

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 91 (1940)
Heft: 12

Artikel: Kolloidchemische Probleme bei der Holzverzuckerung und bei der Verarbeitung der Holzzuckerwürzen
Autor: Eichenberger, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-768191>

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: 31.12.2025

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

4. *Bildung von Privatwaldverbänden* nach § 53 des kantonalen Forstgesetzes zum Zwecke der Anstellung von Förstern, des Betriebes von Pflanzgärten, der Erstellung von Abfuhrwegen, selten zur gemeinsamen Bewirtschaftung der Waldungen. Dies ist die lockerste Form des Zusammenschlusses und hat meist gar keinen Einfluss auf die Verminderung der Parzellierung. Sie hat in bezug auf den Wegebau dagegen schon recht schöne Resultate gezeitigt, wie dies die Gemeinde Hittnau beweist.

5. *Systematischer Zusammenkauf von Privatwaldparzellen* zwecks Schaffung grösserer Wirtschaftseinheiten, wie ihn Private und Gemeinden, vor allem die industriereichen Städte, betreiben, hauptsächlich aber die Stadt Zürich, die auch aus hygienischen und ästhetischen Gründen den privaten Waldbesitz um die Stadt in kommunalen überführt. Auch der Kanton und viele waldbesitzende Gemeinden kaufen Privatwald, wobei die Verbesserung der Grenzen und der Bewirtschaftung des eigenen Waldes den Ausschlag geben. Damit löst sich dann zugleich aber auch das Problem der Zerstückelung. Als ein solches Beispiel nennen wir den Entlisberg in Zürich 2 (Abb. Nr. 4), wo ein früher unter die Anteilhaber aufgeteilter Korporationswald von der Stadt systematisch aufgekauft wird.

Obwohl hier verschiedene Wege mehr oder weniger zum Ziele führen, so sind es nur drei, die befriedigen und vor der Nachwelt bestehen werden :

1. Gänzliche Zusammenlegung zu Korporationen, wofür der Bund den Art. 26 im vollen Wortlaut anwenden sollte.
2. Zusammenlegungen nach dem Muster der Güterzusammenlegungen, für die ein gesetzliches Obligatorium anzustreben ist.
3. Ankauf stark parzellierter Privatwaldungen durch Privats oder öffentliche Waldbesitzer, dessen Anwendung aber sehr beschränkt und nur in einigen wenigen Fällen wirksam zum Ausdruck gekommen ist.

Nach diesen drei Punkten scheint uns die Produktionsvermehrung im Privatwald gehen zu müssen, wobei die forstlichen Aufsichtsbehörden ihr Augenmerk vor allem auf die beiden ersten zu richten haben.

Kolloidchemische Probleme bei der Holzverzuckerung und bei der Verarbeitung der Holzzuckerwürzen.

Von Dr. E. Eichenberger (Agrikulturchemisches Institut der E. T. H., Zürich, Vorstand Prof. Pallmann).

Die Bundesbehörden erteilten vor einigen Wochen die seit Jahren nachgesuchte Konzession für die Erstellung einer schweizerischen Holzverzuckerungsanlage. Mit der Errichtung dieses modernen Industriezweiges bieten sich dem schweizerischen Chemiker und dem Maschinentechniker eine Fülle entwicklungsfähiger Probleme, deren Bearbeitung

wissenschaftlich, technisch und ökonomisch interessant sein wird. Bei der Holzverzuckerung wird der nationale Rohstoff Holz chemisch veredelt. Diese Industrie vermag der Forstwirtschaft, besonders unserer Gebirgskantone, auch dann noch einen wertvollen Auftrieb zu geben, wenn in kommenden normaleren Zeiten die heutige forstliche Absatzkonjunktur vorbei sein wird, da sie den Bedarf aus der nähern Umgebung der Fabrikanlage beziehen muss und weniger zum Importholz greifen kann.

Tabelle 1.

Chemische Zusammensetzung einiger Hölzer

(nach J. König und C. G. Schwalbe).

	Zellulose	Hemizellulosen		Lignin	Roh-Protein	B/A-Extrakt	Asche
		Hex.	Pent.				
Fichtenholz	53,0 %	14,0 %		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).

Im Holzkörper machen die hochmolekularen Kohlehydrate $\frac{2}{3}$ der Holztrockensubstanz aus. Diese grossen Molekel sind durch Verkettung einfacher Zucker entstanden und können durch Säureeinwirkung wieder in diese Bausteine zerlegt werden. Die Zellulose ist das wertvollste hochmolekulare Kohlehydrat des Holzes. Sie wird beim hydrolytischen Abbau quantitativ in Traubenzucker aufgespalten. Da dieser Traubenzucker dem Holz entstammt, wird er vom Techniker auch Holzzucker genannt.

Nach dem bekannten Verfahren von *Scholler-Tornesch* wird das waldfeuchte Brenn- und Abfallholz zu Bröckeln, Spänen oder Mehl zerkleinert. Man schafft dadurch die notwendigen Oberflächen, damit der nachfolgende chemische Aufschluss befriedigend rasch verläuft. Unter höheren Drucken und bei Temperaturen über 140° C wird verdünnte Schwefelsäure auf die Holzmasse einwirken gelassen. Diese Säure löst die Zellulose aus dem Zellverband heraus und zerlegt sie in ihre Bausteine, den Traubenzucker.

Die Zellulose wird verzuckert. Aus 100 kg Nadelholztrockensubstanz vermag dieses Verfahren zirka 40 kg Zucker zu liefern, der je nach dem Betriebsziel in wertvollen Industriesprit, in Futterhefe, in Glycerin usw. umgewandelt werden kann. Man sucht heute den wert-

vollen Traubenzucker direkt aus den Holzzuckerwürzen auszukristallisieren und im reinen Zustande als hochwertiges Nahrungs- und Konservierungsmittel der Lebensmittelindustrie zur Verfügung zu stellen.

Das brenntechnisch wertvolle Lignin hinterbleibt bei der Holzzuckerung als Rückstand. Es zeichnet sich durch eine ausserordentlich hohe und relativ reaktionsfähige Oberfläche aus, die eine Weiterverarbeitung zu Kunststoffen, zu Adsorptionskohle usw. möglich macht.

Die Aufarbeitung der Holzzuckerwürzen zu den veredelten Produkten kann dem Techniker einige Schwierigkeiten bieten. Bei der Druckhydrolyse des Holzes lösen sich im Extraktionsmittel nicht nur Zucker, sondern auch zahlreiche andere, durch die einwirkende Säure freigelegte Körper, wie echt gelöste Säuren und Salze, neben kolloiddispersen Holzfraktionen, wie Harze, resistente Hemizellulosen, kondensierte Huminsubstanzen usw.

Die mannigfachen, vielfach störenden Begleitstoffe müssen vor der eigentlichen Traubenzuckergewinnung oder Vergärung aus der Holzzuckerwürze abgetrennt werden. Die Abtrennung ist notwendig, weil eine Reihe dieser kolloiden Begleitstoffe die Gärung hemmen oder die Kristallisation des Traubenzuckers verhindern können.

Die Abtrennung dieser vorwiegend kolloiden Verunreinigungen beansprucht das besondere Augenmerk des Technikers. Dieser hat sich dabei einiger kolloidchemischer Grundtatsachen zu erinnern.

Der Ausdruck « kolloid » umschreibt einen bestimmten Zustand der Zerteilung eines Stoffes. Der Stoff ist zu kleinen Teilchen zerteilt, deren Durchmesser 1 Millionstel bis 1 Tausendstel mm betragen. All den kolloiddispersen Phasen ist daher eine ungeheure Oberflächenentwicklung eigen. Diese Systeme gehorchen eigenen Gesetzen, deren Studium Gegenstand der Kolloid- oder Disperitätchemie ist. Die feine Zerteilung kolloider Phasen erschwert oder verunmöglicht deren Abtrennung durch gewöhnliche Filterapparate, die kolloiden Verunreinigungen sedimentieren nicht oder nur ungeheuer langsam und vermögen auch bei der Zentrifugierung der Abscheidung hartnäckig zu widerstehen.

Man nennt eine kolloiddisperse Phase *stabil*, falls sie sich im Zustand dieser feinen Zerteilung halten kann. Diese Stabilität kolloider Phasen ist nur dank besonderer Stabilisierungsfaktoren möglich, die den zur Zusammenballung oder Kornvergrößerung drängenden Prozessen erfolgreichen Widerstand bieten.

Die Schwierigkeiten bei der Holzzuckerwürze-Reinigung sind durch den stabilen Kolloidzustand der Verunreinigungen verursacht. Dem Techniker gelingt daher die Abtrennung der hartnäckig in Suspension verharrenden Würze-Begleitstoffe um so besser, je tiefer dessen Kenntnisse der kolloidchemischen Grunderscheinungen sind.

Er hat sich folgender Gegebenheiten zu erinnern :

Als *Stabilisierungsfaktoren* der kolloiden Zerteilung kommen bei den Begleitstoffen des Zuckers in der Holzzuckerwürze vorwiegend die

Hydratation der dispersen Phasen und deren *elektrische Aufladung* in Frage.

- a) Bei der *Hydratation* handelt es sich um eine vorwiegend elektrostatische oder durch Nebenvalenzen bedingte Anlagerung von Wassermolekeln an die Teilchenoberflächen. Diese adsorbierten Wassermolekel erhöhen die *Affinität* der umhüllten Phasen zum *Lösungsmittel* Wasser und verhüten dadurch eine Ausscheidung derselben. Je höher die Hydratation, um so grösser ist unter vergleichbaren Bedingungen die Stabilität der hochdispersen Systeme.
- b) Die *elektrische Aufladung der Teilchen* geschieht an den ionogenen Gruppen der Teilchenoberflächen. Durch die Dissoziation der ionogenen Oberflächenorte erhält das Kolloidteilchen eine *elektrische Ladung* und ein sogenanntes *elektrokinetisches Potential*, das bis zu hundert Millivolt je Teilchen betragen kann. Die gleichsinnig geladenen Teilchen verhindern durch die elektrostatische Abstossung die gegenseitige Annäherung, eine Verklebung zweier oder mehrerer Teilchen zu einem grösseren Aggregat wird dadurch verunmöglicht. Die elektrische Stabilisierung vermag neben der Hydratation die kolloiden Systeme ausserordentlich beständig zu machen.

Der Techniker hat sein Augenmerk bei der Reinigung der Holzzuckerwürzen vornehmlich darauf zu richten, diese Stabilisierungsfaktoren unwirksam zu machen. Es stehen ihm dabei folgende Möglichkeiten zu Gebote :

- a) Die *stabilisierende Hydratation muss ausgeschaltet* oder herabgesetzt werden. Durch Temperaturerhöhung gelingt es in vielen Fällen die Dehydratation einzuleiten. Durch höhere Temperaturen wird die Molekularbewegung stark erhöht. Auch das an der Teilchenoberfläche fixierte Wasser gerät in starke Schwingung, die bis zur Ablösung dieser hydratisierenden Wassermolekel führt. Durch diese Ablösung wird das Teilchen partiell oder völlig dehydratisiert und *unbeständiger*. Eine längerdauernde Erhitzung der Holzzuckerwürzen vermag daher unter Umständen die Stabilität der feindispersen Systeme derart zu vermindern, dass die kolloiden Systeme mit Erfolg dem Drang nach Oberflächenverminderung nachgeben können und durch Flockung zu gröbern, sedimentierenden oder aufrahmenden Suspensionen werden. Diese durch Dehydratation bewirkte *Selbstreinigung der Holzzuckerwürze* vermag aber in gewissen Fällen noch nicht restlos zu befriedigen. Meistens muss neben der Dehydratation gleichzeitig eine wirkungsvolle Teilchenentladung herbeigeführt werden.
- b) Die *Entladung elektrisch stabilisierter Kolloidteilchen* kann je nach der stofflichen Natur der dispergierten Phase verschieden vorgenommen werden. Die *nicht* amphoteren Kolloide, die in der Oberfläche nur ionogene Gruppen ein und desselben Ladungssinnes aufweisen, können durch Zugabe entgegengesetzt gelade-

ner, stark wirkender Ionen entladen werden (Elektrolytkoagulation). In der Holzzuckerwürze liegen aber nach den bisherigen Versuchen zahlreiche *amphotere* Kolloidphasen vor. Diese sind gekennzeichnet durch das Vorkommen ionogener Oberflächenorte, die bei der Dissoziation entgegengesetzt geladene Ionen bilden. Die basischen Oberflächengruppen werden im stark sauren Reaktionsgebiet verstärkt ionisiert, die Teilchen erweisen sich als elektrisch positiv. Die sauren Oberflächengruppen ionisieren im Gegensatz dazu verstärkt im neutralen oder alkalischen Reaktionsbereich, die Kolloidteilchen sind in diesen pH-Gebieten elektrisch negativ. Die damit entstehende Teilchenaufladung — ob positiv oder negativ — bedingt die dem Techniker unerwünschte Beständigkeit der hochdispersen Würzebegleitstoffe. Zwischen diesen beiden gegensätzlichen Reaktionsbereichen liegt ein pH-Gebiet, in dem beide ionogenen Gruppensorten *gleich stark ionisieren*. Die Äquivalenz der positiven und der negativen Aufladung lässt das Teilchen im sogenannten *isoelektrischen Punkt* nach aussen elektrisch neutral erscheinen. Das Teilchen verhält sich, als ob es elektrisch ungeladen wäre, und zwei sich in der Holzzuckerwürze nähernde Teilchen stossen sich nicht mehr ab, sondern verkleben zu ständig wachsenden Vielfachteilchen, die dank grösserer Durchmesser durch Filtration, Zentrifugieren oder Aufrahmen aus der Würze abgetrennt werden können.

Bei Berücksichtigung dieser dem Kolloidchemiker geläufigen Grundtatsachen ergibt sich für den die Holzzuckerwürze verarbeitenden Techniker folgender Weg :

Die Würze wird auf höhere Temperatur gebracht; die Dehydratation setzt ein und die Beständigkeit der Suspensionen wird verkleinert. Durch passende Abstumpfung der Säure mit einem geeigneten Neutralisationsmittel (Kalk, Soda usw.) wird die saure Reaktion der Würze soweit verkleinert, bis die amphoteren Kolloidteilchen im isoelektrischen Punkt ihre *stabilisierende Ladung verloren* haben. In diesem Punkt ist die *Haltbarkeit des kolloiden Systems im Minimum*. Die feindispersen Suspensionen beginnen zu flocken, die gröberen Aggregate sedimentieren oder lassen sich mit den üblichen Filtrationsapparaten aus der Würze entfernen. Bei der Vielfalt der Holzzuckerwürze-Kolloide ist es durchaus möglich, dass diese kolloidchemische Abtrennung der Verunreinigung *in Stufen* durchgeführt werden muss. Der isoelektrische Punkt der mannigfachen Systeme kann je nach der stofflichen Natur des Kolloids variieren, so dass für die weitgehende Reinigung eine sukzessive Einstellung der entsprechenden pH-Werte bei geeigneten Temperaturen notwendig ist. Der Techniker hat es in der Hand, durch Veränderung der Reaktion der zu reinigenden Holzzuckerwürzen, durch richtige Wahl der Dehydratationstemperaturen, durch wechselnde Einwirkungszeiten und richtige Dosierung der Würzekonzentration den Abtrennungsprozess der störenden Holzzuckerbegleitstoffe optimal zu gestalten.

Bei der Flockung eines feindispersen Systems spielen zahlreiche Einflüsse mit. Voraussetzung für den raschen Flockungsablauf sind :

1. genügende Dehydratation der dispersen Phase;
2. weitgehende elektrische Neutralisation der Kolloidteilchen;
3. geringe Viskosität der Lösung;
4. optimale Konzentration der dispersen Phasen.

Die Punkte 1 und 2 wurden bereits weiter oben erörtert. Die Flockungsgeschwindigkeit ist unter vergleichbaren Bedingungen um so grösser, je geringere hydrodynamische Widerstände die im Lösungsmittel bewegten Teilchen bei der Brownschen Wanderung erfahren. Eine Erhöhung der Temperatur steigert nicht nur die absolute Brownsche Verschiebungsgeschwindigkeit, sondern vermag auch die *Viskosität* des Lösungsmittels wirksam herunterzusetzen. Die *Konzentration* der kolloidchemisch auszufällenden Stoffe spielt ebenfalls eine Rolle für den Reinigungsvorgang.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kolloidteilchen in der Würze ein anderes trifft, um mit ihm zu verkleben, ist um so grösser, je stärker die Brownsche Bewegung erfolgt und je höher die Teilchenzahl im Liter ist. Mit steigender Teilchenzahl wird daher die Flockung merkbar beschleunigt. Verdünnte Würzen werden mit Vorteil auf einen bestimmten, in der Praxis näher auszuprobierenden Gehalt konzentriert. Bei der optimalen Konzentration der flockenden Phase stellt sich noch ein weiterer günstiger Umstand für die Selbstreinigung der Würze ein : Das durch den Zusammentritt zahlreicher Einzelkolloidteilchen gebildete Sekundär aggregat vermag je nach dem spezifischen Gewicht zu sedimentieren oder an die Flüssigkeitsoberfläche aufzurahmen. Je grösser dabei der Durchmesser dieses Aggregates ist, um so rascher erfolgt die Sedimentation oder Aufräumung. Auf dem Sedimentations- oder Aufräumungswege nimmt dieses grobe Sekundärteilchen die ihm begegnenden, noch feinen Kolloidteilchen mit. Die grobe Flockungsphase kämmt einen Teil der feinen Restteilchen aus dem Lösungsmittel aus. Diese orthokinetischen Koagulationseffekte erheischen für die günstige Wirkung eine optimale Teilchenkonzentration. Bei zu verdünnten Systemen ist der Kammeffekt zu klein, da die Wahrscheinlichkeit der Teilchenbegegnung auf dem Fallweg zu gering ist, bei zu hohen Teilchenkonzentrationen ist die gegenseitige Hemmung den Sedimentations- oder Aufräumprozessen schädlich.

Der Techniker wird daher im praktischen Versuch diese Ueberlegungen verwenden, um die günstigsten Reinigungseffekte zu erhalten.

Der Kolloidchemiker weist ihm die bekannten Gesetze auf, der Techniker setzt diese in die Praxis um.
