

# Über die Beziehungen zwischen der Stärke- transformation der Holzgewächse in der Winterperiode und ihrem Gehalt an sogenanntem Gerbstoff.

Von

August Renvall  
in Enare, Finland.

Ohne einen bestimmten Grund dafür anzugeben, hält es Fischer<sup>1)</sup> für wünschenswert, die „Gerbstoffe“ bei den Untersuchungen über die Stärketransformation heranzuziehen, und in einer Abhandlung über die winterliche Stärkeumwandlung weist auch Petersen<sup>2)</sup> auf die Möglichkeit hin, daß die Gerbstoffe irgendwie an dem genannten Prozesse beteiligt seien. Seine mikrochemischen Untersuchungen haben aber, wie er selbst hervorhebt, zu keinerlei endgültigen Resultaten geführt, und auch in Einzelfällen haben sich keine bestimmten gegenseitigen Beziehungen zwischen der „Gerbsäure“ und der Stärke im Bezug auf ihr periodisches Auftreten herausgestellt. Um in diese Frage einigermaßen Klarheit zu schaffen, habe ich Petersens etwas fragmentarische Beobachtungen mit einer Reihe von kombinierten Bestimmungen des Gehaltes einiger Holzgewächse an Stärke und durch Kaliumbichromat — in einigen Fällen auch  $\text{FeCl}_3$  und Methylenblau — färbbare Substanzen („Gerbstoffe“) während der Winterperiode zu vervollständigen versucht. Ehe ich aber zu einer Darstellung der Schlüsse schreite, die man auf Grund dieser machen konnte, will ich ganz kurz einen Überblick der Ansichten, die man über die Beziehungen zwischen Kohlenhydraten und Gerbstoffen überhaupt aus der botanischen und chemischen Literatur entnehmen kann, geben, und ganz besonders solche Tatsachen berücksichtigen, die sich auf periodische Schwankungen des Gerbstoffgehaltes bei den Holzgewächsen beziehen.

<sup>1)</sup> Fischer, Beitr. z. Phys. d. Holzgew. (Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. XXII.)

<sup>2)</sup> Petersen, Overs. danske Vid. Selsk. Forh. 1896.

Um die vonseiten der Botaniker angeführten Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Gerbstoffen und Kohlenhydraten recht beurteilen zu können, ist es ganz außerordentlich notwendig zu präzisieren, was unter dem Begriff „Gerbstoffe“ eigentlich zu verstehen ist. In der bisherigen botanischen Literatur werden alle solche Stoffe, die sich in ihrem Verhalten zu einigen Reagenzien, unter denen die gewöhnlichsten die Eisensalze oder das Kaliumbichromat sind, ähnlich verhalten, als Gerbstoffe bezeichnet. Wie wenig sich aber dieser Begriff mit dem chemischen vereinigen läßt, geht aus der chemischen Literatur<sup>1)</sup> sehr deutlich hervor. Reinitzer<sup>2)</sup> äußert sich, aber ohne Erfolg, ganz entschieden in dieser Richtung: „Der Gedanke einer allgemeinen, für alle sogenannten Gerbstoffe geltenden Beziehung derselben zum Stoffwechsel der Pflanzen wird einer tieferen Erkenntnis weichen müssen und es wäre sehr zu wünschen, daß die allgemeine Bezeichnung Gerbstoffe und Gerbsäuren sowohl aus der Pflanzenchemie und Physiologie, als aus der reinen Chemie verbannt und auf die technische Chemie und die Praxis, aus der sie gekommen, beschränkt würde.“ Seitdem hat die chemische Untersuchung der Gerbstoffe nur kleine Fortschritte gemacht und nur die wenigsten hierhergehörigen Stoffe sind isoliert worden, ihre Zusammensetzung bestimmt und ihre Konstitution teilweise klargelegt. Obwohl hiermit noch nicht die nötigen Voraussetzungen einer einheitlichen Klassifikation dieser Stoffe gegeben sind, so scheinen sie doch nach Euler<sup>3)</sup> eine chemisch begrenzte und natürliche Gruppe zu bilden, die aus Phenolsäuren abgeleitet werden kann und die sich, aber nur zum Teil, durch verschiedene gemeinsame Reaktionen kennzeichnet, unter welchen die Fällbarkeit durch Eiweißstoffe und die leichte Oxydierbarkeit durch freien Sauerstoff oder mittelst Oxydasen zu den sogenannten Phlobaphenen physiologisch wichtig sind. Von den Gerbstoffen können, wie es mir scheint, nur die glukosehaltigen Glukotannoiden oder Gerbstoffglukosiden für die vorliegende Aufgabe ein höheres Interesse beanspruchen. Es ist aber bei den bisherigen botanischen Untersuchungen gar keine Rücksicht im Sinne der Unterscheidung der verschiedenartigen Gerbstoffe genommen und mit den derzeit zugänglichen analytischen Methoden ist eine solche auch schwerlich oder gar nicht ausführbar. Man ist demnach hauptsächlich auf die Leistungen der mikrochemischen und einiger quantitativer Nachweise hingewiesen, die aber, wie öfters gezeigt worden ist und wie es z. B. besonders Lidforß<sup>4)</sup> nachgewiesen hat, großer Unsicherheit unterliegen, da durch die Reagenzien auch zahlreiche andere Substanzen in der Zelle mitgerissen werden und andererseits einige Stoffe dieser Gruppe mit denselben nachweislich nicht Reaktion

<sup>1)</sup> Beilstein, Handb. d. organ. Chemie. III. p. 432. — Braemer, Les tannoides. (Faculté de Méd. et de Pharm. de Lyon. Sér. I. No. 8; zit. nach Lidforß, l. c.)

<sup>2)</sup> Reinitzer, Ber. D. bot. Ges. VII. p. 187.

<sup>3)</sup> Euler, Växtkemi. 1907—08.

<sup>4)</sup> Lidforß, Üb. d. Wirkungssphäre d. Glukose u. d. Gerbstoffreagenzien. (Lunds Univ. Årsskr. XXVIII. 1892.)

geben. Da die Vieldeutigkeit der Reaktionen nicht in Betracht gezogen ist, so muß man verständlicherweise die Resultate der vorgenommenen Untersuchungen mit größter Vorsicht aufnehmen und sich nicht von den darauf sich stützenden, einander widersprechenden Hypothesen über die physiologische Bedeutung der Gerbstoffe und ihre Stellung in den stofflichen Umwandlungen beeinflussen lassen. Diese hypothetischen Anschauungen mögen deswegen nur mit einigen Worten dahingestellt werden.

Einige Forscher<sup>1)</sup> sehen in den Gerbstoffen nur Excrete und Pfeffers<sup>2)</sup> Versuch, die Gerbsäure in lebenden Zellen mittelst Anilinfarbstoffen auszufällen, wobei keine regulatorische Neubildung von Gerbstoff zu bemerken war und keine Krankheitserscheinungen folgten, sowie auch Aschoffs<sup>3)</sup> Befund, daß kein Gerbstoff bei Kultur von *Phaseolus* in chlorfreier Nahrungslösung gebildet wird, deuten auf die Entbehrlichkeit dieser Stoffe hin.

Andere<sup>4)</sup> teilen ihnen den Rang von Reservestoffen weittragender Bedeutung zu und Hartig<sup>5)</sup> vergleicht die Rolle der Gerbstoffe, zum Teil dazu veranlaßt durch die Entdeckung Streckers<sup>6)</sup>, daß mehrere Gerbstoffe beim Kochen mit Säuren Zucker abspalten, sogar mit der von den Kohlenhydraten, aus denen sie sich nach Schell<sup>7)</sup> und Mayen<sup>8)</sup> bilden und in welche sie nach Schulz<sup>9)</sup> und Gublers<sup>10)</sup> Annahme übergehen können.<sup>11)</sup>

Diese Anschauungen sind in neuerer Zeit in der Weise vereinigt, daß man in dem Gerbstoff zwar Schlußprodukte der Stoffumwandlungen sieht, die aber teilweise oder unter gewissen Bedingungen wieder in den Nahrungskreislauf eingezogen werden können<sup>12)</sup>, wobei es von Interesse ist zu erwähnen, daß u. A.

<sup>1)</sup> Z. B.: Schleiden, Grundz. I. p. 200. — Sachs, Zur Keimungs gesch. d. Dattel. (Bot. Ztg. 1862. p. 242.) — Ders., Vorlesungen. p. 396. — Kraus, Grundl. z. Phys. d. Gerbst. — Schroeder, Landw. Versuchsstat. XIV. p. 118. — Gardiner, Proc. Cambr. Soc. Vol. IV. — Chatin, Bull. soc. bot. de France. T. XI. p. 181—182. — Gerber, Compt. Rend. T. 124.

<sup>2)</sup> Pfeffer, Unters. bot. Inst. Tübingen. II. 1886. p. 197.

<sup>3)</sup> Aschoff, Landw. Jahrb. XIX. 1890. p. 127.

<sup>4)</sup> Sanio, Bot. Ztg. Bd. 18. 1860. p. 193. — Karsten, zit. bei Sanio, l. c. p. 214. — Wigand, Bot. Ztg. 1862. p. 121. — Oser, Sitzber. Akad. Wien. 1875. — Kutscher, Flora. 1883. — Moeller, Weitere Mitt. 1887. — Ders., Ber. D. Bot. Ges. 1888. p. LXVI. — Schulz, Flora. 1888.

<sup>5)</sup> Hartig, Entwicklungsgesch. d. Pflanzenkeimes. 1858. p. 102. — Ders., Bot. Ztg. 1865. p. 237. — Ders., Üb. d. Gerbst. d. Eiche. Stuttgart (Cotta) 1869. p. 18.

<sup>6)</sup> Strecke, Liebigs Ann. XC. 1854. p. 328.

<sup>7)</sup> Schell, Bot. Jahresber. 1875. p. 872.

<sup>8)</sup> Mayen, zit. bei Schell. l. c.

<sup>9)</sup> Schulz, Flora. 1888.

<sup>10)</sup> Gubler, Bull. soc. bot. de France. T. XI; nach Gerber, C. Rend. CXXIV.

<sup>11)</sup> Geber (C. rend. l. c. 1897. p. 1106) erklärte dagegen das Verschwinden der Gerbsäure bei *Diospyros Kaki* durch vollständige Oxydation, da der Zuckergehalt tatsächlich nicht vergrößert wurde.

<sup>12)</sup> Schell, Phys. Rolle d. Gerbst. Kasan 1875; Ref. in Bot. Jahresber. 1875. p. 872. — Pfeffer, Unters. bot. Inst. Tübingen 1886. p. 197. — Ders., Pflanzenphys. Leipzig 1904. — Westermaier, Ber. D. bot. Ges. 1889. — Schulz, Flora. 1888. — Büsgen, Jena. 1889. — Gerber, C. rend. CXXIV. 1897. p. 1106.

Laroque<sup>1)</sup>, Robiquet<sup>2)</sup> und Fernbach<sup>3)</sup> deren Zersetzung durch Enzyme ganz in analoger Weise, wie es dies bei den Kohlenhydraten geschieht, festgestellt haben, was z. B. den Schimmelpilzen ermöglicht, Gerbstoffe als Nahrungssubstrat zu verwenden.

In der gewaltigen Literatur über vorliegenden Gegenstand lassen sich aber auch in den wahrgenommenen Tatsachen zahlreiche Kontroversen nachweisen, die vielleicht in einigen Fällen auf die Anwendung verschiedener Untersuchungsmethoden, in der weitaus größeren Anzahl der Fälle aber auf noch unaufgeklärte Unregelmäßigkeiten in den Erscheinungen selbst zurückzuführen sind. Bei dieser Sachlage kann es dem Verständnis der Verwandtschaftsverhältnisse der Gerbstoffe mit den Kohlenhydraten natürlich nicht nützen anderes herbeizuziehen als das, was die vorliegende Aufgabe ganz nahe berührt.

Schon in dem Auftreten der Gerbstoffe bei der Kohlensäureassimilation treten uns Erscheinungen entgegen, die der Meinung verschiedener Autoren (siehe unten!) gemäß auf eine nahe Verwandtschaft mit den Kohlenhydraten deuten und dazu Anlaß gegeben haben, die Gerbstoffe geradezu als direkte Produkte der Chloroplastentätigkeit anzusehen.<sup>4)</sup> Es wurde bei erhöhter Belichtung eine Steigerung der Gerbstoffbildung nachgewiesen.<sup>5)</sup> Bei Sistieren der Kohlensäureassimilation wurde auch die Gerbstoffproduktion abgebrochen<sup>6)</sup>, was darauf hindeute, daß die Bildung von Zucker und Gerbstoff irgendwie miteinander zusammenhängen. Durch reichlichere Zuckerzufuhr wird auch der Gerbstoffgehalt der Blätter erhöht<sup>7)</sup>, was auch Overton<sup>8)</sup> für das glucosehaltige Anthokyan gefunden hat. Ohne das zu leugnen, muß man sich doch hüten, hierin irgendwelche Verwandtschaftsverhältnisse zu erblicken, da es ja bei unserer Kenntnis der allgemeinen Regulierungerscheinungen in der Nahrungsphysiologie der Pflanzen ebenso möglich erscheint, daß diese beiden Prozesse nur in ursächlichen Beziehungen zueinander stehen. Wird es doch ganz allgemein angenommen<sup>9)</sup>, daß die Gerbstoffe durch Oxydationsprozesse entstehen; wenn diese, etwa durch Veränderungen in der Zuckerkonzentration, beeinflußt werden, so wäre die natürliche Folge davon, daß auch in der Bildung der Gerbstoffe ein entsprechender Wechsel sich sichtbar macht. Derselbe Einwand gilt für alle derartigen Erörterungen, bis es durch makrochemische

<sup>1)</sup> Laroque, Liebigs Ann. XXXIX. 1841. p. 97.

<sup>2)</sup> Robiquet, Ann. chim. phys. XXXIX. 1853. p. 453.

<sup>3)</sup> Fernbach, C. rend. CXXXI. 1900. p. 1214.

<sup>4)</sup> Westermaier, Phys. Bed. d. Gerbst. (Sitz. ber. d. Berl. Ak. 1887. I. p. 127.)

<sup>5)</sup> Westermaier, l. c. — Kraus, Grundl. — Büsgen, Beobacht. üb. d. Verhalt. d. Gerbst. Jena 1889.

<sup>6)</sup> Kraus, l. c.

<sup>7)</sup> Büsgen, Chem. Centralbl. 1894. I. p. 287.

<sup>8)</sup> Overton, nach Euler, Växtkemi. I. p. 226.

<sup>9)</sup> Sachs, in mehreren Veröffentlichungen. — Schroeder, Landw. Versuchsst. XIV. 1871. p. 146. — Dulk, Landw. Versuchsst. XVIII. 1875. p. 192. — Gardiner, Proc. Cambr. Phil. Soc. Vol. IV. Part. VI.

Analyse nach geeigneten Methoden außer Zweifel gebracht worden ist, daß ein Übergang der einen Gruppe von Stoffen in die andere in der Pflanze sich wirklich vollziehen kann, bezw. vollzieht. Mit Recht hebt auch Lippmann<sup>1)</sup> hervor, daß Kraus<sup>2)</sup>, Westermaier<sup>3)</sup> und Reinitzer<sup>4)</sup> allerdings den in belichteten Blättern entstehenden Gerbstoffen keine einheitliche Rolle, ja überhaupt keinen nachweisbaren Zusammenhang mit den Kohlenhydraten zu sprechen konnten.

Als gemeinsam für die Bildung der Gerbstoffe nennt Moeller<sup>5)</sup>, daß sie nur dann und in den Geweben, wo eben Kohlenhydrate einwandern, nachgewiesen werden können, und auch Kutscher<sup>6)</sup> ist zu dem Schluß gekommen, daß sie in jugendlichen Pflanzenteilen erst bei den Stämmen energischer Neubildung entstehen, daß aber bei der Umwandlung fester Reservestoffe in wanderungsfähigen kein Gerbstoff gebildet wird. Im Gegensatz hierzu und auch zu den Beobachtungen Rulfs<sup>7)</sup> gibt Wigand<sup>8)</sup> an, daß Stärke und Gerbstoff in der einzelnen Zelle immer in einem bestimmten wechselseitigen Verhältnisse zueinander stehen, entweder so, daß der eine Stoff in dem Maße verschwindet, wie der andere in Menge zunimmt, oder daß bei nur einmaligem Wechsel der beiden Stoffe die sekundäre Stärke den primären Gerbstoff auslöst.

Die zahlreichen Angaben über das einander einigermaßen ausschließende Vorkommen von Stärke und Gerbstoffen in verschiedenen Zellen<sup>9)</sup> können, streng genommen, hier nicht verwertet werden, da es sich hier nur um die Beantwortung der Frage handelt, wie die Schwankungen dieser beiden Stoffe in derselben Zelle ineinander greifen, doch scheinen sie nicht zugunsten der Annahme unmittelbarer Beziehungen zwischen Stärke und Gerbstoff zu sprechen.

Wie es schon aus dieser Auseinandersetzung hervorgehen dürfte, kann das, was auf dem Wege der Beobachtungen über die Bildungsweise der Gerbstoffe in den Pflanzen gewonnen ist, keine bestimmte Auffassung der genetischen Beziehungen zwischen diesen und den Kohlenhydraten begründen.<sup>10)</sup>

<sup>1)</sup> Lippmann, Zuckerarten. 1895. p. 1040.

<sup>2)</sup> Kraus, Bot. Centralbl. 89. p. 435.

<sup>3)</sup> Westermaier, Bot. Centralbl. 87. p. 589.

<sup>4)</sup> Reinitzer, Ber. D. bot. Ges. 7. p. 187.

<sup>5)</sup> Moeller, Gerbst. b. d. Stoffw. (Mittl. naturw. Ver. f. Neu-Vorpommern. 1887.) — Ders. Anat. üb. d. Vork. d. Gerbst. (Ber. D. bot. Ges. 1888. p. LXVI.)

<sup>6)</sup> Kutscher, Flora. 1883. p. 33.

<sup>7)</sup> Rulf, Diss. Halle. 1884.

<sup>8)</sup> Wigand, Bot. Ztg. 1862.

<sup>9)</sup> Z. B.: Schulz, Flora. 1888. — Moeller, Ber. D. bot. Ges. 1888. — Wagner, Diss. Göttingen. 1887. — Kutscher, Flora. 1883. — Westermaier, ll. cc.

<sup>10)</sup> Ebensowenig ist dies möglich durch die Fülle der auf mikrochemische Nachweise sich stützenden Angaben über die wechselnden Mengenverhältnisse dieser Substanzen in den heranwachsenden Keimpflanzen und Jahrestrieben, wie sie z. B. bei folgenden Autoren zu finden sind: Berthold, Unters. z. Phys. d. pflanzl. Organisation. Leipzig. I. 1898; II. 1904. — Busse, Beitr. z. Kenntn.

Von größerer Tragweite sind in unserem Falle eine Betrachtung der Ergebnisse, die in Betreff der normalen, von der Temperatur nicht beeinflußten periodischen Schwankungen des Gerbstoffgehaltes in den ausgewachsenen Teilen der Holzgewächse gewonnen sind und der Vergleich dieser mit denen der Kohlenhydrate, besonders der Stärke.

In dieser Hinsicht muß ich auf das Verhalten der Blätter während der Jahresperiode ganz verzichten, da die Resultate keinerlei Regelmäßigkeiten aufweisen, und auch bezüglich der normalen Schwankungen des Gehaltes an Gerbstoffen in der Rinde und dem Holzkörper mögen nur einige einzelne Beispiele genannt werden, die vollständig genügen, um eine Vorstellung der großen Unsicherheit in den Angaben herbeizuführen. So konnte Kraus<sup>1)</sup> keine Änderung des Gerbstoffgehaltes zum Winter nachweisen, während Wigand<sup>2)</sup> bei den Holzgewächsen den größten Gehalt im Sommer fand, wogegen im Winter ein Gerbstoffminimum neben einem Stärkemaximum herrschte. Cooley<sup>3)</sup> teilt mit, daß *Prunus virginica* im Frühling mehr Gerbstoff führt als im Herbst und nach Oser<sup>4)</sup> wechselt der Gerbstoffgehalt der Eiche wieder in entgegengesetzter Weise, was er als Verbrauch zur Atmung deutet. Im Einklang hiermit fand auch Hartig<sup>5)</sup>, daß der Gerbstoffgehalt der Eichenzweige mit der Hälfte von der Mitte des Winters bis zu Mai abnahm. Was hieraus hervorgeht, ist doch, daß normale Schwankungen des Gerbstoffgehaltes auch ohne Lösung der Reservestärke und ohne Temperaturerniedrigung vorkommen können, was dann die Beurteilung der bei der Stärketransformation etwa hervortretenden wechselseitigen Beziehungen noch mehr erschwert als die Unbekanntschaft der Bildungsbedingungen der Gerbstoffe und deren Verwandtschaftsverhältnisse mit den Kohlenhydraten an und für sich es schon machen konnte.

Außer Petersens (s. o.) erfolglosen Bemühungen, mit der winterlichen Stärkelösung parallel gehende Änderungen des Gerbstoffgehaltes aufzufinden, ist meines Wissens nur noch eine einzige diesbezügliche Angabe veröffentlicht, die von Schulz<sup>6)</sup> herührt. Er beobachtete, daß in den Nadeln von *Pinus silvestris*, *Abies*, *Tsuga*, *Picea*, *Cedrus* und anderen Abietineen, in den Taxusnadeln und den Mahoniablättern der Gerbstoffgehalt in dem Maße heranwächst wie die Stärke im Winter gelöst wird, während die Gnetumblätter, die ihre Stärke unverändert beibehielten, keine größere Gerbstoffmengen im Winter führten. Ohne die Möglichkeiten einer periodischen Erhöhung des Gerbstoffgehaltes zu be-

d. Morph. u. Jahresper. d. Weißtanne. (Flora. 1893. p. 113). — Kutscher, Flora. 1883. — Müller, Diss. Halle 1888. — Schulz, Flora. 1888. — Kraus, Grundlinien 1889; Gerbstoffe 1884. — Petersen, Overs. over det danske Vid. Selsk. Forh. 1896. — Häammerle, Ber. D. bot. Ges. 1901. u. A.

<sup>1)</sup> Kraus, Grndl.

<sup>2)</sup> Wigand, Bot. Ztg. 1862.

<sup>3)</sup> Cooley, The Journ. of Pharm. Vol. IV. 1897. No. 7.

<sup>4)</sup> Oser, Sitz. ber. Ak. Wien 1875.

<sup>5)</sup> Hartig, Üb. d. Gerbst. d. Eiche.

<sup>6)</sup> Schulz, Flora. 1888. p. 223.

rücksichtigen, die bei Gnetum auch nicht zum Vorschein kam, gelten wohl hier dieselben Bemerkungen, die bei der Erörterung der Gerbstoffbildung in den Blättern überhaupt erwähnt wurden. Der genannte Verfasser selbst, der doch im allgemeinen einen innigen Zusammenhang zwischen Gerbstoffen und Kohlenhydraten annimmt, erklärt auch vorsichtigerweise zu seinen doch sehr auffallenden Wahrnehmungen, daß dies entweder auf einen Übergang von Stärke in Gerbstoff beruht oder aber wird letzterer bei den erstgenannten Arten noch assimiliert und angehäuft bei Temperaturen, wo keine Stärke mehr gebildet wird.

Fassen wir die aus obiger Darstellung hervorgehenden Beziehungen zwischen Gerbstoff und Kohlenhydraten kurz zusammen und ziehen wir auch sonstige theoretische Eventualitäten in Betracht, so ergeben sich hauptsächlich folgende verschiedene Möglichkeiten eines Ineinandergreifens der winterlichen Stärkeumwandlung und etwaiger Veränderungen des Gerbstoffgehaltes in der Winterperiode.

Erstens: der aus der Stärke hervorgegangene Zucker geht einfach in Gerbstoff über und bei der Regeneration wird die Stärke daraus rückgebildet. Diese Anschauung, die sich unter den Botanikern doch vieler Zuneigung erfreut<sup>1)</sup>, ist durch keine Tatsachen begründet. Lippmann<sup>2)</sup> hält es für sehr problematisch, daß es so sein könne, und dasselbe Urteil fällt er in Bezug auf Waages (l. c.) Erklärung des Verlaufes bei der Gerbstoffbildung aus Stärke; letztgenannter Verfasser hält es für wahrscheinlich, daß der Zucker im Zellsaft zu Phloroglucin kondensiert wird, wonach durch Aufnahme von CO<sub>2</sub> Carbonsäuren gebildet werden, die durch erneute Kondensation Gerbsäuren liefern. Auch ist in zahlreichen Fällen beobachtet worden, daß bei der Gerbstoffbildung keine entsprechende Abnahme des Gehaltes an Kohlenhydraten zu bemerken ist, sondern oft sogar eine Zunahme<sup>3)</sup>, und andererseits ist bei der Resorption des Gerbstoffes quantitativ nachgewiesen<sup>4)</sup>, daß keine Kohlenhydratbildung dabei vor sich geht.

Eine zweite Möglichkeit ist diese: Die Gerbstoffe und die Stärke stehen zwar zueinander in keinerlei unmittelbaren genetischen Beziehungen, die Bildung der ersteren aber kann auf die durch die Lösung der Stärke verursachten Veränderungen in der Zelle zurückgeführt werden oder auch sind die beiden Prozesse voneinander ganz unabhängig, werden aber in entgegengesetzter — oder auch derselben — Weise von der Temperaturerniedrigung beeinflußt.

Bevor die Angabe Schulz (s. o.) über die Anhäufung von Gerbstoffen während der Stärkelösung in den Blättern durch quan-

<sup>1)</sup> Hartig, ll. cc. — Schell, Ref. in Just bot. Jahresber. 1875. p. 872. — Meyen, zit. nach Schell, l. c. — Schulz, Flora. 1888. — Büsgen, Chem. Centr. 90. p. 397. — Ders., Ibid. 94. p. 283. — Waage, Ibid. 90b. p. 1017.

<sup>2)</sup> Lippmann, Zuckerarten. 1895.

<sup>3)</sup> Koch, Ann. Pharm. 233. p. 48; nach Lippmann, l. c.

<sup>4)</sup> Gerber, Rôle des tannins dans les plantes. (C. rend. T. 124. p. 1106.) — Chatin, C. rend. T. 124. p. 1106.

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 289

titative — auch eine mikrochemische Nachprüfung wäre sehr wünschenswert — Bestimmungen nachgeprüft worden ist, muß man wohl an derartige Erscheinungen zunächst denken, ganz wie es bei dem oben erwähnten Auftreten von Gerbstoffen in den Blättern unter normalen Bedingungen, und die hierbei hervortretenden Beziehungen der Gerbstoffe und des Zuckers zueinander zu tun sei.

Drittens könnten die in der Zelle schon vorhandenen oder bei der Stärkelösung in oben angedeuteter Weise gebildeten Gerbstoffe später in Beziehungen mit den Abbauprodukten der Stärke treten, etwa so, daß der Zucker mit den Gerbsäuren zu Glucotannonen zusammentrete, wobei dieser Kondensationsprozeß mit der Stärkehydrolyse parallel vorschreiten könnte. Da auch eine Fülle anderer Stoffe als die Phenolsäuren und Phlobaphenen auf dieselbe Weise Glycoside bilden können, so hängt diese Frage nahe mit der zusammen, ob Glycosidbildung überhaupt bei der winterlichen Stärkelösung eine Rolle spielt. Russell<sup>1)</sup> beobachtete reichlich Glycoside im Winter in den Knospen und er sagt: „C'est pendant le repos hivernal la teneur en glucosides atteint son maximum; à la réprise de la végétation les principes glucosidiques disparaissent en partie“, was auch dazu mitwirkt, daß man diese Frage nicht ohne weiteres unbeachtet lassen darf.

Wenn auch Lippmann<sup>2)</sup> die Waagesche<sup>3)</sup> Annahme, daß die in dem Zellsaft gebildeten Gerbsäuren mit Zucker und Phloroglucin zu ätherartigen Verbindungen zusammentreten würden, als höchst unsicher zurückweist, so läßt sich doch nicht verneinen, daß derartige Gerbstoffglycosiden in den Pflanzen sehr verbreitet sind, obwohl die sicher nachgewiesenen nur in kleinen Mengen sich finden<sup>4)</sup> und nie als wirkliche Reservestoffe nachgewiesen worden sind<sup>5)</sup>, sondern nur als Stoffe sekundärer Bedeutung angesehen (Wanderstoffe). Da aber z. B. der Tannin bis etwa 20 Prozent Zucker zu binden vermögen soll<sup>6)</sup>, so wird es ersichtlich, daß man seine Bedeutung da, wo es reichlich zu finden ist, nicht ganz und gar vernachlässigen kann.

<sup>1)</sup> Russell, Sur les migrations des glucosides chez les végétaux. (C. rend. 139. p. 1230.)

<sup>2)</sup> Lippmann, Zuckerarten. p. 85 u. 1041.

<sup>3)</sup> Waage, Chem. Centralbl. 91. p. 1041.

<sup>4)</sup> Roscoe-Schorlemmer, Chemie VI. p. 663.

<sup>5)</sup> Husemann u. Hilger, Pflanzenstoffe. Berlin 1882. p. 16; die Ansicht der Verff., daß die meisten Gerbstoffe glycosidischer Natur sind, wird wohl doch nie bestätigt.

<sup>6)</sup> Strecker, Ann. chem. Pharm. 90. p. 328. — Rochleder u. Kavalier (Journ. f. pract. Chem. 74. p. 28 u. 399) erzielten wechselnde, oft sehr kleine Werte. — Kavalier (J. 1858. p. 256) fand nur 7 Proz. und oft nur ganz kleine Mengen. — Husemann u. Hilger (Pflanzenstoffe, p. 16) sehen in dem reinen Tannin keinen Glycosid, sondern nur Digallussäure (nach Schiff); derselben Ansicht ist Pfeffer (Aufn. d. Anilinf.); doch macht Utz (Chem. Ztg. 29. 1905) durch den Nachweis der Furfurolbildung beim Kochen mit Chlorwasserstoffsäure wahrscheinlich, daß das Tannin von irgendeiner Zuckerart begleitet wird. Der gefärbte Gerbstoff von *Alnus glutinosa* soll (Beilstein, Handb. d. organ. Chemie. III. p. 590) ein Glycosid sein. In der Eichengerbsäure aber gehört der Zucker, nach Etti u. Löwe (zit. in Beilstein, I. c. p. 587), nicht dem Gerbstoff an, sondern kommt frei vor.

Die vierte Möglichkeit einer Beeinflussung der Stärketransformation seitens der Gerbstoffe geht aus den Erfahrungen hervor, daß der Tannin eine retardierende Wirkung auf die Amylolyse ausübt.<sup>1)</sup> Es ist hierbei hervorzuheben, daß es keine bestimmten Mengenverhältnisse zwischen dem Gehalte an Tannin, sowie vielleicht noch an anderen in dieser Richtung wirksamen gerbstoffartigen Substanzen und an Gerbstoffen überhaupt herrscht, was eine Untersuchung der Kausalbeziehungen zu dem Verlaufe und der Geschwindigkeit der Lösung und Regeneration der Stärke außerordentlich erschwert. Dazu wäre noch festzustellen, ob die diesbezüglichen Substanzen überhaupt, z. B. bei Kälte, aus den Vacuolen, wo sie sich immer vorfinden<sup>2)</sup>, in das Protoplasma hineindringen, und ob sie auch dann die in den Amyloplasten vor sich gehenden Reaktionen zu beeinflussen vermögen. Ob der von Smirnow<sup>3)</sup> nachgewiesene größere Tanningehalt der südlichen Salixarten mit den von Petersen<sup>4)</sup> angegebenen verschiedenen Lösungstendenz der Stärke einiger südlicher und nördlicher Arten derselben Gattung irgendwie in Einklang gestellt werden kann, scheint daher höchst unsicher.

Ob irgendeine dieser Möglichkeiten oder vielleicht deren mehrere bei den Stoffumwandlungen während der Winterperiode in den Holzpflanzen realisiert sind, ist jetzt noch unmöglich zu beantworten. Es hängt dies, wie schon angedeutet wurde, in erster Linie von dem Fehlen eines zuverlässlichen Klassenreagenzes, sowie spezifischer Reagenzen für die einzelnen Glieder dieser Gruppe ab.

Bei vielen der angeführten mikrochemischen Gerbstoffuntersuchungen, wie auch nahezu ausschließlich bei meinen eigenen Prüfungen ist zum Nachweis der „Gerbstoffe“ Kalumbichromatlösung verwendet. Es scheint daher nicht überflüssig bezüglich der Wirkungssphäre dieses Reagenzes zu erwähnen, daß auch andere Körper als die Gerbstoffe damit Reaktion geben, was auch für die übrigen allgemeinen Gerbstoffreagenzien zutrifft, daß aber noch dazu Drubble und Nierenstein<sup>5)</sup> festgestellt haben, daß der Kalumbichromatreaktion der Gallussäure und nicht, wie angenommen wird, dem Tannin zukommt. Der übrigen Schwierigkeiten ungeachtet beeinträchtigen diese Umstände im höchsten Grade der Wahrscheinlichkeit, auf dem Wege dieser Methode zum Ziel in vorliegendem Probleme zu gelangen. Was aber dadurch erzielt werden kann, ist eine Schätzung der Bedeutung, die man den durch Kalumbichromat färbbaren Substanzen bei der Stärketransformation beilegen darf.

\* \* \*

---

<sup>1)</sup> Warcollier, Compt. rend. T. 141. p. 405. — Eine entsprechende Wirkung könnte auch durch Hydrolyse von Glucotannonen eintreten.

<sup>2)</sup> Bokorny, Vork. d. Gerbs. im Pflanzenreiche (Chem. Centr. 97. I. p. 176).

<sup>3)</sup> Smirnow, Justs bot. Jahresber. 1880. II. p. 781.

<sup>4)</sup> Petersen, Overs. danske Vid. Selsk. Forh. 1896.

<sup>5)</sup> Drubble und Nierenstein, Bio-Chem. Journ. Vol. II. No. 3. 1907. p. 96.

Bei meinen in den Jahren 1905—1909 ausgeführten Untersuchungen über die Verteilung und Stärke der Kalumbichromatfärbung in verschiedenen Holzarten wurde das Hauptgewicht darauf gelegt, etwaige Veränderungen der Reaktionsintensität bei der Stärkeregeneration im Vergleich zu dem Winterzustande festzustellen, und nur wenige Präparate wurden im Herbst gesammelt. Aus dem umständlichen Untersuchungsprotokolle werde ich nur die Hauptzüge herausnehmen, da die kleinen Details die Darstellung nur unübersichtlicher machen. Dieselbe Ursache gibt mir Anlaß dazu, die Kutschersche<sup>1)</sup> Farbenskala für die Kalumbichromatreaktionen nicht zu benutzen, sondern die Intensität der Färbung nur mit „sehr stark“, „stark“, „ziemlich stark“, „schwach“, „spurenweise“ anzugeben, wo überhaupt eine deutliche Reaktion ersichtlich war. Das Material stammt aus dem botanischen Garten in Helsingfors. Die Frühjahrsuntersuchungen wurden immer auf denselben Exemplaren wie die winterliche Prüfung unternommen.

\* \* \*

### 1. *Acer californicum* (Torr. u. Gray) Dietr. *texanum* Pax.

#### a) Winterzustand.

Kalumbichromatreaktion, ganz schwach, nur in dem äußersten Teil der primären Rinde und sehr unsichere Spuren in einigen tangentialen Zellreihen des Weichbastes, wo der Zellinhalt die Form einer homogenen, sehr licht bräunlich gefärbten Flüssigkeit hat. Auch in einzelnen subepidemalen Zellen der Knospenschuppen tritt eine undeutliche Färbung hervor. Sonst wird die Reaktion ganz vermißt.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen vollkommen, kommt aber reichlich in den Markstrahlen und den Parenchymzellen des Holzes vor.

#### b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatreaktion wie oben.

Stärke wurde in der Rinde in den periphersten Teilen neu gebildet, ohne daß die schwache winterliche Kalumbichromatreaktion dadurch beeinflußt worden erschien, und in den übrigen Teilen der Rinde und in den Knospen, wo auch im Winter keine Reaktion mit Kalumbichromat zu erzielen war, trat zu dieser Zeit Stärke auf.

#### c) Erörterung.

Da im Winter so gut wie keine Kalumbichromatreaktion ersichtlich war und die Stärke im Frühling doch regeneriert wurde, so ist es einleuchtend, daß „Gerbstoffe“ als Ausgangsmaterial für die Stärkebildung in Betracht nicht gezogen werden können.

<sup>1)</sup> Kutscher, Flora. 1883.

292 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

## 2. *Acer campestre* L. *hebecarpum* DC.

### a) Winterzustand.

Die Kalumbichromatreaktion ist stark in der Rinde, sowie auch in den Deckschuppen und dem Oxalatnest der Knospen, während die übrigen Teile der Knospen, das embryonale Mark und die jungen Pflanzenteile keine Färbung aufwiesen. Im Holze wurden nur die großen Zellen der Markkrone ziemlich stark gefärbt, während in den Markstrahlen des Holzes nur hier und da Spuren ersichtlich waren und in den Holzparenchymzellen gar keine Färbung nachgewiesen werden konnte.

Stärke ist nur im Holze vorhanden, in den jüngsten Zweigen spärlich und in manchen Markstrahlen fehlend, in älteren Zweigen reichlich, fehlt aber auch hier in den Holzparemchymzellen und dem Cambiform vollkommen.

### b) Frühjahrszustand.

Nur der Anfang der Stärkeregeneration wurde beobachtet.  
Kalumbichromatreaktion unverändert.

Es wurde eine Neubildung von Stärke in den Holzparenchymzellen festgestellt, wo auch im Winter keine Kalumbichromatfärbung zu bemerken war und auch in den Knospen trat zu dieser Zeit Stärke in dem embryonalen Marke auf.

### c) Erörterung.

Es wurde ersichtlich, daß sich die Stärke in dem größten Teil der parenchymatischen Zellen des Holzes, sowie auch in dem embryonalen Knospenmarke neugebildet hatte aus Stoffen, die mit Kalumbichromat gar keine Färbung geben. In den stark reagierenden Zellen der Rinde und der Knospen war die Stärkeregeneration noch nicht eingetreten.

## 3. *Acer Ginnala* Maxim.

### a) Winterzustand.

Sehr starke Kalumbichromatreaktion in der Rinde, in den Knospenschuppen und dem Oxalatnest. Im Holzteil ist die Reaktion sowohl in jüngeren als älteren Zweigen stark in den Zellen der Markkrone, schwach in den Markstrahlen, während die Holzparenchymzellen gar keine Färbung gaben.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen. In den jüngsten Zweigen war beinahe gar keine Stärke vorhanden, während ältere Zweige in der Markkrone und den Markstrahlen ziemlich reichlich Stärke führten. In den Holzparenchymzellen wurde auch in älteren Zweigen keine Stärke beobachtet.

### b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromat erzeugte dieselbe Reaktion wie im Winter. Stärke wurde in allen parenchymatischen Zellen, auch in

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 293

solchen, wie in dem embryonalen Knospenmark und dem Holzparenchym, wo keine Kalumbichromatfärbung im Winter zu erzielen war, rückgebildet.

c) Erörterung.

Durch die Verteilung des Kalumbichromatniederschlages des Winters im Holze ganz unabhängig von dem Stärkegehalt der Zellen, sowie auch durch die Stärkebildung im Frühjahr in Zellen, die keine Kalumbichromatreaktion gaben, wird es ziemlich sicher gestellt, daß in vorliegendem Falle keine genetischen Beziehungen zwischen den beiden Reaktionen existieren können.

**4. Acer Negundo L.**

a) Winterzustand.

Kalumbichromat gibt deutliche Reaktion nicht; vielleicht kann eine sehr schwache Andeutung zu Gelbbraunfärbung in den Phellodermzellen und einigen subepidermalen Zellen der Knospenschuppen notiert werden.

Stärke ist in der Markkrone älterer Zweige reichlich vorhanden, ziemlich reichlich in den Markstrahlen älterer Zweige, wird aber in den Holzparenchymzellen und den allermeisten Cambiformzellen, sowie auch in dem Holzteil der jüngsten Zweige, in der Rinde und in den Knospen ganz vermißt.

b) Frühjahrszustand.

Das Kalumbichromat erzeugte auch bei der Regeneration der Stärke dasselbe Bild wie oben; Stärke wurde in allen parenchymatischen Zellen neugebildet, ± reichlich.

c) Erörterung.

Da Stärke in ± reichlichem Maße in den Geweben, wo auch im Winter das Kalumbichromat keine Färbung hervorrufen konnte, zurückgebildet wurde, so ist es klar, daß die durch diese Reagenz nachweisbaren Substanzen bei der Stärketransformation der *Acer negundo* keine Rolle spielen können.

**5. Acer pseudoplatanus L.**

a) Winterzustand.

Das Kalumbichromat ruft eine tiefe Dunkelfärbung in der Rinde, sowie auch in den Deckschuppen und dem Oxalatnest der Knospen hervor. Eine schwache Reaktion machte sich in den Zellen der Markkrone und einzelnen Markstrahlenzellen bemerkbar, gar keine aber im Holzparenchym und Cambiform.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen gänzlich, ist aber im Holzteil sehr reichlich vorhanden.

b) Frühjahrszustand.

Bei kaum abweichender Kalumbichromatreaktion wurde der Anfang einer Neubildung der Stärke in allen parenchymatischen Geweben der Rinde und der Knospen konstatiert.

c) Erörterung.

Da die Stärke Frühlings in den von Kalumbichromat auch im Winter nicht beeinflußten Geweben der Knospen regeneriert wurde, so muß dies entweder auf Kosten anderer Stoffe als mit  $K_2Cr_2O_7$  färbaren geschehen oder aber müßten „gerbstoffhaltigen“ Substanzen von anderwärts zugeleitet werden, was sich schon beim Vergleich z. B. mit *Acer californicum texanum* und *A. Negundo* doch als sehr wenig wahrscheinlich herausstellt. In den peripheren Teilen der primären Rinde, wo doch schon ganz beträchtliche Stärkemengen sich angehäuft hatten, war keine Abnahme der Reaktionsintensität bei Behandeln mit Kalumbichromat zu sehen; auch hier scheinen daher andere Körper als die „Gerbstoffe“ das Ausgangsmaterial bei der Stärkebildung zu liefern.

## 6. *Acer rubrum* L.

a) Winterzustand.

Mit Kalumbichromat tingierbare Substanzen finden sich in der Rinde, den Deckschuppen und dem Oxalatnest der Knospen, sowie in der Markkrone sehr reichlich, in den Holzmarkstrahlen weniger reichlich, in den übrigen Parenchymzellen des Holzes gar nicht vor.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen, ist aber in der Markkrone reichlich vorhanden; die Holzmarkstrahlen führten in älteren Zweigen viel Stärke, während sie in den jüngsten Zweigen arm an Stärke oder völlig stärkeleer waren, wie es auch mit den Holzparenchymzellen und dem Holzcambiform der Fall war.

b) Frühjahrszustand.

Die Kalumbichromatreaktion zeigt keine Abweichungen im Vergleich zum Winter.

Stärke tritt reichlich in allen parenchymatischen Geweben des Holzes, der Rinde und der Knospen auf.

c) Erörterung.

Für die Knospen gilt die bei *Acer pseudoplatanus* angeführte Bemerkung. — Es ist auffallend, wie sehr die Stärke- und Kalumbichromatreaktionen in dem Holzteile voneinander unabhängig sind. Überall ist die Markkrone durch ihren Reichtum sowohl an Stärke als an durch Kalumbichromat färbaren Zelleninhalt ausgezeichnet. Die Markstrahlen führen „Gerbstoffe“ in beträchtlicher Menge, gleich viel in Zweigen verschiedenen Alters, ungeachtet die Stärke in den älteren reichlich, in den jüngsten sich gar nicht vorfindet. Die Holzparenchymzellen geben im Winter Reaktion weder mit

Jodjodkalilösung noch mit Kaliumbichromat, obwohl in denselben später, im Frühling, wie es auch an einer Menge anderer Acerarten als die hier erwähnten festgestellt wurde, Stärke sich reichlich neubildet; keine genetische Beziehungen zwischen Stärke und „Gerbstoffe“ lassen sich also hier erkennen.

### 7. *Acer tataricum* L.

#### a) Winterzustand

Kaliumbichromat erzeugt intensive Färbung in der Rinde, den peripheren Teilen der Knospen und in der Markkrone, eine schwache in den Holzmarkstrahlen, gar keine in den inneren Teilen der Knospen und den Holzparenchymzellen.

Stärke ist in beträchtlicheren Mengen nur in der Markkrone vorhanden; die Holzmarkstrahlen sind stärkearm, die Holzparenchymzellen und das Holzcambiform enthalten keine Stärke. Rinde und Knospen sind stärkefrei; nur konnten bei einem Präparate schon (3./IV. 1907) die ersten Spuren aller Wahrscheinlichkeit gemäß neu gebildeter Stärke in der „Stärkescheide“ andeutungsweise nachgewiesen werden.

#### b) Frühjahrszustand.

Die Kaliumbichromatuntersuchung ergab dasselbe Resultat wie oben beschrieben worden ist.

Die Regeneration der Stärke, die bei der oben angeführten Untersuchung eines am 3./IV. 1907 eingesammelten Materials wahrscheinlich schon eben begonnen hatte, war dreizehn Tage später (16./IV.) in dem Holze nahezu beendet, in der Rinde ziemlich weit fortgeschritten, und die inneren Teile der Knospen, wie auch die äußeren Deckschuppen enthielten nicht unbedeutliche Stärkemengen.

#### c) Erörterung.

Bei dieser Acerart kam die öfters beobachtete Proportionalität der Stärkeverteilung und Kaliumbichromatreaktion im Holze während des Winters wieder zum Vorschein: die Markkrone ist reich an beiderlei Stoffen, die Markstrahlen führen wenig von beiden, in den Holzparenchymzellen wurde durch keine der beiden Reagenzien Färbung hervorgerufen. Bei der Regeneration konnte keine Abschwächung der Kaliumbichromatreaktion nachgewiesen werden, und in Geweben, wo auch im Winter keine solche zu sehen war — in den inneren Teilen der Knospen und den Holzparenchymzellen — trat die Stärke doch wieder reichlich auf.

### 8. *Aesculus Hippocastanum* L.

Zwei untersuchte Exemplare ergaben dasselbe Resultat.

#### a) Winterzustand.

Kaliumbichromatreaktion: sehr stark in der primären Rinde und in den Rindenstrahlen, wird aber in den Parenchym-

## 296 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

zellen des Weichbastes ganz vermißt; stark in der Markkrone, während in den Holzmarkstrahlen nur der Inhalt einzelner Zellen gefärbt wurde und das Holzparenchym sowie das Cambiform keine Reaktion gab. Die äußeren Teile der Knospen und das Oxalatnest führten reichlich „Gerbstoff“; die inneren Teile entbehrten aber solche ganz oder fast ganz.

Stärke wird in der Rinde, in den Knospen, in den Holzparenchymzellen und in den Holzcambiformzellen gänzlich vermißt, findet sich aber in der Markkrone ziemlich reichlich vor; in den Markstrahlen kommt nur in älteren Zweigen reichlich, in den letztyrigen nur sehr wenig Stärke vor.

Kleine, aus „schlafenden Augen“ hervorgegangene Zweige aus dem inneren der Bäume waren ganz stärkefrei, zeigten jedoch dieselben Mengenverhältnisse des Kalumbichromatniederschlages wie die peripheren Zweige.

### b) Herbstzustand.

Im Herbst untersuchte, von Stärke strotzend volle Zweige, zeigten keine erheblichen, sicher festzustellende Abweichungen in der Kalumbichromatreaktion im Vergleich mit den im Winter geprüften Zweigen.

### c) Erörterung.

Die oben beschriebenen Kalumbichromatreaktionen zeigen sehr deutlich die Selbständigkeit derselben beim Vergleich mit den Schwankungen des Stärkegehaltes, und im Herbst stärkenreiche Gewebe, wo  $K_2Cr_2O_7$  keine Färbung hervorrief, wiesen auch im Winter, nach vollendeter Lösung der Stärke, keine Kalumbichromatreaktion auf.

## 9. *Betula verrucosa* Ehrh.

Mehrere in den Untersuchungsperioden 1905—06 und 1906—07 geprüfte Birken ergaben ganz übereinstimmende Resultate, die auch in verschiedenen, aus dem Inneren und der Periferie der Bäume ausgewählten Zweige fast keine Differenzen zeigten.

### a) Winterzustand.

Das Kalumbichromat rief eine sehr starke Reaktion in der primären Rinde, in den Rindenstrahlen und den Parenchymzellen des Weichbastes, besonders in der Nähe der mechanischen Scheide, in den Holzmarkstrahlen und dem Marke hervor, während die Holzparenchymzellen keine Reaktion aufwiesen.

Stärke fehlt in allen oberirdischen Teilen ganz.

Die Pollenkörner geben keine Reaktion weder mit Jodjodkali noch mit Kalumbichromat.

Die Wurzeln, die von Stärke strotzend voll waren, ergaben in den Holzmarkstrahlen keine Kalumbichromatreaktion, wohl aber eine ziemlich starke in den Holzparenchymzellen. Die Rinde wurde stark tingiert.

### b) Herbstzustand.

Im Herbst, bei eben beginnender bis ziemlich weit vorgeschrittener Lösung der Stärke untersuchtes Material ergab haupt-

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 297

sächlich dasselbe Bild wie im Winter bei Behandeln mit Kaliumbichromat. Pollenkörner und Wurzeln wurden im Herbst nicht geprüft.

c) Erörterung.

Die auch im Herbst sehr starke Kalumbichromatfärbung wurde bei der Stärkelösung nicht intensiver und trat in den Holzparenchymzellen trotz vollständiger Resorption der Stärke auch im Winter nicht ein; Beziehungen zwischen „Gerbstoff“ und Stärke bei dem periodischen Wechsel des Gehaltes an letztgenanntem Stoffe können also in diesem Falle nicht sichergestellt werden. Das Verhalten der Wurzeln, wo „Gerbstoff“ in den Holzparenchymzellen, aber nicht in den Markstrahlen vorkam, kann vielleicht auf einer zufälligen Unregelmäßigkeit beruhen; da die Untersuchung nicht wiederholt wurde, will ich hieraus keine Verallgemeinerung machen, sondern diese ganz abweichende Sachlage nur als solche erwähnen.

## 10. *Caragana arborescens* Lam.

a) Winterzustand.

Kalumbichromatreaktion wurde in allen Teilen und Geweben nur sehr unsicher und höchstens spurenweise erzielt.

Die Hauptsprosse der Zweige waren so gut wie vollkommen stärkefrei, die jüngsten sogar ganz, während die Zwergzweige sehr viel Stärke im Holze enthielten, in der Rinde aber nichts, ebenso wie in den Knospen.

b) Herbstzustand.

Kalumbichromat ergab, wie oben, kaum Reaktion. Stärke fand sich in der Rinde und den Knospen reichlich vor und das Holz war strotzend voll davon.

c. Erörterung.

Da „Gerbstoff“ trotz der Lösung der Stärke in den Zellen nicht nachgewiesen werden konnte, so ist es einleuchtend, daß in vorliegendem Falle mit Kalumbichromat Reaktion gebende Stoffe als Abbauprodukte der Stärke nicht in Betracht gezogen werden können und daß auch sonstige Beziehungen zwischen Kohlenhydrate und sogenanntem Gerbstoff nicht ausfindig gemacht werden können.

## 11. *Corylus Avellana* L.

a) Winterzustand.

Starke Kalumbichromatreaktion in allen parenchymatischen Geweben, mit Ausnahme der Holzparenchymzellen und den Parenchymzellen des Weichbastes, wo gar keine Färbung zu bemerken war; auch war die Farbe des Zellinhaltes der Holzmarkstrahlen etwas lichter als die der übrigen Reaktion gebenden Elemente.

Stärke fehlt ganz.

298 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

b) Frühjahrszustand.

Die Kalumbichromatreaktion wurde bei der reichlichen Rückbildung der Stärke nicht verändert.

c) Erörterung.

Da mit Kalumbichromat im Winter in allen amyloatischen Geweben keine Reaktion erzielt wurde und da die „Gerbstofffärbung“ bei der Stärkeregeneration nicht weniger intensiv als früher erschien, so weist dies darauf hin, daß in diesem Falle keine näheren Beziehungen zwischen den angedeuteten Stoffen bei der Stärketransformation existieren können.

12. *Elaeagnus longipes crispa* Maxim.

a) Winterzustand.

Die Kalumbichromatfärbung tritt nur in einzelnen Zellen des Weichbastes, der Knospen und der Markkrone auf, sonst konnte keine auch einigermaßen sichere nachgewiesen werden.

Stärke fehlt ganz in der Rinde und den Knospen, beinahe vollkommen in den jüngeren Zweigen, während die älteren viel Stärke im Holze führten.

b) Frühjahrszustand.

Die Kalumbichromatreaktion zeigt bei der Stärkeregeneration keine Änderung.

c) Erörterung.

Für *Elaeagnus longipes crispa* gilt dasselbe, was oben bei *Caragana arborescens* erwähnt worden ist.

13. *Evonymus europaea* L.

a) Winterzustand.

Kalumbichromatreaktion wurde sehr spärlich nur in der primären Rinde, besonders in dem periphersten Teil derselben, und in den Knospenschuppen erzielt.<sup>1)</sup>

Stärke wurde ganz vermißt.

b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatreaktion wie im Winter.

Stärke in allen Geweben ziemlich reichlich vorhanden.

c) Erörterung.

Auch bei vorliegender Art sind die „Gerbstoffe“ als Glieder bei der winterlichen Stärkeumwandlung nicht zu betrachten.

<sup>1)</sup> Petersen, l. c. p. 63, teilt dieselbe Beobachtung mit.

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 299

#### 14. *Fagus silvatica* L.<sup>1)</sup>

Zwei Exemplare wiesen keine Abweichungen auf.

##### a) Winterzustand.

Kalumbichromatreaktion in der Rinde und den Knospen stark, im Holze aber schwach.

Die Stärke war aus der Rinde und den Knospen verschwunden, während im Holze die Lösung der Stärke nur in den jüngsten Zweigen bedeutendere Fortschritte gemacht hatte, ohne daß die Kalumbichromatreaktion hier deshalb intensiver gewesen wäre.

##### b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatlösung brachte dieselbe Reaktion, wie oben beschrieben worden ist, hervor.

Stärke fand sich im Holze, auch in den jüngsten Zweigspitzen, reichlich, in der Rinde und den Knospen ziemlich reichlich vor.

##### c) Erörterung.

Die Wechselseitigkeit der Mengenverhältnisse der Stärke- und der Kalumbichromatfärbung, die sich zwischen Holz und Rinde älterer Zweige sichtbar macht, findet in dem Verhalten des Holzes älterer und jüngerer Zweige im Winter keine Bestätigung und wird durch Beobachtung der Stärkeregeneration, wo keine entsprechenden Veränderungen der Kalumbichromatreaktion eintreten, ganz aufgehoben.

#### 15. *Hippophaë rhamnoides* L.

##### a) Winterzustand.

Kalumbichromat gibt sehr starke Reaktion in der Rinde und auch in den Knospen, während die Parenchymzellen des Holzes keine Färbung zeigen. Stärke fehlt überall vollkommen.

##### b) Frühjahrszustand.

Die Kalumbichromatreaktion bleibt unverändert, obwohl Stärke sich in allen Geweben, am meisten (16./IV. 1906) im Holze, nur spärlich in den Knospen, neugebildet hat.

##### c) Erörterung.

Die Kalumbichromatreaktion zeigt sich ganz unabhängig von dem Verhalten der Stärke. Im Winter gibt bei vollständigem Stärkemangel die Rinde sehr intensive, das Holz keine Reaktion, und auch bei der Regeneration der Stärke wird die Sachlage nicht verändert.

#### 16. *Juglans mandshurica* Maxim.

##### a) Winterzustand.

Durch Kalumbichromat wurde starke Färbung in der Rinde hervorgerufen, während die parenchymatischen Zellen im Holze,

<sup>1)</sup> Petersen, l. c., teilt ganz übereinstimmende Angaben mit.

300 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

unabhängig von ihrem wechselnden Stärkegehalt, nur eine schwache bräunliche Farbe des Inhaltes annahmen.

Stärke fehlte in der Rinde ganz, wie auch in den jüngsten Zweigen, während ältere stellenweise reich an Stärke waren.

b) Im Frühjahr oder Herbst wurde keine Prüfung dieser Art vorgenommen.

c) Erörterung.

Die Intensität der Färbung im Holze jüngerer und älterer Zweige nach Behandeln mit Kalumbichromatlösung zeigte keine wechselseitigen Beziehungen zu den schwankenden Stärkemengen.

17. **Lonicera bella albida** Zbl

a) Winterzustand.

Kalumbichromat gab keine sicher festzustellende Reaktion.

Stärke fehlt in der Rinde, in den Knospen und in den dünnsten Zweigenden, während das Holz älterer Zweigteile sehr reichlich Stärke enthielt.

b) Frühjahrszustand.

Bei weit fortgeschritten Regeneration der Stärke zeigte die Kalumbichromatfärbung keine Abweichungen im Vergleich mit dem Winterzustande.

c) Erörterung.

Bei *Lonicera bella albida* geht die Stärke, wo sie gelöst wird, in durch Kalumbichromatlösung färbbare Substanzen nicht über.

18. **Lonicera notha carnea rosea** Zbl.

Diese Art zeigt in allen Beziehungen eine völlige Übereinstimmung mit dem Verhalten von *L. bella albida*.

19. **Ostrya virginica** Willd.

a) Winterzustand.

Das Kalumbichromat gibt in der Rinde und den Knospen starke Reaktion, während es sehr unsicher erschien, ob in dem Holze irgendeine Färbung zu bemerken sei; einzelne Markzellen wurden stark tingiert.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen; das Mark und die Markkrone waren voll Stärke, während das Holz als stärkearm bezeichnet wurde.

b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatreaktion wie im Winter.

Stärke reichlich im Holze, ziemlich viel in der Rinde und den Knospen.

c) Erörterung.

Es ist zu bemerken, daß das Holz, obwohl stärkearm, im Winter deutlichere Reaktion nicht gab als die mit Stärke strotzend

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 301

vollen Zellen der Markkrone und des Markes. Das Material der Stärkebildung im Frühling kann hier durch Kalumbichromat färbbare Stoffe nicht sein, da bei der Regeneration keine Abschwächung der  $K_2Cr_2O_7$ -Färbung eintrat.

## 20. **Philadelphus grandiflorus** Aut.

### a) Winterzustand.

Kalumbichromat brachte keine auch einigermaßen sichere Reaktion hervor.

Stärke fehlt in der Rinde und den Knospen, während die Markkrone, die Holzmarkstrahlen und einige Holzparenchymzellen massenhaft Stärke führen.

### b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatreaktion dieselbe wie im Winter.

Stärke fand sich in den untersuchten Ästen ziemlich viel in der Rinde und den Knospen vor; das Holz wie im Winter von Stärke erfüllt, jetzt aber auch alle Holzparenchymzellen.

### c) Erörterung.

Aus dem Verhalten des Wintermaterials, wo bei der Stärkelösung in der Rinde, in den Knospen und in den meisten Holzparenchymzellen keine nachweisbaren Mengen von durch Kalumbichromat färbbaren Stoffen sich gebildet hatten, geht deutlich hervor, daß diesbezügliche Substanzen als Umwandlungsprodukte der Stärke hier nicht auftreten; die Frühjahrsuntersuchung ergibt, daß solche auch beim Wiedererscheinen der Stärke nicht gebildet werden.

## 21. **Syringa vulgaris** L.

### a) Winterzustand.

Kalumbichromatreaktion stark in der primären Rinde, in der Markkrone und den äußeren Deckschuppen der Knospen, während eine solche in der sekundären Rinde, in den Holzmarkstrahlen und in den Holzparenchymzellen, sowie in den inneren Teilen der Knospen nicht sicher festgestellt werden konnte.

Stärke fehlt in der Rinde, in den Knospen und in den Holzparenchymzellen, während die Markkrone und die Holzmarkstrahlen reichlich — ziemlich viel Stärke führten.

### b) Frühjahrszustand.

Kalumbichromatreaktion wie oben.

Stärke war reichlich in allen parenchymatischen Zellen des Holzes, ziemlich viel in der Rinde und in den Knospen zu finden.

### c) Erörterung.

Bei *Syringa vulgaris* sind keinerlei genetische Beziehungen zwischen Stärke und „Gerbstoff“ bei der winterlichen Stärkeumwandlung festzustellen; Stärke tritt im Frühling auch in „Gerb-

stoff“-freien Zellen auf und im Winter zeigen die Mengenverhältnisse der beiden Substanzen keine ausgesprochene Inversität.

## 22. *Tilia grandifolia* Ehrh.

Nach Petersens (l. c.) Beobachtungen sind bei *T. grandifolia* die Rindenstrahlen und Holzmarkstrahlen im Winter, wo Stärke vollkommen vermißt wird, arm an „Gerbstoff“. Bei der Regeneration der Stärke im Frühjahr hält sich die Kalumbichromatfärbung etwa unverändert. Nur in einem einzigen Falle, wo sich die Stärkemengen noch vergrößert hatten, erschien sie etwas schwächer; die Resultate seiner gelegentlichen Beobachtungen in Betreff des Verhaltens der „Gerbstoffe“ bei der Stärketransformation bei *Tilia grandifolia* scheinen doch eher die Auffassung der Abwesenheit näherer genetischer Beziehungen zwischen Stärke und „Gerbstoff“ (als direkte Umwandlungsprodukte) zu stützen.

\* \* \*

Bei kurzer Zusammenfassung der obigen Darstellung geht folgendes bezüglich der Kalumbichromatfärbung der verschiedenen Gewebe der untersuchten Arten hervor.

Kalumbichromatreaktion wird vollkommen oder fast vollkommen bei folgenden Arten vermißt:<sup>1)</sup>

*Acer californicum texanum*, *A. Negundo*, *Caragana arborescens*, *Elaeagnus longipes crispa*, *Eryngium europaea*, *Lonicera bella albida*, *L. notha carnea rosea*, *Philadelphus grandiflorus*.

Bei denjenigen Arten, wo deutliche Reaktion erzielt wurde, erwiesen sich einzelne Gewebe als gerbstofffrei oder so gut wie gerbstofffrei,<sup>2)</sup> nämlich bei:

*Acer campestre hebecarpum*: Markstrahlen, Holzparenchymzellen, embryonale Knospenteile, Oxalatnest;

*Acer Ginnala*: Holzparenchymzellen, embryonale Knospenteile;

*Acer pseudoplatanus*: (Holzmarkstrahlen), Holzparenchymzellen (und Cambiform), embryonale Knospenteile;

*Acer rubrum*: Holzparenchymzellen, embryonale Knospenteile;

<sup>1)</sup> Nach Petzold (Diss. Halle 1876) sind als gerbstofffrei zu erwähnen: *Cytisus*, *Colutea*, *Philadelphus*, *Lonicera*, *Staphylea*, *Eryngium*; bei den beiden letztgenannten fand sich Gerbstoff doch im Epidermis vor. — Wigand (Bot. Ztg. 1862) nennt die Familien *Oleaceae* und *Solanaceae* als Gerbstoff entbehrende.

<sup>2)</sup> Sanio (Bot. Ztg. 1860) erwähnt, daß überall, wo Gerbstoffe (mit Kalumbichromat nachgewiesen!) in der Rinde vorkommen, solche auch in den Holzmarkstrahlen und den Parenchymzellen zu finden seien; aus später ausgeführten Untersuchungen desselben Autors (Bot. Ztg. 1863) kann aber entnommen werden, daß folgende Arten in übrigen Geweben der Zweige gerbstoffführend waren, aber nicht in den Holzparenchymzellen: *Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Corylus Avellana*, *Eucalyptus cordata*, *Pirus communis*, *Quercus pedunculata*, *Ribes rubrum*, *Salix purpurea*, *Syringa vulgaris* (im Holzparenchym sehr spärlich!). Bei übrigen Arten erwiesen sich folgende Gewebe als gerbstofffrei: *Platanus occidentalis*, Holzparenchym und Holzmarkstrahlen; *Amygdalus communis*, Holzparenchym und Parenchym des Weichbastes; *Prunus spinosa*, wie *Amygdalus*; *Prunus avium*, Parenchym des Weichbastes. — Westermäier (1887) fand Gerbstoff nur in einzelnen Holzparenchymzellen bei *Quercus pedunculata*.

*Acer tataricum*: Holzparenchymzellen, embryonale Knospenteile, Oxalatnest;

*Aesculus Hippocastanum*: (Holzmarkstrahlen), Holzparenchymzellen (und Cambiform), Parenchym des Weichbastes, embryonale Knospenteile;

*Betula verrucosa*: Holzparenchymzellen, Pollenkörner, Holzmarkstrahlen der Wurzeln; Knospen nicht bezüglich der Verteilung der „Gerbstoffe“ geprüft;

*Corylus Avellana*: Holzparenchymzellen, Parenchymzellen des Weichbastes; Verteilung in den Knospen nicht angegeben;

*Hippophaë rhamnoides*: Holzparenchymzellen;

*Ostrya virginica*: alle Gewebe des Holzes;

*Syringa vulgaris*: Holzmarkstrahlen, Holzparenchymzellen, embryonale Knospenteile, Oxalatnest.

In diesen Geweben, wie auch in den erstgenannten ganz „gerbstoff“-freien Arten wurde im Frühling Anhäufung von Stärke oder auch das frühere Vorhandensein derselben im Herbst konstatiert. Das Holzparenchym (incl. Holzcambiform) ist in der Regel gerbstofffrei, ebenso wie die meristematischen Teile der Knospen.<sup>1)</sup>

In den Geweben, wo Kalumbichromat eine  $\pm$  starke Reaktion hervorrief, war in der Intensität der Färbung keine nachweisbare Beziehung zu dem Stärkegehalte im Winter festzustellen, und nirgends konnte eine Änderung des Gerbstoffgehaltes desselben Gewebes bei den verschiedenen Phasen der Stärketransformation nachgewiesen werden.<sup>2)</sup>

Da, wie gezeigt worden ist, der „Gerbstoff“ bei vielen Holzpflanzen trotz der Stärkelösung ganz oder fast ganz vermißt wird, so ist er selbstverständlich bei diesen als ein sekundär entstehendes Abbauprodukt der Stärke von nennenswerter Bedeutung nicht herbeizuziehen. Bei anderen Baumarten findet sich der Gerbstoff in gewissen stärkespeichernden Geweben oder Gewebe-Elementen nicht vor, während andere amyloatische Gewebe eine sehr starke Reaktion aufweisen, was auf einen innigen genetischen Zusammenhang dieser beiden Stoffe nicht deutet, da sonst ein wenigstens binnen gewissen Grenzen herrschendes Gleichgewicht zu erwarten wäre; übrigens gibt es keine Ursache, einen prinzipiell verschiedenen Verlauf des Abbau der Stärke in verschiedenen Geweben derselben Pflanzenart anzunehmen, ebensowenig wie bei verschiedenen Pflanzenarten.

Eine Beeinflussung seitens der durch Kalumbichromat färb-

<sup>1)</sup> Hierin, daß die meristematischen Teile Gerbstoff entbehren, bestätigen meine Beobachtungen die früheren Untersuchungen von Wigand (Bot. Ztg. 1862), Westermaier (1885. 1887), Moeller (1888), Rulf (1884), Busse (1893) u. a. m.

<sup>2)</sup> Schroeder (Landw. Versuchsst. XIV. p. 118) teilt mit, daß im Frühling der Gerbstoff der Knospen und der vorjährigen Triebe bei Birke und Ahorn in Menge nicht abnimmt, obwohl Stärke gebildet wird. — Theorin (Öfvers. K. Vet. Ak. Handl. 1884) fand bei *Populus candicans* gleich starke Kalumbichromatreaktion in einer stärkereichen wie in einer stärkefreien Stammspitze im Winter.

304 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

baren Stoffe auf den Verlauf oder die Geschwindigkeit der Stärketransformation war nicht zu beobachten.

Den mit Kaliumbichromat Reaktion gebenden Stoffen kann demgemäß in den untersuchten Fällen keine oder höchstens nur eine sehr beschränkte Bedeutung als Umwandlungsprodukte der Stärke oder als der Stärketransformation beeinflussende Agentien zugeschrieben werden, was schon aus den aus der normalen Verteilung derselben in den Holzgewächsen<sup>1)</sup> ersichtlichen Gründen von vornherein zu erwarten war.

Das Verhalten der sogenannten „Gerbstoffe“ bei der winterlichen Stärkeumwandlung in den wintergrünen Blättern will ich als einen besonderen Abschnitt später verfolgen, da meine Untersuchungen über diesen Gegenstand noch nicht zu Ende geführt sind.

## Literaturverzeichnis.<sup>2)</sup>

- Aschoff, Landw. Jahrb. XIX. 1890. p. 127.  
Beilstein, F., Handb. d. organ. Chemie. Leipzig. III. Aufl.  
Berthold, Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. Leipzig. I. 1898; II. 1904.  
Bokorny, Th., Einige physiologische Vorgänge bei der Keimung der Samen. (Naturw. Wochenschr. N. F. Bd. 2. 1903. p. 169.)  
— Vorkommen der Gerbsäure im Pflanzenreich. (Chem. Centr. 1897. I. p. 176.)  
Braemer, Les tannoides. (Fac. de méd. et pharm. de Lyon. Sér. 1. No. 8.)  
Busse, W., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Jahresperiode der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). (Flora. 1893. p. 113.)  
Büsgen, M., Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffs. Jena 1889.  
— Verhalten des Gerbstoffs in den Pflanzen. (Chem. Centr. 1890. a. p. 397.)  
— Tannin in den Pflanzen. (Chem. Centr. 1894. I. p. 284.).  
Chatin, Bull. soc. bot. de France. T. XI; nach Gerber, l. c.  
Cooley, G. E., An investigation of the officinal *Prunus virginiiana* to distinguish it from barks collated at other seasons. (Journ. of Pharm. Vol. IV. 1897. No. 7; Ref. in Bot. Centr. Beih. 7. p. 388.)  
Czapek, Fr., Biochemie der Pflanzen. I u. II. Jena 1905.  
Drabble u. Nierenstein, Bio-Chem. Journ. Vol. II. No. 3. p. 96. 1907; Ref. in Meyers Jahrb. d. Chemie. 1906. p. 519.  
Dulk, Landw. Versuchsst. XVIII. 1875. p. 192.  
Euler, H., Växtkemi. Stockholm 1907—08.  
Fernbach, A., Sur la tannase. (Compt. rend. CXXXI. 1900. p. 214.)  
Fischer, A., Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. (Pringsh. Jahrb. wiss. Bot. XXII. 1891. p. 73.)  
Gardiner, W., On the occurrence of tannins in the vegetable cell and their physiological significance. (Proc. Cambr. Phil. Soc. Vol. IV. Part. VI. Ref. Bot. Ztg. 1884. p. 75.)

<sup>1)</sup> Aus der Literatur will ich besonders die Arbeiten von Sanio (Bot. Ztg. Bd. 18. 1860. p. 193) und Wigand (Bot. Ztg. Bd. 20. 1862. p. 121) hervorheben.

<sup>2)</sup> Einige Arbeiten, die im Texte nur als Zitate aus anderen erwähnt worden sind, habe ich hier nicht angeführt.

Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc. 305

- Gerber, C., Rôle des tannins dans les plantes et plus particulièrement dans les fruits. (Compt. rend. 124. 1897. p. 1106. Ref. Chem. Centr. 97. II. p. 43 u. Jahresb. f. Chem. 97. p. 2838.)
- Hartig, Th., Weitere Mitteilungen das Gerbmehl betreffend. (Bot. Ztg. 1865. p. 237.)
- Über den Gerbstoff der Eiche. — Stuttgart, Cotta, 1869.
- Zur Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes. 1858.
- Husemann und Hilger, Pflanzenstoffe. Berlin 1882.
- Hämmerle, J., Über das Auftreten von Gerbstoff, Stärke und Zucker bei *Acer Pseudoplatanus* im ersten Jahre. (Ber. D. Bot. Ges. Bd. 19. 1901. p. 538.)
- Kawalier, in Rochleder, Wien. Ak. Ber. XXIX. p. 28. ibid. XXX. p. 159; Chem. Centr. 1858. p. 519; Chem. Gaz. 1858. p. 44; Journ. pract. Chem. 74; Ref. im Jahresber. f. Chem. 1858. p. 256.
- Klercker, Die Gerbstoffvakuolen. (Bih. till K. Sv. Vet. Ak. Handl. XIII. Afd. III. No. 8.)
- Kraus, G., Gerbstoffe. (Sitzber. d. naturf. Ges. Halle 1884; Ref. Bot. Jahrb. VII. 1886. Lit. 87.)
- Grundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffs. Leipzig 1889. (Ref. Bot. Centr. 1889. p. 447.)
- Kutscher, E., Über die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze. (Flora. 1883. p. 33.)
- Laroque, A., Neue Untersuchungen über die Gallussäure. (Liebigs Ann. XXXIX. 1841. p. 97.)
- Lidforß, B., Über die Wirkungssphäre der Glycose- und der Gerbstoffreagenzien. (Lunds Univ. Årsskr. XXVIII. 1892.)
- Lippmann, E. O. v., Die Chemie der Zuckerarten. 1895. II. Aufl.
- Moeller, H., Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen der Gerbsäure. (Ber. D. bot. Ges. 1888. p. LXVI.)
- Weitere Mitteilungen. (Mitt. d. Naturw. Ver. f. Neu-Vorpommern und Rügen im Greifswald. 1887.)
- Müller, Über den Einfluß des Ringelschnittes auf das Dickenwachstum und die Stoffverteilung. Diss. Halle 1888.
- Oser, Über die Gerbsäure der Eiche. (Sitzber. d. K. Ak. d. Wiss. Abt. II. 1875. p. LXXII.)
- Petersen, O. S., Stivelsen hos vore Lovtraeer under Vinterhvilen. (Overs. over det danske Vid. Selsk. Forh. 1896. No. 1. p. 50.)
- Petzold, Über die Verteilung des Gerbstoffes in den Zweigen und Blättern unserer Holzgewächse. Diss. Halle a. S. 1876. (Ref. Just. bot Jahresber. 1876.)
- Pfeffer, W., Über Aufnahme von Anilinfarben in lebenden Zellen. (Unters. aus d. botan. Inst. Tübingen. Bd. II. 1886. p. 197.)
- Pflanzenphysiologie. Leipzig 1904.
- Reinitzer, Fr., Bemerkungen zur Physiologie der Gerbstoffe. (Ber. D. bot. Ges. VII. 1889. p. 187. Ref. Chem. Centralbl. 1889 b. p. 292. Jahresb. d. Chem. 89. p. 2094. Ber. D. Chem. Ges. 23. R. p. 769.)
- Robiquet, E., Recherches sur la fermentation gallique. (Ann. de chim. et phys. XXXIX. 1853. p. 453.)
- Rochleder, Fr., Mitt. aus dem chem. Laborat. zu Prag. Journ. f. prakt. Beihefte Bot. Centralbl. Bd. XXVIII. Abt. I. Heft 2.

306 Renvall, Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation etc.

- Chem. 74. p. 1 und 399; Ref. Meyers Jahrb. 1906. p. 520 und Beilstein. II. p. 1926.
- Roscoe-Schorlemmer, Organische Chemie. Braunschweig. Letzte Aufl.
- Rulf, Über das Vorkommen der Gerbsäure bei der Keimung der Pflanzen. Diss. Halle a. S. 1884.
- Russell, W., Sur les migrations des glucosides chez les végétaux. (Compt. rend. T. 139. p. 1230.)
- Sachs, J., Zur Keimungsgeschichte der Dattel. (Bot. Ztg. 1862. p. 242.)  
— Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1862.
- Sanio, C., Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. (Bot. Ztg. 1860. Bd. 18. p. 113.)  
— Einige Bemerkungen über den Gerbstoff und seine Verbreitung bei den Holzpflanzen. (Bot. Ztg. 21. 1863. p. 17.)
- Schell, Physiologische Rolle des Gerbstoffes. Kasan 1875. (Ref. in Justs bot. Jahresber. 1875. p. 872.)
- Schleiden, M. J., Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. T. I. Leipzig 1849.
- Schroeder, J., Die Frühjahrsperiode der Birke (*Betula alba L.*) und des Ahorn (*Acer platanoides L.*). (Landw. Versuchsst. XIV. 1871. p. 118.)
- Schulz, E., Über Reservestoffe in immergrünen Blättern unter besonderer Berücksichtigung des Gerbstoffes. (Flora. 1888. p. 223.)
- Smirnow, A. J., Der Gehalt an Tannin in der Weidenrinde. (Mitt. d. Land- und Forstwirtschaftl. Akad. zu Petrowskoje-Rosumowskoje. 1880; Ref. Justs bot. Jahresb. 1880. II. p. 781.)
- Strecker, Ad., Untersuchungen der Galläpfelgerbsäure. (Liebigs Ann. Chem. 90. 1854. p. 328; Ref. Meyers Jahrb. 1906. p. 519; Beilstein, Handb. d. organ. Chem. II. p. 1926; Lippmann, Zuckerarten, p. 84.)
- Theorin, Växtmikrokemiska studier. (Övers. af K. Sv. Vet. Ak. Handl. 44 arg. 1884. No. 5. p. 51.)
- Waage, Th., Beziehungen des Gerbstoffs zur Pflanzenchemie. (Chem. Centralbl. 91. p. 1041.)  
— Über die Bildung Phloroglucins in den Pflanzen. (Chem. Centralbl. 90b. p. 1017.)
- Warcollier, G., Cause de la présence de quantités anormales d'amidon dans les pommes meurtriers. (Compt. rend. 141. p. 405.)
- Went, Chemisch-physiologische Untersuchungen über das Zuckerrohr. Jahrb. wiss. Bot. 31. p. 289.)
- Westermaier, M., Zur physiologischen Bedeutung des Gerbstoffs in den Pflanzen. (Sitzber. d. Berl. Ak. 1885. II. p. 1115.)  
— ibid. 1887. I. p. 127.  
— Bemerkungen zu der Abhandlung von Gregor Kraus: „Grundlinien zu einer Physiologie der Gerbstoffe“. (Ber. D. bot. Ges. 1889. p. 97.)
- Wigand, A., Einige Sätze über die physiologische Bedeutung der Gerbstoffe und der Pflanzenfarbe. (Bot. Ztg. 20. 1862. p. 121.)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [BH\\_28\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Renvall August

Artikel/Article: [Über die Beziehungen zwischen der Stärketransformation der Holzgewächse in der Winterperiode und ihrem Gehalt an sogenanntem Gerbstoff. 282-306](#)