

# Die Anlagen der Holzverzuckerungs AG. in Domat/Ems

Autor(en): **Ostertag, A. / HOVAG**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **73 (1955)**

Heft 20

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61911>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Die Anlagen der Holzverzuckerungs AG. in Domat/Ems

Nach Mitteilungen der HOVAG zusammengestellt von Dipl. Ing. A. Ostertag, Zürich

DK 013.5:661.7

### I. Die Entstehung der Emser Werke

Im Winter 1935/36 trat Dr. Werner L. Oswald im Auftrag eines Komitees zur Gründung einer ersten schweizerischen Holzverzuckerungs-AG. an den Kanton Graubünden heran mit dem Ersuchen, das geplante Unternehmen im Hinblick auf seine volkswirtschaftliche Bedeutung in geeigneter Weise zu fördern. Die Bündnerische Regierung erkannte die grosse Bedeutung des vorgelegten Projektes und unterzog es einer eingehenden Prüfung. Da die Verwirklichung ohne Bundeshilfe von vornherein ausgeschlossen war, wandte sie sich mit einer Eingabe vom 3./8. September 1937 an das Eidgenössische Finanz- und Zolldepartement mit dem dringlichen Ersuchen, die Frage der Erstellung eines Holzverzuckerungswerkes zu prüfen und die Alkoholverwaltung zur Erteilung der notwendigen Alkoholkonzession zu ermächtigen. Geplant war die Verarbeitung von jährlich 24 000 Ster Holz.

Die Treibstoffknappheit der Kriegsjahre führte zu einer wesentlichen Steigerung der Umsatzmenge und damit zu einer Vergrößerung des Projektes. Man entschloss sich, das Werk für die Verarbeitung von 180 bis 200 000 Ster Holz pro Jahr auszubauen. Die Holzverzuckerungs-AG. (HOVAG) verpflichtete sich zur Lieferung der in den Verträgen festgesetzten Treibstoffmenge, während die Eidgenossenschaft der Uebernahme dieser Produktion zu den Gesteungskosten zustimmte. In diesen Kosten war eine angemessene Amortisation der Anlagekosten eingeschlossen. Weiter stellte die HOVAG eine Senkung der Gesteungskosten durch Verbesserung der Fabrikationsmethoden und durch Beizug von Hilfsindustrien in Aussicht. Dies schien vor allem durch eine zweckentsprechende Verwertung der anfallenden Nebenprodukte bei weitgehender Auslastung der Produktionsanlagen möglich. Es darf denn auch mit Genugtuung festgestellt werden, dass die Gesteungskosten pro hl Treibstoff, die im Jahre 1949/50 noch 110 Fr. betragen, im Jahre 1953/54 auf 86 Fr. gesunken sind. Immerhin liegen sie noch wesentlich über den heute gültigen Benzinpreisen.

Eine allmähliche und teilweise Umstellung der Produktion auf nichtkriegswirtschaftlich bedingte Produkte war für die Zeit nach Kriegsende vorgesehen. Dabei musste es sich einerseits um wirtschaftlich interessante Produkte handeln, für die mit einer dauernden Nachfrage gerechnet werden darf, und andererseits sollte ihre Herstellung möglichst weitgehend in den bestehenden Anlagen durchgeführt werden können. Schliesslich sollten bestehende Firmen nicht konkurrenziert werden. Es war nicht leicht, Produkte zu finden, die diesen Voraussetzungen entsprachen, und es bedurfte einer umfangreichen Forschung und besonderer Anstrengungen, um die gestellte Aufgabe lösen zu können. Als wichtige Neben- oder Ersatzprodukte im Sinne der gewünschten Umstellung sind zu nennen: Die Herstellung von Futterhefe, von Formaldehyd, von Harnstoff, von Amoniumsulfat und von Laktam, einem der vielen möglichen Grundstoffe für Kunstfasern und Kunstharze.

Ueber die wirtschaftliche Bedeutung des Emser Werkes für den Kanton Graubünden mögen folgende Zahlen ein Bild geben: Das Werk beschäftigt ganzjährig rund 1350 Personen, wovon 854 Bündner sind. Die ausbezahlte Lohnsumme

beträgt 8,4 Mio Fr. Die Wohnstätten der Belegschaft verteilen sich auf 55 Gemeinden des Kantons. Der jährliche Verbrauch an elektrischer Energie liegt gegenwärtig zwischen 160 und 170 Mio kWh und übersteigt beträchtlich denjenigen des ganzen übrigen Kantons einschliesslich der Bahnen. Das Weiterbestehen dieses Werkes ist für die Volkswirtschaft des Kantons Graubünden von allergrösster Bedeutung.

Die Bundesbehörden sind nach gründlicher Prüfung auf das Gesuch des Kt. Graubünden eingetreten. Die Bundesratsbeschlüsse vom 23. August 1940 und vom 24. März 1941 schufen die rechtliche Grundlage für die Errichtung des Emserwerkes. Die Einzelheiten der Beziehungen zwischen dem Bunde und der Holzverzuckerungs AG. wurden auf Grund jener Bundesratsbeschlüsse in einer Reihe von Verträgen geregelt. Auf dieser Grundlage konnte das Werk dann errichtet werden und seine wichtigen Aufgaben im Dienste der Kriegswirtschaft und der bündnerischen Volkswirtschaft erfüllen.

### II. Die Herstellung von Aethylalkohol

In Ems wird Aethylalkohol (Aethanol) aus Holzabfällen hergestellt, und zwar im wesentlichen in zwei getrennten Prozessen, nämlich erstens durch Umwandlung des im Holz enthaltenen Zellstoffes in Zucker und zweitens durch Vergären des Zuckers zu Alkohol. Der erste Prozess ist im Prinzip erstmals 1819 durch den Franzosen Braconnot durchgeführt worden. Braconnot fand, dass bei der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Weissbuchenholz wasserlösliche Kohlenhydrate entstehen. Der Umwandlungsprozess, auf den sich die heute angewendeten Verfahren aufbauen, ist erst 1852 vom deutschen Forscher Arnould und unabhängig davon wenig später (1856) in Frankreich von Melsens erstmals verwirklicht worden. Arnould führte die Umwandlung des im Holz enthaltenen Zellstoffes in Zucker mittels kalter, konzentrierter Schwefelsäure durch, während Melsens dazu nur 3 bis 5 %ige, also stark verdünnte Schwefelsäure verwendete, den Prozess aber im Autoklaven unter rd. 10 atü und 180 ° C vornahm. Dieses zweite Verfahren erwies sich trotz dem hohen Druck und der dadurch bedingten umfangreichen und kostspieligen Apparatur als wirtschaftlicher und liegt denn auch dem heute in Ems angewendeten Prozess zugrunde.

#### A. Zur Chemie der beteiligten Stoffe

##### 1. Der chemische Aufbau des Holzes

Zum besseren Verständnis der Vorgänge und der zu ihrer Durchführung erforderlichen Apparaturen sei vorerst der Aufbau des Holzes kurz geschildert. Wir halten uns dabei u. a. an den Aufsatz: «Die Holzverzuckerung» von Dr. G. Saurer<sup>1)</sup>. Der chemische Aufbau des Holzes ist sehr kompliziert und trotz intensiver Erforschung noch keines-

<sup>1)</sup> Beilage zum Jahresbericht 1948/49 der Evangelischen Lehranstalt Schiers

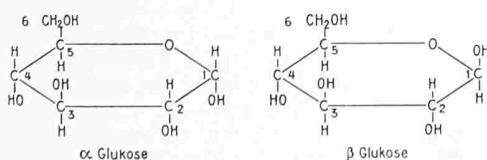


Bild 1. Strukturformel von Glukose  $C_6H_{12}O_6$

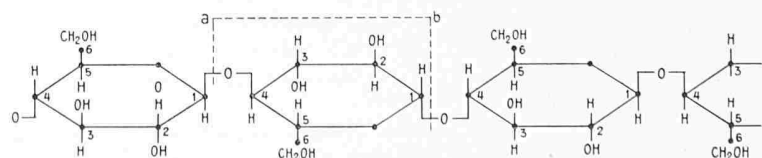


Bild 2. Ausschnitt aus einem Zellulose-Makromolekül; a . . . b Zellulosebaustein

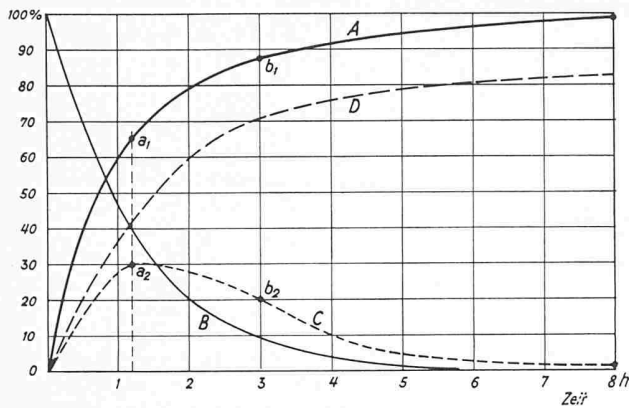


Bild 3. Reaktionsverlauf bei der Verzuckerung von Zellulose bei 170° C und einer Konzentration der Wasserstoffionen von 0,102 Mol/Liter (1%ige Schwefelsäurelösung in Wasser)

wegs restlos abgeklärt. Lufttrockenes Rot- oder Weisstannenholz enthält 15 bis 35 % Wasser. Entfernt man dieses Wasser, so bleibt die Holztrockensubstanz zurück. Diese besteht aus rund 41 % Holzzellulosen, 27 % Hemizellulosen, 30 % Lignin (Holzstoff) und geringen Mengen Harz, Eiweisskörper und Mineralien (Asche). Die drei Hauptbestandteile sind im Holz sehr innig vermischt, vielleicht sogar teilweise chemisch miteinander verbunden.

Bei der Holzverzuckerung verwandeln sich nun die Zellulosen und die Hemizellulosen in Zucker. Daher soll hier zunächst der Bau dieser beiden Bestandteile näher untersucht werden. Die Zellulosen bilden lange Ketten aus  $\beta$ -Glukosebausteinen. Die Glukosen sind organische Verbindungen, deren Struktur in Bild 1 dargestellt ist. Es gibt  $\alpha$ -Glukosen und  $\beta$ -Glukosen, die sich lediglich durch die Anordnung der H- und OH-Gruppen am Kohlenstoffatom 1 unterscheiden. Bild 2 zeigt einen Ausschnitt eines Makromoleküls von Zellulose, bestehend aus Bausteinen aus  $\beta$ -Glukose von der Formel  $C_6H_{10}O_5$  (Strecke a b), deren Länge zu  $5,15 \cdot 10^{-8}$  cm angegeben wird. Die ein Molekül bildende Kette besteht aus 2000 bis 3000 solcher Bausteine und erreicht damit eine Länge von etwa  $1,6 \mu$ . Diese Ketten sind gekrümmt, verschieden lang und vermutlich verzweigt. Es gibt auch Ketten mit Lockerstellen, d. h. mit lockeren Bindungen, die sich leicht spalten lassen. In den Holzzellulosen kommt auf etwa 100 Glukosebausteine eine Lockerstelle. Durch sie werden die chemischen und biologischen Eigenschaften der Zellulosen stark beeinflusst.

Die Glukosemoleküle, aus denen die Zellulose besteht, setzen sich, wie Bild 1 zeigt, aus sechs C-Atomen zusammen, von denen wir annehmen, dass fünf (im Bild 1 mit 1 bis 5 bezeichnet) und ein O-Atom in den Ecken eines ebenen Sechsecks angeordnet seien, während die übrigen Atome oder Atomgruppen über oder unter dieser Ebene liegen. Man nennt Stoffe mit einer solchen Molekülanordnung Hexosen. Zu ihnen gehören der Traubenzucker (Glukose), die Galaktose, die Mannose und der Fruchtzucker (Fruktose). Die Hexosen lassen sich mit Hefe zu Alkohol vergären und dadurch zur Treibstoffherstellung verwenden. Sie haben das Symbol  $C_6H_{12}O_6$ .

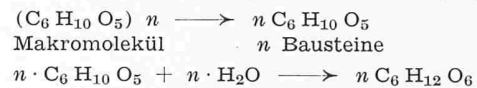
Daneben gibt es Moleküle mit 5 C-Atomen, deren Symbol  $C_5H_{10}O_5$  ist und die man als Pentosen bezeichnet. Zu den Pentosen gehören die Arabinosen, die aus arabischem Gummi stammen, sowie die Xylose, die in Holz, in Stroh und in Kleie enthalten ist. Die Pentosen sind nicht durch Hefe zu Alkohol vergärbar. Sie können aber Hefepilzen als Nährboden dienen, wobei sich diese Pilze sehr stark vermehren. Dadurch lassen sie sich auf Futterhefe verarbeiten. Diese Ausnutzung tritt in Ems gegenüber der Treibstoffherzeugung zurück, weshalb vor allem Nadelhölzer zur Verarbeitung kommen. Diese ergeben nämlich beim Abbau der Zellulose zu Zucker (Hydrolyse) etwa fünf Teile Hexosen und ein Teil Pentosen, während bei Laubhölzern auf vier Teile Hexosen zwei Teile Pentosen kommen.

Die Hemizellulosen, die in der Nadelholz-Trockensubstanz zu 27 % enthalten sind, bestehen aus Hexosanen und Pentosanen, das sind die aus Makromolekülen bestehenden Stoffe, die bei der Hydrolyse Hexosen und Pentosen er-

geben. Sie unterscheiden sich von den Zellulosen dadurch, dass ihre Bausteine neben Glukoseresten hauptsächlich auch Mannose, Galaktose und Fruktose (Hexosemakromoleküle), sowie Xylose und Arabinose (Pentosemakromoleküle) enthalten.

## 2. Der Verzuckerungsprozess

Es gibt einfache Zucker (Monosaccharide), die aus Pentosen und Hexosen bestehen, ferner zweifache Zucker (Disaccharide), zu denen der Rohr- und Rübenzucker (Saccharose), der Milchzucker (Laktose) und der Malzzucker gehören und deren Symbol  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ist; schliesslich gibt es auch mehrfache Zucker (Polysaccharide) vom allgemeinen Symbol  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , wobei  $n$  bis 3000 betragen kann. Zu ihnen gehören die Stärken, Zellulosen und Hemizellulosen. Bei der Holzverzuckerung zerfallen die Makromoleküle der Zellulosen und Hemizellulosen in ihre Bausteine; diese sind aber nicht existenzfähig, sondern verbinden sich sofort mit Wasser. Es finden also folgende beiden Vorgänge statt:

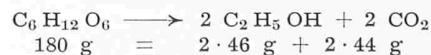


Diese Vorgänge können durch Säure als Katalysatoren und höhere Temperaturen beschleunigt werden. Die Verfahren mit konzentrierten Säuren ergeben zwar eine sehr gute Ausbeute (aus 100 kg Nadelholz-Trockensubstanz erhält man 60 kg Zucker, bzw. 30 l Alkohol); aber sie stellen an die Gefässwände hohe Anforderungen und verursachen höhere Gesteungskosten. Die Verfahren mit verdünnten Säuren ergeben zwar geringere Kosten, aber eine schlechtere Ausbeute, indem die durch den Zerfall der Makromoleküle entstehenden Monosaccharide rasch zerfallen. In Bild 3 zeigt die Kurve A die Umwandlung der reinen Zellulose in Monosaccharide im Verlauf der Zeit bei einer Temperatur von 170° C und in einer 1%igen Schwefelsäurelösung in Wasser. Darnach sind z. B. nach 3 h 87 % (Punkt  $b_1$ ) Zellulose umgewandelt. Kurve B stellt die Zersetzung der Glukosekonzentration unter den selben Bedingungen dar; nach 3 h sind nur noch 12 % vorhanden. Die Summation ergibt die Kurve C. Darnach wird nach rd. 1,3 h ein Maximum mit rd. 30 % Glukose erreicht, während der Glukosegehalt der Lösung nachher wieder abnimmt.

Es handelt sich demnach darum, den Prozess so zu führen, dass die sich bildende Glukose möglichst rasch aus dem Reaktionsraum weggeführt wird, um ihn dem zersetzenden Einfluss von Säure und Holz zu entziehen. Dies ist Heinrich Scholler durch schubweises Einführen der verdünnten Schwefelsäure in den Perkolator und Ablassen der Glukoselösung aus dem Reaktionsgefäss gelungen. Die Kurve D gibt die dabei erzielte Ausbeute an Glukose an, die bis 80 % der ursprünglichen Zellulose und Hemizellulose erreicht. Man nennt den Prozess der Umwandlung der Zellulose in Zucker Hydrolyse und das Herauslösen des Zuckers Perkolation (perkolieren heisst durchseien). Sein Ergebnis ist eine wässrige, durch andere Stoffe verunreinigte Zuckerlösung, die Würze.

## 3. Die Vergärung

In Ems wird die Würze nicht auf Zucker, sondern auf Treibstoff verarbeitet. Dazu muss sie vergoren werden. Sieht man von den Zwischenstufen ab, so kann man den Gärvorgang durch folgende Gleichung darstellen:



Die Gärpilze spalten durch ein Fermentensystem (Zymase) die Hexosen in Aethylalkohol und Kohlendioxyd. Dabei ergeben sich theoretisch aus 100 kg Hexosen rd. 50 kg Aethylalkohol und rd. 50 kg  $CO_2$ ; praktisch ist die Alkoholausbeute kleiner. Die entstandene alkoholische Lösung heisst *Maische*. Sie wird durch Destillation in Spirit von bis 94,5 Gew.-Proz. übergeführt. Der Destillationsrückstand, die *Schlempe*, enthält die nicht zu Alkohol vergärbaren Zucker, vor allem die Xylose. Diese Zucker (Pentosen) werden zu Futterhefe verarbeitet. Die Hefepilze benötigen dazu Stickstoff-, Phosphor- und Spuren von Kali-Verbindungen, um daraus Eiweiss zu bilden. Der Stickstoff wird in Form von verdünntem Ammoniakwasser zugeführt; als Phosphorverbindung dient ein Superphosphat. Bei richtiger Dosierung dieser Nährstoffe

erreicht man eine sehr hohe Wachstumsgeschwindigkeit der Hefe. Futterhefe enthält 50 % Rohprotein und gehört damit zu den eiweissreichsten Nahrungsmitteln für das Vieh.

## B. Die Würzeherstellung

Die Werkanlagen befinden sich in der Ebene des Rheintals südwestlich der Ortschaft Ems. Bild 4 gibt eine Uebersicht über die ausgedehnten Gebäudekomplexe und die hauptsächlichsten Einrichtungen.

### 1. Die Holzaufbereitung

Aus den dargelegten Gründen kommt in Ems ausschliesslich Nadelholz zur Verarbeitung, und zwar in Form von

Sägereiabfällen, wie Sägemehl, Schwarten und Spreisseln. Lieferanten sind über 600 Sägereien der Schweiz. Der Transport erfolgt fast ausschliesslich per Bahn. Dabei werden die normalspurigen Güterwagen der SBB im Bahnhof Chur auf Rollschemel gestellt, dann durch die Rhätische Bahn nach der Station Ems gefahren, von wo ein normalspuriges Werkgleis nach der Fabrik führt.

Dort sind in einer gedeckten Halle (Bild 4, Pos. 2) die Zerkleinerungsmaschinen aufgestellt, mit denen die Schwarten und Spreisseln zu Schnitzeln von 2 bis 3 cm Länge zerhackt werden. Ein Redler führt das Gut einem Sieb zu, das die grösseren Stücke ausscheidet. Diese werden in einer Schlagmühle weiter zerkleinert. Die Schnitzel mischt man dem

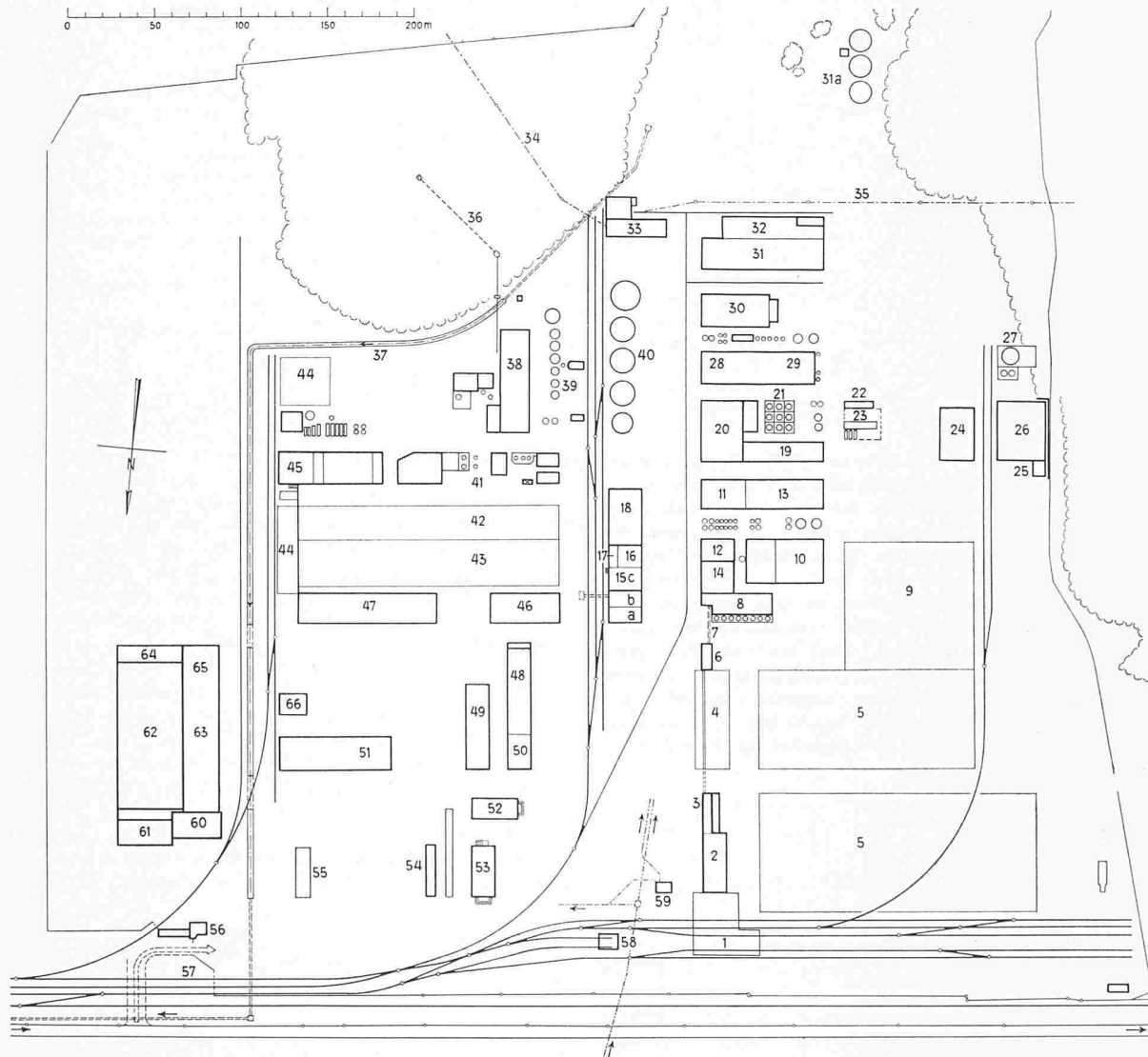
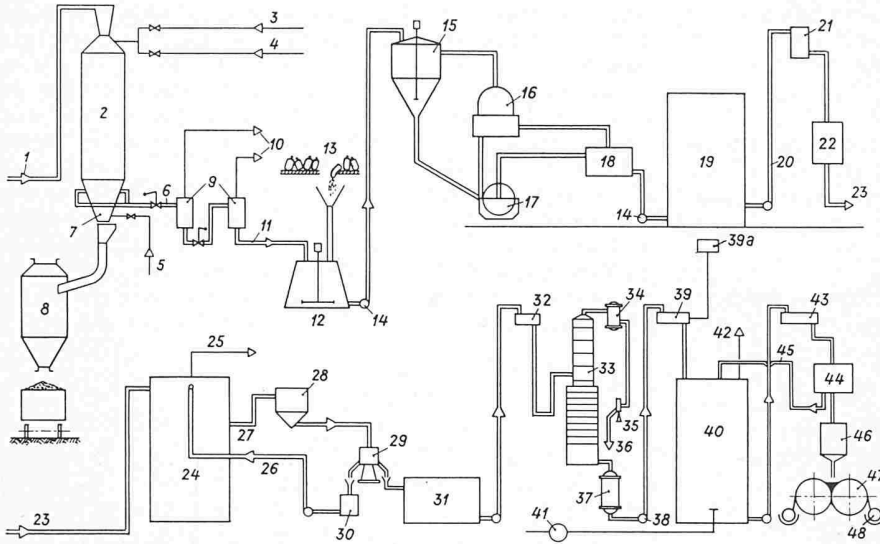


Bild 4. Lageplan der Werkanlagen, Masstab 1:4000

<b>Holzverzuckerungs-AG.</b>	16 Dampfturbine	34 Stromzuleitung fremder Werke 50 000 V	50 Materialausgabe
1 Sägemehlsilo-Auslad	17 Trafo II	35 Stromzuleitung eigener Kraftwerke 50 000 V	51 Lagerhalle II
2 Hackrotoreng Gebäude	18 Lager Verbrauchsmaterialien	36 Luftzuleitung Stickstoffanlage	52 Kantine
3 Grobsieb	19 Technikum	37 Abwasserkanal	53 Verwaltung
4 Sägemehllager	20 Laktam-Synthese	38 Stickstoffanlage, Luftverflüssigung	54 Technisches Bureau
5 Holzlager (Spalten)	21 Laktam-Synthese Freiluftanlage	39 Tanklager Fertigprodukte	55 Garage
6 Feinsieb	22 Trafo IV	40 Gasometer	56 Pfortner
7 unterirdischer Redler	23 Lagertank	41 Gasfabrik	57 Gleisanlage zu den Rollschemeln Ems
8 Perkulationsgebäude	24 Lager Fertigprodukte	42 Kokslager	58 Lokomotivremise
9 Ligninlagerplatz	25 Ammonsulfatanlage	43 Kohlenlager	59 Grundwasseranlage Pumpenhaus II
10 Klärung	26 Lager Fertigprodukte	44 Schwefellager	<b>Textilanlage Fibron S. A.</b>
11 Alkoholgärung	27 Phenoltank	45 Schwefelsäurefabrikation	60 Bureaugebäude
12 Destillation	28 Harnstoffanlage	46 Lignintrocknung	61 Spinnurm
13 Hefengärung	29 Ammoniakanlage	47 Lagerhalle I	62 Textilhalle
14 Wärmestation mit Elektrokessel, Turbokompressor, Axialgebläse	30 Methanolfabrikation	48 Werkstätten	63 Fasertrakt
15a Kesselhaus I	31 Elektrolyse	49 Schreinerei-Zimmerei	64 Prüfraum
15b Kesselhaus II	31a Tankanlage für Ammoniak		65 Spedition
15c Kesselhaus III	32 Gleichrichteranlage		66 Lager
	33 Trafostation I		



- 17 Vakuumdrehfilter
- 18 Klarwürzetank
- 19 Zwischentank
- 20 Neutrale Würze
- 21 Vakuumkühlung
- 22 Feinklärer
- 23 Würzeleitung
- 24 Gärautomat
- 25 Ableitung für Kohlensäure
- 26 Rückleitung für Gärhefe
- 27 Ableitung der Maische
- 28 Siebkasten
- 29 Zentrifuge zur Trennung von Hefe und Maische
- 30 Hefehälter
- 31 Maischebehälter
- 32 Maischehochbehälter
- 33 Destillierkolonne für Alkohol
- 34 Alkoholkühler
- 35 Alkoholvorlage
- 36 Alkohol-Ableitung zur Tankanlage
- 37 Wärmeaustauscher (Schubwassererwärmung)
- 38 Schlempepumpe
- 39 Schlempehochbehälter
- 39a Gärmitteldosierung
- 40 Gärautomat für Futterhefe
- 41 Axialgebläse für die Förderung der Gärluft
- 42 Ableitung für Kohlensäure
- 43 Zulaufgefäss zu 44
- 44 Zentrifuge zum Ausscheiden der Hefe
- 45 Heferückführung
- 46 Plasmolysator
- 47 Hefetrockner
- 48 Förderschnecken für Trockenhefe

Bild 5. Prinzipschema der Holzverzuckerungsanlagen

- 1 Redler für die Anfuhr von Sägemehl und Hackholz
- 2 Perkolatorenanlage
- 3 Zuleitung des Schubwassers
- 4 Zuleitung der Säure
- 5 Dampfzuleitung
- 6 Ableitung der Würze
- 7 Ablass für Lignin
- 8 Zyklon zum Trocknen des Lignins
- 9 Entspannungsgefässe
- 10 Dampfableitungen zu den Wärmeaustauschern
- 11 Zuleitung für saure Würze zu 12
- 12 Holzbottich zum Neutralisieren der Würze mit Rührwerk
- 13 Kalksteinmehl (Ca CO<sub>3</sub>)-Zusatz
- 14 Würzepumpe
- 15 Absetzgefäss
- 16 Schälzentrifugen

Sägemehl in bestimmtem Verhältnis zu. Das Gemisch wird so gewählt, dass sich günstige Verhältnisse für den nachfolgenden Kochprozess ergeben und insbesondere die Bildung von kompakten Kuchen vermieden wird. Im Jahresmittel kommen auf 60 % Sägemehl etwa 40 % Hackholz. Täglich werden etwa 170 t Holz roh den Perkolatoren zugeführt. Hierfür bestehen unterirdische Redler, die zum Perkolatorenhaus führen, sowie ein Vertikal-Redler zum Heben des Gutes auf den Dachboden dieses Hauses. Dort läuft es über eine registrierende, automatische, kontinuierliche Waage und wird dann in einer Rinne, die parallel zur Längsaxe des Gebäudes verläuft, den einzelnen Perkolatoren zugeführt. Die weitere Verarbeitung kann an Hand des Prinzipschemas, Bild 5, verfolgt werden.

2. Die Perkolation (Hydrolyse)

Die vorhandenen acht Perkolatoren, Bilder 6a und 6b, sind zylindrische Gefässe von rd. 2,8 m Innendurchmesser und 15 m Höhe, die aus Stahlblech von 37 mm Dicke durch Schweissung hergestellt und für einen Arbeitsdruck von 10 atü bemessen worden sind. Sie sind inwendig mit säurefesten Steinen ausgekleidet. Diese Auskleidung schützt den Stahlblechmantel vor chemischem Angriff und dient zugleich als Wärmeisolierung. Der untere Teil ist konisch. Oben ist die zentrale Einfüllöffnung, unten ist eine Entleerungsöffnung angebracht. Im konischen Teil befindet sich ein Filter aus perforierten Steinen, durch den die Lösung abgelassen werden kann. Es wird intermittierend gearbeitet. Ein ganzer Kochprozess dauert rd. 12 Stunden. Die Füllung beträgt rd. 11 t Holz (rd. 7 t Holz-Trockensubstanz). Der Prozess in den einzelnen Apparaten spielt sich wie folgt ab:

Nach dem Füllen wird der Perkolator verschlossen und dessen Inhalt durch Einleiten von Dampf auf die für den

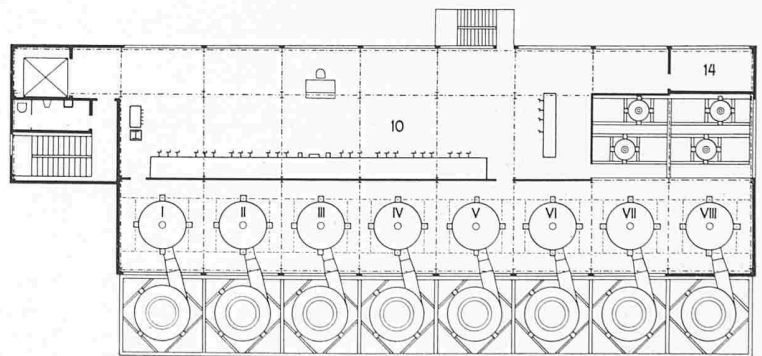
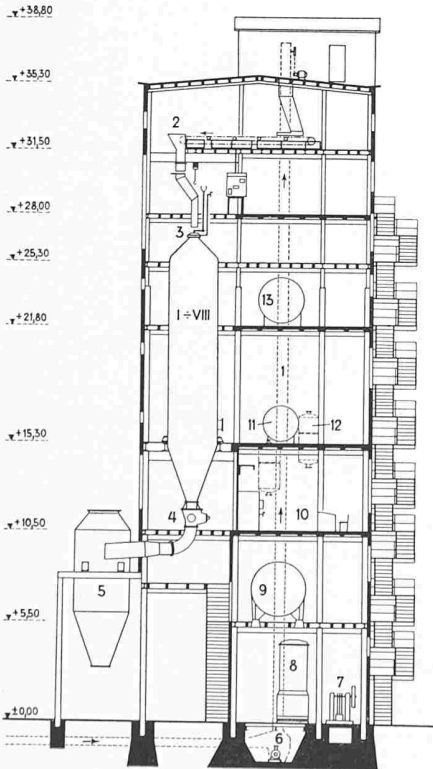


Bild 6b. Grundriss des Perkolatorenhauses auf der Höhe der Steueranlage, 1:400

Bild 6a (links). Schnitt durch das Perkolatorenhaus, 1:400

- 1 Vertikalredler bis Boden 35.30
- 2 Einfülltrichter mit Waage
- 3 Einfüllklappe
- I ÷ VIII Perkolatoren
- 4 Ausstossklappe
- 5 Zyklon
- 6 Schubwasserpumpen
- 7 Säurepumpen
- 8 Wärmeaustauscher
- 9 Heisswasserspeicher
- 10 Bedienungsboden
- 11 Dampfspeicher
- 12 Entspannungsgefäss
- 13 Wassertank
- 14 Bureau

ersten Teilprozess erforderliche Temperatur von 130 bis 140° C erwärmt. Die Holzteilchen werden dadurch aufgeweicht und quellen etwas auf. Nun folgt der erste Schub mit 1%iger Schwefelsäurelösung (Schubwasser). Die Lösung dringt in die Holzteilchen im untern konischen Teil ein und bewirkt die oben beschriebenen Umsetzungen. Die entstandene Zuckerlösung (Würze) sammelt sich im Perkolator und wird dort einige Zeit nach erfolgtem Einfüllen in ein Entspannungsgefäß abgelassen. In diesem Gefäß senkt man den Druck auf Atmosphärendruck, wobei gleichzeitig die Temperatur auf etwa 95° C absinkt. Damit ist die Gefahr einer Zersetzung des Zuckers behoben. Der bei der Entspannung freiwerdende Dampf dient zur Heizung des Schubwassers.

Inzwischen ist ein zweiter Säureschub eingepresst worden, wobei die Temperatur im Perkolator etwas gesteigert und die Säurekonzentration etwas gesenkt wird. Dieses Spiel wiederholt sich etwa 20 mal, bis im Verlauf von etwa 12 Stunden insgesamt etwa 85 m<sup>3</sup> Säurelösung (Schubwasser) eingefüllt und eine entsprechende Menge Würze abgelassen worden ist. Die Prozesstemperatur wird dabei von Schub zu Schub bis auf 180° C gesteigert. Die Umsetzung der Zellulose in Zucker geht auch in den Zeiten zwischen den Schüben weiter, in denen Würze entleert und Schubwasser eingefüllt wird. Die Würze enthält rd. 4 % Zucker. Dieser besteht zu etwa 80 % aus zu Alkohol vergärbaren Hexosen und zu rd. 20 % aus Pentosen.

Nach Beendigung der Perkolations besteht die zurückbleibende Füllung aus Lignin. Nachdem die letzte Würze abgelassen ist und man noch einen Wasserschub hindurchgeschickt hat, um die Säurereste wegzunehmen, öffnet man den unteren Deckel des Perkolators, worauf das Lignin über einen Zyklon durch den expandierenden Dampf unter starkem Dröhnen ausgeworfen wird (Bild 7). Der Zyklon dient zum Trennen des Dampfes vom Lignin.

### 3. Nebenapparate

Neben den Perkolatoren sind eine Reihe von Nebenapparaten nötig, um die beschriebenen Prozesse industriell und wirtschaftlich durchführen zu können. Dazu gehört vor allem eine zentrale Steueranlage (Bild 8), von der aus die verschiedenen Abschlussorgane ferngesteuert werden. Die Betätigung erfolgt mittels Drucköl. Die hauptsächlichsten Organe sind mit Rückmeldevorrichtungen versehen. Ferner werden Druck und Temperatur in jedem einzelnen Perkolator angezeigt und registriert. Diese Steuer- und Melde-Anlage erhöht die Be-

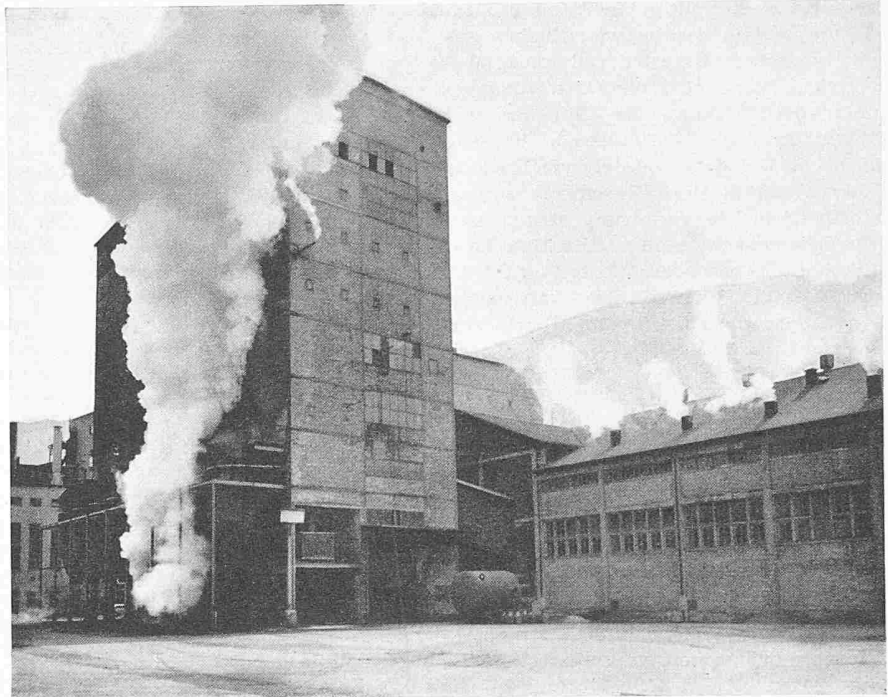


Bild 7. Perkolatorenhaus, rechts Kläranlage

triebssicherheit, spart Totzeiten, verringert die Schaltzeiten und Bedienungskosten und verbessert die Ausnützung.

Die Dampffüllungen erfolgen stossweise und sollen möglichst rasch vor sich gehen. Um die schroffen Dampfnahmen in den Kesseln zu mildern und die Dampfleitungen nicht übermässig gross auslegen zu müssen, sind den acht Perkolatoren zwei grosse isolierte Dampfspeicher vorgeschaltet worden. Zum Fördern des Schubwassers gegen den Innendruck von 10 atü dient eine Pumpanlage, bestehend aus zwei Hochdruck-Zentrifugalpumpen mit elektrischem Antrieb, die das Wasser dem Leitungsnetz der Fabrik entnehmen. Davon dient eine Pumpe als Reserve. Die Schwefelsäure wird getrennt gefördert und mittels einer Mischdüse direkt in die Schubwasserleitung unmittelbar vor jedem Perkolator eingespritzt. Die Zusatzmenge muss genau einstellbar sein. Daher und mit Rücksicht auf die Aggressivität der Säure sind für diesen Zweck von Gebr. Sulzer vertikale Plungerkolbenpumpen mit Antrieb über hydraulische Gestänge neu entwickelt und geliefert worden, die sich sehr gut bewährt haben. Auch hier dient eines der beiden aufgestellten Aggregate als Reserve.

### 4. Die Neutralisation und Klärung

Die schwefelsaure Zuckerlösung ist zur Vergärung ungeeignet; sie muss vorher von der Säure und den anderen Fremdstoffen befreit werden. Dazu wird die noch etwa 95° warme Würze aus dem Entspannungsgefäß durch Kupferleitungen in Holzbottiche geleitet und unter Rühren mit Kalksteinmehl (CaCO<sub>3</sub>) versetzt. Das Kalksteinmehl bildet mit der Schwefelsäure Gips, der sich mit den andern Trübstoffen (z. B. feine Ligninteilchen) absetzt und sich so von der Würze trennt. Hierzu dient ein besonderes Absetzgefäß. Der Schlamm wird unten abgelassen und in einem Vakuum-Drehfilter von den Würzeresten getrennt. Die im Absetzgefäß bereits geklärte Würze erfährt in Zentrifugen eine weitere Reinigung durch Entfernung aller Trübstoffe. Dazu dienen moderne Schälzentrifugen, die von Escher Wyss, Zürich, geliefert wurden. Mittels Entspannung im Vakuum wird dann die Würze auf die für die Gärung günstigste Temperatur von 30° C gebracht. Die Klarwürze gelangt schliesslich in einen Speicher von einigen 100 m<sup>3</sup> Inhalt, der als Puffer wirkt.

## C. Die Würzeverarbeitung

### 1. Die Alkoholgärung

Nach dem Würzespeicher durchläuft die Würze eine Batterie von Feinklärern (Zentrifugen), in denen sie weiter

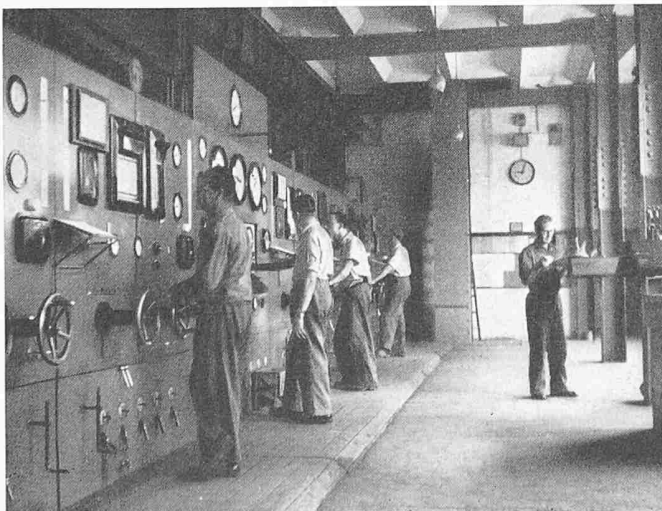


Bild 8. Zentrale Steueranlage für die Bedienung der Perkolatoren

geklärt wird, und gelangt unter Zusatz von Hefe in den Gärautomaten, der im wesentlichen aus fünf Eisenbehältern mit konischem Unterteil von je rd. 50 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen besteht. Hier findet die Umsetzung des Zuckers in Alkohol unter der Wirkung der Hefepilze statt, und zwar erfolgt dieser Prozess kontinuierlich in einer Würzmenge von 50 m<sup>3</sup>/h. Die dabei entstehende Kohlensäure gelangt in einer Rohrleitung in einen Gasometer und von dort in den Harnstoffbetrieb. Die Vergärung erfolgt anaerob unter Einblasen von Gärungskohlensäure. Die Maische enthält 2 Vol. Prozent Alkohol. In besondern Zentrifugen trennt man die Hefe von der Maische. Während jene von neuem in den Prozess gelangt, wird die enthefte Maische in einem Zwischentank gespeichert.

## 2. Die Destillation

Zur Trennung des Alkohols aus der wässrigen Lösung (Maische) dienen grosse Destillierkolonnen. Die zum Austreiben des Alkohols nötige Wärme tritt in Form von Dampf in den Prozess ein, der in die Kolonnen direkt eingeblasen wird. Die Destillieranlage ist so gebaut, dass rd. 60 % des Alkohols als praktisch reiner Aethylalkohol (Trinksprit) abgezogen werden können, während der Rest durch Fuselöl, Methylalkohol und Aldehyden, die insgesamt einige Prozente ausmachen, verunreinigt ist. Die gesamte Alkoholproduktion beträgt 1000 l/h. Der Alkohol, der auf Treibstoff verarbeitet werden soll, muss wasserfrei sein. Zur Trocknung dient eine besondere kontinuierlich arbeitende Destillieranlage, der eine Trocknung mit wasserentziehenden Mitteln nachgeschaltet ist. Der so verarbeitete Aethylalkohol enthält nur noch rd. 0,3 % Wasser. Er wird in grossen Tanks gelagert.

Die Schlempe verlässt die Destillation mit einer Temperatur von etwa 104 ° C. Sie tritt in Wärmeaustausch mit dem Schubwasser für die Perkolation und gelangt dann mit etwa 30 ° in den Futterhefebetrieb.

## 3. Der Futterhefebetrieb

Die Umsetzung der in der Schlempe enthaltenen Pentosen in Hefe erfolgt in Gärautomaten, bei denen im Gegensatz zu den Automaten der Alkoholgärung für eine intensive Belüftung gesorgt ist. Ein Axialgebläse fördert die hierzu nötige Luft, die durch zahlreiche Düsen in den Automaten eintritt und die Flüssigkeitsfüllung in einen ausserordentlich feinen Schaum verwandelt. Die anderen, für den Umsetzungsprozess erforderlichen Stoffe, nämlich Ammoniak, Ammoniumsulfat, Phosphat und Kali, werden genau dosiert zugesetzt, derart, dass die Wachstumsgeschwindigkeit der Hefe ein Maximum erreicht.

Die Hefe wird dann in Zentrifugen von der Flüssigkeit getrennt. Einen Teil leitet man als Anstellhefe wieder in den Gärautomaten zurück; der zugewachsene Teil gelangt in Plasmolysatoren, in denen er auf etwa 100 ° C erwärmt wird. Anschliessend verteilt sich die Hefe in sehr dünner Schicht auf die rotierenden Trommeln dampfheizerter Walzentrockner, auf denen die Feuchtigkeit in wenigen Minuten verdunstet. Die sich dabei auf den Trommeln bildende Trockenhefeschicht lässt sich als Film kontinuierlich abschaben. Förderschnecken bringen die Trockenhefe in eine Mühle und weiter in einen Silo, von dem aus man sie automatisch in Säcke von 40 kg abfüllt. Die Apparatur ist für eine Tageserzeugung von 5 t gebaut. Die Trockenhefe enthält unter anderem 50 % Rohprotein (Eiweiss), 8 % Asche (vor allem Phosphat) und etwa 8 % Wasser, dazu sämtliche Vitamine des Vitamin-B-Komplexes in verschiedenen Mengen, mit Ausnahme des Vitamins B<sub>12</sub>. Sie stellt ein hochwertiges Mastfutter dar. Der Futterhefebetrieb dient zugleich zur Abwasserreinigung. Die Pentosen würden, wenn sie nicht entzogen und verwertet würden, den als Vorfluter wirkenden Rhein verschmutzen und in ihm möglicherweise ein intensives Pilzwachstum zur Folge haben, was vor allem für die Fische schädlich wäre. Heute ist dank der Umsetzung von täglich 9 bis 10 t der Pentosen in Hefe die Verschmutzung des Rheines durch das Abwasser praktisch ohne Bedeutung.

(Fortsetzung folgt)

## Eindrücke aus Brasilien

Von Prof. Dr. F. Stüssi, ETH, Zürich

DK 91:62

Schluss von Seite 277

### Ingenieurbauwerke

Unter den Ingenieurbauwerken, die für die Erschliessung und Entwicklung des Landes notwendig sind, nehmen die Strassenbauten und im Zusammenhang damit die Brückenbauten und die Kraftwerke die erste Stelle ein. Nachstehend sollen nur einige wenige Grossleistungen auf diesen Gebieten kurz skizziert werden.

#### Strassenbauten

Als repräsentatives Beispiel für den vorgesehenen grosszügigen Ausbau des brasilianischen Strassennetzes ist wohl in erster Linie die *Transbrasiliana* (Rodovia Federal Br. 14) zu erwähnen, die mit einer Länge von 4750 km das Innere des Landes von Belém im Norden nach Rio Grande do Sul im Süden durchqueren soll (Bild 34<sup>9)</sup>). Von der ganzen Länge waren Ende 1954 421 km (= 9 %) erstellt und rd. 520 km (= 11 %) im Bau. Der Aufwand für einen solchen Strassenbau ist im Zusammenhang mit der Bevölkerungszahl der angeschlossenen Gebiete zu beurteilen; der Vergleich von Bild 34 mit Bild 3 zeigt, dass der grösste Teil der *Transbrasiliana* durch ein Gebiet mit einer Bevölkerungsdichte von 1 bis 5 Einwohnern je km<sup>2</sup> führt.

Wohl das bekannteste Beispiel des heutigen brasilianischen Strassenbaues ist die *Via Anchieta*, eine Autostrasse, die von São Paulo nach Santos führt und in etwas mehr als einer Stunde Fahrzeit die Höhendifferenz von 800 m überwindet. Der Ausbau entspricht etwa demjenigen der deutschen Reichsautobahnen. Auf der Bergstrecke zeigen die beiden Fahrstreifen für Berg- und Talfahrt getrennte Entwicklung (Bild 35, siehe auch SBZ 1949, S. 135). Die Erstellungskosten werden durch einen Strassenzoll verzinst und amortisiert.

<sup>9)</sup> Aus «Rodovia», Ano XV, Abril 1954.

### Brücke über den Rio das Antas

Die Brücke über den Rio das Antas im Zuge der Strasse, die von Porto Alegre (Rio Grande do Sul) nach Nordwesten zur Erschliessung des landwirtschaftlich bebauten Gebietes der Hochebene (Reben, Getreide, Holz) führt, besitzt mit 186 m nach der Sandöbrücke in Schweden und der Eslabrücke in Spanien die drittgrösste der bis jetzt in Eisenbeton verwirklichten Spannweiten. Die Tragkonstruktion der Hauptöffnung besteht aus zwei beidseitig eingespannten Bogenrippen mit rechteckigem Kastenquerschnitt mit von 3,0 bis 5,0 m veränderlicher Höhe (Bild 36). Als Belastungen sind Strassenwalze von 16 t, Lastwagen von 9 t, verteilte Nutzlast 350 kg/m<sup>2</sup>, Winddruck 150 kg/m<sup>2</sup> eingeführt worden. Die grössten Betonbeanspruchungen betragen 74 kg/cm<sup>2</sup> infolge Eigengewicht bzw. 112 kg/cm<sup>2</sup> infolge aller Haupt- und Zusatzlasten einschliesslich Schwinden. Für die Haupttragkonstruktion (rd. 1750 m<sup>3</sup>) wurde ein Beton mit einer Mindestdruckfestigkeit von 350 kg/cm<sup>2</sup> nach 28 Tagen verlangt, als Armierung wurde Baustahl St. 37 mit einem Verbrauch von rd. 300 t verwendet. Knick- und Kippsicherheit des Bogens sind untersucht und als reichlich genügend nachgewiesen worden. Das Lehrgerüst wurde wegen der Hochwassergefahr auf Stahltürmen mit rd. 450 t Stahlverbrauch erstellt (Bild 37). Der Bogen wurde mit je fünf hydraulischen Pressen von 500 t je im Scheitel der beiden Bogenrippen ausgerüstet. Die Kosten des Bauwerkes von 276 m Gesamtlänge betragen rd. 20 Millionen Cruzeiros. Bild 38 zeigt den Durchblick, Bild 39 die Ansicht der fertigen Brücke.

Die Brücke wurde von Prof. Antonio Alves de Noronha projektiert und berechnet; ihm war auch die Oberbauleitung übertragen. Die Brücke über den Rio das Antas scheint mir nicht nur wegen ihrer grossen Spannweite eine hervorragende Pionierleistung zu sein, sondern auch deshalb, weil sie mit