© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Untersuchungen über die Umwandlung einiger stickstoffreier Reservestoffe während der Winterperiode der Bäume.

Von

Bronislaw Niklewski,

Leipzig.

I. Einleitung.

Die in den Blättern der Bäume durch Kohlensäureassimilation hergestellten Kohlenstoffverbindungen werden nicht vollständig sofort zum weiteren Aufbau oder zu Energiezwecken verwandt. Ein Teil wird in die perennierenden Organe der Pflanze geleitet, wo er den Winter über verbleibt, um im Frühjahr für die jungen, rasch sich entfaltenden Knospen das notwendige Material zu liefern.

Die Wanderung der Nährstoffe in den Bäumen war Gegenstand vielfacher Forschung.[1]) Was aber die Verteilung und Umwandlung der stickstoffreien organischen Substanzen betrifft, so ist neben Gris, Schröder und Russow besonders Alfred Fischer[2]) zu nennen, dessen eingehende Untersuchungen grundlegend geworden sind für die Ansichten, die jetzt über diesen Gegenstand vorherrschen.

Die Assimilate werden, wie Fischers Ringelungsversuche u. a. an *Prunus* und *Betula* ergaben, durch die Rinde hinabgeleitet. Bereits Ende Mai sind ansehnliche Mengen neugebildeter Stärke in 5 bis 6 jährigen Ästen bemerkbar. Später erst füllen sich die jüngeren Zweige mit Stärke. Während der Assimilationsperiode finden wir in der Rinde stets reichlich Glukose. Aus den Rindenzellen wird nach Fischer ein Teil der Substanzen durch die Markstrahlen in den Holzkörper geführt und dort deponiert. Im Herbst findet sowohl in der Rinde als

[1]) Von einer Behandlung der einschlägigen Literatur über die Stoffwanderung in Bäumen habe ich abgesehen, indem ich auf Pfeffers Physiologie. 2. Aufl. Bd. I. p. 617 verweise.

[2]) Pringsheims Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. 22. 1891. p. 73.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch in den lebenden Zellen des Holzes eine reichliche Stärkeansammlung statt, wie u. a. die an *Tilia*, *Betula* und *Prunus* gemachten Beobachtungen lehren. Der Glukosegehalt ist zu dieser Zeit in den Gefäßen des Holzes anscheinend derselbe wie im Sommer. Doch ist er bei den verschiedenen Bäumen durchaus verschieden. Während Fischer im Sommer in den Gefäßen von *Betula* und *Prunus* viel Glukose gefunden hat, wird *Tilia* als glukosearm bezeichnet. Wenn auch im Herbst in dieser Beziehung keine Wandlungen eintreten, so ändert sich das Bild mit anbrechendem Winter. In den Gefäßen des Holzes ist dann stets eine Abnahme an Glukose im Vergleich zu den Sommerstadien bemerkbar, wenn auch im Winter z. B. in *Betula* und *Syringa* immer noch die Gefäße als glukosereich zu bezeichnen sind. Eine Zunahme an Glukose in den toten Elementen des Holzes während des Winters ist jedoch bei keinem einzigen Baume beobachtet worden. Ein besonders gutes Beispiel hat Fischer in *Prunus* gefunden, dessen Gefäßglukose nach dem Laubfall so stark zurückgeht, daß nun die Gefäße als glukosearm zu bezeichnen sind. Den Winter über bis zum Februar bleibt im allgemeinen der Glukosegehalt der Gefäße ungeändert. Was die übrigen Gewebe anbetrifft, so schwindet im Spätherbst die Glukose aus den Kambiumzellen, wo sie im Sommer reichlich vorhanden war, so bei *Tilia* und *Prunus*; sehr reichlich tritt sie aber z. B. bei *Tilia* im Mark auf, in welches sie durch die Markstrahlen aus der Rinde hergelangt. Dieser Vorgang findet ungefähr zu derselben Zeit statt, wann in der Rinde die Stärke ihre vollständige Lösung erfährt. Stärkeumwandlungen während des Winters wurden schon von älteren Autoren beobachtet und auch von Fischer bestätigt. Der Stärkegehalt nimmt im Winter stark ab, bei den Weichhölzern (*Tilia, Betula*) bis zum völligen Verschwinden, bei den Harthölzern (*Prunus, Syringa*) nur zum Teil. Die Stärke verschwindet in der Rinde schneller als im Holz. Bei der Frage nach dem Verbleib der Stärke ist entweder an eine Umwandlung oder Fortleitung zu denken. Letztere ist wohl nicht als Ursache des Verschwindens dieses Körpers anzusehen, da die Regeneration durch Temperaturerhöhung genau in denselben Zellen erfolgt, in denen die Stärke vorher vorhanden war, selbst in Schnitten, die von den übrigen Teilen getrennt sind. Bei dem Studium der Stärkeumwandlungen in den Fettbäumen kam Russow zu der Anschauung, daß in der Kälte sich die Stärke in Öl umwandle, während bei Temperaturerhöhung der Prozeß in umgekehrter Richtung verlaufe.[1]) In dieser Annahme stützte er sich auf die Beobachtung, daß im Winter reichliche Mengen von Fett auftreten, welche dann im Frühjahr teilweise wieder gelöst werden. Allerdings wurde der endgültige Beweis nicht geliefert; der Autor konnte nämlich nicht entscheiden, ob die Fettlösung in demselben Maße vor sich geht, als die Zunahme der Stärke

---

[1]) Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat. Bd. VI. Dorpat 1884. p. 368, 494.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erfolgt. Auch Fischer hat eine sehr starke Fettlösung bei *Tilia* und *Betula* im März und April beobachten können [1]) Er ist daher geneigt, bei Fettbäumen eine Umwandlung von Stärke in Fett anzunehmen. Doch haben Beobachtungen, die er an der Rinde von *Tilia* und *Betula* anstellte, in ihm den Eindruck erweckt, als ob nicht alle Rindenstärke trotz des Fettreichtums an Ort und Stelle in Fett verwandelt worden sei. Während die Stärkebildung, wie dies Versuche mit mikroskopischen Schnitten beweisen, eine lokale Erscheinung ist, kann dennoch in den sonst stärkestrotzenden farblosen Zellen der Rindenstrahlen von *Tilia* eine erhebliche Fettzunahme nicht beobachtet werden. Vollends rätselhaft erscheint die Stärkeumwandlung in den Harthölzern, die ja verhältnismäßig sehr wenig Fett enthalten.

Aber eine gewisse Abhängigkeit der Stärkeregeneration von der Glukose hat Fischer beobachten können. An Schnitten. die von Wasser benetzt waren, blieb die Reaktion aus. Darnach scheint eine gewisse Glukosekonzentration für die Stärkebildung notwendig zu sein. Wurde z. B. in unbenetzten Schnitten von *Prunus* Stärke regeneriert, so war deutlich ein Rückgang von Glukose zu beobachten. Doch in normalem Zustande wurden die Zellen trotz der Stärkeregeneration immer glukosereich gefunden. Fischer nimmt an, daß noch andere Körper in diesen Stoffumsetzungen eine Rolle spielen.[2])

Diese Verhältnisse sind also nicht klargelegt. Es wird sogar in einer Arbeit Vaudeveldes, auf die ich erst, als meine Resultate bereits fertig vorlagen, durch das Zitat Bertholds[3]) aufmerksam wurde, die Teilnahme des Fettes an den Stärkeumwandlungen bestritten. Der Fettgehalt soll (die Arbeit ist mir leider nicht zugänglich) beim Schwinden der Stärke im Winter im wesentlichen unverändert bleiben.

Die im Frühjahr anfangs langsam, später schnell erfolgende Regeneration der Stärke führt zu einem Maximum; im späten Frühjahr schwindet wieder allmählich die Stärke. Im engsten Zusammenhange damit steht wohl das reichliche Auftreten von Glukose in den Markstrahlen und besonders den Gefäßen. So wird auch der hohe Glukosegehalt der Blutungssäfte verständlich. Julius Schröder, dem wir die näheren Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken,[4]) läßt den verschiedenen Zuckergehalt des Blutungssaftes der Birke und des Ahorns auf dem verschiedenen Stärkegehalt dieser Bäume be-

---

[1]) l. c. 104.

[2]) l. c. 98.

[3]) Berthold: Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. II. Tl. 1904 p. 222: Vandevelde: Bijdrage tot de scheikundige physiologie van den stam der boomen. Gent 1895.

[4]) Untersuchungen der chemischen Konstitution des Frühjahrsaftes der Birke. (Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands. II. Serie Bd. 7. p. 1). Im Auszuge Jahresbericht der Agrikulturchemie. 1865. p. 157.

Beitrag zur Kenntnis der Frühjahrsperiode des Ahorns. (Pringsheims Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. VII. 1869—70. p. 276.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ruhen. So werden die aufgespeicherten Kohlenhydrate in Form von Zucker in bequemen Leitungsbahnen den Knospen im Frühjahr zugeführt.[1])

Auf Veranlassung des Herrn Geheimrat Pfeffer habe ich versucht, festzustellen, welche Rolle bei den in den Bäumen während der Winterperiode erfolgenden Stoffumwandlungen das Fett spielt. Zugleich habe ich meine Aufmerksamkeit auf das Verhalten der reduzierenden und invertierbaren Körper bei diesen Prozessen gerichtet. Meine Untersuchungen sind an zwei Repräsentanten der Fettbäume, an *Tilia parvifolia* und *Betula alba*, und an zwei Harthölzern, *Prunus avium* und *Syringa vulgaris* angestellt, es sind das alles Objekte, die vielfach auch Fischer zu den Untersuchungen dienten. Ich habe mich fast lediglich auf die Winterperiode beschränkt, wo also die Stoffwanderung wohl auf das Minimum reduziert ist; dagegen versuchte ich durch Variieren der Temperatur den Einfluß dieses Faktors auf die Stoffumwandlung zu präzisieren. Bei meinen Untersuchungen habe ich mich der makrochemischen Methode bedient, in der Hoffnung, vielleicht auf diesem Wege einige Ergänzungen zu den Resultaten Fischers besonders betreffs der wasserlöslichen invertierbaren Substanzen, die sich der mikrochemischen Methode entziehen, bringen zu können. Zwar haben makrochemische quantitative Bestimmungen im Vergleich zu mikrochemischen Beobachtungen den großen Nachteil der Schwerfälligkeit, auch sind sie weniger geeignet, lokale Veränderungen festzustellen, doch bieten sie vielfach ein gutes Mittel, eine Gesamtbilanz der an den Umwandlungen teilnehmenden Stoffe aufzustellen. Leider war es nicht möglich, die in diesem Falle so wünschenswerten Stärkebestimmungen mit genügender Genauigkeit auszuführen.

Zunächst will ich über die Methodik und die Resultate meiner Untersuchungen berichten.

II. Über die Vorbereitung des Materials für die Analysen.

Für die Untersuchungen wurden bei *Betula*, *Prunus* und *Syringa* 5—6 jährige, bei *Tilia* 7—8 jährige Zweige verwandt. Es wurde stets darauf geachtet, möglichst gleichmäßiges Material auszuwählen. Bei *Prunus* und *Tilia* stammten sämtliche Proben von einem und demselben Exemplare ab. Bei *Betula* habe ich von zwei nebeneinanderstehenden Bäumen das Material gesammelt. Von *Syringa* hingegen mußten sehr viele Exemplare

---

[1]) Die jüngst publizierten Untersuchungen über die Reservestoffe der Bäume von Leclerc du Sablon: „Revue générale de Botanique. Tome seizième. Livraison du 15. septembre, du 15. octobre 1904, p. 341, 386“ konnten keine Berücksichtigung mehr finden, da die vorliegende Arbeit bereits abgeschlossen war. Doch sei hier besonders auf die dort zusammengestellten jährlichen Schwankungen des Gehaltes an löslichen wie unlöslichen Kohlenhydraten der Bäume verwiesen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in Anspruch genommen werden. Doch scheinen auch in diesem Falle, wie es aus den Resultaten hervorgeht, die individuellen Abweichungen nicht besonders groß zu sein. Proben, welche durch Eis gekühlt werden sollten, wurden in offene Glaszylinder gelegt; zur längeren Aufbewahrung wurden diese Zylinder zwischen Eisstücke gestellt, die sich in einem großen Kupfergefäß befanden. Dieses stand in einer Kiste von Holzspänen umgeben und mit Strohmatten zugedeckt. Zwischen den Gefäßen stieg die Temperatur nicht über $+1^0$. Proben, die einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden, waren unter einer Glasglocke aufgehängt, in der die Luft durch nasses Fließpapier, das der Wandung anlag, feucht gehalten wurde. Um den Luftzutritt zu ermöglichen, war entweder die Glocke auf die Unterlage nicht ganz aufgelegt, oder, wenn dies der Fall war, so befand sich ein Schälchen mit Kalilauge für die Kohlensäureabsorption, während ein Nachstrom von Luft durch eine Quecksilbersperre ermöglicht wurde.

Für die Analysen wurde bei *Prunus* und *Betula* die Borke abgelöst. Stets wurde bei allen Objekten die Rinde sorgfältig von dem Holzteil abgeschabt, um besonders eine Zunahme des geringen Zuckergehaltes des Holzes durch anhaftende Rindenteilchen, die meistens bedeutend zuckerreicher sind, zu verhüten. Holz und Rinde wurden nämlich gesondert analysiert. Anfangs pflegte ich Holz und Rinde sofort nach dem Trennen im Schwefelsäureexsikkator zu trocknen. Doch als im Dezember mehrere Proben zugleich getrocknet werden mußten, wurde dies auf einem Ofen vorgenommen, wo eine Temperatur von 50—60 ^{0} herrschte. Diese Temperatur war insofern günstig, als sie verhältnismäßig schnell, oft schon nach 3—4 Stunden, das Austrocknen des bloßgelegten Holzes und der Rinde bewirkte. Auch stand die Temperatur schon über dem Temperaturoptimum der Stärkeregeneration. Nie habe ich unter diesem Einflusse irgendwelche Stärkeumwandlungen an *Tilia* oder *Betula*, wo sie am leichtesten sichtbar gewesen wären, beobachten können. Anderseits war die Temperatur wohl nicht hoch genug, um irgendwelche Inversion hervorzurufen, zumal die Säfte der Objekte nur äußerst schwach sauer reagierten. Nach zwölfstündigem Trocknen wurden die Proben in Gefäße gebracht, in denen sie verschlossen aufbewahrt wurden, da es mir meistens nicht möglich war, sofort die Analyse auszuführen.

Die in einen Schraubstock eingeklemmten Holzstücke wurden mittelst einer Raspel zerkleinert, und die Teile, welche auf einem mit 1 mm großen Löchern versehenen Siebe zurückblieben, wurden gemahlen, bis alles durch das Sieb durchging. Die Rinde wurde nach dem Zerschneiden mittelst einer Schere in einer größeren Kaffeemühle gemahlen. Zur Zerkleinerung der Rinde von *Tilia* und *Syringa* mußte eine mit einem Elektromotor betriebene Kugelmühle benutzt werden. Das Pulver war so fein, daß es durch Siebe von 1 mm Weite durchging. Die zur Ana-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lyse notwendige Menge wurde stets mindestens 24 Stunden lang in einem evakuierten Schwefelsäureexsikkator getrocknet. Die sehr hygroskopischen Holz- und Rindenpulver wurden in verschlossenen Gefäßen gewogen. Die Analysenresultate sind sämtlich auf das exsikkatortrockene Material berechnet.

III. Das Fett der Bäume.

1. Allgemeines über die Quantität und Qualität der Ätherextrakte.

Für die Fettbestimmungen wurden 2,5—8,0 g Substanz verwandt. Es wurde in der üblichen Weise im Soxhletapparat ca. 6 Stunden mit wasserfreiem Äther extrahiert. Das Extrakt wurde filtriert, der Rückstand nach dem Abdestillieren des Äthers ca. 3 Stunden bei 70 ⁰ getrocknet, sodann für einige Stunden in einen Chlorkalziumexsikkator gestellt und gewogen. Darauf wurde nach einiger Zeit zur Kontrolle die Wägung wiederholt.

Wie aus den Tabellen I—III, in denen die von mir ausgeführten Fettbestimmungen zusammengestellt sind, hervorgeht, ist im allgemeinen der Fettgehalt der vier untersuchten Bäume sehr verschieden. Am fettreichsten ist *Tilia*. Im Holze schwankt der Gehalt zwischen 6,3—9,2 %, in der Rinde von 7,9—10,3 %. Die verhältnismäßig großen Mengen lassen vermuten, daß dieser Körper wohl als Reservestoff fungiert. Doch auch *Betula* ist ebenfalls als fettreich zu bezeichnen. Der Fettgehalt des Holzes beträgt 1,5—2,3 %. Im allgemeinen ist der Fettgehalt etwas höher in der Rinde, er bewegt sich zwischen 1,9—2,6 %. Dagegen ist das Holz von *Prunus* und *Syringa* viel ärmer an löslichen Substanzen. Sie bewegen sich bei *Syringa* um den Wert von 0,3 %, bei *Prunus* um 0,5 %. Dagegen ist das Ätherextrakt der Rinde beider Bäume bedeutender. Bei *Prunus* erreicht es bisweilen den Wert von 3,0 %, bei *Syringa* 3,2 %.

Doch auch in der Qualität weichen die Ätherextrakte der vier Bäume durchaus voneinander ab. Zwar habe ich keinen der von mir quantitativ bestimmten Körper auf seine Zusammensetzung hin untersucht, doch will ich einiges über das äußere Aussehen der Extrakte angeben, zumal schon dies für die Beurteilung der Resultate mir wichtig erscheint. Das Ätherextrakt von *Tilia*, sowohl der Rinde wie des Holzes, scheint ziemlich reines Fett zu sein, dem wohl nur geringe Mengen von Farbstoffen beigemengt sein mochten. Dagegen bestanden die geringen Mengen des Ätherextraktes des Holzes von *Prunus* und *Syringa* zum großen Teil aus Körpern, die in Äther schwer löslich, in Alkohol leicht löslich waren. Auch das äußere Aussehen sprach dafür, daß die Ätherextrakte nicht aus reinem Fett bestanden. Es sind wohl in den Extrakten Lezithin, Cholesterin u. a. Körper zur Wägung gekommen, die bei dem Fehler der Fettbestimmung umsomehr ins Gewicht fallen, je geringer der Fettgehalt ist. Gewiß sind es keine Reservestoffe, zumal ihre

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Menge gering ist und sie stets zu jeder Zeit konstant um denselben Wert innerhalb der Fehlergrenze schwanken. Ähnliche Körper waren auch in der Rinde dieser beiden Bäume vorhanden neben gewissen Mengen von Fett. Auch bei *Betula* war anscheinend das Ätherextrakt sowohl des Holzes wie der Rinde ein Gemisch beider Arten von Körper; doch habe ich angenommen, daß die großen Schwankungen im Ätherextrakt stets auf Änderungen im Fettgehalt zurückzuführen sind.

So sind *Tilia* und *Betula* mit Rücksicht auf das reichliche Vorkommen des Fettes in ihrem Holze mit Recht als Fettbäume von Fischer bezeichnet worden im Gegensatz zu *Prunus* und *Syringa*, deren Holz nahezu fettfrei ist. Doch will ich die Rinden dieser Stärkebäume in die Betrachtungen über den Fettgehalt hineinziehen, da sie beträchtliche Mengen Fett enthalten und es daher von vornherein nicht möglich ist, zu entscheiden, ob nicht diese Substanzen ähnliche Umwandlungen erfahren wie das Fett in *Betula* oder *Tilia*.

2. Die Fehlerquellen.

Für die Beurteilung der Resultate ist es zunächst nötig, sich über die Fehlergrenzen zu orientieren.

Die Fettbestimmungen von *Tilia* stimmen bei weitem besser überein als die der anderen Objekte. Es ist dies auf den vorher erwähnten qualitativen Unterschied der Ätherextrakte zurückzuführen. Während das Extrakt von *Tilia* fast lediglich aus reinem Fett bestand, welches leicht herausgelöst und ohne größere Fehler bestimmt werden konnte, wurden bei den anderen Objekten während der langdauernden Extraktion beträchtliche Mengen jener in Äther schwer löslichen Körper herausgelöst, welche nachher wieder ausfielen. Beim Abfiltrieren wurde je nach der Menge des angewandten Äthers (für gewöhnlich ca. 125 ccm) und noch abhängig von anderen Umständen eine geringere oder größere Menge jener Körper in Lösung gehalten, die dann zur Wägung kamen. Der dadurch entstandene Fehler tritt desto mehr hervor, je geringer verhältnismäßig die Fettmengen waren. Während daher die Werte des Ätherextraktes des Holzes von *Prunus* und *Syringa* großen Schwankungen unterliegen, sind bei der Rinde dieser Bäume die Fettwerte genauer, doch auch nur annähernd; bei einer Doppelbestimmung z. B. weichen die Werte vom Mittelwerte um 6,87 % desselben ab. Aber auch bei *Betula* weichen in einem Falle die Werte bis um 3,13 % des Mittelwertes, in einem anderen um 2,98 % ab. Dagegen betragen bei *Tilia* die Fehler in drei Doppelbestimmungen nur 1,87, 0,64, 0,16 % des Mittelwertes, wie dies bei der Reinheit des Fettes zu erwarten war.

Doch noch eine weit mehr ins Gewicht fallende Fehlerquelle muß berücksichtigt werden. Da die Vergleichsbestimmungen nicht an ein und demselben Objekte ausgeführt werden konnten, sondern für eine jede Analyse stets andere Zweige nötig waren, so war es notwendig, festzustellen, wie sehr man mit in-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dividuellen Verschiedenheiten rechnen muß. Derartige Parallelbestimmungen wären bei jeder einzelnen Analyse notwendig gewesen, da ja spezifische Schwankungen zu verschiedener Zeit verschieden groß sein könnten. Doch habe ich nur einmal an *Tilia* am 29. Januar und einmal an *Betula* am 9. Februar je vier Parallelversuche ausgeführt. Allein die verhältnismäßig geringen Differenzen, die hierbei gefunden wurden, sowie eine gewisse Gesetzmäßigkeit, die in den Schwankungen des Fettgehaltes bei allen vier Objekten zum Ausdruck kommt, machen diesen Mangel weniger fühlbar.

Besonders an *Tilia* zeigt es sich, daß trotz der hohen Fettwerte die Abweichungen vom Mittelwerte 2,98 % desselben nicht überschreiten. Es ist dieses Resultat an und für sich interessant, indem es zeigt, daß anscheinend der Gehalt an diesen festen Körpern genau reguliert wird, trotzdem die äußeren Verhältnisse, namentlich was die Beleuchtung anbetrifft, durchaus nicht gleich günstig waren. Das Fett wäre hiernach nicht als ein Körper anzusehen, welcher den Überschuß der Reservestoffe darstellt, sondern vielmehr als ein durch den Stoffwechsel reguliertes Zwischenprodukt aufzufassen. Auch die Parallelanalysen von *Betula* stimmen, wenn auch nicht so gut wie bei *Tilia*, doch leidlich miteinander überein. Es fallen hier wohl mehr die analytischen Fehler ins Gewicht. Bei den Holzproben erreichen die Abweichungen vom Mittelwerte 9,2 % desselben. In der Rinde sind sie etwas niedriger. Hierbei sind nur drei Resultate angegeben. Die vierte Probe enthielt erheblich mehr Fett. Es wurde nämlich bei dieser die Entfernung der Borke unterlassen, was sonst bei allen *Betula*proben stets getan wurde. Ich habe daher dieses Resultat gestrichen.

3. Der Fettgehalt der Bäume bei Änderung der Temperatur (Tab. I.)

Fischer hat bereits die Wahrnehmung gemacht, daß bei den Fettbäumen der Stärkeabnahme gegenüber durchaus nicht eine entsprechende Fettzunahme in den betreffenden Zellen wahrnehmbar ist[1]) und doch ist die Stärkeumwandlung eine lokale Erscheinung. Trotzdem herrscht vielfach die Annahme einer direkten Beziehung zwischen Stärke und Fett vor. So habe ich denn zunächst festzustellen versucht, ob in der Tat irgendwelche unmittelbaren Korrelationen zwischen beiden Körpern bestehen. Bei einer Temperaturerhöhung, wo also alsbald eine Stärkeregeneration erfolgt, müßte man eine entsprechende Fettabnahme beobachten. Ein derartiger mit *Tilia* am 30. Dezember angesetzter Versuch, zu einer Zeit, wo die Stärke aus Rinde und Holz im Freien völlig geschwunden war, zeigte, daß nach einem fünftägigen Aufenthalte bei 19°, als nunmehr Rinde und Holz von Stärke strotzten, der Gehalt an Fett — entgegengesetzt den Er-

[1]) l. c. p. 98.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wartungen — entschieden um ein bedeutendes zugenommen hatte. Das Holz, welches ursprünglich 6,42 % Fett enthielt, wies darauf 8,46 % auf. Eine gleiche Reaktion machte sich auch in der Rinde bemerkbar. Der Gehalt stieg von 7,87 auf 8,78 %. Das sind Unterschiede, welche weit über die Grenze individueller Verschiedenheiten hinausgehen. Während diese bei *Tilia* den Wert von 3 % nicht überschritten, weichen die bei dem Versuche gefundenen Resultate vom Mittelwerte um 13.71 % desselben ab, bezw. bei der Rinde um 5,47 %. Ein ähnlicher Versuch, welcher drei Wochen später angesetzt wurde, wies aber ein ganz anderes Resultat auf. Nach neuntägigem Aufenthalte bei 19° fiel der Fettgehalt sowohl im Holze wie in der Rinde, und zwar von 9,16 auf 7,61 % bezw. von 10,28 auf 9,51. Also auch dieser Versuch ist eindeutig; die Differenzen überschreiten die Fehlergrenze, da die Abweichungen ca. 9,3 % des Mittelwertes betragen. Ein noch später, und zwar am 29. Januar ausgeführter Versuch zeigte hingegen nur geringe Schwankungen, die sich vollständig innerhalb der Fehlergrenze bewegen.

Andererseits haben auch Versuche mit Temperaturerniedrigung zu Resultaten geführt, die sich schwer mit der bisher herrschenden Ansicht in Einklang bringen ließen. Die Versuche wurden so ausgeführt, daß ein Teil der Objekte, welche mehrere Tage bei Zimmertemperatur standen, analysiert wurde, während der Rest in den Eiskasten kam, wo die Temperatur + 1° C nicht überschritt. Während in einem Falle *Tilia* nach einem neuntägigen Aufenthalte bei Zimmertemperatur eine Abnahme an Fett aufwies, vergrößerten sich die Verluste noch mehr, als das Objekt einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt wurde. Nachdem die Zweige vom 31. Januar bis 16. Februar im Eisschrank also bei 4° C, sodann bis zum 15. März zwischen Eis aufbewahrt wurden, beobachtete ich im Holze eine Abnahme an Fett von 7,61 auf 7,10 %, in der Rinde von 9,21 auf 8,95 %. Es sind also wenn auch geringe Verluste an Fett eingetreten, trotzdem eine deutliche Stärkeabnahme infolge der Temperaturerniedrigung beobachtet wurde. Auch in einem anderen Versuche, wo das Objekt acht Tage im Eisschrank war und dann zwei Monate und zwar vom 16. Februar bis 23. April zwischen Eis aufbewahrt wurde, fand im Vergleich zu dem nach vorherigem zehntägigen Aufenthalte bei Zimmertemperatur erhaltenen Werte eine Abnahme des Fettes von 7,74 auf 7,10 % im Holze und von 8,64 auf 8,59 % in der Rinde statt.

Ähnliche Versuche, sowohl mit Temperaturerhöhung wie -erniedrigung sind auch mit *Betula* zu verschiedenen Zeiten angesetzt worden. Leider bewegen sich die erhaltenen Unterschiede meistens innerhalb der an sich weiten Fehlergrenzen. An einem am 14. Januar angesetzten Versuche sehen wir den Fettgehalt im Holz und in der Rinde im entgegengesetzten Sinne schwanken. Der Fettgehalt des Holzes nimmt nach neuntägigem Aufenthalte bei 19° ziemlich bedeutend ab von 2,29 auf 1,98 %, während er in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Rinde von 2,40 auf 2,61 % zunimmt. Dagegen ist bei einem am 11. Februar angestellten Versuche nach neun Tagen bei 22° sowohl im Holze wie in der Rinde eine nur unbedeutende Abnahme erfolgt, von 1,64 auf 1,59 %, bezw. von 2,40 auf 2,29 %. Größere Unterschiede zeigen zwei Versuche, in denen *Betula*-zweige in eine niedrigere Temperatur gebracht wurden. Am 30. Oktober wurden Zweige für drei Wochen einer Temperatur von + 0,5° ausgesetzt, was damals eine Temperaterniedrigung bedeutete. In dieser Zeit fand eine Fettzunahme von 2,16 auf 2,32 % im Holz, von 2,10 auf 2,41 % in der Rinde statt. Hingegen wiesen *Betula*zweige, welche am 20. Februar nach einem neuntägigen Aufenthalte bei 22° in den Eiskasten gebracht wurden, nach 25 Tagen eine bedeutende Fettabnahme in der Rinde auf, und zwar von 2,23 auf 1,81 %, während der Fettgehalt des Holzes annähernd konstant blieb.

Wenn wir nun alle diese Resultate der an *Betula* und besonders an *Tilia* ausgeführten Versuche überblicken, so scheinen sie sehr miteinander im Widerspruch zu stehen. Temperaturerhöhung ruft bald eine Fettzunahme bald eine Fettabnahme hervor. Auch die Wirkung einer Temperaturerniedrigung ist nicht in allen Fällen gleich. Dazu kommt noch der Umstand, daß die Ausschläge bald unbedeutend sind, bald aber weit die Fehlergrenze überschreiten. Nur zufällig also scheint ein Teil der Resultate mit der vorherrschenden Ansicht zu harmonieren, ein anderer Teil steht mit ihr vollständig im Widerspruch. Durch Temperaturerhöhung ist bei *Tilia* Ende Dezember eine bedeutende Fettzunahme erzielt worden. Doch auch eine Temperaturerniedrigung erzielte bei *Betula* im Oktober denselben Effekt. Nach Mitte Januar wird aber bei *Tilia* und *Betula* sowohl bei erhöhter wie erniedrigter Temperatur eine Fettabnahme beobachtet. Unter diesen Umständen erscheint es vielleicht nicht zufällig, daß um Mitte Januar bei einem Versuche mit *Betula* im Holze und in der Rinde eine entgegengesetzte Reaktion sich geltend machte.

Wenn wir nun der Frage nach der Ursache der bei diesen Versuchen beobachteten Schwankungen im Fettgehalt näher treten, so sehen wir vor allem zwei Faktoren in den Versuchen variiert: die Temperatur und den physiologischen Phasenzustand. Die Temperatur allein konnte nicht die ausschlaggebende Rolle bei den Resultaten gespielt haben. Es muß also unbedingt der Phasenzusand hierbei von Einfluß gewesen sein. Versuche, bei denen dieser Faktor allein in Betracht kommt, sind im nächsten Abschnitte behandelt. Auf diese Weise wird es dann möglich sein, den Anteil der Temperatur an den Änderungen des Fettgehaltes aus der Kombination beider Versuchsreihen zu bestimmen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

4. Der Fettgehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode. (Tab. II u. III).

Die in diesem Kapitel zusammengestellten Resultate sind zwar nicht vollständig frei von dem Einflusse der Temperaturänderung, jedoch tritt dieser Faktor besonders im Vergleich zu den im vorigen Abschnitt beschriebenen Versuchen so stark zurück, daß in den Resultaten besonders die Wirkung des Phasenunterschiedes sich geltend macht.

Bei *Tilia* ändert sich der Fettgehalt innerhalb einer Winterperiode bedeutend. Während am 30. Dezember das Holz 6,42 % Fett enthielt, war der Gehalt am 14. Januar auf 7,07 % gestiegen, um am 22. Januar den Maximalwert von 9,16 % zu erreichen; dann fand eine starke Abnahme statt, sodaß schon am 29. Januar der Gehalt nur noch 7,68 % betrug. Ganz entsprechend schwankte der Fettgehalt der Rinde. Von 7,87 % am 30. Dezember stieg er auf 8,35 % am 14. Januar und erreichte am 22. den Maximalwert von 10,28 %; doch sind schon am 29. Januar wieder nur 8,91 % Fett beobachtet worden. Ein ganz ähnliches Verhalten weist *Betula* auf. Der Fettgehalt stieg vom August an, wann er im Holze 1,74 %, in der Rinde 1,91 % betrug, zum Oktober zu den Werten 2,16 bezw. 2,10 % an, erreichte am 14. Januar das Maximum, im Holze mit 2,29, in der Rinde mit 2,40 % und betrug am 9. Februar im Holze nur noch 1,64 % während sich der Fettgehalt in der Rinde annähernd konstant erhielt. Doch sehen wir auch bei den Harthölzern den Fettgehalt in der Rinde sich periodisch ändern. Die Unterschiede sind keineswegs gering, sodaß eine fundamentale Verschiedenheit zwischen beiden Arten von Bäumen im Verhalten des Fettes nicht zu bestehen scheint. Das Ätherextrakt von *Prunus*rinde betrug im Juli 1,93 %, im Dezember 2,17 % und ist im Januar auf 2,99 % gestiegen, um im Februar wieder auf 2,56 % zu fallen. Ähnlich betrug das Ätherextrakt von *Syringa* im November 2,33, im Dezember 3,16 %. Doch hat schon Mitte Januar eine bedeutende Abnahme stattgefunden, auf 2,25 %, die sich auch im Februar auf ungefähr gleichem Niveau erhält, auf 2,36 %.

Bei allen vier Bäumen sehen wir also den Fettgehalt im Laufe einer Winterperiode außerordentlichen Schwankungen unterliegen. Diese sind ganz periodisch und wohl bei den Bäumen sehr verbreitet; denn nicht nur die Fettbäume, sondern auch die beiden untersuchten Harthölzer folgen, soweit sie Fett enthalten, der gleichen Regel. Stets wurde im Anfang der Winterperiode eine Fettzunahme beobachtet, bis ungefähr Mitte Januar ein Maximalwert erreicht wurde. So haben diese Resultate die Beobachtung Fischers und Russows, daß nämlich der Fettgehalt im Winter zunehme, vollständig bestätigt. Alsbald geht aber der Fettgehalt zurück und erreicht im Februar schon Werte, welche dem Maximalwerte ziemlich weit nachstehen. Doch identifiziert sich diese Abnahme wohl nicht mit derjenigen, die Fischer und Russow zur Zeit des Frühjahrs beobachteten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Es wird wohl im Stadium der Mobilisierung der Stoffe ein noch bedeutend größerer Rückgang an Fett zu beobachten sein. Leider fehlen mir hierfür die diesbezüglichen Analysen.

In Anbetracht der vorliegenden Resultate wird es klar, daß die im vorigen Kapitel beschriebenen Fettschwankungen nicht im wesentlichen auf die Wirkung der Temperatur zurückzuführen sein, sondern es findet vielmehr die Änderung des Fettgehaltes auch bei konstanter Temperatur statt. Die Ausschläge sind im wesentlichen durch den Phasenzustand bedingt. Der Fettgehalt ändert sich, gleichgültig welcher Temperatur — innerhalb bestimmter Grenzen — die Objekte ausgesetzt werden, derart, daß im Anfange des Winters sich ein Zustreben nach dem Fettmaximum geltend macht, während nach einer bestimmten Zeit, in die das Stadium des Fettmaximums fällt, eine Abnahme des Fettgehaltes stattfindet.

Nunmehr wird es möglich sein, den Einfluß zu präzisieren, den die Temperatur auf die Schwankungen des Fettgehaltes auszuüben imstande ist.

5. Der Einfluß der Temperatur auf den Fettgehalt.

Wie aus den vorigen Kapiteln hervorgeht, vermag eine Temperaturänderung den Gleichgewichtszustand des Fettgehalts nicht zu beeinflussen. Die bei Temperaturänderung beobachteten Fettschwankungen sind vielmehr im wesentlichen auf die Wirkung des Phasenzustandes zurückzuführen. Doch bleibt es noch zu untersuchen, ob die Temperatur, die ja sonst auf die Lebensvorgänge der pflanzlichen Zelle von so hoher Bedeutung ist, wenigstens die Reaktionsgeschwindigkeit des Prozesses beeinflußt. Dies mag durch weitere, eingehendere Vergleiche entschieden werden.

Der Fettgehalt bei *Tilia* hat unter dem Einflusse einer Temperatur von 19° binnen fünf Tagen im Holze einen Wert von 8,46%, in der Rinde denjenigen von 8,78% erreicht, während an den im Freien befindlichen Objekten noch nach 15 Tagen diese Werte nicht beobachtet wurden. Sie betrugen nämlich an 14. Januar 7,07 bezw. 8,15%. Es hat also offenbar die Temperaturerhöhung auf 19° den Prozeß der Fettzunahme bedeutend beschleunigt. Dieser Einfluß scheint auch in den normalen Schwankungen des Fettgehaltes von *Tilia* zum Ausdruck zu kommen. Gegen Ende Dezember hatte die Kälte eingesetzt, am 30. Dezember war die niedrigste Temperatur des Monats mit —11,0° C. erreicht.[1]) Die Temperatur war noch im Januar niedrig; sie betrug am 4. Januar —9,4° C. Es ist der Fettgehalt vom 30. Dezember bis 14. Januar infolge der Kälte nur langsam gestiegen. Der Hauptanteil ist wohl sogar den letzten beiden Tagen zugefallen, als es wärmer zu werden begann. Am 13. Januar war die Temperatur auf +8,7° C gestiegen. Mehrere Tage hindurch

[1]) Die Notizen bezüglich der Temperaturschwankungen habe ich aus dem königl. sächs. meteorologischen Institut erhalten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hielt die warme Witterung an. Darauf ist wohl das rapide Steigen des Fettgehaltes in der Zeit vom 14. bis zum 22. Januar zurückzuführen.

Wie die Fettabnahme von der Temperatur beeinflußt wird, vermag ich auf Grund meiner Versuche nicht anzugeben. Die Differenzen sind hier im allgemeinen ziemlich gering, namentlich wenn das erste Stadium der Fettabnahme vorüber ist. Im allgemeinen sinkt der Fettgehalt nicht auf den ursprünglichen Wert, der im Herbst beobachtet wurde. Das Fett in der Rinde von *Betula* hält sich z. B. längere Zeit hindurch vom 14. Januar bis zum 9. Februar ganz konstant. Auch bei der sonst so gut reagierenden *Tilia* vermag eine Temperaturerhöhung von 19° vom 29. Januar bis zum 8. Februar keine erhebliche Wirkung hervorzurufen. Doch auch eine weitere Temperaturerniedrigung die über zwei Monate dauerte, hat den Fettgehalt nur wenig verändert. Ein Einfluß der Temperaturänderung konnte also hier wegen der an und für sich geringen Ausschläge nicht beobachtet werden. Der Grund für diese Erscheinung scheint mir darin zu liegen, daß unter den gegebenen Bedingungen ein gewisser Grenzwert in der Fettabnahme schnell erreicht wurde, welcher vielleicht durch die Anhäufung der Bildungsprodukte bedingt wird. Ein derartiges Verhalten wäre für den Organismus durchaus als zweckmäßig zu bezeichnen, da eine möglichst lange Dauer des Fettreichtums im Organismus zur Zeit der winterlichen Kälte die Zellen wirksam vor dem Erfrieren zu schützen vermag. Eine weitere starke Fettabnahme wird wohl erst bei der Mobilisierung der Stoffe während des Austreibens bewirkt, wie dies Russow und Fischer[1]) hervorheben.

IV. Die Stärkeumwandlung während des Winters.

Wenn wir nun zu der Frage, von der wir ausgingen, zurückkehren, ob nämlich zwischen Fett und Stärke unmittelbare Korrelationen bestehen, so wollen wir die Natur beider Prozesse, der Stärke- und Fettumwandlung, insbesondere ihre Abhängigkeit vom Phasenzustande und von der Temperatur, miteinander vergleichen. Bezüglich der Stärke ist festgestellt, daß zu jeder Zeit der Winterperiode die Stärke unter dem Einflusse der niedrigen Temperatur zum Verschwinden gebracht werden kann, während eine Temperaturerhöhung binnen kurzer Zeit eine Stärkeregeneration bewirkt. Die Stärkeumwandlung erscheint somit als eine durch die Temperatur bedingte Verschiebung gewisser Gleichgewichtszustände. Doch auch der Phasenzustand macht sich bei diesem Prozesse geltend, insofern als das Verschwinden der Stärke infolge von niedriger Temperatur wohl nur innerhalb der Winterperiode zustande kommt. Dagegen ist die Fettumwandlung eine in der Periodizität begründete Erscheinung, bei welcher die Temperatur lediglich die Geschwindigkeit des Pro-

[1]) l. c. p. 104.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zeßverlaufes zu ändern vermag. Beide Prozesse folgen also ganz verschiedenen Gesetzen. Allerdings können unter normalen Verhältnissen beide Prozesse ziemlich komplementär verlaufen, wenn gerade in der Zeit des Fettmaximums eine tiefe Temperatur herrscht, wodurch das Verschwinden der Stärke bewirkt wird. Eine Temperaturerhöhung im Dezember vermag aber deutlich die Unabhängigkeit beider Prozesse zu zeigen. So wird es erklärlich, wie einerseits Fett und Stärke in engsten Zusammenhang miteinander gebracht, andererseits aber Bedenken gegen eine solche Annahme besonders von Fischer erhoben wurden.

Da also keine unmittelbaren Korrelationen zwischen Stärke und Fett nachgewiesen werden konnten, so wollen wir uns nunmehr zu den Zuckerarten wenden und untersuchen, ob diese Körper die Stärke in ihrem Verhalten ergänzen. Zunächst mögen die während der Winterperiode auftretenden Umwandlungen der löslichen Kohlenhydrate erörtert werden. Da diese, wie es sich zeigen wird, nicht gegen einen innern Zusammenhang zwischen Zucker und Stärke sprechen, so wird der Einfluß der Temperatur, der ja für die Stärkeumwandlungen von so entscheidender Bedeutung ist, auf das Verhalten des Zuckers geprüft. Nachdem durch diese Versuche der Zusammenhang zwischen Stärke- und Zuckerumwandlung festgestellt wird, werden Betrachtungen darüber angestellt, ob beide Körper nicht mit anderen Stoffen Umsetzungen erfahren. Da die für die Lösung dieser Frage notwendigen Stärkebestimmungen nicht ausgeführt werden konnten, so wird der durch die Atmung bedingte Zuckerverbrauch berücksichtigt, wodurch gewisse Schlußfolgerungen ermöglicht werden.

V. Die während des Winters in den Bäumen auftretenden Zuckerumwandlungen.

1. Die Methodik der Zucker- und Stärkebestimmungen.

Für die Zuckerbestimmungen habe ich anfangs geringere Mengen, später meistens 10—20 g verwandt. Das Pulver wurde mit ungefähr 200 ccm Wasser angerührt, nur bei der Rinde von *Tilia* wurde zur Extraktion Alkohol von 70 % genommen. Nach zwölfstündigem Stehen im Eisschrank wurde die Flüssigkeit auf einer Nutsche abgesaugt. Noch etwa dreimal wurde die Substanz auf je $^1/_2$ Stunde mit Wasser bezw. Alkohol in Berührung gebracht. Die Flüssigkeit wurde in einen $^1/_2$ l-Meßkolben gegossen und schließlich bis zur Marke aufgefüllt. In wenigen Fällen wurden dazu 250 ccm-Kolben verwandt. Die letzten Mengen des Filtrats zeigten fast stets, mit Fehlingscher Lösung gekocht, gar keine oder nur eine sehr geringe Zuckerreaktion. Nach dem Umschütteln der Extraktionsflüssigkeit ließ ich nunmehr 50 ccm langsam zu einem siedenden Gemisch von je 25 ccm beider Teile der Fehlingschen Lösung zufließen. Die Fehlingsche Lösung war folgendermaßen zusammengesetzt: I. 69,28 g

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kristallisiertes Kupfersulfat in 1 l Wasser. II. 346 g Seignettesalz + 50 g Natriumhydrat in 1 l Wasser. Die Methode schreibt zwar vor, daß die Zuckermenge in 25 ccm gelöst sein soll, doch bin ich aus praktischen Gründen davon abgewichen, zumal es mir nicht sowohl auf absolute als vielmehr auf relative Werte ankam. In den Kolumnen Nr. 2 der Tab. IV und V und in der Kolumne Nr. 3 der Tab. VI ist die Menge der Extraktions- und der zur Analyse verwandten Flüssigkeit in Form eines Bruches angegeben. In den Fällen, wo nicht 50 ccm verwandt wurden, ist das Fehlende durch Wasser ersetzt worden, so daß also die Reaktion stets in 100 ccm Flüssigkeit vor sich ging. Es wurde 2 Minuten lang gekocht, darauf das Kupferoxydul in ein Allihnsches Röhrchen durch Asbest abfiltriert. Das Röhrchen war in der üblichen Weise vorbereitet.[1]) Auf ein Stückchen konisch zusammengelegtes Platinblech, welches in den sich verjüngenden Teil des Röhrchens gebracht wurde, goß ich zuerst grobes, in Wasser aufgeschlemmtes Asbest; darauf wurde feines Asbest heraufgebracht, Wasser mehrere Male scharf durchgesaugt; schließlich wurde das Filter mit Alkohol, dann mit Äther gewaschen. Darauf wurde das Röhrchen an der Luft und schließlich im Wasserstoffstrom kurze Zeit geglüht. Nach dem Abkühlen in der Wasserstoffatmosphäre wurde das Röhrchen in den Exsikkator gebracht und nicht früher als nach 1 Stunde gewogen. Nachdem nun in das so vorbereitete Röhrchen der Kupferniederschlag gebracht wurde, erfolgte Waschen mit heißem Wasser, um das Alkali zu entfernen, dann wurde Alkohol und schließlich Äther durchgesaugt; es wurde nun in der vorher angegebenen Weise weiter verfahren. Zur Bestimmung der invertierbaren Substanzen wurden meistens 200 ccm in einem 250 ccm Kolben mit 12 ccm $^1/_2$ norm. HCl-Lösung 30 Minuten lang gekocht. Nach dem Abkühlen wurde bis zur schwach sauren Reaktion mit Kalilauge bekannter Konzentration neutralisiert, zur Marke mit Wasser aufgefüllt, und nach dem Umschütteln wurden 50 ccm zur Analyse verwandt; diese Menge entspricht 40 ccm der ursprünglichen Lösung. Diese für die Berechnung notwendigen Zahlen finden sich in den Kolumnen 6 der Tab. V und den Kolumnen 8 der Tab. IV u. VI. Bei der Besprechung der Analysen werde ich, soweit etwas anderes nicht ausdrücklich angegeben wird, die Resultate in % Cu angeben, weil es mir willkürlich erscheint, mit Umrechnungen zu operieren, zumal ich keine Untersuchungen über die Natur dieser Körper anstellte. Dies würde übrigens für die richtige Berechnung des Zuckergehaltes aus der Menge des gefällten Kupfers auch noch keine Gewähr leisten, weil die Fällung durch den Einfluß verschiedener Zuckerarten sowie durch die Anwesenheit anderer Stoffe in hohem Maße beeinflußt wird. Dennoch habe ich, um mit einiger Annäherung die wirklichen Verhältnisse zu demonstrieren, ferner um einige Vergleiche mit der Atmungsgröße anzustellen, auch Umrechnungen auf Trauben-

---

[1]) Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten. 1895. p. 296.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zucker aus den direkt reduzierten Kupfermengen und auf Invertzucker aus den nach der Inversion reduzierten Mengen ausgeführt. Die entsprechenden Rohrzuckermengen erhält man, indem man die Werte des Invertzuckers mit 0,95 multipliziert. Es haben mir für diese Umrechnungen folgende Tabellen gedient: Tab. III Bestimmung des Traubenzuckers (Dextrose) nach F. Allihn, Tab. IV Bestimmungen des Invertzuckers nach E. Meißl[1]). In Wirklichkeit ist wohl das Verhältnis der invertierbaren und nicht invertierbaren Zuckerarten etwas verschoben, da wohl im Laufe der Extraktion ein Teil sich von selber invertiert. Wenigstens weist ein mit *Betula* ausgeführter Versuch darauf hin. Es wurden drei Proben von *Betula*holz mit Wasser angerührt. Die eine Probe wurde bereits nach 12 Stunden extrahiert und analysiert. Es waren 1,40 % reduzierender Substanz, 1,57 % invertierbarer Substanz, zusammen 2,97 %. Die beiden anderen Proben wurden unter Toluolzusatz vom 18. März bis zum 21. April stehen gelassen und zwar die eine im Eisschrank bei ca. 4° C, die andere im Zimmer bei ca. 18° C. Die erste Probe wies 2,61 % reduzierender und 0,35 % invertierbarer Substanz, zusammen 2,96 % auf. Die zweite Probe, welche im Zimmer stand, enthielt 2,93 % reduzierender und 0,16 % invertierbarer Substanz, zusammen 3,09 %. Die Menge des Gesamtzuckers nach der Inversion ist also trotz der langen Zeit des Extrahierens konstant geblieben. Eine etwaige Lösung fester Kohlehydrate wie Stärke ist also bei der Analyse nicht zu befürchten. Wohl ändert sich aber während des Extrahierens das Verhältnis von reduzierender zu invertierbarer Substanz. Es tritt Inversion ein. Eine Zunahme an reduzierender Substanz wurde schon binnen fünf Tagen beobachtet, wie dies folgende beiden Versuche, ebenfalls an Holzproben von *Betula* vom 9. Februar angestellt, zeigen. Nach zwölfstündigem Stehen wurde folgender Gehalt an reduzierender Substanz festgestellt: I. Probe 1,34, II. Probe 1,46 Proz. Nach fünftägigem Stehen bei Toluolzusatz war der Gehalt gestiegen: I. Probe 1,81, II. Probe 1,98 %. Die invertierbaren Substanzen wurden hierbei nicht bestimmt. In Wirklichkeit also wird, wenn es sich bei den drei anderen Objekten ebenso verhält, wie bei *Betula*, das Verhältnis von reduzierender zu invertierbarer Substanz stets größer sein als es die Kolumne 14 der Tab. IV, die Kolumne 10 der Tab. V und die Kolumne 13 der Tab. VI angeben.

Die weitere Ausführung der Analysen bot keine größeren Schwierigkeiten. Durch das zwei Minuten lange Kochen wurde alles Kupfer gefällt. Ein abermaliges Kochen des Filtrates bewirkte, wie ich mich mehrmals überzeugte, keine weitere Fällung mehr. Eine schädliche Wirkung etwaiger Gerbstoffe war also nicht bemerkbar. Unangenehm war nur das Ausfallen gewisser Stoffe bei der Zuckerbestimmung in dem Extrakte der Linde

---

[1]) König, J., Die Untersuchungen landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 1891. p. 706—708.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die beigemengten geringen Substanzmengen konnten nur schwer weggeglüht werden und machten diese Bestimmungen etwas unsicher. Es bereiteten die Zuckerbestimmungen im Extrakte von der Lindenrinde außerdem noch insofern Schwierigkeiten, als die Gegenwart des Alkohols, der die Auflösung der Schleimstoffe verhindern sollte, bei der Kupferfällung schädlich wirkte. Eine derartige Wirkung habe ich an einer Probe von Lindenholz beobachtet. Während sich bei der Wasserextraktion ein Wert von 3,47 % Cu ergab, fiel in Gegenwart von Alkohol nur der 7. Teil der Kupfermenge aus. Es mußte daher in den Rindenextraktionen vor der Fällung der Alkohol stets abdestilliert werden. Für die Proben, die zur Bestimmung der invertierbaren Substanz genommen wurden, wurde dies nach dem Zusatz der Säure ohne weiteres auf dem Wasserbade ausgeführt. Aus den Proben aber, welche zur Bestimmung der unmittelbar reduzierenden Substanzen dienten, wurde, um die Inversion möglichst zu verhüten, der Alkohol bei 60 ° C unter vermindertem Druck (25—40 mm) abdestilliert. Die Proben wurden dann in Meßkölbchen mit Wasser aufgefüllt.

Neben den Zuckeranalysen habe ich es versucht, Stärkebestimmungen auszuführen, um das quantitative Verhältnis dieser beiden Körper zu bestimmen. Es ist mir zwar nicht gelungen, die Stärke mit genügender Sicherheit zu bestimmen, doch will ich über meine, wenn auch nicht große Erfahrungen, die ich bei dieser Arbeit sammelte, kurz berichten.

Für die quantitativen Bestimmungen der Stärke haben sich bisher noch keine makrochemischen Reaktionen gefunden, welche sich mit den mikrochemisch verwendeten vollständig decken. Die Blaufärbung mit Jod, welche neben der charakteristischen Struktur der festen Stärke diesen Körper am besten von anderen unterscheidet, wird wohl schwerlich als kolorimetrische Analyse für quantitative Zwecke verwandt werden können, da sie schon bei geringen Mengen sehr scharf auftritt. Dagegen vermag die Überführung von Stärke in Zucker sie nur schwer von Körpern zu differenzieren, die in ihren Molekeln gleichfalls reduzierende Atomkomplexe haben.

Dennoch sind die auf dieser Eigenschaft beruhenden Methoden die gebräuchlichsten. Es sind besonders zwei Wege möglich, eine Aufschließung durch gespannten Dampf oder Lösung mittelst Diastase. Doch beide Methoden haben den Nachteil, daß zugleich mit der Stärke auch noch andere Körper wie Pentosane und vielleicht auch andere Hexosane in einfache löslichen Verbindungen übergeführt werden: Die gefundenen Werte sind also stets zu hoch. Der Fehler hängt von der Beschaffenheit und Menge der übrigen anwesenden Körper, welche die Aufschließung erleiden, ab; er ist in beiden Methoden nicht gleich. Im allgemeinen ist die Anwendung der Diastase[1]) vorzuziehen, weil hier-

[1]) König, Untersuchungen landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. 1891. p. 233.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bei der Fehler geringer wird. Leider konnten diese Methoden bei meinen Objekten nicht angewendet werden, weil die Diastase nicht genügend durch die Membranen des toten Holzes hindurchging, und doch ist es kaum möglich, die Substanz so zu pulverisieren, daß alle Stärkekörner aus den Zellen herausgerissen werden. Jedoch nicht alle Zellmembrane scheinen bezüglich der Undurchlässigkeit für Diastase gleich beschaffen zu sein. Verhältnismäßig am besten drang die Diastase, nach der Auflösung der Stärke zu schließen, durch die Membrane des Holzes von *Syringa* hindurch, jedoch war auch in diesem Falle die Stärkelösung nicht vollständig. Die Schwierigkeiten bezügl. der Stärkelösung war bei Anwendung von gespanntem Dampf[1]) gehoben, doch war hierbei der Fehler, der von der Lösung der Pentosane herrührte, sehr groß. Es war nicht möglich, diesen Fehler mit genügender Genauigkeit zu bestimmen und eine entsprechende Korrektion anzubringen, etwa nach der Methode von S. Weiser und A. Zaitschek[2]). Die aufgeschlossenen Pentosen wurden zwar nach Tollens[3]) und Rimbach[4]) bestimmt, ihre Natur wurde aber nicht näher festgestellt. Da nun aber die Reduktionsfähigkeit der Arabinose und Xylose sehr verschieden ist, so ist die Methode sehr unsicher, zumal die Menge dieser Körper im Verhältnis zu den aufgeschlossenen Hexosen sehr groß ist. Es mußte daher diese Methode für Stärkebestimmung in den Hölzern verworfen werden.

Schließlich sei noch die letzte von mir geprüfte Methode von Baumert und Bode[5]) und Behrend und Wolff[6]) erwähnt. Sie beruht darauf, daß die Stärke, welche nach dem Aufschluß mit gespanntem Dampf in die lösliche Form übergeführt ist, nach dem Zusatz von Alkali und nach erfolgter Filtration, durch die Säure in Freiheit gesetzt, durch Alkohol wieder gefällt wird. Dieser Niederschlag wird nach dem Abfiltrieren und Waschen durch Differenzwägung bestimmt. Diese Methode hat sich nach Angabe der Autoren bei der Bestimmung der Kartoffelstärke bewährt. Doch bei der Stärkebestimmung im Holz von *Betula* konnte ich nicht die zur Fällung notwendige Alkoholmenge bestimmen. Trotz einer verhältnismäßig großen Menge Alkohol fiel immer noch bei weiterem Alkoholzusatz eine verbrennbare Substanz aus. So scheiterte auch dieser Versuch, eine zuverlässige Stärkebestimmung zu finden.

2. Die Fehlerquellen in den Zuckerbestimmungen.

Die Abweichungen zwischen zwei Parallelanalysen bei den Zuckerbestimmungen waren im allgemeinen, wie ich mich öfters

---

[1]) König. l. c. p. 231.
[2]) Landwirtsch. Versuchsst. Bd. LVIII. 1903. Heft III u. IV. p. 219.
[3]) Zeitschr. d. Vereins für Rübenzuckerindustrie d. D. R. Bd. 46. H. 480.
[4]) Göttinger Dissertation. 1898.
[5]) Zeitschr. f. anorgan. Chemie. 1900. p. 1074.
[6]) „ „ „ „ 1901. p. 461.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

davon überzeugte, nicht groß. Manche Beispiele sind in die Tabelle eingetragen. Die Differenzen betragen höchstens 3 mg, so daß die Extraktion stets sehr vollständig war. Auch die Fällung und Bestimmung des Kupfers bot meistens keine größeren Schwierigkeiten als die Bestimmung von Zucker in einer reinen Lösung. Der Einfluß der analytischen Fehler hängt also wesentlich wohl nur von der Menge des Kupfers ab, welches zur Wägung kam. Ich habe daher stets die gefundene Kupfermenge in die Tabellen eingezeichnet, damit der Leser in jedem Falle die Zuverlässigkeit der Resultate beurteilen kann. Nur für *Tilia* sind die Bestimmungen weit unsicherer als bei den übrigen Objekten, weil durch das Alkali Substanzen gefällt wurden, welche das Kupfer verunreinigten, so daß dieses trotz des Glühens nicht ganz rein erhalten werden konnte. Namentlich bei geringen Werten machte sich dieser Fehler unangenehm bemerkbar.

Über die individuellen Eigentümlichkeiten geben je vier Analysen von Holz und Rinde von *Betula* und *Tilia* Aufschluß. Eine Analyse von der *Betula*rinde ist weggelassen, weil in diesem Falle die Borke nicht entfernt war, was jedoch auf den Zuckergehalt nur von unbedeutendem Einfluß zu sein schien. Bei den Analysen von *Tilia* treten oft beträchtliche Abweichungen hervor. Doch scheinen diese zum großen Teil auf analytischen Fehlern zu beruhen. Am geringsten sind sie nämlich bei der Bestimmung der invertierbaren Substanzen der Rinde, wobei auch die analytischen Fehler wegen der verhältnismäßig hohen Werte viel weniger ins Gewicht fallen. Doch im allgemeinen scheinen die individuellen Abweichungen im Zuckergehalte nicht allzu bedeutend zu sein, wie dies an *Betula* ausgeführten Bestimmungen zeigen. Im Holze betragen die Fehler bei den Analysen der reduzierenden Substanzen nicht über 5,3 % des Mittelwertes. Bei den invertierbaren Substanzen erreichen sie den Wert von 12,3 %; in der Rinde sind in beiden Fällen die größten Abweichungen 6 %. Es ist daraus ersichtlich, daß der Gehalt an gelösten Kohlehydraten unter konstanten Bedingungen ziemlich gleich ist. Es muß also für diese Körper eine sorgfältige Regulation herrschen, weil ja sonst die Differenzen wegen der verschiedenen assimilatorischen Tätigkeit der einzelnen Teile des Baumes viel größer sein müßten, wie es nach der ungleichen Beleuchtung zu erwarten ist.

3. Der Zuckergehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode. (Tab. IV u. V).

Das Verhalten der reduzierenden Zuckerarten hat Fischer auf Grund seiner mikrochemischen Beobachtungen eingehender erörtert. Er hat sich jedoch fast ausschließlich mit der in den Gefäßen vorkommenden Glukose beschäftigt. Bezüglich dieser stellt er fest, daß sie im Herbste meistens sehr stark zurückgeht und sich auf diesem Minimum bis zum Frühjahr erhält. Aus

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

meinen Untersuchungen an *Betula* geht allerdings hervor, daß eine aus dem Juni stammende Probe im Holz bedeutend mehr reduzierende Substanz enthielt (nämlich 4,21 % Cu) als im Winter beobachtet wurde. Doch ein Minimum fällt in den Monat August mit 0,95 % Cu. In den folgenden Monaten steigt der Gehalt an Glukose und erreicht im Januar einen Wert von 3,77 % Cu. Bei *Prunus* enthält das Holz im Juli 2,3 % Cu, im Dezember dagegen 5,5 %. In diesen Fällen ist also der Gehalt an reduzierender Substanz im Winter bedeutend höher als im August bezw. Juli. Doch während der Winterperiode selbst ist der Glukosegehalt durchaus nicht konstant. Es enthält z. B. *Prunus* im Dezember 5,5 % Cu, im Januar 4,0 %, *Betula* im Oktober 2,43 %, im Januar 3,77 %. Daraus geht hervor, daß während die Beobachtungen Fischers sich lediglich auf die Gefäßglukose beziehen, bei meinen Untersuchungen die Gesamtglukose und zwar besonders, da nach Fischer die Gefäße in dieser Jahreszeit wenig davon enthalten, die Glukose der lebenden Zellen in Betracht kommt. Übrigens erwähnt auch Fischer gelegentlich die Beobachtung, daß im Spätherbst und Winter Glukose bei *Tilia* im Mark und in den Markstrahlen auftritt.

Während also im Frühjahr und Frühsommer die Gefäße viel Glukose enthalten, nimmt im Spätsommer der Gehalt ab. Das Minimum an Glukose im Juli und August deutet darauf hin, daß, während die Gefäße Glukose bereits verloren haben, in den lebenden Zellen sich noch kein Zucker gebildet hat. Im Herbste erst beginnen sich die lebenden Zellen des Holzes mit Glukose zu füllen. Auf diese Veränderungen offenbar beziehen sich die Resultate meiner Analysen.

Aus den in Tab. IV und V zusammengestellten Resultaten ersieht man, daß der Zuckergehalt der Bäume Schwankungen unterliegt, in welchen man eine gewisse Gesetzmäßigkeit beobachten kann, wenn auch die Zahl der Analysen beschränkt ist.

Was zunächst die reduzierenden Zuckerarten anbetrifft, so sehen wir im Holze von *Betula* deren Gehalt vom 30. Oktober bis zum 14. Januar von 2,43 % auf 3,77 % Cu steigen, ähnlich macht sich in der Rinde eine Zunahme von 12,47 % auf 15,29 % bemerkbar. Darauf folgt aber am 9. Februar eine Abnahme, im Holz auf 2.66 %, in der Rinde auf 14,94 %. Ähnlich nimmt auch die Menge der reduzierenden Substanzen im Holz von *Syringa* vom November bis zum Dezember von 1,29 auf 1,69 % Cu zu, fällt aber am 14. Januar auf 1.32 % und beträgt im Februar nur noch 0,98 % Cu. In der Rinde dagegen findet schon vom November an ein fortwährendes Fallen statt, und zwar von 14,80 am 22. November auf 10,52 % am 16. Dezember; am 14. Januar wurde ungefähr der gleiche Wert beobachtet, nämlich 10,70 %. Am 20. Februar ist eine weitere Abnahme auf 9,34 notiert. Bei *Prunus* ist am 23. Dezember im Verhältnis zum Junistadium im Holz eine bedeutende Zunahme an reduzierender Substanz festgestellt worden, von 2,30 auf 5,54 % Cu. Am 14. Januar hat

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eine Abnahme auf 4,02 % stattgefunden und am 20. Februar auf 3,59 %. Auch in der Rinde ist der Gehalt an reduzierender Substanz vom August bis zum Dezember bedeutend gestiegen vom 13,30 % auf 17,25 %. Es findet darauf eine Abnahme auf 16.50 am 14. Januar und 15,97 % am 20. Februar statt. Auch in der Rinde von *Tilia* nimmt die Glukose im Winter zu von 2,66 % am 30. Dezember auf 3,45 % am 22. Januar. Am 29. Januar ist ein Fallen auf 2,85 % bemerkbar. Im Holz ist das Verhalten des reduzierenden Zuckers anders. Am 30. Dezember wurden 7,55 % beobachtet. Am 14. Januar 7,65 %. Am 22. Januar machte sich eine Abnahme auf 6,82 % bemerkbar, während am 29. Januar wieder 7,98 % gefunden wurden. Doch diese vier Resultate sind infolge der weiten Fehlergrenzen unsicher.

Was nun die invertierbaren Substanzen betrifft, so macht sich gleichfalls im Winter eine Zunahme sowohl im Holze wie in der Rinde bemerkbar. Im Holz von *Betula* betrug der Gehalt am 30. Oktober 0,08 % Cu, am 14. Januar 2,44 %, in der Rinde ist der Gehalt ebenfalls gestiegen von 2,85 auf 3,16 % Cu. In *Tilia* ist ebenfalls eine Zunahme beobachtet worden, im Holz von 0,92 am 30. November auf 2,40 am 22. Januar, in der Rinde entsprechend von 9,23 % auf 14,45 % Cu. Das gleiche Verhalten sieht am Holz von *Prunus*: am 23. Dezember wurden 0,37 % Cu, am 14. Januar 1,01 % gefunden. In der Rinde dagegen findet merkwürdigerweise im Winter stets eine Abnahme an invertierbarer Substanz statt, selbst im Verhältnis zum Auguststadium, wo der Gehalt 4,76 % betrug; im Dezember betrug er 3,90 %, im Januar fällt er auf 2,92 % und hält sich bis zum Februar konstant auf 2,79 %. Das umgekehrte Verhalten zeigt das Holz von *Syringa*. Am 22. November wurde 2,43 % notiert, am 16. Dezember 3,01 %, am 14. Januar 3,63 %, am 20. Februar sogar 4,68 %. Ungefähr entsprechende Resultate wurden bei den Rindenanalysen beobachtet: 3,27 %, 8,69 %, 7,96 %, 10.60 %. Der Gehalt an invertierbarer Substanz ist also sogar im Februar gestiegen zu einer Zeit, wo bei der immer wärmer werdenden Witterung der Gehalt an reduzierenden Substanzen in allen Objekten abnimmt. Doch ein ähnliches Verhältnis finden wir im Holz und in der Rinde von *Betula*. Am 14. Januar wurden 2,44 % im Holz und 3,16 % in der Rinde gefunden, am 9. Februar 3.17 % bezw. 3,64 %. An beiden Objekten sieht man also das Verhältnis von reduzierender zur invertierbaren Substanz sich zugunsten letzterer ändern. Bei *Syringa* ist es im November im Holze: 1 : 1,9, in der Rinde 1 : 0,22, im Januar 1 : 2,8 bezw. 1 : 0,74, im Februar 1 : 4,8 bezw. 1 : 1,14. Ähnlich ändert sich das Verhältnis beim Holz von *Betula*. Im Oktober ist es 1 : 0,03, im Januar 1 : 0,65, im Februar 1 : 1,19.

Im allgemeinen geht aus den Resultaten wohl zur Genüge hervor, daß in den lebenden Zellen des Holzes und der Rinde im Winter der Gehalt an Zucker zunimmt, sodaß in der kältesten Zeit ein Maximum besonders an reduzierender Substanz

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sich bemerkbar macht. Die invertierbaren Substanzen scheinen derselben Gesetzmäßigkeit zu folgen. Nur findet eine Abweichung insofern statt, als, wie an zwei Objekten festgestellt wurde, im Februar, wenn schon eine wärmere Witterung eingesetzt hat, eine noch weitere Zunahme an invertierbarer Substanz stattfindet, während der Gehalt an reduzierender Substanz bereits zurückgegangen ist.

Ob der Prozeß dieser Zuckerschwankungen eine periodische Erscheinung ist oder in direkter Abhängigkeit von der Temperatur steht, darüber sollen die Resultate meiner weiteren Versuche, welche auf der Variierung dieses Faktors beruhen, Aufschluß geben.

4. Der Zuckergehalt der Bäume bei Änderung des Temperatur. (Tab. VI).

Zunächst mag untersucht werden, ob die Zuckerzunahme im Winter lediglich durch die niedrige Temperatur veranlaßt ist. In diesem Falle müßte eine Temperatursteigerung den Prozeß rückgängig machen. Eine Reihe derartiger Versuche finden sich in Tabelle VI. So haben Proben von *Tilia*, welche vom 18. Dezember bis zum 5. Januar einer Temperatur von 18° C ausgesetzt waren, nicht wie im normalen Zustande an Zucker zugenommen, sondern es fand eine bedeutende Abnahme statt. Im Holz ist der Gehalt an reduzierender Substanz von 7,55 % auf 6,44 % Cu zurückgegangen; die invertierbare Substanz, von der ursprünglich 0,92 % Cu herrührten, ist vollständig verschwunden. Auch in der Rinde macht sich ein bedeutender Rückgang bemerkbar von 2,66 auf 0,11 % und von 9,23 auf 4,96 % Cu. Ebenso hat *Syringa* in der Zeit vom 16. bis zum 31. Dezember in einer Temperatur von 19° im Holz an reduzierender Substanz von 3,06 auf 1,35 % Cu abgenommen; in der Rinde ist ein entsprechender Verlust von 10,52 auf 8,97 % bezw. von 8,69 auf 5,53 % erfolgt. Bei *Prunus* zeigen zwei Versuche, welche am 23. Dezember auf fast gleich lange Zeit ausgesetzt wurden, daß die größere Temperaturerhöhung auf 19° einen bedeutenderen Rückgang an Zucker hervorruft, als eine Temperaturerhöhung auf 4°. Während von 5,31 % Cu bei 19° nur 1,86 % zurückgeblieben sind, wurden in den bei 4° gehaltenen Objekten 2,31 % Cu gefunden. Ein ähnliches Verhalten zeigt die invertierbare Substanz. Doch auch in der vorgerückten Winterperiode findet die gleiche Reaktion der Zuckerabnahme bei Steigerung der Temperatur statt. Zweige von *Prunus*, welche vom 20. Februar bis zum 5. März bei 19° standen, verloren an Zucker von 3,59 % bis 1,63 % Cu, auch die invertierbare Substanz ging zurück von 0,59 auf 0,18 %. Auch ist in der Rinde der Gehalt an beiden Körperarten zurückgegangen von 15,97 auf 10,06 % Cu reduzierender Substanz und von 2,79 auf 1,74 % Cu. invertierbarer Substanz. Das gleiche Verhalten ist im Februar an *Syringa* und auch *Tilia* beobachtet worden. Ich will hier nicht alle diesbezüglichen Resultate, die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

übrigens in der Tab. VI enthalten sind, angeben, da sie nichts wesentlich Neues bieten; doch will ich erwähnen, daß bei keinem einzigen Versuche eine Zunahme oder auch nur ein Konstantbleiben im Zuckergehalt festgestellt wurde. Stets findet bei Temperaturerhöhung eine Abnahme an reduzierender und, wenn die Temperaturdifferenz nicht sehr gering ist, auch an invertierbarer Substanz statt, und zwar zu jeder Zeit der Winterperiode. Jedoch scheint die Periodizität einen gewissen Einfluß auf den Verlauf des Prozesses auszuüben; darauf scheint wenigstens ein mit der Rinde von *Betula* ausgeführter Versuch hinzuweisen. Während eine am 14. Januar angesetzte Probe nach neuntägigem Aufenthalte bei 22 ⁰ C 0,91 % Cu verlor, fand am 11. Februar bei gleicher Temperatur und gleicher Versuchsdauer ein Verlust an Gesamtzucker statt, der 5,98 % Cu entsprach. und doch war bei beiden Proben der Unterschied im ursprünglichen Zuckergehalt nicht sehr bedeutend. Da aber die Reaktion im Holze in beiden Fällen gleichmäßig stark verlief, so erscheint mir der Versuch nicht sehr überzeugend, sonst wäre das ganz verschiedene Verhalten des Holzes und der Rinde nicht uninteressant.

Die in normalem Zustande erfolgende Zuckerzunahme kann also durch Temperaturerhöhung rückgängig gemacht werden, ist also durch die niedrige Temperatur verursacht. Mit künstlicher Temperaturerniedrigung angestellte Versuche stützen in der Tat diese Ansicht. Nicht in allen Fällen tritt zwar diese Reaktion scharf hervor, weil die Differenzen bei diesem infolge niedriger Temperatur langsam verlaufenden Prozesse klein sind und leicht durch die nnvermeidlichen individuellen Fehler verdeckt werden. Nur in einigen Fällen treten die Unterschiede etwas schärfer herzor. In *Betula* ist nach einer Aufbewahrung zwischen Eis in der Zeit vom 30. Oktober bis zum 20. November eine Zunahme an invertierbarer Substanz von 0,08 bis zu 0,90 % Cu. im Holz und von 2,85 bis 4,29 % in der Rinde beobachtet worden, während der Gehalt an reduzierender Substanz annähernd konstant blieb. Auch wurde beim Holz von *Prunus* durch eine Temperaturerniedrigung auf 1 ⁰ in der Zeit vom 7. bis zum 28. Juli die Bildung von 0,49 % Cu invertierbarer Substanz beobachtet. Auch an mehreren Objekten, welche im Februar bei Zimmertemperatur einen Teil der löslichen Kohlehydrate verloren haben, wurde nach einer mehrere Wochen dauernden Temperaturerniedrigung eine Zuckerzunahme beobachtet. So ist an Birkenzweigen, welche am 20. Februar aus einer Temperatur von 22 ⁰ ins Eis kamen und dort bis zum 16. März verblieben eine Zunahme an invertierbarer Substanz in der Rinde von 1,74 auf 2,40 % Cu hervorzuheben. Auch bei *Tilia* ist in der Zeit vom 31. Januar bis zum 16. März der Gehalt an reduzierender Substanz in der Rinde von 1,07 bis 1,65 % Cu gestiegen. Die übrigen Unterschiede an diesen Objekten treten nicht so scharf hervor. An *Syringa*, welches aus der Zimmertemperatur ins Eis gebracht wurde, in dem es vom 29. Februar bis zum 23. April verblieb, trat überall eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zum Teil bedeutende Zunahme an Zucker ein. Im Holz ist der Gehalt an reduzierender Substanz von 0,66 auf 0,80, an invertierbarer Substanz von 2,05 auf 2,44 % Cu gestiegen, in der Rinde an reduzierender Substanz von 7,54 auf 8,53 %, an invertierbarer Substanz von 7,80 auf 9,32 % Cu. Auch an *Prunus* ist überall, wenn auch zwar etwas geringere Zunahme bemerkbar. Allerdings ist bei allen diesen Versuchen der ursprüngliche Gehalt an löslichen Kohlehydraten nicht erreicht worden; doch wurden die Versuche in vorgerückter Jahreszeit ausgeführt. Dieser Umstand mag wohl hemmend auf den Verlauf des Prozesses gewirkt haben.

Was noch besonders den Unterschied der Reaktionen der reduzierenden und invertierbaren Substanzen betrifft, der in den normalen Schwankungen bereits zum Ausdruck kam, so ist es schwer, darin ein bestimmtes Urteil zu fällen, da bei diesen Resultaten mit noch größeren Fehlern gerechnet werden muß, insofern als das Verhältnis der reduzierenden zu invertierbaren Substanzen in Betracht gezogen wird; hierbei können sich ev. die Fehler beider Resultate summieren. Trotzdem können gewisse Vermutungen ausgesprochen werden. Nicht alle vier Objekte erscheinen mir für die Erörterung dieser Frage geeignet. Besonders die Resultate von *Tilia* möchte ich hier ausschließen wegen der allzu großen Fehler. Auch sind bei *Prunus* nicht alle Versuche leicht zu erklären. Doch zeigen die Resultate von *Syringa* und *Betula* gewisse Gesetzmäßigkeiten, die ich erwähnen will, zumal die verhältnismäßig großen Mengen beider Körperarten eine gewisse Zuverlässigkeit dieser durch Kombination entstandenen Resultate verbürgen. Infolge der Temperaturerhöhung auf ca. 20° C nehmen zwar beide Zuckerarten ab, doch nicht in gleicher Weise. Das Verhältnis der reduzierenden zur invertierbaren Substanz ändert sich zu gunsten ersterer, im Holz von *Betula* z. B. 1 : 0,65 in 1 : 0,48, oder in einem anderen Falle 1 : 1,19 in 1 : 0,50. In der Rinde ist eine ähnliche Umwandlung eingetreten von 1 : 0,21 zu 1 : 0,17 und von 1 : 0,24 zu 1 : 0,16. Das gleiche Verhalten wurde auch bei *Syringa* beobachtet. Im Holze hat sich bei der durch erhöhte Temperatur veranlaßten Zuckerabnahme das Verhältnis von reduzierender zur invertierbaren Substanz in folgender Weise geändert:

1.	aus	1 : 1,63	wurde	1 : 1,50
2.	„	1 : 2,76	„	1 : 1,99
3.	„	1 : 4,80	„	1 : 3,13

in der Rinde entsprechend:

1.	aus	1 : 0,83	wurde	1 : 0,62
2.	„	1 : 0,74	„	1 : 0,90
3.	„	1 : 1,14	„	1 : 1,03.

Es zeigt allerdings Nr. 2 der Rinde ein abweichendes Verhalten. Doch, um nach allen übrigen Versuchen von *Syringa* und *Betula* zu urteilen, nimmt bei einer Temperaturerhöhung, welche eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

rasche Zuckerabnahme bewirkt, besonders stark der invertierbare Zucker an dieser Reaktion Anteil.

Wenn aber das Gleichgewicht nicht derartig rapide gestört ist, sondern nur eine geringe Temperaturerhöhung den Prozeß der Abnahme des reduzierenden Zuckers langsam verlaufen läßt oder wenn sogar die Bedingungen für eine allmähliche Bildung von reduzierendem Zucker gegeben sind, dann wird besonders die Darstellung von invertierbarer Substanz angestrebt. Selbst wenn aber eine nur langsame Abnahme der invertierbaren Substanzen erfolgt, so ändert sich doch das Verhältnis der Menge der reduzierenden zu derjenigen der invertierbaren Substanz zu gunsten der letzteren. Für jeden dieser drei Fälle finden sich in Tab. VI Beispiele. Zweige von *Betula* haben vom 30. Oktober bis zum 20. November bei ca. 1 ⁰ im Holz sowohl wie in der Rinde an reduzierender Substanz abgenommen von 2,43 auf 1,55 % Cu bezw. von 12,47 auf 12,30 % abgenommen, dagegen hat der Gehalt an invertierbarer Substanz stark zugenommen von 0,08 auf 0,90 % bezw. von 2,85 auf 4,29 % Cu. Die Zweige von *Prunus* haben im Eis vom 5. März bis zum 23. April im Holz an beiden Zuckerarten zugenommen, doch ist verhältnismäßig mehr invertierbare Substanz gebildet worden. Im Holz von *Prunus* hat sich infolge von Temperaturerhöhung auf 4 ⁰ das Verhältnis von 1 : 1,63 zu 1 : 3,31 geändert, wobei aber die absoluten Werte beider Zuckerarten zurückgegangen sind. Ein ähnliches Beispiel bietet das Holz von *Prunus*, welches am 23. Dezember einer Temperaturerhöhung von 4 ⁰ ausgesetzt war. Noch einige andere passende Beispiele könnte ich aus der Tabelle hier anführen, doch will ich andererseits nicht verschweigen, daß einige Resultate nicht mit diesen Schlüssen zu vereinbaren sind. Da jedoch diese Unterschiede, vielfach wenigstens, gering sind und diese Fälle den anderen an Zahl bei weitem nachstehen, so neige ich der oben ausgesprochenen Annahme zu, die sehr wohl mit den normalen Veränderungen der Zuckerarten in Einklang steht.

Diese Resultate zeigen also, daß die Bildung und der Verbrauch der invertierbaren und reduzierbaren Substanzen nicht in gleicher Abhängigkeit von der Temperatur stehen. Bei Zimmertemperatur verschwinden die invertierbaren Substanzen in stärkerem Maße als die reduzierenden Zuckerarten. Dagegen wird bei niedriger Temperatur, etwa 1 ⁰, besonders die Bildung von invertierbarer Substanz angestrebt. Am auffälligsten kommt aber der Unterschied beider Prozesse bei einer Temperatur von etwa 5 ⁰ zum Ausdruck, wo die reduzierende Substanz abnimmt, während eine Bildung an invertierbaren Körpern stattfindet.

5. Die Rolle des Zuckers im Stoffwechsel.

Wenn ich die Schwankungen der Mengen des gefällten Kupfers mit dem wechselnden Gehalt an Zucker identifiziere, so ist dies allerdings eine unbewiesene Annahme. Allein die Re-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

aktionsfähigkeit jener Körper, welche in den stets sich ändernden Kupfermengen zum Ausdruck kommt, sowie die später zu besprechenden Korrelationen, die zwischen der Atmungsfähigkeit und jenen Körpern bestehen, lassen darauf schließen, daß jene reduzierenden Stoffe ein wichtiges Glied im Stoffwechsel des Organismus bilden und höchst wahrscheinlich in die Reihe der Zuckerarten gehören. Auch erscheint mir ein etwaiger Einwand unbegründet, daß die Änderung der gefällten Kupfermengen auf bloße molekulare Umlagerungen der Stoffe zurückzuführen wären. Da ja auch Änderungen der Kupfermengen, welche nach der Inversion gefällt werden, vorkommen, so könnte bei gleicher Menge der Kohlehydrate eine starke Änderung der Reduktionsfähigkeit nur dadurch herbeigeführt werden, daß auf eine bestimmte Anzahl von Kohlenstoffatomen bald mehr oder weniger reduzierende Gruppen fielen. Etwa eine Umwandlung von Hexosen in Nonnosen könnte eine solche Änderung der Reduktionswerte bewirken. Nach allen bisherigen Erfahrungen ist aber dies unwahrscheinlich.

Wenn wir nun nach jenen Stoffen suchen, mit denen jene wechselnden Mengen von Zucker im engsten Zusammenhang stehen, so ist vor allem an das unlösliche Kohlehydrat die Stärke zu denken, welche aus Glukosemolekeln aufgebaut ist, wie auch alle sonstigen Erfahrungen der Physiologie dafür sprechen, daß beide Körper im engsten Zusammenhang miteinander stehen. Andererseits ist aber auch die Atmungstätigkeit zu berücksichtigen; da für diesen Prozeß höchst wahrscheinlich der Zucker als Verbrauchsquelle dient. Für die Aufstellung einer genauen Bilanz sind Bestimmungen aller drei Faktoren erforderlich. Leider fehlen mir vollständig die Stärkebestimmungen. Doch auch die qualitativen Beobachtungen Russows und besonders Fischers sowie eine annähernde Schätzung der Atmungsgröße in Verbindung mit den Resultaten meiner Zuckeranalysen geben einige Aufschlüsse über den Verlauf der Prozesse.

Bezüglich der Stärke ist festgestellt worden, daß ihre Abnahme im Winter auf die Wirkung der Kälte zurückzuführen ist. Bei den Fettbäumen geht diese Lösung soweit, daß schließlich alle Stärke aus Holz und Rinde verschwindet. Auch habe ich mich überzeugt, daß in diesem Winter Ende Dezember (1903) *Betula* und *Tilia* vollständig stärkefrei waren. Dieser Prozeß der Stärkeumwandlung ist aber durch eine Temperaturänderung umkehrbar. Ein mehrstündiger Aufenthalt der Objekte bei Zimmertemperatur genügt, um eine Stärkeregeneration hervorzurufen. So füllten sich auch bei meinen Versuchen die Objekte durch Temperaturerhöhung auf 20° rasch mit Stärke. Stets bis zu Ende dieses Versuches waren sie mit Stärke reichlich gefüllt. Eine künstliche Temperaturerniedrigung während der Winterperiode hatte wieder, wie auch Fischer feststellte, eine Stärkelösung zur Folge. So habe auch ich besonders an Proben von *Tilia* und *Betula*, welche nach einem mehrtägigem Aufenthalte

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

im Zimmer ins Eis für längere Zeit gebracht wurden, eine bedeutende Stärkelösung beobachten können.

Beide Prozesse, die Stärke- und Zuckerumwandlung, die normal während der Winterperiode erfolgen, sind in ihrer Verlaufsrichtung von der Temperatur abhängig. Dieser Faktor übt einen umgekehrten Einfluß auf beide Körper aus. Es ist daher bei der sonstigen physiologischen Verwandtschaft beider Körper höchst wahrscheinlich, daß beide Prozesse in einem innern Zusammenhang miteinander stehen. Dieses Verhältnis könnte nun zweierlei Art sein. Es könnte zwischen Zucker und Stärke eine völlige Wechselwirkung herrschen, oder aber der Prozeß könnte nur in einer Richtung verlaufen, insbesondere derart, daß unter dem Einflusse der Kälte Zucker auf Kosten der Stärke entstünde, während bei Temperaturerhöhung der Zucker durch die gesteigerte Atmung beseitigt, Stärke aber aus anderen Stoffen regeneriert wird. Zunächst will ich an eine ähnliche Erscheinung, wo Beziehungen zwischen Zucker und Stärke bestehen, insbesondere an die Verhältnisse, welche an der Kartoffel von Müller-Thurgau[1]) beobachtet wurden, anknüpfen. Der Autor dieser Arbeit hat beobachtet, daß zur Zeit der winterlichen Ruheperiode unterhalb einer gewissen Temperaturgrenze, welche für die verschiedenen Objekte verschieden ist, in der Kartoffel eine Zuckeranhäufung stattfindet, welche anfangs wenig ausgiebig ist, allmählich, etwa nach acht Tagen, energischer, aber ungefähr nach vier Wochen wieder langsamer wird. Der Prozeß verläuft besonders schnell bei etwa 0 °. Zugleich mit der Anhäufung von Zucker macht sich ein Schwinden von Stärke bemerkbar, welches vollständig hinreicht um die Zuckerbildung zu erklären. Den Prozeß der Zuckeranhäufung sieht der Autor als eine Resultante zweier Vorgänge, der „chemischen", unter dem Einflusse der Diastase erfolgenden Stärkelösung und der den gebildeten Zucker verbrauchenden „vitalen" Atmung. Da der erste Prozeß mit steigender Temperatur nur wenig an Geschwindigkeit zunimmt, wie Müller-Thurgau an seinen Versuchen gezeigt hat, dagegen die Atmungskurve bei Temperaturzunahme sehr steil steigt, so treffen bei einer bestimmten Temperatur beide Kurven zusammen, und unterhalb dieser Grenze findet eine Zuckeranhäufung statt, welche desto intensiver wird, je mehr die Zuckerbildung die Atmung übertrifft. Natürlich gibt es auch eine unterste Grenze, unterhalb welcher die Zelle geschädigt wird, so daß dann auch die Zuckerbildung aufhört. Gegen die Annahme, daß der Zucker der verschiedenen Abhängigkeit jener beiden Prozesse von der Temperatur seine Anhäufung verdankt, ist wohl nichts einzuwenden. Nur ist der Vorgang der Zuckerbildung wohl nicht als ein ausschließlich enzymatischer zu bezeichnen, da unter

---

[1]) Über die Zuckeranhäufung in den Pflanzenteilen infolge niedriger Temperatur. Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels der Pflanze. (Landwirtschaft. Jahrbücher Bd. XI. 1882. p. 751.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den Bildungsprodukten Rohrzucker auftritt[1]), obwohl doch eine Ketongruppe in dem Stärkemolekel nicht vorkommt. Ein solcher Vorgang kann also nur auf eine tiefer greifende Umsetzung zurückgeführt werden. Ferner weisen die komplizierten Vorgänge, die offenbar beim Zuckerschwinden auftreten, darauf hin, daß die Zuckerbildung auf einer Regulation der pflanzlichen Zelle beruht. Das Verschwinden des Zuckers wird nämlich nicht durch die bloße Atmungstätigkeit bedingt. Es wird nur, wie der Autor nachgewiesen hat, $^1/_5$ des verschwundenen Zuckers durch die gesteigerte Atmung verbraucht, der Rest dagegen erfährt eine Rückwandlung in Stärke.

Daß ähnlich wie in der Kartoffel auch in den Bäumen durch niedrige Temperatur die Bildung von Zucker aus Stärke bedingt wird, darf wohl aus all den vorher besprochenen Beobachtungen angenommen werden. Ob aber der umgekehrte Prozeß, der an der Kartoffel von Müller-Thurgau beobachtet wurde, daß nämlich bei Temperaturerhöhung die für die Zelle störende Zuckeranhäufung nicht nur durch erhöhte Atmung, sondern sogar zum größten Teil durch Rückbildung in Stärke beseitigt wird, auch in den Zellen der Bäume stattfindet, diese Frage kann auf Grund der bisherigen Beobachtungen noch nicht entschieden werden. Für die Aufklärung dieser Verhältnisse scheint es mir am vorteilhaftesten zu sein, von der Bestimmung der Atmungsgröße auszugehen. So soll denn im folgenden untersucht werden, in welchem Verhältnis der durch die Atmung bedingte Zuckerverlust zu der beobachteten Zuckerabnahme steht.

6. Die Bestimmung der Atmungsgröße.

Zunächst will ich darauf hinweisen, daß dem Vergleiche der Zuckerschwankungen und der Atmungsintensität der Fehler anhaftet, daß beide Größen nicht gleichzeitig bestimmt wurden, und doch hätten beide Bestimmungen sogar an demselben Objekte ausgeführt werden können. Leider sind mir derartige Analysen verunglückt. Jedoch ist bei den Versuchen mit *Tilia*, *Prunus* und *Syringa*, deren Atmungsintensität im März bestimmt wurde, der Phasenunterschied nicht allzu groß. Nur für *Betula* wurde die Atmung erst im August bestimmt. Die Atmungsgröße wurde besonders bei höherer Temperatur gemessen, also für den Fall, wo infolge der Temperatursteigerung der Zuckergehalt abnimmt und Stärke regeneriert wird. Der Vergleich kann nur sehr oberflächlich ausfallen infolge einer methodischen Schwierigkeit. Für die Zuckerbestimmung sind Rinde und Holz getrennt analysiert worden. Die Unterschiede sind hierbei bedeutend. Eine solche Trennung für die Atmungsanalysen hätte dagegen andere erhebliche Fehler verursacht. Sie ist daher nicht

---

[1]) Über die Natur des in süßen Kartoffeln sich vorfindenden Zuckers. (Landwirtsch. Jahrb. von Thiel. Bd. 14. 1885. pag. 909.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ausgeführt worden. Der Vergleich darf also nur mit Vorsicht durchgeführt werden.

Für die Bestimmung der Atmungsintensität wurden Objekte von derselben Beschaffenheit gewählt, wie ich sie zu den übrigen Untersuchungen verwandte. Es wurden 150 g Zweige zusammengebunden und in eine tubulierte Glocke, welche verdunkelt war, gebracht; sie wurden an einem Stabe aufgehängt, der sich in einem doppeltdurchbohrten, zum Verschlusse des Tubus dienenden Gummistopfen befand. Die andere Durchbohrung füllte ein Glasrohr aus, welches zweimal rechtwinklig gebogen war, andererseits durch einen kleinen doppelt durchbohrten Gummistopfen hindurchging und unmittelbar unter diesem endete. Dieser Stopfen verschloß ein sog. Präparatgläschen, an dessen Boden sich etwa 2 ccm Quecksilber befanden, welches mit Wasser überschichtet war. In das Quecksilber tauchte ein dünnes etwa 15 cm langes Röhrchen ein, welches durch die andere Durchbohrung des kleinen Stopfens hindurchging. Durch diese Sperre konnte leicht Luft in die Glocke hineindringen, die sonst mit dem geschliffenen Rand auf einer geschliffenen Glasplatte luftdicht aufgesetzt war; Fett diente als Dichtungsmittel. Die Quecksilbersperre verhinderte aber ein Austreten der Luft, welches sonst leicht durch Temperaturschwankungen etc. hätte hervorgerufen werden können. Zur Absorption und Bestimmung der produzierten Kohlensäure dienten 100 ccm titrierter Kalilauge (etwa doppelt normal), welche sich unter der Glocke in einer Porzellanschale befand. Für genügende Feuchtigkeit war durch nasses Fließpapier, das an die Wandung der Glocke angelegt wurde, und durch eine weite Kristallisierschale mit Wasser, in der die Schale mit Kalilauge stand, gesorgt. Nach abgelaufener Versuchsdauer wurde die Kalilauge in ein 500 ccm Meßkolben gespült, dazu wurden 50 ccm 25% $BaCl_2$-Lösung hinzugegeben und zur Marke aufgefüllt. Nach dem Umschütteln ließ ich in dem mit einem Stopfen gut verschlossenen Kolben den Niederschlag sich absetzen, und es wurden 50 ccm der klaren ev. filtrierten Flüssigkeit mit halbnormaler Salzsäure titriert. Die Titration wurde noch ein- bis zweimal wiederholt. Eine gleiche Titration wurde unter entsprechender Verdünnung und Zusatz von Baryumchlorid mit reiner Kalilauge, die bei der Herstellung der Lösung doch etwas Kohlensäure aus der Luft absorbiert hatte, angestellt. Bei diesen Versuchen sind die Konzentrationen zu beachten. Die Kalilauge muß so reichlich vorhanden sein, daß alle CO_2 als einfaches Karbonat gebunden werden kann, weil aus Bikarbonaten unter Zusatz von $BaCl_2$ freie CO_2 entweicht, ein Vorgang, der wohl durch folgende Formel schematisiert werden kann: $2\,KHCO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2\,KCl + H_2O + CO_2$. Auch das $BaCl_2$ muß in genügender Menge vorhanden sein. Es muß sich die klare über dem abgesetzten Karbonat stehende Flüssigkeit bei weiterem Kohlensäurezusatz trüben können. Doch muß man mit dem $BaCl_2$-Zusatz vorsichtig sein, weil ein allzugroßer Überschuß ein Aus-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fallen des schwerlöslichen $Ba(OH)_2$ bewirken würde; in diesem Falle würde man in der Flüssigkeit zu wenig Alkali finden. Eine gesättigte wässrige Baryumhydroxydlösung enthält nämlich nur 1,3 % $Ba(OH)_2$ bei 0° und 3,2 % $Ba(OH)_2$ bei 18° C.[1]). Als Indikator verwandte ich Methylorange, welches gegen CO_2 sehr wenig empfindlich ist, so daß also etwa geringe während der Titration absorbierte Kohlensäuremengen keinen erheblichen Fehler verursachen konnten.

Alle diese Umstände fanden bei meinen Analysen, wie aus Tab. VII ersichtlich ist, Berücksichtigung. Die zum Titrieren verwandte Salzsäurelösung enthielt, wie ich durch Titrationen mit geglühter Soda (Na_2CO_3) feststellte, in 1 ccm 0,019099 g HCl. 100 ccm Kalilauge konnten nach dem Ausfällen der CO_2 mit $BaCl_2$ durch 330,0 ccm HCl neutralisiert werden, zur Titration wurde stets der zehnte Teil dieser Mengen verwandt. Es konnten also durch 100 ccm Kalilauge 3,804 g CO_2 zu einfachem Karbonat gebunden werden, ein Wert, wie er in keiner Analyse erreicht wurde, wie dies die Kolumnen 3 der Tab. VII zeigen. Auch genügten stets 50 ccm der 25 % $BaCl_2$-Lösung, da eine solche sich mit 2,295 g CO_2 umzusetzen vermag. Durch Einleiten von Kohlensäure in eine Probe überzeugte ich mich stets, ob das Baryumsalz im Überschusse vorhanden war. Auch war bei den Konzentrationsverhältnissen, die ich anwandte, ein Ausfallen von $Ba(OH)_2$ ausgeschlossen, da der Gehalt an Baryum ohne Fällung 1,75 % berechnet auf $Ba(OH)_2$ betrug. Dafür, daß unter den obwaltenden Verhältnissen kein Ausfallen zu befürchten war, spricht mit großer Wahrscheinlichkeit der Umstand, daß im ungünstigsten Falle, wo reine Kalilauge titriert wurde, dasselbe Resultat bei Anwendung von nur 25 ccm $BaCl_2$-Lösung erreicht wurde. Es wurden stets 50 ccm titriert, dies geschah zwei- ev. dreimal, und aus den Resultaten wurde das Mittel gezogen. Für die Berechnung mußte also die erhaltene Zahl der ccm mit 10 multipliziert und von 330,0 subtrahiert werden; die erhaltene Zahl wurde mit 0,011527 multipliziert, da dieser Anzahl g CO_2 1 ccm der HCl-Lösung entspricht. Auf diese Weise sind die Zahlen der 3 Kolumnen berechnet worden. Die letzte Kolumne ist deshalb hergestellt worden, weil auch die Zuckerbestimmungen auf Trockensubstanz berechnet sind. Die Trockengewichtsbestimmungen sind doppelt ausgeführt worden, und aus beiden Resultaten ist der Mittelwert berechnet. Diese Analysen sind so ausgeführt worden, daß entsprechende Proben von 20—30 g zwei Tage bei 70° getrocknet und dann für ein Monat in den Exsikkator gestellt wurden.

Bei den höheren Temperaturen, 19° und 22°, sind stets Doppelbestimmungen ausgeführt worden, deren Abweichungen auf individuelle Unterschiede zurückzuführen sind. Diese Differenzen sind nicht allzu groß. Bei *Tilia* sind die Abweichungen

---

[1]) Kohlrausch, Lehrb. der praktischen Physik. 9. Aufl. 1901. p. 583. Tab. 15.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vom Mittelwerte nicht größer als 5 %. Auch bei *Prunus* stimmen die Parallelwerte ziemlich überein. Jedoch sind die zufällig gleichen Atmungswerte bei 19° und 22° auf größere individuelle Verschiedenheiten zurück zu führen. Weniger gut stimmen die Werte bei *Betula* überein, wo die Abweichungen vom Mittelwerte 12,07 bezw. 16,67 % desselben betragen. Bei *Syringa* ist im ersten Stadium eine gute Übereinstimmung der Resultate erzielt worden. Die größeren Unterschiede im zweiten Stadium sind wohl auf eine ungleiche Schädigung durch die Versuchsdauer zurück zu führen. Besonders auffallend ist übrigens der Umstand, daß die Atmungsintensität stets in der zweiten Periode bei höherer Temperatur bis fast auf die Hälfte fällt, während sie bei niedriger Temperatur steigt. Diese Änderung ist allzu groß und allzu regelmäßig, als daß sie etwa auf eine Minderung der Folgen des Wundreizes oder irgend welche zufälligen Umstände zurückzuführen wäre; vielmehr ist es wohl dieselbe Erscheinung, die Müller-Thurgau an der Kartoffel beobachtet hat, daß nämlich die Atmungsintensität durch den Zuckergehalt beeinflußt wird. Bei Zuckerabnahme wird die Atmung auch dann schon stark herabgedrückt, wenn noch bedeutende Zuckermengen vorhanden sind.

Eine sehr erhebliche Fehlerquelle ist schließlich noch in dem Umstande zu suchen, daß eine Umrechnung auf Trockensubstanz notwendig wurde. Wiewohl diesen Resultaten also eine große Ungenauigkeit anhaftet, so scheinen sie mir dennoch zu genügen, um einige Schlußfolgerungen zu ziehen.

7. Der durch die Atmung bewirkte Zuckerverbrauch. (Tab. VIII.)

Um nun den durch die Atmung bedingten Verbrauch mit der Zuckerabnahme zu vergleichen, ist noch die Umrechnung von Kohlensäure auf Zucker notwendig. 100 Gewichtsteile CO_2 entsprechen 68,18 Gewichtsteilen Glukose. Der Übersicht halber sind die beiden zu vergleichenden Größen in Tab. VIII zusammengestellt. Vor allem ist besonders das Resultat auffällig, daß der durch die Atmung bedingte Verlust für die Bilanz des Stoffwechsels eine keineswegs zu vernachlässigende Größe ist, vielmehr fast durchweg größer ist als die Zuckerabnahme des Holzes, jedoch im allgemeinen geringer als der Zuckerverlust der Rinde. Man kann sich angesichts dieser, wenn auch noch so ungenauen, Resultate doch nicht der Annahme erwehren, daß der während der Versuchsdauer eingetretene Verlust an Zucker sehr wohl vollständig mit dem durch die Atmung bedingten Verbrauch zu erklären sei. Danach ist es verständlich, daß die Größe des Atmungsverlustes zwischen der Zuckerabnahme der Rinde und derjenigen des Holzes steht. Die Atmungsgröße ist als Resultante der Atmung des Holzes und der Rinde aufzufassen. Die an lebenden Zellen reiche Rinde atmet wohl stärker als das Holz, welches zahlreichere tote Elemente in sich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schließt. Beide Größen sind außerdem noch von dem Verhältnis der Rinden- und Holzmassen — hierbei spielt das Alter der Zweige eine Rolle — und, sofern wir Umrechnungen auf die Trockensubstanz ausführen, auch von dem Wassergehalt beider Teile abhängig. Daß in zwei Fällen bei *Syringa* der aus der Atmung berechnete Zuckerverlust größer ist als der selbst bei der Rinde festgestellte, ist wohl auf den Fehler zurückzuführen, daß beide Größen zu verschiedener Zeit bestimmt wurden. Die Annahme erscheint um so wahrscheinlicher, als der dritte Versuch, der nur etwa 20 Tage vor der Bestimmung der Atmungsgröße ausgeführt wurde, den bei den andern Objekten gemachten Beobachtungen sich anschließt.

Wenn nun der Atmungsverlust im Verhältnis zum Zuckergehalt so bedeutend ist, anderseits aber während der Dauer des Versuches die Stärke nicht abnimmt, sondern sogar zunimmt und besonders bei den Fettbäumen in ihrer ganzen Menge erst während der Versuchsdauer entsteht, so muß in Anbetracht dessen der Schluß gezogen werden, daß noch andere Quellen in den Bäumen vorhanden sind, aus denen die Kohlenhydrate das Material zu ihrer Bildung schöpfen, sei es, daß Stärke aus diesen Stoffen gebildet wird, oder daß Zucker entsteht, der den Atmungsbedarf deckt und die Stärkeregeneration ermöglicht. So ist es auch wohl zu erklären, daß im Frühjahr lange Zeit hindurch eine gesteigerte Atmung unterhalten wird und gelöste Kohlenhydrate in großen Mengen durch die Gefäße lange Zeit emporgeleitet werden, ehe eine erhebliche Stärkelösung auftritt [1]).

Was die Stoffe, aus denen die Kohlenhydrate entstehen, betrifft, so wäre an verschiedene Möglichkeiten zu denken. Bei den Fettbäumen könnte daran das Fett beteiligt sein. Eine unmittelbare Umwandlung beider Stoffe erscheint mit Rücksicht auf die im ersten Teile der Arbeit erwähnten Beobachtungen wenig wahrscheinlich. Der Übergang könnte allerdings durch Zwischenprodukte vermittelt sein. Auch nicht undenkbar ist die Beteiligung solcher hochmolekularer Kohlenhydrate, wie Hemizellulose oder Pentosane, Stoffe, denen gerade von diesem Gesichtspunkte aus Stover besonders in einer seiner Arbeiten [2]) seine Aufmerksamkeit zugewandt hat. Ferner dürfen wir aber auch die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, daß die Kohlenhydrate aus Körpern gebildet werden, die bis jetzt überhaupt in der Lehre über den Stoffwechsel keine genügende Berücksichtigung gefunden haben. Dies erscheint mir um so wahrscheinlicher, als die Analysen einiger Reservestofforgane sehr auffallend darauf hindeuten, daß im Stoffwechsel noch Körper eine wichtige Rolle spielen, über deren Natur wir noch gar nicht genügend aufgeklärt sind.

---

[1]) Fischer, l. c. pag. 101. 102.

[2]) Stover, F. H., Observations on some of the chemical substances in the trunks of trees. (Bulletin of the Bussey Institution Harvard Universiyt Cambridge. 1897. Vol. II. Part. VI.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ich will einige der vielen Analysen herausgreifen, die sich im Handbuch von König[1]) finden:

	Wasser	N.-substanz	Fett	Zukker	Sonstige N-freie Extraktivstoffe	Rohfaser	Asche
Rotrübe *Beta vulg. conditiva*	88,05	1,05	0,10	0,50	7,88	1,07	1,00
Teltower Rübe *Brassica rapa telt.*	81,90	3,52	0,14	1,24	10,10	1,82	1,28
Kohlrabi *Brassica oleracea caulorapa*	85,89	2,87	0,21	0,38	7,80	1,68	1,17
Zwiebel *Allium cepa rosea*	86,51	1,60	0,15	2,70	7,68	0,71	0.65
Zuckerrübe *Beta vulg.*[2])	82,79	1,12	—	10,56	+ Fett 0,45	4,07	1,01

Aus diesen Analysen geht wohl zur Genüge hervor, daß mit dem geringen Prozentsatz an Zucker und Fett nicht die Masse der Stoffe erschöpft sein kann, die für die austreibenden Sprosse das Bildungs- und Atmungsmaterial liefern sollen, für die jene Organe überhaupt gebildet wurden. Vielmehr werden gerade jene unbekannten als „sonstige stickstoffreie Extraktivstoffe" angegebenen Körper die Hauptmasse des Reservematerials bilden. Sie sind bei der Zuckerrübe auf das Minimum beschränkt; in diesem Objekt ist ja das Reservematerial in Form von Rohrzucker gespeichert. Welcher Art die fraglichen Stoffe sind, ist schwer zu sagen.

Mit dem Hinweis auf diese Verhältnisse habe ich zeigen wollen, daß die Annahme, daß bisher noch nicht berücksichtigte Körper im Stoffwechsel der Bäume eine wesentliche Rolle spielen, nicht unbegründet ist.

VII. Zusammenfassung der hauptsächlichsten Ergebnisse.

Die vorliegende Arbeit schließt sich an die von Fischer in den „Beiträgen für Physiologie der Holzgewächse" niedergelegten mikrochemischen Beobachtungen eng an. Zunächst wurde makrochemisch untersucht, ob direkte Beziehungen zwischen Stärke und Fett bestehen. Es wurde zwar die Beobachtung Russows

---

[1]) König, J., Chemische Nahrungs- und Genußmittel. Aufl. IV. 1903. Bd. I. p. 777.

[2]) l. c. p. 758. Nr. 66, Analyse nach Völker.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und Fischers bestätigt, daß im Winter der Fettgehalt der Bäume zunimmt, um dann wieder zurückzugehen. Allein der Prozeß ist in seiner Verlaufsrichtung durch die Temperatur nicht umkehrbar, nur übt dieser Faktor auf die Reaktionsgeschwindigkeit einen Einfluß aus; und zwar wirkt eine Temperaturerhöhung beschleunigend auf die Fettbildung. Bezüglich der Fettlösung konnte der Einfluß der Temperatur noch nicht festgestellt werden. Der Prozeß der Fettumwandlung kann also nicht direkt mit dem Prozesse der Stärkeumwandlung zusammenhängen.

Vielmehr kann mit großer Wahrscheinlichkeit behauptet werden, daß die Stärke unter dem Einflusse der Kälte sich in Zucker umwandle, ähnlich wie bei dem Süßwerden der Kartoffeln. Verwickelter liegen die Vorgänge bei einer Temperaturerhöhung. Der hierbei infolge der Atmung gesteigerte Zuckerverlust ist eine nicht zu vernachlässigende Größe. Eine so genau, als es die Umstände erlaubten, ausgeführte Schätzung dieser Größe führte zu dem Schlusse, daß noch andere Körper durch Bildung von Kohlenhydraten sich an dem Stoffwechsel der Bäume beteiligen.

Vorliegende Untersuchungen wurden von Ostern 1903 bis Herbst 1904 im Botanischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt. Dem Leiter dieses Instituts, Herrn Geheimen Hofrat Prof. Dr. W. Pfeffer, fühle ich mich für die vielfachen Anregungen und die freundliche Unterstützung, die er mir stets gewährte, zu tiefstem Danke verpflichtet. Dem Assistenten, Herrn Dr. A. Nathansohn spreche ich für das lebhafte Interesse, welches er dem Fortschreiten meiner Untersuchungen entgegenbrachte, und für die Ratschläge, die er mir erteilte, den besten Dank aus.

Leipzig, November 1904.

Tab. I. Der Fettgehalt der Bäume bei Änderung der Temperatur.

Bei Temperaturerhöhung.							
1	2	3	4	5	6	7	8
Bezeichnung des Versuchsobjektes	Ursprünglicher Fettgehalt %	Versuchsdauer und Temperaturangabe in ° C.	Angewandte Substanzmenge g	Gefundene Fettmenge g	Fettgehalt in %	Mittelwert der Vergleichsresultate	Abweichung vom Mittelwert in %
Tilia parvifolia							
Holz	6,42	Vom 30. XII. 03 bis	2,7775	0,2349	8,46	7,44	13,71
Rinde	7,87	4. I. 04 bsi 19°	6,9448	0,6095	8,78	8,325	5,47
Holz	9,16	Vom 22.—31. I.	3,1335	0,2386	7,61	8,385	9,24
Rinde	10,28	bei 19°	6,2011	0,5710	9,21	9,745	9,37
Holz	7,68	Vom 29. I. bis	4,8797	0,3778	7,74	7,71	0,39
Rinde	8,91	8. II. bei 19°	4,9906	0,4312	8,64	8,775	1,54
Betula alba							
Holz	2,29	Vom 14.—23. I.	6,6222	0,1310	1,98	2,135	7,26
Rinde	2,40	bei 22°	6,1704	0,1608	2,61	2,505	4,20
Holz	1,64	Vom 11.—20. II.	3,5822	0,0568	1,59	1,615	1,55
Rinde	2,40	bei 22°	7,7849	0,1732	2,23	2,315	3,67

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. I. Der Fettgehalt der Bäume bei Änderung der Temperatur.

Bei Temperaturerniedrigung.

1	2	3	4	5	6	7	8
Bezeichnung des Versuchsobjektes	Ursprünglicher Fettgehalt %	Versuchsdauer und Temperaturangabe in ⁰ C.	Angewandte Substanzmenge g	Gefundene Fettmenge g	Fettgehalt in %	Mittelwert der Vergleichsresultate	Abweichung vom Mittelwert in %
Tilia parvifolia							
Holz	7,61	Vom 31. I. bis 16. II. bei 4⁰, dann bis 15. III. bei 1⁰	3,6348	0,2581	7,10	7,355	3,47
Rinde	9,21		3,7652	0,3369	8,95	9,08	1,43
Holz	7,74	Vom 8. II. bis 16. II. bei 4⁰, dann bis 23. IV. bei 1⁰	5,6680	0,4025	7,10	7,405	4,12
Rinde	8,64		4,4176	0,3793	8,59	8,615	0,28
Betula alba							
Holz	2,16	Vom 30. X. bis 20. XI. bei 1⁰	1,8411	0,0427	2,32	2,24	3,57
Rinde	2,10		2,6178	0,0631	2,41	2,255	6,87
Holz	1,59	Vom 20. II. bis 16. III. bei 1⁰	5,6064	0,0880	1,57	1,58	0,63
Rinde	2,23		6,8925	0,1246	1,81	2,02	10,40

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. II. Der Fettgehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

Holz					
	1	2	3	4	5
Versuchszeit	Angewandte Substanzmenge g	Gefundene Fettmenge g	Fettgehalt in %	Durchschnittswert von Parallelproben	Abweichung v. Durchschnittswert in %
Tilia parvifolia.					
30. XII. 1903	5,8389 2,9872	0,3677 0,1955	6,30 6,54	6,420	1,87
14. I. 1904	3,2665 3,3074	0,2321 0,2332	7,11 7,02	7,065	0,64
22. I.	3,6129 6,2361	0,3312 0,5697	9,17 9,14	9,155	0,16
29. I.	a. 6,3280 b. 3,8367 c. 4,0498 d. 5,5131	0,4774 0,3026 0,3041 0,4292	7,54 7,89 7,51 7,79	7,683	— 1,86 + 2,69 — 2,25 + 1,39
Betula alba.					
5. VIII. 1903	2,5468	0,0444	1,74	—	—
30. X.	2,5770	0,0556	2,16	—	—
14. I. 1904.	6,0356	0,1383	2,29	—	—
9. II.	a. 4,5314 4,4588	0,0770 0,0808	1,70 1,81	1,641	+ 6,95
	b. 6,9828	0,1098	1,57		— 4,33
	c. 4,2794	0,0637	1,49		— 9,20
	d. 6,8549 4,4054	0,1165 0,0793	1,70 1,80		+ 6,64

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. II. Der Fettgehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

Rinde					
	1	2	3	4	5
Versuchszeit	Angewandte Fettmenge g	Gefundene Substanzmenge g	Fettgehalt in %	Durchschnittswert von Parallelproben	Abweichung v. Durchschnittswert in %
Tilia parvifolia.					
30. XII. 1903	3,7568	0,2955	7,87	—	—
14. I. 1904	5,9698	0,4982	8,35	—	—
22. I.	3,9366	0,4045	10,28	—	—
29. I.	4,0792	0,3582	8,78	8,905	— 1,40
	3,8414	0,3393	8,83		— 0,84
	3,8218	0,3380	8,84		— 0,73
	3,8369	0,3518	9,17		+ 2,98
Betula alba.					
5. VIII. 1903	3,5227	0,0845	1,91	—	—
30. X.	2,3808	0,0500	2,10	—	—
14. I. 1904	7,3000	0,1748	2,40	—	—
9. II.	7,5760	0,1813	2,39	2,403	— 0,54
	5,9677	0,1344	2,25		— 6,37
	7,8832	0,2025	2,57		+ 6,95

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. III. Der Fettgehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Holz				
	1	2	3	4	5
Versuchszeit	Angewandte Substanzmenge g	Gefundene Fettmenge g	Fettgehalt in %	Mittelwert	Abweichung in %
Prunus avium					
7. VII.	4,6306	0,0283	0,61		
12. VIII.					
23. XII.	4,2368	0,0170	0,40	0,53	24,53
	4,2912	0,0282	0,66		
14. I.	5,4242	0,0368	0,68		
20. II.	6,9513	0,0368	0,46		
Syringa vulgaris					
22. XI.	3,5702	0,0111	0,31		+ 13,55
	3,4766	0,0090	0,26	0,273	— 4,76
	6,9744	0,0174	0,25		— 8,43
16. XII.	4,1058	0,0142	0,35	0,355	1,41
	3,5811	0,0130	0,36		
14. I.	6,0900	0,0235	0,39		
20. II.	5,5077	0,0288	0,52		

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. III. Der Fettgehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Rinde				
	1	2	3	4	5
Versuchszeit	Angewandte Substanzmenge g	Gefundene Fettmenge g	Fettgehalt in %	Mittelwert	Abweichung in %
Prunus avium					
7. VII.					
12. VIII.	3,8431	0,0740	1,93		
23. XII.	4,6512	0,1010	2,17		
14. I.	6,8311	0,2043	2,99		
20. II.	4,2924	0,1099	2,56		
Syringa vulgaris					
22. XI.	3,9466	0,0858	2,17	2,33	6,87
	3,2493	0,0808	2,49		
16. XII.	4,6150	0,1458	3,16		
14. I.	5,7234	0,1285	2,25		
20. II.	6,0151	0,1420	2,36		

Tab. IV. Der Zuckergehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Holz													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Vor der Inversion						Nach der Inversion						
Datum	Angewandte Substanzmenge	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Mittelwert	Abweichung in %	Umrechnung a. Glucose	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Mittelwert	Abweichung in %	Umrechnung a. Invertz.	% *Cu* v. d. Inv. / % *Cu* n. d. Inv. = x
Betula alba														
18. VI.	3,4338	50/250	0,0289	4,21			2,31	25/250	0,0206	1,79			1.12	0.43
5. VIII.	7,9989	50/500	0,0076	0,95			0,70	50/500	0.0112	0.45			0,24	0.47
30. X.	3,9173	50/500	0,0095	2,43			1,48	25/500	0,0049	0.08			0,05	0,03
14. I.	13,1839	50/500	0,0497	3,77			1,96	40/500	0,0654	2.44			1,26	0,65
9. II. a.	14,2784	50/500	0,0363	2,54		— 4,51		40/500	0.0697	3,56		+ 12,30		
b.	16,1999	50/500	0,0434	2,68	2,66	+ 0,75	1,40	40/500	0,0737	3,01	3,17	— 5,05	1,72	1,19
c.	11,4371	50/500	0,0300	2,62		— 1,50		40/500	0.0509	2,94		— 6.63		
d.	14,4454	50/500	0,0404	2,80		+ 5,26		40/500	0.0689	3,16		— 0,32		
Tilia parvifolia														
30. XII.	8,2925	50/500	0,0626	7,55			3,87	40/500	0,0562	0,92			0,50	0.12
14. I.	17,1497	50/500	0,1312	7,65			3,90	40/500	0,1181	0,96			0,51	0,13
22. I.	15,4870	50/500	0,1056	6,82			3,47							
	13,9414							40/500	0,1041	2,40			1,64	0.35
29. I. a.	11,6483	50/500	0,1050	9,01		+ 12,91	4,59	40/500	0,0903	0,68		— 11,70	0,36	0,05
b.	15,5706	50/500	0,1259	8,09	7,98	+ 1,38	4,12	40/500	0,1118	0,89	0,77	+ 1,43	0,41	0,11
c.	14,7504	50,500	0,1173	7,95		— 0,38	4,05	40/500	0,0986	0,40		— 48,10	0,22	0,05
d.	11,8670	50/500	0,0813	6,85		— 14,16	3,50	40/500	0,0755	1,10		+ 42,90	0,59	0,16

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. IV. Der Zuckergehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Rinde													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Vor der Inversion						Nach der Inversion						
Datum	Angewandte Substanzmenge	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Mittelwert	Abweichung in %	Umrechnung a. Glucose	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Mittelwert	Abweichung in %	Umrechnung a. Invertz.	% *Cu* v. d. Inv. / n. d. Inv. = $\frac{1}{x}$
Betula alba														
18. VI.	5,2312	25/250	0,0810	15,48			7,90	12,5/250	0,0476	2,71			1,45	0,18
5. VIII.	4,2649	25/250	0,0594	13,93			7,15	25/250	0,0717	2,88			1,54	0,21
30. X.	3,0480	50/250	0,0760	12,47			6,37	50/250	0,0934	2,85			1,52	0,23
14. I.	16,8955	50/500	0,2584	15,29			7,91	33,3/500	0,2270	3,16			1,90	0,21
9. II. a.														
b.	23,6920	50/500	0,3428	14,47		— 3,15		40/500	0,3474	3,86		+ 6,04		
c.	20,9633	50/500	0,3040	14,50	14,94	— 2.95	7,82	40/500	0,3024	3,57	3,64	— 1,92	1,94	0,24
d.	19,8057	50/500	0,3138	15,84		+ 6,02		40/500	0,3065	3,50		— 3,85		
Tilia parvifolia														
30. XII.	7.6083	50/500	0,0202	2,66			1,46	33,3/500	0,6030	9,23			4,93	3,48
14. I.	14.6440	50/500	0,0426	2,91			1,52	50/500	0,2413	13,57			7,23	4,66
22. I.	15,0917	50/500	0,0260	3,45			1,86	40/500	0,2150	14,45			7,36	4,19
29. I. a.	14,9133	50/500	0,0410	2,75		— 3,51	1,44							
	12,3068							40/500	0,1710	14,63		+ 5,27	7,68	5,32
b.	12,8823	50/500	0,0389	3,02	2,85	+ 5,97	1,58	40/500	0,1681	13,30		— 4,04	6,98	4,40
c.	18,0868	50/500	0,0463	2,56		— 10,18	1,33				13,86			
	12,1109							40/500	0,1597	13,91		+ 0,36	7,30	5,43
d.	14,8838	50/500	0,0455	3,06		+ 7,37	1,59	40/500	0,1985	13,61		— 1,80	7,18	4,45

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. V. Der Zuckergehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Holz									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Vor der Inversion				Nach der Inversion				
Datum	Angewandte Substanzmenge	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Glucose	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Invertz.	% *Cu* v. d. Inv. / n. d. Inv. = $\frac{1}{x}$ X
Syringa vulgaris										
22. XI.	10,2031	50/500	0,0132	1,29	0,75	40/500	0,0314	2,55	1,36	1,97
	10,1652	50/500	0,0130	1,28	0,75	40/500	0,0292	2,31	1,23	1,81
16. XII.	10,1551	50/500	0,0172	1,69	0,95	40/500	0,0385	3,06	1,63	1,81
	10,8394	50/500	0,0182	1,68	0,93	40/500	0,0402	2,96	1,58	1,76
14. I.	19,1587	50/500	0,0252	1,32	0,71	40/500	0,0759	3,63	1,94	2,76
20. II.	18,1524	50/500	0,0177	0,98	0,55	40/500	0,0821	4,68	2,49	4,80
Prunus avium										
7. VII.	7,0488	50/500	0,0162	2.30	1,29	50/500	0,0162	0,00	0,00	0,00
12. VIII.										
23. XII.	9,1453	50/500	0,0486	5,31	2,76	40/500	0,0416	0,37	0,20	0,07
	13,1039	50/500	0,0756	5,77	2,95	40/500	0,0644	0,37	0,20	0,06
14. I.	18,4823	50/500	0,0743	4,02	2,06	40/500	0,0743	1,01	0,54	0,25
20. II.	18,9289	50/500	0,0680	3,59	1,83	40/500	0,0634	0,58	0,32	0,16

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. V. Der Zuckergehalt der Bäume in den verschiedenen Phasen der Winterperiode.

	Rinde									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Vor der Inversion				Nach der Inversion				
Datum	Angewandte Substanzmenge	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Glucose	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Invertz.	% *Cu* v. d. Inv. / n. d. Inv. $= \frac{1}{x}$ X
Syringa vulgaris										
22. XI.	6,2161	50/500	0,1846	14,85						
	5,1661	50/500	0,0762	14,75	7,53	40/500	0,0745	3,27	1,74	0,22
16. XII.	12,7229	50/500	0,1339	10,52	5,36	40/500	0,1956	8,69	4,64	0,83
14. I.	17,1100	50/500	0,1830	10,70	5,48	40/500	0,2553	7,96	4,16	0,74
20. II.	18,8232	50/500	0,1758	9,34	4,78	40/500	0,3003	10,60	5,59	1,14
Prunus avium										
7. VII.										
12. VIII.	3,7586	50/500	0,0500	13,30	6,90	40/500	0,0543	4,76	2,53	0,36
23. XII.										
	4,8523	50/500	0,0837	17,25	8,80	40/500	0,0821	3,90	2,07	0,23
14. I.	17,1169	50/500	0,2825	16,50	8,58	40/500	0,2660	2,92	1,96	0,18
20. II.	17,1092	50/500	0,2730	15,97	8,28	40/500	0,2566	2,79	1,49	0,17

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. VI. Der Zuckergehalt der Bäume bei Änderung der Temperatur.

Holz													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Versuchsdauer	Angewandte Substanzmenge	Vor der Inversion					Nach der Inversion					$Cu\,\%\,\frac{\text{v. d. Inv.}}{\text{n. d. Inv.}} = \frac{1}{x}$ X	
		Vergleichswert % *Cu*	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Glucose	Vergleichswert % *Cu*	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Invertzuck.	der Vergleichswert	der durch Temperaturänderung entstand. Wert
Betula alba													
14.—23. I. bei 22°	11,9851	3,77	50/500	0,0227	1,89	1,03	2,44	40/500	0,0268	0,90	0,48	0,65	0,48
11.—20. II. bei 22°	14,2742	2,66	50/500	0,0220	1,54	0,84	3,17	40/500	0,0263	0,76	0,41	1,19	0,50
Tilia parvifolia													
30. XII.—5. I. bei 18°	9,9393	7,55	50/500	0,0640	6,44	3,30	0,92	33,3/500	0,0390	0,00	0,00	0,12	0,00
23.—31. I. bei 19°	14,8988	6,82	50/500	0,0867	5,82	2,97	2,40	40/500	0,0720	0,22	0,12	0,35	0,04
29. I. — 8. II. bei 22°	12,1326	7,98	50/500	0,0605	4,99	2,56	0,80	40/500	0,0502	0,19	0,10	0,11	0,04
Syringa vulgaris													
16.—31. XII. bei 19°	13,9071	1,69	50/500	0,0125	0,90	0,53	3,06	33,3/500	0,0208	1,35	0,72	1,63	1,50
16. XII. — 5. I. bei 4°	7,9481	1,69	50/500	0,0051	0,64	0,39	3,06	40/500	0,0176	2,13	1,13	1,63	3,31
14.—22. I. bei 19°	21,1776	1,32	50/500	0,0176	0,83	0,46	3,63	40/500	0,0424	1,66	0,89	2,76	1,99
20.—29. II. bei 22°	15,8568	0,98	51/500	0,0104	0,66	0,40	4,68	40/500	0,0343	2,05	1,10	4,80	3,13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Prunus avium													
7.—13. VII, bei 26°	3,5956	2,30	50/500	0,0040	1,10	0,68	0,00	40/500	0,0032	0,00	0,00	0,00	0,00
23. XII. — 3. I. bei 19°	16,0017	5,31	50/500	0,0298	1,86	0,99	0,37	40/500	0,0272	0,26	0,14	0,07	0,14
23. XII. — 4. I. bei 4°	14,5510	5 31	50/500	0,0336	2,31	1,22	0,37	40/500	0,0327	0,51	0,27	0,07	0,22
14.—25. I. bei 19°	18,8669	4,02	50/500	0,0479	2,52	1,32	1,01	40/500	0,0496	0,72	0,39	0,25	0,28
20. II. — 5. III. bei 19°	19,5335	3,59	50/500	0,0318	1,63	0,87	0,58	40/500	0,0284	0,18	0,10	0,16	0,11
Betula alba													
18. VI. — 2. VII. bei 7°	3,6310	4,21	25/250	0,0184	5,07	2,81	1,79	25/500	0,0229	1,24	0,66	0,43	0,44
30. X. — 20. XI. bei 1°	4,1203	2,43	50/500	0,0064	1,55	0,95	0,08	40/500	0,0081	0,90	0,49	0,03	0,58
20. II. — 16. III. bei 1° aus 22°	12,5304	1,54	50/500	0,0195	1,56	0,86	0,76	40/500	0,0216	0,60	0,32	0,50	0,39
Tilia parvifolia													
31. I. — 16. II. bei 4° — 16. III. bei 1°	12,8152	5,82	50/500	0,0661	5,16	2,65	0,22	40/500	0,0630	0,10	0,05	0,04	0,02
8.—16. II. bei 4° — 23. IV. bei 1°	13,6692	4,99	50/500	0,0666	4,87	2,50	0,19	40/500	0,0548	0,14	0,07	0,04	0,02
Syringa vulgaris													
29. II. — 23. IV. bei 1°	18,6036	0,66	50/500	0,0149	0,80	0,46	2,05	40/500	0,0482	2,44	1,30	3,13	3,05
Prunus avium													
20, II. — 5. III. bei 4°	17,0015	3,59	50/500	0,0434	2,55	1,33	0,58	40/500	0,0425	0,58	0,38	0,16	0,23
5. III. — 23. IV. bei 1° aus 19°	14,3700	1,63	50/500	0,0268	1,87	1,00	0,18	40/500	0,0261	0,41	0,22	0,11	0,22
7.—28. VII. bei 1°	5,7081	2,30	50/500	0,0118	2,07	1,23	0,00	50/500	0,0146	0,49	0,26	0,00	0,24

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. VI. Der Zuckergehalt der Bäume bei Änderung der Temperatur.

Rinde													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Vor der Inversion					Nach der Inversion					$Cu\,\% \frac{\text{v. d. Inv.}}{\text{n. d. Inv.}} = \frac{1}{x}$ X	
Versuchsdauer	Angewandte Substanzmenge	Vergleichswert % *Cu*	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Glucose	Vergleichswert % *Cu*	ccm ang. / extr.	Gefundene *Cu*-menge	% *Cu*	Umrechnung a. Invertzuck.	der Vergleichswert	der durch Temperaturänderung entstand. Wert
Betula alba													
14.—23. I. bei 22°	11,3161	15,29	50/500	0,1700	15,02	7,68	3,16	33,3/500	0,1323	2,52	1,34	0,21	0,17
11.—20. II. bei 22°	17,2893	14,94	50/500	0,1877	10,86	5,57	3,64	40/500	0,1763	1,74	0,93	0,24	0,16
Tilia parvifolia													
30. XII.—5. I. bei 18°	7,6151	2,66	50/500	0,0008	0,11	0,06	9,23	33,3/500	0,0258	4,96	2,66	3,48	4,73
23.—31. I. bei 19°	17,2788	3,45	50/500	0,0301	1,07	0,93	14,45	50/500	0,1925	9,40	4,96	4,19	5,40
29. I. — 8. II. bei 22°													
Syringa vulguris													
16.—31. XII. bei 19°	13,3200	10,52	50/500	0,1195	8,97	4,57	8,69	40/500	0,1550	5,53	2,97	0,83	0,62
16. XII. — 5. I. bei 4°	8,3025	10,52	50/500	0,0673	8,11	4,16	8,69	40/500	0,0777	3,60	1,92	0,83	0,44
14.—22. I. bei 19°	12,3523	10,70	50/500	0,1015	8,22	4,19	7,96	40/500	0,1540	7,37	3,93	0,74	0,90
20.—29. II. bei 22°	12,7394	9,34	50/500	0,0963	7,54	3,85	10,60	40/500	0,1562	7,80	4,15	1,14	1,03

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Prunus avium													
7.—13. VII. bei 26°													
23. XII. — 3. I. bei 19°													
23. XII. — 4. I. bei 4°	9,9796	17,25	50/500	0,1591	15,94	8,15	3,90	40/500	0,1391	1,48	0,79	0.23	0,09
14.—25. I. bei 19°													
20. II. — 5. III. bei 19°	10,5461	15,97	50/500	0,1061	10,06	5,13	2,79	40/500	0,0993	1,74	0,90	0,17	0,17
Betula alba													
18. VI. — 2. VII. bei 7°	4,0000	15,48	25/250	0,0610	15,25	7,83	2,71	25/250	0,0657	1,18	0,63	0,18	0,08
30. X. — 20. XI. bei 1°	2,1222	12,47	50/500	0,0261	12,30	6,64	2,85	40/500	0,0282	4,29	2,29	0,23	0,35
20. II. — 16. III. bei 1° aus 22°	14,0616	10,86	50/500	0,1701	12,10	6,20	1,74	40/500	0,1631	2,40	1,28	0,16	0,20
Tilia parvifolia													
31. I. — 16. II. bei 4° — 16. III. bei 1°	20,3378	1,07	50/500	0,0336	1,65	0,88	9,40	40/500	0,2235	9,34	4,95	5,40	5,65
8.—16. II. bei 4° — 23. IV. bei 1°													
Syringa vulgaris													
29. II. — 23. IV. bei 1°	14,9994	7,54	50/500	0,1280	8,53	4,35	7,80	40/500	0,2142	9,32	4,89	1,03	1,09
Prunus avium													
20. II. — 5. III. bei 4°	8,7808	15,97	50/500	0,1070	12,19	6,21	2,79	40/500	0,0983	1,70	0,90	0,17	0,14
5. III. — 23. IV. bei 1° aus 19°	9,9576	10,06	50/500	0,1097	11,02	5,61	1,74	49/500	0,1023	1,82	0,97	0,17	0,17
7.—28. VII. bei 1°													

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tab. VII. Die Atmungsintensität von Zweigen.

1	2	3	4	5	6	7
Temp. in ⁰ C.	Zur Titration verbrauchte HCl. in ccm	CO_2 in g berechnet	CO_2 in % pro 1 Tag	Mittelwert	Abweichung in %	Umrechnung auf Trockens.
Tilia parvifolia, 150 g, Trockensubstanz 45,91 %.						
I. in den ersten fünf Tagen 7.—12. III.						
19 ⁰	15,90	1,971	0,263	0,258	2,13	0,562
	16,60	1,890	0,252			
22 ⁰	14,33	2,152	0,287	0,283	1,59	0,616
	14,90	2,086	0.278			
3 ⁰	31,45	0,1787	0,024	0,024		0,052
II. in den zweiten fünf Tagen 12.—17. III.						
19 ⁰	24,42	0.990	0,132	0,138	4,35	0,301
	23,65	1,078	0,144			
22 ⁰	21,40	1.337	0,178	0,180	0.83	0,392
	21,23	1,357	0,181			
3 ⁰	29,50	0,404	0,054	0,054		0,118
Syringa vulgaris, 150 g, Trockensubstanz 54.70 %.						
I. in den ersten fünf Tagen 8.—13. III.						
19 ⁰	18,00	1,729	0.231	0,222	4,05	0,406
	19,15	1,597	0,213			
22 ⁰	18,15	1,712	0,228	0,230	0,65	0.420
	17,95	1,735	0,231			
3 ⁰	30,33	0,308	0.041	0,041		0.075
II. in den zweiten fünf Tagen 13.—18. III.						
19 ⁰	23,75	1,066	0,142	0,130	9,23	0.238
	25,30	0,888	0,118			
22 ⁰	24,57	0,972	0,129	0,151	14,57	0.276
	21,75	1,297	0,173			
3 ⁰	29,20	0,438	0,058	0,058		0.106
Prunus avium, 150 g, Trockensubstanz 60,15 %, 11.—18. III.						
19 ⁰	20,70	1,418	0,135	0,142	4,58	0.236
	19,55	1,550	0,148			
22 ⁰	20,58	1.432	0.136	0,142	4,22	0.236
	19,55	1,550	0,148			
3 ⁰	30,40	0,300	0,029	0,029		0.048
Betula alba, 150 g, Trockensubstanz 62,92 %, 3.—11. VIII.						
I. in den ersten vier Tagen 3.—7. VIII.						
20,5 ⁰	20,20	1,476	0.246	0,220	12,07	0.350
	23,40	1.141	0,193			
10 ⁰	27,50	0,634	0,106	0,106		0.169
II. in den zweiten vier Tagen 7.—11. VIII.						
20,5 ⁰	25,70	0,842	0,143	0,123	16.67	0,196
	27,70	0.611	0,102			
10 ⁰	27,30	0,657	0,110	0,110		0,175

Tab. VIII. Vergleich zwischen Zuckerabnahme und Atmungsintensität.

Objekt	Versuchsdauer u. Temperatur	Abnahme des Gesamtzuckers: berechnet aus den Zuckeranalysen: im Holz %	Abnahme des Gesamtzuckers: berechnet aus den Zuckeranalysen: in d. Rinde %	Abnahme d. Gesamtzuckers pro 1 Tag: berechnet aus den Zuckeranalysen: im Holz %	Abnahme d. Gesamtzuckers pro 1 Tag: berechnet aus den Zuckeranalysen: in d. Rinde %	Abnahme d. Gesamtzuckers pro 1 Tag: berechnet aus der Atmung (Tab. VII)
Tilia	6 Tage bei 18°, 30. XII. — 5. I.	1,07	3,67	0,18	0,61	0,35
	8 Tage bei 19°, 23.—31. I.	2,02	3,33	0,25	0,42	0,32
Syringa	15 Tage bei 19°, 16.—31. XII.	1,30	2,46	0,09	0,16	0,20
	8 „ „ 19°, 14.—22. I.	1,30	1,52	0,16	0,18	0,23
	9 „ „ 22°, 20.—29. II.	1,54	2,37	0,17	0,26	0,24
Prunus	14 Tage bei 19°, 20. II. — 5. III.	1,18	3,74	0,08	0,27	0,16
Betula	9 Tage bei 22°, 14.—23. I.	1,71	0,79	0,19	0,09	0,18
	9 „ „ 22°, 11.—20. II.	1,87	3,26	0,21	0,36	0,18

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanisches Centralblatt

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: BH_19_1

Autor(en)/Author(s): Niklewski Bronislaw

Artikel/Article: Untersuchungen über die Umwandlung einiger stickstoffreier Reservestoffe während der Winterperiode der Bäume. 68-117