin, Brennöl und Papierholz haben aus dem Schweizerwald eine viel begehrte Vorratskammer gemacht. Kaum sind die Klagen des Forstmanns über mangelnden Absatz bestimmter Holzsortimente verklungen, hört man seinen Warnruf: « Schutz dem Wald vor Plünderung ! »

Herr Oberforstmeister Dr. *Grossmann*[2] orientierte am 13. Dezember 1940 die Gesellschaft Schweizerischer Landwirte über die gegenwärtige Versorgung des Landes mit Brennholz. Er zeigte einleitend die Sonderstellung des Holzes als Rohstoff. Holz ist ein Rohstoff, der bei richtiger Pflege des Waldes sich ständig erneuert und sich unter dieser Voraussetzung auch dann noch vorfinden wird, wenn die toten Rohstoffe langsam zur Neige gehen. Das Holz ist der Rohstoff der Zukunft, und die chemische und mechanische Veredelung des Holzes steht noch im Anfang. Man gebe dem Förster die Möglichkeit den Wald zu hegen, man anerkenne seine Sorge vor dem Raubschlag, und der Förster verkennt seinerseits nicht die verständliche Begierde mancher unserer Industrien nach Holz und dessen Veredelungsprodukten. Er begreift die Wünsche des nicht gerne frierenden Bürgers, des heute notleidenden Autogewerbes und der vielen berufstätigen Motorfahrzeuglenker.

In Kürze soll im Folgenden die mögliche Verwertung des kostbaren nationalen Schatzes, des Holzes als chemischer Roh- und Ersatzstoff skizziert werden.

B. Der Wald und das Holz in der Statistik.

Die Schweiz ist relativ holzarm; auf den einzelnen Einwohner entfallen nur zirka 25 Aren Wald.

Tabelle 1.

Land	Bewaldungsprozent	Waldfläche je Einwohner
Schweiz	24,5 %	25 Aren
Italien	17,9 %	13 »
Frankreich	19,5 %	26 »
Deutschland	27,0 %	20 »
Schweden	49,5 %	362 »
Finnland	81,0 %	856 »

(Berechnet nach « Stat. Jahrbuch der Schweiz » 1938, S. 451 u. S. 463.)

[1] Nach einem Vortrag in der Zürch. Botanischen Gesellschaft (19. Februar 1941).

[2] Dr. *H. Grossmann:* Die gegenwärtige Versorgung unseres Landes mit Brennholz. « Schweiz. Landw. Monatshefte », Nr. 1, 1941, 1—16.

Ueber die Bodenbenutzung der Schweiz und die normale mittlere Holzproduktion der drei wichtigen Landesregionen : Jura, Mittelland und Alpen geben folgende zwei Tabellen Auskunft :

Tabelle 2.

Bodenbenützung der Schweiz 1929.

(« Statistisches Jahrbuch der Schweiz » 1939, S. 113.)

Gesamtareal der Schweiz	= 41 294,9 km²	(= 100 %)
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	= 22 157,7 km²	(= 54 %)
Forstwirtschaftlich genutzte Fläche	= 9 825,4 km²	(= 24 %)
Land- und forstwirtschaftlich unbenützte Fläche	= 9 311,8 km²	(= 22 %)

Die gesamte Waldfläche der Schweiz verteilt sich zu :

55 % auf Alpen *25 % auf Mittelland* *20 % auf Jura.*

Vom gesamten Holzschlag entfallen ¾ auf Nadelholz.

Tabelle 3.

Die gesamte normale Holzproduktion der Schweiz.

	Hektaren Waldfläche	Jährlicher Hektarertrag in m³	Totalertrag je Gebiet und Jahr in m³
Jura	200 000	4,5	900 000
Mittelland	250 000	5	1 250 000
Alpen	550 000	1,6	880 000
Schweiz	1 000 000	3 Mittel	3 030 000

Gesamter Holzvorrat der Schweiz : 160 Millionen m³ (nach Hch. Tanner, 1937).

Die jährlichen Erträge des Waldes an Holz-Trockensubstanz hängen weitgehend von der klimatischen Besonderheit des Standortes, von der vorherrschenden Bodenqualität und der forstlichen Pflege der Bestände ab. Die Erzeugung an Kalorien und an wichtigen organischen Verbindungen ist im Wald von gleicher Grössenordnung wie bei den intensivsten landwirtschaftlichen Kulturen. (Siehe Tab. 4.)

Ein hochwertiger Fichtenbestand (Tablat, Kt. St. Gallen) erzeugt im Jahr ungefähr gleichviel Kalorien wie ein guter mittlerer Weizenacker gleicher Fläche. Nur die ertrags- und stärkereiche Kartoffel vermag den bestwüchsigen gut gepflegten Wald in der Kalorienproduktion zu übertreffen. Im schweizerischen Ertragsmittel aller Wälder — die Schutzwälder unserer Berge inbegriffen — stehen die Trockensubstanz- und Kalorienerträge selbstredend tiefer. Man versteht daher den Förster, wenn er sich wehrt, hochproduzierende Wälder durch Raubnutzung zu schädigen und dass er bestrebt ist, mit allen Mitteln die Bestandesqualität zu heben.

Was liefert unser Wald zu Friedenszeiten ? 3,3 Millionen Festmeter Holz werden jährlich den Waldbeständen entnommen, je zur Hälfte Nutz- und Brennholz. Ein Import von 0,5 Millionen Festmetern Holz zeigt das Ungenügen des erwähnten Eigenschlages bereits in Friedens-

zeiten, wo doch auf offenen Schienen- und Wasserwegen die Kohle, das Benzin und das Brennöl in unser Land gelangten.

Tabelle 4.
Jahreserträge pro Hektar.

	Trocken-substanz	Kohlehydrate	Lignin	Ertrag in kcal
Fichtenbest. Tablat*	5800 kg	3250 kg	1740 kg	27,80 Mill.
Mittelertrag d. schweizerischen Waldes (3 m³/ha)	1430 kg	820 kg	430 kg	6,90 Mill.
Kartoffeln	4600 kg	4200 kg	—	20,30 Mill.
Kartoffelkraut . . .	3500 kg	2130 kg	700 kg	15,00 Mill.
Zusammen ** . . .	8100 kg	6330 kg	700 kg	35,30 Mill.
Winterweizen . . .	1830 kg	1520 kg	—	8,80 Mill.
Stroh	3600 kg	3220 kg	350 kg	15,30 Mill.
Zusammen ** . . .	5430 kg	4740 kg	350 kg	24,10 Mill.

* Nach H. Burger berechnet.
** Kalorische Werte aus der Analyse berechnet (obere Heizwerte).

Den 1,7 Millionen Festmetern Brennholz — dem in der Statistik auch das Papierholz eingerechnet wird — stehen heute die ständig wachsenden Ansprüche der verschiedenen Verbraucher gegenüber.

Das *schweizerische Bauernsekretariat* bricht eine Lanze für den frierenden Zeitgenossen und verlangt drei- bis fünfmal höhere Holzschläge als zu Friedenszeiten (vgl. *A. Borel*, « Schweiz. Bauernztg. », Jan. 1941). Die *Papierholzverbraucher* wünschen heute den Bedarf an Rohstoff aus dem Schweizerwald zu decken. 320 000 Ster Papierholz sind hiefür nötig. Kantonsoberförster *B. Bavier*[3] zeigt in einer interessanten Studie 1930, dass zirka drei Viertel aller Papierholzmengen unsere Industrie früher im Ausland kaufte und importierte. Der berechtigte Wunsch nach heimischem Holz wird um so brennender, je gehemmter der Import ist. Der im März 1938 in Bern tagende Gesamtvorstand des Schweizerischen Zeitungsverlegervereins opponierte seinerzeit gegen eine projektierte Holzverzuckerungsanlage, die damals nur 25 000 Ster Abfallholz verarbeiten wollte. Er hielt dafür, dass « angesichts des beschränkten Waldbesitzes und der Möglichkeit der Erschwerung des Importes die schweizerischen Waldreserven nicht auf diese Weise verbraucht werden sollten ». (« N. Z. Z. », 14. März 1938, Blatt 3.)

---

[3] *B. Bavier:* Durch welche Massnahmen kann d. Versorgung der schweiz. Zellulose- und Papierindustrie mit einheimischem Papierholz wesentlich gefördert werden? Preisschrift des schweiz. Forstvereins 1929. Verlag Büchler, Bern 1930.

Die Nöte der *Kraftwagenbesitzer* und des Automobilgewerbes sind heute bekannt. Das Automobilgewerbe mit den grossen Kapitalinvestitionen und einem grossen und qualifizierten Arbeiterbestand sieht sich angesichts der Importschwierigkeiten für Treibstoffe vor dem wirtschaftlichen Abgrund. Die zentrale Dachorganisation der Automobilverbände tagte am 11. Februar 1941 und kam zum Schluss, dass ein neuer Vorstoss in der Richtung eines systematischen Aufbaues der Ersatztreibstoffwirtschaft unternommen werden müsse.

Die durch die *Via Vita*[4] dem Bundesrat eingereichten Forderungen — publiziert im « Touring » vom 13. Februar 1941 — sehen folgende zusätzliche Leistungen des Waldes für die Ersatztreibstoffwirtschaft vor :

170 000 m³ Gasholz für Holzgasgeneratoren,
56 000 » Holz für Holzkohledarstellung,
73 000 » Holz für die Verzuckerung und nachträgliche Ueberführung des Holzzuckers in Alkohol-Keton-Treibstoff.

Die Liste der an die Holztüre unseres Waldes klopfenden Bewerber könnte noch beliebig verlängert werden (vgl. *H. Grossmann,* loc. cit.).

Welche Holzvorräte stecken in unsern Wäldern und wie sieht die Kalorienbilanz der Schweiz, bezogen auf Holz, Kohle und flüssige Brennstoffe aus ?

Tabelle 5.

Jährliche Produktion an Holzkalorien und Importkalorien (Holz, Kohle, Benzin, Brennöl) der Schweiz.

A. Eigenproduktion		**7 060.10⁹**	kcal
a) Nadelholz	984 000 t-TS	4 430.10⁹	»
b) Laubholz	585 000 t-TS	2 630.10⁹	»
B. Importierte Kalorien		**29 250.10⁹**	»
a) Holz	220 000 t-TS	1 000.10⁹	»
b) Kohlen	3 500 000 t	24 400.10⁹	»
c) Benzin	200 000 t	2 140.10⁹	»
d) Brennöl	171 000 t	1 710.10⁹	»

C. **Eigenproduktion = 19,5 % des Gesamtbedarfes.**

(Brenn- und Nutzholz zusammengefasst. Spezielle Brennwerte der Positionen B [b, c, d] nach *U. R. Ruegger*[5] für Handelsware.)

t-TS = Tonnen-Trockensubstanz.

Kann man an einen weitgehenden Ersatz der fehlenden Importbrennstoffe durch Holz denken ? In der nachstehenden Figur haben wir theoretisch die benötigten Holzmengen für den Ersatz von Kohle,

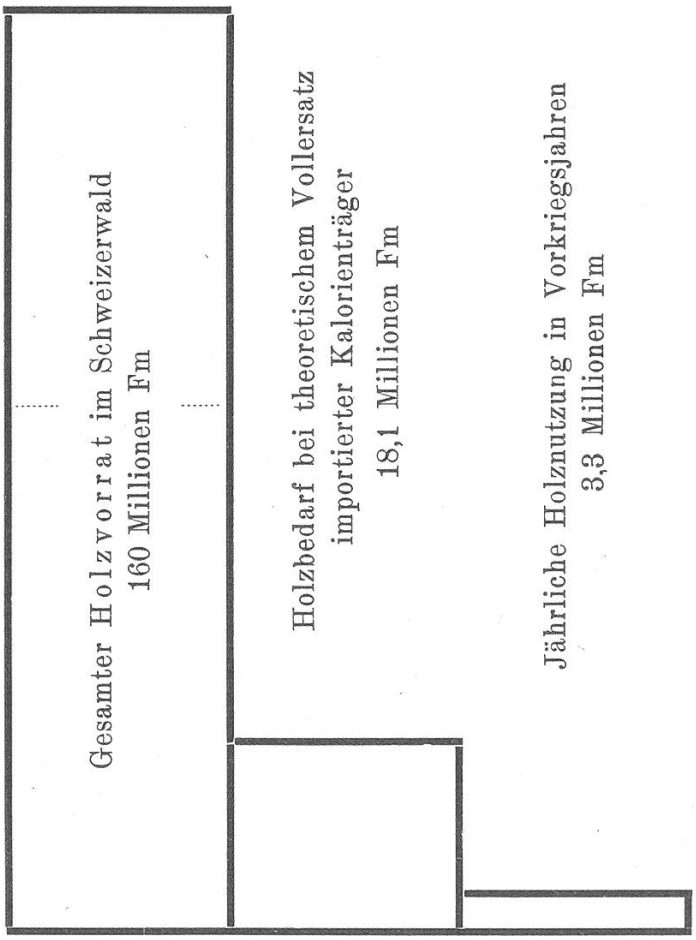
---

[4] « Touring », 13. Februar 1941. Warum haben wir noch keine Ersatztreibstoffe ?

[5] *U. R. Ruegger :* Le bois de feu dans l'économie nationale suisse. Ier Congr. Suisse pour le dévelop. et la mise en valeur du bois. Bern 1936, S. 3.

Koks, Briketts, Brennöl und Benzin graphisch dargestellt und mit dem Gesamtholzvorrat des Schweizerwaldes verglichen.

Figur 1.



Die Schätzung des gesamten Holzvorrates unserer Wälder der Schweiz schwankt zwischen 100 und 160 Millionen Festmetern.[6] Bei einem theoretischen, praktisch ausgeschlossenen Vollersatz unserer importierten Kalorienträger (Kohle, Benzin, Brennöl) durch einheimisches Holz (Nutzholz und Brennholz zusammengenommen) wären bei niedriger Vorratsschätzung die Holzvorräte des Schweizerwaldes in 5,5 Jahren, bei höherer Vorratsschätzung in 8,8 Jahren vollständig erschöpft.

C. Einige aktuelle chemische Verwertungsmöglichkeiten des Rohstoffes Holz.

Raumeshalber können nur einige der aktuellsten Verwertungsmöglichkeiten des Holzes als chemischer Rohstoff kurz erwähnt werden.

---

[6] *Hch. Tanner:* « Die Geländedeckung der Schweiz mit Wald und deren militärische Bedeutung. » « Allg. Schweiz. Militärzeitg. », Nr. 12, 1937, 80 Seiten.

Das Holz als Baustoff oder als Rohstoff zur Herstellung von Faserplatten und so weiter kann nicht berücksichtigt werden.

1. Das Holz als Brennstoff.

Zirka 1½ Millionen Festmeter Holz werden als reine Kalorienspender direkt verfeuert. Der grösste Anteil des Brennholzanfalles geht diesen Weg. Der Techniker bedauert, dass in der Mehrzahl aller Fälle das Holz nur schlecht als Wärmespender ausgenutzt wird und dass in den meisten veralteten Feuerungsstellen der thermische Nutzeffekt nur um 20 Prozent schwankt. Unsere Industrie und das Gewerbe stellen indessen heute Feuerungsanlagen her, die mit bedeutend höherem thermischen Nutzeffekt das Holz verbrennen können.

2. Das Holz als fester Ersatztreibstoff im Holzgasgenerator.

In den zahlreichen, durch die EMPA auf ihre Eignung untersuchten Holzgasgeneratoren wird das möglichst trockene und in Würfel geschnittene Holz (zur Hälfte Hartholz) bei Zufuhr eines Luft- oder Luftwasserdampfstromes erhitzt. Das Holz geht dabei in brennbares Holzgas über, das ein Gemisch aus CO, Wasserstoff, Methan und wenig ungesättigten Kohlewasserstoffen darstellt, dem CO_2 und Stickstoff beigemengt sind. Wie die eingehenden Untersuchungen von *P. Schläpfer*[7] und *J. Tobler* zeigen, wird die kalorische Ausbeute weitgehend durch die Holzqualität, den Generatortypus und den Generatorbetrieb beeinflusst. Aus 1 kg Gasholz-TS entstehen dabei ungefähr 2,5 m³ Holzgas mit je einem untern Heizwert von 1300 bis 1400 kcal/m³. *In der Leistung entsprechen 2,2 bis 3,5 kg Gasholz einem Liter Benzin.*

Tabelle 6.

Das Holz als Benzinersatz im Explosionsmotor.

1 Liter Benzin wird ersetzt durch 2,2—3,5 kg Holz-TS.

1000 Fünf-Tonnen-Lastwagen erfordern für eine Jahresfahrt von je 20 000 km (Annahme 50 l Benzin/100 km):

28 000 Tonnen Holz-TS

oder *67 000 Ster (⅔ Buche + ⅓ Fichte).*

(1 Festmeter = 1,43 Ster.
1 Festmeter Fichtenholz-TS = 410 kg
1 Festmeter Buchenholz-TS = 700 kg.)

Der Mitte Februar dem Bundesrat vorgelegte Ersatztreibstoffplan der Via Vita sieht ein jährliches Kontingent von:

100 000 t Gasholz = 170 000 Festmeter vor.

Man verlangt ein gesundes, in der Packung ausgeglichenes Sortiment, was Holzarten, Stückgrösse und Wassergehalt betrifft. Mindestens

---

[7] *P. Schläpfer* und *J. Tobler:* Theoret. und praktische Untersuchung über den Betrieb von Motorfahrzeugen mit Holzgas. Bericht Nr. 3 der Schweiz. Ges. für das Stud. der Motorbrennstoffe. Selbstverlag der SGSM, Bern 1937, 277 Seiten.

die Hälfte soll aus Buchenholz bestehen, der Wassergehalt soll möglichst nicht über 18 % hinausgehen.[8]

Dieses Gasholzquantum der Via Vita genügt in der Grössenordnung für den Betrieb von 2000 schweren Nutzlastwagen, denen je 50 t Holz im Jahr — entsprechend 20 000 Litern Benzin — zugesprochen werden könnte.

3. Holzkohle als fester Ersatztreibstoff im Holzkohlegenerator.

Im Jahresmittel wurden nach Schätzungen von Direktor *Winkelmann*[9] vom Schweizer. Waldwirtschaftsverband zirka 4000 t Holzkohle für die Bedürfnisse unserer Metallindustrie importiert und verbraucht. Holzkohle wird darüber hinaus zusätzlich als fester Ersatztreibstoff in grossen Mengen angefordert. Der Via-Vita-Plan begehrt die Bereitstellung von 10 000 t Holzkohle jährlich aus eigener Produktion.

Die Qualität der Holzkohle für den Holzkohlegenerator ist verschieden je nach Holzart und Verkohlungsbedingungen. Die Beschaffung des erforderlichen Holzkohlequantums kann prinzipiell auf verschiedene Weise vorgenommen werden:

a) In einfachen, im Walde aufstellbaren Erd- oder Ofenmeilern (vgl. auch: Bericht über Holzverkohlungsversuche von *F. Aubert* und *P. Schläpfer*. Beiheft Nr. 8 der «Zeitschr. d. Schweiz. Forstvereins», 1932).

Die kalorische Ausbeute ist bei diesen Methoden relativ schlecht. Rund 50 bis 60 % der im Holz enthaltenen Kalorien gehen mit den Destillationsprodukten verloren. Die geringen Kapitalinvestitionen und die Aufarbeitung des Abfallholzes an Ort und Stelle sind als Plusposten zu werten.

Tabelle 7.

Holzkohle-Darstellung in Meilern.

100 kg	Holz-Trockensubstanz ergeben	450 000 kcal
25 kg	Holzkohle (zu 7300 kcal/kg*)	183 000 »

Die kalorische Ausbeute beträgt 41 %.

1,3 kg Holzkohle können 1 Liter Benzin ersetzen.

* Heizwert für Handelsware nach Ruegger, loc cit. S. 3.

b) In den in Schweden und in den U. S. A. betriebenen Grossretortenanlagen wird das Holz bedeutend rationeller verkohlt. Die kondensierbaren Destillationsprodukte werden gesammelt und als willkommene Hilfsstoffe der chemischen Industrie zugeführt. Die brennbaren, nicht kondensierbaren Gase dienen als Heizungszuschuss für die Retortenheizung. Grosse Investitionen und längere Installationszeiten bilden heute gewichtige Hemmungen, diese

---

[8] Aus «Touring» August 1940. «Die Organisation der Holzkohleproduktion.»

[9] Qualitätsanforderungen siehe: «Touring», Nr. 2, vom 9. Jan. 1941.

Industrie in der Schweiz einzuführen, die schwierige Liquidation dieser teuren wehrwirtschaftlichen Anlagen nach dem Kriege kommt als erschwerendes Moment dazu.

Tabelle 8.

Rationelle Holzverkohlung in Grossretorten-Anlagen.

Tagesverarbeitung = 200 t Holz je Anlage.[10]

100 kg Holz-TS ergeben				480 000 kcal *
23,5 kg	Holzkohle	(7700 kcal/kg)	183 000 kcal	
3,0 kg	Terpentinöl	(8370 »)	25 100 »	
0,4 kg	Methylalkohol	(5360 »)	2 100 »	
0,9 kg	Azeton	(7560 »)	6 800 »	
19,8 kg	Teer	(9000 »)	178 000 »	
	Kalorische Ausbeute/Holz-TS			395 000 kcal
	%-kalorische Ausbeute/Holz-TS = 82 %.			

(Ausbeuten für Nadelholz im vierjährigen Betriebsmittel.)

* Obere Heizwerte.

c) Die Holzkohledarstellung im grossen müsste wohl in der Schweiz in den Gaswerken vorgenommen werden. Die anfallenden und kondensierbaren Destillationsprodukte können auch dort gesammelt und weiter verwertet werden. Im Ersatztreibstoff-Plan der Via Vita ist vorgesehen, dass das Hauptkontingent der angeforderten Holzkohle in den gut eingerichteten Gaswerken hergestellt wird, ungeachtet der etwas geringeren Qualität der Holzkohle. Es brauchen damit keine grösseren Kapitalinvestitionen vorgenommen zu werden, die Werke können sofort die Holzkohleherstellung aufnehmen und nach Kriegsschluss ergeben sich keine Schwierigkeiten der Betriebsliquidation.

56 000 Festmeter Holz sind für die Beschaffung von 10 000 t Holzkohle nötig. 1500 Fahrzeuge erhalten dadurch jährlich 6,6 t Holzkohle, wodurch pro Fahrzeug 4400 Liter Benzin ersetzt werden können.

4. Die Verwertung des Holzes in der Zellulose- und Papierindustrie.

Importschwierigkeiten drängten auch diesen Grossverbraucher an Holz auf die landeseigenen Quellen zurück. In den Vorkriegsjahren bezog die schweizerische Zellulose- und Papierindustrie zirka drei Viertel ihres Holzbedarfes vornehmlich aus Oesterreich, Deutschland, Polen, Tschechoslowakei, Finnland und Schweden.[11]

Unser « papierenes Zeitalter » ist ein gefrässiger Holzverzehrer. Die Herstellung des Zellstoffes aus Holz nach dem Sulfitverfahren führt zu grossen unabwendlichen Verlusten wertvoller Holzsubstanz, es geht das ganze Lignin mit dem grössten Teil der Hemizellulosen[12] mit der Ablauge praktisch verloren. Es existiert eine Vielfalt von Vorschlägen

---

[10] *Link :* « Chem.-Ztg. » *45,* 1921 (S. 820).

[11] *B. Bavier :* Loc. cit.

[12] Vgl. Tabelle 11.

für die Verwertung der « unangenehmen und doch so wertvollen Sulfitablauge ».[13] Bis heute vermag aber noch keine Methode die grossen Holzwerte in der Ablauge befriedigend zu erfassen.

Tabelle 9.

Das Holz als Rohstoff für die Zellulose- und Papierfabrikation (Sulfit-Verfahren).

In der Schweiz werden im Jahr benötigt:

140 000 m³ Holz für die Zellstoffherstellung
84 000 m³ Holz für die Holzschliffherstellung
224 000 m³ Holz total (= 320 000 Ster).

Bei der Zellstoff-Fabrikation ergeben:

100 kg Holz-Trockensubstanz		480 000 kcal
daraus: 50—55 kg Zellstoff . . .	= 230 000 kcal	
+ 5 Liter Alkohol . .	= 28 000 »	
Kalorische Ausbeute/Holz-TS		258 000 kcal

%-kalorische Ausbeute/Holz-TS = 54 %.

(Obere Heizwerte eingesetzt.)

Tabelle 10.

Papierverbrauch einer grossen Tageszeitung.

Jahresverbrauch an Papier = 2 500 000 kg
Zeitungspapier = 85 % Holzschliff + 15 % Zellstoff.
100 kg Holz-TS geben 94 kg Holzschliff
100 kg Holz-TS » 50—55 kg Zellstoff.

Zur Herstellung dieses Papiers sind notwendig:

2 900 Tonnen Holz-TS oder
10 000 Ster Papierholz.

Der Zellstoff findet Verwertung bei der Herstellung der Qualitätspapiere, der Kunstseide, der Nitrozellulose, des Cellophans usw. Die Zellulosefabrik in Attisholz gewinnt aus der Ablauge im Jahr zirka 1000 Tonnen Sulfitspiritus.

5. Die Verflüssigung des Holzes nach + Patent 207 206 (Matter).

Vor wenigen Wochen wurde in der Presse mit Nachdruck auf das Mattersche Verfahren zur Herstellung flüssiger Treibstoffe aus Holz hingewiesen.[14] Nach diesem Verfahren wird Holz in Autoklaven bei hohem Druck und hoher Temperatur mit NaOH-Lösung erhitzt. Das Holz wird bei dieser Behandlung weitgehend in flüssige und gasförmige Bestandteile umgewandelt. Die Holzverflüssigung in alkalischer Lösung — unter Anwendung von Druck und hoher Temperatur — wurde bereits vor einigen Jahrzehnten von *Hägglund, Fischer, Schrader, Treibs, Wallin* und dem Kolloidchemiker *Sven Oden*[15] untersucht. Eine

[13] *H. Vogel:* « Die Sulfitzellstoff-Ablauge und ihre Verwertung. » Samml. chem. und chem.-techn. Vorträge. Herausgeg. von Prof. Pummerer. Neue Folge, Heft 43. Verlag Ferd. Enke, Stuttgart 1939, 73 Seiten.

[14] « Touring », 30. Januar 1941.

[15] Vgl. *E. Hägglund:* Holzchemie. 2. Auflage, 1939, S. 341 ff.

Anfechtung des Matterschen Patentes (Schweizerpatent 207 206, Klasse 37 h, Einreichung 1938, Eintragung 15. Oktober 1939) wird nicht ausbleiben. Der Aufschluss des Holzes erfordert eine relativ teure und komplizierte Anlage; die grosstechnische und kontinuierliche Holzverflüssigung ist noch nicht durchgebildet. Die anfallenden flüssigen und kalorienreichen Fraktionen vermögen preislich nicht mit den andern Ersatztreibstoffen zu konkurrieren. Aus 50 kg Holz werden zirka 10 Liter Brennstoff[16] (10 000 kcal/kg) erhalten.

6. Die Holzverzuckerung nach dem Scholler-Tornesch-Verfahren.[17]

Am 23. August 1940 wurde die seit langem nachgesuchte Konzession für die Erstellung einer Holzverzuckerungsanlage in der Schweiz durch die Bundesbehörden erteilt. Im mehrfach erwähnten Ersatztreibstoff-Plan der Via Vita wird verlangt, dass in der schweizerischen Holzverzuckerungsanlage 10 000 t Alkohol-Keton-Gemisch (= Alketon) als flüssiger Ersatztreibstoff für die Motorfahrzeuge hergestellt werden. Die Wirtschaftlichkeit der Alketonproduktion wird von den Projektverfassern bejaht. Beim Schwinden des spezifisch wehrwirtschaftlichen Interesses an der Holzverzuckerungsanlage mit ihren mannigfaltigen Produktionseinrichtungen wird nach Friedensschluss das ebenso legitime Interesse unserer Gebirgskantone an gesichertem und durch das Werk gewährleistetem Brennholzabsatz zu berücksichtigen sein. (Vgl. Schlussbemerkungen.)

a) Die Technik der Holzverzuckerung.

Die Technik der Holzverzuckerung und die verschiedenen Produktionsmöglichkeiten einer Verzuckerungsanlage sollen im folgenden in kurzer Uebersicht gezeigt werden.

Tabelle 11.
Chemische Zusammensetzung einiger Hölzer
(nach J. König und C. G. Schwalbe).

	Zellulose	Hemizellulosen Hex.	Hemizellulosen Pent.	Lignin	Rohprotein	B/A-Extrakt	Asche
Fichtenholz	53,0 %	14 %		29,0 %	1,0 %	3,3 %	n. b.
Tannenholz	42,3 %	13,3 %	9,2 %	28,5 %	1,2 %	2,3 %	0,7 %
Kiefernholz	41,9 %	12,8 %	8,7 %	29,5 %	1,3 %	3,2 %	0,5 %
Birkenholz	41,9 %	4,6 %	23,2 %	28,3 %	1,3 %	2,4 %	0,7 %
Pappelholz	47,4 %	2,6 %	15,4 %	22,5 %	1,4 %	2,7 %	0,8 %
Buchenholz	45,4 %	4,4 %	17,8 %	22,7 %	1,6 %	0,7 %	1,0 %
Eschenholz	40,2 %	5,7 %	19,3 %	26,0 %	1,3 %	2,2 %	0,8 %
Weidenholz	42,9 %	5,1 %	16,8 %	24,7 %	1,2 %	2,0 %	0,8 %
Erlenholz	43,6 %	3,7 %	15,9 %	24,6 %	1,8 %	2,8 %	0,5 %

Anmerkungen: Rohprotein = N-Gehalt mal 6,25.
B/A-Extrakt = Benzol-Alkoholextrakt (1 : 1).
Hex. = Hexosane (Polymere von Hexosen).
Pent. = Pentosane (Polymere von Pentosen).

[16] Club-Nachrichten der Autosektion Zürich des TCS, 6. Febr. 1941.

[17] Das *Bergius-Rheinau*-Verfahren zur Verzuckerung des Holzes mit überkonzentrierter Salzsäure, wie auch zahlreiche andere Verfahren, können hier raumeshalber nicht besprochen werden.

Rund zwei Drittel des Holzes bestehen aus hochpolymeren Kohlehydraten, vorab aus *Zellulose*. Diese hochmolekularen Kohlehydrate können durch Säuren in ihre einfachen Bausteine, in Zucker aufgespalten werden. Die Zellulose wird dabei in Traubenzucker, die Pentosane in Pentosen aufgesprengt. Als Hydrolyserückstand hinterbleibt das feste Lignin, der eigentliche Holzstoff. Die Harze und Gerbstoffe gehen dabei zum Teil mit den Kohlehydraten in feiner Dispersion oder echt gelöst in die Holzzuckerwürze über.

Tabelle 12.

Harzgehalt verschiedener Nadelhölzer und Baumteile, nach H. Mayr 1894. [18]

	Harzgehalt in % des Holztrockengewichtes		
	ganzer Baum	Astholz	Wurzelholz
Fichte	1,70 %	5,80 %	9,90 %
Föhre	4,80 %	7,90 %	—
Lärche	4,20 %	4,40 %	5,85 %

Harze sind Mischungen von Harzsäuren, Harzalkoholen, Harzestern und Resenen. Die Harze sind fest oder als Balsame flüssig. Koniferenbalsame nach Wiesner: 10—35 % Terpentinöl und 35—65 % Harze.

Die Verzuckerung der Zellulose mit Säure wurde schon vor 120 Jahren von *Braconnot* ausprobiert. *Melens* hydrolysierte 1856 mit verdünnter Mineralsäure Holz und Zellulose. Die Zuckerausbeuten blieben aber unwirtschaftlich klein. Erst in den Nachkriegsjahren gelang es *Scholler* durch einen technischen Kunstgriff, mit verdünnten Säuren unter Druck und hoher Temperatur aus Holz genügende Mengen Zucker

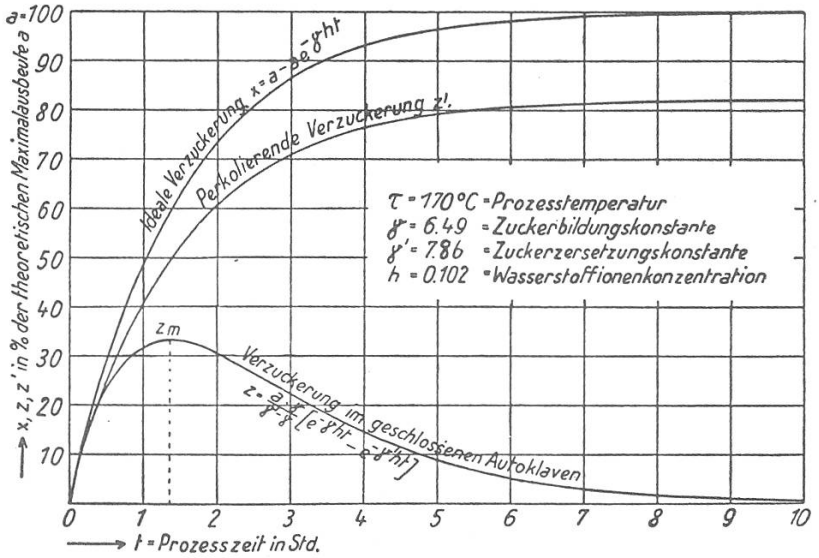


Fig. 2.

Der Verlauf der Zuckerbildung und Zerstörung nach Scholler-Lüers.

[18] Zit. nach *L. Vorreiter:* Hdb. für Holzabfallwirtschaft. Verlag J. Neumann, 1940, S. 161.

freizulegen, der in der ersten grosstechnischen Verzuckerungsanlage in Tornesch bei Hamburg zu Aethylalkohol vergoren wurde. *Scholler*[19] wies durch ausgedehnte Laboruntersuchungen im *Lüers*schen Institut in München nach, dass durch die Einwirkung der H-Ionen nicht nur Zucker gebildet, sondern bei hoher Temperatur und höherem Druck auch wieder langsam zersetzt wird. Die Einführung der Perkolation oder des Durchfluss-Aufschlusses löste diese Schwierigkeiten.

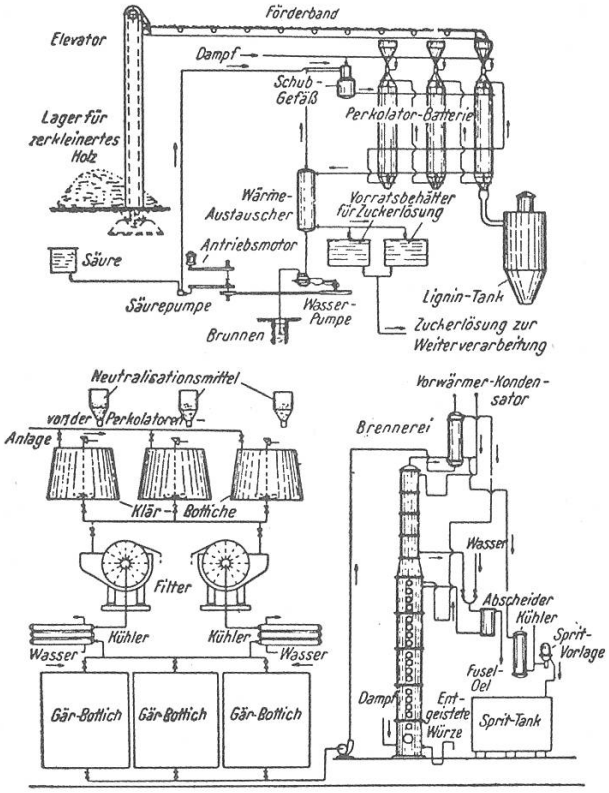


Fig. 3.
Schema der Holzverzuckerungsanlage nach Scholler.

Zerkleinertes Abfallholz wird in normalfeuchtem Anlieferungszustand in die grossen (50 m³ Inhalt) Perkolatoren eingebracht. Je nach der Betriebsart können durch sogenannte Wasserschübe zuerst ein Grossteil der Hemizellulosen, wie auch die Harze und Gerbstoffe extrahiert werden. Erst nach drei- bis viermaliger Wasserperkolation wird die Säureeinwirkung vorgenommen. 0,4prozentige Schwefelsäure wird bei 150 bis 180° C und einem Druck von fünf bis acht atü auf das Holz gebracht und durchgepresst. Durch intermittierende Perkolation werden auf diese Weise 15 bis 18 Säureschübe durch das Holz gegeben, schliesslich werden die letzten Zuckerreste durch einen reinigenden Wasserschub aus dem Ligninrückstand ausgewaschen. Diese Säureschübe ergeben bei vorgängiger Wasserperkolation eine ziemlich reine, durch etwas feindisperse Huminstoffe und Ligninteilchen dunkelgetönte Traubenzuckerlösung von annähernd 4 Prozent Zuckergehalt. Diese

[19] *H. Scholler:* Dissertation, München 1923. — *H. Scholler:* Die Zellstoff-Faser, 1935, S. 70 ff. — *H. Lüers:* « Die Verzuckerung des Holzes nach Scholler-Tornesch. » Mitt. des Ausschusses für Technik in der Forstwirtschaft, 1933.

Zuckerlösung kann nach vorheriger Reinigung, mit der wir uns momentan im Institut befassen — konzentriert und auf Traubenzucker aufgearbeitet — oder direkt nach Abstumpfen der Säure mittelst $CaCO_3$ und Impfen mit geeigneten Vergärer-Mikroorganismen auf Aethylalkohol, bzw. Glyzerin, bzw. Buttersäure, bzw. Hefe verarbeitet werden. Eine eingehendere Beschreibung der Technik verbietet sich aus Raummangel. Diese verschiedenen Betriebsweisen werden heute in der Grosstechnik ausgeführt, man basiert daher nicht mehr allein auf Laboruntersuchungen.

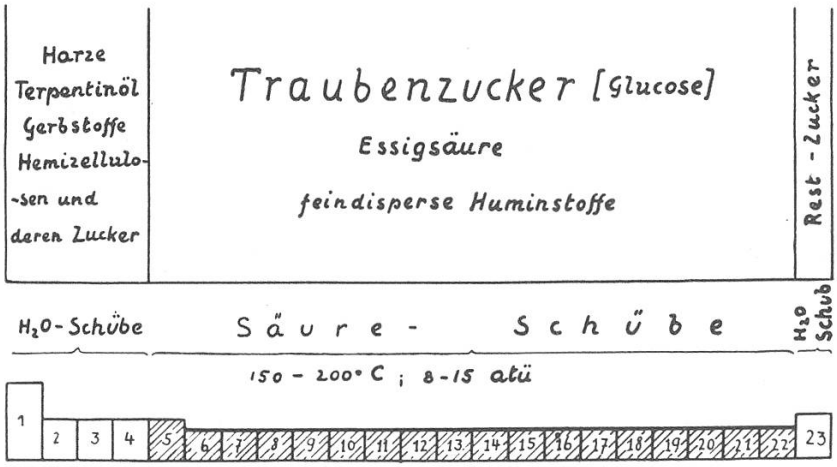


Fig. 4.
Schema der
Perkolations-
Schübe.

b) Die Wirtschaftlichkeit der Holzverzuckerung hängt neben einer Reihe rein kommerzieller Faktoren von der Ausbeute an verwertbaren Stoffen ab: Zucker, Lignin, Gärungsprodukte und Nebenprodukte. Der Holzqualität kommt grosse Bedeutung zu. Je besser das Holz, je höher der Kohlehydratanteil, um so grösser cet. par. die Zuckerausbeute. Die Möglichkeit der Abfallholzverwertung ist unbedingt vorhanden. Sägemehl ist ein gutes Ausgangsprodukt. Brennholzsortimente Qualität II und III werden verwendbar sein. Selbstredend spielen Baumart, Baumteil, Rindenanteil, Gesundheitszustand des Holzes für die Ausbeuten eine Rolle.

Lüers[20] gibt folgende Ausbeuten im Versuchsperkolator bekannt:

Tabelle 13.
Ausbeuten nach dem Scholler-Verfahren.

Sortiment	Red. Zucker kg/100 kg Holz-TS	Alkohol Liter/100 kg Holz-TS	Lignin kg/100 kg Holz-TS
Fichte grobjährig	46,9	22,8	32,8
feinjährig	50,9	23,3	29,8
Astholz	49,9	17,9	27,6
Föhre feinjährig	45,9	20,2	35,2
Buche	50,1	19,8	
Astholz	42,5	14,9	

[20] *H. Lüers:* Zeitschrift « Holz », 1. Jahrg., 1938, S. 36.

Tabelle 14.

Aenderungen des Holzchemismus durch Rotfäule der Douglas-Tanne. [21]

(Nach R. E. Rose und M. W. Lisse.)

Sortiment	Heiss-H O H-Extrakt	Zellulose	Pentosane	Na OH-Extrakt
Gesundes Holz . .	2,23 %	58,96 %	9,80 %	10,61 %
½-moderig . .	4,19 %	41,66 %	10,35 %	38,10 %
vermodertes Holz .	7,77 %	8,67 %	9,02 %	65,31 %

Rotfäule baut vorzugsweise Zellulose ab.
Weissfäule » » Lignin ab.

Die Wirtschaftlichkeit hängt aber neben rein technischen Momenten weitgehend von der Grösse, vom Verarbeitungsvolumen der Holzverzuckerungsanlage ab. Nach *H. Scholler* [22] zwingen die notwendigen zusätzlichen Anlagen zur Vergärung, Destillation, Strom- und Dampferzeugung, Holzförderung, Werkverwaltung, Sozialeinrichtungen und die Notwendigkeit der Betriebsüberwachung durch qualifizierte Fachleute zur Erbauung grösserer Anlagen.

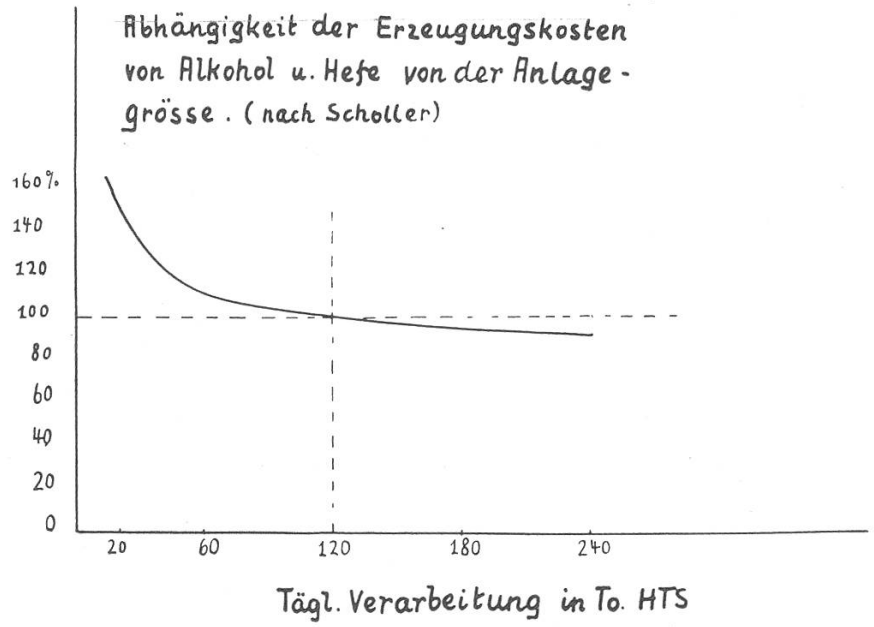


Fig. 5.

(Gestehungskosten von Hefe und Alkohol in Abhängigkeit von der Anlagegrösse.)

---

[21] Zit. nach *E. Hägglund:* Holzchemie, 2. Aufl., 1939, S. 357.

[22] *H. Scholler:* Holzverzuckerung II. « Chemiker-Ztg. », Nr. 100/101, 1939, S. 753.

Tabelle 15.

Leistungen der Holzverzuckerungsanlagen nach dem Scholler-Verfahren.

	Verarbeitete Holzmenge in Tonnen Holz-TS	Holzart	Alkoholproduktion im Jahr in Litern
Tornesch	6 000—10 000	Fichte	1 Million
Dessau	18 000—24 000	Fichte	5 Millionen
Holzminden	15 000—20 000	Buche	4—5 Millionen

(Nach H. Lüers : « Holz », Jahrg. 1, 1938, S. 36.)

Die Erstellung einer Miniaturanlage im Kanton Graubünden kommt schon aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht in Frage. Eine Verarbeitung von mindestens 15 000 t Holz-TS im Jahr wird nötig sein.

c) Die technischen Ausbeuten im Grossbetrieb.

In der Grossverzuckerungsanlage Tornesch wurden 1937 durch das Institut für Gärungsindustrie der Universität Berlin amtliche Ausbeutebestimmungen vorgenommen.

Tabelle 16.

Amtliche Ausbeutebestimmung in der Schollerschen Holzverzuckerungsanlage Tornesch durch das Institut für Gärungsgewerbe der Universität Berlin. Juni 1937.

	Perkolationen		Im Mittel auf 100 kg Holz-TS
	D 278	D 299	
Tonnen Holz-TS	10,035	10,112	
Würzevolumen, m³	166,8	157,9	*1610 Liter*
Tonnen vergärbarer Zucker . .	4,725	4,153	*44 kg*
Nicht vergärbarer aber reduz. Zucker	1,188	1,445	*13,1 kg*
Alkoholausbeute Liter/100 kg Holz-TS	26,7	23,2	*25,0 Liter*

Die hier festgestellten Ausbeuten an gesamtem reduzierenden Zucker, an vergärbarem Zucker und an Alkohol werden für die folgenden Zusammenstellungen zugrunde gelegt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich der Kartoffel und des Holzes als Rohstoff für die Alkoholfabrikation.

Tabelle 17.

Traubenzucker- und Alkoholausbeute je Tonne Nadelholz und Kartoffeln.

Ausgangsmateriial	Vergärbare Zucker	ergeben Aethylalkohol
Holz mit 20 % Wasser	352 kg	200 Liter
Kartoffeln, 77 % Wasser, 19 % Stärke . . .	204 kg	116 Liter

d) Die kalorischen Ausbeuten im Holzverzuckerungsbetrieb.

Für diese Berechnungen wird ein Werk von mindestens 15 000 bis 20 000 Tonnen Holztrockensubstanz-Verarbeitung angenommen. Zur Wärme- und Dampferzeugung wird elektrischer Strom verwendet. Die werkfremden Wärmequellen sind daher landeseigen.

Tabelle 18.

Kalorische Ausbeuten bei der Vergärung der Holzzuckerwürze auf Aethylalkohol. Verzuckerungsausbeuten nach Tab. 16; kalorische Betriebsdaten nach Obering. Peter (Escher-Wyss AG., Zürich).

100 kg Holz-TS enthalten		480 000 kcal
Kalorischer Betriebsaufwand		170 000 »
Kalorische Ausgangslage	=	640 000 kcal
Ergebnis: 19,7 kg Alkohol		138 000 kcal
13,1 kg Pentosen		55 000 »
30,0 kg « Lignin »		174 000 »
Kalorische Ausbeute	=	367 000 kcal
Kalorische Ausbeute/Holz-TS	=	76 %
Netto-Kalorische-Ausbeute	=	57 %

Anmerkung: Obere Heizwerte eingesetzt.
« Lignin » zum Teil kohlehydrathaltig.

Tabelle 19.

Kalorische Ausbeuten bei der Glucoseherstellung und Restvergärung der Zuckerwürze auf Aethylalkohol. Verzuckerungsausbeuten nach Tab. 16; kalorische Betriebsdaten nach Obering. Peter (Escher-Wyss AG., Zürich).

100 kg Holz-TS enthalten		480 000 kcal
Kalorischer Betriebsaufwand		160 000 »
Kalorische Ausgangslage	=	650 000 kcal
Ergebnis: 15,2 kg Alkohol		106 000 kcal
10,0 kg Glucose		34 000 »
13,1 kg Pentosen		55 000 »
30,0 kg « Lignin »		174 000 »
Kalorische Ausbeute	=	369 000 kcal
Kalorische Ausbeute/Holz-TS	=	77 %
Netto-Kalorische-Ausbeute	=	57 %

Anmerkung: Vgl. Tab. 18.

Die Wärmeverbrauchsziffern je 100 kg Holz-TS wurden uns in verdankenswerter Weise durch Herrn Oberingenieur *Peter* von der Firma Escher-Wyss zur Verfügung gestellt, welche die apparative Einrichtung der projektierten Anlage durchrechnete. Die Verwendung von Elektrodampfkesseln mit 97 Prozent Wirkungsgrad und die Mitverwendung von Wärmepumpen ermöglichen diesen geringen, werktechnisch günstigen Wärmeverbrauch.

Die kalorische Ausbeute ist bei der Verzuckerung des Holzes aussergewöhnlich gut. Als relativ unsicherer Posten in den Tabellen 18 und 19 erscheinen nur die Pentosen, die aber nach Untersuchungen amerikanischer Werke relativ günstig zu Buttersäure vergoren werden können oder bereits bei der Druckperkolation mit Schwefelsäure als Furfurol im Abdampf erscheinen.

Für den *Alketon*-Betrieb, der von der zentralen Dachorganisation der Automobilverbände gefordert wird, berechnen Dr. *Oswald* und seine Mitarbeiter ebenfalls eine kalorische Nettoausbeute von 60 %.

e) Die Erzeugnisse einer 18 000 t Holz-TS verarbeitenden Anlage.

Diese Betriebsgrösse von 18 000 t Holz-TS-Verarbeitung wurde rein rechnerisch eingesetzt. Die Ausbeuten an Alkohol und an vergärbaren Zuckern sind den amtlichen Ermittlungen (vgl. Tab. 16) entnommen. Das Würzevolumen berechnet sich aus neuern Plänen der Betriebsführung, aus ihnen ergibt sich auch der Schwefelsäureverbrauch. Der Kalorienaufwand wurde aus den uns durch Herrn Oberingenieur *Peter* zur Verfügung gestellten Zahlen umgerechnet.

Bei der einseitigen Betriebsrichtung — Alkoholfabrikation — ergeben sich die in Tabelle 20 dargestellten Betriebsdaten. Bis 1939 wurden jährlich in die Schweiz 20 000 bis 40 000 hl Spiritus eingeführt. Durch hochwertigen Spiritus — hochgradig rektifiziert — aus unserm Abfallholz kann man in Kriegszeiten diesen Importausfall, der unsere chemische Industrie empfindlich tangieren würde, ersetzen.

Tabelle 21.

Betriebsdaten einer angenommenen Verzuckerungsanlage mit ausschliesslicher Vergärung der Zuckerwürze auf Aethylalkohol.

Jahresbedarf: 18 000 Tonnen Holz-TS = 44 000 m³ = 63 000 Ster.
6 Perkolatoren zu je 10 t Holz-TS im Tag (300 Tage).

Kalorienaufwand	=	28,8 Milliarden kcal.
Würzevolumen	=	244 800 m³
H_2SO_4-Verbrauch	=	795 Tonnen (techn. conc.)
Gipsanfall	=	1290 Tonnen

Jahresproduktion: 7 920 Tonnen vergärbare Zucker
45 000 hl Aethylalkohol
3 100 Tonnen Gärungs- u. Neutralisations-Kohlensäure
5 400 Tonnen Lignin.

Bei 25%igem Abzug für schlechteres Abfallholz = 34 000 hl Aethylalkohol.

Man beachte die grossen Mengen der aus der Würzeneutralisation und der Gärung entstehenden Kohlensäure. Diese Kohlensäure soll bei der Alketon-Darstellung über Kohlenmonoxyd und dessen katalytischer

Hydrierung zu Methylalkohol reduziert werden. Methylalkohol wird als Komponente des sogenannten Alketon-Treibstoffes verwendet, als Lösungsmittel in der Industrie begehrt, eine Umwandlung in Ameisensäure könnte vorgesehen werden zur Beschaffung der für die Amasil-Grünfutterkonservierung notwendigen Ameisensäure. Die Methanolsynthese ist grosstechnisch gelöst.

Tabelle 22.

Betriebsdaten einer angenommenen Verzuckerungsanlage mit Fabrikation kristallisierten Traubenzuckers und Restvergärung auf Aethylalkohol.

Jahresbedarf: 18 000 Tonnen Holz-TS. 6 Perkolatoren.
kcal-Kalorienaufwand im Jahre: 30,6 Milliarden.
Würzevolumen, H_2SO_4-Verbrauch und Gips, vgl. Tab. 21.

Jahresproduktion:	7 920	Tonnen vergärbare Zucker
	34 600	hl Aethylalkohol
	1 800	Tonnen Glucose
	2 460	Tonnen Gärungs- u. Neutralisations-Kohlensäure
	5 400	Tonnen Lignin.

Bei 25%igem Abzug für schlechteres Abfallholz = 26 000 hl Alkohol und 1350 Tonnen Glucose.

Wenn aus der Holzzuckerwürze zuerst reiner Traubenzucker (= Glucose) auskristallisiert wird, so entsteht bei der Restvergärung der Holzzuckerwürze selbstredend weniger Alkohol. Traubenzucker ist heute ein begehrter Hilfsstoff der pharmazeutischen Industrie (z. B. für Vitamin-C-Synthese). Die Nahrungsmittelindustrie nimmt weiterhin Traubenzucker ab, in der Textilindustrie könnte sie als Weichmacher dienen, als Rohkristallisat findet sie in zahlreichen gärungstechnischen Betrieben Verwendung (Zitronensäure-, Milchsäure-, Buttersäure-Keton-Synthese).

Vor einigen Jahren beschäftigten wir uns am Institut mit der *Vergärung des Holzzuckers auf Glyzerin.* Glyzerin wird bis heute meistgrosstechnisch bei der Seifenfabrikation erhalten, die Verknappung an verseifbaren Fetten bedingt zwangsläufig eine Verknappung an Glyzerin, das für die Sprengstoffherstellung, als Weichmacher in der Textilindustrie, in der Druckerei, Pharmazie in ziemlichen Quantitäten verwertet wird. Die jährliche Einfuhr betrug vor dem Kriege 450 Tonnen. Das Gärungsglyzerin [23] ist teuer, es hat nur kriegswirtschaftliches Interesse; bei Eintritt normaler Zeiten würde das Fettglyzerin wahrscheinlich den Markt wieder erobern. Durch Zugabe von Sulfit zur Maische gelingt es bis 31 % des vergärbaren Zuckers in das preislich interessantere Glyzerin umzuwandeln. [Lüdecke-Patente 298 593/96 DRP (1916 f?).]

---

[23] Siehe *R. Lechner* (Berlin): Gärungsglyzerin. «Forschungsdienst» 1940, Bd. 10, Heft 6, S. 586—598, mit ausführlichem Literaturnachweis.

Tabelle 23.

Verarbeitung der Holzzuckerwürze auf Glyzerin und Aethylalkohol.

Jahresbedarf: 18 000 Tonnen Holz-TS = 63 000 Ster, ergeben im Jahr:

	7 920	Tonnen vergärbare Zucker
daraus:	600	Tonnen Glyzerin (Ausbeute 30 %/Glucose)
	33 600	hl Aethylalkohol
	5 400	Tonnen Lignin.
Gäransatz:		Würze 15 % Glucose + 8 % Sulfit.
Gärdauer:		8 Tage.
Hefe:		Sulfithefe Molignon (Wädenswil).

Jahresimport an Glyzerin um 450 Tonnen.

Die schwierige Lage auf dem *Kraftfuttermarkt* ist bekannt. Die eiweissreichen Kraftfuttermittel können kaum mehr importiert werden, die richtige Ernährung eines grossen Bestandes an Hochleistungstieren ist in Frage gestellt. Die Holzzuckerwürze eignet sich nun gut zur sogenannten « *biologischen Eiweißsynthese* ».[24] Nach dem Verfahren von *Fink* und *Lechner* [25] gelingt es durch den Mikroorganismus Torula utilis den in der Holzzuckerwürze vorhandenen Traubenzucker und eventuell bestimmte Pentosen in hochwertiges *Torula-Eiweiss* überzuführen. Die Torula-Organismen (niedere Pilze, Fungi imperfecti) liegen bei diesem Verfahren unter Mastbedingungen. Der notwendige Stickstoff wird in Form von Ammoniumsalzen, die Phosphorsäure als Rohphosphat der Würze zugegeben. Magnesiumsalze vervollständigen die Nährlösung. Durch intensive Feinbelüftung der Torula-Würzesuspensionen verzehrt die Torula utilis in wenigen Stunden sowohl den Traubenzucker als auch die in geringen Mengen gebildeten Alkohole zur Bildung eiweissreicher Pilzsubstanz.

Tabelle 24.

Betriebsdaten einer angenommenen Verzuckerungsanlage mit ausschliesslicher Umwandlung des Würzezuckers in Futtereiweiss.

Jahresbedarf: 18 000 t Holz-TS. 6 Perkolatoren.
kcal-Aufwand im Jahr: 21,6 Milliarden kcal.

Jahresproduktion	4500	Tonnen « Futtereiweiss »
	mit 2250	» Protein
	und 1750	» verdaulichem Eiweiss.
Einfuhr von verdaulichem Eiweiss (1937)	74 500	Tonnen[26]
Inlandproduktion an verdaulichem Eiweiss	523 000	»

Die grosstechnische Durchführung der biologischen Eiweißsynthese wurde gelöst. Die Qualität der dabei erzeugten « Trockenhefe » als Kraftfuttermittel [27] ist ausgezeichnet. Eine geringfügige Beanstandung des nicht idealen Aschegemisches ist dabei unwesentlich.

---

[24] u. [25] *Fink-Lechner-Heinisch:* « Biochem.-Z. », 1935, Bd. *23*, S. 278.

[26] Statist. Erhebungen und Schätzungen auf dem Gebiete der Landwirtschaft. Schweiz. Bauernsekretariat, 15. Jahresheft, 1938, S. 44/45.

[27] *G. Fingerling* und *F. Honcamp:* Ueber den Wert der Holzzuckerhefe als Futtermittel. Die Landw. Versuchs-Stationen, 1934, Bd. 118, S. 263—342.

Tabelle 25.

Der Wert der « Holzzucker-Hefe » als Futtermittel.

Nach Fingerling und Honcamp, 1934.

(Futtereiweiss mit 14 % Wasser.)

	Verdaul. Roh-protein*	Rein-protein	Amide	N-freier Extrakt	Stärkewert beim	
					Schwein	Ochsen
	%	%	%	%		
Bierhefe	91—93	42,6	18,9	29,2	73	69
« Holzzucker-Hefe » .	88—91	41,1	11,2	38,1	74	71
Sojaschrot	90—93	49,8	2,2	36,2	78	—

100 g Holzzucker-Hefe enthalten: 800 i E. Vitamin B_1 und 2000 i. E. Vitamin B_2 (nach Scheunert).

* Prozentische Verdaulichkeit des Rohproteins.

Tabelle 26.

Vergleich der Stärkewerte und der « Milchwerte » einiger wichtiger Futtermittel mit Holzzucker-Hefe. (Bezogen auf 100 kg.)

	Heu	Emd	Erdnuss-mehl	Futterhefe
	(1919—1937)			
* Stärkewert	36,1 kg	40,9 kg	73,4 kg	74 kg
Verdauliches Eiweiss . . .	4,9 kg	7,0 kg	34,5 kg	35,0 kg
** « Milchwert » (Nils Hansson) .	38,6 kg	44,4 kg	90,7 kg	91,5 kg

* Stärkewert = Einheitsmass für die Wirkung eines Futtermittels (O. Kellner).

** Ein Milchwert oder ein Milchstärkewert erzeugt im Produktionsfutter der Kuh beispielsweise 4 Liter Milch.

Die rein ernährungsphysiologische Seite der Eiweiss-Synthese ist sicher die erfreulichere als die wirtschaftliche. Das ziemlich teure Eiweissfuttermittel vermag in normaleren Zeiten die billigeren importierten Fisch- und Fleischmehle, wie auch die Oelsaat-Presskuchen preislich schlecht auszuhalten.

Durch die mehrfach erwähnte Eingabe der Via-Vita an den Bundesrat (Februar 1941) ist auch der grösseren Oeffentlichkeit die Möglichkeit der Herstellung eines flüssigen Ersatztreibstoffes *(Alkohol-Keton-Gemisch = Alketon)* in der Holzverzuckerungsanlage bekannt geworden. Die Konzessionsinhaber betonen die wirtschaftliche Tragbarkeit dieser Produktionsrichtung und die vorzügliche Eignung des Alketons als Treibstoff.

Die Alketonherstellung kompliziert die Werkanlage und erfordert bedeutend höhere Kapitalinvestitionen. Die wesentlichen Fabrikationszweige werden sein:

a) Eigentliche Holzverzuckerung nach Scholler;

b) teilweise Vergärung des « Holzzuckers » in Aethylalkohol;

c) teilweise Vergärung des « Holzzuckers » in Buttersäure. Die Pentosen werden dabei mitverwertet. Umwandlung der Buttersäure in Propylketon.

d) Reduktion der Gärungs- und Neutralisationskohlensäure mit Koks zu CO und Weiterreduktion des Kohlenmonoxydes mit Wasserstoff (katalytische Reduktion) zu Methylalkohol (vgl. Tab. 21 und 22 bezüglich Kohlensäure).

Die Harze finden Absatz zur Herstellung technischer Harzseifen, in der Papierindustrie zum Leimen der Papiere usw. Das Furfurol wird bei preislich günstigen Bedingungen begehrt sein zum Raffinieren und Wiederbrauchbarmachen von Oelen, wie auch in der Kunststoffindustrie. Das Lignin ist ein hochwertiger Brennstoff mit annähernd 6000 kcal Brennwert, es wird eventuell auch als Motorersatztreibstoff Verwendung finden können oder als Kompensationslieferung den Holzproduzenten zur Verfügung gestellt werden. Die Technologie des Lignins steckt noch in den Anfängen; möglicherweise lässt es sich später weiter veredeln.

f) Übersicht über die Ausbeuten einer Holzverzukkerungsanlage mit einer Verarbeitung von 18 000 t Holz-TS im Jahr.

Tabelle 27.

Berechnung der möglichen Ausbeuten einer Holzverzuckerungsanlage von 18 000 Tonnen Holz-TS. Verarbeitung je nach Produktionsrichtung.

Produkte:	Betriebsrichtungen der Holzwürze-Verarbeitung				
	I „Alkohol“	II „Alkohol + Glucose“	III Alkohol + Glyzerin“	IV „Alketon“	V „Hefe“
Aethylalkohol . . .	45 000 hl	34 600 hl	33 600 hl	27 700 hl	—
Glucose	—	1 800 t	—	2 100 t	—
Glycerin	—	—	600 t	—	—
Methylalkohol . . .	—	—	—	30 000 hl	—
Butylketon	—	—	—	17 000 hl	—
Hefe (trocken) . . .	—	—	—	—	4 500 t
Lignin	5 400 t	5 400 t	5 400 t	5 400 t	5 400 t
Harze und Terpentinöl	550 t	550 t	550 t	550 t	550 t
Furfurol	130 t	130 t	130 t	130 t	130 t

D. Schlussbemerkungen.

Es ist verständlich, dass die kurze Uebersicht über einige aktuelle Methoden der chemischen Holzverwertung recht lückenhaft bleiben musste. Betriebswirtschaftliche Fragen müssten unbedingt im Zusammenhang mit den rein technischen Problemen erörtert werden. Dazu

reicht der Raum nicht aus. Es sollte lediglich gezeigt werden, was das Holz als chemischer Rohstoff für unsere Volkswirtschaft bedeutet.

Kriegswirtschaft wird durch den Mangel bestimmt, Friedenswirtschaft hat freien Güteraustausch zur Voraussetzung. Der Mangel diktiert, der freie Güteraustausch lässt die Wahl. Kriegswirtschaftliche und friedenswirtschaftliche Diskussionen und Berechnungen können nicht auf dieselben Nenner zurückgeführt werden.

Mangelwirtschaft erfordert Planung. Die Planung hat den disponiblen Vorrat und den legitimen Bedarf zu ermitteln. Der legitime Bedarf ergibt sich aus den volkswirtschaftlichen und wehrwirtschaftlichen Interessen und nicht mehr aus rein privatwirtschaftlichen Ueberlegungen.

Und doch muss wohl in jeder Wehrwirtschaft ein optimaler Rest friedenswirtschaftlicher Ueberlegung stecken. Gleich wie der bäuerliche Führer im Anbauplan über das Kriegsende hinausdenkt, müssen auch auf den andern Gebieten der Mangelwirtschaft die Blicke bereits über das Kriegsende hinausschweifen. Die Mangelwirtschaft und die durch sie geborenen Betriebe müssen bei Eintritt normaler wirtschaftlicher Verhältnisse anständig liquidiert werden können. Wie steht es dabei mit der projektierten Holzverzuckerungsanlage ? Das momentane wehrwirtschaftliche Interesse bleibt ihr wohl unbestritten. In der kommenden Friedenswirtschaft erhält sie eine Reihe höherer Zwecke, die über die blosse Betriebsökonomie hinausgehen : Sie verschafft unserer gefährdeten und abwanderungsbereiten Gebirgsbevölkerung Verdienst- und Arbeitsmöglichkeiten. Den Gebirgsgemeinden garantiert sie den gesicherten Absatz grosser Brennholzmengen, wenn längst die heute eifrigen Holzbezüger wieder zur Kohle, zum Benzin oder zum billigeren Importholz greifen. Sie bringt Geld in den Gebirgswald und ermöglicht seine bessere Pflege und Nutzung. Es stellt dies eine ideelle Subvention dar, die reale Werte schafft. Den industriell armen Gebirgskantonen lässt sie Geld zufliessen, sie hebt den Stromabsatz und vergrössert das Güterverkehrsvolumen der Gebirgsbahnen. Die Holzverzuckerungsanlage mit ihrer Mannigfaltigkeit der Betriebsrichtung gibt den Schweizer Technikern und Chemikern Gelegenheit, an der Entwicklung der chemischen Holzveredelung tätig mitzuwirken und verhütet damit, dass im Lande der Rohstoffveredelung par excellence — unserer Schweiz — alle neuen Verfahren nur per Lizenz aus dem Auslande zu uns gelangen.

MITTEILUNGEN

† Alt Kantonsoberförster Josef Knüsel.

Sonntag, den 9. März verschied in seinem trauten Heim in Eschenbach, wenige Monate vor Vollendung des 79. Lebensjahres, Herr alt Kantonsoberförster *Josef Knüsel.* Ein Leben reich an erspriesslicher Arbeit fand damit seinen Abschluss.