

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 33 (1941)
Heft: 6-7

Artikel: Rohstoff- und Energiewirtschaft der Zellwollenfabrikation
Autor: Karlen, Herrmann
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921978>

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: 17.04.2026

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

der Gestehtungspreis der Winterenergie auf 2,1 bis 2,7 Rp./kWh. In diesem Preise sind die Transportkosten der erzeugten Energie nach dem Schwerpunkt des Absatzgebietes nicht inbegriffen, dagegen blieb auch der beträchtliche Energiezuwachs in den untenliegenden Kraftwerken unberücksichtigt.

Schlusswort

Der vorstehend beschriebene Ausbau in fünf Etappen soll kein starres System sein, sondern ein konkretes Beispiel der verschiedenen Möglichkeiten, wie die Wasserkräfte der obern Reuss grosszügig und systematisch ausgebaut werden können. Aus diesem Grund ist das Projekt nicht bis in alle Details ausgearbeitet, sondern nur in seinen grossen Zügen entworfen worden. Sowohl in der sukzessiven Vergrösserung des Akkumuliererraumes, wie in der etappenweisen Heranziehung der verschiedenen Gefällstufen, der Ausbaugrössen etc. sind Variationen denkbar, die sich ganz nach den dannzumaligen Verhältnissen und Bedürfnissen des schweizerischen Energiemarktes, den Belastungsdiagrammen der andern Werke, dem Bedarf an Spitzenenergie, event. auch nach der Nachfrage des Auslandes richten werden.

Wie aus der Beschreibung ersichtlich ist, handelt es sich — und das ist die grundsätzliche Seite der Angelegenheit — um ein Projekt, das in 3—4 Kraftwerkstufen eine sehr bedeutende Winterleistung ergibt. Sie kommt allerdings nur zustande unter Zuhilfenahme von fast ebenso bedeutenden Mengen Sommerenergie und unter Inkaufnahme des verhältnismässig ungünstigen Wirkungsgrades beim Hinaufpumpen von Wasser. Gewiss wird es Zeiten geben, in denen sich unser Land die fehlende Winterenergie durch Wechselwirtschaft mit ausländischen Kohlenkraftwerken sehr vorteilhaft beschaffen kann und

dann werden eben Erweiterungsbauten zurückgestellt. Aber es ist für unser Land wichtig, darüber im klaren zu sein, dass es möglich ist, in völliger Unabhängigkeit vom Ausland und unter wirtschaftlichen Bedingungen bedeutende Mengen Sommerenergie auf den Winter aufzuspeichern durch Pumparbeit. Unser Land wird je länger je mehr darauf angewiesen sein, sich dieser Technik anzunehmen und sie auszubauen. Obschon das Projekt als etwas ungewöhnlich erscheint, haben wir es nichtsdestoweniger durchwegs mit Realitäten zu tun, die technisch keinen unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnen werden. Die Staumauer beim Urnerloch z. B. wird beim Vollausbau ca. 200 m hoch (über Terrain gemessen) und an der Krone ca. 500 m lang. Ein Objekt von ungewohnten Ausmassen! Vergleicht man aber damit die in andern Ländern bereits ausgeführten Objekte ähnlicher Art, z. B. den Grand Coulee-Damm am Columbia-River/USA, der 183 m hoch und an der Krone 1420 m lang ist, ferner die Hoover-Talsperre am Colorado-River mit 214 m Höhe und einer Mauerdicke am Fuss von 200 m, ferner den Boulder-Damm mit 220 m Höhe, so sieht man, dass das Projekt in dieser Hinsicht nichts Neues enthält. Ebenso sind im Ausland bereits Turbinen und Generatoren mit Einzelleistungen von 100 000 PS und darüber in Betrieb; es ist also alles schon da gewesen, neu bloss in den Ausmassen für unsere schweizerischen Verhältnisse.

Nur ein grosszügiges Vorgehen, verbunden mit etappenweiser Ausführung kann uns auf eine Reihe von Jahren die erforderlichen Energiemengen zu den billigen Preisen sichern, die wir für eine gedeihliche Weiterentwicklung unserer Elektrizitätswirtschaft im Inland und im Verkehr mit unsern Nachbarländern nötig haben. Beide Forderungen sind mit der Durchführung vorliegenden Projektes zu erfüllen.

Rohstoff- und Energiewirtschaft der Zellwollefabrikation

von Oberingenieur *Hermann Karlen*, Emmenbrücke

Die Fasern der *Zellwolle* bestehen ausschliesslich aus reiner, regenerierter Zellulose. Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der Fasern ist deshalb der Zellstoff in seiner handelsüblichen Form. Es ist dieselbe hochwertige Sulfitzellulose, wie sie für die *Kunstseidefabrikation* nach dem sogenannten *Viscoseverfahren* verwendet wird. Sie wird in Blättern von bestimmtem Format, zu Ballen von 100 bis 200 kg verpackt, verfrachtet.

Auf dem europäischen Kontinent bildet heute immer noch die langsamwachsende, harzarme Fichte

Skandinaviens in überwiegender Masse den Rohstoff für die Kunstseidezellulose. Da die Ausbeute an Zellulose aus dem Fichtenholz höchstens 50 % beträgt, so befinden sich die Zellulosefabriken vorteilhaft an Orten, wo die Baumstämme auf dem Wasserweg, zu Flossen zusammengefügt, mit wenig Kosten herant transportiert werden können. Die Nähe eines Flusses oder Sees ist auch noch wegen des enormen Wasserbedarfs der Zelluloseextraktion notwendig.

Die Wachstumsbedingungen sind in der Schweiz für die Bildung eines harzarmen, in gleichmässiger

Struktur sich bildenden Nadelholzes nicht so günstig wie in Skandinavien und die schwierigen Transportverhältnisse in unsern wohl walddreichen, aber gebirgigen Gegenden verteuern die Holzausbeutung derart, dass keine Konkurrenzfähigkeit mit der skandinavischen Kunstseidezellulose zu erreichen ist. Die schweizerische Zellwollefabrikation ist deshalb vorderhand für die Beschaffung ihres Hauptrohstoffes auf den Import angewiesen. Daher interessiert uns in diesem Rahmen die Rohstoff- und Energiefrage der Zelluloseherstellung nicht.

Für die Ueberführung des Zellstoffs von seiner rohen Gestalt in das zarte Gebilde der Zellwollefaser ist eine Reihe von andern Rohstoffen beizuziehen, deren Wert und Gewicht ein Vielfaches des Zellstoffs ausmachen, und deren Herkunft in den meisten Fällen nicht mit den günstigsten Gebieten der Zelluloseausbeute zusammenfällt. Die Fabrikation erfordert aber auch Wärmeenergie für Heizzwecke und zur Leitung chemischer Prozesse, elektrische Energie für die Maschinenantriebe, ferner gereinigtes und enthärtetes Wasser, sowie gewöhnliches Wasser für Kühl- und Reinigungszwecke. Für die Wahl des günstigsten Standorts einer Zellwollefabrik sind deshalb gute Eisenbahn- oder Schiffsverbindungen mit Industriegebieten, vorteilhafte Energieversorgung und vorzügliche Wasserverhältnisse ausschlaggebend.

Für die Herstellung von 1 Tonne Zellwolle sind im wesentlichen folgende Rohstoffe notwendig:

1,2 t Zellstoff
 0,8 t Aetznatron
 0,4 t Schwefelkohlenstoff
 1,5 t konzentrierte Schwefelsäure
 2,0 t Kohle mit 7000 Cal/kg
 1800 kWh elektrische Energie für Antriebe und Beleuchtung
 800 m³ Wasser.

Dabei ist vorausgesetzt, dass Kohle ausschliesslich zu Fabrikationszwecken und höchstens im Winter zur Erzeugung elektrischer Energie in Gegendruckturbinen durch Druckreduktion des für die Fabrikation notwendigen Dampfes verbraucht wird.

Die übrigen Roh- und Hilfsstoffe spielen, wenn nicht wert-, so doch mengenmässig eine untergeordnete Rolle, so dass sie hier unberücksichtigt bleiben können, obwohl ihr Bedarf auf die verschiedensten Industrien sehr befruchtend wirkt. Ebenso unberücksichtigt bleibt der einmalige Bedarf an Roh- und Fertigfabrikaten bei der Erstellung einer Zellwollefabrik. Der Investitionswert ist auf Vorkriegsbasis mit etwa 0,8 Millionen Franken pro Tonne Zellwolle-Tagesproduktion anzunehmen.

Für den Bezug von Aetznatron, Schwefelkohlenstoff und Schwefelsäure bestehen in der Schweiz

leistungsfähige Fabriken, die einen gewissen Teil ihrer Rohstoffe aus dem Ausland beziehen müssen.

Für die Herstellung von *Aetznatron* bedarf es im wesentlichen der Rohstoffe Kochsalz, Kalk und Kohle. Kochsalz ist bei uns in nahezu, Kalk in unbeschränkter Menge vorhanden. Die Aetznatronfabriken befinden sich in der Nähe unserer Salzlagerstätten im Kanton Aargau und im Unterwallis.

Schwefelkohlenstoff benötigt zur Herstellung Schwefel, Holzkohle und Koks. Schwefel muss aus Italien und Amerika, Holzkohle aus Deutschland und der Slowakei importiert werden. Koks liefern die Gaswerke.

Für *Schwefelsäure* braucht es Pyrit (Schwefel-eisen) und Steinkohle. Pyrit wird meistens aus Italien eingeführt.

Es sind für die Erzeugung von 1 Tonne Zellwolle im grossen und ganzen folgende Rohstoffe aus dem Ausland einzuführen:

1,2 t Zellstoff
 0,4 t Schwefel
 0,1 t Holzkohle
 1,1 t Pyrit
 3,5 t Steinkohle

Total rund 6,5 t Rohstoffe

Mit Ausnahme des Pyrits und der Steinkohle haben diese Rohstoffe im Ausland schon eine gewisse Veredelung erfahren. Es sind gewissermassen Halbfabrikate, wie der Rohstahl oder die Walzprofile der metallbearbeitenden Industrie. Der Hauptanteil ihrer Weiterveredelung für die Zwecke der Zellwolleherstellung fällt an die einheimische Industrie. Im Herstellungspreis der Zellwolle ist der Wert sämtlicher zu importierender Roh- und Hilfsstoffe franko Schweizergrenze mit etwa $\frac{1}{4}$ beteiligt. Daraus ist der volkswirtschaftliche Nutzen der Zellwolleherstellung im eigenen Land ohne weiteres ersichtlich. Bei einer 20%igen Beimischung zu Wolle und Baumwolle sind für den Schweizerbedarf pro Jahr rund 8000 Tonnen Zellwolle zu erzeugen, was einer produktiven Arbeitsbeschaffung von etwa 25 Millionen Franken entspricht.

Der notwendige Mehrbedarf an *Steinkohle* ist unter den heutigen Verhältnissen allerdings nicht zu begrüssen. Für 8000 t Zellwolle konsumiert die Industrie etwa 28 000 t mehr Kohle. Diese Menge kann in normalen Jahren durch Verwertung von elektrischer Ueberschussenergie im Sommer auf etwa 18 000 t gesenkt werden. Am gesamten, auf die derzeitigen Einfuhrmöglichkeiten von ca. 2 Millionen Tonnen beschränkten Quantum gemessen sind dies weniger als 1 %. Erfolgt der Bezug zu Lasten des Verbrauchs für Heizzwecke und Hausbrand, so be-

trägt die Einbusse $2\frac{1}{2}\%$, oder etwa vier Tage mehr, während welchen nicht geheizt werden kann. Dafür bleibt unsere Bekleidungsversorgung länger gesichert, und etwa ein Bataillon Arbeitskräfte findet allein in der Kunstfaserproduktion ausreichende und gut bezahlte Beschäftigung, ganz abgesehen davon, dass das Gespenst der Arbeitslosigkeit im Textilgewerbe auf weitere Sicht gebannt bleibt.

Für die vorliegende Untersuchung interessiert uns nun vorwiegend der Bedarf an *elektrischer Energie*.

Für die Zellwollefabrik selbst ist er ziemlich genau bekannt. Der Mehrkonsum, der sich für die schweizerischen Fabrikanten der Rohstoffe ergibt, beruht auf rohen Angaben; derjenige, welcher die Folge vermehrter Lieferungen von Hilfs- und Unterhaltsmaterial durch das inländische Gewerbe ist, kann nur geschätzt werden.

Die Zellwollefabrik arbeitet von der ersten bis zur letzten Phase des Herstellungsprozesses im 24stündigen Dauerbetrieb. Lediglich die Zufuhren und Speditionen erfolgen tagsüber. Dies ist durch den Fließbetrieb bedingt, der infolge eines unaufhaltsamen chemischen Prozesses nur ausnahmsweise einen Unterbruch erleiden darf. Mit Ausnahme der Beleuchtung ist der Bezug von elektrischem Strom für sämtliche Maschinenantriebe sehr konstant und daher der Jahresbenutzungsfaktor der beanspruchten Leistung ausserordentlich günstig. Es sind praktisch keine Produktionsanlagen für Spitzendeckung vorzusehen. Es ist im Gegenteil noch möglich, durch programmgemässe Inbetriebsetzung von Gegendruckaggregaten während der Spitzenzeiten des allgemeinen Stromkonsums den Bedarf an Fremdenergie herabzusetzen. Die gesamte Wärmeenergie der Zellwollefabrikation kann nämlich mit Dampf gedeckt werden. Durch Erzeugung hochgespannten Dampfes und Entspannung in einer Wärmekraftmaschine auf den Dampfdruck, wie er für die Fabrikation benötigt wird, ist es möglich, im Mittel etwa zwei Drittel der benötigten elektrischen Energie selbst zu erzeugen. Dies bedeutet in den kritischen Wintermonaten Dezember bis März, während denen die Wasserführung der Flusskraftwerke minimal ist, eine nicht zu verachtende Ausgleichsmöglichkeit. Für unsere Elektrizitätswerke bietet sich zur Versorgung einer Zellwollefabrik die denkbar günstigste Abgabecharakteristik. Ausserdem besteht durch Verwertung von Sommer-Ueberschussenergie die Möglichkeit, den gesamten Wärmebedarf der Fabrik mit elektrischer Energie zu decken, welche in Elektrodampfkesseln den notwendigen Wärmeträger erzeugt. Mit einem verschwindend kleinen Teil der dadurch ersparten Kohlen gelingt es, im Winter unerwünschte Energiespitzen zu vermeiden.

Der Produktion von 8000 t Zellwolle im Jahr entspricht eine Tageskapazität von rund 25 t. Die der Verwirklichung entgegengehenden Produktionsanlagen in Emmenbrücke, Rorschach und Widnau sind gesamthaft für diese Grösse bemessen. Sie lehnen sich an die dort vorhandenen Kunstseidebetriebe an und benützen unter entsprechender Erweiterung die bestehenden Energieübertragungsanlagen.

Der zu erwartende Jahreskonsum an elektrischer Kraft- und Lichtenergie für den gesamten Sektor der Zellwolleherstellung wird auf Grund der erwähnten Produktion annähernd folgende Werte erreichen:

Für die Zellwollefabriken	14 Millionen kWh
Für die Rohstofffabriken	1 Million kWh
Für die Hilfsmaterialien	2 Millionen kWh
Total rund	17 Millionen kWh

Die Lieferung dieser Energie erfordert eine Bereitstellung von nur etwa 2500 kW.

Die Verwertungsmöglichkeiten für *Ueberschussenergie* zur Wärmeerzeugung beschränken sich unseres Wissens auf die Zellwollefabriken allein. Rechnen wir mit der Abgabe während sechs Sommermonaten, so ist es möglich, etwa 10 000 t Kohle zu ersetzen, was rund 70 Millionen kWh entspricht, mit einer installierten Leistung von etwa 18 000 kW. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass diese grundsätzlich bestehende Verwertungsmöglichkeit voll ausgenützt wird, da sie nur durch unverhältnismässig hohe Investitionen erkaufte werden könnte. Es wird daher bei einem Bezug von 25 bis 30 Millionen kWh sein Bewenden haben. Der Ersatz von Kohle durch elektrische Energie ist jedoch in den Zellwollefabriken nicht auf diese Anwendung beschränkt. Der Wärmebedarf der Zellwollefabriken kann für gewisse, wenn auch beschränkte Gebiete mit Wärmeträgern eines verhältnismässig niedrigen Temperaturniveaus auskommen. Es bewegt sich etwa zwischen 40 und 80° C. Gleichzeitig ist Kühlenergie notwendig, also Wärme mit negativem Vorzeichen, bezogen auf unsere Umgebungstemperatur. Das ist ein Anwendungsgebiet der Wärmepumpe, bei dem gleichzeitig sowohl die dem Kühlwasser entzogenen und auf ein höheres Niveau hinaufgepumpten Kalorien, als auch die Frigorien des gegen den Gefrierpunkt hin abgekühlten Wassers nutzbar verwendet werden können. Bei diesen Temperaturen arbeitet die Wärmepumpe mit einem Effekt von $1 \text{ kWh} = \text{ca. } 3500 \text{ kcal.}$, wobei die ausgenützten Frigorien miteinbezogen sind. Der Kältebedarf der Fabrikation ist jedoch nicht so gross, dass dadurch eine namhafte Quote hochwertiger Antriebsenergie eingesetzt werden könnte.

Ein anderer, bedeutend wichtigerer Einsatz der Wärmepumpe besteht bei der Eindampfung des

Spinnbades. Die in den Spinnprozess der Zellwolle eintretende Lösung der Zellulose, Viscose genannt, enthält einen grossen Prozentsatz Wasser. Bei der Ausfällung des Zellstoffs zur Faserbildung, also bei seiner Regeneration, die im schwefelsäurehaltigen Spinnbad erfolgt, geht das gesamte Wasser ins Spinnbad und setzt durch Verdünnung dessen Konzentration herab. Durch Ausdampfen dieses Wassers oder Eindampfen des Spinnbades muss die vorgeschriebene Konzentration wieder erreicht werden. Das geschieht in speziellen Eindampfungsanlagen. Hier ist das klassische Anwendungsgebiet der Wärmepumpe in Form eines Wasserdampfkompessors. Die pro Tonne Zellwolle nötige Wärme für die Eindampfung entspricht etwa 800 kg Kohle. Für die erwähnte Produktion lassen sich dadurch pro Tag rund 20 t Kohle einsparen.

Die schweizerische Maschinenindustrie hat die Eindampfungsanlagen mit Thermokompression für alle möglichen Eindampfungsprobleme zu grosser Vollkommenheit entwickelt, insbesondere für die Zellstoffindustrie des Auslandes. Die dabei gewonnenen Erfahrungen finden für die Spinnbadeindampfung des grössten Teils der im Bau begriffenen Zellwollefabriken ihre Nutzenanwendung.

Obschon in normalen Zeiten der Preis der Zellwolle mit dem der Baumwolle nicht in Wettbewerb treten kann, werden die verschiedenen Vorteile der künstlichen Faser einen zunehmenden Absatz sichern. Das beweist schon die Tatsache, dass sich sogar in baumwollproduzierenden Ländern die Kunstfaserindustrie in rasch aufsteigender Entwicklung befindet. — Für uns heisst dies vermehrte Arbeit im eigenen Land.

Die Holzverzuckerung in Graubünden

Die Gewinnung flüssiger Kalorien ist für die Schweiz zu einer Gegenwartsaufgabe geworden. Die gegenwärtige Lage auf dem Treibstoffmarkt führt jedem Schweizer eindrücklich vor Augen, auf welchen Grundlagen das motorische Potential der Schweiz und mit ihm die Existenz lebenswichtiger Betriebe und ungezählter Familien steht. Während die uns umgebenden Staaten schon vor Jahren unter Aufwendung grosser Mittel begonnen haben, eine flüssige Treibstoffherzeugung auf dem Boden landeseigener Rohstoffe in die Wege zu leiten, glaubten wir diese Entwicklung noch bis vor kurzer Zeit als nicht im Interesse unseres Landes liegend bezeichnen zu müssen.

Mit wenigen Ausnahmen, wie beispielsweise Italien, das mangels ausreichender eigener Kohlengrundlage die flüssige Ersatztreibstoffwirtschaft mehr auf die raschwüchsige Vegetationskraft seines Bodens aufbaut, basieren andere Staaten, wie Deutschland und Frankreich, auf der Kohle. Dank dem gebotenen staatlichen Schutz konnte die technische Grosschemie dieser Länder schon früh die Verflüssigung der Kalorie in verschiedenen Verfahren auf den landeseigenen Kohlenflözen aufbauen; sie hat in jahrelanger zäher Arbeit der Chemie der Kohle und deren Derivate einen weiteren stark verankerten Produktionszweig angegliedert.

Der Impuls der Kohlehydrierung erweckte in den Jahren vor dem Kriege selbst in der Schweiz Widerhall. Es wurden auch hier Bestrebungen laut, eine derartige Anlage in Verbindung mit der Erzverhüttung aufzustellen. Das notwendige positive Echo beim Staat wie auch bei der Treibstoffkonsumenten-

schaft blieb jedoch aus; wohl weniger aus Gründen der Zolleinbusse und Treibstoffverteuerung, als weil sich jedermann sagen musste, dass der Aufbau einer flüssigen Treibstoffwirtschaft als unerlässliche Voraussetzung eine möglichst vollkommene Verankerung in den landeseigenen Rohenergieträgern finden muss. Landeseigene Rohenergieträger besitzt die Schweiz praktisch nur in ihren *Wasserkräften* und im *Holz* aus ihren Wäldern. Für einsichtige Kreise war es daher von Anbeginn klar, dass die Verflüssigung der Kohle nur unter Wahrung der Bodenständigkeit der einzusetzenden Energieträger erfolgen kann. Selbst die Erzeugung über das Kalziumkarbid fusst energiemässig zu rund zwei Dritteln auf ausländischem Kohlenstoff.

Unter der Verzuckerung des Holzes versteht man die Rückführung des Zellulose- und Hemizellulose-Anteils des Holzes in die primären Assimilationsprodukte, die Zucker, wobei als fester Körper das Lignin oder die Inkrusta zurückbleibt. Der rohe Holzzucker eröffnet der Schweiz ungeahnte Möglichkeiten auf dem Gebiete der Landesversorgung. Er lässt sich grundsätzlich nach drei Richtungen aufarbeiten:

auskristallisiert erhalten wir Traubenzucker (Glukose);

der alkoholischen und Buttersäure-Gärung unterworfen entstehen Vergasertreibstoffe;

bei Sauerstoffüberschuss und Gegenwart von anorganischen Stickstoffverbindungen (Ammoniak) sprosst die Hefe. Wir erhalten Futterhefe als hochwertiges, eiweissreiches Futtermittel.