**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft

**Band:** 44 (1935)

**Artikel:** Der Stoffhaushalt der Buche (Fagus silvatica L.) im Laufe eines Jahres

**Autor:** Gäumann, Ernst

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-29540

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 05.03.2026

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

# Der Stoffhaushalt der Buche (Fagus silvatica L.) im Laufe eines Jahres.

Von *Ernst Gäumann.*

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 25. Februar 1935.

**Inhalt.**

Seite

Einleitung . . . . . 158
Material und Methoden . . . . . 160
*I. Teil. Der Stoffhaushalt nichtfruchtender Buchen im Laufe eines Jahres* 172
*1. Kapitel. Die Entwicklung der Knospen und der Blätter* . . . . 172
§ 1. Die Entwicklung der Knospen während des Sommers und des Frühherbstes . . . . . 175
§ 2. Das Verhalten der Knospen während des Laubfalles . . . . 182
§ 3. Das Verhalten der Knospen während der Winterruhe (Anfang November bis Mitte Januar) . . . . . 182
§ 4. Das Verhalten der Knospen während des Vorfrühlings (Mitte Januar bis Anfang April) . . . . . 187
§ 5. Das Verhalten der Knospen kurz vor dem Laubausbruch (Anfang April bis Anfang Mai) . . . . . 193
§ 6. Das Verhalten der Blätter vom Laubausbruch bis zum Laubfall . 197
*2. Kapitel. Das Verhalten der Zweige und der Aeste* . . . . . 205
§ 1. Der Wassergehalt . . . . . 205
§ 2. Die Kohlehydrate . . . . . 207
§ 3. Die Fette und Fettsäuren. . . . . 210
§ 4. Die Hemizellulosen . . . . . 214
§ 5. Die Stickstoffverbindungen . . . . . 216
§ 6. Mineralstoffe, Azidität, Gerbstoffgehalte . . . . . 219
*3. Kapitel. Das Verhalten der Stämme* . . . . . 227
§ 1. Der Wassergehalt der Stämme. . . . . 231
*a)* Das Verhalten von Rinde, Jungholz und Reifholz . . . . . 231
*b)* Die Verhältnisse in den verschiedenen Höhen des Stammes . 236
*c)* Die Wasserbilanz geschlagener Stämme . . . . . 241
§ 2. Die Kohlehydrate . . . . . 248
§ 3. Die Fette und Fettsäuren . . . . . 261
§ 4. Die Hemizellulosen . . . . . 267
§ 5. Die Stickstoffverbindungen . . . . . 275
§ 6. Mineralstoffe, Azidität, Gerbstoffgehalte . . . . . 281
*4. Kapitel. Das Verhalten der Wurzeln* . . . . . 291
§ 1. Der Wassergehalt . . . . . 291
§ 2. Die Kohlehydrate . . . . . 294
§ 3. Die Fette und Fettsäuren . . . . . 297
§ 4. Die Hemizellulosen . . . . . 297
§ 5. Die Stickstoffverbindungen . . . . . 299
§ 6. Mineralstoffe, Azidität, Gerbstoffgehalte . . . . . 300

Seite

*II. Teil. Der Einfluss der Tracht auf den Stoffhaushalt der Buchen* . . . 300
1. Kapitel. Die Kohlehydrate . . . . . 304
2. Kapitel. Die Fette und Fettsäuren . . . . . 309
3. Kapitel. Die Hemizellulosen . . . . . 311
4. Kapitel. Die Stickstoffverbindungen . . . . . 319
5. Kapitel. Die Mineralstoffe . . . . . 324
*Zusammenfassung* . . . . . 325
Zitierte Literatur . . . . . 333

## Einleitung.

In einer Reihe von frühern Veröffentlichungen (1927—1932) hat der Verfasser über die unterschiedliche Pilzwiderstandsfähigkeit (Vermorschbarkeit) berichtet, welche das Fichten- und das Tannenholz im Laufe eines Jahres aufweisen, und er hat dabei auch die Frage untersucht, ob eine Beziehung bestehe zwischen den jahreszeitlichen Schwankungen der Vermorschbarkeit einerseits und dem jährlichen Gang des Stoffhaushaltes der betreffenden Bäume anderseits. Es ergab sich, dass bei den immergrünen Nadelhölzern, wenigstens bei der Fichte und bei der Tanne, zwischen dem äussern und dem innern Lebensrhythmus eine Gegensätzlichkeit besteht; ihr äusserer Lebensrhythmus verläuft sehr gleichmässig und ist, im Vergleich zu den Laubhölzern mit ihrer frühjährlichen Entfaltung der Krone und dem herbstlichen Laubfall, durch keine tiefgehenden Einschnitte gegliedert : Sie bilden im Frühjahr kein neues Kleid aus und lassen auch den herbstlichen Abschluss der Vegetationszeit durch keine äussern Veränderungen erkennen, sondern treten äusserlich so, wie sie im Laufe des Sommers herangewachsen sind, in die Vegetationsruhe ein.

Im Gegensatz zu dieser äussern Gleichmässigkeit scheinen sie beim frühjährlichen Austreiben ihre innern Reserven erschöpfend zu beanspruchen und sie dann im Laufe des Sommers wieder zu ersetzen. Für diese Auffassung spricht beispielsweise der Verlauf der früher veröffentlichten Kohlehydratkurven der Stämme, ferner der Umstand, dass die Fichten in der Regel eingehen, wenn sie im Sommer nach dem Austreiben kahlgefressen werden : Ihre Vorräte sind erschöpft und reichen (auch im folgenden Frühjahr) zur Ausbildung eines neuen Triebes nicht mehr aus.

Trotz dieser tiefgreifenden Umwälzung der innern Reserven der Stämme im Laufe einer Vegetationszeit vermochten wir bei unsern Vermorschbarkeitsuntersuchungen keine unmittelbaren Beziehungen zwischen den Nährstoffvorräten der Stämme einerseits und der Vermorschbarkeit ihres Holzes anderseits festzustellen : Der jährliche Rhythmus der Vermorschbarkeit des Holzes wird primär nicht durch die im Stamm vorhandenen Nährstoffvorräte, sondern durch das kolloidchemische Verhalten der Zellwände bedingt.

Wie verhalten sich nun in dieser Beziehung die Laubhölzer ? Dass ihr äusserer Lebensrhythmus durch die Laubentfaltung im Frühjahr und durch den Laubfall im Herbst physiognomisch viel schärfer gegliedert ist als derjenige der immergrünen Nadelhölzer, wurde schon angedeutet. Ob aber ihr innerer Rhythmus (soweit wir ihn an Hand des Verbrauches der Reserven messen können) mit diesen äussern Wandlungen parallel geht, wissen wir nicht. Es scheint vielmehr, dass die Nährstoffvorräte der Laubbäume, jedenfalls der Buchen, beim frühjahrlichen Laubausbruch nicht erschöpft werden : Falls beispielsweise die Buchen im Frühsommer durch Maikäferfrass oder durch Frost ihre erste Belaubung verlieren, so sind sie imstande, aus ihren Vorräten noch ein zweites Mal auszuschlagen. Ueber die quantitativen Ausmasse dieser Vorräte und über ihre frühjahrliche Beanspruchung sind wir jedoch nicht im Bilde; auch wissen wir nicht, in welcher Weise sich die periodisch auftretenden Samenjahre im Stoffhaushalt der Buchen auswirken; und ebensowenig wissen wir (abgesehen von den Bauernregeln), wie es mit dem jährlichen Gang der Vermorschbarkeit des Buchenholzes steht.

Dies war der Anlass, unsere Vermorschbarkeitsuntersuchungen auch auf die Buchen auszudehnen; diese sind ja das einzige, für uns in grösserem Maßstab praktisch in Betracht fallende Laubholz. Der vorliegende erste Bericht beschäftigt sich ausschliesslich mit den chemischen Vorfragen, mit den im Laufe eines Jahres sich abspielenden Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Nährstoffvorräte im Holz und in der Rinde, und zwar von den Wurzeln bis hinauf in die Krone; die Vermorschungsuntersuchungen und die praktischen Dauerhaftigkeitsprüfungen sind noch nicht abgeschlossen und werden später an anderer Stelle veröffentlicht.

Es liegt in der Natur jeder derartigen Untersuchung, dass der Anteil des Berichterstatters an der tatsächlichen Arbeit, verglichen mit den Leistungen der Mitarbeiter, gering ist. Es freut mich, allen diesen Mitarbeitern herzlich zu danken. In erster Linie gilt dies meinem Freunde und Kollegen, Herrn Prof. Dr. H. Knuchel, der den Untersuchungszyklus zustande gebracht und die Fällungen organisiert hat; sodann danke ich meinen engern Mitarbeitern, Frl. E. Ochsner und Frl. Fr. Speckert und den Herren Dr. J. Anliker, Dr. G. Défago, Dr. O. Jaag, Dr. J. Krebs, Dr. G. Lutz, A. Schibli, Ch. Terrier, E. Thomas und Dr. L. Zobrist, für ihre treue und ausdauernde Hilfe; weiterhin danke ich der Forstverwaltung der Stadt Zürich und insbesondere Herrn Forstmeister K. Ritzler für die Erlaubnis, während eines ganzen Jahres jeden Monat einige dominierende oder mitherrschende Stämme nach unserer Wahl schlagen zu dürfen; desgleichen danke ich Herrn Revierförster Buser für die

umsichtige Leitung der Fällungen; sodann danke ich Herrn Kantonsoberförster Max Kaiser in Stans und der Verwaltung der Korporation Ennetmoos (Nidwalden) für die Erlaubnis, in ihren Beständen je zwei samentragende und zwei nicht samentragende Buchen schlagen zu dürfen; und endlich danke ich dem *Jubiläumsfonds 1930 der Eidgenössischen Technischen Hochschule* in Zürich und dem Vorsitzenden seines Kuratoriums, Herrn Schulratspräsidenten Prof. Dr. A. Rohn, und der *Eidgenössischen Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung* und dem Vorsitzenden ihres Stiftungsrates, Herrn Prof. Dr. E. Bosshard, für die weitgehende finanzielle Unterstützung, die die Untersuchung erst ermöglichte, und der « Lignum », Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, und der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen in Bern für namhafte weitere Zuwendungen.

## Material und Methoden.

In der Buche finden wir jenen besondern Fall verwirklicht, dass wir bei einem Baum den vegetativen Stoffhaushalt im Laufe eines Jahres getrennt vom fruktifikativen Stoffhaushalt untersuchen können; denn sie fruchtet in der Regel alle 5—7 Jahre; in der Zwischenzeit wandelt sie nur den vegetativen Stoffhaushalt ab. Wir können deshalb fragen: Welchen Einfluss haben einerseits der Laubausbruch, das Dickenwachstum und der Laubfall auf den Stoffhaushalt des Baumes, und welchen Einfluss haben anderseits das Blühen und der Fruchtansatz ?

Dementsprechend ist die Arbeit in zwei Teile gegliedert; der erste Teil möchte den Stoffhaushalt gewöhnlicher, nicht fruchtender Bäume im Laufe eines Jahres untersuchen, und der zweite Teil möchte dem Einfluss des Fruchtens, der sogenannten « Tracht », auf den Stoffhaushalt nachgehen; beide Teile stellen eine Vorarbeit zu den anderweitig zu veröffentlichenden Dauerhaftigkeitsprüfungen dar.

Das Buchenmaterial für den ersten Teil wurde in den Abteilungen 23 und 25 des « Sihlwaldes » geschlagen; dieser liegt, 21 km von Zürich entfernt, im schweizerischen Mittelland, im mittleren Teil des Sihltales, auf einer Meereshöhe von 600—650 m. Der Untergrund ist Molasse, mit Moräne überdeckt; der Boden ist ziemlich schwer, schlecht durchlässig und stark wasserführend. Nach den Analysen der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon enthält er im salzsauren Auszug in der obersten Schicht, auf wasserfreie Substanz berechnet, 0,05 % Phosphorsäure, 0,11 % Kali, 0,58 % Kalk, 1,14 % Magnesia, 6,66 % Eisen und Tonerde und 0,20 % Kieselsäure; in einer Tiefe von 30 cm wieder 0,05 % Phosphorsäure, sodann 0,10 %

# Tafel 15

Photo C. Roth.

Partie aus dem Sihlwald.

# Tafel 16

Photo C. Roth.

**Partie aus dem Sihlwald.**

Kali, 0,54 % Kalk, 0,85 % Magnesia, 6,81 % Eisen und Tonerde und 0,24 % Kieselsäure; in der obersten Schicht enthält er 0,23 % Stickstoff (wieder auf die wasserfreie Substanz berechnet), in 30 cm Tiefe noch 0,13 %.

Die Reaktion der obersten Schicht betrug bei der untersuchten Durchschnittsprobe pH 6,00; das Bodenskelett machte bei dieser Probe 17,4 % der Feinerde aus; die Schlämmanalyse ergab 49,1 % für die Fraktionen von 2,0—0,05 mm, 15,7 % für die Fraktionen von 0,05—0,01 mm und 35,2 % für kleiner als 0,01 mm; Klassifikation demnach « toniger Lehm », gegen tonigen Sand hin neigend.

Die Reaktion in 30 cm Tiefe betrug bei der untersuchten Durchschnittsprobe pH 6,03; das Bodenskelett machte bei dieser Probe 14,0 % der Feinerde aus; die Schlämmanalyse ergab 46,3 % für die Fraktionen von 2,0—0,005 mm, 14,1 % für die Fraktion von 0,05—0,01 mm und 39,7 % für kleiner als 0,01 mm; daraus ergibt sich wieder die Klassifikation « toniger Lehm ».

Im ganzen darf also der Sihlwaldboden als ein nährstoffreicher, dagegen etwas kalter und schwerer Buchenboden bezeichnet werden.

Die von uns ausgewählten Bestände waren etwa 110jährig und bestanden fast ausschliesslich aus Buchen. Bis etwa zum 70. Jahr waren sie sehr stammreich und geschlossen gewesen. Infolge dieser Erziehung im dichten Schluss sind die Schäfte schlank, astrein, und die Kronen sind hoch angesetzt und nicht sehr gross. Die Scheitelhöhe beträgt durchschnittlich 35 m. In der Folgezeit wurde allmählich eine stärkere Durchforstung und eine gruppenweise Lockerung und Auflösung der Bestände durchgeführt, wobei in der reichlich vorhandenen Buchen- und Tannenverjüngung die Buche zugunsten der Tanne zurückgedrängt wird. Durch diese Massnahmen soll der durch menschlichen Eingriff in einen fast reinen Laubwald umgewandelte Sihlwald wieder in einen gemischten Wald, mit starkem Anteil von Tannen und Fichten, zurückgeführt werden. Die Tafeln 15 und 16 zeigen zwei Waldausschnitte in einem fortgeschrittenen Stadium dieses Lichtungsprozesses.

Im ganzen wurden im Sihlwald 33 Bäume geschlagen, nämlich an jedem Fällungstag (mit Ausnahme des 6. Januar) deren zwei; es handelt sich durchwegs um sorgfältig ausgewählte, möglichst gleichartige und gleichaltrige, dominierende oder mitherrschende, glattrindige, saubere Stämme von etwa 2½ Festmeter Masse und einem Kronenansatz auf etwa 18—20 m Höhe. Die meisten Stämme zeigten einen roten Kern, der gewöhnlich von der Krone her bis auf 4—5 m hinunter reichte.

Die *Trockensubstanzmenge* eines derartigen Baumes kann überschlagsweise wie folgt geschätzt werden. Lufttrockenes Buchenholz (mit ungefähr 20 % Feuchtigkeit) besitzt ein spezifisches Gewicht von rund 0,72; das Trockengewicht der Derbholzmasse beträgt also rund

1400 kg, wovon etwa 300 kg auf das Jungholz und etwa 1100 kg auf das Reifholz entfallen. Dazu kommt die Stammrinde, deren Trockengewicht schätzungsweise 75 kg beträgt (12 % der Derbholzmasse, bei einem spezifischen Gewicht von 0,25). Äste und Reisig (Durchmesser kleiner als 7 cm) werden bei I. Bonität auf 11 % der Derbholzmasse veranschlagt, in unserem Falle auf 0,28 m³. Davon mögen 10 % auf den feinen Reisig entfallen, den wir später in dieser Arbeit als «Zweige» bezeichnen werden; da er zu einem grossen Teil aus Rinde besteht, dürfen wir sein Trockengewicht wohl nur auf etwa 10 kg veranschlagen. Auf die Äste im engern Sinne des Wortes entfallen somit etwa 140 kg Trockensubstanz, wovon etwa 130 kg auf das Astholz und etwa 10 kg auf die Astrinde. — Beim Stock und bei den Wurzeln sind wir vollkommen auf Schätzungen angewiesen. Nehmen wir an, ihr Trockengewicht sei ebenso hoch wie dasjenige der Äste und der Zweige (nämlich 150 kg), so dürften auf das Holz von Stock und Wurzeln ungefähr 130 kg Trockensubstanz entfallen und auf die Rinde ungefähr 20 kg. Selbstverständlich sind alle diese Schätzungen völlig roh, doch dürften sie in der Grössenordnung ungefähr richtig sein.

Die Fällungen konnten aus wirtschaftlichen Gründen nur während *eines* Jahres durchgeführt werden, nämlich während des Jahres 1933. Das vorangehende Jahr, 1932, kennzeichnet sich im schweizerischen Mittelland durch Kälte und Nässe des Frühjahres und des Frühsommers; in den Monaten März bis und mit Juli lagen die Temperaturmittel durchschnittlich etwa 2° C zu tief, und die Niederschlagsüberschüsse betrugen bis die Hälfte der Normalmengen. Die zweite Hälfte des Jahres (August bis Dezember) war dagegen um etwa 2—3° C zu warm und etwas zu trocken.

Das Jahr 1933 wurde durch einen kalten und sehr trockenen Januar eingeleitet: das Wärmedefizit betrug etwa 1½° C, die Niederschläge hielten sich dagegen im normalen Rahmen. Der Februar war ungefähr normal, der Vorfrühling heiter und trocken; die Monate März und April wiesen Wärmeüberschüsse von reichlich einem Grad, dagegen erhebliche Fehlbeträge an Niederschlägen auf. Mai und Juni waren kühl und feucht; das Wärmedefizit betrug etwa 2° C, die Niederschläge erreichten fast das Doppelte des Normalen. Juli und August waren dagegen warm und trocken: Wärmeüberschuss rund 1 Grad, Niederschläge im August nur etwa die Hälfte des Normalwertes. Auch der September und der Oktober waren noch warm (positive Abweichung etwa 1° C), die Niederschläge waren dagegen ungefähr normal. Gegen Ende Oktober ging die Temperatur zurück, ein trübes Wetter setzte ein, das auch den ersten Schneefall brachte. Die trübe Witterung hielt im November an (Temperaturdefizit etwa 1° C). Der Dezember zeichnete sich durch aussergewöhnlich niedrige Temperaturen und durch

ebenso geringe Niederschlagsmengen aus; in Zürich ist in den vergangenen 40 Jahren nur noch einmal (1917) ein gleich kalter Dezember vorgekommen, und um einen Christmonat von derselben Trockenheit zu finden, müsste man nach dem Bericht der Eidgenössischen Meteorologischen Zentralanstalt sogar um 7 Dezennien zurückgehen. Der Wärmeausfall betrug 3—4 Grad und das Niederschlags*defizit* etwa $^4/_5$ des Normalbetrages.

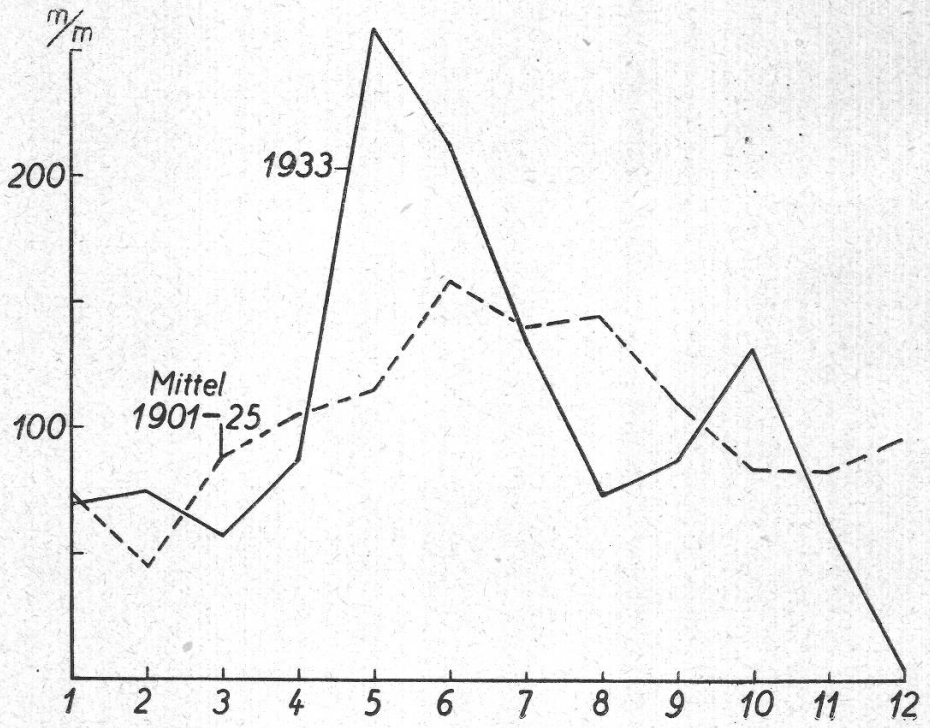


Abbildung 1.

——— Summe der monatlichen Niederschläge in mm, gemessen im Sihlwald während des Jahres 1933.

– – – – Mittel der Jahre 1901—1925.

(Nach Lüdi und Vareschi, 1934, und nach Mitteilungen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.)

Die im Sihlwald im Jahr 1933 gemessenen Niederschlagsmengen, die Sonnenscheindauer in Stunden und die Mittel der Extremtemperaturen sind nach den Untersuchungen von Lüdi und Vareschi (1934) in den Abbildungen 1—3 graphisch dargestellt. In Abbildung 1 wurden überdies die Niederschlagsmittel aus den Jahren 1901—1925 nach den Angaben der Schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt vergleichsweise eingezeichnet. Wie Herr Dr. E. Billwiller uns freundlich mitteilte, lassen die Beobachtungen der benachbarten meteorologischen Stationen vermuten, dass diese 25jährigen Mittel aus den Jahren 1901—1925 wahrscheinlich um ungefähr 10—15 % niedriger sind als die 70jährigen Mittel ausgefallen wären, welch letztere jedoch für diese abgelegene Station nicht vollständig zur Verfügung standen.

Bei der Festsetzung der einzelnen Fällungstage konnten wir aus technischen Gründen (Vorausbestellung der Wald- und der Transportarbeiter, der Fuhrwerke und der Sägerei) auf die Witterung keine Rücksicht nehmen. Die folgenden Stichworte geben über die Witterung an den 17 Fällungstagen Auskunft: 6. Januar Regen; 13. Januar und 15. Februar Schneegestöber; 13. März und 3. April trübe mit Höhennebel; 18. April Sonne; 4. und 15. Mai bedeckt; 1. Juni Landregen;

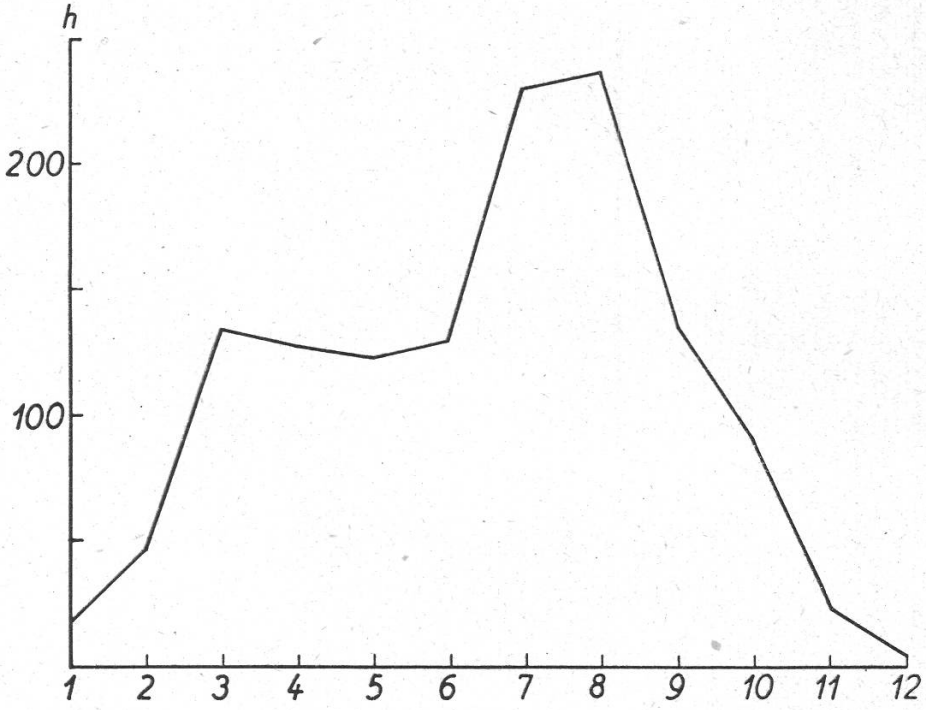


Abbildung 2.
Monatliche Sonnenscheindauer in Stunden, gemessen im Sihlwald während des Jahres 1933. (Nach Lüdi und Vareschi, 1934.)

15. Juni bedeckt, vereinzelte Regenschauer; 17. Juli bedeckt; 14. August und 13. September Sonne; 12. und 26. Oktober Regen; 16. November und 18. Dezember trübe, Höhennebel. Wir sind also durch die Gunst der Witterung nicht gerade verwöhnt worden. Es sei hier gleich vorweggenommen, dass in keinem Fall ein Einfluss der am Fällungstag herrschenden Witterung auf unsere Ergebnisse beobachtet werden konnte. — Die Fällungen wurden, um den Einfluss der Tageszeit auszuschalten, stets bei Tagesanbruch ausgeführt, mit Ausnahme des Hochsommers, wo sie wegen der geringen Verkehrsmöglichkeiten von Zürich her erst um 5 Uhr morgens stattfinden konnten.

Das Buchenmaterial für den zweiten Teil der Arbeit (Einfluss des Fruchtansatzes auf den Stoffhaushalt der Bäume) wurde am 13. Juli 1934 auf dem Gebiet der Korporation Ennetmoos (Nidwalden) in einem Talkessel längs der Strasse von Stans nach Sarnen auf einer Meeres-

höhe von etwa 470 m geschlagen. Der Untergrund bestand aus tiefschichtiger Moräne (Sand und Steine, Kiesgrube), bedeckt von etwa 30 cm Humus. Es wurden vier lockerstehende, möglichst ähnliche Bäume ausgewählt, zwei nichttragende und zwei unmittelbar daneben stehende, die über und über von Bucheckern bedeckt waren, derart behangen, dass sie aus der Entfernung braun erschienen. Das Alter der Stämme betrug ungefähr 90—100 Jahre.

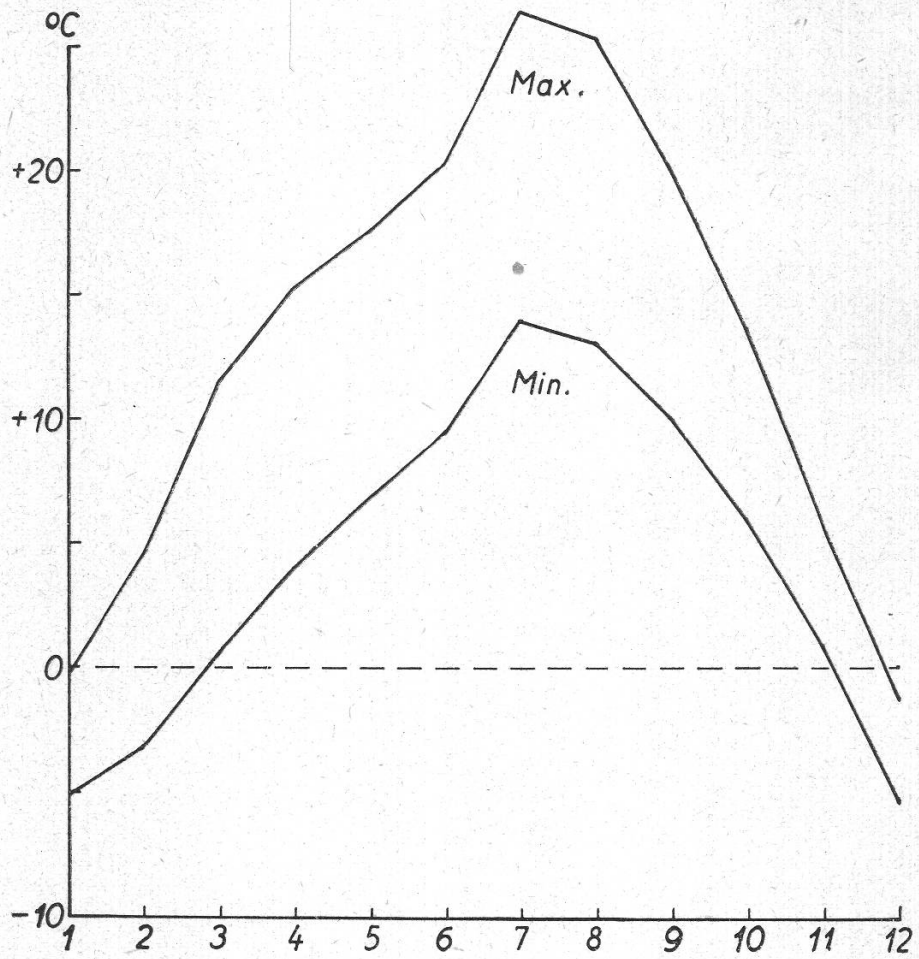


Abbildung 3.
Monatsmittel der Extremtemperaturen (Minima und Maxima), gemessen im Sihlwald während des Jahres 1933. (Nach Lüdi und Vareschi, 1934.)

Alle Materialien (einschliesslich der geernteten Blätter, Knospen usw.) wurden sogleich in einem gut gelüfteten, grossen Trockenschrank bei 58° C getrocknet, in einer Grusonmühle zerkleinert, in einer Schlagmühle zur Mehlfeinheit zerschlagen und durch ein Seidensieb von 1156 Maschen je Quadratzentimeter abgeschüttelt; das gesamte, in der vorliegenden Arbeit verwendete Material befand sich also in einem homogenen, staubfeinen Zustand. Es ist unzweifelhaft, dass diesen zermahlenen Durchschnittsproben gewisse Mängel anhaften : Wir erhalten über die Lokalisierung der analysierten Stoffe keine Auskunft, sondern

können nur summarisch feststellen, dass im Durchschnitt der zermahlenen Gewebe die und die Menge eines bestimmten Stoffes vorhanden war; eine mikrochemische Ergänzung unserer Analysen auf Grund von Schnitten, hätte die Arbeit über den Bereich des Möglichen hinaus vermehrt. Wir dürfen anderseits die Nachteile der Globalanalysen auch nicht überschätzen. Dass beispielsweise die Stärke, falls solche vorhanden ist, vorwiegend in den Markstrahlen und im Holzparenchym abgelagert wird, weiss man; diese Frage braucht daher in unserem Zusammenhang nicht unbedingt untersucht zu werden, so wertvoll eine konsequent durchgeführte, vergleichende Untersuchung über die Ablagerungsverhältnisse der Stärke in den verschiedenen Jahreszeiten und in den verschiedenen Geweben vielleicht auch sein könnte. Was wir aber nicht kennen, sind die Stärke*mengen,* sind die genauen quantitativen Analysen des Holzkörpers überhaupt. Dies gilt weniger für die Aeste und für junge, wenigjährige Pflänzchen, die ja sowohl bei Wald- als bei Obstbäumen schon wiederholt untersucht worden sind, als ganz besonders für ausgewachsene, volljährige Stämme, über deren Chemismus und dessen jahreszeitlichen Schwankungen keine umfassenden Untersuchungen vorliegen. Hier möchte unsere Mitteilung eine Lücke ausfüllen.

Ferner sind wir uns der methodischen Schwierigkeit bewusst, dass wir aus dem zeitlichen Nacheinander, das wir bei *verschiedenen* Individuen festgestellt haben, auf das mutmassliche zeitliche Nacheinander bei *ein und demselben* Idealindividuum schliessen müssen; wir beobachten ja nicht ein und dasselbe Individuum im Laufe eines Jahres (das wäre technisch gar nicht möglich, weil wir die Stämme zum Zwecke der Analyse schlagen, d. h. vernichten müssen), sondern wir ziehen aus dem Nach- und Nebeneinander von 33 verschiedenen, wenn auch möglichst gleichartigen Individuen einen Rückschluss darauf, wie sich ein und dasselbe Individuum mutmasslicherweise während einer Vegetationszeit verhält. Diese Methode ist nur dann brauchbar, wenn in dem von uns ausgewählten Sortiment die individuellen Schwankungen von einem Stamm zum andern geringer sind als die jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Wir werden im Verlaufe unserer Besprechung wiederholt auf diese methodische Schwierigkeit, die nur durch eine sorgfältige Auswahl möglichst gleichartiger Stämme behoben werden kann, hinzuweisen haben.

Was nun die einzelnen Untersuchungsmethoden betrifft, so wurden alle Analysen mindestens im Doppel ausgeführt. Zur Bestimmung des *Wassergehaltes* wurden zweimal je etwa 30 g Frischsubstanz des Holzes oder der Rinde in grosse, tarierte Wägegläschen eingefüllt, sorgfältig verschlossen in das Laboratorium gebracht, am folgenden Tag gewogen, sodann bei 103° C zum konstanten Gewicht getrocknet und

zurückgewogen. Unsere Zahlen enthalten daher den gesamten Wasservorrat der betreffenden Proben, sowohl das Imbibitionswasser als das freie, disponible Wasser. Beim Stamm wurden jeweils Scheiben von etwa 5 cm Dicke herausgeschnitten und mit dem Meissel zerkleinert. Alle Manipulationen wurden im Waldesinnern vorgenommen und möglichst rasch durchgeführt; desgleichen wurden die zu wägenden Materialien sowohl vor der Sonne als vor den Atmosphärilien beschützt. Der Methodenfehler dürfte daher nicht allzu gross sein.

Bei den *Wandstoffen* wurde zunächst der eigentliche Gerüststoff, die Zellulose, bestimmt, ferner, unter ihren Begleitstoffen, die Lignine, die Protopektine und die Hemizellulosen.

Zweimal rund 6 g Substanz wurden vorgetrocknet und im Soxhlet mit wasserfreiem Äther (Traganth !), darauf mit 95 %igem Alkohol erschöpfend extrahiert und hernach so oft (etwa 10mal) in 2—3 Liter destilliertem Wasser gekocht und nach dem Abkühlen dekantiert, bis das Filtrat klar blieb. Die zwei Proben der gereinigten Substanz wurden vereinigt, bei 103° C getrocknet und gewogen. Der Gewichtsverlust gibt an, wie viele Prozente der Ausgangssubstanz wir durch die Reinigung verloren haben.

In zweimal rund 1 g der gereinigten Substanz wurde die *Zellulose* durch wiederholte Chlorierung als Crossfaser nach Cross und Bevan bestimmt, das *Lignin* in zweimal rund 2 g der gereinigten Substanz durch Verzuckerung der übrigen Wandstoffe mit 41 %iger Salzsäure nach Willstätter und Zechmeister. In der einen Ligninprobe wurde die Asche bestimmt und hernach vom Willstätterlignin abgezogen; der übrigbleibende Wert ist der Betrag, der in den Tabellen für die Lignine aufgeführt wird.

Grosse Schwierigkeiten verursachte die Bestimmung derjenigen Wandbestandteile, die nicht in die Gruppe der Zellulosen und der Lignine gehören, eben der Protopektine und der Hemizellulosen. Es wäre zwar an sich möglich gewesen, sie durch Furfuroldestillation nach Tollens summarisch als « Xylan » zu bestimmen; doch kommt man mit diesem summarischen Verfahren den biologischen Wandlungen im Buchenholze nicht bei. Trotz mancher Tastversuche und sonstiger Bemühungen vermochten wir keine befriedigende Differenzierung der in Frage stehenden Stoffgruppen zu finden, und es mag sein, dass eine derartige Differenzierung durch einfache chemische Analysen gar nicht möglich ist; denn die beiden Stoffgruppen stellen wohl Gemische von verschiedenartigen Auf- und Abbaustufen dar, kompliziertere Gemische als der Botaniker sie schlechthin zu analysieren vermag.

Wir haben uns schliesslich in der folgenden Weise beholfen, wobei wir uns bewusst sind, dass unser Vorgehen nur einen Notbehelf darstellt und dass einzelne der von uns erfassten Fraktionen sich vielleicht etwas überschneiden.

Als pektische Stoffe haben wir im Anschluss an von Fellenberg (1918), Nanji und Norman (1928), Ehrlich (1930) u. a. die in Wasser oder Ammoniumoxalat löslichen, leicht verseifbaren Methylester der Galacturonsäure usw. zusammengefasst; wir scheiden sie in zwei Gruppen bzw. Stufen, in die wasserlöslichen bzw. schon im Zellsaft dispergierten « *Pektine* » und in die wasserunlöslichen « *Protopektine* » der Mittellamellen und der Zellwände überhaupt; letztere sind vielleicht an Kalzium gebunden und können daher durch Oxalsäure oder durch Ammonoxalat abgetauscht und in eine lösliche Form übergeführt werden. Wie die Scheidung in diese zwei Gruppen, so ist auch die Benennungsweise dieser beiden Gruppen ein Notbehelf.

Unter Hemizellulosen verstehen wir dagegen in der vorliegenden Arbeit alle jene Stoffe, die in Wasser usw. unlöslich sind, dagegen leicht durch verdünnte Alkalien ausgezogen werden können. Die Bestimmung der pektischen Stoffe und der Hemizellulosen war daher die folgende :

Zur Bestimmung der *pektischen Stoffe* wurden zweimal rund 5 g Substanz in 50 ccm destilliertem Wasser über Nacht ausgeschüttelt, abfiltriert und nachgewaschen. Im Filtrat und im Rückstand wurde im Anschluss an von Fellenberg (1916—1928) der Methylalkohol abdestilliert, mit Fuchsinschwefelsäure mikrokolorimetrisch bestimmt und unter der Annahme, dass die in Betracht fallenden pektischen Substanzen durchschnittlich etwa 10 % Methylalkohol enthalten, auf « Pektine » bzw. « Protopektine » umgerechnet. Dieser Umrechnungsfaktor dürfte etwas zu hoch gegriffen sein; da es aber in der vorliegenden Untersuchung in erster Linie auf eine Vergleichung der verschiedenen Jahreszeiten ankommt, so spielt die objektive Richtigkeit des Umrechnungsfaktors nur eine mittelbare Rolle.

Zur Bestimmung der *Hemizellulosen* wurden im Anschluss an O'Dwyer (1926) zweimal 5 g Substanz mit 500 ccm destilliertem Wasser über Nacht in einem auf etwa 22° C erwärmten Raume auf der Schüttelmaschine ausgeschüttelt (Rinde wurde vorher mit Äther und Alkohol erschöpfend extrahiert); sodann wird abfiltriert und 48 Stunden mit 4 % Natronlauge ausgeschüttelt; darauf werden 50 ccm Kalkmilch zugegeben, um die pektischen Substanzen auszufällen. Hernach wird das Gemisch klar filtriert.

Das Filtrat wird mit 20 ccm Eisessig versetzt, worauf die Hemizellulose A ausfällt; es wird über Nacht stehen gelassen und dann durch ein tariertes Filter filtriert. Das klare Filtrat wird auf ungefähr 50 ccm eingeengt und mit dem doppelten Volumen 95 %igem Alkohol versetzt, worauf die Hemizellulose B ausfällt. Nach erfolgter Wägung der beiden Niederschläge wird in ihnen der Stickstoff bestimmt, auf Rohprotein umgerechnet und vom Gewicht der betreffenden Hemizellulosen abgezogen; bei den Materialien mit ausgeglichenen Stickstoffgehalten (z. B. Stamm-Reifholz) erfolgte diese Bestimmung ein für alle-

mal auf Grund einer Durchschnittsprobe; bei den Materialien mit wechselnden Stickstoffgehalten (z. B. Knospen) musste dagegen die Stickstoffbestimmung jedesmal durchgeführt werden.

Die Hemizellulose A, die unmittelbar durch Essigsäure ausgefällt werden kann, liefert bei der Hydrolyse Xylose und eine Kohlendioxydmenge, die 11 % Glukuronsäure entspricht; die Hemizellulose B, die aus dem sauren Filtrat durch Alkohol ausgefällt wird, gibt bei der Hydrolyse Arabinose und eine Kohlendioxydmenge, die 63 % Galakturonsäure entspricht, ferner kleine Mengen Galaktose. Es ist unzweifelhaft, dass auch diese Hemizellulosen « A » und « B » noch keine einheitlichen Substanzen darstellen, sondern dass sie ganze Stoffgruppen umfassen; so hat O'Dwyer (1928) beobachtet, dass das chemische Verhalten dieser Hemizellulosen bis zu einem gewissen Grade vom Alter des Baumes abhängt: Bei einer 80 Jahre alten Buche konnten 80 % der Hemizellulose A leicht acetyliert werden, bei einer noch ältern Buche dagegen nur noch 20 %. Da es uns bei der vorliegenden Untersuchung, wie bei allen andern chemisch-biologischen Methoden, in erster Linie darauf ankam, zuverlässige Vergleichswerte zu erhalten, und da die O'Dwyersche Methode der Hemizellulosenbestimmung bei Kontrollversuchen verhältnismässig brauchbare Werte liefert, so schien sie unsern Zwecken am besten zu entsprechen.

Die Summe der fünf Stoffe: Zellulose, Protopektine, Hemizellulosen A, Hemizellulosen B und Lignine, entspricht der « Summe der Wandsubstanzen », wie sie in dieser Arbeit verwendet wird.

Von den *Zellinhaltsstoffen* seien zunächst die *Kohlehydrate* besprochen. Zur Bestimmung der löslichen Kohlehydrate wurden bei Holz zweimal rund 2 g Substanz, bei der Rinde zweimal rund 1 g verwendet und nach vorherigem Trocknen im Soxhlet mit Petroläther erschöpfend entfettet. Zur Abstumpfung der pflanzlichen Säuren werden sodann 0,2 g Baryumkarbonat beigegeben. Hierauf wird mit 100 ccm dest. Wasser übergossen und über einer kleinen Flamme langsam und sorgfältig gekocht. Nach dem Abkühlen wird dekantiert, mit 50 ccm Wasser übergossen, 5 Minuten gekocht und nach dem Abkühlen wieder dekantiert. Erneut wird mit 25 ccm Wasser übergossen, 5 Minuten gekocht, über Nacht stehen gelassen und abfiltriert. Der gesammelte (und unter Toluol aufbewahrte) Extrakt wird zusammengegossen, aufgekocht, nach dem Abkühlen zur Ausfällung der Gerbsäure mit 10 ccm 10 %igem Bleiazetat versetzt, abfiltriert und auf 150 ccm ergänzt.

In einem ersten Teil von 50 ccm werden die gesamten reduzierenden Zucker nach Bertrand bestimmt; sie umfassen, neben geringen Mengen anderer reduzierender Substanzen, die reduzierenden Hexosen und Pentosen. In verschiedenen Stichproben wurde mittelst Furfuroldestillation festgestellt, dass in der Lösung nur geringe, nicht in Be-

tracht fallende Mengen von Pentosen vorhanden waren; desgleichen wurde bei verschiedenen Proben durch Eindampfen und Aufnehmen mit heissem Äther-Alkohol festgestellt, dass auch Fruktose nur in Spuren vorhanden war; wir durften daher annehmen, dass unsere gesamtreduzierenden Zucker zum überwiegenden Teil aus Glukose bestehen; sie werden deshalb in den Tabellen stets summarisch als « *Glukose* » aufgeführt.

Die zweiten 50 ccm Lösung werden für die *Saccharose*bestimmung mit 10 ccm Phosphatpuffer und 2 ccm Invertase versetzt, 5 Tage unter Toluol bei 30° C aufbewahrt, hernach aufgekocht und unter Berücksichtigung des Eigenwertes der Invertaselösung auf neu gebildete reduzierende Zucker untersucht.

Besondere Schwierigkeiten bot die Bestimmung der *Stärke* (Amylose + Amylopektin). Wegen des hohen Hemizellulosengehaltes des Buchenholzes und der Buchenrinde und wegen der geringen Widerstandsfähigkeit der Hemizellulosen gegenüber Diastasen konnte die Bestimmung der Stärke mittelst Diastase nicht in Frage kommen; dagegen lieferte das direkte Stärkeausfällungsverfahren nach von Fellenberg (1916, 1917, 1928) sehr gleichmässige Werte. Die Methode beruht auf der Dispergierung der Stärke mittelst konzentrierter Kalziumchloridlösung und nachherige Ausflockung als Jodstärke, die unter Berücksichtigung des adsorbierten Jodes gravimetrisch bestimmt wird.

Die Bestimmungen werden wie folgt ausgeführt. Bei Holz und bei Rinde werden zweimal je etwa 5 g Substanz in Extraktionshülsen gewogen, im Trockenschrank nachgetrocknet und im Soxhlet mit Petroläther, nacher mit Alkohol erschöpfend extrahiert. Das Holz ist nunmehr ohne weiteres zur Dispergierung der Stärke bereit. Bei der Rinde müssen dagegen erst noch die Schleime, die bei der Ausflockung der Stärke als Schutzkolloide wirken, herausgelöst werden. Die Rindenproben werden daher quantitativ mit etwa 300 ccm Wasser in einen Schüttelkolben gespült; dem Wasser waren, um die Unlöslichkeit der Stärke sicherzustellen, 20 ccm einer n/20 Jodlösung beigefügt worden. Über Nacht wird auf der Schüttelmaschine ausgeschüttelt und am andern Morgen durch ein kleines, hartes Faltenfilter abfiltriert.

Der noch feuchte Rückstand der Alkoholextraktion beim Holz bzw. der Wasserextraktion bei der Rinde wird mitsamt dem (zerrissenen) Filter in ein kleines Becherglas gegeben, mit 40 ccm einer gesättigten Kalziumchloridlösung versetzt und unter gelegentlichem Umrühren eine halbe Stunde im kochenden Wasserbade erhitzt. Dann kocht man auf, hält 5 Minuten lang in schwachem Sieden, spült in einen 200 ccm Messkolben, füllt zur Marke auf, schüttelt auf und filtriert durch einen Wattebausch und sodann durch einen Goochtiegel mit trockenem Asbest, den man mit einem Teil der Lösung selbst aufschlemmt.

100 ccm des Filtrates werden mit n/20 Jodlösung versetzt, bis eine blauschwarze, flockige Fällung von Jodstärke entstanden ist; man lässt über Nacht stehen, dekantiert, spült mit jodhaltigem Wasser in einen Glasgoochtiegel und wäscht mit jodhaltigem Wasser nach. Hernach wird das überschüssige Jod mit Alkohol ausgewaschen. Der Tiegelinhalt, zur Gewichtskonstanz getrocknet, gibt das Gewicht der Jodstärke an. Der Tiegel wird nunmehr in ein Becherglas gegeben, sein Inhalt wird mit kaltem Wasser aufgeschlämmt und das an die Stärke gebundene bzw. addierte Jod wird mit n/10 Thiosulfat zurücktitriert. Jodstärke weniger Jod gibt den Wert für Stärke, wie er in unsern Tabellen aufgeführt ist.

Für die *Fettbestimmung* wurden zweimal je rund 5 g vorgetrocknet und mit 40° Petroläther erschöpfend extrahiert. Der Extrakt wurde bei 55—60° C getrocknet und gewogen (« Rohfett »), sodann nach Köttstorfer warm verseift. Da nach Grün und Halden (1929) das Bucheckernöl 4,9 % Palmitinsäure, 3,5 % Stearinsäure, 76,7 % Ölsäure, 9,2 % Linolsäure, 0,4 % Linolensäure und 0,8 % unverseifbare Phytosterine enthält, so wurde für die Umrechnung der verbrauchten Lauge der Faktor 190, in dessen Nähe die Verseifungszahlen für Stearin-, Öl- und Linolsäure liegen, gewählt. Der verseifbare Anteil ist in den Tabellen als « Fette und Fettsäuren » aufgeführt, während der unverseifbare Rest (Kohlenwasserstoffe, Sterine usw.) summarisch als « Unverseifbar » überschrieben ist. Auf eine Differenzierung des wasserlöslichen und des wasserunlöslichen Anteiles des Aetherextraktes wurde verzichtet.

Die *Gerbstoff*bestimmung wurde gravimetrisch mittelst der Hautpulvermethode von Schröder durchgeführt, wie sie beispielsweise bei Thoms (1926) beschrieben ist; sie liefert unter sich gut vergleichbare Werte, erfasst aber nur die aktiven Gerbstoffe. — Als Vorfrage musste zunächst das Extraktionsmittel ausgewählt werden, da beispielsweise H. Huber (1929) gezeigt hat, dass bei Eichelpulver ein Gemisch von 40 % Aceton mit Wasser günstiger wirkt, d. h. grössere Ausbeuten liefert als blosses Wasser. Beim Buchenholz und bei der Buchenrinde liegen die Verhältnisse umgekehrt, so dass die Gerbstoffe durch gewöhnliches Auskochen mit destilliertem Wasser extrahiert werden konnten. Bei Rinde wurden zweimal rund 10 g Substanz verwendet, bei Holz zweimal rund 20 g.

Die *Reaktion* wurde in der überstehenden Flüssigkeit elektrometrisch mittelst Chinhydron bestimmt (10 g Substanz auf 100 ccm Wasser, 48 Stunden stehen gelassen unter Zusatz von Toluol).

Der *Gesamtstickstoff* wurde nach der Andersen-Jensen-Modifikation der Kjeldahlmethode ermittelt (Aufschliessen mit

Schwefelsäure unter Zusatz von Kaliumsulfat, Kupfersulfat und Merkurisulfat, Zusatz von Graphit beim Sieden; ferner wurde beim Titrieren der Kolthoff-Indikator verwendet, 0,1 % Methylenblau und 0,2 % Methylrot in Alkohol, Umschlag bei pH 5,4). Der *Reinproteinstickstoff* wurde nach Barnstein durch Ausfällen mit Kupfersulfat bestimmt, der *Aminostickstoff* nach Van Slyke (Gäumann, 1932). Auf eine gesonderte Ermittlung des Nitratstickstoffes wurde verzichtet, da die orientierenden Bestimmungen mittelst des Nitrometers nach Lunge nur minimale, nicht in Betracht fallende Mengen ergaben.

In den vorliegenden Untersuchungen und in dem an anderer Stelle zu veröffentlichenden praktischen Teil, « Der Einfluss der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Buchenholzes », sind (mit Einschluss der umfangreichen Vorstudien) mehr als vier Jahre Arbeit eines ganzen Institutes und vier Lebensjahre des Verfassers niedergelegt. Es wäre verlockend gewesen, die Ergebnisse entsprechend « auszuwerten » und sie durch Vergleiche und Ausblicke mit dem heutigen Stand unserer Auffassungen zu verknüpfen; um diesen Aufsatz nicht zu einem Buch anschwellen zu lassen, hat der Verfasser auf jegliche Abschweifung und insbesondere auf eine Besprechung der Literatur verzichtet. Er durfte dies tun; denn der gegenwärtige Stand unseres Wissens ist in den beiden Büchern von Münch, « Bau und Leben unserer Waldbäume », und von Kobel, « Lehrbuch des Obstbaues auf physiologischer Grundlage » meisterlich zusammengefasst. So mögen denn diese Untersuchungen kommentarlos, als eine Art Quellenwerk, hinausziehen; der Fachmann wird bei den jeweiligen Feststellungen seine Schlüsse selbst zu ziehen wissen.

## I. Teil. Der Stoffhaushalt nichtfruchtender Buchen im Laufe eines Jahres.

### *1. Kapitel. Die Entwicklung der Knospen und der Blätter.*

Für die Untersuchung der Knospen wurden bei jeder Fällung ein bis mehrere Tausend Knospen willkürlich aus der ganzen Krone herausgepflückt. Sonnseite und Schattseite, Gipfel und Basis, Aussenseite und Inneres der Krone wurden auf diese Weise durcheinandergemischt. Aus dieser Durchschnittsprobe wurden wahllos 200 Knospen abgezählt, in ein tariertes Wägegläschen eingefüllt, während 48 Stunden bei 103° C zum konstanten Gewicht getrocknet und zurückgewogen; dies ergab das mittlere *Trockengewicht* pro Knospe. Ferner wurden zum zweiten Mal wahllos 200 Knospen abgezählt und zur Bestimmung ihres Volumens in ein Präzisions-Quecksilber-Xylometer gebracht (die Knospen der Fällungen vom 3. und vom 18. April wurden vorher mit Kollodium,

diejenigen vom 4. Mai mit einer dünnen Paraffinschicht überzogen); durch Wägung vor und nach der Xylometrierung wurde das eventuell in die Knospen eingedrungene Quecksilber ermittelt und zum Volumen geschlagen; dies ergab das mittlere *Volumen* der frischen Knospen. Die Zahlen der Tabelle 1 stellen also das arithmetische Mittel aus je 200 willkürlich herausgegriffenen Knospen dar.

Ähnlich war das Verfahren bei den Blättern. Ihre Dicke wurde in frischem Zustande, unmittelbar nach der Fällung, an Querschnitten durch 20 Blätter mikroskopisch gemessen; das arithmetische Mittel aus diesen Messungen ist in Tabelle 1 als die (mittlere) *Dicke* der Blätter eingetragen. Ferner wurden 200 unverletzte Blätter wahllos aus der Ernte herausgegriffen und zwischen Presspapier unter Anwendung von künstlicher Wärme rasch getrocknet, so dass sie ihre natürliche Farbe behielten; bei allen 200 Blättern wurde sodann der Umfang mittelst eines Präzisionsplanimeters genau bestimmt; das arithmetische Mittel aus diesen 200 Messungen ist in Tabelle 1 als die (mittlere) *Fläche* der Blätter eingetragen. Hernach wurden bei diesen 200 unverletzten Blättern die Stiele weggeschnitten und die Blätter wurden in ein tariertes Wägegläschen eingefüllt, zum konstanten Gewicht getrocknet und zurückgewogen. Durch Division mit 200 erhielten wir das (mittlere) Trockengewicht der Blätter.

Tabelle 1.

Trockengewicht, Volumen und spezifisches Gewicht der Knospen und der Blätter der Buche im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | | | Blätter | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Trockengewicht mg | Volumen mm³ | Spez. Gewicht | Trockengewicht mg | Fläche cm² | Dicke μ | Volumen mm³ | Spez. Gewicht |
| 6. Januar . . | 38,9 | 83 | 0,47 | — | — | — | — | — |
| 13. Januar . . | 38,2 | 78 | 0,49 | — | — | — | — | — |
| 15. Februar . | 40,6 | 99 | 0,41 | — | — | — | — | — |
| 13. März . . | 45,9 | 153 | 0,30 | — | — | — | — | — |
| 3. April . . | 52,8 | 311 | 0,17 | — | — | — | — | — |
| 18. April . . | 45,7 | 415 | 0,11 | — | — | — | — | — |
| 4. Mai . . . | 37,7 | 640 | 0,06 | — | — | — | — | — |
| 15. Mai . . . | — | — | — | 25,7 | 8,8 | 102 | 90 | 0,29 |
| 1. Juni . . . | 1,1 | 5[1] | — | 97,3 | 15,0 | 172 | 259 | 0,38 |
| 15. Juni . . . | 1,4 | 8[1] | — | 109,9 | 22,3 | 167 | 372 | 0,30 |
| 17. Juli . . . | 3,9 | 17 | 0,23 | 92,2 | 17,0 | 136 | 231 | 0,40 |
| 14. August . . | 12,0 | 31 | 0,39 | 149,6 | 18,7 | 184 | 345 | 0,43 |
| 13. September . | 21,1 | 56 | 0,37 | 125,7 | 18,6 | 160 | 297 | 0,42 |
| 12. Oktober . | 65,1 | 127 | 0,51 | 144,5 | 22,8 | 160 | 365 | 0,40 |
| 26. Oktober . | 60,4 | 140 | 0,43 | 149,0 | 19,6 | 173 | 340 | 0,44 |
| 16. November . | 54,5 | 112 | 0,49 | 103,7 | 19,7 | 155 | 305 | 0,34 |
| 18. Dezember . | 42,0 | 102 | 0,41 | (116,8) | 16,6 | 161 | 262 | (0,45) |

[1] Schätzung.

Nach dem frühjahrlichen Laubausbruch, der zwischen dem 4. und 15. Mai erfolgt war, setzten sich schon am 1. Juni die für das folgende Jahr bestimmten Knospen in winziger Kleinheit an; in den darauf folgenden Monaten gehen deshalb zwei Entwicklungslinien nebeneinander her: die weitere Entwicklung der diesjährigen, frisch ausgeschlagenen Blätter und die Ausbildung der für das folgende Jahr bestimmten jungen Knospen. Um den Überblick zu erleichtern, wurden

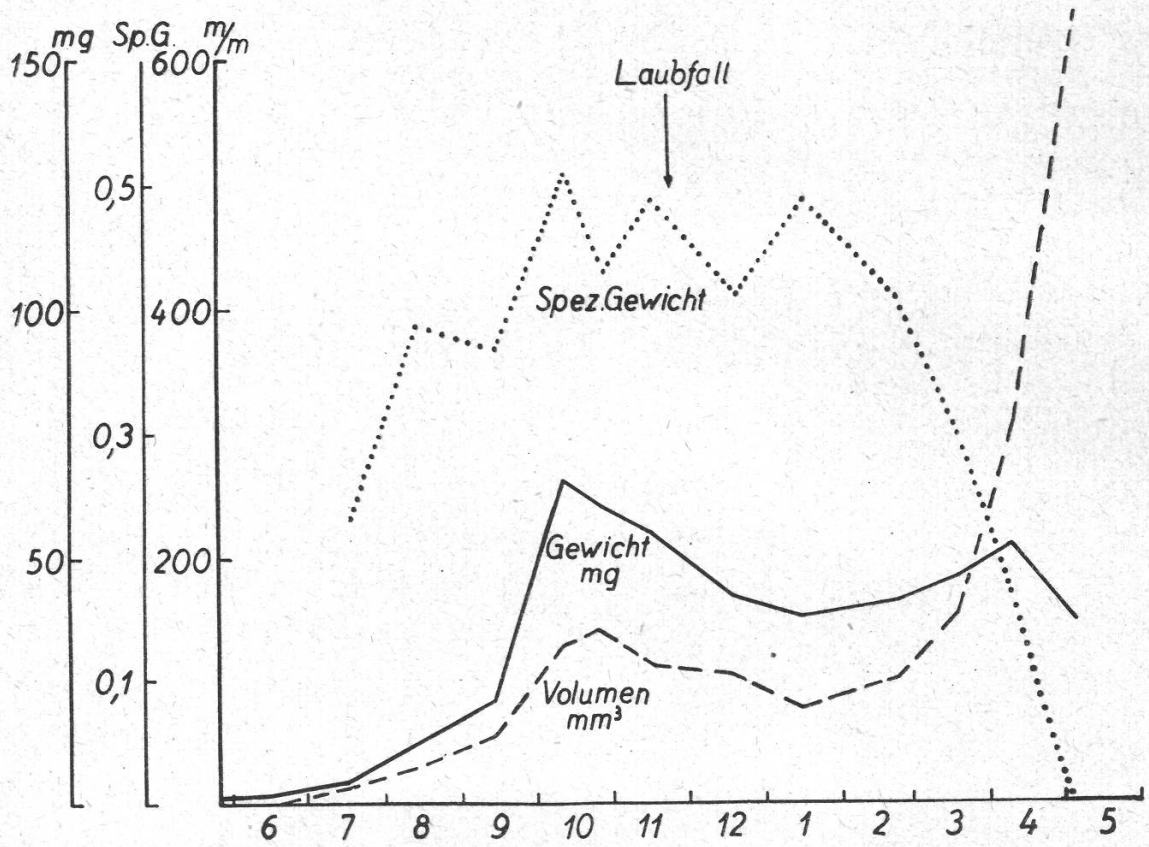


Abbildung 4.

Trockengewichte, Volumina und spezifische Gewichte der Knospen der Buche im Verlaufe ihrer Entwicklung.

in Abb. 4 die Zahlen auseinandergezogen: die jungen, heranwachsenden, für das Jahr 1934 bestimmten Knospen der Monate Juni bis Dezember 1933 wurden in dieser Abbildung (und in den entsprechenden übrigen Abbildungen der Knospen) *vor* die Zahlen der voll entwickelten Knospen der Monate Januar bis Mai 1933 gesetzt, als ob sie mit diesen in einer organischen Reihe kontinuierlich zusammenhängen würden. Da sich die jeweils zusammengehörenden Kurvenfragmente in der Regel zwanglos aneinanderschliessen, dürfte der durch diese (aus didaktischen Gründen erfolgte) Umstellung bedingte Fehler unbedeutend sein.

## § 1. Die Entwicklung der Knospen während des Sommers und des Frühherbstes.

Das mittlere *Trockengewicht* der Knospen steigt vom 1. Juni weg (1,1 mg) erst langsam, dann steil an und erreicht am 12. Oktober mit 65,1 mg einen Höhepunkt. Um eine Vorstellung zu gewinnen, in welcher Grössenordnung in den Knospen Trockensubstanz neu gebildet wird, haben wir in Tab. 1 a ausgerechnet, um wie viele mg die Trockensubstanz der Knospen von einem Fällungstag zum andern durchschnittlich *per Tag* zunimmt. Ferner haben wir in Abb. 5 versucht, die Ergebnisse graphisch zu veranschaulichen; die mittlern Trockensubstanzveränderungen wurden dort jeweils in der *Mitte* der betreffenden Rechnungsperiode eingetragen, das Mittel der Tage vom 1. bis 15. Juni also über dem 8. Juni, das Mittel der Tage vom 15. Juni bis 17. Juli über dem 1. Juli usw. Wir sehen: in der ersten Hälfte Juni nehmen die Knospen täglich nur um 0,02 mg zu; während der darauffolgenden viereinhalb Wochen täglich schon um 0,08 mg usw., bis auf 1,52 mg im Tag kurz vor dem Vergilben der Blätter (13. September—12. Oktober).

Tabelle 1a.

Die mittlere tägliche Zu- oder Abnahme der Trockengewichte und der Volumina der Buchenknospen von ihrer Anlage bis zum Laubausbruch.

| Zeitabschnitt 1933 | Zahl der Tage | Um wieviele mg haben die Knospen durchschnittlich im Tag zugenommen (+) oder abgenommen (—)? | Um wieviele mm³ hat das Volumen der Knospen durchschnittlich im Tag zugenommen (+) oder abgenommen (—)? |
|---|---|---|---|
| 1. Juni bis 15. Juni . . . . | 14 | + 0,02 | + 0,2 |
| 15. Juni bis 17. Juli . . . . | 32 | + 0,08 | + 0,3 |
| 17. Juli bis 14. August . . . | 28 | + 0,29 | + 0,5 |
| 14. August bis 13. September . | 30 | + 0,30 | + 0,8 |
| 13 September bis 12. Oktober . | 29 | + 1,52 | + 2,4 |
| 12. Oktober bis 26. Oktober . | 14 | — 0,34 | + 0,9 |
| 26. Oktober bis 16. November . | 21 | — 0,28 | — 1,3 |
| 16. November bis 18. Dezember | 32 | — 0,39 | — 0,3 |
| 18. Dezember bis 6. Januar . | 19 | — 0,16 | — 1,0 |
| 6. Januar bis 13. Januar . . | 7 | — 0,10 | — 0,7 |
| 13. Januar bis 15. Februar . . | 33 | + 0,07 | + 0,6 |
| 15. Februar bis 13. März . . | 26 | + 0,20 | + 2,1 |
| 13 März bis 3. April . . . . | 20 | + 0,35 | + 7,9 |
| 3. April bis 18. April . . . | 15 | — 0,47 | + 6,9 |
| 18. April bis 4. Mai . . . . | 16 | — 0,50 | + 14,1 |

In einem ähnlichen Rhythmus, erst langsam, dann steil, nimmt das *Volumen* der Knospen zu, im Vorsommer um durchschnittlich 0,2 bis 0,3 mm³ im Tag, im Hochsommer um 0,5 mm³, gegen den Herbst hin um 0,8 mm³, und, kurz vor dem Vergilben (13. September bis 12. Oktober), um volle 2,4 mm³ im Tag; während des Vergilbens selbst (12. bis

26. Oktober) fällt die Volumenzunahme auf 0,9 mm³ im Tag zurück. Auf diese Weise steigt das Volumen der Knospen von schätzungsweise 5 mm³ in der Fällung vom 1. Juni auf rund 140 mm³ in der Fällung vom 26. Oktober; in diesem Zeitpunkt waren die Knospen, wie sich beim Pflücken feststellen liess, verhältnismässig locker gebaut, als ob sie vor der Entfaltung stünden. Mit diesem Höhepunkt im Laufe des Monates Oktober ist ihre Entwicklung vorläufig abgeschlossen.

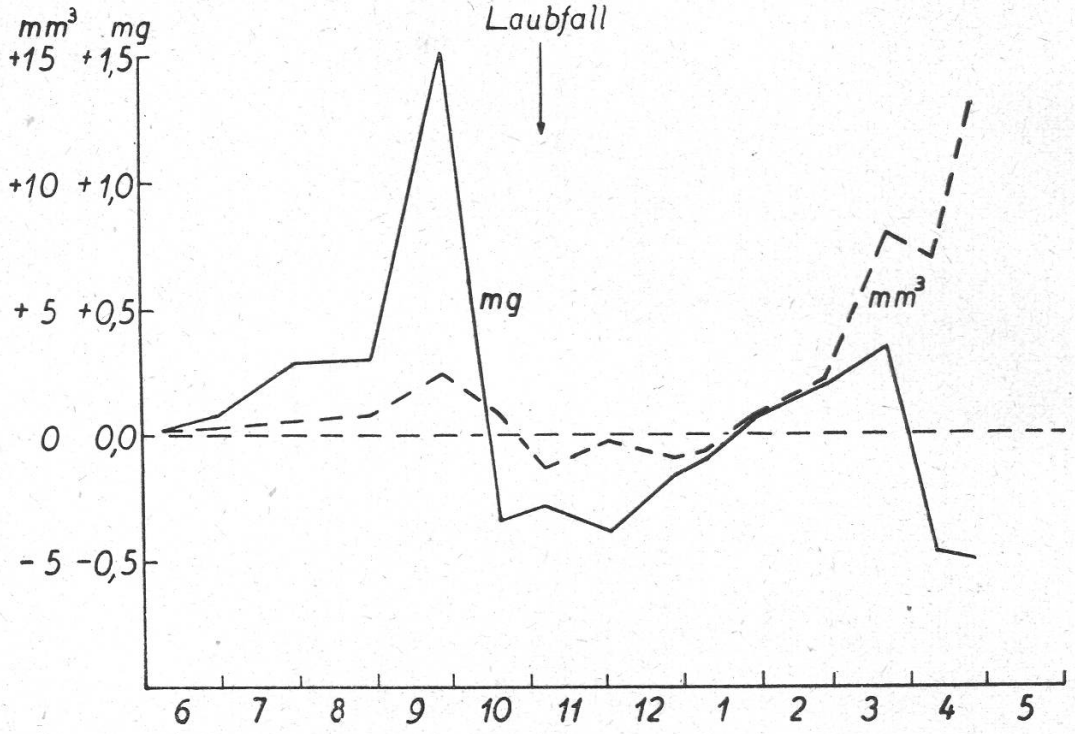


Abbildung 5.

Um wieviele Milligramme bzw. Kubikmillimeter nehmen die Knospen durchschnittlich im Tag an Trockensubstanz bzw. Volumen zu oder ab?

Die Wälder waren am 12. Oktober, obenhin betrachtet, noch in sommerlicher Weise grün; nur bei genauerem Zusehen gewahrte man, vor allem bei den gefällten, am Boden liegenden Bäumen, dass die Blätter an den äussersten Triebspitzen anfingen, gelb zu werden. Am 26. Oktober waren die Bäume gelblichgrün und zeigten deutlich den Beginn der herbstlichen Verfärbung. *Die Entwicklung der jungen, für das folgende Jahr bestimmten Knospen wird also offensichtlich eingestellt e h e die Buchen ihre Assimilationstätigkeit aufgeben müssen.*

Leider war es wegen der Schwierigkeiten der Materialbeschaffung nicht möglich, diese Phase der Entwicklung der Knospen in chemischer Hinsicht so eingehend zu verfolgen, wie wir es gewünscht hätten; denn eine Gesamtanalyse erfordert mindestens 80 g Trockensubstanz, und hierzu wären beispielsweise in der Septemberfällung an die 5000 sorg-

fältig gepflückte Knospen notwendig gewesen. Wir mussten uns daher auf Stichproben beschränken.

Tabelle 2.

Der Fettgehalt der Knospen und der Blätter im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | | Blätter | |
|---|---|---|---|---|
| | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar |
| | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . . . | 1,54 | 0,45 | — | — |
| 13. Januar . . . . . | 1,30 | 0,53 | — | — |
| 15. Februar . . . . . | 1,13 | 0,51 | — | — |
| 13. März . . . . . | 0,98 | 0,41 | — | — |
| 3. April . . . . . | 0,68 | 0,55 | — | — |
| 18. April . . . . . | 0,43 | 0,59 | — | — |
| 4. Mai . . . . . | 1,00 | 0,38 | — | — |
| 15. Mai . . . . . | — | — | 1,70 | 0,70 |
| 1. Juni . . . . . | — | — | 1,98 | 0,65 |
| 15. Juni . . . . . | — | — | 1,24 | 0,85 |
| 17. Juli . . . . . | 0,63 | 0,86 | 0,77 | 0,67 |
| 14. August . . . . . | 0,96 | 0,74 | 0,98 | 0,91 |
| 13. September . . . . | 1,44 | 1,41 | 1,93 | 1,95 |
| 12. Oktober . . . . . | 1,95 | 0,70 | 1,26 | 1,21 |
| 26. Oktober . . . . . | 1,42 | 0,52 | 1,56 | 2,25 |
| 16. November . . . . | 1,37 | 0,13 | 1,66 | 1,39 |
| 18. Dezember . . . . | 1,68 | 0,24 | 1,13 | 1,88 |

Der Gehalt der Knospen an Kohlehydraten (Tab. 3) bleibt bis zum 12. Oktober auffallend gering, 1,5—1,8 %, wovon etwa $^7/_8$ dispers im Zellsaft vorhanden sind. Eigentliche Vorräte scheinen noch nicht zu bestehen; man muss sich wohl vorstellen, dass alle Kohlehydrate, die in die Knospen geleitet werden, dort unmittelbar beim Aufbau der Hemizellulosen und der Zellulose Verwendung finden, steigt doch das Trockengewicht der Knospen in der Zeit vom 15. Juni bis zum 12. Oktober auf fast den 50fachen Betrag an.

Merkwürdigerweise steigt während dieser Zeit — trotz des sich gleichbleibenden Kohlehydrat- und insbesondere Stärkegehaltes — der Fettgehalt der Knospen stark an : Mitte Juli beträgt er (Tab. 2) rund 0,6 %, oder, in absoluten Mengen pro Knospe (Tab. 5 a), 0,03 mg, am 12. Oktober dagegen 2,0 %, oder, wieder in absoluten Mengen pro Knospe, 1,3 mg, also ein Vielfaches des hochsommerlichen Betrages (Abb. 6). Man muss wohl daraus schliessen, dass in den Buchenknospen das Fett als ein Reservestoff (gleich den später zu besprechenden Hemizellulosen, nur mit besonderer Zweckbestimmung) abgelagert wird, und zwar unabhängig von der Aussentemperatur und trotz des Fehlens von eigentlichen Kohlehydrat- (insbesondere Stärke-) Reserven.

Tabelle 3.

Kohlehydratgehalt der Knospen und der Blätter der Buche im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | | | | | | Blätter | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . | 4,9 | 1,6 | — | (6,8)[1] | 0,07 | (6,9) | — | — | — | — | — | — |
| 13. Januar . . . | 2,9 | 3,0 | 0,4 | 6,3 | Spuren[2] | 6,3 | — | — | — | — | — | — |
| 15. Februar . . . | 4,4 | 2,0 | 0,2 | 6,6 | Spuren | 6,6 | — | — | — | — | — | — |
| 13. März . . . . | 0,9 | 4,3 | 0,3 | 5,5 | Spuren | 5,5 | — | — | — | — | — | — |
| 3. April . . . . | 1,4 | 3,6 | 0,2 | 5,2 | Spuren | 5,2 | — | — | — | — | — | — |
| 18. April . . . . | 1,3 | 2,4 | 0,2 | 3,9 | 0.07 | 3,9 | — | — | — | — | — | — |
| 4. Mai . . . . | 1,7 | 1,0 | 0,2 | 2,9 | Spuren | 2,9 | — | — | — | — | — | — |
| 15. Mai . . . . | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 1,6 | 0,2 | 4,4 | 0,55 | 5,0 |
| 1. Juni . . . . | — | — | — | — | — | — | 4,6 | 3,7 | 0,3 | 8,6 | 2,79 | 11,4 |
| 15. Juni . . . . | — | — | — | — | — | — | 4,4 | 4,6 | 0,2 | 9,2 | 2,04 | 11,2 |
| 17. Juli . . . . | — | — | — | — | — | — | 3,1 | 0,9 | 0,2 | 4,2 | 0,49 | 4,7 |
| 14. August . . . | — | — | — | — | — | — | 1,8 | 3,1 | 0,2 | 5,1 | 0,63 | 5,7 |
| 13. September . . | 0,7 | 0,8 | — | (1,7) | 0,13 | (1,8) | 2,9 | 5,1 | 0,3 | 8,3 | 0,37 | 8,7 |
| 12. Oktober . . . | 0,5 | 0,6 | 0,2 | 1,3 | 0,20 | 1,5 | 1,4 | 4,1 | 0,2 | 5,7 | 0,26 | 6,0 |
| 26. Oktober . . . | 4,6 | 3,9 | 0,2 | 8,7 | 0,24 | 8,9 | 3,4 | 5,8 | 0,3 | 9,5 | 0,64 | 10,1 |
| 16. November . . | 3,3 | 3,8 | — | (7,3) | 0,19 | (7,5) | 1,8 | 2,0 | 0,3 | 4,1 | 0,41 | 4,5 |
| 18. Dezember . . | 3,9 | 2,8 | 0,3 | 7,0 | 0,12 | 7,1 | 0,3 | 0,9 | 0,5 | 1,7 | 0,37 | 2,1 |

[1] Eingeklammerte Werte sind in allen Tabellen, soweit nichts anderes bemerkt ist, durch Interpolation gewonnen bzw. ergänzt worden.
[2] Spuren Stärke = weniger als 0,07 % (gilt für alle Kohlehydrattabellen).

Tabelle 4.

Der Stickstoffgehalt der Knospen und der Blätter im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | | | | Blätter | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Reinprotein-N | Gesamtlösl. N | Amino-N | Gesamt-N | Reinprotein-N | Gesamtlösl. N | Amino-N | Gesamt-N |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . | 1,44 | — | — | 1,64 | — | — | — | — |
| 13. Januar . . . | 1,35 | 0,30 | 0,26 | 1,62 | — | — | — | — |
| 15. Februar . . . | 1,46 | 0,28 | — | 1,68 | — | — | — | — |
| 13. März . . . . | 1,36 | 0,31 | 0,28 | 1,59 | — | — | — | — |
| 3. April . . . . | 1,54 | 0,18 | — | 1,70 | — | — | — | — |
| 18. April . . . . | 1,79 | 0,19 | 0,17 | 1,98 | — | — | — | — |
| 4. Mai . . . . | 3,18 | 0,12 | 0,09 | 3,30 | — | — | — | — |
| 15. Mai . . . . | — | — | — | — | 3.95 | — | 0,18 | 4,23 |
| 1. Juni . . . . | — | — | — | — | 2,46 | 0,21 | 0,15 | 2,65 |
| 15. Juni . . . | — | — | — | — | 2,36 | 0,06 | 0,03 | (2,42) |
| 17. Juli . . . . | — | — | — | — | 2,36 | — | 0,31 | (2,69) |
| 14. August . . . | — | — | — | — | 2,39 | — | 0,19 | (2,60) |
| 13. September . . | — | — | — | 1,31 | 1,54 | — | 0,27 | 1,86 |
| 12. Oktober . . . | 1,23 | — | 0,16 | (1,41) | 1,78 | — | 0,08 | (1,88) |
| 26. Oktober . . . | 1,14 | — | 0,19 | (1,36) | 1,55 | — | 0,04 | 1,64 |
| 16. November . . | 1,28 | — | 0,07 | (1,37) | 1,08 | 0,09 | 0,07 | 1,18 |
| 18. Dezember . . | 1,28 | — | 0,04 | (1,34) | 1,04 | — | 0,02 | (1,07) |

Tabelle 5.

Der Gehalt der Knospen und der Blätter an Zellwandstoffen. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Fällungstag 1933 | Knospen | | | | | | | Blätter | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulose | Zellulose | Lignine und Kutin | Gesamte Wandstoffe | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulose | Zellulose | Lignine und Kutin | Gesamte Wandstoffe |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . | 5,0 | 17,9 | 9,7 | 32,6 | 38,4 | 7,3 | 78,3 | — | — | — | — | — | — | — |
| 13. Januar . | 5,2 | 16,9 | 10,8 | 32,9 | 41,7 | 6,1 | 80,7 | — | — | — | — | — | — | — |
| 15. Februar . | 3,8 | 6,3 | 7,7 | 17,8 | 53,9 | 6,9 | 78,6 | — | — | — | — | — | — | — |
| 13. März . . | 3,2 | 7,5 | 9,2 | 19,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3. April . . | 3,1 | 5,9 | 10,9 | 19,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 18. April . . | 3,1 | 3,8 | 10,2 | 17,1 | 56,8 | 5,7 | 79,6 | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 Mai . . | 2,2 | 6,4 | 18,0 | 26,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15. Mai . . | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1. Juni . . | — | — | — | — | — | — | — | 3,1 | 11,4 | 12,7 | 27,2 | — | — | — |
| 15. Juni . . | — | — | — | — | — | — | — | 3,0 | 14,6 | 9,9 | 27,5 | 37,3 | 2,4 | 67,2 |
| 17. Juli . . | — | — | — | — | — | — | — | 3,0 | 13,3 | 10,8 | 27,1 | — | — | — |
| 14. August . | — | — | — | — | — | — | — | 3,2 | 12,1 | 12,3 | 27,6 | — | — | — |
| 13. September | — | — | — | — | — | — | — | 3,3 | — | — | — | — | — | — |
| 12. Oktober . | 4,9 | 35,6 | 15,5 | 56,0 | — | — | — | 3,5 | — | — | — | — | — | — |
| 26. Oktober . | 4,7 | 29,4 | 15,7 | 49,8 | 27,2 | 3,4 | 80,4 | 2,5 | — | — | — | — | — | — |
| 16. November | — | 24,9 | 13,8 | (43,4) | — | — | — | 4,0 | 10,8 | 9,3 | 24,1 | 49,1 | 4,9 | 78,1 |
| 18. Dezember | — | 19,1 | 12,0 | (35,9) | — | — | — | 3,2 | — | — | — | — | — | — |

Der Stickstoff konnte nur in den Monaten September (Bestimmung des Gesamtstickstoffes) und Oktober bestimmt werden (Tab. 4). Er bleibt während dieser Zeit, auf die Trockensubstanz bezogen, ungefähr gleich gross, 1,3—1,4 %, wovon der überwiegende Teil, rund 1,2 %, auf den Reinproteinstickstoff entfällt. Auf Eiweiss umgerechnet entsprechen die 1,4 % Gesamtstickstoff rund 8,8 % Rohprotein. Entsprechend dem Wachstum der Knospen nimmt naturgemäss während dieser Zeit die

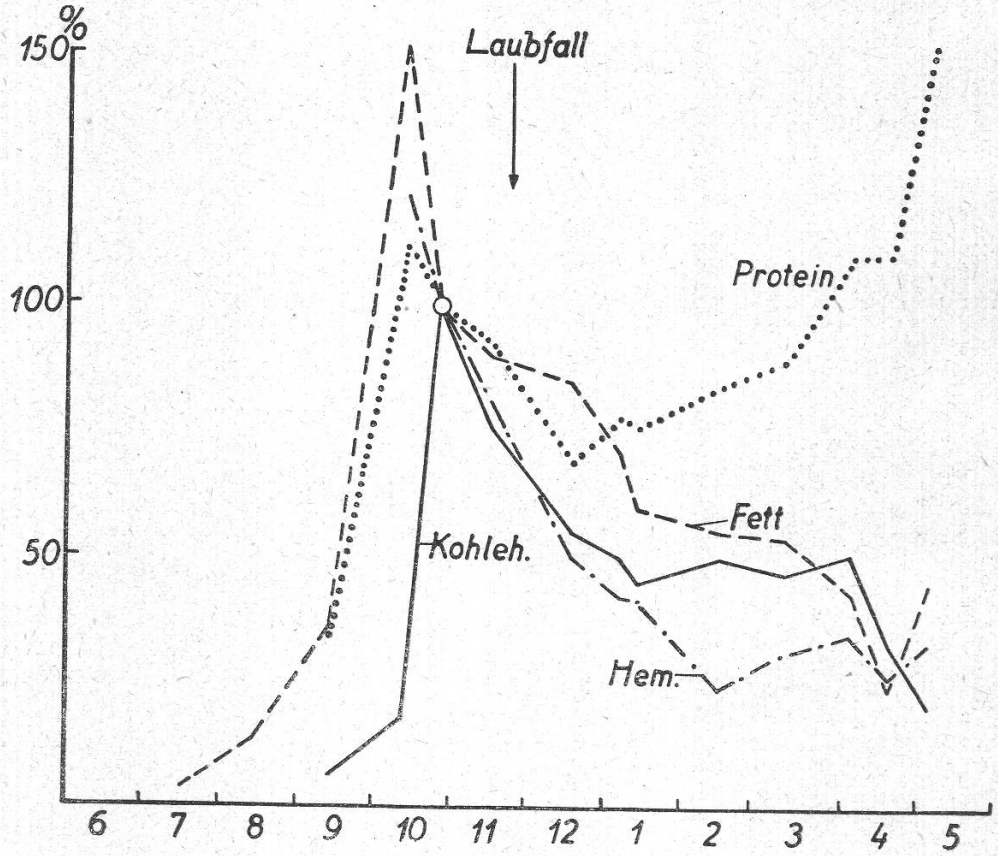


Abbildung 6.

Die Veränderungen der wichtigern Reservestoffe der Buchenknospen von ihrer Anlage bis zum Laubausbruch. (Absolute Gewichtsmengen pro Knospe, bezogen auf den 26. Oktober = 100 %.)
« Fett » = Summe der Fette und der Fettsäuren.
« Kohleh. » = Summe der Kohlehydrate.
« Hem. » = Gesamte Hemizellulosen.
«Protein » = Rohprotein = Gesamtstickstoff mal 6.25.

*absolute Menge* des in *einer* Knospe vorhandenen Rohporteins stark zu (Tab. 5 a) und steigt von 1,7 mg Rohprotein pro Knospe in der Fällung vom 13. September auf 5,7 mg pro Knospe in der Fällung vom 12. Oktober. Man darf sich wahrscheinlich vorstellen, dass diese rund 9 % Rohprotein, bezogen auf die Trockensubstanz, beinahe das Maximum dessen sind, was die Knospen zu speichern vermögen : *Die Knospen dürften daher während dieser Zeit mit Eiweissreserven nahezu vollgestopft sein.*

Über die Zellwandbestandteile liegt nur aus der Fällung vom 12. Oktober eine teilweise Analyse vor; sie ergab einen Gehalt von 14,0 % Hemizellulosen (bezogen auf die Trockensubstanz, Tab. 5), oder, in absoluter Gewichtsmenge pro Knospe (Tab. 5 a), von 9,1 mg pro Knospe.

### § 2. Das Verhalten der Knospen während des Laubfalles.

Mit dem Einsetzen der kalten Witterung werden die Knospen offensichtlich mit Kohlehydraten vollgestopft. Dies äussert sich vor allem in dem Sprung vom 12. auf den 26. Oktober (Tab. 3) : von 1,5 % am 12. Oktober steigt der Gehalt der Knospen an Gesamtkohlehydraten auf nicht weniger als 8,9 % am 26. Oktober, also zwei Wochen später, oder, in absoluten Gewichtsmengen ausgedrückt (Tab. 5 a), von 0,98 mg pro Knospe auf 5,38 mg. Trotz dieses Anstieges bleibt bemerkenswerterweise der Stärkegehalt in der gleichen Grössenordnung bestehen (1,3 zu 1,7 %) : die Zunahme an Kohlehydraten erfolgt fast ausschliesslich bei den Zuckern, und zwar gleichermassen bei der Glukose und bei der Saccharose.

Einer ähnlichen Erscheinung begegnen wir bei den Hemizellulosen (Tab. 5), die innerhalb zweier Wochen (12. bis 26. Oktober) von 14,0 auf 18,1 %, oder, in absoluten Gewichtsmengen, von 9,1 mg pro Knospe auf 10,9 mg ansteigen, und zwar vorwiegend durch eine Zunahme der Hemizellulose A. Dagegen wird der Stickstoffgehalt der Knospen (Tab. 4) von dieser Vegetationsumstellung nicht berührt; entweder sind im Bereich der Buchenknospen die Stickstoffverbindungen weniger mobil als die Kohlehydrate oder (was mit Rücksicht auf den später zu besprechenden Sprung vom 18. April zum 4. Mai wahrscheinlicher ist) das diesem Entwicklungsalter der Knospen angemessene Aufnahmevermögen für Eiweissverbindungen ist mit einem Rohproteingehalt von rund 8,8 % bereits nahezu erschöpft.

### § 3. Das Verhalten der Knospen während der Winterruhe (Anfang November bis Mitte Januar).

Unmittelbar nach dieser letzten Nährstoffversorgung und, damit verbunden, mit der letzten Gewichtszunahme der Knospen, treten diese (dagegen nicht der übrige Baum !) in die Winterruhe ein. Ihr Volumen beginnt abzunehmen, und es sinkt von 140,3 $mm^3$ in der Fällung vom 26. Oktober auf 78,0 $mm^3$ in der Fällung vom 13. Januar, also fast auf die Hälfte (Tab. 1, Abb. 4). Ferner scheint die Nährstoffzufuhr von den Zweigen her nicht mehr auszureichen, um in den Knospen die durch die Atmung abgebaute Substanz zu ersetzen; die Atmung geht daher auf Kosten der in den Knospen selbst liegenden Vorräte weiter, und das Trockengewicht der Knospen sinkt dementsprechend im Laufe

des Winters auf rund zwei Drittel des herbstlichen Höchststandes, nämlich von 65,1 mg am 12. Oktober bzw. 60,4 mg am 26. Oktober auf 38,2 mg in der Fällung vom 13. Januar.

Nimmt man an, dass vom 26. Oktober weg keine Nährstoffe mehr aus den Zweigen in die Knospen hinausgewandert sind, so haben die Knospen des ganzen Baumes bis zum 13. Januar aus ihren Reserven 1420 g Trockensubstanz veratmet, also im Tag rund 18,2 g; doch sind das Minimalzahlen; denn die Stoffzufuhr aus den Zweigen ist zweifelsohne nicht gänzlich eingestellt worden. *Zur Gewinnung der Erhaltungsenergie veratmen demnach die Knospen der Buche von Ende Oktober bis Mitte Januar, über den eventuellen Stoffnachschub aus den Zweigen hinaus, noch mindestens jeden Tag 0,6 % ihrer eigenen Trockensubstanz.*

Die Betrachtung der Tab. 1 *a* und der Abb. 5 lässt überdies erkennen, dass die Gewichtsabnahme der Knospen zwischen dem 26. Oktober und dem 13. Januar nicht einheitlich verläuft, sondern dass wir zu unterscheiden haben zwischen einer Periode der *absoluten* Winterruhe (26. Oktober bis 18. Dezember) und einer Periode des beginnenden Wachstums (18. Dezember bis 13. Januar).

Während der absoluten Winterruhe (26. Oktober bis 18. Dezember) veratmen die Knospen täglich rund 0,3 mg Trockensubstanz, im Zeitabschnitt vom 18. Dezember bis zum 13. Januar dagegen nur noch 0,10—0,16 mg. Es ist kaum anzunehmen, dass während dieses Monates die Atmungsintensität nur halb oder gar nur einen Drittel so gross gewesen sei wie in den beiden vorangehenden Monaten; sondern man muss sich vorstellen, dass nach Mitte Dezember an sonnigen Tagen schon ein analytisch erfassbarer Stoffnachschub aus den Zweigen in die Knospen stattfindet, welcher Nachschub freilich das Atmungsdefizit noch nicht völlig zu decken vermag, es aber doch in steigendem Masse verkleinert; so beträgt vom 16. November bis 18. Dezember das Atmungsdefizit 0,39 mg im Tag; vom 18. Dezember bis 6. Januar 0,16 mg; vom 6. Januar bis 13. Januar 0,10 mg; und vom 13. Januar bis 15. Februar ist überhaupt kein Atmungsdefizit mehr vorhanden, sondern ein kleiner Überschuss des Nachschubes, nämlich, auf die ganze Periode berechnet, von 0,07 mg im Tag; die Kurve des Atmungsdefizites steigt denn auch, wie Abb. 5 zeigt, von anfangs Dezember weg zusehends an, Ende Januar schneidet sie die Null-Linie, d. h. Veratmung und Nachschub halten sich die Waage, und hernach wird der Nachschub so gross, dass in den Knospen eine Gewichts*zunahme* eintritt.

Das Volumen der Knospen nimmt während der Winterruhe (Mitte November bis Mitte Januar) gleichmässig ab (Tab. 1 *a* und Abb. 5), und zwar ungefähr um 1 $mm^3$ im Tag. Dementsprechend bleibt das spezifische Gewicht der Knospen während aller dieser Vorgänge sich

ungefähr gleich (zwischen 0,4 und 0,5). Dies gibt uns den Fingerzeig, wie wir die vom Oktober bis in den Januar hinein erfolgende Volumenverkleinerung der Knospen zu deuten haben : sie ist nicht nur in ökologischem Sinne als ein dichterer Knospenschluss zu verstehen (im Zusammenhang mit dem Schutz vor der winterlichen Witterungsunbill); denn ein derartig bedingter Knospenschluss müsste, sofern er biologisch einen Wert haben soll, im Laufe des Herbstes beendet sein, und er müsste weiterhin, weil die Knospenmasse durch den engern Schluss kompakter wird, zu einer Erhöhung des spezifischen Gewichtes führen; dies ist jedoch bei unserem Material nicht der Fall. Der *den ganzen Winter hindurch* sich fortsetzende Volumenschwund der Knospen ist daher in überwiegendem Masse als ein *Schrumpfungs*prozess zu verstehen, bedingt durch die Veratmung der in den Knospen liegenden Vorräte.

Welche Bestandteile der Knospen werden von diesen Abbau- und Schwundprozessen erfasst ? Hierüber geben wieder die Tabellen 2—5 eine gewisse Auskunft. Nur müssen wir beachten, dass unsere Analysen auf die jeweilige *Trockensubstanz* der untersuchten Knospen bezogen sind; da aber, Hand in Hand mit den soeben beschriebenen Schwundvorgängen, die Trockengewichte der Knospen im Verlaufe der Monate November und Dezember um rund einen Drittel abnehmen, so verschiebt sich andauernd die *Bezugsbasis* unserer Gehaltsbestimmungen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, dieser methodischen Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen. Entweder : wir greifen einen Analysenbestandteil heraus, der nach dem heutigen Stand des Wissens unverändert bleibt, z. B. den Wert Zellulose plus Inkrusten (Lignine und Kutin) und berechnen für jeden Fällungstag, in welchem Verhältnis die Kohlehydrate, die Stickstoffverbindungen usw. zu diesen (als stabil angenommenen) Wandstoffen stehen. Oder : wir berechnen für jeden Fällungstag, wie viele Milligramme Kohlehydrate, Eiweissverbindungen usw. durchschnittlich in einer einzelnen Knospe vorhanden sind und beziehen sodann diese absoluten Gewichtsmengen auf einen bestimmten Stichtag, z. B. auf den Zeitpunkt des Eintretens in die Winterruhe (26. Oktober = 100 %).

Die erstgenannte Methode hat den Vorteil, dass sie den individuellen Zufälligkeiten der jeweils geschlagenen Bäume besser gerecht wird; sie ist aber mit dem Nachteil behaftet, dass wir sie nur für die Zeit der absoluten Winterruhe verwenden können, da hernach die Bildung von Zellulose in den Knospen sehr bald einsetzt. Wir haben deshalb die zweitgenannte Methode verwendet, für jeden Fällungstag die Anzahl Milligramme ausgerechnet, in welchen die Gesamtkohlehydrate, die gesamten Eiweissverbindungen (als « Rohprotein ») usw. in einer einzelnen (Ideal-) Knospe vorhanden waren, und haben sodann diese Ge-

wichtsmengen auf den 26. Oktober als den Zeitpunkt des Einwinterns bezogen. Gewiss geht diese Berechnungsweise über die individuellen Zufälligkeiten der einzelnen Bäume hinweg, doch sehen wir keine Möglichkeit zu einer gerechtern Darstellung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 a zusammengefasst und in Abb. 6 graphisch veranschaulicht.

Tabelle 5a.

Die Veränderungen der wichtigern Reservestoffe der Buchenknospen von ihrer Anlage bis zum Laubausbruch. Die erste Kolonne gibt (in Milligrammen) den absoluten Gewichtsbetrag an, in welchem der betreffende Stoff durchschnittlich in *einer* Knospe vorhanden war; die zweite Kolonne enthält einen relativen Wert, bezogen auf die Periode des Eintretens in die Winterruhe.
(Stichtag 26. Oktober = 100 %.)

| Fällungstag | Fette und Fettsäuren | | Verfügbare Kohlehydrate | | Gesamte Hemizellulosen | | Rohprotein | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg | % | mg | % | mg | % | mg | % |
| 17. Juli | 0,03 | 3,6 | — | — | — | — | — | |
| 14. August | 0,12 | 14,3 | — | — | — | — | — | |
| 13. September | 0,30 | 35,7 | 0,38 | 7,0 | — | — | 1,73 | 33,9 |
| 12. Oktober | 1,27 | 151,2 | 0,98 | 18,1 | 36,4 | 121,7 | 5,74 | 112,5 |
| 26. Oktober | 0,84 | 100 | 5,38 | 100 | 29,9 | 100 | 5,13 | 100 |
| 16. November | 0,76 | 90,1 | 4,09 | 75.7 | 23,9 | 79,7 | 4,67 | 91,6 |
| 18. Dezember | 0,71 | 84,5 | 2,98 | 55,2 | 15,1 | 50,5 | 3,52 | 69,0 |
| 6. Januar | 0,60 | 71,4 | 2,69 | 49,8 | 12,7 | 42,4 | 3,99 | 78,2 |
| 13. Januar | 0,50 | 59,6 | 2,41 | 44,6 | 12,6 | 42,0 | 3,87 | 75,9 |
| 15. Februar | 0,46 | 54,8 | 2,68 | 49.6 | 7,2 | 24,0 | 4,26 | 83,5 |
| 13. März | 0,45 | 53,6 | 2,53 | 46,9 | 9,2 | 30,7 | 4,56 | 89,4 |
| 3. April | 0,36 | 42,9 | 2,75 | 50,9 | 10,5 | 35,0 | 5,61 | 109,9 |
| 18. April | 0,20 | 23,8 | 1,78 | 33,0 | 7,8 | 26,0 | 5,66 | 110,0 |
| 4. Mai | 0,38 | 45,2 | 1,09 | 20,2 | 10,0 | 33,3 | 7,78 | 151,7 |

Die Abb. 6 wiederholt zunächst das früher über das Verhalten der Knospen während des Sommers und des Frühherbstes (bis 12. Oktober) Gesagte: die reichliche Einwanderung der Kohlehydrate in die Knospen erfolgt etwa 3 Wochen später als der Anstieg der Fette und der Stickstoffverbindungen, und sie setzt eigentlich erst dann in vollem Umfange ein, wenn die Fette und die Stickstoffverbindungen ihren Höhepunkt schon erreicht bzw. überschritten haben; dies hängt damit zusammen, dass die Fette und die Stickstoffverbindungen ihren Höhepunkt in den Knospen schon in der Fällung vom 12. Oktober erreicht haben, also zu einer Zeit, da die Wälder, obenhin betrachtet, noch grün waren, währenddem der Anstieg der Kohlehydrate in den Knospen und, als Folge dieses Anstieges, die eigentliche Speicherung von Kohlehydratreserven, erst zwischen dem 12. und 26. Oktober stattfindet, also während des Vergilbens der Blätter und der allgemeinen Rückwanderung der Stoffe. Im übrigen muss aber bei der Betrachtung der Abb. 6 berücksichtigt

werden, dass die Kurvenschenkel *vor* dem Stichtag (26. Oktober) wegen der Art der Berechnung mehr oder weniger verzerrt sind; so beträgt der absolute Wert des Anstieges der Gesamtkohlehydrate vom 13. September zum 12. Oktober fast zwei Drittel der Gewichtszunahme der Fette während dieser Zeit (60 mg zu 97 mg); da jedoch die Fette und die Fettsäuren schon am 12. Oktober ihren Höhepunkt erreichen, während die Kohlehydrate in der Zeit vom 12. zum 26. Oktober noch um rund viereinhalb Milligramme zunehmen, so wirkt sich diese selbe Gewichtszunahme, berechnet auf den Zeitpunkt des Einwinterns, völlig verschieden aus.

Die Kurven der Abb. 6 sind daher erst vom 26. Oktober an objektiv richtig. Sie lassen für den Zeitabschnitt der Vegetationsruhe (26. Oktober bis 13. Januar), der uns hier zunächst interessiert, das folgende erkennen.

Die Kurve der verfügbaren Kohlehydrate sinkt während dieser Zeit regelmässig ab, nämlich von 5,4 mg pro Knospe auf 2,4 mg, also um rund 3 mg (Tab. 5 a); und zwar nehmen die Kohlehydrate rascher ab, als dem übrigen Gewichtsschwund der Knospen entsprechen würde; denn ihr Anteil an der Trockensubstanz (Tab. 3) sinkt während dieser Zeit von 8,9 % auf 6,9 %, also um fast einen Viertel. *Die vom herbstlichen Vergilben weg bis Mitte Januar festgestellte Gewichtsabnahme der Knospen wird also zu einem Teil durch die Veratmung der in den Knospen lagernden Kohlehydratreserven* bedingt; und zwar geht diese Veratmung, wie Tab. 3 zeigt, vor allem zu Lasten der Stärke und der Saccharose, nicht aber der Glukose und der Pektine.

Nun vermag aber die Veratmung der Stärke und des Rohrzuckers wohl eine *Gewichts*abnahme der Knospen zu erklären, nicht aber ihren weitgehenden *Volumen*schwund; und sodann reicht das Ausmass der veratmeten Stärke- und Zuckermengen bei weitem nicht zur Deckung der gesamten Gewichtsabnahme der Knospen hin; denn das Gewicht der Knospen sinkt vom 26. Oktober bis zum 13. Januar von 60,4 auf 38,2 mg, also um rund 22 mg, wogegen am 26. Oktober überhaupt nur 5,4 mg verfügbare Kohlehydrate in den Knospen vorhanden waren.

Diese Unstimmigkeit hellt sich auf, sobald wir die Hemizellulosen betrachten. Ihr Anteil an der Trockensubstanz der Knospen (Tab. 5) nimmt vom 26. Oktober (bzw. schon vom 12. Oktober) bis zum 13. Januar hin stetig ab : am 26. Oktober bestand noch rund die Hälfte der Knospensubstanz aus Hemizellulosen (49,8 %; Tab. 5), am 13. Januar waren es noch rund ein Drittel (32,9 %); oder, in absoluten Gewichtsmengen ausgedrückt, am 26. Oktober enthielt jede Knospe durchschnittlich 29,9 mg Hemizellulosen, am 13. Januar noch 12,6 mg, also rund 17 mg weniger. *Es werden also während der Winterruhe mindestens fünfmal mehr Hemizellulosen als Kohlehydrate zur Gewinnung der Erhaltungsenergie veratmet;* und zwar wird die Hemizellulose A

sowohl absolut als relativ durch diese Veratmung stärker in Mitleidenschaft gezogen als die Hemizellulose B (Tab. 5).

Diese Veratmung der Hemizellulosen erklärt zwanglos die weitgehende Schrumpfung (Volumenabnahme) der Knospen; denn im Gegensatz zu den mobilen Kohlehydraten, die im Zellinnern lagern, sind die Hemizellulosen vorwiegend als sekundäre Wandverdickungen an- bzw. abgelagert; verschwinden diese, so muss ein nicht verholztes Organ naturgemäss schrumpfen.

Ähnlich wie die Kurve der Kohlehydrate und der Hemizellulosen sinkt auch die Kurve der Fette und der Fettsäuren vom 26. Oktober zum 13. Januar hin ab, und zwar beginnt dieser Abstieg, ähnlich wie bei den Hemizellulosen, schon zwei Wochen früher als bei den Kohlehydraten, nämlich schon am 12. Oktober; nur ist er weniger steil : bezogen auf die Trockensubstanz (Tab. 2) bleibt der relative Fettgehalt der Knospen vom 26. Oktober bis zum 13. Januar mit einigen individuellen Schwankungen ungefähr gleich gross, nämlich rund 1,3—1,7 %. Die Fette nehmen also während dieser Zeit nur um so viel ab, als dem durchschnittlichen Gewichtsschwund der Knospen entspricht.

Merkwürdigerweise zeigt auch die Kurve der Stickstoffverbindungen eine ausgesprochen sinkende Tendenz, und zwar vom 12. Oktober bis gegen das Jahresende hin. Der Anteil der Stickstoffverbindungen an der Trockensubstanz (Tab. 4) bleibt während dieser ganzen Zeit auffallend gleich, rund 1,35—1,40 % : *in dem Masse, wie die Knospen an Eigengewicht verlieren, nimmt auch die Menge der in ihnen lagernden Eiweissverbindungen ab,* wobei sich überdies das Verhältnis der Aminosäuren zum Reinprotein zugunsten des letztern verschiebt.

Die vorliegende Untersuchung vermag diesen Befund nicht zu deuten; entweder werden Stickstoffverbindungen mit veratmet, oder sie werden, Hand in Hand mit den Schrumpfungsvorgängen, in die Zweige zurücktransportiert. Nach der Fällung vom 18. Dezember steigt der Stickstoffgehalt der Knospen wieder an; hierüber wird gleich noch zu sprechen sein.

## § 4. Das Verhalten der Knospen während des Vorfrühlings (Mitte Januar bis anfangs April).

Wir verlassen nunmehr die Zeit der Winterruhe und betrachten das Verhalten der Knospen von den Januarfällungen weg bis anfangs April, also bis einen Monat vor dem Laubausbruch. Ihre Trockengewichte beginnen zuzunehmen, sie steigen von rund 38 mg im Monat Januar auf rund 53 mg anfangs April; und zwar erfolgt dieser Anstieg, wie Tab. 1 a und Abb. 5 zeigen, die ganze Zeit über sehr regelmässig, in linearer Weise. Trotz der niedern meteorologischen Lufttemperaturen muss also (offenbar während gewisser Tageszeiten, unter dem Einfluss der direk-

ten Sonnenbestrahlung) eine weitere Nährstoffzufuhr von den Zweigen her erfolgt sein; doch reicht sie immer noch nicht aus, um den während des Winters erfolgten Atmungsverlust wettzumachen; denn der Höhepunkt vom 3. April liegt mit 52,8 mg immer noch tiefer als der herbstliche Höhepunkt von 65,1 mg. Noch rascher als die Trockengewichte nehmen aber die Volumina der Knospen zu, und sie steigen von 78 $mm^3$ in der Fällung vom 13. Januar auf 311 $mm^3$ in der Fällung vom 3. April; anderseits sinkt das spezifische Gewicht der Knospen von durchschnittlich 0,47 im Mittel der sechs Fällungen der Monate Oktober bis Januar auf 0,17 in der Fällung vom 3. April; es findet also eine ausgesprochene *Auflockerung* der Knospen statt.

Ist nun die Gewichtszunahme der Knospen vorwiegend als ein Wachstumsvorgang zu deuten oder ist sie vorwiegend die Folge einer fortgesetzten Anhäufung von Reservestoffen ? Hierüber gibt zunächst die Tab. 5 eine summarische Auskunft. Würde in den Knospen eine einseitige Anhäufung von Reservestoffen, gewissermassen in Bereitstellung auf den Laubausbruch hin, stattfinden, so müsste der prozentuale Anteil der Wandstoffe an der Trockensubstanz sinken; das tut er jedoch nicht, sondern er bleibt von Anfang Januar bis anfangs April ungefähr gleich gross (78—80 %). In dem Masse, wie in den Monaten Januar bis April das Trockengewicht der Knospen zunimmt, sind also in den Knospen auch Wandsubstanzen neu gebildet, neu aufgebaut worden. Anderseits sind freilich im gleichen Masse, Hand in Hand mit der Gewichtszunahme der Knospen, auch Zell*inhalts*stoffe in den Knospen abgelagert worden; denn das Verhältnis der Wandstoffe zu den Zellinhaltsstoffen bleibt sich während der ganzen Periode ungefähr gleich, rund 80 : 20 %.

Der rein zahlenmässige Vergleich der Trockengewichte der Knospen von anfangs Januar bis anfangs April gibt daher nicht ein richtiges Bild der Nährstoffwanderungen : die Nährstoffzufuhr von den Zweigen in die Knospen ist zweifelsohne während dieser drei Monate viel grösser gewesen als in der blossen Trockengewichtszunahme der Knospen zum Ausdruck kommt; denn ein erheblicher Teil der zugeführten Nährstoffe muss ja unmittelbar in chemische Energie umgesetzt und bei den Wachstumsvorgängen, z. B. beim Aufbau der hochpolymeren Wandstoffe, vernichtet worden sein. Nehmen wir auf Grund der später zu besprechenden Auszählungen an, dass unsere Buchen etwa 64,000 Knospen besassen, so ist vom 13. Januar bis zum 3. April in den Knospen $64{,}000 \times 14{,}6$ mg $= 934$ g Substanz neu gebildet worden. Rund $^4/_5$ dieses Betrages also rund 750 g, sind neu gebildete hochpolymere Wandsubstanzen. Nehmen wir an, dass für den Aufbau von 1 mg Trockengewicht rund 0,5 mg Substanz vernichtet werden (G ä u m a n n , 1932, S. 392), so sind während der fraglichen drei Monate

rund 375 g Substanz für die Energiegewinnung veratmet worden; es müssen demnach mindestens 1100—1200 g Kohlehydrate aus dem Baum in die Knospen hinaustransportiert worden sein.

In welcher Weise äussern sich nun diese Wachstumsprozesse bei den fünf in Tab. 5 aufgeführten Gruppen von Wandstoffen ?

Der Gehalt der Trockensubstanz an *Protopektinen* sinkt von rund 5 % im Januar auf rund 3 % anfangs April, also auf rund 60 % des ursprünglichen Betrages. Man wird demnach sagen dürfen, dass die Bildung von Protopektinen während dieser Entwicklungsphase der Knospen mit der allgemeinen Substanzzunahme der Knospen nicht Schritt hielt; im Gegenteil : da während dieser Zeit das Trockengewicht der Knospen um rund 40 % zunimmt, der Gehalt der Trockensubstanz an Protopektinen dagegen um rund 40 % abnimmt, so wird man vermuten, dass in den Knospen während dieses Zeitabschnittes wahrscheinlich gar keine oder nur ganz wenige Protopektine neu gebildet worden sind. Die Protopektine müssen sich wahrscheinlich während dieser Zeit vorwiegend als eine inerte Grundmasse (Mittellamellen usw.) verhalten haben, die an den Umsetzungen und am Wachstum der Knospen vorläufig keinen Anteil nimmt : *Dieses letztere erfolgt offenbar während dieser Zeit nur in verschwindendem Masse durch Zellteilung, sondern vorwiegend durch Intussuszeption.*

Es scheint sogar, als wäre es nicht ausgeschlossen, dass ein Teil jener Substanzen, die wir summarisch als Protopektine bestimmen, in der Zeit von Mitte Januar bis Mitte Februar in den Knospen abgebaut werden und verschwinden. Rechnen wir nämlich, ähnlich wie wir dies in Tab. 5 *a* für einige andere Stoffe getan haben, die absoluten Gewichtsmengen der Protopektine pro Knospe aus, so gelangen wir zu den folgenden Werten :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6. Januar . . . . . | 1,95 mg | pro | Knospe |
| 16. Januar . . . . . | 1,99 mg | » | » |
| 15. Februar . . . . . | 1.54 mg | » | » |
| 13. März . . . . . | 1,49 mg | » | » |
| 3. April . . . . . | 1,64 mg | » | » |

Zwischen Mitte Januar und Mitte Februar scheint also eine Abnahme der Protopektine um rund einen Fünftel stattzufinden, ähnlich wie wir dies gleich bei der Hemizellulose A beobachten werden.

Die *Hemizellulose A* setzt nämlich die absteigende Tendenz, die wir für die Zeit vom 12. Oktober bis zum 13. Januar festgestellt haben, fort und sinkt von rund 17 % (bezogen auf die Trockensubstanz) in den beiden Januarfällungen auf rund 6 % Mitte Februar, um dann bis anfangs April ungefähr auf dieser Quote zu verharren. Man wird wieder annehmen müssen, dass dieser Sprung von 17 auf 6 % durch die Auflösung von *Reserve*-Hemizellulosen verursacht wird : *der grösste Teil*

*der in den Knospen selbst liegenden Kohlehydratreserven war demnach in Gestalt von Hemizellulosen (und zwar aus der Gruppe der « Hemizellulose A ») dort eingelagert.*

Der « *Hemizellulose B* » kommt offenbar ein anderer Charakter zu; sie ist vom 6. Januar bis Mitte April stets ungefähr in gleicher Menge in den Knospen vorhanden (rund 10 %, abgesehen von der Februarfällung, die aus ungeklärten Gründen etwas aus dem Rahmen fällt); sie muss also im gleichen Schritt, wie das Trockengewicht der Knospen vom Monat Januar bis anfangs April zunimmt, stets neu gebildet worden sein. Es ist daher wohl erlaubt, sich vorzustellen, dass die Gruppe der « Hemizellulose B » vorwiegend *Gerüst*-Hemizellulosen umfasst, die Gruppe der « Hemizellulose A » dagegen vorwiegend *Reserve-* bzw. *mobilisierbare* Hemizellulosen.

Hand in Hand mit der Auflösung der Hemizellulose A steigt der *Zellulose*gehalt der Knospen von 38 % anfangs Januar steil auf 54 % Mitte Februar an, um dann ungefähr auf dieser Höhe zu verharren. Machte die Zellulose in der Fällung vom 6. Januar noch rund 50 % der gesamten Wandstoffe der Knospen aus, so steigt ihr Anteil bis anfangs April auf rund 70 %. Die von Mitte Januar bis Mitte Februar erfolgte Umsetzung der Reservehemizellulosen ist also vorwiegend dem Aufbau der Zellulose zugute gekommen, und auch in den folgenden Monaten wird mehr als die Hälfte der in den Knospen vor sich gehenden Aufbauarbeit durch den Aufbau der *Zellulose* geleistet, bestehen doch 54—56 % der Trockensubstanz andauernd aus Zellulose.

Die *Lignine* und das *Kutin* nehmen an diesen Umwandlungen wenig Anteil, sondern machen andauernd 6—7 % der Trockensubstanz aus; dies vermag nicht zu verwundern, ist doch jedenfalls der Sitz des Kutins vorwiegend in den Knospenschuppen zu suchen.

Wir sehen also, dass zwar der *Gesamt*gehalt an Wandstoffen in der Trockensubstanz der Knospen von anfangs Januar bis anfangs April sich ungefähr gleich bleibt (78—80 %), dass aber innerhalb der fünf untersuchten einzelnen Wandstoffe während dieser Zeit eine deutliche Verschiebung eintritt :

1. Protopektine werden wahrscheinlich während dieser Zeit nicht neu gebildet und nehmen daher prozentual ab;
2. « Hemizellulose B », Lignine und Kutin werden nur in dem Masse neu gebildet, wie die Trockensubstanz der Knospen zunimmt;
3. « Hemizellulose A » dient wahrscheinlich zu einem erheblichen Teil als Reservestoff und wird von Mitte Januar bis Mitte Februar zu fast zwei Dritteln abgebaut; und
4. der grössere Teil der chemischen Arbeit wird für den Aufbau von Zellulose verwendet, deren Anteil an den gesamten Wandstoffen von rund 50 % am 6. Januar auf rund 70 % anfangs April steigt.

Welche Wandlungen machen nun die verbleibenden 20 % der Trockensubstanz der Knospen von anfangs Januar bis anfangs April durch ?

Der relative Gehalt an *Kohlehydraten* (Tab. 3) nimmt zwar etwas ab und sinkt von rund 6 % auf rund 5 %; doch bleibt die absolute Menge der verfügbaren Kohlehydrate (Tab. 5 *a*) ungefähr gleich gross (rund 2,5 mg), und dementsprechend verläuft auch die Kurve der Kohlehydrate in Abb. 6 während dieser Zeit ungefähr horizontal; der Nachschub aus den Zweigen scheint also den Verbrauch ungefähr zu decken. Irgendein charakteristisches Verhalten der vier untersuchten Kohlehydratgruppen ist nicht zu erkennen; bemerkenswert ist einzig die fast völlige Abwesenheit der Stärke.

Die Kurve der *Fette* und der *Fettsäuren* (Abb. 6; Tab. 2 und 5 a) sinkt andauernd weiter und ist am 3. April auf rund einem Drittel ihres herbstlichen Maximalwertes angelangt. Irgendeine Beziehung zwischen dem Verbrauch an Kohlehydraten (und insbesondere dem Vorhandensein der Stärke) einerseits und der Veratmung der Fette anderseits lässt sich nicht erkennen.

Der relative Gehalt an *Stickstoff*verbindungen (Tab. 4) bleibt während der ganzen drei Monate ungefähr konstant : 1,6—1,7 % Stickstoff, bezogen auf die Trockensubstanz; volle 10—10,5 % der Trockensubstanz der Knospen bestehen demnach andauernd aus eiweissartigen Verbindungen; in gleichem Masse, wie die Trockensubstanz der Knospen zunimmt, müssen also Stickstoffverbindungen aus den Zweigen in die Knospen geführt worden sein (Tab. 5 a; Abb. 6). Ferner bleibt, abgesehen vom 3. April, das Verhältnis zwischen Reinprotein und Aminosäuren stets ungefähr gleich, nämlich etwa wie 5 : 1.

Es scheint, dass diese Zuwanderung von Stickstoffverbindungen aus den Zweigen in die Knospen schon vom 18. Dezember weg einsetzt; denn die Kurve der absoluten Gewichte der Stickstoffverbindungen in den Knospen (Abb. 6) biegt von diesem Zeitpunkt an eindeutig nach oben um; dies würde sich decken mit der früher (S. 183) dargelegten Auffassung, wonach auch der Kohlehydratnachschub aus den Zweigen in die Knospen schon von diesem Zeitpunkt an einsetzt, nur dass er anfänglich noch nicht ausreicht, um die Atmungsverluste in den Knospen völlig zu decken.

Endlich bleiben die *Aschen*gehalte der Knospen (Tab. 6) die ganze Zeit über ungefähr dieselben, woraus folgt, dass die für den Aufbau der Knospensubstanz notwendigen Mineralstoffmengen fortwährend aus den Zweigen nachbezogen werden. Die Asche der Fällung vom 13. Januar besteht, wie der Tab. 7 zu entnehmen ist (und Ähnliches wird wohl auch für die übrigen Fällungsmonate gelten), zu rund 23 % aus

Kali, zu rund 36 % aus Kalk, zu rund 10 % aus Magnesia, zu rund 17 % aus Phosphorsäure und zu rund 7 % aus Schwefelsäure.

Zusammenfassend können wir über das Verhalten der Knospen von Mitte Januar bis anfangs April das folgende sagen: Sobald Mitte Januar die Kraft der Sonne zunimmt, beginnen in den Knospen die Wachstumsprozesse langsam einzusetzen; zu den Trockensubstanzverlusten durch Veratmung (zwecks Gewinnung der Erhaltungsenergie), die wir vom 26. Oktober bis zum 13. Januar festgestellt haben, gesellt sich nunmehr noch der Trockensubstanzverlust des Energiestoffwechsels (Gewinnung der Energie für den Aufbau der hochpolymeren Wandstoffe). Obschon der Nachschub an Kohlehydraten aus den Zweigen her (und, wie soeben dargelegt, auch der Nachschub der Stickstoffverbindungen) zweifelsohne schon in der zweiten Dezemberhälfte eingesetzt hat, reicht er nicht einmal aus, um die Atmungsverluste der Knospen zu decken, geschweige denn, um ihren Energieaufwand für die Wachstumsprozesse zu befriedigen; die in den Knospen selbst liegenden Reserven, insbesondere die Hemizellulosen, werden daher, in Ergänzung zu diesem Nachschub, bis ungefähr anfangs Februar noch weiter abgebaut, während die absolute Gewichtsmenge der verfügbaren Kohlehydrate (vor allem der Glukose und der Saccharose) zunächst noch unangetastet bleibt. Von Mitte Februar an scheint der Kohlehydratnachschub aus den Zweigen derart ausgiebig betrieben zu werden, dass der weitere Abbau der Hemizellulosen eingestellt wird: alle benötigten Kohlehydrate werden nunmehr durch Zufuhr aus den Zweigen her geliefert.

Tabelle 6.
Die Aschengehalte der Buchen im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | Blätter | Zweige | Aeste | | Stamm | | | Wurzeln | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Rinde | Holz | Rinde | Jungholz | Reifholz | Rinde | Holz |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . | 2,4 | — | 3,1 | 6,5 | 0,99 | 4,4 | 0,37 | 0,53 | — | 0,46 |
| 13. Januar . . . | 3,0 | — | 4,6 | 5,6 | 0,72 | 5,0 | 0,39 | 0,33 | 7,6 | 0,63 |
| 15. Februar . . | 2,5 | — | 3,6 | 5,5 | 0,69 | 5,0 | 0,29 | 0,40 | 8,6 | 0,63 |
| 13. März . . . | 2,5 | — | 4,4 | 5,6 | 0,82 | 4,9 | 0,33 | 0,38 | 4,7 | 0,64 |
| 3. April . . . | 2,9 | — | 3,7 | 6,5 | 0,54 | 5,0 | 0,31 | 0,68 | 8,6 | 0,65 |
| 18. April . . . | 2,8 | — | 4,0 | 5,9 | 0,80 | 5,6 | 0,39 | 0,49 | 6,7 | 0,66 |
| 4. Mai . . . . | 3,4 | — | 4,2 | 5,9 | 0,60 | 5,7 | 0,42 | 0,55 | 7,9 | 0,75 |
| 15. Mai . . . . | — | 2,6 | 4,4 | 5,4 | 0,68 | 6,4 | 0,47 | 0,46 | 7,8 | 0,70 |
| 1. Juni . . . . | — | 3,9 | 3,5 | 5,1 | 0,60 | 5,2 | 0,41 | 0,48 | 8,2 | 0,72 |
| 15. Juni . . . . | — | 3,8 | 3,3 | 4,8 | 0,47 | 6,4 | 0,47 | 0,52 | 7,4 | 0,55 |
| 17. Juli . . . . | — | 4,6 | 3,1 | 4,5 | 0,50 | 5,1 | 0,45 | 0,38 | 7,4 | 0,67 |
| 14. August . . . | — | 4,5 | 3,2 | 5,1 | 0,55 | 5,1 | 0,39 | 0,33 | 8,0 | 0,56 |
| 13. September . . | — | 3,9 | 3,9 | 5,5 | 0,47 | 7,8 | 0,48 | 0,46 | 4,9 | 0,80 |
| 12. Oktober . . | — | 4,3 | 3,1 | 4,7 | 0,40 | 6,1 | 0,40 | 0,57 | 10,4 | 0,49 |
| 26. Oktober . . | 2,3 | 3,9 | 2,4 | 4,7 | 0,45 | 5,2 | 0,42 | 0,34 | 9,7 | 0,62 |
| 16. November . . | — | 5,7 | 4,8 | 6,3 | 0,78 | 5,1 | 0,49 | 0,56 | 7,8 | 0,72 |
| 18. Dezember . . | — | 3,9 | 4,4 | 5,4 | 0,57 | 5,1 | 0,34 | 0,42 | 9,7 | 0,60 |

## § 5. Das Verhalten der Knospen kurz vor dem Laubausbruch (anfangs April bis anfangs Mai).

Wir verfolgen nunmehr die Entwicklung der Knospen in der Zeit vom 3. April bis anfangs Mai, d. h. bis kurz vor dem Laubausbruch. Mit dem Monat April setzt nämlich im schweizerischen Mittelland das eigentliche Frühjahr ein : das Volumen unserer Buchenknospen steigt bis zum 4. Mai, also bis kurz vor dem Laubausbruch, steil auf 640 $mm^3$, also auf mehr als einen halben Kubikzentimeter, an (Abb. 4; Tab. 1), und die Knospen sind in diesem Zeitpunkt derart locker gebaut, dass sie vor der Xylometrierung paraffiniert werden müssen. Einige Knospen der untersten Äste haben sogar schon ausgeschlagen.

Obschon die Nährstoffzufuhr von den Zweigen her zweifelsohne mit dem Maximum der Leitungskapazität betrieben wird, reicht der Nachschub nicht aus, um den enormen Energieverbrauch der jungen, im Innern der Knospen heranwachsenden Blätter zu decken; die in den Knospen noch liegenden Reserven werden daher endgültig veratmet; das Trockengewicht der Knospen nimmt dementsprechend, statt weiter zu wachsen, jeden Tag durchschnittlich um ein halbes Milligramm ab (Tab. 1 a und Abb. 5), und es sinkt schliesslich auf zwei Drittel des frühjahrlichen Höhepunktes, nämlich auf 37,7 mg am 4. Mai. Dieses zweite Minimum deckt sich beinahe mit dem ersten Gewichtsminimum im Monat Januar; ob dies auf einem Zufall beruht, kann hier nicht entschieden werden. Da nun aber das Trockengewicht der Knospen von anfangs April weg um reichlich einen Viertel abnimmt, ihr Volumen dagegen auf rund den doppelten Betrag ansteigt, so muss ihr spezifisches Gewicht stark zurückgehen, und es erreicht kurz vor dem Laubausbruch den ausserordentlich niedern Wert von 0,06 (Abb. 4).

Die chemischen Vorgänge, die sich in diesen vier Wochen vor dem Laubausbruch in den Knospen abspielen, lassen sich an Hand unserer Analysen nur unvollständig überblicken, da unsere Fällungsintervalle (weil ja die Fällungen nach ganz andern Gesichtspunkten hin orientiert waren) zu gross sind.

Reserven an *Hemizellulosen* (im engern Sinne) scheinen seit Mitte Februar in den Knospen nicht mehr vorhanden zu sein : Die Kurve der absoluten Gewichtsmenge der Hemizellulosen verläuft ja seit Mitte Februar in Abb. 6 ungefähr horizontal; die Hemizellulosen A und B, die seit diesem Zeitpunkt in den Knospen nachgewiesen werden können, dürften also ausschliesslich Gerüsthemizellulosen darstellen. Anders verhält es sich mit den Protopektinen. Rechnen wir wiederum, wie auf Seite 189, auf Grund der Tabellen 1 und 5 aus, wie viele Milligramm Protopektine durchschnittlich in einer Knospe vorhanden sind, so gelangen wir zu den folgenden Werten :

Tabelle 7.

Die chemische Zusammensetzung der Buchenasche im Laufe eines Jahres.
(Werte bezogen auf die Reinasche.)

| Material | Fällungstag 1933 | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Knospen . . | 13. Januar . . . | 2,99 | 22,8 | 1,39 | 36,25 | 9,72 | 1,34 | 1,07 | 2,55 | 17,22 | 7,22 | 0,42 |
| Blätter . . | 15. Juni . . . . | 3,76 | 29,2 | 0,11 | 26,03 | 8,48 | 0,66 | 0,96 | 19,84 | 9,15 | 5,50 | 0,03 |
| | 14. August . . . | 4,51 | 22,7 | 0,07 | 26,67 | 5,33 | 1,56 | 1,33 | 32,00 | 7,11 | 3,11 | 0,02 |
| | 16. November . | 5,68 | 23,5 | 0,11 | 22,98 | 4,88 | 0,70 | 0,53 | 41,58 | 3,51 | 1,58 | 0,04 |
| Zweige . . | 13. Januar . . . | 4,57 | 9,0 | 0,36 | 69,92 | 3,28 | 0,58 | 0,94 | 8,48 | 4,35 | 3,03 | 0,06 |
| | 15. Juni . . . . | 3,26 | 10,6 | 0,58 | 63,11 | 4,20 | 0,61 | 1,86 | 11,00 | 4,70 | 3,25 | 0,13 |
| | 14. August . . . | 3,18 | 9,8 | 0,53 | 60,11 | 6,92 | 0,61 | 1,21 | 14,21 | 3,51 | 2,81 | 0,09 |
| | 16. November . . | 4,77 | 8,4 | 0,61 | 71,72 | 2,70 | 0,53 | 0,40 | 8,62 | 4,23 | 2,49 | 0,09 |
| Astrinde. . | 13. Januar . . . | 5,64 | 7,9 | 0,33 | 74,53 | 3,15 | 0,60 | 0,48 | 7,64 | 2,75 | 2,44 | 0,23 |
| | 15. Juni . . . . | 4,84 | 9,7 | 0,54 | 65,43 | 3,08 | 0,73 | 1,26 | 13,96 | 2,77 | 2,51 | 0,12 |
| | 14. August . . . | 5,07 | 8,3 | 0,41 | 58,02 | 3,61 | 1,19 | 1,01 | 22,11 | 3,01 | 2,42 | 0,08 |
| | 16. November . . | 6,26 | 8,0 | 0,52 | 71,41 | 3,33 | 0,60 | 1,75 | 8,57 | 3,33 | 1,90 | 0,27 |
| Astholz . . | 13. Januar . . . | 0,72 | 24,7 | 1,18 | 30,29 | 16,92 | 0,85 | 5,92 | 1,69 | 9,48 | 8,12 | 0,85 |
| | 15. Juni . . . . | 0,47 | 29,2 | 1,10 | 25,17 | 15,01 | 0,88 | 8,39 | 4,19 | 6,62 | 8,39 | 1,10 |
| | 14. August . . . | 0,55 | 21,8 | 2,21 | 16,42 | 23,62 | 1,61 | 9,11 | 12,72 | 3,61 | 7,33 | 1,10 |
| | 16. November . . | 0,78 | 25,6 | 1,02 | 29,49 | 15,69 | 0,92 | 5,08 | 2,56 | 11,50 | 7,73 | 0,61 |

Tabelle 8.

Der Mineralstoffgehalt der Buchen im Laufe eines Jahres. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Material | Fällungstag 1933 | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Knospen . . | 13. Januar . . . | 2,99 | 0,68 | 0,04 | 1,08 | 0,29 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,52 | 0,21 | 0,012 |
| Blätter . . | 15. Juni . . . . | 3,76 | 1,10 | 0,004 | 0,98 | 0,32 | 0,03 | 0,04 | 0,74 | 0,34 | 0,21 | 0,001 |
| | 14. August . . . | 4,51 | 1,02 | 0,003 | 1,20 | 0,26 | 0,07 | 0,06 | 1,44 | 0,32 | 0,14 | 0,001 |
| | 16. November . . | 5,68 | 1,34 | 0,005 | 1,31 | 0,28 | 0,04 | 0,03 | 2,37 | 0,20 | 0,09 | 0,002 |
| Zweige . . | 13. Januar . . . | 4,57 | 0,41 | 0,02 | 3,19 | 0,15 | 0,03 | 0,04 | 0,39 | 0,20 | 0,14 | 0,003 |
| | 15. Juni . . . . | 3,26 | 0,34 | 0,02 | 2,06 | 0,14 | 0,02 | 0,06 | 0,36 | 0,15 | 0,11 | 0,004 |
| | 14. August . . . | 3,18 | 0,31 | 0,02 | 1,91 | 0,22 | 0,02 | 0,04 | 0,45 | 0,10 | 0,09 | 0,003 |
| | 16. November . . | 4,77 | 0,40 | 0,03 | 3,42 | 0,13 | 0,03 | 0,02 | 0,41 | 0,21 | 0,12 | 0,004 |
| Astrinde . . | 13. Januar . . . | 5,64 | 0,44 | 0,02 | 4,20 | 0,18 | 0,03 | 0,03 | 0,43 | 0,16 | 0,14 | 0,013 |
| | 15. Juni . . . . | 4,84 | 0,47 | 0,02 | 3,17 | 0,15 | 0,04 | 0,06 | 0,68 | 0,13 | 0,12 | 0,006 |
| | 14. August . . . | 5,07 | 0,42 | 0,02 | 2,94 | 0,18 | 0,06 | 0,05 | 1,12 | 0,15 | 0,12 | 0,004 |
| | 16. November . | 6,26 | 0,51 | 0,03 | 4,47 | 0,21 | 0,04 | 0,11 | 0,54 | 0,21 | 0,12 | 0,018 |
| Astholz . . | 13. Januar . . . | 0,72 | 0,18 | 0,09 | 0,22 | 0,12 | 0,006 | 0,04 | 0,01 | 0,07 | 0,06 | 0,006 |
| | 15. Juni . . . . | 0,47 | 0,14 | 0,01 | 0,12 | 0,07 | 0,004 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,005 |
| | 14. August . . . | 0,55 | 0,12 | 0,01 | 0,09 | 0,13 | 0,009 | 0,05 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,006 |
| | 16. November . . | 0,78 | 0,20 | 0,08 | 0,23 | 0,12 | 0,007 | 0,04 | 0,02 | 0,09 | 0,06 | 0,005 |

| | |
|---|---|
| 3. April . . . . . | 1,64 mg pro Knospe |
| 18. April . . . . . | 1,42 mg |
| 4. Mai . . . . . | 0,83 mg |

Die absolute Gewichtsmenge der in einer Knospe vorhandenen Protopektine sinkt demnach vom 3. April bis zum 4. Mai auf rund die Hälfte. *Ähnlich wie bei den Hemizellulosen muss es also auch bei den Protopektinen Gerüstprotopektine und Reserveprotopektine geben.* Doch scheinen die Reserveprotopektine bei den Buchenknopsen nur eine untergeordnete Rolle zu spielen; denn vom 13. Januar bis zum 4. Mai werden pro Knospe nur 1,16 mg Protopektine abgebaut, gegen rund 24 mg Hemizellulosen A und B vom 12. Oktober bis zum 13. Januar. Worauf die Verschiedenheiten im zeitlichen Rhythmus des Abbaues der Hemizellulosen (im engern Sinne) einerseits und der Protopektine anderseits beruhen (dass die erstern im *Spätherbst*, bis in den Januar und Februar hinein, abgebaut werden, die letztern dagegen erst nach Neujahr, gegen das *Frühjahr* hin) lässt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht entscheiden.

Die *Kohlehydrate* sind seit Mitte Januar in den Knospen in einem konstanten Vorrat von rund 2,5 mg pro Knospe vorhanden gewesen (Tab. 5 a; Abb. 6); dieser Vorrat bestand (Tab. 3) fast ausschliesslich aus Glukose und Saccharose. Während der stürmischen Entwicklung der Knospen im Monat April wird nun auch von dieser stillen Reserve noch eingesetzt, was irgendwie entbehrlich ist : der absolute Gehalt der Knospen an Kohlehydraten (Tab. 5 a) sinkt von 2,8 mg am 3. April auf 1,8 mg am 18. April und auf 1,1 mg am 4. Mai, und ihr relativer Gehalt (bezogen auf die Trockensubstanz, Tab. 3) sinkt von 5,2 % am 3. April auf 3,9 % am 18. April und auf 2,9 % am 4. Mai. Man darf wohl annehmen, dass die 2,7 % Glukose plus Saccharose, die sich am 4. Mai in den Knospen noch nachweisen lassen, ausschliesslich auf der Wanderung, in Zufuhr, begriffen sind.

Der *Fett*gehalt der Knospen (Tab. 2 und 5 a; Abb. 6) sinkt vom 3. zum 18. April in gleicher Weise wie in den vorangehenden Monaten ab, steigt dann aber vom 18. April bis zum 4. Mai steil an; dieser Anstieg steht wahrscheinlich mit der Chlorophyllbildung in den jungen Blättern in Beziehung, da diese im Innern der lockern Knospen schon ergrünt sind. Jedenfalls zeigt der Verlauf der Fettkurve in Abb. 6 deutlich, dass bei den Buchenknospen zwischen dem Fettstoffwechsel und dem Kohlehydratstoffwechsel keine unmittelbare Beziehung besteht.

Anders verläuft die Kurve der *Stickstoff*verbindungen (Tab. 5 a; Abb. 6). Nachdem schon seit Mitte Dezember eine langsame und stetige Anfüllung der Knospen mit Stickstoffverbindungen (abgelagert als Reinprotein) stattgefunden hat, setzt kurz vor dem Laubausbruch ein neuer stossweiser Nachschub an derartigen Verbindungen ein, und der

Rohproteingehalt der einzelnen Knospe steigt innerhalb der 16 Tage vom 18. April zum 4. Mai um nicht weniger als 2,12 mg an, also um mehr als ein Drittel ihres Gehaltes am 18. April; diese 2,1 mg innerhalb 16 Tagen stellen ungefähr die gleiche Nachschubsleistung dar, wie sie in der ganzen übrigen Zeit, vom 18. Dezember bis zum 18. April, also in 120 Tagen, von den Knospen vollbracht worden ist (Tab. 5 a).

Der *Aschen*gehalt der Knospen (Tab. 6) bleibt während des Monates April im Rahmen der üblichen individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern ungefähr konstant.

## § 6. Das Verhalten der Blätter vom Laubausbruch bis zum Laubfall.

In der nunmehr anschliessenden Zeit des *Laubausbruches* (zwischen dem 4. und dem 15. Mai) und in den darauffolgenden Wochen wird von den ausschlagenden Bäumen offensichtlich eine ungeheure chemische Arbeit geleistet. Nimmt man an, dass aus einer Knospe durchschnittlich vier Blätter entstehen, so ist das Trockengewicht in den 11 Tagen vom 4. Mai bis zum 15. Mai von 37,7 mg auf $4 \times 25{,}7 =$ rund 100 mg, also auf fast das Dreifache gestiegen, und in den 16 Tagen vom 15. Mai bis zum 1. Juni von rund 26 auf rund 97 mg, also erneut auf fast das Vierfache. Dabei ist zu beachten, dass unsere Blätter ohne Stiel gewogen wurden; hätte man den Stiel an ihnen belassen, so würde die Gewichtszunahme noch grösser ausgefallen sein. Um bildmässig einen einigermassen richtigen Vergleich zwischen den Knospen und den Blättern zu bekommen, hätte man in Abb. 7 die Kurve für die Gewichte der Blätter mindestens viermal höher ansetzen sollen als in Abb. 4; denn in der Abb. 4 umfassen die Gewichte der heranwachsenden Knospen die *Gesamtheit* der jungen Blätter des betreffenden Sprosses, während in der Abb. 7 (nach dem Laubausbruch !) die Gewichte stets nur für ein einzelnes Blatt gelten; dazu kämen noch die Trockengewichte der Knospenschuppen, welch letztere naturgemäss beim Laubausbruch abgeworfen werden.

Um über die Blattmasse unserer Buchen ein Bild zu gewinnen, wurden bei einem der Stämme der Fällung vom 15. Juni unter Mithilfe der Volksschule Sihlwald sämtliche Blätter abgezupft, in Säcke gefüllt und gewogen. Der Schulpflege, der Lehrerschaft und den Kindern der Volksschule Sihlwald möchten wir für ihre Mithilfe auch hier unsern herzlichen Dank wiederholen. Der Durchmesser des untersuchten Stammes betrug (auf 1,3 m Höhe) 43 cm, die Scheitelhöhe 35,0 m, das Alter 105 Jahre, das Frischgewicht der Blattmasse 66,25 kg, der Trockensubstanzgehalt 42,6 %, das Trockengewicht der Blattmasse demnach 28,22 kg.

Diese Zahlen ermöglichen einige allgemeine Betrachtungen. Da nach Tabelle 1 bei diesem Exemplar das durchschnittliche Trocken-

gewicht pro Blatt 109,9 mg beträgt, so muss unser Baum etwa 256,000, also rund eine Viertelmillion Blätter besessen haben; dies ist verhältnismässig wenig, entspricht aber den schmalen Kronen, die auf Tafel 15 und 16 zu sehen sind. Da ferner auf je 109,9 mg Trockengewicht eine Blattfläche von 22,3 cm² kommt, so muss die gesamte Blattfläche unserer Buche rund 572,6 m² betragen, also reichlich 5 Aren.

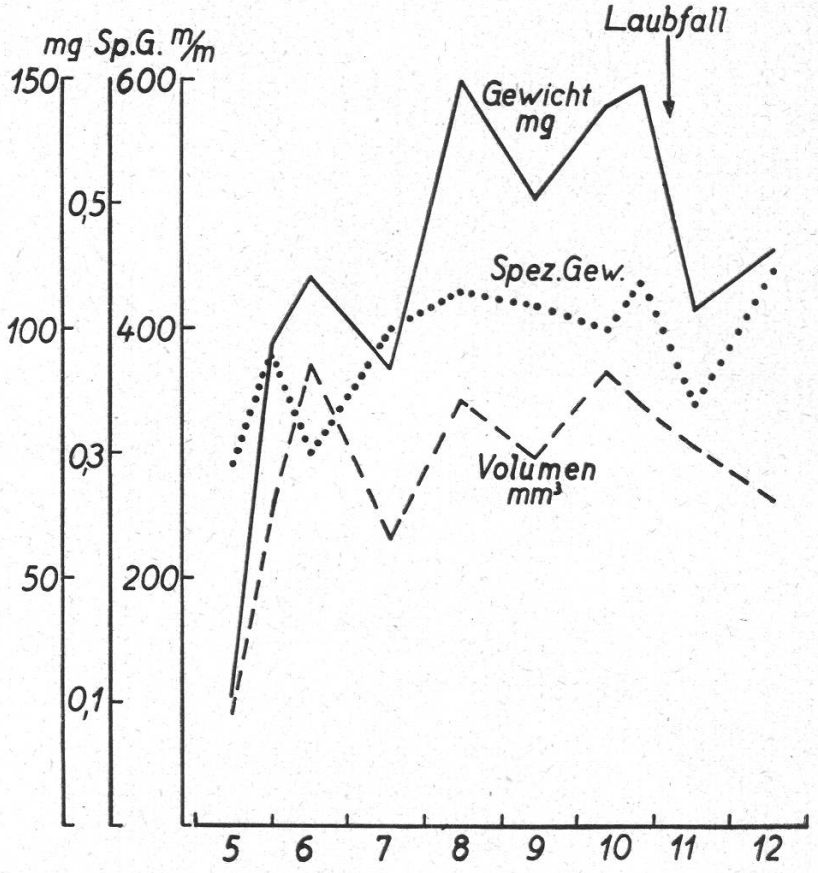


Abbildung 7.

Trockengewicht, Volumen und spezifisches Gewicht der Blätter der Buche im Verlaufe ihrer Entwicklung.

Unter der Annahme, dass aus einer Knospe vier Blätter hervorgegangen seien, gelangen wir rückrechnend zum Ergebnis, dass unser Baum etwa 64,000 Knospen besessen haben muss. Diese besassen am 4. Mai ein Gewicht von ungefähr 2,4 kg. Die Blattmasse mag am 15. Mai ungefähr 6,6 kg gewogen haben; der Baum hat also vom 4. zum 15. Mai rund 4,2 kg Blattrockensubstanz neu gebildet, d. h. pro Tag rund 0,38 kg. Am 1. Juni mag das Trockengewicht der Blattmasse ungefähr 25 kg betragen haben; der Baum hat also vom 15. Mai bis zum 1. Juni ungefähr 18,4 kg Blattrockensubstanz neu gebildet, das ist pro Tag rund 1,08 kg. Und nehmen wir wiederum, wie auf Seite 188, an, dass für den Aufbau von 1 mg Trockensubstanz 0,5 mg Substanz energe-

tisch vernichtet werden, so muss allein für die Ausbildung der Krone der Stoffumsatz der Buchen in der Zeit vom 15. Mai bis zum 1. Juni ungefähr 1,5 kg pro Tag betragen haben; *diese Menge entspricht (unter Annahme eines Stärkegehaltes von 50 %) einem Laib Brot von 3,0 kg pro Tag.*

Die Entwicklung der Blätter dürfte im Laufe des Monates Juni im wesentlichen abgeschlossen worden sein und mit ihr auch das Höhenwachstum. Die Depression im Trockengewicht und in der Dicke der Blätter der Julifällung (Tab. 1) wurde wahrscheinlich dadurch verursacht, dass zufälligerweise ein kleinblättriges, vielleicht etwas eingeklemmtes Exemplar zur Untersuchung gelangte; denn das spezifische Gewicht der Blätter ist auch in der Julifällung mit 0,40 normal (also nicht Schattenexemplar !).

Während der Sommermonate und weit bis in den Herbst hinein bleiben in der Tabelle 1 die Zahlen für die Blätter ungefähr konstant; insbesondere gilt das für die spezifischen Gewichte, die vom 17. Juli bis zum 26. Oktober in auffallender Gleichmässigkeit zwischen 0,40 und 0,44 liegen. Dies ist etwas überraschend; denn in der Fällung vom 12. Oktober zeigten die Bäume, wie schon erwähnt, bereits die ersten Anzeichen der herbstlichen Vergilbung, und in der Fällung vom 26. Oktober war ihr Laub bereits gelblichgrün. Entweder war die Rückwanderung von Nährstoffen aus den Blättern in den Stamm bis zu diesem Zeitpunkte nicht so gross, als dass sie sich bereits in den spezifischen Gewichten hätte auszuwirken vermögen, oder sie wurde dadurch aufgehoben, dass im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Laubfall Ballaststoffe aus dem Baum in die Krone hinaus abgeschoben wurden.

In der Nacht vom 28. auf den 29. Oktober fiel der erste Schnee, der freilich noch nicht liegen blieb; bei der Fällung vom 16. November sah der Wald aus der Ferne herbstlichbraun aus; nur bei näherem Zusehen entdeckte man auf den Blättern noch vereinzelte grünliche Flecken. Der Rücktransport aus den Blättern in den Baum dürfte auf diesen Zeitpunkt vollendet gewesen sein. Welches ist seine Grössenordnung ? Nach Tab. 1 betrug das Trockengewicht der Blattmasse im Mittel der Fällungen vom 12. Oktober und vom 26. Oktober rund 37,6 kg, in der Fällung vom 16. November noch rund 26,6 kg; es müssen daher rund 11 kg Substanz aus den Blättern in den Baum zurückgewandert sein, und zwar innerhalb der kurzen Zeit von drei bis vier Wochen. Wahrscheinlich ist der Betrag der Rückwanderung eher noch grösser gewesen; denn während dieser Zeit sind auch Stoffe aus dem Baum in die Blätter hinausgewandert. Da jedoch diese Rekretion wohl ausschliesslich bei den Aschenbestandteilen stattfand und da die Gesamtaschen der Tab. 6 sich ungefähr gleich bleiben (so dass Rückwanderung aus der Laubmasse in den Baum und Rekretion aus dem

Baum in die Blätter sich ungefähr die Waage halten), so dürfen wir diesen Fehler in unserer Überschlagsrechnung vernachlässigen.

Bei der Fällung vom 18. Dezember war endlich das Laub zumeist abgefallen; sofern die Blätter noch an den Zweigen hingen, waren sie völlig braun und derart verkrümmt, dass wir Mühe hatten, die für die Planimetrierung notwendigen 200 geraden Blätter zusammenzubringen. Die geringe durchschnittliche Fläche des einzelnen Blattes am 18. Dezember (16,6 $cm^2$ gegen 19,7 $cm^2$ am 16. November) hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass zuerst die grossen Blätter von den Zweigen abgefallen bzw. abgeweht worden sind und wir deshalb nur noch die verbleibenden kleinern Blätter ernten konnten. Aus diesem Grunde dürfte das anormal hohe Gewicht der Dezemberblätter nicht dem wirklichen Durchschnitt entsprechen; wir haben deshalb die entsprechenden Werte der Tab. 1 in Klammern gesetzt.

Welche Stoffe nehmen an den Wanderungen und Umsetzungen teil, die sich vom Laubausbruch bis zum Laubfall in der Krone abspielen?

Der prozentuale Gehalt der Blätter an gesamten *Hemizellulosen* (Tab. 5) bleibt sich vom 1. Juni bis zum 14. August, d. h. vom Frühsommer bis weit in den Hochsommer hinein, auffallend gleich; es treten nur kleine, offenbar zufällige Verschiebungen zwischen den analysierten Stoffgruppen auf, welche Verschiebungen sich in der Summierung wieder aufheben. In der Fällung vom 15. Juni, also in dem Zeitpunkt, da die Krone eben voll entfaltet war, enthielten die Blätter rund 27 % Hemizellulosen, rund 37 % Zellulose und rund 2 % Lignine und Kutin. Gegen den Laubfall hin nimmt, wie die Fällung vom 16. November vermuten lässt, der Gehalt der Blätter an Hemizellulosen um rund 3 % (bezogen auf die Trockensubstanz) ab, derjenige an Ligninen und vor allem an Zellulose dagegen stark zu. Wenn wir für anfangs Oktober einen Gesamt-Hemizellulosengehalt von 27,4 % (entsprechend dem Durchschnitt der vier analysierten Sommerfällungen) ansetzen, so müssen damals in den 37,6 kg Laubmasse rund 10,3 kg Hemizellulosen vorhanden gewesen sein. In den 26,6 kg Laubmasse des 16. November waren noch 24,1 % gesamte Hemizellulosen nachzuweisen, also insgesamt 6,4 kg; *somit müssen rund 4 kg gesamte Hemizellulosen während des Vergilbens in den Blättern mobilisiert und in den Baum zurücktransportiert worden sein,* das sind rund 40 % der gesamten vorhandenen Hemizellulosen. Da die Hemizellulosen mutmasslicherweise insgesamt zu etwa 50 % mobilisiert werden können, so dürften mit den 40 % ziemlich alle Hemizellulosen zurückgeschafft worden sein, die überhaupt aus den Geweben herauslösbar waren.

Der *Kohlehydrat*gehalt der Blätter (Tab. 3) ist in den beiden Junifällungen wegen des Auftretens grösserer Stärkemengen verhältnis-

mässig hoch; doch ist es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, zu entscheiden, ob es sich hier um eine Zufälligkeit oder um eine Gesetzmässigkeit handelt.

Desgleichen ist er in den vergilbenden Blättern der Fällung vom 26. Oktober ungewöhnlich hoch, hier jedoch vorwiegend wegen des starken Auftretens von dispersen Kohlehydraten; es dürfte sich dabei grösstenteils um mobilisierte, in Rückwanderung begriffene Stoffe handeln, z. B. um die Spaltprodukte der soeben besprochenen abgebauten Hemizellulosen. Wenn wir uns daher ein Bild über die Grössenordnung der Kohlehydrate machen wollen, die während des Vergilbens aus den Blättern in den Baum zurückgeschafft wurden, so dürfen wir nicht auf die durch die transitorischen Stoffe verwischten Analysen des 26. Oktober abstellen, sondern wir werden uns richtiger an die Werte des 12. Oktober halten. Am 12. Oktober waren in den 37,6 kg Laubmasse 6,0 % gesamte Kohlehydrate vorhanden, also rund 2,3 kg. Am 16. November waren in den damals noch verbliebenen 26,6 kg Laubmasse 4,5 % gesamte Kohlehydrate vorhanden, also 1,2 kg; *demnach müssen von den Kohlehydraten, die im Spätherbst noch in der Laubmasse vorhanden waren, während des Vergilbens rund 1,1 kg in den Baum zurückgeschafft worden sein.*

In den braunen und dürren Blättern des 18. Dezember bestehen immer noch 1,7 % der Trockensubstanz aus dispersen Kohlehydraten und 0,4 % aus Stärke (deren Anwesenheit überdies mikroskopisch nachgeprüft wurde). Bezogen auf das ungefähre Laubtrockengewicht von 26,6 kg gehen also im herbstlichen Buchenlaub rund 560 g Kohlehydrate, die hätten abtransportiert werden können, mit auf den Waldboden, das sind rund 7,6 %, also nicht einmal ein Zehntel der 7,4 kg mobile Kohlehydrate, die am 26. Oktober, zur Zeit der stärksten Kohlehydratstauung, in den Laubblättern vorhanden waren. Man wird daher auch hier sagen dürfen, dass ziemlich alles, was wegschaffbar war, auch wirklich ausgeräumt wurde; denn ein Rest von 7—8 % ist im Haushalt des Baumes wohl zu verschmerzen.

Bezüglich des *Fett*gehaltes der Blätter (Tab. 2; Abb. 8) lassen unsere Analysen keine sichern Schlüsse zu. Die jungen, frisch entwickelten Blätter der Fällungen von Mitte Mai und Anfang Juni sind sehr fettreich; doch wurde ein ähnlicher Fettgehalt sporadisch auch in der Fällung vom 13. September beobachtet; dazwischen liegt (ob zufällig ?) das tiefe Minimum der Monate Juli und August. Sofern also im Fettgehalt der Buchenblätter vegetationsrhythmische Schwankungen auftreten, so sind sie bei den Sihlwaldbuchen wahrscheinlich von der gleichen Grössenordnung wie die individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern und deshalb durch die Untersuchung einzelner Exemplare nicht zu erkennen.

Die braunen, zu Boden fallenden Blätter der November- und der Dezemberfällung enthalten nicht nur, wie soeben erwähnt, verhältnismässig viel Kohlehydrate (2,1 % im Dezember), sondern auch recht viel verseifbares Fett (1,7 bzw. 1,1 %). Mit dem herbstlichen Laub gehen demnach bei einer mittlern Sihlwaldbuche rund 1,1 kg mobilisierbare Hemizellulosen, rund 0,6 kg Kohlehydrate und rund 0,4 kg verseifbare Fette und Fettsäuren auf den Waldboden, also insgesamt rund 2 kg

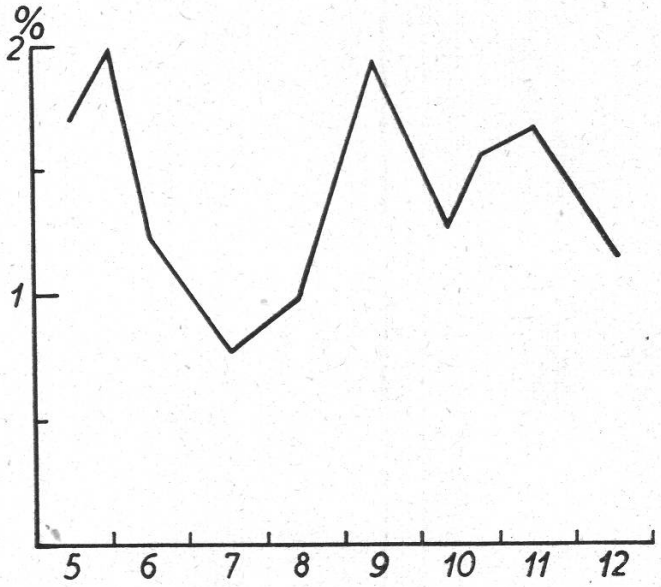


Abbildung 8.
Der Fettgehalt der Buchenblätter.

kohlehydratartige Verbindungen. Dies ist an sich recht viel, doch anderseits sehr wenig, wenn man den gesamten Stoffhaushalt und Stoffumsatz einer Buche berücksichtigt.

Tabelle 8a.
Wieviel Rohprotein enthält durchschnittlich ein Buchenblatt in absoluten Gewichtsmengen (Milligramm)?

| Fällungstag 1933 | Gewichtsmenge in mg |
|---|---|
| 15. Mai | 6,8 |
| 1. Juni | 16,1 |
| 15. Juni | 16,6 |
| 17. Juli | 15,6 |
| 14. August | 24,3 |
| 13. September | 14,9 |
| 12. Oktober | 16,8 |
| 26. Oktober | 14,9 |
| 16. November | 7,8 |
| 18. Dezember | 7,8 |

Ebenso sparsam scheinen die Buchen mit den *Stickstoff*verbindungen umzugehen. Rechnen wir auf Grund der Tabellen 1 und 4 aus, wie-

viel Rohprotein das einzelne Blatt durchschnittlich in der Zeit vom 15. Mai bis zum 18. Dezember enthielt, so gelangen wir zu den Werten der Tab. 8 a.

Da die Knospen am 4. Mai nach Tab. 5 a je ungefähr 7,8 mg Rohprotein enthielten, und da aus einer Knospe durchschnittlich etwa vier Blätter hervorgehen, so müssen vom 4. bis zum 15. Mai pro Knospe (bzw. pro Blattbüschel) mindestens 20 mg Stickstoffverbindungen in die sich entfaltenden jungen Blätter hinausgewandert sein; dies ist zehnmal soviel wie in der Zeit vom 18. Dezember zum 18. April bzw. in der Zeit vom 18. April zum 4. Mai ! In der Zeit vom 15. Mai zum 1. Juni wird diese Menge noch einmal verdoppelt; dann tritt, bis zum 26. Oktober, also bis zum Vergilben der Blätter, ein Stillstand ein. Der Gipfel vom 14. August mit 24,3 mg Rohprotein pro Blatt dürfte auf einem Zufall beruhen, verursacht durch die besondere Grösse der Blätter jenes Baumes; denn der relative Stickstoffgehalt jener Blätter hält sich mit 2,6 % im üblichen Rahmen.

Suchen wir uns diese Umsätze in absoluten Gewichtsmengen pro Baum zu veranschaulichen, so erhalten wir für die rund 64,000 Knospen bzw. rund 256,000 Blätter unserer Buchen die Werte, die in Tabelle 8 b zusammengestellt sind. Wir sehen, wie zu Beginn der regern Vegetationstätigkeit (13. März bis 18. April) im Tag rund 2,0 g Rohprotein in die Krone (bzw. in die Knospen) hinauswandern; vom 18. April zum 4. Mai sind es schon 8,4 g im Tag, vom 4. zum 15. Mai 112,5 g und vom 15. Mai zum 1. Juni *148,8 g im Tag;* dies ist eine ungeheuerliche Menge. Sie entspricht der Eiweissmenge von etwa 750 g gewöhnlichem Rindfleisch; soviel Eiweiss « verzehrt » also die Buchenkrone in der Zeit vom 15. Mai zum 1. Juni *im Tag.* Fügen wir die Stärkemenge des sechspfündigen Brotlaibes hinzu, so « verzehrt » jede einzelne Buchenkrone während dieser 15 Tage ihrer stärksten Wachstumstätigkeit täglich ebensoviel wie fünf erwachsene Männer bei reichlicher Ernährung (wobei immerhin, was hier vernachlässigt wurde, zu berücksichtigen wäre, dass auch im Brot erhebliche Eiweissmengen vorhanden sind).

Die Rückwanderung der Stickstoffverbindungen im Herbst vollzieht sich weniger stürmisch, und vor allem erfolgt sie auffallend spät, zur Hauptsache erst mit und nach dem Vergilben der Blätter. In der Zeit vor und während dem Vergilben (12. Oktober bis 26. Oktober) werden täglich 35,0 g Rohprotein aus den Blättern in den Baum zurückgeschafft, in der Zeit nach dem Vergilben (bis zur Zeit der Bräunung) der Blätter täglich 95,7 g, also immerhin bedeutend weniger als während der Laubentfaltung pro Tag in die Krone hinausgeschafft wurde; so sind denn am 16. November noch rund 1,8 kg gesamtes Rohprotein (nach Tab. 4 zu $^{9}/_{10}$ aus Reinprotein bestehend) in den gebräunten Blättern vorhanden : diese Mengen sind offenbar nicht mobi-

Tabelle 8b.

Die Stickstoffwanderungen während des Laubausbruches und während des Laubfalles der Buche. (Absolute Gewichtsmengen Rohprotein pro Krone, d. h. pro Baum, in Gramm.)

| Fällungstag 1933 | Gesamte, in den Knospen bzw. in den Blättern vorhandene Rohproteinmenge in g | Pro Tag in die Knospen bzw. Blätter transportierte Rohproteinmenge in g |
|---|---|---|
| 13. März . . . . . | 292 | |
| | | 2,0 |
| 18. April . . . . . | 365 | |
| | | 8,4 |
| 4. Mai . . . . . | 500 | |
| | | 112,5 |
| 15. Mai . . . . . | 1740 | |
| | | 148,8 |
| 1. Juni . . . . . | 4120 | |
| | | 8,7 |
| 15. Juni . . . . . | 4250 | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| . . . | | |
| 12. Oktober . . . . | 4300 | |
| | | — 35,0 |
| 26. Oktober . . . . | 3810 | |
| | | — 95,7 |
| 16. November . . . . | 1800 | |

lisierbar und gelangen mit den abgeworfenen Blättern auf den Waldboden. Es ist also richtig, wenn der Volksmund sagt, die Buche dünge den Boden; denn 1,8 kg Rohprotein pro Baum sind eine reichliche Menge, entsprechen sie doch beinahe 10 kg Rindfleisch. Für den Stickstoffhaushalt des Baumes stellen sie rund 42 % der gesamten im Sommer in der Laubmasse vorhandenen Stickstoffmenge dar. Man hat deshalb den Eindruck, als ginge der Baum mit den Stickstoffverbindungen weniger sorgfältig um als mit den Kohlehydraten, und zwar offenbar deshalb, weil die Stickstoffverbindungen zu einem erheblichen Teil festgelegt sind und daher beim Vegetationsschluss nicht mehr zurückgeschafft werden können, sondern dem Baum vorläufig verlorengehen.

Verglichen mit den rund 11 kg Trockensubstanz, auf die wir die Rückwanderung aus den Blättern in den Baum geschätzt haben, machen die 4 kg Hemizellulosen, 1,1 kg Kohlehydrate und 2,5 kg Rohprotein (deren Entzug wir unmittelbar festzustellen vermochten) rund zwei Drittel aus (7,6 von 11 kg); unsere Schätzung ist also offenbar in der Grössenordnung richtig.

Die Wanderung der *Aschenbestandteile* kann leider nur auf Grund von drei Stichtagen beurteilt werden (Tab. 7 und 8), nämlich des 15. Juni (Laub frisch und voll entfaltet), des 14. August (Hochsommer) und des 16. November (nach dem Vergilben). Angesichts der beträchtlichen individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern (vgl. die Gesamtaschengehalte der Tab. 6) ist dies entschieden zu wenig; doch war es aus technischen Gründen nicht möglich, ein Mehreres zu leisten. Wollte man ausschliesslich auf Grund der Tab. 8 urteilen, so scheint es, dass im Laufe des Spätsommers und gegen das Vergilben und den Laubfall hin Kalk und Kieselsäure in beträchtlichen Mengen in unsern Buchenblättern angehäuft wurden, ferner dass keine Anhäufung, aber auch keine Rückwanderung von Kali, Natron, Magnesia und Chlor stattfand, dagegen eine Rückwanderung von Mangan (?), Eisen (?) und insbesondere von Phosphorsäure und Schwefel (Eiweissverbindungen !). Die Analysen der braunen Blätter des 16. November bestätigen jedenfalls die von Kübler u. a. gemachten Erfahrungen, wonach die herbstliche Rückwanderung gewisser Mineralstoffe aus den Blättern unter Umständen sehr gering wird, wenn die Pflanzen, in reich gedüngtem Boden stockend, schon durch die Aufnahme aus dem Boden einen hinreichenden Vorrat an diesen Stoffen sammeln konnten. Wir werden bei der Besprechung der Zusammensetzung der Aschen in den Zweigen und den Ästen auf einige dieser Fragen zurückkommen.

## 2. *Kapitel. Das Verhalten der Zweige und der Äste.*

Als « Zweige » bezeichnen wir in dieser Arbeit die letzten, dünnen, meist 1—2 Jahre alten Verzweigungen, die die Blätter tragen; sie entsprechen im wesentlichen dem, was der Forstmann unter « Reisig » versteht; sie wurden jeweils von den Knospen bzw. Blättern befreit; eine Scheidung in Holz und Rinde war bei ihnen naturgemäss nicht möglich. Als « Äste » bezeichnen wir die dickern Verzweigungen; sie wurden meist in einem Durchmesser von etwa 4—6 cm verwendet und in Holz und Rinde geschieden.

### § 1. Der Wassergehalt der Äste.

Wassergehaltsbestimmungen konnten nur bei den Ästen, dagegen (wegen des zu grossen Methodenfehlers) nicht bei den Zweigen ausgeführt werden. Im *Jahresmittel* (Tab. 43) weist die Astrinde einen Wassergehalt von 81,9 % auf, das Astholz einen solchen von 76,1 %.

Der *jährliche Gang* der Wassergehalte der Äste ist in Tabelle 9 zusammengestellt und in Abb. 9 graphisch veranschaulicht. Die Astrinde ist in den Wintermonaten (wo die Äste ohnehin durch und durch gefroren sind) verhältnismässig feucht, in den Sommermonaten um etwa ein Drittel trockener; das Astholz weist dagegen jahraus jahrein ungefähr den gleichen Wassergehalt auf, mit einer geringen Steigerung

während der vollen Vegetationstätigkeit (83,5 ± 3,70 % im Mittel der sechs Fällungen vom 15. Mai bis Mitte September, gegen 71,7 ± 1,76 % im Mittel der zehn Fällungen von Mitte Oktober bis zum 4. Mai).

Tabelle 9.

Der Wassergehalt der Aeste und der Wurzeln der Buche im Laufe eines Jahres. (Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Trockensubstanz.)

| Tag der Fällung 1933 | Aeste | | Wurzeln | |
|---|---|---|---|---|
| | Rinde | Holz | Rinde | Holz |
| | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . . . | — | — | 81,4 | 113,1 |
| 13. Januar . . . . . | 129,6 | 74,3 | 87,3 | 122,8 |
| 15. Februar . . . . . | 126,1 | 80,9 | 93,9 | 127,8 |
| 13. März . . . . . | 67,7 | 67,4 | 93,8 | 143,1 |
| 3. April . . . . . | 69,3 | 59,7 | 103,5 | 110,2 |
| 18. April . . . . . | 64,8 | 71,5 | 89,2 | 94,7 |
| 4. Mai . . . . . | 67,5 | 72,0 | 103,4 | 86,5 |
| 15. Mai . . . . . | 77,5 | 82,6 | 96,3 | 90,1 |
| 1. Juni . . . . . | 86,2 | 96,9 | 96,6 | 107,2 |
| 15. Juni . . . . . | 79,9 | 69,2 | 119,8 | 112,8 |
| 17. Juli . . . . . | 79,5 | 85,6 | 134,9 | 74,6 |
| 14. August . . . . . | 69,2 | 80,1 | 98,1 | 77,9 |
| 13. September . . . . | 62,6 | 86,5 | 93,7 | 138,0 |
| 12. Oktober . . . . . | 68,3 | 76,2 | 80,3 | 132,4 |
| 26. Oktober . . . . . | 73,2 | 73,1 | 80,2 | 163,1 |
| 16. November . . . . | 87,3 | 70,2 | 82,1 | 156,9 |
| 18. Dezember . . . . | 102,4 | 72,1 | 80,0 | 121,7 |

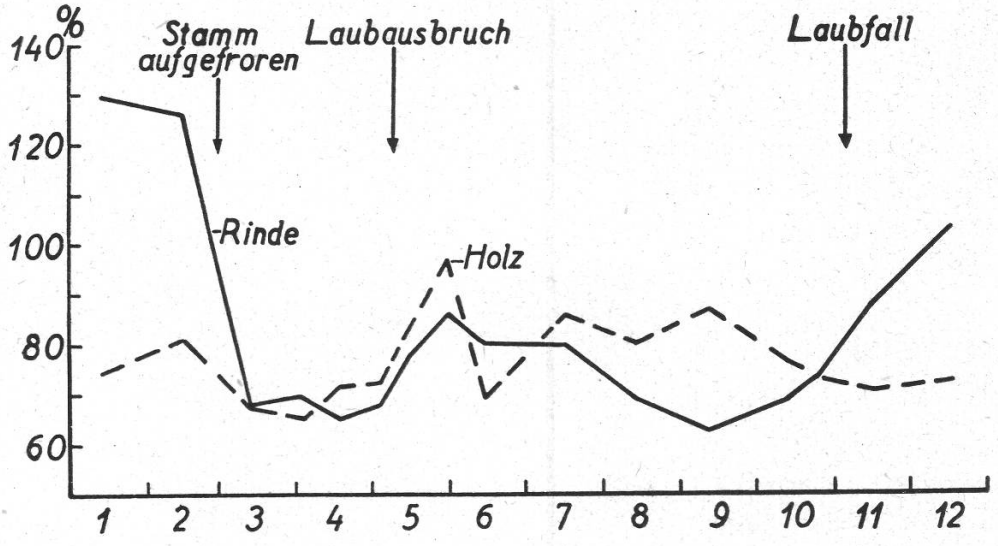


Abbildung 9.

Der Wassergehalt der Aeste der Buche im Laufe eines Jahres (Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Trockensubstanz.)

## § 2. Die Kohlehydratgehalte der Zweige und der Äste.

Im *Durchschnitt des ganzen Jahres* sind nach Tab. 24 in den Zweigen 7,5 % gesamte Kohlehydrate vorhanden, in der Astrinde 6,9 % und im Astholz 3,9 %. Wegen der geringen Derbmasse der Zweige und der Astrinde machen jedoch diese Vorräte nur 1—2 % der gesamten Kohlehydratvorräte des Baumes aus, während der entsprechende Anteil des Astholzes immerhin schon 11,4 % (rund 5 kg) beträgt. Die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung dieser Vorräte geht aus Tab. 27 hervor : in der Rinde sind die Kohlehydrate meistens in dispersem Zustande vorhanden, im Holz bestehen sie dagegen zu rund zwei Fünfteln aus Stärke; die intermediäre Stellung der Gehaltszahlen der Zweige ist wohl darauf zurückzuführen, dass diese als Ganzes zermahlen wurden, also Rinde und Holz gemischt.

Der *jährliche Gang* der Kohlehydratgehalte der Zweige und der Äste (Tab. 10 und 11) verläuft wesentlich anders, als wir erwartet hatten : der Laubausbruch und die sommerliche Vegetationstätigkeit machen sich bei den Kohlehydratgehalten der Zweige und der Äste nur in so geringem Masse bemerkbar, dass sie in den Tabellen 10 und 11 auf den ersten Blick kaum zutage treten; die Schwankungen der Kohlehydratgehalte der Zweige und der Äste im Laufe eines Jahres müssen demnach, trotz des Laubausbruches, fast in der gleichen Grössenordnung liegen wie die individuellen Schwankungen von Baum zu Baum, dies obschon bei unsern Fällungen möglichst gleichartige und gleichwertige Individuen ausgewählt wurden.

Wir suchten uns deshalb mit der Betrachtung von Mittelwerten aus bestimmten Zeit*intervallen* zu behelfen. Berechnen wir aus den Fällungen während und nach dem Laubausbruch (15. Mai bis 14. August) einerseits und aus den Fällungen während der ausgesprochenen Wintermonate (16. November bis 13. März) anderseits die arithmetischen Mittel und die mittleren Fehler (Tab. 11 a), so ist immerhin für die Zweige und für die Astrinde eine — ausserhalb der Fehlerschwankung liegende — Depression der Gesamtkohlehydrate während des Früh- und des Hochsommers zu erkennen (5,9/8,2 und 5,6/8,4 %). Man wird daher sagen dürfen, dass den Zweigen und der Astrinde durch den Laubausbruch ungefähr 2,3 bzw. 2,8 % Kohlehydrate (bezogen auf die Trockensubstanz) entzogen werden, also rund ein Drittel ihres Kohlehydratbestandes.

Das Astholz nimmt an diesen Schwankungen nicht teil; dagegen zeigen seine Stärkezahlen ein bemerkenswertes Verhalten (Tab. 11) : vom 18. April bis in den November hinein enthält das Astholz durchwegs sehr viel Stärke (dagegen entsprechend wenig disperse Kohlehydrate, so dass die Summe der « gesamten Kohlehydrate » sich gleich bleibt), vom Dezember bis anfangs April enthält es durchwegs wenig

Tabelle 10.
Der Kohlehydratgehalt der Zweige der Buche im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . | 3,9 | 0,8 | — | — | — | — |
| 13. Januar. . . | 3,7 | 2,8 | 0,1 | 6,6 | 1,24 | 7,8 |
| 15. Februar . . | 3,6 | 3,5 | 0,3 | 7,4 | 0,78 | 8,2 |
| 13. März . . . | 1,3 | 4,2 | 0,3 | 5,8 | 0,71 | 6,5 |
| 3. April . . . | 2,0 | 2,9 | 0,3 | 5,2 | 1,13 | 6,3 |
| 18. April . . . | 1,1 | 3,0 | 0,2 | 4,3 | 1,49 | 5,8 |
| 4. Mai. . . . | 1,9 | 2,9 | 0,2 | 5,0 | 1,39 | 6,4 |
| 15. Mai. . . . | 1,9 | 2,2 | 0,3 | 4,6 | 0,50 | 5,1 |
| 1. Juni . . . | 1,7 | 2,0 | 0,5 | 4,2 | 1,42 | 5,6 |
| 15. Juni . . . | 2,3 | 2,8 | 0,2 | 5,3 | 2,03 | 7,3 |
| 17. Juli . . . | 2,3 | 1,0 | 0,4 | 3,7 | 1.95 | 5,7 |
| 14. August . . | 1,8 | 2,5 | 0,5 | 4,8 | 1,04 | 5,8 |
| 13. September . | 1,9 | 3,3 | 0,4 | 5,6 | 3,01 | 8,6 |
| 12. Oktober . . | 3,2 | 3,9 | 0,4 | 7,5 | 1,71 | 9,2 |
| 26. Oktober . . | 3,4 | 5,3 | 0,4 | 9,1 | 4,00 | 13,1 |
| 16. November . | 3,6 | 4,2 | 0,6 | 8,4 | 2,01 | 10,4 |
| 18. Dezember . | 3,0 | 2,7 | 0,5 | 6,2 | 1,81 | 8,0 |

Stärke, dafür entsprechend mehr disperse Kohlehydrate. Es liegt nahe, bei diesen Verhältnissen an biologische Beziehungen zu denken (Erniedrigung des Gefrierpunktes durch Zuckerlösungen während der kalten Monate).

Die Kohlehydratreserven der Zweige und der Äste tragen also nur in geringem Masse unmittelbar an den Kräfteaufwand für den Laubausbruch bei, in absoluten Gewichtsmengen nur rund 510 g gesamte Kohlehydrate. Dieser Befund lässt sich wohl nur in der Weise deuten, dass die heranwachsenden Knospen und die jungen, heranwachsenden Blätter nicht unmittelbar aus den Kohlehydratreserven der Zweige und der Äste versorgt werden, sondern durch Nachschub aus dem Stamm her : Die in den Zweigen und den Ästen liegenden Kohlehydratvorräte werden offenbar ungefähr in dem Masse nachgefüllt, wie sie in die Blätter hinauswandern. Gegen diese Deutung können die Ergebnisse von Ringelungsversuchen bei Obstbäumen ins Feld geführt werden; wohl mit Unrecht. Ringelungsversuche beweisen nur, dass ein Baum *im Notfall* alle in den nicht abgebundenen, noch zugänglichen Geweben vorhandenen Reserven mobilisieren *kann*, doch nicht, dass er sie in Wirklichkeit, unter normalen Verhältnissen, dort auch tatsächlich mobilisiert; der Stoffhaushalt der Bäume unter « normalen Verhältnissen » lässt sich nur durch serienweise Analysen erkennen, wie wir sie in der vorliegenden Arbeit für die Buche durchgeführt haben. Wir kommen im nächsten Kapitel bei der Besprechung des Verhaltens der Stämme auf diese Frage zurück.

Tabelle 11.

Der Kohlehydratgehalt der Aeste der Buche im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | | | Holz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . | 2,7 | 3,8 | — | — | — | — | 1,9 | 0.5 | — | — | — | — |
| 13. Januar . . | 4,5 | 7,1 | 0,4 | 12,0 | 0,09 | 12,1 | 1.8 | 0,2 | 0,02 | 2,0 | 0,63 | 2,7 |
| 15. Februar . | 4,1 | 2,7 | 0,3 | 7,1 | Spuren | 7,1 | 1,8 | 1,2 | 0,04 | 3,0 | 0,56 | 3,6 |
| 13. März . . | 1,9 | 5,1 | 0,1 | 7,1 | 0,15 | 7,3 | 0,9 | 1,7 | 0,06 | 2,7 | 0,89 | 3,6 |
| 3 April . . | 2,2 | 4,9 | 0,3 | 7,4 | 0,29 | 7,7 | 1,3 | 0,8 | 0,07 | 2,2 | 0,68 | 2,9 |
| 18. April . . | 1,7 | 3,1 | 0,2 | 5,0 | 0,33 | 5,3 | 1,0 | 1,4 | 0,04 | 2,4 | 1,95 | 4,4 |
| 4. Mai . . . | 2,9 | 3,2 | 0,3 | 6,4 | 0,27 | 6,7 | 1,1 | 0,8 | 0,05 | 2,0 | 1,36 | 3,4 |
| 15 Mai . . . | 2,5 | 3,3 | 0,3 | 6,1 | 0,27 | 6,4 | 1,4 | 1,2 | 0,05 | 2,7 | 1,01 | 3,7 |
| 1. Juni . . . | 2,3 | 2,4 | 0,5 | 5,2 | 0,36 | 5,6 | 1,3 | 0,4 | 0,05 | 1,8 | 1,32 | 3,1 |
| 15. Juni . . . | 2,4 | 4,3 | 0,3 | 7,0 | 0,26 | 7,3 | 1,3 | 0,6 | 0,05 | 2,0 | 1,10 | 3,1 |
| 17. Juli . . . | 1,4 | 0,7 | 0,5 | 2,6 | 0,96 | 3,6 | 0,7 | 0,3 | 0,07 | 1,1 | 3,80 | 4,9 |
| 14. August . . | 1,3 | 2,1 | 0,4 | 3,8 | 1,22 | 5,0 | 0,4 | 0,2 | 0,07 | 0,7 | 1,68 | 2,4 |
| 13. September | 1,4 | 3,4 | 0,4 | 5,2 | 1,11 | 6,3 | 0,9 | 1,0 | 0,18 | 2,1 | 1,54 | 3,5 |
| 12. Oktober . | 2,4 | 4,4 | 0,4 | 7,2 | 0,40 | 7,6 | 1,5 | 1,4 | 0,07 | 3,0 | 1.85 | 4,9 |
| 26. Oktober . | 2,3 | 3,9 | 0,6 | 6,8 | 0,88 | 7,7 | 1,6 | 2,0 | 0,10 | 3,7 | 3,38 | 7,1 |
| 16. November . | 2,9 | 3,9 | 0,5 | 7,3 | 0,62 | 7,9 | 1,8 | 1,3 | 0,10 | 3,2 | 2,05 | 5,3 |
| 18. Dezember . | 3,1 | 3,5 | 0,6 | 7,2 | 0,31 | 7,5 | 1,7 | 0,6 | 0,08 | 2,4 | 0,60 | 3,0 |

Tabelle 11a.

Die mittleren Gesamt-Kohlehydratgehalte der Zweige und der Aeste während der Wintermonate und nach dem Laubausbruch.

| Zeitabschnitt | Zweige | Astrinde | Astholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| Wintermonate (16. November bis 13 März) | 8,2 ± 0,63 | 8,4 ± 0,94 | 3,6 ± 0,45 |
| Laubausbruch u. Sommermonate (15. Mai bis 14. August . . . . . | 5,9 ± 0.37 | 5,6 ± 0,52 | 3,4 ± 0,42 |

Während also beim Laubausbruch die enormen Kohlehydrattransporte fast « spurlos » durch die Äste und die Zweige ziehen, erfolgt der Rücktransport der Kohlehydrate während des Vergilbens und des Abwerfens der Blätter weniger reibungslos : in den Fällungen vom 26. Oktober und vom 16. November ist in den Zweigen (Tab. 10) und im Astholz (Tab. 11) eine deutliche Stauung von Kohlehydraten zu erkennen; in den Zweigen treten am 26. Oktober plötzlich 13 % Kohlehydrate auf (mindestens die Hälfte mehr als üblich) und im Astholz 7 %, das ist rund das Doppelte des normalen Betrages. Erst Mitte Dezember sind diese Anschwellungen ausgeglichen, und zwar wahrscheinlich in der Weise, dass die betreffenden Kohlehydrate zum Teil

in Hemizellulosen (Tab. 13 und 14) übergeführt wurden. Beim herbstlichen Rücktransport der Stoffe dauert es demnach rund zwei Monate, bis die letzten Ausklänge überwunden sind.

Dieser Gegensatz zwischen dem reibungslosen Hinausschaffen der Kohlehydrate beim Laubausbruch im Frühjahr (einerseits) und der Stauung, also der Überbelastung der Leitungsbahnen, bei der Rückschaffung der Kohlehydrate während des Laubfalles im Herbst (anderseits) braucht nicht in der Weise gedeutet zu werden, dass man annimmt, der (fruchtbare) Transport nach aussen erfolge an sich reibungsloser als der (unfruchtbare) Rücktransport in den Stamm zurück; sondern man wird die thermischen Voraussetzungen, unter welchen sich diese Vorgänge abspielen, im Auge behalten müssen. In Abb. 3 befindet sich das durchschnittliche tägliche Temperaturminimum (Mittel aus allen täglichen Temperaturminima) während des Monates Mai (Laubausbruch) bei rund 7° C, das durchschnittliche tägliche Temperaturmaximum bei rund 17,5° C, während Ende Oktober, beim Rücktransport, das durchschnittliche tägliche Temperaturminimum bei 3,5° C, das durchschnittliche Maximum bei 9,5° C liegt, das herbstliche *Maximum* also nur fast so hoch wie das frühjahrliche *Minimum*.

## § 3. Die Fettgehalte der Zweige und der Äste.

Im *Durchschnitt des ganzen Jahres* sind nach Tab. 24 in den Zweigen 0,8 % Fette und Fettsäuren (bezogen auf die Trockensubstanz) vorhanden, in der Astrinde 1,1 % und im Astholz 0,1 %. Die Rinde ist also rund zehnmal so reich an Fett wie das Holz; bezogen auf die gesamten Fettvorräte des ganzen Baumes machen die Fettmengen dieser drei Partien je ungefähr 2,5—3,5 % aus, also sehr wenig, noch weniger als bei den Kohlehydraten; denn die Zweige und die Äste tragen immerhin 14,6 % der gesamten Kohlehydrate des Baumes in sich, während dieser Anteil beim Fett nur 9,1 % beträgt.

In ihrem *jährlichen Gang* weichen die Fettgehalte der Zweige und der Äste insofern von den Kohlehydratzahlen erheblich ab, als sie eine ausgesprochene jahreszeitliche Schwankung (Tab. 12; Abb. 10) zeigen.

In den *Zweigen* sinkt der Fettgehalt von einem Maximum von rund 1,6 % im Monat Dezember langsam und stetig bis zum 15. Mai, d. h. bis zum Laubausbruch, ab und erreicht in diesem Zeitpunkt ein Minimum von 0,32 %, also von rund einem Fünftel des ursprünglichen Maximums; dann steigt die Kurve bis Ende Oktober langsam und stetig an; erst mit dem Einsetzen der kalten Jahreszeit biegt sie scharf nach oben um: Erst jetzt werden in den Zweigen grössere Kohlehydratmengen in Fett umgesetzt, und der Gehalt der Zweige an Fetten und Fettsäuren steigt innerhalb 7—8 Wochen auf rund den doppelten Betrag an.

Tabelle 12.

Der Fettgehalt der Zweige und der Aeste im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Zweige | | Astrinde | | Astholz | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar |
| | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar . . . | 1,40 | 0,20 | — | — | — | — |
| 13. Januar . . . | 1,46 | 0,35 | 1,60 | 0,29 | 0,12 | 0,19 |
| 15. Februar . . | 1,18 | 0,45 | 1,56 | 0,69 | 0,09 | 0,16 |
| 13. März . . . | 0,82 | 0,31 | 1,29 | 0,26 | 0,11 | 0,17 |
| 3. April . . . | 0,65 | 0,17 | 0,87 | 0,43 | 0,09 | 0,07 |
| 18. April . . . | 0,47 | 0,36 | 0,77 | 0,59 | 0,09 | 0,05 |
| 4. Mai . . . . | 0,48 | 0,31 | 0,98 | 0,38 | 0,11 | 0,05 |
| 15. Mai . . . . | 0,32 | 0,36 | 0,95 | 0,82 | 0 | 0,13 |
| 1. Juni . . . . | 0,40 | 0,29 | 0,41 | 1,01 | 0 | 0,04 |
| 15. Juni . . . . | 0,39 | 0,08 | 1,09 | 0,36 | 0 | 0,02 |
| 17. Juli . . . . | 0,62 | 0,17 | 1,05 | 0,43 | 0,05 | 0,05 |
| 14. August . . . | 0,68 | 0,26 | 1,03 | 0,42 | 0,12 | 0 |
| 13. September . . | 0,66 | 0,50 | 0,99 | 0,59 | 0,14 | 0,10 |
| 12. Oktober . . | 0,70 | 0,13 | 0,92 | 0,36 | 0,06 | 0,10 |
| 26. Oktober . . | 0,72 | 0,37 | 0,73 | 0 56 | 0,08 | 0,08 |
| 16. November . . | 0,90 | 0,43 | 1,38 | 0,21 | 0,16 | 0,16 |
| 18. Dezember . . | 1,63 | 0,24 | 1,58 | 0,27 | 0,14 | 0,12 |

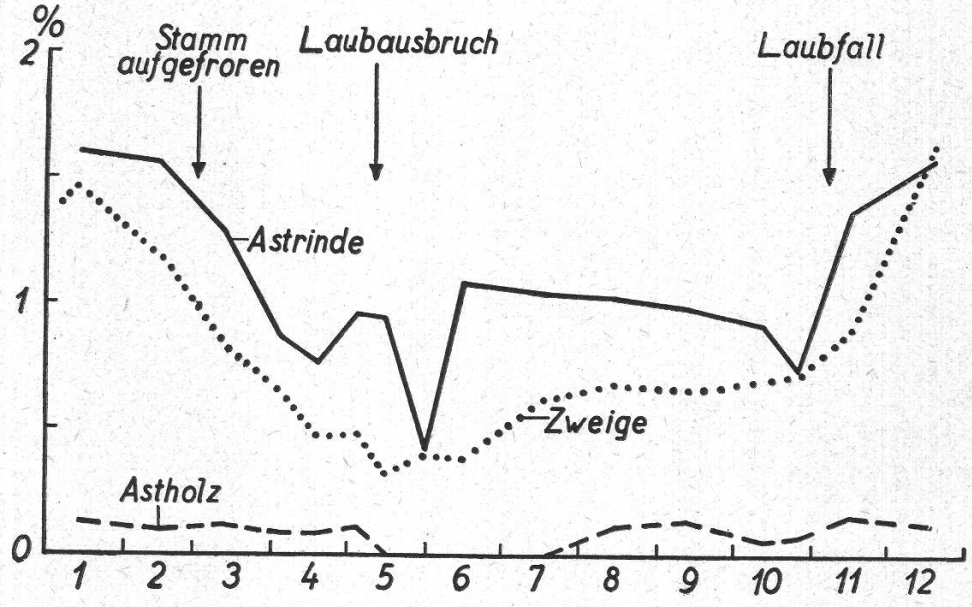


Abbildung 10.

Der Fettgehalt der Zweige und Aeste im Laufe eines Jahres.

In der *Rinde der Äste* ist der Verlauf ähnlich, wenn auch weniger regelmässig : in den Monaten Dezember und Januar weist die Astrinde einen maximalen Fettgehalt von rund 1,6 % auf; hernach fällt die Kurve mit einer kleinen Unregelmässigkeit (am 4. und 15. Mai) bis auf einen minimalen Wert von 0,41 % am 1. Juni, um sodann (wieder mit einer kleinen Unregelmässigkeit am 15. Juni und am 26. Oktober) ungefähr ähnlich wie die Fettkurve der Zweige bis in den Herbst hinein anzusteigen. Ob der Ausbuchtung der Fettkurve der Astrinde in den Fällungen vom 4. und vom 15. Mai ein tieferer Sinn zukommt (etwa im Zusammenhang mit dem Laubausbruch), lässt sich an Hand des vorliegenden Materials nicht beurteilen.

Diese beiden Kurven, die Fettkurve der Zweige und die Fettkurve der Astrinde, verlaufen verhältnismässig stetig und anscheinend vollkommen unabhängig vom Laubausbruch und vom Laubfall. Das Fett der Zweige und der Astrinde dient demnach nicht — oder doch nicht vorwiegend — als Kohlehydratreserve für den Substanzaufbau während des frühjahrlichen Laubausbruches, sondern wohl in erster Linie als Energievorrat für die Atmung. In dieser Hinsicht erinnert die Fettkurve der Zweige und der Astrinde an die Fettkurve der Knospen (Abb. 6), die ja ebenfalls bis in das Frühjahr hinein gleichmässig und stetig abfällt, weil eben die Fette in ungefähr gleichbleibendem Rhythmus veratmet werden; nur beginnt bei den Knospen der Abfall der Fettkurve schon frühzeitig, nämlich schon am 12. Oktober, währenddem er in den Zweigen und in der Astrinde erst mit den Monaten Januar-Februar, also in der Zeit, da die Zweige und die Äste tagsüber während der unmittelbaren Sonnenbestrahlung auftauen und schon einen gewissen Stofftransport leisten, in die Erscheinung tritt. Eine Beziehung zwischen dem Fett- und dem Stärkegehalt der Zweige und der Astrinde (im Sinne der Alfred Fischerschen Fett-Stärke-Theorie) lässt sich aus den Tabellen 12 und 10/11 nicht herauslesen.

Ziemlich abweichend gestaltet sich der Verlauf der Fettkurve beim *Holz* der Äste. Im groben Durchschnitt beträgt der Fettgehalt des Astholzes, wie schon gesagt, etwa ein Zehntel desjenigen der Astrinde; dieser geringere Fettgehalt des Holzes (der auch bei den Stämmen wieder zu beobachten sein wird) ist offenbar die Ursache, warum in Abb. 9 die Fettkurve der Zweige *zwischen* den Kurven der Astrinde und des Astholzes verläuft; denn die « Zweige » wurden für unsere Untersuchungen als Ganzes zermahlen, und sie stellen daher ein Gemisch aus Rinde und aus Holz dar.

Konnte bei den Zweigen und bei der Astrinde gesagt werden, dass ihr Fettvorrat offenbar nicht in erster Linie für den frühjahrlichen Laubausbruch bestimmt sei, sondern für die Atmung von Neujahr weg bis zum Laubausbruch, so scheint diese Aussage beim Astholz im in-

versen Sinne zu gelten : die Beanspruchung der Fettvorräte des Astholzes durch die kontinuierliche Atmung scheint derart gering zu sein (bzw. die abgebauten Fette scheinen derart regelmässig aus den übrigen Kohlehydraten wieder ersetzt zu werden), dass monatelang kein Atmungsabbau der Fette zu beobachten ist : der Fettgehalt des Astholzes bleibt von Ende August bis in den Herbst und den Winter und das Frühjahr hinein auffallend konstant (rund 0,10—0,15 %), und er erleidet erst mit dem Laubausbruch zwischen dem 4. und dem 15. Mai eine Veränderung : plötzlich ist im Astholz alles Fett verschwunden, und es bleibt verschwunden bis Mitte Juli, wo zum erstenmal im Astholz wieder ein halbes Promille Fett nachzuweisen war. Man wird annehmen dürfen, dass dieser plötzliche und vollkommene Fettabbau zwischen dem 4. und dem 15. Mai mit dem während dieser Zeit erfolgenden Laubausbruch in Beziehung steht : diese Fette sind zur Deckung des riesigen Energiebedarfes während des *Austreibens* veratmet worden. Doch kann man sich auch vorstellen, dass ein Teil dieser Fette in Kohlehydrate rückverwandelt wurde und am Aufbau der Trockensubstanzmasse der Krone einen unmittelbaren Anteil nahm.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieses unterschiedliche Verhalten der Fette in der Astrinde und im Astholz im Laufe eines Jahres mit einer Verschiedenartigkeit der Fettsäuren in diesen beiden Organen zusammenhängt, dass vielleicht in der Astrinde zum Teil andere Fettsäuren vorhanden sind als im Astholz. Leider war es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, dieser Frage nachzugehen.

Ferner lässt der unterschiedliche Verlauf der Fettkurven des Astholzes und der Astrinde in Abb. 10 vermuten, dass die auf Seite 212 gemachte Aussage, das Fett der Zweige diene in erster Linie als Energievorrat für die kontinuierliche Atmung, möglicherweise mit einem gewissen Vorbehalt zu versehen ist. Unsere Zweige stellen ja ein Gemisch aus Holz und aus Rinde dar. Nachdem es sich bei den nächstdickeren Organen der Bäume, bei den Ästen, gezeigt hat, dass die Fettkurven des Holzes und der Rinde unterschiedlich verlaufen und dass nur in der Rinde das Fett nach Neujahr sichtlich schwindet, während es im Holz (scheinbar) unangetastet bleibt und erst mit dem Laubausbruch abgebaut wird, so kann man sich fragen, ob diese Betrachtungsweise nicht auch für die Zweige gilt, in dem Sinne, dass auch bei den Zweigen das Fett im Holz ungefähr intakt gelassen und erst während des Laubausbruches mobilisiert wird, während die Atmung zunächst vorwiegend zu Lasten des Fettes der Zweig r i n d e betrieben würde. Diese Frage könnte nur durch mikrochemische Untersuchungen von Zweigquerschnitten beantwortet werden, welche Prüfungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wiederum nicht durchführbar waren.

Es ist möglich, dass durch diese ausgedehnteren Untersuchungen noch ein weiterer Punkt geklärt werden könnte, der bei der vorliegen-

den Darstellung nicht ganz zu befriedigen vermag; denn es fällt auf, dass die Veratmung der Fette in den Knospen schon Anfang Oktober einsetzt und dass die Knospen als Ganzes gegen Ende Oktober in einen Ruhezustand treten, der bis Mitte Dezember anhält : Ab Mitte Dezember beginnt ja an sonnigen Tagen schon der Nachschub aus den Zweigen in die Knospen wieder einzusetzen (S. 183 und 191). Warum verhalten sich die Fettkurven der Zweige und der Astrinde so völlig anders ? Während der Monate November und Dezember muss in den Zweigen und in der Astrinde doch wohl auch eine Veratmung von Fetten stattgefunden haben; warum werden dort diese Verluste durch die immer stärker einsetzende Umwandlung von Kohlehydraten in Fett mehr als kompensiert, so dass die Fettkurven trotz dieser andauernden Verluste fortwährend ansteigen, während sie in den Knospen ebenso andauernd sinken ? Und warum beginnen die Fettkurven der Zweige und der Astrinde erst nach Neujahr abzusinken, also mit dem Wiedererwachen der Vegetationstätigkeit ? Ist der Umstand schuld daran, dass die Umwandlung von Kohlehydraten in Fett nunmehr aufgehört hat, so dass die Atmungsverluste in vollem Umfang und unkompensiert in die Erscheinung treten ? Oder wird nunmehr die Atmung beträchtlich gesteigert, so dass die eventuell noch erfolgenden Umwandlungen von Kohlehydraten in Fett nicht mehr zur Deckung der Verluste ausreichen ? Oder wird ein Teil dieser Fette unmittelbar für den Nachschub in die Knospen verwendet ? Alle diese Fragen liessen sich nur an Hand besonderer Untersuchungen beantworten.

## § 4. Die Hemizellulosengehalte der Zweige und der Äste.

Im Durchschnitt des ganzen Jahres (arithmetische Mittel aus den entsprechenden Kolonnen der Tab. 13 und 14) sind in den Zweigen 24,1 % gesamte Hemizellulosen vorhanden, in der Astrinde 16,6 % und im Astholz 21,7 %. Nach Tab. 33 sind die Hemizellulosen B in allen diesen drei Partien des Baumes mit ungefähr dem gleichen Anteil vertreten, nämlich mit rund 43 % (der gesamten Hemizellulosen); dagegen verschieben sich in den Ästen die Protopektine und die Hemizellulosen A gegeneinander : die Protopektine machen in der Astrinde rund ein Viertel der gesamten Hemizellulosen aus, im Astholz nur rund 6 %; die Differenzen werden durch die Hemizellulosen A ausgeglichen.

Ein *jährlicher Gang* ist nur bei der Hemizellulose A zu erkennen, die in den Zweigen (und zwar wahrscheinlich im *Holz* der Zweige) und im Astholz während der November-Januar-Fällungen erheblich reicher auftritt als in den frühern Monaten : sie ist hier offensichtlich während des Saftrückzuges im Laufe des Monates Oktober neu gebildet worden. Man muss sich wohl vorstellen, dass die Hemizellulose A hier in ähnlicher Weise wie in den Knospen (Seite 190) als Reserve-Hemizellulose

Tabelle 13.

Der Gehalt der Buchenzweige an Hemizellulosen (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Fällungstag 1933 | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen |
|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % |
| 6. Januar | 1,6 | 21,5 | 9,5 | 32,6 |
| 13. Januar | 2,1 | 16,3 | 10,9 | 29,3 |
| 15. Februar | 3,4 | 8,9 | 7,6 | 19,9 |
| 13. März | 4,2 | 6,5 | 8,0 | 18,7 |
| 3. April | 4,3 | 5,9 | 8,4 | 18,6 |
| 18. April | 3,8 | 4,2 | 9,1 | 17,1 |
| 4. Mai | 3,0 | 8,3 | 10,3 | 21,6 |
| 15. Mai | 4,3 | 7,9 | 12,3 | 24,5 |
| 1. Juni | 4,7 | 7,7 | 10,9 | 23,3 |
| 15. Juni | 3,6 | 5,1 | 12,8 | 21,5 |
| 17. Juli | 3,0 | 7,8 | 10,1 | 20,9 |
| 14. August | 3,5 | 6,4 | 12,6 | 22,5 |
| 13. September | 4,0 | 5,9 | 11,4 | 21,3 |
| 12. Oktober | 3,7 | 7,2 | 10,8 | 21,7 |
| 26. Oktober | 2,4 | 18,9 | 10,1 | 31,4 |
| 16. November | 4,0 | 21,7 | 9,5 | 35,2 |
| 18. Dezember | 3,1 | 19,6 | 9,7 | 32,4 |

Tabelle 14.

Der Gehalt der Buchenäste an Hemizellulosen. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Holz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | — | — | — | — | 14,0 | 9,7 | — |
| 13. Januar | 2,4 | 8,4 | 5,7 | 16,5 | 0,9 | 15,6 | 9,9 | 26,4 |
| 15. Februar | 3,4 | 4,6 | 6,4 | 14,4 | 1,3 | 11,8 | 9,4 | 22,5 |
| 13. März | 2,3 | 5,3 | 7,0 | 14,6 | 1,3 | 7,3 | 10,2 | 18,8 |
| 3. April | 3,0 | 4,1 | 6,3 | 14,3 | 1,1 | 10,1 | 8,0 | 19,2 |
| 18. April | 4,2 | 4,1 | 6,8 | 15,1 | 1,4 | 10,3 | 9,3 | 21,0 |
| 4. Mai | 2,6 | 8,0 | 6,9 | 17,5 | 1,1 | 11,5 | 9,8 | 22,4 |
| 15. Mai | 4,3 | 6,9 | 7,0 | 18,2 | 1,8 | 11,6 | 10,0 | 23,4 |
| 1. Juni | 4,5 | 4,5 | 9,8 | 18,8 | 1,5 | 11,3 | 11,5 | 24,3 |
| 15. Juni | 5,5 | 2,7 | 8,7 | 16,9 | 1,6 | 11,3 | 10,3 | 23,2 |
| 17. Juli | 4,0 | 5,4 | 7,6 | 17,0 | 1,6 | 10,5 | 9,7 | 21,3 |
| 14. August | 4,9 | 4,5 | 7,8 | 17,2 | 1,5 | 6,5 | 9,7 | 17,7 |
| 13. September | 3,7 | 4,2 | 8,1 | 16,0 | 1,4 | 8,2 | 8,4 | 18,0 |
| 12. Oktober | 4,1 | 5,1 | 7,2 | 16,4 | 1,3 | 7,9 | 9,2 | 18,4 |
| 26. Oktober | 3,5 | 7,6 | 6,9 | 18,0 | 1,4 | 11,7 | 9,1 | 22,2 |
| 16. November | 3,2 | 6,9 | 7,2 | 17,3 | 1,2 | 15,1 | 8,9 | 25,2 |
| 18. Dezember | 4,3 | 7,4 | 5,8 | 17,5 | 1,2 | 15,0 | 9,4 | 25,6 |

dient: wenn gegen Ende Januar mit der steigenden Sonnenwärme tagsüber in den intensiv bestrahlten Knospen, Zweigen und Ästen die Vegetationstätigkeit erwacht, ist der Stamm noch gefroren; ein Nachschub von Kohlehydraten aus dem Stamm her kommt also nicht in Frage. Anderseits werden, wie die Tabellen 10 und 11 zeigen, auch nicht die verhältnismässig reichen *Kohlehydrat*vorräte der Zweige und der Äste angegriffen, sondern es wird im Holz der Zweige und der Äste zunächst ein Teil der Hemizellulose A abgebaut und offenbar dem Stoffwechsel zugeführt. Nehmen wir an, dass die Derbmasse der Zweige zur Hälfte vom Holzteil bestritten wird, so müssen in diesem Holzteil rund 15 % Hemizellulose A (bezogen auf die Trockensubstanz) abgebaut worden sein. Im Holzteil der Äste dürfte sich der entsprechende Abbau auf rund 5—7 % (bezogen auf die Trockensubstanz) belaufen. In absoluten Gewichtsmengen beträgt der Abbau in den Zweigen rund 0,75 kg, im Astholz rund 7,8 kg.

Der Grund dieser vorzeitigen Auflösung der Hemizellulosen ist möglicherweise auf histologischem Gebiet zu suchen. Die 5—15 % abgebaute Hemizellulosen (bezogen auf die Trockensubstanz) waren an die Zellwände angelagert; diese waren deshalb verdickt und zweifelsohne für die Produkte des Stoffwechsels schlechter passierbar als wenn der Hemizellulosebelag nicht vorhanden gewesen wäre. Man darf sich vielleicht vorstellen, dass durch die frühzeitige Auflösung der als Ballast wirkenden Reserve-Hemizellulosen (früher als der Abbau der Kohlehydratvorräte) die Gewebe für den nunmehr folgenden intensiven Stoffaustausch freigelegt werden; die Stoffleitung würde demnach, in den Zweigen und den Ästen, nicht nur in der Rinde, sondern teilweise auch im Holzteil erfolgen.

## § 5. Die Stickstoffverbindungen der Zweige und der Äste.

Auf Rohprotein umgerechnet sind nach Tab. 24 in den Zweigen, im Durchschnitt des ganzen Jahres, 5,6 % Stickstoffverbindungen (bezogen auf die Trockensubstanz) vorhanden, in der Astrinde 5,4 % und im Astholz 1,3 %: die Zweige und die Astrinde sind gut viermal so reich an Stickstoffverbindungen wie das Astholz. Diese Stickstoffverbindungen der Zweige und der Äste wiegen insgesamt rund 2,8 kg und machen rund 13,3 % der gesamten Stickstoffvorräte des Baumes aus.

Bezüglich des *jährlichen Ganges* der Stickstoffgehalte haben wir mit den Buchenzweigen und Buchenästen eine ähnliche Enttäuschung erlebt wie mit ihren Kohlehydraten: es geschieht beinahe nichts, die Zahlen der 17 Fällungen ziehen mit ermüdender Gleichförmigkeit an uns vorbei, und wir müssen, wie bei den Kohlehydraten, zu Mittelwerten aus bestimmten Zeit*intervallen* greifen, um das Ausmass der jahreszeitlichen Ausschläge einigermassen abzuschätzen. Diese Mittelwerte sind in Tab. 16 a zusammengestellt.

Tabelle 15.

Der Stickstoffgehalt der Buchenzweige im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Reinprotein-N | Gesamtlösl. N | Amino-N | Gesamt-N |
|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % |
| 6. Januar | 0,79 | 0,17 | — | 0,95 |
| 13. Januar | 0,62 | 0.27 | 0,28 | 0,84 |
| 15. Februar | 0,71 | 0,20 | 0,11 | 0,87 |
| 13. März | 0,83 | 0,15 | 0,11 | 0,96 |
| 3. April | 0,91 | 0,13 | 0,13 | 1,02 |
| 18. April | 0,75 | 0,20 | 0,15 | 0,93 |
| 4. Mai | 0,78 | — | 0,12 | 0,88 |
| 15. Mai | 0,63 | — | 0,07 | 0,69 |
| 1. Juni | 0,78 | — | 0,13 | (0,93) |
| 15. Juni | 0,70 | 0,12 | 0,08 | 0,81 |
| 17. Juli | 0,72 | — | 0,05 | (0,80) |
| 14. August | 0,73 | — | 0,08 | (0,84) |
| 13. September | 0,76 | — | 0,08 | (0,87) |
| 12. Oktober | 0,68 | — | 0,13 | (0,84) |
| 26. Oktober | 0,75 | 0,18 | 0,16 | 0,96 |
| 16. November | 0,81 | — | 0,12 | (0,96) |
| 18. Dezember | 0,84 | — | 0,11 | (0,98) |

Tabelle 16.

Der Stickstoffgehalt der Buchenäste im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Holz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Reinprotein-N | Gesamtlösl. N | Amino-N | Gesamt-N | Reinprotein-N | Gesamtlösl. N | Amino-N | Gesamt-N |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | — | — | — | 0,22 | 0,07 | — | 0,28 |
| 13. Januar | 0,71 | 0,10 | 0,11 | 0,81 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0.18 |
| 15. Februar | 0,77 | 0,05 | 0,01 | 0,83 | 0,16 | 0.07 | 0,02 | 0,22 |
| 13. März | 1,02 | 0,10 | 0,07 | 1,10 | 0.23 | 0,07 | 0,03 | 0,28 |
| 3. April | 0,78 | 0,06 | 0,06 | 0,83 | 0,13 | 0,05 | 0,02 | 0,17 |
| 18. April | 0,99 | 0,18 | 0,12 | 1,13 | 0,20 | 0,05 | 0,03 | 0,23 |
| 4. Mai | 0,72 | — | 0,11 | 0,85 | 0,15 | 0,02 | 0.02 | 0,18 |
| 15. Mai | 0,03 | — | 0,15 | 0,17 | 0,04 | 0,08 | 0,07 | 0,12 |
| 1. Juni | 0,82 | — | 0,13 | 0,98 | 0,15 | — | 0,03 | (0,19) |
| 15. Juni | 0,76 | 0,17 | 0,13 | 0,95 | 0,15 | — | 0,03 | (0,20) |
| 17. Juli | 0,74 | — | 0,14 | (0,91) | 0,14 | — | 0,02 | (0,18) |
| 14. August | 0,66 | — | 0,10 | (0,79) | 0,17 | — | 0,03 | (0,22) |
| 13. September | 0,68 | — | 0,11 | (0,82) | 0,14 | — | 0,03 | (0,19) |
| 12. Oktober | 0,69 | — | 0,16 | (0,89) | 0,11 | — | 0,05 | (0,18) |
| 26. Oktober | 0,85 | 0,09 | 0,08 | 0,93 | 0,15 | 0,05 | 0,04 | 0,23 |
| 16. November | 0,80 | — | 0,11 | (0,95) | 0,14 | — | 0,09 | (0,25) |
| 18. Dezember | 0,85 | — | 0,14 | (1,03) | 0,16 | — | 0,06 | (0,24) |

Tabelle 16 a.

Die mittleren Stickstoffgehalte der Zweige und der Aeste nach dem Laubausbruch und während der Winterruhe.

| Zeitabschnitt | Zweige | Astrinde | Astholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| Nach dem Laubausbruch (15.6.-13.9.) | 0,83 ± 0,016 | 0,87 ± 0,037 | 0,20 ± 0,009 |
| Während der Winterruhe (15.12.-15.3.) | 0,92 ± 0,027 | 0,94 ± 0,072 | 0,24 ± 0,019 |

In den Zweigen fehlen nach dem Laubausbruch 0,09 % N (bezogen auf die Trockensubstanz), also rund ein Zehntel der ursprünglich vorhandenen Stickstoffmenge. Der mittlere Fehler der Differenz beträgt ± 0,031; die Differenz von 0,09 % ist demnach rechnerisch sichergestellt. In absoluten Gewichten entspricht sie einer Stickstoffabgabe von 9 g, also von rund 56 g Rohprotein.

In der Astrinde beträgt das Defizit nach dem Laubausbruch 0,07 % N; das Ausmass dieses Defizites ist jedoch wegen der grossen mittlern Fehler rechnerisch nicht gesichert: wir können nur feststellen, dass wahrscheinlich ein Ausschlag in der Astrinde besteht und dass dieser Ausschlag höchst wahrscheinlich nach der *negativen* Seite hinneigt.

Im Astholz beträgt das Defizit 0,04 %; der mittlere Fehler der Differenz beläuft sich auf ± 0,021; das Defizit ist also rechnerisch nur knapp sichergestellt. Diese fehlenden 0,04 % N entsprechen rund einem Sechstel der ursprünglich vorhandenen Stickstoffmenge; in absoluten Gewichten stellen sie eine Stickstoffabgabe von 52 g dar, also von rund 325 g Rohprotein.

Verglichen mit dem Rohproteingehalt von 4,3 kg, den die Laubmasse aufweist, stellen diese aus den Zweigen und den Ästen stammenden 0,4 kg rund einen Zehntel dar : *die Zweige und die Äste tragen also aus ihren Vorräten nur rund zu einem Zehntel an die Stickstoffversorgung der Krone bei.*

Diese Sachlage ist wohl ähnlich zu deuten wie bei den Kohlehydraten : wir müssen wohl annehmen, dass der grössere Teil der Stickstoffverbindungen, die aus den Zweigen und den Ästen während des Laubausbruches in die Krone abwandern, innert kurzer Frist vom Stamme her ersetzt werden. In dieser Hinsicht gibt uns das Ergebnis der Äste vom 15. Mai wahrscheinlich einen Fingerzeig : hier sinkt der Reinproteinstickstoff in der Rinde unvermittelt auf 0,03 % (während er sonst 0,7—1 % betrug) und im Holz auf 0,04 % (während er sonst 0,1—0,2 % betrug) : wir haben offenbar bei dieser Fällung gerade den Augenblick erwischt, da alle verfügbaren Eiweissverbindungen aus den Ästen in die Krone abtransportiert waren, ohne dass der Nachschub aus dem Stamm dieses Defizit schon ausgefüllt hätte. Wie rasch jedoch diese

Ausfüllung erfolgt, zeigt ein Blick auf den Monat Juni: hier sind die Zahlen wieder die gleichen wie das ganze Jahr hindurch.

Auch die Rückwanderung beim herbstlichen Laubfall kommt in den Stickstoffanalysen der Zweige und der Äste in den einzelnen Fällungen nicht zum Ausdruck: die Eiweissverbindungen der Krone scheinen rasch und gleichmässig in den Stamm zurückzuwandern, so dass in den von uns untersuchten Fällungsintervallen keine transitorische Anhäufung oder Stauung von Stickstoffverbindungen in den Zweigen oder in der Astrinde zu erkennen ist.

## § 6. Mineralstoffe, Azidität und Gerbstoffgehalte der Zweige und der Äste.

Im *Durchschnitt des ganzen Jahres* enthalten die Zweige nach Tab. 40 3,8 % Gesamtasche, die Astrinden 5,5 % und das Astholz 0,6 %. Die durchschnittliche prozentuale Zusammensetzung dieser Aschen ist den Tabellen 39 und 40 zu entnehmen und braucht hier nicht näher besprochen zu werden.

Bezüglich des *jährlichen Ganges* der *gesamten* Aschengehalte sind in Tab. 6 keine jahreszeitlichen Schwankungen zu erkennen: die Aschengehalte schwanken offenbar von einem Baum zum andern stärker als der mutmassliche jahreszeitliche Ausschlag bei ein und demselben Individuum beträgt. Aus ähnlichen Gründen ermöglichen auch die Bruttoergebnisse der Analysen (Werte, bezogen auf die Reinasche, Tab. 7) keine weitern Einblicke. Erst die Umrechnung auf die Trockensubstanz vermittelt den gewünschten Aufschluss (Tab. 8). Wir brauchen wohl kaum zu betonen, dass die Ergebnisse dieser Analysen sich nicht mit denjenigen anderer Arbeiten vergleichen lassen, bei welchen abgeschnittene Zweige und Äste in Wasser gestellt, künstlich ausgetrieben und hernach analysiert wurden; denn diese letztern Arbeiten zeigen, wie die Ringelungsversuche, nur, welche Stoffe im Notfall in den Zweigen mobilisiert werden können (und in welchem Ausmass dies geschehen kann), doch beweisen sie nicht, dass dort die Mobilisierung unter ungestörten Verhältnissen auch wirklich erfolgt.

Mit Rücksicht auf den Arbeitsaufwand konnten leider die vollständigen Analysen wiederum nur bei vier repräsentativen Fällungen durchgeführt werden, nämlich zur Zeit der Winterruhe (13. Januar), sodann kurz nach dem Laubausbruch (15. Juni), ferner im Hochsommer (14. August), und endlich unmittelbar nach dem Laubfall (16. November).

Der *Kali*gehalt sinkt in den Zweigen zwischen dem 13. Januar und dem 15. Juni (wahrscheinlich zur Hauptsache im Mai, während des Laubausbruches) von 0,41 % (bezogen auf die Trockensubstanz) auf 0,34 %, also um rund 16 %. In der Astrinde sind keine Schwankungen zu erkennen, wohl aber im Astholz, wo der Kaligehalt mit dem Laub-

ausbruch von 0,18 % auf 0,14 %, also um rund 22 %, abnimmt. Währenddem es sich auf Grund der vorliegenden Arbeit nicht entscheiden lässt, ob das Kali in den Zweigen vorwiegend dem Holz oder der Rinde entnommen wurde, darf für die Äste vermutet werden, dass das Kali vorwiegend dem Holzteil entstammt.

Vom 15. Juni zum 14. August nimmt der Kaligehalt sowohl in den Zweigen als im Astholz noch einmal etwas ab. Es ist nicht ausgeschlossen, dass es sich hier nur um eine Zufälligkeit handelt, da die Aschenanalysen der entsprechenden Blätter keine entsprechende Zunahme des Kaligehaltes erkennen lassen.

Wie verhalten sich diese Gehaltsschwankungen mengenmässig zum Kalibedarf, der für die gesamte Krone angenommen werden muss ? Bei einem Trockengewicht der Blattmasse von 28 kg beansprucht die Krone (wenn man das Längenwachstum der jungen Triebe vernachlässigt) vom Laubausbruch bis zum 15. Juni (Kaligehalt der Blätter 1,1 %, bezogen auf die Trockensubstanz) 310 g $K_2O$. Die 64,000 Knospen wogen (zu je 40 mg gerechnet) rund 2,5 kg. Ihr Kaligehalt betrug rund 0,7 % (bezogen auf die Trockensubstanz); also standen in den Knospen nur rund 18 g Kali zur Verfügung. Die 10 kg Zweige (Reisig) haben an Kali 0,07 % ihres Trockengewichtes abgegeben, also bloss 7 g; die 130 kg Astholz haben nach Tab. 8 0,04 % ihres Trockengewichtes in Form von Kali abgegeben, also 52 g. Die Kalivorräte der Knospen und die Kaliabgaben der Zweige und der Äste betragen demnach insgesamt nur 70 g; *sie vermögen also nur einen Bruchteil des Kalibedarfes der Krone zu decken.*

Zwischen dem 14. August und dem 16. November steigt der Kaligehalt in den Zweigen und im Astholz wieder auf die winterliche Höhe an. Man fragt sich, ob dieser Anstieg durch eine Rückwanderung des Kalis aus der Krone während des Vergilbens und des Laubfalles bedingt ist oder ob die Anfüllung durch einen Nachschub aus den Wurzeln her erfolgte. In den Zweigen sind während dieser Zeit 0,09 % und im Astholz 0,08 % Kali (immer bezogen auf die Trockensubstanz) eingelagert worden, also insgesamt rund 113 g. Würde diese Menge zum überwiegenden Teil aus der Krone stammen, so müsste rund ein Drittel des in den Blättern vorhandenen Kalis in die Zweige und Äste zurückgewandert sein. Eine derartige Depression ist jedoch von den vollgrünen Blättern des 14. August zu den braunen, dürren Blättern des 16. November nicht zu erkennen; *die 113 g neu eingelagertes Kali können daher nur zu einem nebensächlichen Teil durch Rückwanderung aus den Blättern stammen, zur Hauptsache müssen sie aus dem Boden aufgenommen worden sein;* sie sind somit (wahrscheinlich) auch nicht erst während des Laubfalles in die Zweige und die Äste eingewandert, sondern sukzessive ab Mitte August, also im Hochsommer und im Herbst.

Ueber den wirklichen Zeitpunkt, in welchem diese Kalimengen *aus dem Boden* aufgenommen wurden, lässt sich freilich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht viel aussagen. Die Frage nach dem unterschiedlichen Rhythmus der Aufnahme der verschiedenen Nährsalze aus dem Boden bleibt daher offen, desgleichen die Bilanz, nach der jeweils die aufgenommenen Mineralstoffe intern im Baume verteilt werden.

Der *Natrongehalt* lässt in den Zweigen und in der Astrinde keine jahreszeitlich bedingte Schwankung erkennen, wohl aber im Astholz, dessen Natronvorräte mit dem Laubausbruch fast völlig geleert werden. Im Verlauf des Frühsommers (bis 14. August) scheint diese Lücke noch nicht aufgefüllt zu werden, sondern erst im Hochsommer und im Herbst (Ergebnis des 16. November). Eine Rückwanderung von Natron aus den Blättern scheint auf Grund der Blattanalysen vom 14. August und vom 16. November wiederum gar nicht oder nur in unwesentlichem Masse in Betracht zu kommen.

Rechnen wir die Beteiligung des Astholzes an der Natronversorgung der Krone mengenmässig aus, so gelangen wir zum folgenden Ansatz: die 28 kg Blattmasse enthielten am 15. Juni (0,004 %, bezogen auf die Trockensubstanz) nur 1,1 g Natron. Diese Menge ist durch die Natronabgabe des Astholzes um ein Mehrfaches gedeckt.

Sehr starken Schwankungen unterliegt der *Kalkgehalt*. Mit dem Laubausbruch wird ungefähr ein Drittel des in den Zweigen und in der Astrinde vorhandenen Kalkes in die Blätter hinausgeführt (3,19 minus 2,06 % in den Zweigen, 4,20—3,17 % in der Astrinde), beim Astholz sogar fast die Hälfte (0,22—0,12 %). Bis zur völligen Erstarkung der Laubblätter im Hochsommer (Fällung vom 14. August) werden allen drei Organgruppen noch weitere erhebliche Kalkmengen entzogen, wodurch das Augustminimum bei den Zweigen ungefähr 40 %, bei der Astrinde ungefähr 30 % und beim Astholz volle 60 % unter das winterliche Maximum zu liegen kommt.

Die 28 kg Trockenmasse der Krone enthielten am 14. August rund 340 g Kalk (CaO-Gehalt der Blätter 1,2 %, bezogen auf die Trockensubstanz). In den Knospen waren 25 g Kalk vorhanden; die Zweige gaben von Mitte Januar bis Mitte August 1,28 % ihres Trockengewichtes, also rund 130 g Kalk ab; die 10 kg Astrinde steuerten während der gleichen Zeit 1,26 % ihres Trockengewichtes, das sind 125 g Kalk, bei; und die 130 kg Astholz lieferten 0,13 % ihres Trockengewichtes an Kalk, das sind rund 170 g. Die Kalkvorräte der Knospen und die Kalkabgaben der Zweige und der Äste betragen demnach rund 450 g; schlagen wir anderseits zu den 340 g Kalkbedarf, die wir soeben für die Krone errechnet haben, noch die Kalkgehalte der Blattstiele und

der jungen Triebe (die beide durch unsere Analysen nicht erfasst wurden) hinzu, so halten der Kalkbedarf der Krone einerseits und die Kalkabgaben der Zweige und der Äste anderseits sich ziemlich genau die Waage. *Im Gegensatz zum Kali, das kaum zu einem Viertel aus den Zweigen und den Ästen geliefert wurde, dürfte der grösste Teil des in den Blättern nachgewiesenen Kalkes aus den obersten Organen des Baumes stammen.*

Vom Hochsommer (14. August) weg bis nach dem Laubfall (16. November) steigt der Kalkgehalt der Zweige, der Astrinde und des Astholzes wieder auf ungefähr die Höhe an, auf der er zu Anfang des Jahres (am 13. Januar) gestanden hatte. Dieser neu eingelagerte Kalk wird wohl nur zu einem geringen Teil durch Rückwanderung aus den Blättern stammen, da ja, wie früher ausgeführt, während dieser Zeit der Kalkgehalt auch in den Blättern selbst stark zunimmt (herbstliche Verkalkung der Laubblätter) : die starke Kalkrekretion aus den Zweigen in die Blätter hinaus und der Kalknachschub aus dem Stamm in die Zweige und die Äste erfolgen zu gleicher Zeit, sie gehen nebeneinander her : das Kalkdefizit der Zweige und der Äste wird im Hochsommer und im Herbst vom Stamm und von den Wurzeln her aufgefüllt, *obschon* zu gleicher Zeit starke Kalkabgaben aus den Zweigen in die alternden Blätter hinaus erfolgen.

Für das *Magnesium*, das *Mangan* und das *Eisen* konnten in den Zweigen und den Ästen durch unsere Analysen keine periodischen Veränderungen festgestellt werden. Die 28 kg Trockenmasse der Krone enthielten am 15. Juni 0,3 % Magnesia (also rund 85 g), 0,03 % Mangan (8 g) und 0,04 % Eisen (11 g). Es müssen demnach im Frühjahr beim Laubausbruch rund 8 g Mangan und rund 11 g Eisen aus dem Baum in die Blätter hinausgewandert sein; in ähnlicher Weise darf auf Grund der gleichsinnigen Abnahme dieser beiden Stoffe in den Laubblättern zwischen dem 14. August und dem 16. November vermutet werden, dass im Herbst, beim Vergilben, ungefähr die Hälfte der in den Blättern vorhandenen Mengen dieser beiden Stoffe in den Baum zurückwanderte; es lässt sich verstehen, dass diese Wanderungen nur aus den Blattanalysen zu erkennen sind und bei unsern Analysen der Zweige, der Äste und der Stämme nicht zum Vorschein kommen; denn diese kleinen Mengen von 8 bzw. 11 g verteilen sich auf eine derart grosse Derbmasse des Baumes, dass sie in den individuellen Schwankungen von einem Stamm zum andern spurlos untergehen.

Dagegen müsste, entgegen unsern Gehaltszahlen, die regellos verlaufen, eine Magnesiaabgabe von rund 85 g in den Zweigen und den Ästen spürbar sein; denn der gesamte Magnesiagehalt der Knospen, der Zweige und der Äste beträgt nur rund 200 g. Unsere Analysen sind zu wenig zahlreich und ihre Intervalle sind zu gross, als dass sie die-

sen Widerspruch aufzuhellen vermöchten. Fasst man in der Tab. 8 nur das Intervall vom 13. Januar zum 15. Juni ins Auge, so könnte man glauben, dass die betreffenden Analysenwerte (entgegen unserer zurückhaltenden Deutung) für eine *Abwanderung* des Magnesiums aus den Zweigen und den Ästen sprechen; denn die Gehaltszahlen sinken in den Zweigen von 0,15 auf 0,14 %, in der Astrinde von 0,18 auf 0,15 % und im Astholz von 0,12 auf 0,07 %; dies würde in den Zweigen einer Magnesiaabgabe von 1 g, in der Astrinde von 3 g und im Astholz von 65 g, also insgesamt von 69 g entsprechen; schlägt man die 7 g Magnesia der Knospen noch dazu, so kommen 76 g Magnesia heraus, welcher Betrag sich in der Grössenordnung gut mit den in der Krone vorhandenen 85 g decken würde. Nur ist eben fraglich, ob wir in dieser Weise rechnen *dürfen;* denn vom 14. August zum 16. November ergeben unsere Analysen der Zweige ebenfalls eine Abnahme an Magnesia, ohne dass dieser Abnahme eine entsprechende Zunahme in den Blättern gegenübersteht; es müsste also eine Rückwanderung aus den Zweigen und den Ästen in den Stamm erfolgt sein, für die wir jedoch in den später zu betrachtenden Aschenanalysen der Stämme keine Anhaltspunkte besitzen. Wahrscheinlich liegt die Wahrheit in der Mitte : das Magnesium wird nicht, wie der Kalk, vorwiegend aus den Zweigen und den Ästen bezogen und auch nicht, wie das Kali, zum grössern Teil aus dem Stamm, sondern es wird wahrscheinlich, mehr oder weniger gleichmässig, von allen diesen Organen her beschafft, so dass in keinem Organ eine charakteristische Magnesiumdepression eintritt (es sei denn, man wolle die Senkung auf 0,07 % im Astholz in der Fällung vom 15. Juni nicht als ein Zufallsergebnis, sondern als eine Gesetzmässigkeit ansprechen).

Etwas durchsichtiger ist das Verhalten der *Kieselsäure.* In der Fällung vom 15. Juni enthielten die jungen, frisch entfalteten Blätter 0,74 % Kieselsäure, bezogen auf die Trockensubstanz; die gesamte Krone enthielt demnach mindestens 210 g $SiO_2$. Da die Knospen fast kieselsäurefrei sind (0,08 %), so müssen diese 210 g in ihrer Gesamtheit während des Laubausbruches in die Krone hinausgeschafft worden sein. Sehen wir von der zufälligen Senkung im Kieselsäuregehalt der Zweige ab (Abnahme 0,03 %, was auf die Gesamtheit der Zweige nur 3 g ausmacht), so finden wir weder in den Zweigen, noch in der Astrinde, noch im Astholz eine derartige Senkung des Kieselsäurespiegels, dass sie die Herkunft dieser 210 g aufklären könnte; im Gegenteil scheint es, dass während dieser Zeit der Kieselsäuregehalt der Astrinde sogar recht deutlich zugenommen hat. Wir dürfen daher sagen : *Die 210 g Kieselsäure, die in den jungen Blättern des 15. Juni vorhanden sind, stammen jedenfalls nicht (oder nur zu einem unwesentlichen Teil) aus den Vorräten der Zweige und der Äste.*

Ähnlich gestalten sich die Verhältnisse im Intervall zwischen Frühsommer und Hochsommer (15. Juni bis 14. August). Während dieser Zeit hat sich der Kieselsäuregehalt der Blätter rund verdoppelt : die Blattmasse enthält nunmehr 1,44 % Kieselsäure, im ganzen mindestens 400 g. Trotz dieser erheblichen Kieselsäureeinlagerung in die Krone zeigt auch der Kieselsäurespiegel der Zweige und der Äste eine steigende Tendenz; von Jahresanfang bis zum Hochsommer (13. Januar bis 14. August) ist der Kieselsäuregehalt der Zweige von 0,39 auf 0,45 % gestiegen, was einer absoluten Zunahme von 6 g $SiO_2$ entspricht; in der Astrinde ist er von 0,43 auf 1,12 % gestiegen, also auf mehr als den zweieinhalbfachen Betrag, wofür 69 g Kieselsäure nötig waren; und im Astholz hat er sogar den siebenfachen Betrag erreicht (0,01 bis 0,07 %), wofür 78 g hergeschafft werden mussten. Die Äste und die Zweige haben also seit der Vegetationsruhe rund 153 g Kieselsäure in ihren Geweben eingelagert, immerhin verhältnismässig wenig im Vergleich zu den 400 g Kieselsäure in der Blattmasse.

In der Zeit vom 14. August bis zum Laubfall wandern nun auch diese 150 g Kieselsäure, die während der Vegetationstätigkeit in den Zweigen und den Ästen vorübergehend abgelagert wurden, in die Blätter hinaus; denn der Kieselsäurespiegel sinkt vom Hochsommer bis zum Einherbsten sowohl in den Zweigen als in der Astrinde als im Astholz auf ungefähr denselben winterlichen Betrag zurück, der durch die Analysen des 13. Januar ausgewiesen war; es dürfte sich hier wirklich um eine Rekretion im Sinne von Frey-Wyssling (1935) handeln. Diese 150 g aus den Zweigen und den Ästen abgeschobene Kieselsäure vermögen jedoch den Anstieg des Kieselsäuregehaltes der Blätter von 1,44 % am 14. August auf 2,37 % am 16. November nicht völlig zu decken; denn sie würden, für sich selbst, nur einen Anstieg um 0,54 % bedingen, also von 1,44 auf 1,98 %. *Eine fast ebenso grosse Kieselsäuremenge muss demnach während dieser Zeit aus den untern Organen des Baumes* (Stamm und Wurzeln) *hergeschafft worden sein.* Wir werden später, bei der Besprechung der Aschenanalysen dieser Organe, auf diese Frage zurückkommen.

Unter den Anionen zeigt zunächst die *Phosphorsäure* eine ausgesprochen periodische Schwankung. Zwischen den Fällungen vom 13. Januar und dem 15. Juni (also wahrscheinlich zur Zeit des Laubausbruches) sinkt sie in den Zweigen von 0,20 auf 0,15 %, d. h. um einen Viertel, in der Astrinde von 0,16 auf 0,13 % (—0,03 %) und im Astholz von 0,07 auf 0,03 % (—0,04 %); in absoluten Gewichten beträgt dieser Abtransport 5 g für die Zweige, 3 g für die Astrinde und 52 g für das Astholz, insgesamt 60 g $P_2O_5$. Die Blattmasse enthielt am 15. Juni mindestens 95 g Phosphorsäure (0,34 %, bezogen auf die Trockensubstanz). Da in den Knospen rund 13 g Phosphorsäure enthalten waren, müssen

22 g, also rund ein Viertel, von anderer Seite als aus den Zweigen und den Ästen beschafft worden sein; *immerhin sind rund drei Viertel des Phosphorsäurebedarfes der Krone aus den Zweigen und den Ästen gedeckt worden.*

Zur Zeit des Einherbstens wird, wie aus den Aschenanalysen der Blätter (S. 205) hervorging, ungefähr ein Drittel bis ein Viertel der in den Blättern vorhandenen Phosphorsäure in den Baum zurückgeschafft = rund 35 g. Während dieser Zeit steigt der Phosphorsäuregehalt in den Zweigen um 11 g (0,10—0,21 %), in der Astrinde um 6 g (0,15—0,21 %) und im Astholz um 91 g (0,02—0,09 %), insgesamt in allen drei Organgruppen um 108 g. Auch wenn man annimmt, der am 16. November geschlagene Baum sei zufällig verhältnismässig phosphorsäurereich gewesen, so wird man doch sagen dürfen, *dass die aus der Krone zurückgeschaffte Phosphorsäure nur ungefähr die Hälfte des Betrages ausmacht, um den die Phosphorsäuregehalte der Zweige und der Äste vom Hochsommer gegen den Herbst hin zunehmen;* die andere Hälfte muss demnach von den Wurzeln her beschafft worden sein.

Ferner zeigen die *Schwefel*gehalte der Zweige und der Äste eine vegetationsrhythmische Schwankung, ausgenommen (was wohl auf einem Zufall beruht) in der Astrinde. Vom 13. Januar zum 15. Juni (wahrscheinlich grösstenteils während des Laubausbruches) sind aus den Zweigen 3 g $SO_3$ weggeschafft worden (0,14—0,11 %), aus der Astrinde 2 g (0,14—0,12 %) und aus dem Astholz 26 g (0,06—0,04 %), insgesamt rund 31 g; in der Laubmasse waren am 15. Juni 0,21 % $SO_3$ vorhanden, insgesamt rund 59 g, also fast doppelt soviel als den Zweigen und den Ästen entzogen wurde. Die andere Hälfte muss demnach aus den andern Partien des Baumes stammen.

Handelt es sich bei diesen Verschiebungen aus den Zweigen und den Ästen um Sulfate usw. oder um den Schwefel von Eiweissverbindungen ? Nach Tab. 15 und 16 sind die rund 4 kg Rohprotein, die zwischen dem 13. Januar und dem 15. Juni in die Knospen bzw. Blätter hinausgeschafft wurden, nur zu rund einem Zehntel (325 g) den Vorräten der Zweige und der Äste entnommen worden, zu rund neun Zehntel (worüber später zu sprechen sein wird) den Vorräten des Stammes. Die aus den Zweigen und den Ästen mobilisierten 325 g Rohprotein enthalten schätzungsweise 10—15 g $SO_3$ und 3—6 g $P_2O_5$. 15—20 g $SO_3$ müssen demnach in Form von Sulfaten aus den Zweigen und den Ästen ausgewandert sein : *mindestens die Hälfte des Schwefels, der den Zweigen und den Ästen während des Laubausbruches entzogen wurde, ist demnach nicht als Bestandteil von Eiweissverbindungen in die Laubmasse hinausgewandert, sondern vorwiegend in mineralischer Form (Sulfate usw.).*

Die *Chloride* zeigen in den Analysen der Zweige und des Astholzes keine vegetationsrhythmischen Schwankungen, wohl aber, und zwar in ausgesprochener Weise, in der Astrinde : während des Laubausbruches sinkt der Chlorgehalt der Astrinde von 0,13 auf 0,06 ‰, um sodann während des Einherbstens wieder auf ungefähr den ursprünglichen Be-

Tabelle 17.

Die Azidität der Buchen im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Knospen | Blätter | Zweige | Aeste | | Stamm | | | Wurzeln | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Rinde | Holz | Rinde | Jungholz | Reifholz | Rinde | Holz |
| | pH | pH | pH | pH | pH | pH | pH | pH | pH | pH |
| 6. Januar | — | — | — | — | — | 5,13 | 4,72 | 4,80 | — | — |
| 13. Januar | — | — | 4,52 | 5,51 | 4,88 | 5,52 | 4,96 | 4,81 | 6,36 | 5,12 |
| 15. Februar | 4,85 | — | 5,20 | 5,30 | 4,90 | 4,92 | 4,27 | 5,03 | 6,09 | 4,64 |
| 13. März | 5,48 | — | 5.50 | 5,59 | 5,15 | 5,69 | 5,42 | 4,98 | 5.25 | 5,00 |
| 3. April | 5,59 | — | 5,45 | 5,92 | 5,21 | 6,14 | 6,41 | 6,21 | 7,18 | 5,53 |
| 18. April | 5,37 | — | 5,44 | 5,32 | 5,65 | 5,34 | 5,56 | 5,27 | 5,85 | 5,42 |
| 4. Mai | 5,31 | — | 5,30 | 5,19 | 5,20 | 5,22 | 5,37 | 5,31 | 5,48 | 5,31 |
| 15. Mai | — | 4,23 | 5,51 | 5,36 | 5,34 | 5,16 | 5,74 | 5.41 | 5,44 | 5,44 |
| 1. Juni | — | 3,82 | 5,50 | 5,57 | 5,15 | 5,45 | 4 95 | 4.73 | 5,06 | 5,57 |
| 15. Juni | — | 4,21 | 5,35 | 5,32 | 5,03 | 5.45 | 5,48 | 5,16 | 5,43 | 5,54 |
| 17. Juli | — | 4,79 | 4,79 | 5,31 | 4,97 | 4,86 | 4,60 | 4,75 | 5,17 | 5,17 |
| 14. August | — | 4,94 | 4,83 | 4,77 | 5,59 | 4,68 | 4,84 | 4,71 | 5.84 | 5,48 |
| 13. September | — | 4,92 | 4,92 | 4,71 | 4,70 | 6,15 | 4,81 | 4,58 | 6,53 | 5,58 |
| 12. Oktober | — | 4,91 | 4,97 | 4,84 | 5,37 | 4,94 | 4,89 | 4,93 | 5,00 | 5,08 |
| 26. Oktober | — | 4,91 | 5,07 | 5,02 | 5,60 | 5,12 | 5,03 | 5,03 | 5,39 | 5,35 |
| 16. November | 4,79 | 4,91 | 4,87 | 5,05 | 5,50 | 5,15 | 5,15 | 5,15 | 5,22 | 5,99 |
| 18. Dezember | — | 4,87 | 5,29 | 4,90 | 5,67 | 5,12 | 5,07 | 5,15 | 5,14 | 5,17 |

trag anzusteigen. Die 0,07 ‰ Chlor, die der Astrinde entnommen wurden, entsprechen einem Gewicht von 0,7 g. Da die Knospenmasse des ganzen Baumes rund 0,3 g Chlor enthielt, die Laubmasse des ganzen Baumes am 15. Juni wiederum nur rund 0,3 g Chlor aufwies, so vermögen unsere Analysen über den Verbleib der in der Astrinde fehlenden 0,7 g Chlor nichts auszusagen; wahrscheinlich sind sie, neben den Blattstielen und den jungen Trieben, in den individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern untergegangen.

Im Zusammenhang mit diesen Aschenanalysen seien auch die *Aziditäts* (pH)- und *Gerbstoff*bestimmungen kurz gestreift; die ersteren wurden bei ungefähr allen Proben, die letzteren nur bei den Rindenproben und, stichprobenweise, auch bei einigen Holzproben ausgeführt. Es scheint, dass die Reaktion der Zweige und der Astrinde (Tab. 17) während des Hochsommers (vielleicht im Zusammenhang mit dem Dickenwachstum) möglicherweise etwas saurer ist als während der Vegetationsruhe; doch sind die individuellen Schwankungen von einem

Baum zum andern derart gross, dass die Bestimmungen erst an Hand einer grössern Zahl von Individuen nachzuprüfen wären. Noch grösser ist der individuelle Schwankungsbereich beim Gehalt der Astrinde an aktivem Gerbstoff (Tab. 18); daher können auch aus diesen Zahlen keine weitern Schlussfolgerungen abgeleitet werden.

Tabelle 18.

Die Gerbstoffgehalte der Buchen im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Astrinde | Stamm | | | Wurzelrinde |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Rinde | Jungholz | Reifholz | |
| | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | 1,20 | — | — | — |
| 13. Januar | 1,11 | 1,14 | — | — | 1,09 |
| 15. Februar | 1,12 | 1,63 | 0,11 | 0,31 | 2,64 |
| 13. März | 1,29 | 1,37 | — | — | 1,63 |
| 3. April | 0,96 | 2,66 | — | — | 3,09 |
| 18. April | 1,92 | 1,82 | — | — | 2,82 |
| 4. Mai | 0,56 | 1,93 | — | — | 2,44 |
| 15. Mai | 1,69 | 1,73 | — | — | 2,05 |
| 1. Juni | 1,70 | 1,40 | 0,11 | 0,21 | 2,13 |
| 15. Juni | 1,72 | 1,92 | 0,13 | 0,20 | 2,22 |
| 17. Juli | 1,00 | 2,13 | — | — | 2,64 |
| 14. August | 1,91 | 2,83 | — | — | 2,78 |
| 13. September | 1,45 | 2,44 | 0,08 | 0,08 | 2,63 |
| 12. Oktober | 1,59 | 1,90 | 0,13 | 0,15 | 2,01 |
| 26. Oktober | 1,74 | 1,48 | — | — | 2,06 |
| 16. November | 1,58 | 2,00 | 0,08 | 0,09 | 3,14 |
| 18. Dezember | 2,26 | 2,51 | — | — | 1,96 |

### *3. Kapitel. Das Verhalten der Stämme.*

Um einen Einblick in die Jahrringbildung zu gewinnen, wurde die radiale, lineare Zunahme des Jahrringes 1933 auf Schnitten aus den verschiedenen Seiten des Stammes unter dem Mikroskop gemessen, und zwar in einer Stammhöhe von 0,3, 10, 15 und 20 m, gelegentlich auch in 30 und 32 m Höhe. Die Zahlen der Tabelle 19 stellen die arithmetischen Mittel aus den verschiedenen Bestimmungen dar. Zum Vergleich sind bei den verschiedenen Stämmen auch die Breiten der *fertigen* Jahrringe der vorangehenden Jahre beigefügt.

Die Kambiumtätigkeit setzte zwischen dem 15. Mai und dem 1. Juni ein, also etwa zwei Wochen *nach* dem Laubausbruch, und zwar zunächst an der Stammbasis und im Bereich der Krone; die mittleren Partien des Schaftes blieben zunächst noch im Rückstand; am 1. Juni betrug beispielsweise die Dicke des Jahrringes auf einer Stammhöhe von 0,3 m 0,16 mm, auf 10 m 0,04 mm, auf 15 m 0,0 mm (das Dickenwachstum hatte also noch nicht begonnen) und auf 20 m 0,16 mm. In den folgenden Monaten nahm die Dicke der Jahrringe ziemlich gleich-

mässig zu (Abb. 11); mit der Fällung vom 13. September war das Dickenwachstum abgeschlossen; es dauerte also (im Spätsommer 1933) rund einen Monat länger als bei Tannen und Fichten, die unter ähnlichen klimatischen Bedingungen ihr Dickenwachstum schon am 15. August beendigten (G ä u m a n n , 1928).

Tabelle 19.

Der Verlauf des Dickenwachstums der Buchenstämme. (Mittlere Breite der Jahrringe in Millimetern.)

| Fällungstag 1933 | 1933 | 1932 | 1931 | 1930 |
|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | mm |
| 15. Mai . . . . . | 0 | 2,41 | 2,72 | 2,03 |
| 1. Juni . . . . . | 0,08 | 2,16 | 2,33 | 1,50 |
| 15. Juni . . . . . | 0,76 | 3,67 | 2,91 | 1,98 |
| 17. Juli . . . . . | 0,97 | 1,36 | — | — |
| 14. August . . . . . | 1,67 | 2,35 | 1,81 | 1,52 |
| 13. September . . . . . | 2,77 | 2,92 | 2,56 | 2,03 |

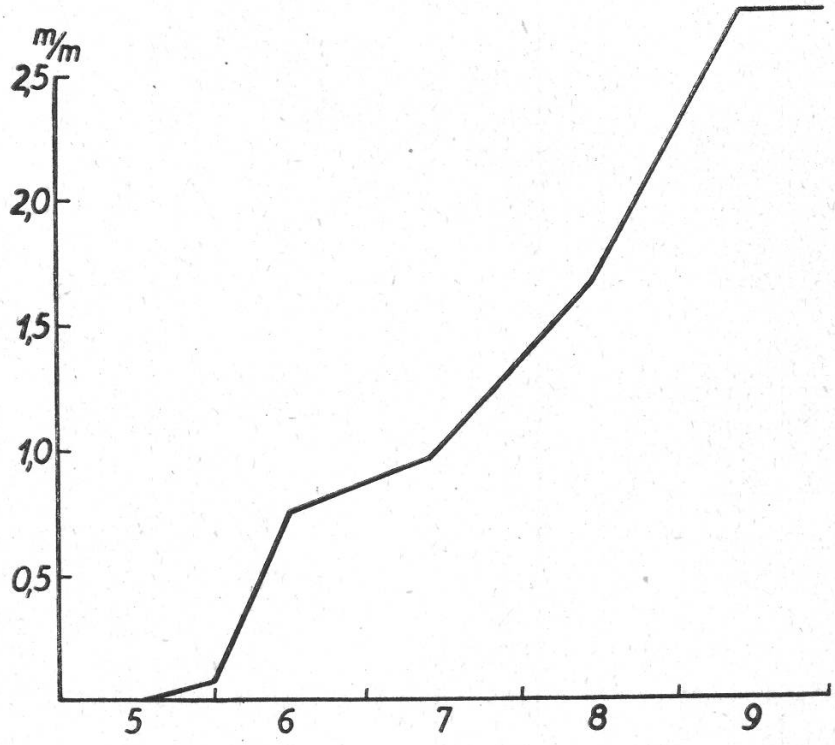


Abbildung 11.

Der Verlauf des linearen Dickenwachstums der Buchenstämme. (Zunahme der Dicke der Jahrringe in Millimetern.)

Bemerkenswert ist ferner, dass bei unsern Buchen die (linear gemessene) Jahrringbreite während der ganzen Vegetationsperiode, d. h. von Ende Mai bis anfangs September, ziemlich gleichmässig zunimmt,

während bei den Fichten und Tannen das radiale Dickenwachstum nur bis Mitte Juli gleichmässig anhält und sich sodann stark verlangsamt. Dies hängt offenbar mit der unterschiedlichen Struktur der beiden Holzarten zusammen : bei den Fichten und Tannen ist der Übergang vom Frühholz zum Spätholz schroff; daher die starke Abnahme des linearen Dickenwachstums, sobald das englumige Spätholz angelegt wird. Bei den Buchen ist dagegen dieser Übergang milder, und das Spätholz ist verhältnismässig nicht so englumig : daher der gleichmässige Verlauf ihrer Zuwachskurven, welcher Verlauf wahrscheinlich durch den langen, warmen Herbst in seiner Geradlinigkeit überdies noch unterstützt wurde.

Bei jeder Fällung (mit Ausnahme des 6. Januar) wurden, wie früher erwähnt, zwei Stämme geschlagen. Der erste dieser beiden Stämme (in dieser Arbeit kurz *A-Stamm* genannt) wurde unmittelbar im Anschluss an die Fällung nach dem Schema der Abb. 12 zerlegt, sogleich auf die Sägerei geführt und dort aufgeschnitten; in den Monaten Dezember, Januar und Februar mussten die Stämme erst aufgetaut werden, bevor sie in der Sägerei verarbeitet werden konnten.

Uns interessieren in der vorliegenden Mitteilung nur die drei (je 5 cm dicken) Stammscheiben der Abb. 12 (sie dienten zur Bestimmung des Wassergehaltes), ferner der 30 cm hohe Abschnitt, der zwischen dem « Stock » und der ersten Stammscheibe gelegen ist; dieser Abschnitt wurde in drei Schichten zerlegt, Rinde, Jungholz und Reifholz, in der früher beschriebenen Weise zermahlen und als Ausgangsmaterial für die Analysen verwendet; als *Jungholz* wurden die äussersten zwei Zentimeter des Stammes bezeichnet (also ungefähr die äussersten zehn Jahrringe), sorgfältig von der Rinde gereinigt; als *Reifholz* wurden etwa 5 cm dicke Klötze aus der unmittelbaren Umgebung des Markes verwendet. Wir sind uns bewusst, dass der Ausdruck *Reif*holz, als Gegenstellung zu *Jung*holz, sprachlich nicht glücklich ist und dass er überdies eine unrichtige Vorstellung über den « Reife »grad der betreffenden Stammpartie wecken kann. Doch kennen wir keinen bessern Ausdruck; denn die Bezeichnung « Altholz », die wörtlich die Gegenstellung von Jungholz wäre, ist in der Forstwirtschaft (im Waldbau) schon in einem anderen Sinne vergeben und könnte daher als Homonym zu Missverständnissen führen.

Wir haben uns ferner gefragt, ob die Stammbasis wirklich die beste Stelle zur Entnahme der Proben für die chemischen Analysen und für die laboratoriumsmässigen Vermorschungsversuche darstellt; denn sie ist bis zu einem gewissen Grade den Zug- und Druckwirkungen ausgesetzt und es bleibt daher die Möglichkeit offen, dass ihre Struktur etwas rauher und stärker auf die *mechanische* Beanspruchung eingestellt ist als weiter oben im Stamm. Dem bleibt entgegenzuhalten,

dass diese mechanische Beanspruchung der Stammbasis bei den in dichtem Schluss gewachsenen Sihlwaldbuchen gering ist; kursorische Vergleichsanalysen zwischen unsern Zahlen der Stammbasis (d. h. aus einer Höhe von 0,3—0,6 m über dem Erdboden) und analogen Proben aus dem Gebiet der Parkettriemen (Abb. 12; 5,5—7 m) haben denn auch keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Sodann war für uns ausschlaggebend, dass wir auf diese Weise ein unbedingt vergleichbares, gesundes Ausgangsmaterial erhielten; hätten wir das Ausgangsmaterial beispielsweise aus einer Stammhöhe von 5,5—7 m entnommen (wie wir es bei andern Hölzern zweifelsohne getan haben würden), so wären wir Gefahr gelaufen, zuweilen in den Bereich des roten Kernes zu gelangen, und dann wären unsere verschiedenen Analysengruppen nicht mehr unter sich vergleichbar gewesen; in dem Dilemma zwischen dem Nachteil der Stammbasis und dem Nachteil eines eventuell vorhandenen roten Kernes schien uns die Stammbasis das bei weitem kleinere Übel zu sein. Wir glauben, dass die Wahl der Stammbasis unter Umständen sogar einen kleinen methodischen Vorteil bietet; über das mutmassliche Verhalten der obern Stammpartien geben uns ja die Analysen der (handgelenkdicken) Äste hinreichende Anhaltspunkte; wie weit jedoch der Einfluss des Laubausbruches und des Laubfalles in den Stamm hinunterreicht, wissen wir nicht; wir können daher auf Grund unserer an der Stammbasis ausgeführten Analysen sicherlich das eine aussagen: *wenn dort unten vegetationsrhythmisch bedingte Schwankungen auftreten, dann haben sie zweifelsohne den ganzen Stamm erfasst;* diese Gewissheit wird in mehrfacher Beziehung wertvoll sein.

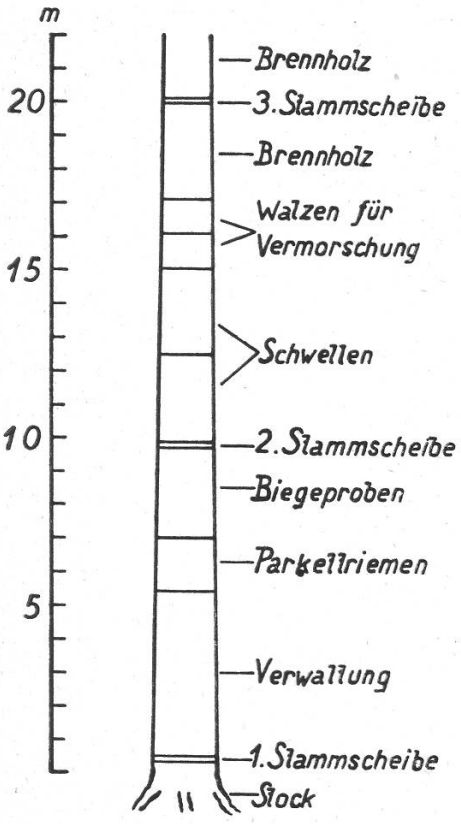


Abbildung 12.
Schema der Aufarbeitung der sogen. A-Stämme.

Der zweite der oben genannten Stämme (der sogen. *B-Stamm*) blieb während eines Monats unangetastet auf dem Waldboden liegen und wurde erst dann weiter verarbeitet. Die Exemplare vom 18. April und vom 4. Mai haben in der Folgezeit, auf dem Waldboden liegend, eher etwas früher ausgetrieben als die stehenden Bäume und sind dann verwelkt; desgleichen waren die Bäume der spätern Fällungen, die naturgemäss im Laub haben geschlagen werden müssen, nach einem Monat verwelkt.

Diese Versuchsanordnung mit der einmonatigen Lagerung der einen Hälfte

der Bäume wurde hauptsächlich wegen der anderweitig zu besprechenden Vermorschungsfragen gewählt; doch gibt sie uns auch gewisse Fingerzeige für die Probleme, die uns in der vorliegenden Arbeit interessieren : welche Stoffe werden während dieser einmonatigen Lagerungsfrist aus dem Stamme abtransportiert, wenn kein Nachschub aus den Wurzeln mehr möglich ist, welche Stoffe sind im Stamme mobil ? Unmittelbar im Anschluss an die Fällung wurde am untern Ende des B-Stammes eine 5 cm dicke Scheibe zur Bestimmung der Wassergehalte und eine 30 cm dicke Walze für die chemische Untersuchung abgeschnitten; nach einem Monat wurde zuerst wieder (für die chemische Untersuchung) eine 30 cm dicke Walze abgeschnitten (die also an die Walze von vor der Lagerung unmittelbar anschliesst und mit ihr ohne weiteres verglichen werden kann), sodann eine 5 cm dicke Scheibe für die Wasserbestimmungen. Der übrigbleibende Stamm wurde ähnlich wie im Schema der Abb. 12 zerlegt und vorwiegend für Dauerhaftigkeitsprüfungen verbraucht.

Es wäre auch hier wünschenswert gewesen, wenn wir unsere Analysen auf einer Stammhöhe von 5—7 m hätten durchführen können. Das war jedoch technisch unmöglich; denn wir hätten zu diesem Zwecke, entgegen unserer Versuchsfrage, die Stämme zersägen müssen. Auch hätten wir die gleichen Nachteile (den roten Kern usw.) in Kauf nehmen müssen, die wir soeben für die A-Stämme auseinandergesetzt haben.

Da die Analysen der Stämme ein ziemlich umfangreiches Material lieferten, gliedern wir das vorliegende Kapitel in mehrere Unterkapitel und beginnen mit der Besprechung des *Wassergehaltes* der Stämme.

## § 1. Der Wassergehalt der Stämme.

Der Wassergehalt der A-Stämme wurde jeweils in einer Höhe von 0,3, 10 und 20 m über dem Erdboden bestimmt.

### a) Das Verhalten von Rinde, Jungholz und Reifholz.

Wir betrachten zunächst den Stamm als Ganzes, ohne die vertikalen Unterschiede zwischen Stockende und Kronenende und ohne die jahreszeitlichen Schwankungen zu berücksichtigen. Zu diesem Zwecke sind in Tabelle 20 und 43 die arithmetischen Mittel aus unsern 17 Buchenfällungen zusammengestellt; ferner sind zum Vergleich die mittleren Wassergehalte von Tannen und Fichten, die unter ähnlichen Verhältnissen im schweizerischen Mittelland gewachsen waren, auf Grund unserer früheren Untersuchungen (1928) beigefügt.

Rinde und Reifholz besitzen bei den Sihlwaldbuchen, summarisch betrachtet, ungefähr den gleichen Wassergehalt; zwischen ihnen liegt das feuchtere Jungholz mit einem Wert, der um rund einen Viertel höher ist. Verglichen mit den Tannen und den Fichten ist das Buchen-

jungholz verhältnismässig trocken : es enthält prozentual nur ungefähr halb so viel Wasser wie unter ähnlichen waldbaulichen Verhältnissen bei diesen Nadelhölzern; dagegen ist das Buchenreifholz verhältnismässig feucht : sein mittlerer Wassergehalt ist fast doppelt so hoch wie bei den Tannen und den Fichten. Da nun das (bei der Buche verhältnismässig trockene) Jungholz nur einen geringen Anteil des Stammquerschnittes einnimmt und daher volumetrisch von dem (bei der Buche verhältnismässig feuchten) Reifholz dominiert wird, so bestätigen unsere Zahlen die landläufige Auffassung, wonach das Buchenholz im frischgeschlagenen Zustande feuchter, wasserreicher sei als das Tannen- und das Fichtenholz.

Tabelle 20.

Mittlere Wassergehalte von Buche, Tanne und Fichte im schweizerischen Mittelland. (Die Prozentzahlen sind auf die Trockensubstanz bezogen und aus den verschiedenen Fällungen und den verschiedenen Stammhöhen berechnet.

| Baumart | Rinde | Jungholz | Reifholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| Buche . . . . . | 73,2 | 91,0 | 72,0 |
| Tanne . . . . . | — | 185,5 | 42,5 |
| Fichte . . . . . | — | 176,8 | 34,0 |

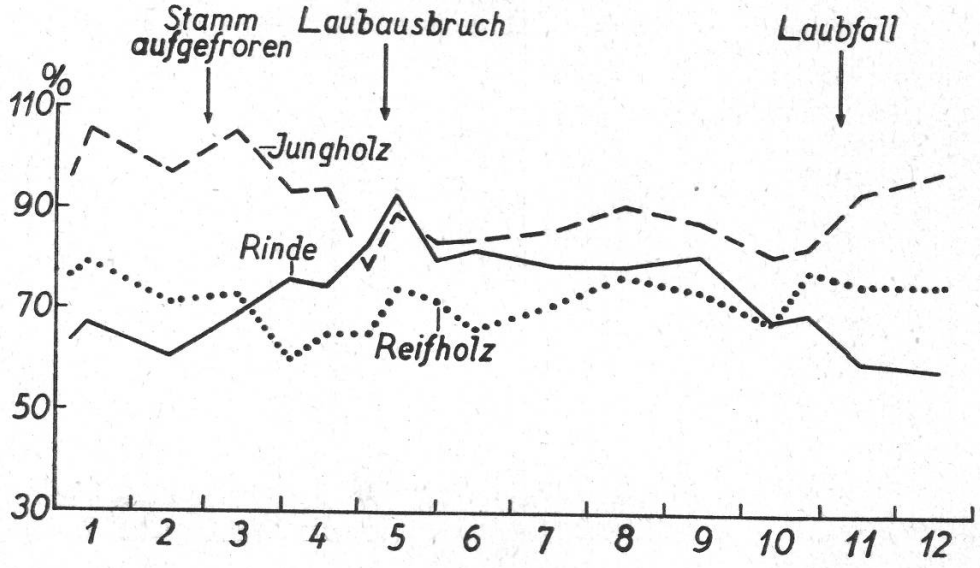


Abbildung 13.

Der jährliche Gang des *mittlern* Wassergehaltes der Buchenstämme. (Die Prozentzahlen sind auf das Trockengewicht bezogen und als arithmetisches Mittel aus den drei untersuchten Stammhöhen berechnet worden.)

Etwas verwickelter gestaltet sich das Bild, wenn wir das Verhältnis der Wassergehalte von Rinde, Jungholz und Reifholz nicht bloss auf Grund dieser Durchschnittswerte verfolgen, sondern in ihren

gegenseitigen *Verschiebungen im Laufe eines Jahres*. Wir sehen dabei vorläufig von den Schwankungen in den verschiedenen Höhen des Stammes (auf 0,3, 10 und 20 m Höhe) ab und betrachten den Stamm wiederum als Ganzes. Zu diesem Zwecke wurden für die Rinde, das Jungholz und das Reifholz die arithmetischen Mittel aus den drei untersuchten Stammhöhen berechnet, in der 5., 9. und letzten Kolonne der Tabelle 21 dargestellt und in Abb. 13 graphisch veranschaulicht.

Die Stammrinde ist zur Zeit der Winterruhe wasserarm; im Mittel der 6 Fällungen von Mitte November bis Mitte März beträgt ihr Wassergehalt, bezogen auf die Trockensubstanz und berechnet aus den verschiedenen Stammhöhen, nur 63 %. Sogleich nach dem Auffrieren der Stämme beginnt ihr Wassergehalt zu steigen und er erreicht Mitte Mai zur Zeit des Laubausbruches und des beginnenden Dickenwachstums, einen Höhepunkt: « die Rinde kommt in den Saft »; der Abfall zum 1. Juni hin beruht wohl nur auf einer Zufälligkeit des betreffenden Stammes(« trockenes » Exemplar). Während der ganzen übrigen Vegetationsdauer, bis in den September hinein, bleibt die Rinde wasserreich; sie weist im Mittel der 7 Fällungen von anfangs Mai bis Mitte September und im Durchschnitt der verschiedenen Stammhöhen einen Gehalt von 83 % auf, also rund einen Drittel mehr als zur Zeit der Winterruhe.

Das Jungholz zeigt in bezug auf seinen Wassergehalt ungefähr den entgegengesetzten Gang (Abb. 13). Während der Wintermonate ist es feucht; im Mittel der Monate November bis und mit März und im Durchschnitt der verschiedenen Stammhöhen beträgt sein Wassergehalt rund 99 %, also rund die Hälfte mehr als in der anstossenden Rinde. Während der Vegetationszeit nimmt er dagegen ab; im Mittel der 7 Fällungen von anfangs Mai bis Mitte September und im Durchschnitt der verschiedenen Stammhöhen beträgt er noch rund 86 %; er ist also ungefähr gleich hoch wie in der Rinde. Ob dem spitzen Gipfel über Mitte Mai ein tieferer Sinn zukommt (Beginn des Dickenwachstums) oder ob er nur auf einer Zufälligkeit beruht, müsste erst auf Grund besonderer Versuche an Hand einer grössern Zahl von Stämmen entschieden werden.

Das Reifholz bildet endlich in diesen Schwankungen den ruhenden Pol. Der Vegetationsrhythmus scheint seinen Wassergehalt nur wenig zu beeinflussen, die Werte liegen durchwegs zwischen 60 und 80 %. Es ist möglich, dass den beiden Minima anfangs April und anfangs Oktober und den beiden Maxima während der vollen Vegetationstätigkeit und während der vollen Winterruhe ein tieferer Sinn zukommt; man könnte das Aprilminimum beispielsweise durch das Hinauswandern des Saftes in die Rinde erklären, das Oktoberminimum durch den Umstand, dass die absterbenden Blätter sehr stark verdunsten; doch halten wir unser Material für zu wenig umfangreich, um hierüber ein abschliessendes Urteil zu gestatten.

Tabelle 21.

Der Wassergehalt der Buchenstämme im Laufe eines Jahres. (Prozentzahlen bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Tag der Fällung 1933 | Rinde | | | | Jungholz | | | | Reifholz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in einer Stammhöhe von rund | | | Mittel | in einer Stammhöhe von rund | | | Mittel | in einer Stammhöhe von rund | | | Mittel |
| | 0,3 m | 10 m | 20 m | | 0,3 m | 10 m | 20 m | | 0,3 m | 10 m | 20 m | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 66,5 | 65,9 | 58,2 | 63,5 | 98,8 | 98,7 | 90,8 | 96,1 | 74,3 | 76,1 | 79,5 | 76,6 |
| 13. Januar | 71,6 | 68,4 | 62,0 | 67,3 | 104,1 | 114,2 | 98,3 | 105,5 | 76,9 | 81,8 | 79,1 | 79,3 |
| 15. Februar | 65,5 | 61,0 | 54,9 | 60,5 | 94,2 | 100,3 | 97,4 | 97,3 | 66,7 | 66,1 | 81,5 | 71,4 |
| 13. März | 70,5 | 71,7 | 63,6 | 68,6 | 108,5 | 112,3 | 96,3 | 105,7 | 65,0 | 73,8 | 80,9 | 73,2 |
| 3. April | 82,5 | 76,0 | 69,3 | 75,9 | 88,5 | 93,9 | 97,9 | 93,4 | 59,2 | 55,6 | 65,9 | 60,2 |
| 18. April | 78,3 | 75,6 | 69,8 | 74,6 | 84,2 | 97,7 | 100,5 | 94,1 | 63,5 | 60,3 | 72,1 | 65,3 |
| 4. Mai | 90,5 | 81,7 | 77,0 | 83,1 | 78,2 | 78,0 | 77,9 | 78,0 | 62,6 | 62,8 | 69,0 | 64,8 |
| 15. Mai | 96,2 | 97,3 | 86,3 | 93,3 | 84,8 | 93,4 | 90,1 | 89,4 | 65,7 | 75,1 | 82,3 | 74,4 |
| 1. Juni | 84,6 | 79,4 | 76,6 | 80,2 | 75,3 | 85,4 | 89,3 | 83,3 | 67,9 | 68,7 | 79,2 | 71,9 |
| 15. Juni | 87,6 | 82,2 | 76,6 | 82,1 | 74,4 | 90,6 | 86,9 | 84,0 | 55,8 | 67,3 | 76,2 | 66,4 |
| 17. Juli | 86,2 | 79,7 | 71,1 | 79,0 | 70,2 | 92,6 | 96,4 | 86,4 | 61,6 | 68,3 | 85,1 | 71,7 |
| 14. August | 82,4 | 81,3 | 73,2 | 79,0 | 71,4 | 98,6 | 102,7 | 90,9 | 73,4 | 74,2 | 83,1 | 76,9 |
| 13. September | 89,7 | 84,1 | 69,3 | 81,0 | 77,3 | 93,0 | 94,3 | 88,2 | 71,0 | 65,1 | 86,4 | 74,1 |
| 12. Oktober | 70,3 | 70,4 | 62,8 | 67,8 | 72,9 | 85,6 | 84,1 | 80,9 | 64,8 | 64,3 | 73,6 | 67,6 |
| 26. Oktober | 73,3 | 74,4 | 61,2 | 69,6 | 73,5 | 89,9 | 83,9 | 82,4 | 72,1 | 80,9 | 82,3 | 78,4 |
| 16. November | 62,7 | 59,4 | 57,0 | 59,7 | 94,6 | 97,3 | 90,2 | 94,0 | 73,2 | 75,1 | 78,1 | 75,5 |
| 18. Dezember | 59,8 | 58,2 | 57,4 | 58,5 | 99,3 | 101,5 | 92,5 | 97,8 | 74,0 | 75,0 | 77,5 | 75,5 |

Zusammenfassend können wir den jährlichen Gang des mittleren Wassergehaltes unserer rund 110jährigen Buchenstämme wie folgt umschreiben: Das Reifholz weist, abgesehen von einer geringfügigen Erniedrigung vor dem Laubausbruch und vor dem Laubfall und einer geringfügigen Erhöhung zur Zeit der vollen Vegetationstätigkeit und zur Zeit der vollen Winterruhe, nur unbedeutende Schwankungen auf. Deutliche Schwankungen im Zusammenhang mit dem Vegetationsrhythmus zeigen nur die Rinde und das Jungholz: zur Zeit der sommerlichen Vegetationstätigkeit und des Dickenwachstums ist der Wassergehalt der beiden ungefähr gleich gross (80—90 %) und ungefähr konstant; nach dem Laubfall sinkt er in der Rinde auf etwa 63 %, im Jungholz steigt er dagegen auf durchschnittlich rund 99 %. Zur Zeit der Winterkälte sind also unsere Buchenstämme nach aussen hin von einer *trockenen* Rinde umgeben; daran schliesst sich ein sehr feuchtes und zumeist gefrorenes Jungholz; zu Beginn der Vegetationstätigkeit gleichen sich diese Unterschiede zwischen Rinde und Jungholz wieder aus.

Vergleichen wir diesen Befund mit den Ergebnissen, die Hartig (1882) für 80—135jährige Buchen aus der Umgebung von München gewonnen hat, so finden wir zunächst für die Rinde eine vollkommene Übereinstimmung: auch bei den Hartigschen Untersuchungen liegt der Gipfelpunkt des Wassergehaltes im Monat Mai und der Tiefpunkt in den Wintermonaten.

Dagegen bestehen beim Jungholz gewisse Abweichungen. Das Wintermaximum ist zwar auch bei Hartig vorhanden; doch liegt es nur auf der Höhe des Wassergehaltes der Rinde, so dass Jungholz und Rinde um die Jahreswende den gleichen Wassergehalt aufweisen, während bei unsern Buchen der Wassergehalt des Jungholzes im Winter denjenigen der anstossenden Rinde um gut die Hälfte übertrifft. Gegen das Frühjahr hin sinkt auch bei Hartig die Wassergehaltskurve des Jungholzes ab; da sie aber schon in den wasserreichen Wintermonaten nur gleich hoch gewesen war wie in der Rinde, so fällt sie nunmehr *unter* den Ansatz derselben, während beim Jungholz unserer Buchen die Wassergehaltskurve erst zur Zeit des sommerlichen Tiefstandes die Rindenkurve berührt. Bei den bayrischen Buchen ist also das Jungholz im *Winter* gleich wasserhaltig wie die Rinde, im Sommer dagegen erheblich trockener als diese; bei unserem Material ist das Jungholz im Winter viel feuchter als die Rinde, im *Sommer* dagegen ungefähr gleich wasserhaltig wie diese. Der durch den Laubfall, die Winterruhe und den Laubausbruch bedingte Rhythmus des Wassergehaltes des Jungholzes ist also beim bayrischen und beim schweizerischen Material ungefähr der gleiche; verschieden ist nur der Bezugspunkt: das gegenseitige Verhältnis von Rinde und Jungholz ist bei den Sihlwaldbuchen zugunsten eines höheren Wassergehaltes des Jungholzes verschoben.

Es ist möglich, dass die verhältnismässig stärkeren Schwankungen des Wassergehaltes beim Hartigschen Material durch klimatische und edaphische Faktoren bedingt sind: unsere Sihlwaldbuchen stocken in einer niederschlagsreichen Gegend und auf einem sehr feuchten Boden und sind daher während ihrer ganzen Vegetationszeit reichlich mit Wasser versorgt; auch während des stärksten Wasserbedarfes steht ihnen genügend Feuchtigkeit zur Verfügung; Grenzfaktor ist bei ihnen wahrscheinlich nur die Leitfähigkeit der eigenen Bahnen. Die Hartigschen Buchen sind wahrscheinlich in dieser Beziehung unter ungünstigeren Verhältnissen gewachsen, mussten daher zur Zeit des stärksten Wasserbedarfes aus den eigenen Reserven schöpfen und weisen deshalb grössere Schwankungen auf als unsere unter günstigeren Bedingungen stehenden Exemplare.

Das Reifholz endlich zeigt bei dem Hartigschen Material ein ähnliches Verhalten wie bei unsern Sihlwaldbuchen: einen flachen Kurvenverlauf mit einem ersten Maximum im Winter, einem ersten Minimum während des Laubausbruches, einem zweiten Maximum während des Sommers und einem zweiten Minimum zur Zeit des Laubfalles. *Man wird daher sagen dürfen, dass der jahreszeitliche Rhythmus der Wassergehaltsschwankungen bei den Buchen des bayrischen Hochlandes (Umgebung von München) und des schweizerischen Mittellandes (Sihlwald) im wesentlichen der gleiche ist und dass die klimatischen und edaphischen Verschiedenheiten ihn nur geringfügig zu verschieben vermögen.*

Vergleichen wir endlich die Wassergehaltskurven unserer Abb. 13 mit den Wassergehalten von Tannen und Fichten, die unter ähnlichen klimatischen und edaphischen Verhältnissen aufgewachsen sind (Gäumann, 1928), so fällt auf, 1. dass bei beiden Nadelhölzern das Reifholz einen viel gleichmässigeren Wassergehalt aufweist als bei den Buchen und fast keine individuellen Schwankungen von einem Stamm zum andern zeigt, und 2. dass beim Jungholz der Buchen ein deutlicher Vegetationsrhythmus des Wassergehaltes besteht, während dieser bei den zwei Nadelhölzern beinahe fehlt oder jedenfalls durch die individuellen Schwankungen von Stamm zu Stamm überdeckt wird. Hierin kommt der durch den Laubwechsel bedingte stärkere Vegetationsrhythmus der Laubhölzer zum Ausdruck.

### b) Die Verhältnisse in den verschiedenen Höhen des Stammes.

Nachdem wir dergestalt die gegenseitigen Beziehungen zwischen den mittlern Wassergehalten der Rinde, des Jungholzes und des Reifholzes der Buchen besprochen haben, werfen wir einen Blick auf die *senkrechte Gliederung* der Wassergehalte unserer Stämme; auf das Verhältnis zwischen den Wassergehalten *in den verschiedenen Höhen* des Stammes. Da die Tabelle 21 wegen ihres Umfanges schwer zu lesen

ist, haben wir die in Frage kommenden Werte in Abb. 14 graphisch dargestellt.

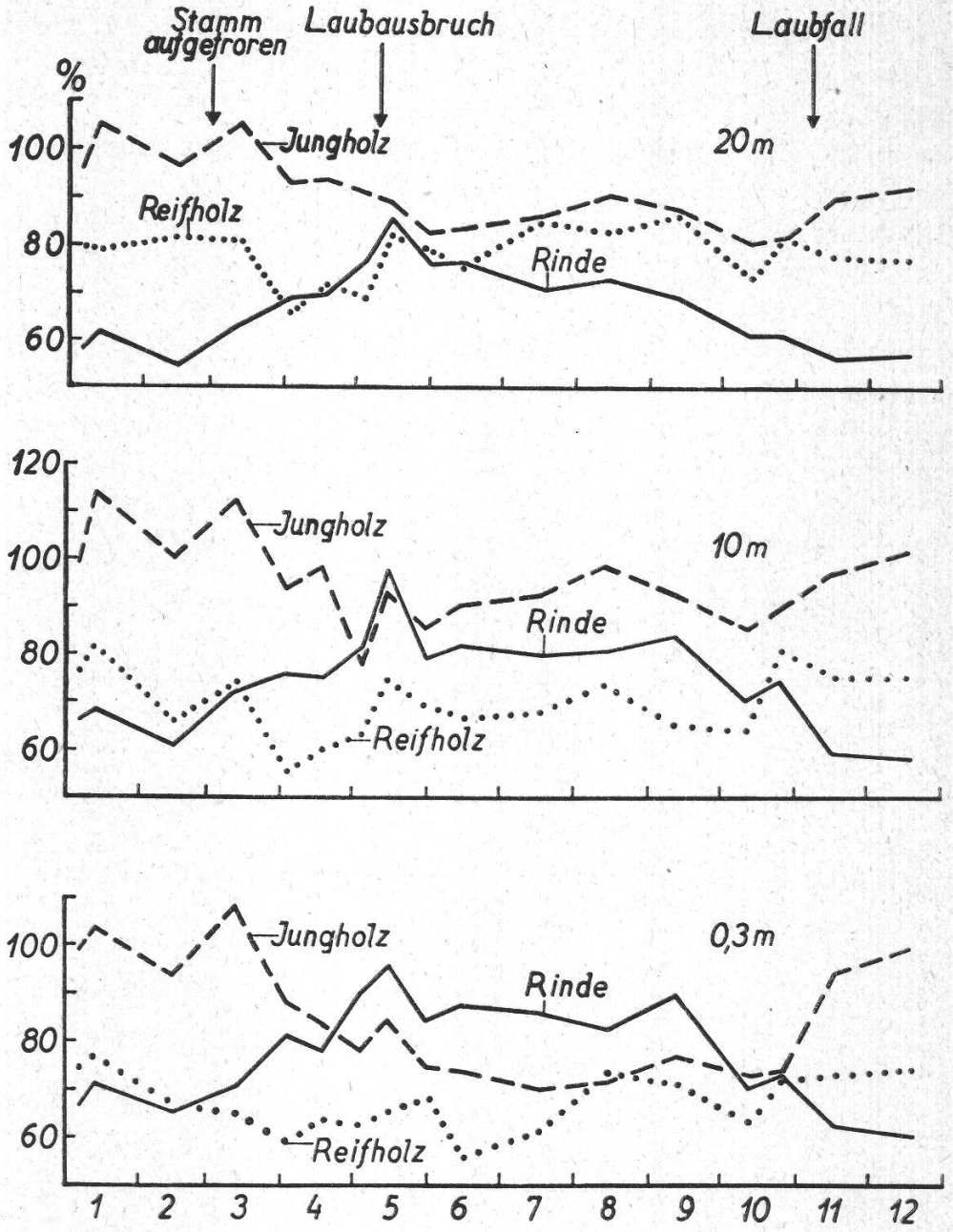


Abbildung 14.

Der jährliche Gang der Wassergehalte der Buchenstämme in einer Stammhöhe von 0,3, 10 und 20 m.

Für die *Stammhöhe von 0,3 m* gilt in bezug auf die Rinde das gleiche wie für das durchschnittliche Verhalten der Rinde des ganzen Stammes: während der Winterruhe und Winterkälte ist sie trocken (Mittel der 6 Fällungen von Mitte November bis Mitte März 66 %), während der Vegetationszeit ist sie wasserreicher (Mittel der sieben Fällungen von anfangs Mai bis Mitte September 88 %, mit Gipfel zur

Zeit des einsetzenden Dickenwachstums). Beim Jungholz gestalten sich dagegen die Verhältnisse wesentlich anders als in den Durchschnittskurven der Abb. 13 : das Jungholz ist zwar im Winter auch auf 0,3 m Höhe, wie im ganzen übrigen Stamm, sehr wasserreich, und zwar um die Hälfte wasserreicher als die angrenzende Rinde (Mittel der Monate November bis März 100 %); mit dem Einsetzen der Vegetationszeit sinkt jedoch sein Wassergehalt so stark, dass es nunmehr erheblich trockener wird als die angrenzende Rinde (Mittel der Monate Mai bis September 76 % gegen 88 % für die Rinde) und während der Monate Juli bis September an Trockenheit sogar dem Reifholz nahekommt (Jungholz 73 %, Reifholz 69 %). Das gegenseitige Verhältnis der Wassergehalte von Jungholz und Rinde kehrt sich also *auf der Stammhöhe von 0,3 m* im Laufe eines Vegetationszyklus völlig um. — Das Reifholz endlich ist auf 0,3 m, wie im übrigen Stamm, bezüglich seines Wassergehaltes ziemlich ausgeglichen und stimmt in seinem Kurvenverlauf weitgehend mit der Kurve des Stamm-Mittels (Abb. 13) überein.

Tabelle 22.

Die mittleren Wassergehalte der Buchen in verschiedener Höhe. (Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die B-Stämme.)

| Material | Rinde | Jungholz | Reifholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| | Winterruhe (November—März) | | |
| Äste . . . . . | 73 | 103 | — |
| Stamm | | | |
| in 20 m Höhe | 59 | 94 | 79 |
| in 10 m „ | 64 | 104 | 75 |
| in 0,3 m „ | 66 (66) | 100 (90) | 72 (64) |
| Wurzeln. . . . | 86 | 131 | — |
| | Vegetationszeit (Mai—September) | | |
| Äste . . . . . | 75 | 82 | — |
| Stamm . . . . | | | |
| in 20 m Höhe | 76 | 91 | 80 |
| in 10 m „ | 84 | 90 | 69 |
| in 0,3 m „ | 88 (86) | 76 (77) | 65 (63) |
| Wurzeln. . . . | 106 | 98 | — |

Dass dieser Sachverhalt: einerseits ungefähr gleichbleibende Feuchtigkeit des Reifholzes und anderseits Umkehr der Feuchtigkeitszahlen des Jungholzes und der Rinde im Frühjahr und im Herbst, nicht auf einer Zufälligkeit des untersten Stammdrittels der 17 für die Tabelle 21 verwendeten Buchen (der sogen. A-Stämme) beruht, sondern unmittelbar durch den Lebensrhythmus der Sihlwaldbuchen bedingt wird, lässt sich zunächst auf Grund der später zu besprechenden Wassergehaltsschwankungen der unmittelbar anstossenden Wurzeln wahrscheinlich

machen (diese weisen eine ähnliche Umkehr zwischen Rinde und Holz auf), und sodann lässt er sich an Hand der sogenannten B-Stämme unmittelbar erhärten; es sind dies, wie früher (S. 230) ausgeführt wurde, jene 16 Stämme, die zu gleicher Zeit wie die A-Stämme geschlagen, jedoch einen Monat liegen gelassen wurden. Sie blieben während dieser Zeit unangetastet; nur wurde, unmittelbar im Anschluss an die Fällung, am Stockende eine 5 cm dicke Scheibe für die Wasserbestimmung und eine 30 cm dicke Walze für die chemische Untersuchung abgeschnitten. Die Wassergehaltszahlen der B-Serie bilden daher, weil sie am Stockende gewonnen wurden, eine vollkommene Parallele zu den soeben besprochenen Zahlen für 0,3 m Stammhöhe; sie sind in Tabelle 23 (Kolonne « frisch gefällt ») zusammengestellt.

Um einen summarischen Vergleich der Tabellen 21 und 23 zu erleichtern, sind die arithmetischen Mittel aus den während der Vegetationszeit und den während der Winterruhe erfolgten Fällungen ausgerechnet und in der Tabelle 22 in Klammern hinter den entsprechenden Zahlen der A-Stämme beigefügt worden. Wir ersehen zunächst aus diesen Mittelwerten, dass die 16 Buchen der B-Serie sich im wesentlichen gleich verhalten wie die 17 Stämme der A-Serie : für die Fällungen während der Vegetationszeit kommen die entsprechenden Prozentzahlen einander sehr nahe; bei den Fällungen während der Winterruhe sind die Abweichungen grösser, ohne jedoch den grundsätzlichen Sachverhalt zu stören. Diese Feststellung zeigt, dass die 17 Stämme der A-Serie uns ein richtiges Bild über den Vegetationsrhythmus der Sihlwaldbuchen vermitteln und dass die objektive Richtigkeit unserer Untersuchungen nicht wesentlich gesteigert worden wäre, wenn wir statt der 17 Stämme deren doppelt so viele verwendet hätten.

Ferner treten, und darauf kommt es hier an, im Laufe einer Vegetationszeit bei den Wassergehalten der B-Stämme (Tabelle 23) im wesentlichen die gleichen Eigentümlichkeiten zutage, wie bei den A-Stämmen der Tabelle 21 : ungefähr gleichbleibende Feuchtigkeit des Reifholzes und Umkehr der Feuchtigkeitszahlen des Jungholzes und der Rinde im Frühjahr und im Herbst. Nur erfolgt die Umkehr zwischen Jungholz und Rinde in der B-Serie erst mit der Fällung vom 15. Mai (in der A-Serie dagegen schon mit der Fällung vom 4. Mai); doch ist bei den Buchen, die ja hinsichtlich ihres Austreibens grosse individuelle Schwankungen aufweisen, einer derartigen zeitlichen Verschiebung keine Bedeutung beizumessen, dies um so weniger, als die herbstliche Umkehr sich wieder zur gleichen Zeit (zwischen der September- und der ersten Oktoberfällung) vollzieht. Durch diese Übereinstimmung zwischen der A- und der B-Serie dürfte der Nachweis erbracht sein, dass die oben skizzierten Eigentümlichkeiten der Wassergehaltszahlen unserer Buchenstämme auf einer Stammhöhe von 0,3 m wirklich durch den Vegetationsrhythmus bedingt werden und nicht auf Zufälligkeiten beruhen.

Auf einer *Stammhöhe von 10 m* beginnt das Verhältnis von Rinde zu Jungholz sich zu verschieben; zwar ist auch hier während der Vegetationsruhe die Rinde trocken, das Jungholz feucht (Rinde im Mittel der Monate November bis März 64 %, Jungholz 104 %); während jedoch zu Beginn der Vegetationstätigkeit der Wassergehalt des Jungholzes auf 0,3 m Höhe sehr stark sinkt (durchschnittlich von 100 auf 76 %), nimmt er auf 10 m Höhe nur um 14 % ab (von 104 auf 90 %); und da anderseits der frühjahrliche Anstieg des Wassergehaltes der Rinde auf 10 m Höhe ungefähr gleich gross ist wie auf 0,3 m Höhe (64/84 zu 66/88 %), so beginnen die Wassergehalte von Rinde und Jungholz sich während der Vegetationszeit auf 10 m Höhe stark zu nähern (84/90 %).

Und in einer Höhe von 20 m endlich verschieben sich die Verhältnisse noch weiter : hier ist das Jungholz jahraus jahrein erheblich feuchter als die anstossende Rinde.

Die einzige wesentliche Verschiebung in den Wassergehalten der drei Stammschichten erfolgt demnach zwischen den Stammhöhen von 0,3 und 10 m, und sie beschränkt sich auch dort auf das gegenseitige Verhältnis der Wassergehalte von *Jungholz und Rinde :* im Winter ist das Jungholz im untersten Stammdrittel feuchter als die Rinde, im Sommer trockener als diese (ähnlich wie in den später zu besprechenden Wurzeln), im mittleren und im obersten Stammdrittel ist es dagegen jahraus jahrein feuchter als die Rinde.

Diese Sachlage : während des ganzen Jahres Abnahme des Wassergehaltes der Rinde vom Stock zur Krone hin und Zunahme des Wassergehaltes des Reifholzes und schwankendes Verhalten des Jungholzes (Zunahme während der Vegetationszeit, unregelmässiger Verlauf während der Winterruhe) ist vielleicht folgendermassen zu deuten. Der Wassertransport von den Wurzeln zur Krone erfolgt wahrscheinlich vorwiegend in den (2 ?) äussersten Jahrringen des Jungholzes; daher ist der physikalisch notwendige Feuchtigkeitsabfall vom Stock zur Krone zunächst nur in diesen vorhanden. Er wirkt sich nach aussen, gegen die Stammperipherie hin, unmittelbar in der Rinde aus und bedingt dort den in unsern Zahlen zum Ausdruck kommenden Feuchtigkeitsabfall von unten nach oben. In welcher Weise freilich die Assimilate unter diesen Umständen den Stamm hinunterwandern, lässt sich auf Grund unserer Durchschnittszahlen nicht erklären. Unabhängig von diesem, nach oben hin vorhandenen Wassergefälle der peripheren Schichten des Stammes findet im Reifholz, also im Innern des Stammes, eine Anhäufung von Wasser gegen die Krone hin statt. Dieses Wasser ist wahrscheinlich in den äussersten Jahrringen nach oben gestiegen und erst in den höhern Partien des Stammes gegen das Stamminnere hin verschoben worden; es handelt sich dabei wahrscheinlich um *Re-*

*serve*wasser, das zur Deckung des Transpirationsdefizites der Krone jederzeit zur Verfügung steht. Diese Wasseranhäufung im Reifholz der obern Stammpartien macht sich offenbar nach aussen hin bis weit in das Jungholz hinein geltend, und ihr Einfluss ist mutmasslicherweise so gross, dass im Durchschnitt der zehn äussersten Jahrringe (wie wir sie in unsern zwei Zentimetern ungefähr untersucht haben) der in den (2 ?) äussersten Jahrringen wahrscheinlich bestehende Feuchtigkeitsabfall überdeckt wird; dies ist der Grund, warum in unsern Durchschnittszahlen das für die Wasserleitungsbahnen physikalisch zu fordernde Wassergefälle vom Stock zur Krone im Jungholz nicht in die Erscheinung tritt.

Es wäre wichtig, freistehende Buchen mit einer voll ausgebildeten Krone nach dieser Richtung hin zu untersuchen; denn es ist nicht ausgeschlossen, dass die in unsern Zahlen zum Ausdruck kommende Wasseranhäufung in den obern Teilen des Stammes durch die waldbauliche Bestandeserziehung mitbedingt wird. Der Forstmann muss seinen Bestand, zur Erzielung hochschäftiger, glatter Stämme, im dichten Schluss und mit entsprechend starker Astreinigung hochbringen; der Kronenansatz liegt unter diesen Kulturbedingungen, wie Tafel 15 und 16 zeigen, sehr hoch (bei unsern Exemplaren etwa auf 18—20 m Höhe), während er in natürlichen Beständen tiefer beginnen mag; dementsprechend dürfte sich auch die Wasserführung des Stammes bei tieferem Kronenansatz möglicherweise etwas anders gestalten als bei unsern hochgezogenen Bäumen.

### c) Die Wasserbilanz geschlagener Stämme.

Im Anschluss an die Besprechung der Wassergehalte der stehenden Buchen (der sogenannten A-Stämme) seien noch die Ergebnisse der sogenannten B-Stämme kurz gestreift. Diese B-Stämme wurden, wie früher ausgeführt, zu gleicher Zeit wie die in Tabelle 21 dargestellten A-Stämme geschlagen und es wurde an ihrem Stockende sogleich eine 5 cm dicke Scheibe zur Wasserbestimmung (Tabelle 23, Kolonne « frisch geschlagen ») und eine 30 cm dicke Walze für die chemische Untersuchung abgeschnitten; hernach wurde der Baum während eines Monates ungestört liegen gelassen; nach Ablauf dieser Frist wurde an der Stirnseite zuerst eine 30 cm dicke Walze für die chemische Untersuchung und hernach eine 5 cm dicke Scheibe für die Wasserbestimmung (Tab. 23, Kolonne « 1 Monat gelagert ») abgeschnitten. Der Vergleich der Wassergehalte vor und nach der Lagerung lehrt uns, in welcher Weise sich der Wasserhaushalt der Buchen während eines Monates gestaltet, wenn ihnen von den Wurzeln her nichts mehr zugeführt wird; im vorliegenden Falle können wir der Tab. 23 und der Abb. 15 entnehmen, ob und wieviel Wasser die auf dem Waldboden liegenden Bäume während eines Monates verdunstet haben, und, sofern eine Ver-

dunstung eintrat, welchen Schichten des Stammes dieses Wasser entzogen wurde. Naturgemäss gelten alle Zahlen und Schlussfolgerungen dieses Abschnittes zunächst nur für das *unterste* Stammdrittel; die Proben wurden ja zwischen 0,3 und 1 m über dem Erdboden genommen.

Die *Rinde* der am Boden liegenden Bäume zeigt in den Januar- bis Aprilfällungen keine Wassergehaltsschwankungen, also weder eine Zu- noch eine Abnahme ihrer Wasservorräte. Dies ist beispielsweise für die Januarfällung ohne weiteres verständlich, da der Stamm zu jener Zeit gefroren war und, am Boden liegend, bis zum Ablauf der einmonatigen Lagerungsfrist auch gefroren blieb. Dagegen ist dieses Ergebnis beispielsweise für die Fällung vom 18. April überraschend; denn dieser Stamm hat, auf dem Erdboden liegend, ausgetrieben, also eine belaubte Krone gebildet, und hat dennoch das zu rund 80 % in seiner Stammrinde lagernde Wasser nicht beansprucht.

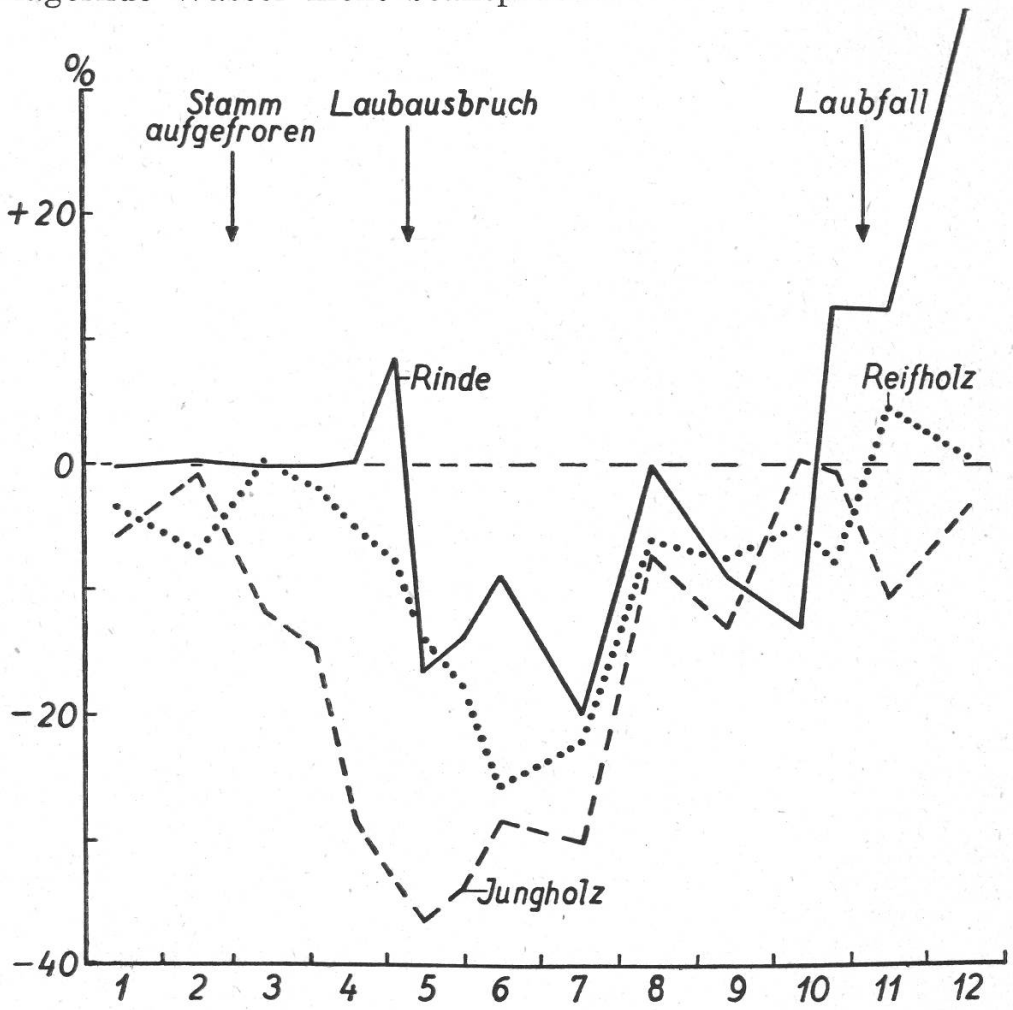


Abbildung 15.

Um welchen Betrag (bezogen auf den Wassergehalt der frisch geschlagenen Bäume) hat der Wassergehalt der Rinde, des Jungholzes und des Reifholzes 0,3 m über dem Stock zugenommen (+) oder abgenommen (—), wenn der Stamm nach der Fällung einen Monat lang unberührt liegen gelassen wurde?

Tabelle 23.

Der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Wassergehalt der Buchenstämme. (Die Wassergehalte des frisch geschlagenen und des gelagerten Holzes sind auf die Trockensubstanz bezogen, die *Veränderungen* des Wassergehaltes dagegen auf den Wassergehalt des frisch geschlagenen Holzes.)

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Jungholz | | | | Reifholz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Frisch geschlagen | 1 Monat gelagert | Veränderung des Wassergehaltes | | Frisch geschlagen | 1 Monat gelagert | Veränderung des Wassergehaltes | | Frisch geschlagen | 1 Monat gelagert | Veränderung des Wassergehaltes | |
| | | | absolut | relativ | | | absolut | relativ | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 13. Januar | 60,6 | 60,1 | — 0,5 | — 0,8 | 97,3 | 91,7 | — 5,6 | — 5,8 | 65,2 | 63,0 | — 2,2 | — 3,4 |
| 15. Februar | 69,9 | 70,2 | + 0,3 | + 0,4 | 81,4 | 80,9 | — 0,5 | — 0,6 | 68,6 | 63,8 | — 4,8 | — 7,0 |
| 13. März | 74,6 | 74,4 | — 0,2 | — 0,3 | 92,8 | 81,9 | —10,9 | —11,7 | 58,5 | 58,9 | + 0,2 | + 0,7 |
| 3. April | 70,5 | 70,0 | — 0,5 | — 0,7 | 75,3 | 64,3 | —11,0 | —14,7 | 61,5 | 60,4 | — 1,1 | — 1,8 |
| 18. April | 80,8 | 81,2 | + 0,4 | + 0,5 | 93,8 | 68,2 | —25,6 | —28,3 | 58,5 | 55,5 | — 3,0 | — 5,1 |
| 4. Mai | 84,1 | 91,3 | + 7,2 | + 8,6 | 98,9 | 65,8 | —33,1 | —33,4 | 71,5 | 66,1 | — 5,4 | — 7,5 |
| 15. Mai | 96,3 | 80,2 | —16,1 | —16,7 | 87,1 | 55,4 | —31,7 | —36,4 | 66,3 | 57,2 | — 9,1 | —13,8 |
| 1. Juni | 87,7 | 75,8 | —11,9 | —13,6 | 81,6 | 54,0 | —27,6 | —33,7 | 65,2 | 53,7 | —11,5 | —17,7 |
| 15. Juni | 83,2 | 76,1 | — 7,1 | — 8,6 | 71,5 | 51,0 | —20,5 | —28,4 | 63,6 | 47,2 | —16,4 | —25,6 |
| 17. Juli | 91,3 | 73,1 | —18,2 | —19,9 | 72,4 | 50,6 | —21,8 | —30,2 | 57,7 | 46,8 | —10,9 | —22,2 |
| 14. August | 75,0 | 74,7 | — 0,3 | — 0,4 | 61,7 | 57,1 | — 4,6 | — 7,4 | 54,7 | 51,3 | — 3,4 | — 6,2 |
| 13. September | 82,4 | 75,2 | — 7,2 | — 8,8 | 69,7 | 60,5 | — 9,2 | —13,1 | 62,9 | 58,2 | — 4,7 | — 7,5 |
| 12. Oktober | 72,3 | 62,8 | — 9,5 | —13,2 | 76,1 | 76,3 | + 0,2 | + 0,3 | 66,0 | 62,7 | — 3,3 | — 5,0 |
| 26. Oktober | 68,1 | 76,6 | + 8,5 | +12,5 | 69,3 | 68,9 | — 0,4 | — 0,6 | 69,3 | 63,7 | — 5,6 | — 8,1 |
| 16. November | 61,0 | 68,5 | + 7,5 | +12,3 | 89,9 | 80,3 | — 9,6 | —10,7 | 62,5 | 65,2 | + 2,7 | + 4,3 |
| 18. Dezember | 61,4 | 83,6 | +22,2 | +36,4 | 93,6 | 90,4 | — 3,2 | — 3,4 | 64,1 | 64,3 | + 0,2 | + 0,3 |

In der Fällung vom 4. Mai zeigt die Stammrinde eine leichte Zunahme des Wassergehaltes. Es lässt sich an Hand des vorliegenden Materials nicht beurteilen, ob dies auf einem Zufall beruht oder ob hier, im Zusammenhang mit dem einsetzenden Dickenwachstum, eine Verschiebung von Wasser aus dem Jungholz in die Rinde hinaus stattgefunden hat; letzteres wäre sehr wohl möglich, hat doch, wie Tabelle 19 zeigt, bis zum 4. Juni, d. h. bis zu dem Termin, an welchem der am Boden liegende B-Stamm des 4. Mai aufgearbeitet wurde, das Dickenwachstum des Stammes schon eingesetzt; dabei bleibt zu beachten, dass der am Boden liegende B-Stamm regelmässig dem stehenden Baum in seiner Entwicklung etwas vorauseilte.

Bei den Bäumen, die in vollem Laub geschlagen wurden (Mitte Mai bis Mitte Oktober), ist der durch die Krone bedingte Wasserentzug so bedeutend, dass (mit einer ungeklärten Ausnahme in der Fällung vom 14. August) auch aus der Stammrinde bis in das Stockende hinunter ein erheblicher Wasserentzug stattfand; am grössten ist er, mit 19,9 %, in der Fällung vom 17. Juli, d. h. bei dem Baum, der vom 17. Juli bis Mitte August auf dem Waldboden liegen blieb.

Sowie im Spätherbst das Laub zu vergilben beginnt, wandern bei den am Boden liegenden Bäumen erhebliche Wassermengen aus dem Jungholz in die Rinde hinaus, am stärksten in der Fällung vom 18. Dezember, also kurz vor dem Einfrieren. Dieser Vorgang erscheint um so weniger verständlich, als ja bei den stehenden Bäumen die Rinde an der Stammbasis während des Winters verhältnismässig trocken ist; es brauchte, wie bei so vielen andern Punkten, besonderer Untersuchungen, um diese Eigentümlichkeit zu klären; sie ist wahrscheinlich traumatischer Natur.

Im *Jungholz* der am Boden liegenden Bäume bleibt der Wassergehalt der Januar- und der Februarfällung (Stämme gefroren !), von Zufälligkeiten abgesehen, während der einmonatigen Lagerung unverändert. Sowie jedoch das Frühjahr einsetzt und die Stämme auftauen (ab Ende Februar), beginnt Wasser aus dem Jungholz in die Krone abzuwandern. Besonders wichtig scheinen uns die zwei Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai; denn die betreffenden zwei Bäume haben während des Monates, da sie auf dem Waldboden lagen, eine normale, voll belaubte Krone ausgebildet. Dennoch beträgt der Wasserentzug während dieses Monates im Jungholz der Stammbasis nur 28,3 bzw. 33,4 %, bezogen auf die im frischgefällten Zustand im Jungholz vorhandene Wassermenge. *Die Buche braucht also, um ihre Krone auszubilden, aus dem Erdboden gar kein Wasser aufzunehmen: die im Stamm liegenden Wasservorräte reichen hierzu vollkommen aus.*

Man darf wohl annehmen, dass bei den Bäumen, die, auf dem Erdboden liegend, ihre Krone entfaltet haben, aus den scheitelwärts ge-

legenen Stammpartien verhältnismässig grössere Wassermengen entnommen wurden als aus der (in unserem Beispiel untersuchten) Stammbasis; leider war es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich zu bestimmen, bis zu welchem Grade bei diesen Bäumen der Stamm auf 10, 20 usw. Meter Höhe beim Laubausbruch, wenn von den Wurzeln her kein Wassernachschub mehr erfolgt, entleert wird; mutmasslicherweise werden die grossen, im Reifholz des Stammscheitels liegenden Wassermengen (S. 240; ferner Tab. 22) hierzu in erster Linie beansprucht. Wir glauben aber nicht, dass mit diesem, gewissermassen künstlichen Laubausbruch (d. h. einem Laubausbruch, bei welchem die Wasserzufuhr von den Wurzeln her unterbunden war) die Wasservorräte des Stammes, und insbesondere des Jungholzes, erschöpft sind; denn 1. sind dem Jungholz der Stammbasis durch den Laubausbruch erst etwa ein Drittel der dort lagernden Wasservorräte entzogen worden (von der Rinde wurde, wie früher ausgeführt, überhaupt kein Wasser entnommen; vom Reifholz wird gleich noch zu sprechen sein); und 2. enthält das Jungholz der Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai *nach* dem Wasserentzug, also nachdem am Schluss der einmonatigen Lagerung die Krone ausgebildet war, immer noch 68,2 bzw. 65,8 % Wasser (bezogen auf die Trockensubstanz), also eine Wassermenge, wie sie im Jungholz der am 14. August, am 13. September und am 26. Oktober geschlagenen B-Stämme auch im frischgeschlagenen, natürlichen Zustande näherungsweise vorhanden war.

Ebenso stark wie beim Laubausbruch scheint der Wasservorrat des Jungholzes bei den Fällungen vom 15. Mai und vom 1. Juni, also bei den Bäumen mit soeben frisch entfalteter Krone, beansprucht zu werden; das junge Laub scheint während des Lagerungsmonates derart intensiv zu verdunsten, dass selbst an der Stammbasis der Wassergehalt des Jungholzes um rund einen Drittel gesenkt wird. Auch in den Fällungen von Mitte Juni und Mitte Juli ist der Wasserentzug im Jungholz noch verhältnismässig gross; dies kann nicht verwundern, musste doch beispielsweise der Mitte Juli geschlagene Baum bis Mitte August, also während der wärmsten Jahreszeit (in der überdies während des Versuchsjahres verhältnismässig wenig Niederschläge fielen), auf dem Waldboden liegen bleiben. In der August- bis und mit der Dezemberfällung wird der Wasservorrat des Jungholzes der Stammbasis gar nicht oder nur noch in geringem Masse beansprucht; die maximale Beanspruchung liegt in der Fällung vom 13. September mit 13,1 %, die minimale Beanspruchung liegt in der Fällung vom 12. Oktober mit 0 %.

Die Veränderungen im Wassergehalt des *Reifholzes* zeigen endlich im Prinzip einen ähnlichen Gang wie diejenigen des Jungholzes, nur mit einiger Verspätung und mit geringern Ausschlägen. Von Mitte Januar bis anfangs April hat die einmonatige Lagerung der Bäume

keinen eindeutigen Einfluss auf den Wassergehalt des Reifholzes der Stammbasis; immerhin ist dort der Wasserverlust des Reifholzes (wie auch derjenige des Jungholzes) in den gefrornen Stämmen der Fällungen vom 13. Januar und vom 15. Februar verhältnismässig gross, ohne dass wir hierfür einen Grund anzugeben vermöchten.

Der Laubausbruch der am 18. April und am 4. Mai geschlagenen Stämme vermochte den Wassergehalt des Reifholzes der Stammbasis nur um 5,1 bzw. 7,5 % (bezogen auf die im frischgefällten Zustand in den betreffenden Reifholzpartien vorhandenen Wassermengen) zu vermindern; dadurch wird die soeben ausgesprochene Auffassung bestätigt, wonach der Wasservorrat der Buchenstämme selbst dann durch den Laubausbruch nicht erschöpfend beansprucht wird, wenn von den Wurzeln her kein Wassernachschub erfolgt; denn angesichts des Wasserverlustes von rund 25 %, wie er in der Fällung vom 15. Juni im Reifholz auftritt, und angesichts der Schwankungen, die im Laufe des Jahres auch unter natürlichen Verhältnissen im Wasserspiegel des Reifholzes vorkommen (Abb. 13 und 14; Tab. 21 und 23) und die ebenfalls fast 25 % betragen, darf der Wasserverlust von 5—7 %, den das Reifholz während des (unnatürlichen) Austreibens auf dem Erdboden erleidet, als unbedeutend bezeichnet werden.

Mit steigender Sommerwärme nimmt die Verdunstung der Krone und damit der Wasserentzug aus dem Reifholz zu; der maximale Wasserentzug erfolgt in den Fällungen vom 1. Juni bis zum 17. Juli, also in den Lagerungsfristen vom 1. Juli bis Mitte August, und zwar erreicht der Entzug 18—25 % (bezogen auf die anfänglich im Reifholz vorhandenen Wassermengen); dieser Betrag ist, relativ betrachtet, nicht übermässig gross; absolut genommen stellt er aber jedenfalls die Grenze der möglichen Belastung dar; denn der Wassergehalt von 46,8 %, wie ihn das Reifholz des am 17. Juli geschlagenen Stammes am Schluss der einmonatigen Lagerungsfrist aufweist, ist *der niedrigste Wassergehalt, den wir überhaupt bei lebendem Buchenholz je angetroffen haben.* Hier scheint alles Wasser aus dem Reifholz herausgeholt worden zu sein, das die Krone im lebenden Zustand aus dem Stamm heraussaugen kann; der Rest dürfte vorwiegend Imbibitionswasser sein.

In den Fällungen vom 14. August bis zum Schluss des Jahres bewegen sich die Wasserverluste des Reifholzes innerhalb ähnlicher Grenzen wie diejenigen des Jungholzes; das Maximum des Verlustes liegt in der Fällung vom 26. Oktober mit einer Abnahme um 8,1 %; in der Fällung vom 16. November wurde sogar eine Zunahme des Wassergehaltes um 4,3 % beobachtet.

Die wichtigste Erkenntnis, die aus der Betrachtung dieser B-Stämme gewonnen wurde, liegt zweifelsohne in dem Verhalten der Bäume während der Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai, also in

der Tatsache, dass die Buchen ohne Wassernachschub von den Wurzeln her und *ohne dass die Wasservorräte des Stammes erschöpfend beansprucht würden,* eine voll belaubte Krone auszubilden vermögen. Man fragt sich, warum die frisch entwickelte Krone bis zum Schluss der einmonatigen Lagerungsfrist verwelkt, wenn doch noch genügend Wasser im Stamm vorhanden ist; wir nehmen an, dass dies mit den Leitungsproblemen zusammenhängt, mit dem Eindringen von Luft in die Leitungsbahnen usw.

Es liegt ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit, diese Wasserhaushaltsprobleme der Buche ökologisch auszudeuten; dagegen möchten wir für die Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai (deren Bäume, auf dem Waldboden liegend, ausgeschlagen haben) eine kleine Überschlagsrechnung ausführen : wieviel Wasser braucht ungefähr eine Buche, um auszuschlagen, d. h. um eine voll entwickelte Krone zu bilden ? Da die stehenden Bäume auch rund einen Monat brauchten, um ihre Krone voll zu entwickeln, so ist es nicht abwegig, wenn wir annehmen, der Wasserverlust, den die Bäume der Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai während des Monates erlitten, da sie auf dem Boden lagen und ausschlugen, entspreche summarisch ungefähr dem Wasseraufwand des Austreibens. Unsere Überschlagsrechnung wird dabei eher zu hoch ausfallen als zu niedrig; denn die am Boden liegenden, welkenden Bäume verdunsten wahrscheinlich stärker als die turgeszenten stehenden Individuen.

Die Rinde kann bei dieser Überschlagsrechnung ausser Betracht gelassen werden, da sie nach Tab. 23 (wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem einsetzenden Dickenwachstum) nicht nur kein Wasser abgibt, sondern eher noch solches vom Holz her bezieht. Die Wasser*gehalts*zahlen für das unterste, das mittlere und das oberste Drittel des Stammes entsprechen in Tab. 23a dem arithmetischen Mittel aus den entsprechenden Werten der Tab. 21 (0,3, 10 und 20 m Höhe). Bei der Wasser*abgabe* sind nur die Ansätze für die Stammbasis bzw. für das unterste Drittel des Stammes sichergestellt (Tab. 23). Sowohl für das Jungholz wie für das Reifholz wurde, Hand in Hand mit der Zunahme des Wassergehaltes von der Basis gegen die Krone hin, auch eine gewisse Zunahme der prozentualen Wasserabgabe angenommen; der Wasserverlust wurde maximal zu 41 % (im Reifholz des obersten Stammdrittels) veranschlagt; wir erhalten auf diese Weise für das Reifholz des obersten Stammdrittels einen übrigbleibenden Wassergehalt von 52,5 % : nach den Ausführungen von S. 246 dürfte also diesen Geweben ziemlich alles Wasser entzogen sein, das ihnen überhaupt entzogen werden kann.

Auf Grund dieser Näherungswerte gelangen wir in Tab. 23 a zum Ergebnis, dass die geschlagenen, am Boden liegenden Stämme für die vollständige Ausbildung der Krone rund 175 kg Wasser abgegeben

Tabelle 23a.

Ueberschlagsrechnung über die Wasserabgabe der Buchen während des Austreibens.

| Material | Anteil an der Derbholzmasse des Stammes in % | Ungefähres Trockengewicht in kg | Mittlerer Wassergehalt in den zwei Fällungen | | Mutmassliche Wasserabgabe während des Austreibens | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | % | kg | % | kg |
| Stamm | | | | | | |
| unterstes Drittel | 40 | | | | | |
| Jungholz . . | | 120 | 81 | 97 | 31 | 30 |
| Reifholz . . | | 440 | 63 | 277 | 6 | 17 |
| mittleres Drittel | 35 | | | | | |
| Jungholz . . | | 105 | 88 | 92 | 36 | 33 |
| Reifholz . . | | 385 | 62 | 239 | 8 | 19 |
| oberstes Drittel | 25 | | | | | |
| Jungholz . . | | 75 | 89 | 67 | 41 | 27 |
| Reifholz . . | | 275 | 71 | 195 | 10 | 20 |
| Astholz . . . . . | — | 130 | 72 | 94 | 31 | 29 |
| | | | | | insgesamt | 175 |

haben. Selbstverständlich ist diese Zahl nur richtig als *Grössenordnung;* immerhin zeigt sie, dass die Wasserabgabe der Buchenkrone (auch während des Austreibens) nicht unermesslich gross ist, sondern eher kleiner als man sie gefühlsmässig schätzen würde.

## § 2. Der Kohlehydratgehalt der Stämme.

Wir fragen uns zunächst, in welcher Grössenordnung die Kohlehydrate, im Durchschnitt des ganzen Jahres, ungefähr im Stamme vorhanden sind, unabhängig von eventuellen Schwankungen während der einzelnen Jahreszeiten. Zu diesem Zwecke haben wir in Tab. 24 die arithmetischen Mittel aus den Gesamtkohlehydratgehalten der 17 A-Stämme zusammengestellt und sie sodann auf absolute Gewichtsmengen umgerechnet. Um ferner einen Überblick über den Schwankungsbereich, d. h. über die objektive Genauigkeit dieser Mittelwerte zu erhalten, haben wir aus Tab. 26 die entsprechenden Mittelwerte für die B-Stämme berechnet und sie in der Tab. 24 in Klammern hinter den Zahlen der A-Stämme eingesetzt.

Wir sehen, dass der Schwankungsbereich der mittlern Gesamtkohlehydratgehalte verhältnismässig gering ist : das arithmetische Mittel aus den 17 Stämmen der A-Serie ergibt für die Rinde 7,9 %, dasjenige aus den (davon völlig unabhängigen) 16 Stämmen der B-Serie liefert einen fast identischen Wert : 7,8 %; beim Jungholz beziffern sich die entsprechenden Jahresmittel auf 2,0 und 2,2 % und beim Reifholz auf 1,7 und 1,9 %. Hätten wir also bei jeder Fällung statt *eines* Stam-

Tabelle 24.

Die mittleren Nährstoffgehalte der Buche (Jahresmittel). (Die eingeklammerten Zahlen wurden aus den 16 « B-Stämmen » berechnet.)

| Material | Trocken-gewicht kg | Gesamte Kohlehydrate | | | Fette und Fettsäuren | | | Rohprotein | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % der Trockensubstanz | kg | % der gesamten Vorräte | % der Trockensubstanz | kg | % der gesamten Vorräte | % der Trockensubstanz | kg | % der gesamten Vorräte |
| Zweige . . | 10 | 7,5 | 0,8 | 1,7 | 0,79 | 0,08 | 2,5 | 5,6 | 0,6 | 2,8 |
| Äste | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 10 | 6,9 | 0,7 | 1,5 | 1,07 | 0,11 | 3,5 | 5,4 | 0,5 | 2,4 |
| Holz . . | 130 | 3,9 | 5,1 | 11,4 | 0,08 | 0,10 | 3,1 | 1,3 | 1,7 | 8,1 |
| Stamm | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 75 | 7,9 (7,8) | 5,9 | 13,2 | 1,29 (1,06) | 0,97 | 30.7 | 5,2 (5,4) | 3,9 | 18,6 |
| Jungholz . | 300 | 2,0 (2,2) | 6,0 | 13,4 | 0,15 (0,14) | 0,45 | 14,2 | 0,9 (0,9) | 2,7 | 12,9 |
| Reifholz . | 1100 | 1,7 (1,9) | 18,7 | 41,8 | 0,11 (0,12) | 1,21 | 38,2 | 0,8 (0,8) | 8,8 | 42,1 |
| Stock und Wurzeln | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 20 | 6,9 | 1,4 | 3,1 | 0,35 | 0,07 | 2,2 | 5,1 | 1,0 | 4,7 |
| Holz . . | 130 | 4,7 | 6,1 | 13,6 | 0,13 | 0,17 | 5,3 | 1,3 | 1,7 | 8,1 |
| *Insgesamt* . | *1775* | | *44,7* | | | *3,2* | | | *20,9* | |

Tabelle 25.

Der Kohlehydratgehalt der Buchenstämme im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | | | Jungholz | | | | | | Reifholz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 3,4 | 5,4 | 0,1 | 8,9 | 0,24 | 9,1 | 1,3 | 1,1 | 0,02 | 2,4 | 0,02 | 2,4 | 0,9 | 0,5 | 0,03 | 1,4 | 0,07 | 1,5 |
| 13. Januar | 5,1 | 5,9 | 0,3 | 11,3 | 0,14 | 11,4 | 1,0 | 1,6 | 0,04 | 2,6 | 0,08 | 2,7 | 0,7 | 0,9 | 0,05 | 1,7 | 0,08 | 1,7 |
| 15. Februar | 4,5 | 4,2 | 0,3 | 9,0 | 0,10 | 9,1 | 1,3 | 1,9 | 0,04 | 3,2 | 0,12 | 3,4 | 1,3 | 2,0 | 0,04 | 3,3 | 0,07 | 3,4 |
| 13. März | 2,1 | 6,4 | 0,2 | 8,7 | 0,08 | 8,8 | 0,9 | 1,3 | 0,06 | 2,3 | 0,12 | 2,4 | 0,9 | 1,0 | 0,04 | 1,9 | Spuren | 2,0 |
| 3. April | 2,3 | 4,9 | 0,2 | 7,4 | 0,19 | 7,6 | 0,8 | 0,9 | 0,07 | 1,8 | 0,27 | 2,0 | 0,6 | 0,4 | 0,06 | 1,1 | Spuren | 1,1 |
| 18. April | 2,3 | 4,5 | 0,1 | 6,9 | 0,42 | 7,3 | 0,9 | 0,6 | 0,04 | 1,5 | 0,11 | 1,7 | 0,7 | 0,3 | 0,04 | 1,0 | 0,60 | 1,6 |
| 4. Mai | 3,1 | 3,7 | 0,2 | 7,0 | 0,22 | 7,2 | 1,0 | 0,6 | 0,05 | 1,7 | 0,20 | 1,9 | 0,9 | 0,6 | 0,06 | 1,6 | 0,30 | 1,9 |
| 15. Mai | 2,6 | 3,5 | 0,2 | 6,3 | 0,60 | 6,9 | 1,0 | 0,5 | 0,14 | 1,6 | 0,59 | 2,2 | 1,2 | 0,5 | 0,14 | 1,8 | 0,21 | 2.0 |
| 1. Juni | 2,9 | 2,6 | 0,4 | 5,9 | 0,31 | 6,2 | 1,0 | 0,6 | 0,05 | 1,7 | Spuren | 1,7 | 1,0 | 0,5 | 0,05 | 1,6 | Spuren | 1,6 |
| 15. Juni | 1,7 | 3,9 | 0,3 | 5,9 | Spuren | 5,9 | 0,6 | 0,3 | 0,05 | 1,0 | 0,20 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 0,08 | 1,2 | Spuren | 1,2 |
| 17. Juli | 1,7 | 4,3 | 0,4 | 6,4 | 0,93 | 7,3 | 0,6 | 0,6 | 0,08 | 1,3 | 0,28 | 1,6 | 0,7 | 0,2 | 0,08 | 1,0 | 0,86 | 1,9 |
| 14. August | 1,3 | 3,9 | 0,6 | 5,8 | 0,61 | 6,4 | 0,4 | 0,2 | 0,08 | 0,7 | 0,42 | 1,1 | 0,5 | 0,2 | 0,07 | 0,8 | 0,11 | 0,9 |
| 13. September | 1,9 | 2,1 | 0,2 | 4,2 | 0,43 | 4,6 | 0,6 | 0,4 | 0,13 | 1,1 | 0,26 | 1,4 | 0,5 | 0,4 | 0,13 | 1,0 | 0,20 | 1,2 |
| 12. Oktober | 2,5 | 2,5 | 0,3 | 5,3 | 1,27 | 6,6 | 0,5 | 0,5 | 0,08 | 1,1 | 0,33 | 1,4 | 0,4 | 0,3 | 0,11 | 0,8 | 0,35 | 1,2 |
| 26. Oktober | 2,1 | 5,1 | 0,5 | 7,7 | 2,21 | 9,9 | 1,0 | 1,2 | 0,14 | 2,3 | 0,18 | 2,5 | 1,0 | 1,2 | 0,12 | 2,3 | Spuren | 2,3 |
| 16. November | 2,8 | 5,8 | 0,4 | 9,0 | 1,34 | 10,3 | 1,0 | 0,7 | 0,10 | 1,8 | Spuren | 1,8 | 0,9 | 0,3 | 0,10 | 1,3 | Spuren | 1,3 |
| 18. Dezember | 4,4 | 5,2 | 0,3 | 9,9 | 0,45 | 10,4 | 1,1 | 1,2 | 0,12 | 2,4 | 0,07 | 2,5 | 1,0 | 0,5 | 0,11 | 1,6 | 0,03 | 1,6 |

Tabelle 26.

Der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Kohlehydratgehalt der Buchenstämme.

| Fällungstag 1933 | Glukose | | Saccharose | | Pektine | | Stärke | | Gesamte Kohlehydrate | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | | *Rinde* | | | | | | |
| 13. Januar . . | 4,8 | 4,5 | 3,8 | 4,0 | 0,2 | 0,3 | 0,07 | 0,18 | 8,9 | 9,0 | +0,1 | + 1,1 |
| 15. Februar . . | 2,4 | 2,2 | 6,3 | 4,2 | 0,2 | 0,3 | 0,07 | 0,16 | 9,0 | 6,9 | —2,1 | —23,3 |
| 13. März . . . | 2,2 | 2,4 | 5,7 | 4,8 | 0,1 | 0,15 | 0,13 | 0,32 | 8,1 | 7,7 | —0,4 | — 4,9 |
| 3. April . . . | 2,9 | 2,2 | 4,5 | 3,2 | 0,3 | 0,2 | 0,22 | 0,40 | 7,9 | 6,0 | —1,9 | —24,0 |
| 18. April . . . | 2,3 | 2,4 | 4,7 | 3,7 | 0,2 | 0,2 | 1,00 | Spuren | 8,2 | 6,3 | —1,9 | —23,1 |
| 4. Mai . . . | 2,9 | 2,5 | 3,4 | 2,7 | 0,3 | 0,3 | 0,13 | 0,31 | 6,7 | 5,8 | —0,9 | —13,4 |
| 15. Mai . . . | 2,3 | 3,1 | 3,6 | 2,5 | 0,2 | 0,4 | 0,12 | 0,51 | 6,2 | 6,5 | +0,3 | + 4,8 |
| 1. Juni . . . | 2,5 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 0,4 | 0,3 | 0,45 | 0,20 | 5,8 | 5,2 | —0,6 | —10,3 |
| 15. Juni . . . | 2,2 | 1,3 | 4,6 | 0,6 | 0,3 | 0,5 | Spuren | 0,17 | 7,1 | 2,6 | —4.5 | —63,3 |
| 17. Juli . . . | 2,1 | 1,3 | 4,4 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,54 | 0,21 | 7,5 | 2,7 | —4,8 | —66,8 |
| 14. August . . | 1,4 | 2,0 | 2,8 | 4,8 | 0,4 | 0,5 | 0,71 | 0,36 | 5,3 | 7,7 | +2,4 | +45,2 |
| 13. September . | 2,3 | 1,8 | 3.1 | 3,8 | 0,3 | 0,4 | 1,01 | 1,06 | 6,7 | 7,1 | +0,4 | + 5,9 |
| 12. Oktober . . | 2,1 | 1,3 | 4,7 | 3,9 | 0,4 | 0,5 | 1,78 | 1,65 | 9,0 | 7,4 | —1,6 | —17,7 |
| 26. Oktober . . | 2,4 | 2,9 | 4,7 | 5,5 | 0,6 | 0,3 | 1,24 | 0,73 | 8,9 | 9,4 | +0,5 | + 5,6 |
| 16. November . | 4,0 | 3,2 | 3,9 | 3,7 | 0,7 | 0,4 | 1,19 | 0,25 | 9,8 | 7,6 | —2,2 | —22,4 |
| 18. Dezember . | 4,1 | 3,9 | 5,3 | 5,2 | 0,4 | 0,5 | 0,38 | 0,15 | 10,2 | 9,8 | —0,4 | — 3,9 |
| | | | | | | *Jungholz* | | | | | | |
| 13. Januar . . | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,13 | 2,5 | 2,3 | —0,2 | — 8,0 |
| 15. Februar . . | 1,3 | 0.8 | 1,8 | 1,1 | 0,05 | 0,07 | 0,55 | 0,72 | 3,7 | 2,7 | —1,0 | —27,0 |
| 13. März . . . | 0,9 | 0,8 | 1,3 | 0,7 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,31 | 2.3 | 1,9 | —0,4 | —17,3 |
| 3. April . . . | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,09 | 0,08 | 0,84 | 0,07 | 2,3 | 1,7 | —0,6 | —26,0 |
| 18. April . . . | 1,0 | 1,3 | 0,7 | 0,7 | 0,06 | 0,07 | 0,39 | 0,76 | 2,2 | 2,9 | +0,7 | +31,8 |
| 4. Mai . . . | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 0,06 | 0,05 | 0,27 | 0,23 | 2,3 | 1,6 | —0,7 | —30,4 |
| 15. Mai . . . | 1,2 | 1,1 | 0 8 | 0,6 | 0,14 | 0,05 | 0,59 | 0,12 | 2,7 | 1,9 | —0,8 | —29,5 |

| Fällungstag 1933 | Glukose | | Saccharose | | Pektine | | Stärke | | Gesamte Kohlehydrate | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | | *Jungholz* | | | | | | |
| 1. Juni . . . | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,08 | 0,05 | 0,28 | 0,09 | 1,8 | 1,5 | —0,3 | —16,6 |
| 15. Juni . . . | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,1 | 0,05 | 0,12 | 0,51 | Spuren | 2,1 | 0,8 | —1,3 | —61,9 |
| 17. Juli . . . | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,04 | 0,07 | 0,99 | Spuren | 2,0 | 0,7 | —1,3 | —65,0 |
| 14. August . . | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,06 | 0,06 | 0,53 | 0,33 | 1,4 | 1,6 | +0,2 | +14,2 |
| 13. September . | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 0,10 | 0,11 | 1,42 | 0,19 | 2,6 | 1,1 | —1,5 | —57,6 |
| 12. Oktober . . | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 0,09 | 0,09 | 0,22 | 0,31 | 1,8 | 2,1 | +0,3 | +16,6 |
| 26. Oktober . . | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,18 | 0,10 | 0,18 | 0,10 | 1,9 | 1,3 | —0,6 | —31,5 |
| 16. November . | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 1,9 | 1,5 | —0,4 | —21,0 |
| 18. Dezember . | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 2,3 | 2,0 | —0,3 | —13,0 |
| | | | | | | *Reifholz* | | | | | | |
| 13. Januar . . | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 1,5 | 1,5 | 0 | 0 |
| 15. Februar . . | 1,1 | 0,6 | 1,2 | 0,6 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 2,4 | 1,3 | —1,1 | —45,8 |
| 13. März . . . | 0,9 | 0,8 | 1,1 | 0,6 | 0,05 | 0,06 | 0,15 | 0,16 | 2,2 | 1,6 | —0,6 | —27,2 |
| 3. April . . . | 0,9 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 0,09 | 0,07 | 0,10 | 0,37 | 1,4 | 1,4 | 0 | 0 |
| 18. April . . . | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 0,06 | 0,06 | 0,85 | 0,14 | 2,5 | 1,8 | —0,7 | —28,0 |
| 4. Mai . . . | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,06 | 0,07 | 0,15 | 0,10 | 2,2 | 1,4 | —0,8 | —36,3 |
| 15. Mai . . . | 1,2 | 0,1 | 0,8 | 0,4 | 0,12 | 0,08 | 0,16 | 0,12 | 2,3 | 0,7 | —1,6 | —69,5 |
| 1. Juni . . . | 1,0 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0,05 | 0,05 | Spuren | 0,09 | 1,5 | 1,3 | —0,2 | —13,3 |
| 15. Juni . . . | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,1 | 0,04 | 0,07 | 0,32 | 0,31 | 1,6 | 1,1 | —0,5 | —31,2 |
| 17. Juli . . . | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,06 | 0,37 | Spuren | 1,0 | 0,5 | —0,5 | —50,0 |
| 14. August . . | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,05 | 0,10 | 0,19 | 0,13 | 0,7 | 0,9 | +0,2 | +28,5 |
| 13. September . | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,2 | 0,13 | 0,12 | 0,44 | 0,12 | 1,8 | 0,9 | —0,9 | —50,0 |
| 12. Oktober . . | 0,9 | 0,5 | 1,6 | 0,6 | 0,10 | 0,14 | 0,24 | 0,15 | 2,8 | 1,4 | —1,4 | —50,0 |
| 26. Oktober . . | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 0,15 | 0,08 | 0,10 | Spuren | 2,0 | 1,0 | —1.0 | —50,0 |
| 16. November . | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,13 | 0,06 | 0,33 | 0,07 | 2,1 | 1,4 | —0,7 | —30,0 |
| 18. Dezember . | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,09 | 1,8 | 1,6 | —0,2 | —11,1 |

Tabelle 27.

In welcher Weise setzen sich die gesamten Kohlehydrate der Buche durchschnittlich zusammen?
(Die eingeklammerten Werte wurden aus den 16 B-Stämmen berechnet.)

| Material | Glukose | Saccharose | Pektine | Stärke |
|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % |
| Zweige . . . . . | 34,0 | 40,5 | 4,5 | 21,0 |
| Äste | | | | |
| Rinde . . . . | 35,6 | 52,4 | 5,2 | 6,4 |
| Holz . . . . . | 35,5 | 24,8 | 1,7 | 38,7 |
| Stamm | | | | |
| Rinde . . . . | 34,7 (34,2) | 54,7 (54,1) | 3,7 (4,3) | 7,1 (7,2) |
| Jungholz . . . | 44,5 (41,6) | 42,0 (34,9) | 3,8 (3,5) | 9,6 (19,7) |
| Reifholz . . . . | 48,8 (45,9) | 36,4 (37,5) | 4,6 (4,2) | 10,2 (11,9) |
| Wurzeln | | | | |
| Rinde . . . . | 39,7 | 44,8 | 3,1 | 12,4 |
| Holz . . . . . | 27,0 | 16,3 | 1,2 | 55,5 |

mes deren zwei untersucht, so hätten wir für die Stammrinde im Mittel ebenfalls 7,9 % gesamte Kohlehydrate erhalten, für das Jungholz 2,1 (statt 2,0 %) und für das Reifholz 1,8 (statt 1,7 %). *Die individuellen Schwankungen sind freilich verhältnismässig gross, vor allem für die einzelnen Stoffe* (Glukose, Saccharose, Stärke usw.), *in ihrem Jahresmittel und in ihrer Summation « gesamte Kohlehydrate » gleichen sie sich jedoch* (wie übrigens vor Beginn der Arbeit an Hand einer grössern Zahl von Probeuntersuchungen festgestellt worden war) *weitgehend aus.*

Ferner zeigt die Tab. 24, dass der Kohlehydratgehalt unserer Buchenstämme verhältnismässig hoch ist, in der Stamm*rinde* etwas höher als in der Rinde der Äste und der Wurzeln, im Stamm*holz* dagegen erheblich niedriger als im Holz der Äste und der Wurzeln, wobei er überdies im Jungholz um ungefähr einen Sechstel höher ist als im Reifholz. Die Art der prozentualen Zusammensetzung dieser gesamten Kohlehydrate geht aus Tab. 27 hervor, die auf Grund der Mittelwerte der 17 A-Stämme berechnet wurde : in allen Partien wiegen die Zucker vor, rund 85 % der gesamten Kohlehydrate bestehen aus Zuckern; ob der unterschiedlichen Verteilung von Glukose und Saccharose in der Rinde und im Reifholz ein tieferer Sinn zukommt (in der Rinde wiegt die Saccharose deutlich vor, im Reifholz die Glukose), lässt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht entscheiden. Bemerkenswert ist der geringe durchschnittliche Stärkegehalt des Stammholzes; sein Anteil an den gesamten Kohlehydraten beläuft sich nur auf einen Bruchteil des für das Ast- und das Wurzelholz ausgewiesenen Betrages (Tab. 27).

Welche Schwankungen machen diese Kohlehydratgehalte *im Laufe eines Jahres* durch ? Hierauf geben Tab. 25 und 28 und Abb. 16 eine Antwort.

Die *Stammrinde* enthält im Durchschnitt der sechs Fällungen zwischen dem Laubfall und dem Auffrieren der Stämme (26. Oktober bis 15. Februar) rund 10 % gesamte Kohlehydrate, bezogen auf die Trokkensubstanz (minimal 9,1, maximal 11,4 %). Sowie die Stämme anfangs März auftauen, beginnt der Gesamtkohlehydratgehalt der Stammrinde zu sinken, und es geht bis anfangs Juni ziemlich gleichmässig auf fast die Hälfte zurück (Gesamtverlust nach Tab. 28 2,7 % = 2,0 kg); dann verläuft er, bis Mitte September, unregelmässig, steigt hernach steil auf wiederum rund 10 % an und verläuft sodann ungefähr waagrecht.

Wie ist dieser Kurvenverlauf zu deuten ? Sobald die Buchen aufgetaut sind, kommen sie « in den Saft », und sie beginnen, einen Teil der Kohlehydrate des Stammes allmählich gegen die Krone hin zu verschieben, wo sie offenbar am Aufbau der Knospen und an der Deckung der Atmungsverluste mithelfen. Der Grund, warum diese Abtransporte

so gleichmässig verlaufen, liegt wohl darin, dass wir unsere Bestimmungen am *untern* Ende des Stammes ausgeführt haben, bis zu dem hinunter sich mutmasslicherweise die Schwankungen der Sonnen- und der Schneegestöbertage und -wochen hinlänglich ausgleichen. Diese Abtransporte werden, *im untern Drittel des Stammes,* auch durch die Entfaltung der Krone nicht beschleunigt, sondern dauern bis anfangs Juni (wo die Entwicklung der Krone ungefähr abgeschlossen ist) gleichmässig an.

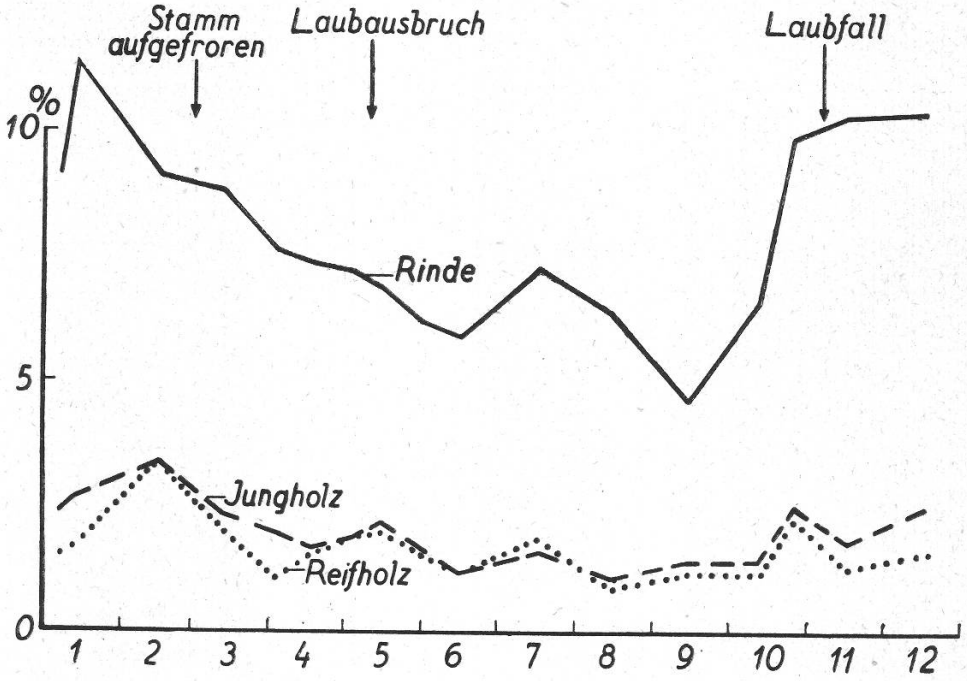


Abbildung 16.
Die Schwankungen der gesamten Kohlehydrate im untern Drittel der Buchenstämme während eines Jahres.

Tabelle 28.
Die mittlern Gesamt-Kohlehydratgehalte der Buchenstämme im untersten Stammdrittel während der verschiedenen Vegetationszeiten.

| Vegetationsabschnitt | Rinde | Jungholz | Reifholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| Winterruhe (Laubfall—Auftauen der Stämme; 26. Oktober—15. Februar) . . . . . | 9,7 ± 0,24 | 2,5 ± 0,18 | 2,0 ± 0,18 |
| Frühjahr; Ausbildung und Entfaltung der Krone (3. April—1. Juni) . . . . . | 7,0 ± 0,25 | 2,1 ± 0,10 | 1,8 ± 0,14 |
| Sommer; Zeit des stärksten Dickenwachstums (Mitte Juni—Mitte September) . . . . . | 6,3 ± 0,36 | 1,7 ± 0,18 | 1,3 ± 0,15 |

Inzwischen hat jedoch, nach Tab. 19 und Abb. 11, eine zweite vegetative Tätigkeit des Baumes eingesetzt, das *Dickenwachstum;* es

erreicht erst dann eine gewisse Ausgiebigkeit, wenn die Ausbildung der Krone ihrem Ende entgegengeht, nämlich zwischen dem 1. und dem 15. Juni. Der Kohlehydratgehalt der Stammrinde scheint durch das Dickenwachstum nur unbedeutend beeinflusst zu werden (das Minimum der Gesamtkohlehydrate am 13. September dürfte wohl, obgleich es mit dem Abschluss der Periode des stärksten Dickenwachstums zusammenfällt, auf einem Zufall beruhen, denn es ist bei den B-Stämmen nicht vorhanden), sondern die für das Dickenwachstum benötigten Kohlehydrate scheinen, wie wir gleich sehen werden,, aus dem *Innern* des Stammes bezogen zu werden.

Der steile Anstieg der Kohlehydratkurve in der Zeit nach Mitte September wird wohl durch das Zusammenwirken von zwei verschiedenartigen Faktoren bedingt; einerseits durch den Umstand, dass Mitte September das Dickenwachstum eingestellt wurde, so dass nunmehr alle Assimilate als Reserven aufgespeichert werden; und anderseits durch den Umstand, dass die Nächte schon kühl werden und dadurch die Rückwanderungen aus der Krone einleiten. Nach dem Vergilben der Blätter in der zweiten Hälfte Oktober beschränken sich die Schwankungen der Gesamtkohlehydratkurve in der Stammrinde auf die unvermeidlichen individuellen Ausschläge (besonders deutlich in der Fällung vom 13. Januar).

Unter den vier einzelnen Kohlehydraten, die wir bestimmt haben, fügen sich die Glukose und die Saccharose diesem Bild hinreichend ein, während die Pektine unregelmässig verlaufen. Die Stärke zeigt endlich einen ganz andern Gang : ein ausgesprochenes Maximum im Spätherbst (Oktober- und Novemberfällungen), und zwar sowohl in den A- als in den B-Stämmen; dieser Anstieg muss demnach saisonmässig bedingt sein. Im Winter und bis in das Frühjahr hinein ist die Stärke in einem Minimum vorhanden; im Laufe des Sommers steigen ihre Werte unter starken Schwankungen wieder zum herbstlichen Maximum an.

Weniger ausgeprägt sind die Ergebnisse beim *Stammholz*. Da die Gesamt-Kohlehydratkurven des Jungholzes und des Reifholzes (Abb. 16) ungefähr gleichsinnig verlaufen (nur beim Reifholz in der Regel etwas niedriger als beim Jungholz), besprechen wir sie gemeinsam. Um die individuellen Zufälligkeiten der einzelnen Fällungen nach Möglichkeit auszuschalten, haben wir in Tab. 28 für die wichtigsten Vegetationsabschnitte (Winter, Frühjahr, Sommer) einige Mittelwerte mit den zugehörigen mittlern Fehlern berechnet, und zwar auf Grund aller erreichbaren Analysen (A- und B-Stämme zusammen); der Mittelwert für die Zeit der Winterruhe stützt sich daher auf 11 Stämme, derjenige des Frühjahrs auf 10 Stämme und derjenige des Sommers auf 8 Stämme; im Rahmen des technisch Möglichen stellen diese Mittelwerte einen *brauchbaren* Durchschnitt dar.

Während der Winterruhe (vom Laubfall bis zum Auftauen der Stämme) sind die Gesamt-Kohlehydrate im Jungholz durchschnittlich zu 2,5 % vorhanden, im Reifholz zu 2,0 %; im Mittel der Frühjahrsmonate stellen sie sich auf 2,1 % im Jungholz und auf 1,8 % im Reifholz; sie haben demnach im Jungholz absolut und relativ stärker abgenommen als im Reifholz; dies würde übereinstimmen mit der durch Abb. 16 veranschaulichten andauernden Abnahme der Gesamt-Kohlehydrate in der Stamm*rinde*. (Die Abnahme um 0,2 % im Reifholz ist mathematisch nicht sichergestellt; sie verläuft jedoch sinngemäss, und wir dürfen daher näherungsweise mit ihr rechnen.)

Diese Zahlen gestatten uns, eine Überschlagsrechnung anzustellen, in welchem Masse die Kohlehydratreserven des Stammes für die Ausbildung der Krone herangezogen wurden. Leider wissen wir nicht, inwiefern unsere Zahlen, die ja im *untersten* Stammdrittel gewonnen wurden, auch für das mittlere und das oberste Stammdrittel gelten; doch dürfen wir annehmen : wo es sich um einen Entzug von Reservestoffen *durch die Krone* handelt, werden zweifelsohne den obern Stammpartien mindestens gleichviel, wenn nicht mehr Reservestoffe entzogen worden sein wie dem untersten Stammdrittel; unsere Werte dürfen daher, unter dieser Voraussetzung, als Minimalzahlen gelten.

Gemäss diesem Ansatz hat das Jungholz des gesamten Stammes während des Laubausbruches und während der darauf folgenden Entwicklung der Krone mindestens 1,2 kg gesamte Kohlehydrate abgegeben, also ungefähr einen Fünftel seiner gesamten, durch Tab. 24 ausgewiesenen Vorräte. Das Reifholz des gesamten Stammes hat während dieser Zeit mindestens 2,2 kg gesamte Kohlehydrate abgegeben, das sind rund ein Zwölftel seiner gesamten Vorräte. Diese Zahlen sind, wie schon erwähnt, eher zu niedrig als zu hoch; doch dürften sie als *Grössenordnung* ungefähr richtig sein : das Jungholz und das Reifholz haben während des Laubausbruches zusammen (mindestens) rund 3,2 kg gesamte Kohlehydrate abgegeben, die Stammrinde rund 2 kg. Selbst wenn man annehmen wollte, dass aus den obersten Stammpartien etwas mehr Kohlehydrate bezogen worden seien als aus dem von uns untersuchten untersten Drittel, so würde sich die Menge der gelieferten Kohlehydrate kaum erheblich über 6 kg stellen.

Wie verhalten sich diese Kohlehydratabgaben des Stammes zu dem auf S. 198 berechneten Kohlehydriatbedarf der sich entfaltenden Krone? Das gesamte Trockengewicht der Knospen eines Baumes betrug anfangs April rund 3,4 kg, das der Laubmasse Mitte Juni 28,2 kg; demnach sind mindestens 24,8 kg Trockensubstanz neu gebildet worden, für welche, mit Einschluss des Energiestoffwechsels, schätzungsweise 37,2 kg Kohlehydrate umgesetzt bzw. vernichtet wurden. Mit den 6 kg haben demnach die mobilen bzw. unmittelbar mobilisierbaren Kohle-

hydrate des *Stammes* rund einen Sechstel des gesamten Kohlehydratbedarfes der Krone geliefert.

Rechnen wir die 0,5 kg Kohlehydrate hinzu, die nach Tab. 11 a während des Laubausbruches unmittelbar aus den Zweigen und den Ästen abwandern, ferner die rund 8,5 kg Kohlehydrate, die nach S. 216 durch den Abbau von Hemizellulosen A in den Zweigen und dem Astholz gewonnen werden (diese 8,5 kg sind ein Höchstbetrag, da sie die Energie- usw. Verluste der Umsetzungen vernachlässigen), so steuert der gesamte Baum rund 15 kg an den gesamten Kohlehydratbedarf der Krone bei, also rund zwei Fünftel. *Die Krone beschafft sich demnach rund drei Fünftel der von ihr benötigten Kohlehydrate durch ihre eigene Assimilationstätigkeit.*

Eine ähnliche Überschlagsrechnung lässt sich für die Sommermonate, das ist für die Zeit des stärksten *Dickenwachstums* (Abb. 11) durchführen (denn das Dickenwachstum der Buchen setzt erst dann in vollem Umfange ein, wenn die Entfaltung der Krone im wesentlichen abgeschlossen ist) : wie verhält sich der durch das Dickenwachstum des Stammes bedingte Kohlehydratbedarf zur den Kohlehydratverlusten des Stammes während dieser Monate ? Wir rechnen der Einfachheit halber die 2,5 Festmeter Derbholzmasse unserer Stämme auf eine Idealwalze von einem mittlern Durchmesser von 40 cm und einer Länge von 20 m um. Der gesamte, im Verlauf des Sommers 1933 gebildete Jahrring ist nach Tab. 19 2,77 mm dick; sein Volumen kann somit, unter Berücksichtigung der Formzahl, auf 8,0—8,2 $dm^3$ veranschlagt werden und sein Trockengewicht auf rund 5 kg. Unter Annahme eines 50 %igen Energieverlustes sind also für die Ausbildung des Jahrringes während der drei Sommermonate rund 7,5 kg Kohlehydrate beansprucht worden.

Das Jungholz gab nach Tab. 28 während dieser Zeit ungefähr 0,4 % seiner Trockensubstanz in Form von Kohlehydraten ab, also rund 1,2 kg. Das Reifholz gab 0,5 % seiner Trockensubstanzmasse ab, also rund 5,5 kg; beide zusammen 6,7 kg. Diese Zahlen sind nach Tabelle 28 mit einem mittlern Fehler von rund 10 % behaftet; die Menge der abgegebenen Kohlehydrate kann also ebenso gut auch nur 6 kg betragen haben, doch dürfte die *Grössenordnung* der 6—7 kg ungefähr richtig sein.

Leider wissen wir wiederum nicht, inwiefern diese Ansätze nur für das von uns untersuchte unterste Stammdrittel gelten und inwiefern wir sie auch auf das mittlere und das oberste Stammdrittel ausdehnen dürfen. Für das unterste Stammdrittel dürfen wir jedenfalls sagen, *dass die für die Bildung des Jahrringes benötigten Kohlehydrate zu mindestens drei Vierteln aus den Reserven des Stammes selbst bestritten werden, höchstens ein Viertel muss unmittelbar von der Krone her beschafft werden.*

Es ist zwar an sich möglich, dass beispielsweise im obersten Stammdrittel der unmittelbare Anteil der Krone an der Kohlehydratversorgung des heranwachsenden Jahrringes grössere Ausmasse annimmt; denn das unterste Stammdrittel, das wir untersucht haben, ist wirklich, von der Krone aus gesehen, weit entfernt, 20 und mehr Meter, und es liegt schon recht nahe beim Erdboden und bei den Wurzeln; und wir erinnern uns, dass nach S. 238 der jährliche Gang des Wasserhaushaltes des untersten Stammdrittels sich im grossen und ganzen an den Wasserhaushalt der *Wurzeln* anlehnt und nicht an denjenigen des obersten Stammdrittels und der Äste; anderseits bleibt zu bedenken : wenn wirklich im obersten Stammdrittel verhältnismässig grössere Kohlehydratmengen mobilisiert worden wären als in dem von uns untersuchten untersten Stammdrittel, warum zeigen dann die Äste (Tab. 11) während dieser Zeit keinen entsprechenden Kohlehydratschwund ? Es wäre schwer zu verstehen, wenn die nächstliegenden Kohlehydratreserven (in den Ästen) und die entferntest liegenden Kohlehydratreserven (im untersten Stammdrittel) nur in geringem Masse herangezogen würden und wenn zwischenheraus aus dem obersten Stammdrittel grosse Kohlehydratbezüge stattfänden. Wir glauben daher (ohne es freilich beweisen zu können), dass die soeben für das unterste Stammdrittel gemachten Feststellungen im wesentlichen auch für das mittlere und das oberste Stammdrittel gelten, dass also auch diese beiden Stammdrittel die für den Ausbau des Jahrringes notwendigen Kohlehydrate zunächst zum grössern Teil aus ihren eigenen Reserven schöpfen.

Es mag vielleicht befremden, dass von der gesamten Kohlehydratproduktion der Krone nur rund 1½—2 kg unmittelbar für die Bildung des Jahrringes im *Stamm* verwendet worden sein sollen; doch dürfen wir nicht übersehen, dass der am Stamm sich bildende Jahrring laut Zuwachstafel nur rund 60 % des gesamten Zuwachses einer Buche ausmacht, rund 40 % entfallen auf den Zuwachs der Krone (der Äste, Zweige usw.). Die 7,5 kg Kohlehydrate, die für die Ausbildung des Jahrringes verwendet wurden, stellen daher nur 60 % der gesamten Zuwachsleistung dar, weitere 40 %, das sind weitere 5 kg, sind für den Aufbau der Derbmasse der Krone verbraucht worden; und diese 5 kg dürften, da die Kohlehydrate der Zweige und der Äste keine ausgiebige sommerliche Senkung aufweisen, unmittelbar von den Blättern her geliefert worden sein.

Wir verlassen nunmehr den sommerlichen Kohlehydrathaushalt des Stammes und werfen einen Blick auf den Kohlehydrathaushalt während der Herbstmonate. In der Rinde müssen (Tab. 28) nach Abschluss des Dickenwachstums, also nach Mitte September (bis zum Vergilben, das ist bis zweite Hälfte Oktober) ungefähr 3,4 % Kohlehydrate, bezogen

auf das Trockengewicht, eingelagert worden sein, also rund 2,5 kg; im Jungholz rund 0,8 % = 2,4 kg; im Reifholz rund 0,7 % = 8,8 kg; also insgesamt (wenn wir die Restitution der Fette, der Hemizellulosen usw. vernachlässigen) rund 13,7 kg Kohlehydrate.

Wo kommen diese Kohlehydratmengen her ? Sie setzen sich einerseits aus den während dieser Zeit gewonnenen Assimilaten und anderseits aus den Kohlehydraten, die während des Vergilbens aus den Laubblättern zurückwandern, zusammen.

Über die Grössenordnung der während der 4—6 Herbstwochen gebildeten Assimilate fehlt jeglicher unmittelbare Anhaltspunkt. Doch können wir die folgende Überlegung anstellen. Die Monate September und Oktober waren im Jahr 1933 aussergewöhnlich warm (Abb. 3), so dass die Bäume noch kräftig assimilieren konnten (wobei naturgemäss, da das Dickenwachstum eingestellt war, die Assimilate zum grössern Teil als Reserven gespeichert wurden). Von Mitte Juni bis Mitte September haben die Laubblätter mindestens 6,5—7 kg an den Aufbau der Derbmasse beigesteuert, also pro Monat rund 2,5 kg. Von Mitte September bis Mitte Oktober dürften sie jedenfalls *nicht mehr* als diesen Betrag an Assimilaten abgeliefert haben. Man wird daher die Grössenordnung der von Mitte September bis zum Vergilben der Laubblätter assimilierten und an den Stamm abgelieferten Kohlehydrate auf höchstens 3 kg veranschlagen dürfen.

Den Umfang der Kohlehydrat*rückwanderung* aus den Blättern während des Vergilbens haben wir seinerzeit (S. 199 u. f.) auf rund 8,7 kg geschätzt. Somit sind rund 2 kg der im Stamm neu auftretenden Kohlehydrate durch unsere Analysen nicht gedeckt. Wir glauben, dass dieses Defizit in der folgenden Weise zu deuten sei. Die 6,5—7 kg Kohlehydrate, die von den Blättern während der Sommermonate für den Ausbau der Derbmasse der Äste und des Stammes abgeliefert wurden, stellen nicht die gesamte Assimilationsleistung dar; sondern es ist mutmasslicherweise schon damals (neben den unmittelbar veratmeten Stoffen) ein Überschuss erzielt worden, der in Gestalt von Reserven dem Stamme zugeführt wurde; nur wurden wahrscheinlich diese Reserven vorerst in den zunächst liegenden obersten Teilen des Stammes abbzw. eingelagert, und die Einlagerung schritt erst allmählich nach unten hin fort; hätten wir also unsere Kohlehydratanalysen auf 20 m Höhe im Stamme ausgeführt statt in nicht ganz 1 m über dem Erdboden, so wäre wahrscheinlich unsere Gesamt-Kohlehydratkurve schon früher angestiegen als erst mit dem Vergilben der Blätter (Abb. 16). Die 13,7 kg Kohlehydrate, die auf Grund von Tab. 28 im Stamm ersetzt werden müssen, sind daher in den obern Stammpartien wahrscheinlich nicht alle erst nach Mitte September ersetzt worden (wie man auf Grund der Analysen des *untersten* Stammdrittels vermuten könnte), sondern zum Teil schon früher. Veranschlagen wir diesen Anteil, der

schon während des Sommers aus der Krone in die obern Partien des Stammes übergeführt wurde, auch nur auf 2—3 kg (sicherlich war er grösser), so ist das Defizit schon gedeckt.

Wie gestaltet sich zum Schluss der Kohlehydrathaushalt der geschlagenen, auf dem Waldboden liegenden B-Stämme ? Im Durchschnitt der 16 Fällungen sinkt der gesamte Kohlehydratgehalt der Rinde in Tab. 26 während der einmonatigen Lagerung von 7,8 auf 6,7 %, im Jungholz von 2,2 auf 1,7 % und im Reifholz von 1,9 auf 1,2 %; im groben Durchschnitt hat also während der Lagerung ein erheblicher Entzug von Kohlehydraten stattgefunden. Betrachten wir jedoch die einzelnen Fällungsmonate, so sind die Ergebnisse derart wechselnd, dass wir sie vorläufig auf keinen gemeinsamen Nenner zu bringen vermögen; gelegentlich scheint sogar, als habe an dem von uns untersuchten untern Ende des Stammes statt des Entzuges eine (traumatisch bedingte ?) Stauung von Kohlehydraten stattgefunden (Zunahmen bis zu 40 %). Bedeutsam erscheinen uns einzig die Fällungen vom 18. April und vom 4. Mai, deren Stämme, auf dem Erdboden liegend, ausgeschlagen haben. Würde der Laubausbruch die Kohlehydratreserven des Stammes in entscheidendem Masse beanspruchen, so müsste doch wenigstens bei diesen zwei Stämmen eine besonders grosse Kohlehydratabwanderung aus dem Stamme stattgefunden haben; dies ist jedoch in Tab. 26 nicht der Fall. Wir dürfen daher in diesem Verhalten der geschlagenen und dennoch austreibenden B-Stämme eine Bestätigung für unsere Auffassung erblicken, wonach der durch den Laubausbruch bedingte Kohlehydratverbrauch nur zu einem geringen Teil aus den Kohlehydratreserven des Stammes gespeist wird.

## § 3. Der Gehalt der Stämme an Fetten und Fettsäuren.

Im Durchschnitt des ganzen Jahres sind nach Tab. 24 in der Rinde der 17 A-Stämme 1,29 % Fette und Fettsäuren vorhanden, im Durchschnitt der 16 B-Stämme 1,06 %, in welcher Differenz die ausserordentlich grossen individuellen Schwankungen des Fettgehaltes von einem Stamm zum andern zum Ausdruck kommen; im Jungholz belaufen sich die entsprechenden Zahlen auf 0,15 bzw. 0,14 %, und im Reifholz auf 0,11 bzw. 0,12 %; *der Fettgehalt der Stämme nimmt also von aussen nach innen ab.* Auf absolute Gewichte umgerechnet sind die Fette in verhältnismässig geringen Mengen im Stamme vorhanden, maximal zu 1,2 kg in der grossen Masse des Reifholzes.

Der Verlauf des Fettgehaltes der stehenden Stämme *während der verschiedenen Jahreszeiten* ist der Tab. 29 und der Abb. 17 zu entnehmen.

Tabelle 29.

Der Fettgehalt der Buchenstämme im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Stammrinde | | Jungholz | | Reifholz | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar |
| | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 2,72 | 0,20 | 0,32 | 0,06 | 0,27 | 0,14 |
| 13. Januar | 2,41 | 0,49 | 0,26 | 0,15 | 0,15 | 0,36 |
| 15. Februar | 2,42 | 0,16 | 0,29 | 0,07 | 0,15 | 0,12 |
| 13. März | 2,06 | 0,18 | 0,16 | 0,02 | 0,12 | 0,04 |
| 3. April | 1,23 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | 0,12 | 0,07 |
| 18. April | 0,83 | 0,68 | 0,09 | 0,37 | 0,07 | 0,42 |
| 4. Mai | 0,74 | 0,39 | 0,06 | 0,19 | 0,05 | 0,09 |
| 15. Mai | 0,77 | 0,44 | 0 | 0,10 | 0 | 0,18 |
| 1. Juni | 0,54 | 0,33 | 0,04 | 0,07 | 0 | 0,08 |
| 15. Juni | 0,53 | 0,43 | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0,08 |
| 17. Juli | 0,61 | 0,07 | 0,13 | 0,05 | 0 | 0,12 |
| 14. August | 0,66 | 0,22 | 0,14 | 0,01 | 0,11 | 0,05 |
| 13. September | 0,82 | 0,45 | 0,19 | 0,05 | 0,09 | 0,12 |
| 12. Oktober | 0,94 | 0,70 | 0,19 | 0,14 | 0,21 | 0,12 |
| 26. Oktober | 0,50 | 0,53 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,01 |
| 16. November | 1,24 | 0,13 | 0,22 | 0,22 | 0,20 | 0,09 |
| 18. Dezember | 2,93 | 0,11 | 0,30 | 0,14 | 0,31 | 0,10 |

Tabelle 30.

Der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Fettgehalt der Buchenstämme.

| Fällungstag 1933 | Stammrinde | | | | Jungholz | | | | Reifholz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch | gelagert | Veränderung | | frisch | gelagert | Veränderung | | frisch | gelagert | Veränderung | |
| | | | absolut | relativ | | | absolut | relativ | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 13. Januar . | 2,36 | 2,38 | + 0,02 | + 0,84 | 0,34 | 0,38 | + 0,04 | + 11,7 | 0,22 | 0,31 | + 0,09 | + 40,9 |
| 15. Februar . | 2,09 | 2,56 | + 0,47 | + 22,4 | 0,27 | 0,36 | + 0,09 | + 33,3 | 0,15 | 0,20 | + 0,05 | + 33,3 |
| 13. März . . | 1,88 | 2,25 | + 0,37 | + 19,6 | 0,17 | 0,15 | — 0,02 | — 11,7 | 0,23 | 0,19 | — 0,04 | — 17,3 |
| 3. April . . | 1,17 | 0,74 | — 0,43 | — 36,7 | 0,17 | 0,22 | + 0,05 | + 29,4 | 0,19 | 0,18 | — 0,01 | — 5,2 |
| 18. April . . | 0,76 | 0,72 | — 0,04 | — 5,2 | 0,13 | 0,02 | — 0,11 | — 84,6 | 0,09 | 0,02 | — 0,07 | — 77,7 |
| 4. Mai . . | 0,49 | 0,43 | — 0,06 | — 12,2 | 0,05 | 0,01 | — 0,04 | — 80,0 | 0,04 | 0 | — 0,04 | — 100 |
| 15. Mai . . | 0,48 | 0,51 | + 0,03 | + 6,2 | 0 | 0 | 0 | — | 0,06 | 0 | — 0,06 | — 100 |
| 1. Juni . . | 0,57 | 0,63 | + 0,06 | + 10,5 | 0 | 0,01 | + 0,01 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| 15. Juni . . | 0,47 | 0,46 | — 0,01 | — 2,1 | 0,05 | 0 | — 0,05 | — 100 | 0 | 0 | 0 | — |
| 17. Juli . . | 0,61 | 0,68 | + 0,07 | + 11,4 | 0,09 | 0,12 | + 0,03 | + 33,3 | 0 | 0,03 | + 0,03 | — |
| 14. August . | 0,68 | 0,54 | — 0,14 | — 20,5 | 0,12 | 0,15 | + 0,03 | + 25,0 | 0,06 | 0,16 | + 0,10 | + 166,6 |
| 13. September | 0,63 | 0,23 | — 0,40 | — 63,4 | 0,15 | 0,13 | — 0,02 | — 13,3 | 0,12 | 0,13 | + 0,01 | + 8,3 |
| 12. Oktober . | 0,70 | 0,63 | — 0,07 | — 10,0 | 0,09 | 0,06 | — 0,03 | — 33,3 | 0,21 | 0,14 | — 0,07 | — 33,3 |
| 26. Oktober . | 0,93 | 0,73 | — 0,20 | — 21,5 | 0,10 | 0,04 | — 0,06 | — 60,0 | 0,16 | 0,02 | — 0,14 | — 87,5 |
| 16. November | 1,01 | 0,97 | — 0,04 | — 3,9 | 0,17 | 0,15 | — 0,02 | — 11,7 | 0,14 | 0,13 | — 0,01 | — 7,1 |
| 18. Dezember | 2,07 | 1,96 | — 0,11 | — 5,3 | 0,35 | 0,30 | — 0,05 | — 14,2 | 0,26 | 0,27 | + 0,01 | + 3,8 |

In der *Stammrinde* ist die Atmung während der drei Monate, da der Stamm gefroren war (Dezember bis anfangs März) gleich null; der Fettgehalt verharrt daher, abgesehen von individuellen Schwankungen, im wesentlichen unverändert auf rund 2,5 %, bezogen auf die Trockensubstanz. Dieser Feststellung steht die frühere Angabe (S. 188), wonach während dieser Zeit eine Abwanderung von Kohlehydraten und Stickstoffverbindungen aus den Zweigen in die Knospen stattfinde, nicht ent-

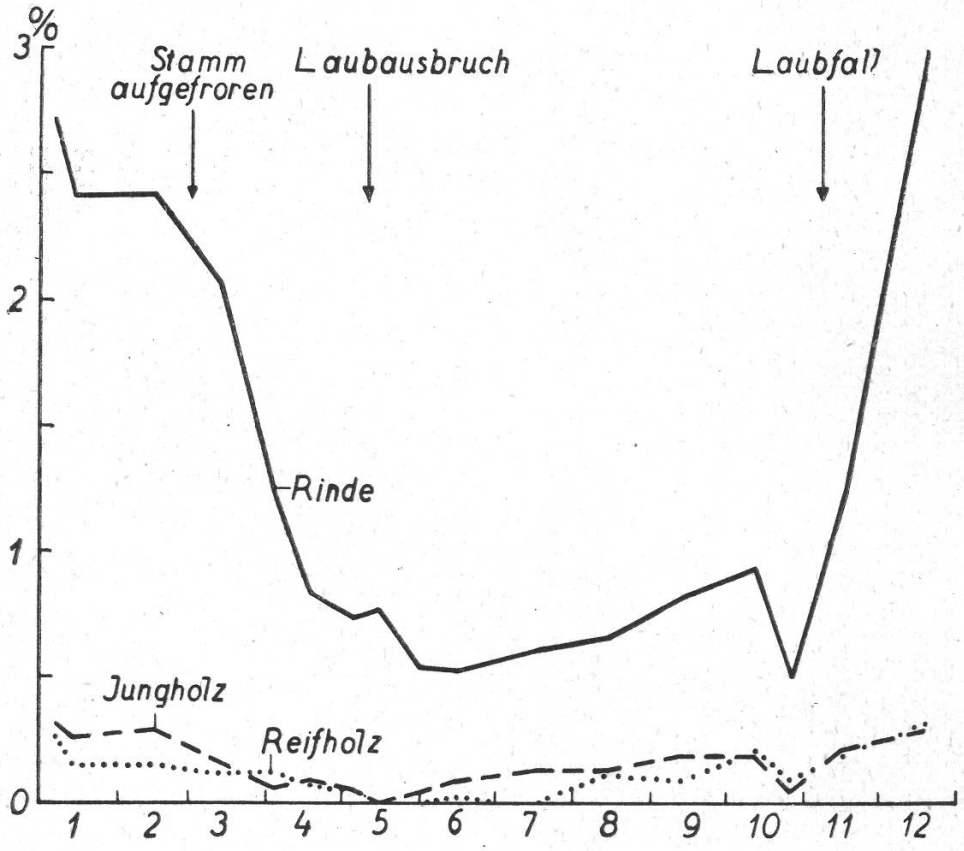


Abbildung 17.
Der jährliche Gang des Fettgehaltes der Buchenstämme.

gegen; denn die Knospen und die Zweige vermögen unter dem Einfluss der unmittelbaren Sonnenstrahlen tagsüber aufzutauen und ihre Lebensfunktionen (in beschränktem Masse) aufzunehmen, während der Stamm bis anfangs März zeitweilig glashart gefroren war (bis 7 cm tief), derart gefroren, dass wir bei den Fällungen in Sorge lebten, die Stämme könnten völlig zersplittern, so dass uns nicht genügend intaktes Material für die Eisenbahnschwellenversuche usw. bleiben würde (was in einem Fall auch eintraf).

Sowie der Stamm auftaut, beginnt der Fettgehalt der Stammrinde zu sinken, und er erreicht anfangs Juni während des Laubausbruches ein Minimum. Diese Fette sind offenbar alle veratmet worden; wären sie teilweise in Kohlehydrate rückverwandelt worden, so müsste bei diesen (Tab. 25) eine Zunahme zu erkennen sein; dies ist jedoch nicht der

Fall; auch wäre dann die allmähliche und gleichmässige Abnahme der Fettgehalte (Abb. 17) unverständlich. In absoluten Mengen ausgedrückt sind von anfangs März bis anfangs Juni in der Stammrinde rund 1,5 kg Fett zur Gewinnung der Erhaltungsenergie vernichtet worden (2 % von 75 kg). Diese 1,5 kg Fette scheinen in der Stammrinde die einzige sichtbare Energiequelle für die Atmung darzustellen; wir können deshalb sagen : *Während der Wiederaufnahme der Vegetationstätigkeit hat die Stammrinde, gemessen am Fettverbrauch, im Tag näherungsweise 16,3 g bzw. 0,02 % ihres Trockengewichtes zur Gewinnung der Erhaltungsenergie veratmet.* Dies ist verhältnismässig wenig, verglichen mit der Atmungsintensität z. B. der Knospen (S. 183), die sich täglich auf mindestens 0,6 % ihrer Trockensubstanz beläuft.

Von anfangs Juni bis Ende Oktober ist der Fettgehalt der Stammrinde labil; er schwankt regellos zwischen 0,5 und 1 %, bezogen auf die Trockensubstanz. Im trüben Monat November beginnt er anzusteigen, um dann im Dezember, während des Einfrierens der Stämme, sprunghaft auf mehr als den doppelten Betrag, rund 3 %, emporzuschnellen. Innerhalb höchstens vier Wochen muss also in der Stammrinde über 1 kg Fett neu gebildet worden sein. Woher stammt dieses unvermittelt auftretende Fett ? Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass es im Sinne der Alfred Fischer'schen Theorie durch die Umwandlung von Stärke gewonnen wurde; denn die Stärke war während der Monate September bis November in maximalen Mengen in der Rinde vorhanden, um dann, zur Zeit des Einfrierens der Stämme und des Ansteigens der Fettkurve, unvermittelt und spurlos (ohne eine entsprechende Zunahme der Glukose und der Saccharose) auf ein Minimum abzusinken; auch die Grössenordnung der Stärkeabnahme einerseits (Tab. 25 und 26) und der Fettzunahme anderseits (Tab. 29 und 30) stimmt derart gut miteinander überein, dass die Fettstärketheorie hier die plausibelste Erklärung für die Herkunft des neu auftretenden Kilogrammes Fett zu geben vermag. Wenn jedoch die Fette einmal gebildet sind, so wandeln sie sich nicht mehr in Stärke zurück, sondern sie werden als Fette allmählich veratmet. Die Stärke-Fett-Umsetzung verläuft also in diesem Falle (sofern sie sich überhaupt in dieser Weise abgespielt hat) nur nach *einer* Richtung.

Im *Jungholz* ist der Kurvenverlauf des Fettes bedeutend weniger augenfällig (Abb. 17). Von rund 0,3 % im gefrornen Zustande sinken hier die Fette nach dem Auftauen auf etwa ein halbes Promille anfangs Mai, um sodann während des Laubausbruches gänzlich veratmet zu werden. Doch sind schon im Verlauf des Monats Juni im Jungholz wieder deutliche Fettmengen nachzuweisen (Tab. 29 und 30), die allmählich und unregelmässig zum winterlichen Stand von rund 0,3 % emporsteigen.

Während der Monate, da der Stamm gefroren war, hat demnach die Atmung im Jungholz (wie in der Stammrinde) stillgestanden oder nur in einem minimalen, nicht feststellbaren Ausmasse stattgehabt. Sie setzt erst anfangs März, wenn die Stämme aufzutauen beginnen, in messbarer Weise ein, und zwar scheinen die Fette (wie übrigens auch in der Stammrinde und im Reifholz) wieder die einzige sichtbare Energiequelle für diese Atmung zu Beginn der Vegetationstätigkeit gewesen zu sein. Vom ungefähren Zeitpunkt des Auftauens (anfangs März) bis zum Laubausbruch (15. Mai) hat demnach das Jungholz (sofern nicht während dieser Zeit kleinere Kohlehydratmengen in Fett umgewandelt worden sind) 0,29 % seiner Trockensubstanz (eben in Gestalt von Fetten) zur Gewinnung der Erhaltungsenergie *gleichmässig* (Abb. 17) veratmet; dies sind insgesamt rund 0,9 kg oder, auf den einzelnen Tag gerechnet, 11,8 g; oder, bezogen auf die eigene Masse, im Tag 0,004 % der Trockensubstanz. *Die Atmungsintensität des Jungholzes ist also während dieser Zeit, der Grössenordnung nach, ungefähr zehnmal geringer als diejenige der anstossenden Rinde.*

Im *Reifholz* verläuft die Fettkurve (Abb. 17) ungefähr gleich wie im Jungholz : die winterlichen Vorräte werden während des Frühjahres abgebaut, die letzten Reste verschwinden während des Laubausbruches, und das Reifholz ist während der Monate Juni und Juli praktisch gesprochen fettfrei (während ja das Fett in der Stammrinde nie ganz verschwindet). Im Laufe des Monats August ist wieder etwas Fett nachzuweisen, und die Fettkurve steigt im Laufe des Herbstes, wiederum unregelmässig, zum winterlichen Hochstand an.

Vom Zeitpunkt des Auftauens bis zum 15. Mai sind im Reifholz 0,15 % der Trockensubstanz (in Gestalt von Fetten) veratmet worden, insgesamt rund 1,7 kg, oder, auf den einzelnen Tag berechnet, 18,0 g; bezogen auf die eigene Derbmasse, täglich 0,002 % der Trockensubstanz. *Die Atmungsintensität des Reifholzes bewegt sich demnach während der fraglichen Monate in der gleichen Grössenordnung wie diejenige des Jungholzes;* doch ist sie möglicherweise etwas niedriger als diese. Die Tatsache, dass diese Überschlagsrechnungen — wie auch sonst zu wiederholten Malen in der vorliegenden Arbeit — in überraschender Weise und sinngemäss miteinander übereinstimmen und sich im Verlaufe des Aufsatzes immer mehr zu einem geschlossenen Bild zusammenfügen, mag als eine Gewähr dafür dienen, wie zuverlässig und genau unsere Mitarbeiter ihre Aufgabe erfüllt haben.

Die *einmonatige Lagerung* vermag den durchschnittlichen Fettgehalt der Stämme nicht wesentlich zu verschieben (Tab. 30); im Durchschnitt der 16 Fällungen sinkt er in der Rinde während des Lagerungsmonates von 1,06 auf 1,02 %, im Jungholz von 0,14 auf 0,13 % und im Reifholz von 0,12 auf 0,11 %. Diese Geringfügigkeit der durchschnitt-

lichen Veränderungen rührt daher, dass in einzelnen Monaten Fette neu gebildet worden sind.

Auch die verschiedenen Jahreszeiten üben auf den Fettgehalt der auf dem Waldboden liegenden B-Stämme keinen durchgreifenden und gleichsinnigen Einfluss aus. Bemerkenswert ist vielleicht, dass in den gefrornen Stämmen der Monate Januar und Februar der Fettgehalt durchwegs zunimmt, während die Fettkurve der stehenden Stämme, abgesehen von individuellen Zufälligkeiten, während dieser Zeit unverändert bleibt. Auffallend ist ferner, dass auch im kalten Monat Dezember, wo in den stehenden Stämmen der Fettgehalt sowohl in der Rinde als im Jung- und im Reifholz steil ansteigt, er bei den geschlagenen, am Boden liegenden Stämmen entweder deutlich abnimmt (Rinde und Jungholz) oder unverändert bleibt (Reifholz). Wir vermögen diese Widersprüche nicht zu erklären; es ist möglich, dass bei den geschlagenen, auf dem Waldboden liegenden Stämmen der Stoffwechsel ein anderer war als bei den unverwundeten, noch stehenden und bewurzelten Stämmen.

## § 4. Die Hemizellulosengehalte der Stämme.

Die Hemizellulosen sind im Jahresdurchschnitt der 17 A-Stämme insgesamt zu 15,8 % in der Stammrinde vorhanden, im Durchschnitt der 16 B-Stämme zu 15,7 %; für das Jungholz stellen sich die entsprechenden Werte auf 19,3 bzw. 18,7 %, und für das Reifholz auf 18,2 bzw. 20,0 %; sie nehmen also, wider Erwarten, am Aufbau des Jung- und des Reifholzes in ungefähr gleichem Ausmasse teil.

Der Anteil der Hemizellulose B, also der durch Alkohol ausgefällten Fraktion, ist nach Tab. 33 in der Stammrinde, im Jungholz und im Reifholz ungefähr gleich gross; er macht rund 50 % der gesamten Hemizellulosen aus (vielleicht mit einer geringfügigen Erhöhung im Reifholz). Ein Unterschied besteht nur in der Verteilung der Protopektine und der Hemizellulose A (d. i. die durch Essigsäure aus der alkalischen Lösung ausfällbare Fraktion) : in der Stammrinde (und in den Rinden überhaupt) ist der prozentuale Anteil der Protopektine an den gesamten Hemizellulosen fast ebenso gross wie derjenige der Hemizellulose A (23—24 % gegen 27—28 %), im Holz machen sie dagegen nur einen Bruchteil der Hemizellulose A aus (7—8 % gegen 40—44 %).

Bemerkenswert ist ferner die unterschiedliche Verteilung der Hemizellulosen A und B *in der Rinde der verschiedenen Höhen* des Baumes: es scheint, dass die Hemizellulosen A von den Zweigen und der Astrinde in die Wurzelrinde hinunter durchschnittlich abnehmen (33,7 % in der Astrinde, 23,3 % in der Wurzelrinde), während die Hemizellulosen B von den Zweigen und der Astrinde in die Wurzelrinde hinunter durchschnittlich um eben diesen Betrag zunehmen (43,4 % in der Astrinde, 56,4 % in der Wurzelrinde; Tab. 33).

Diese verhältnismässig gut ausgeglichenen Mittelwerte könnten den Eindruck erwecken, als seien die Hemizellulosen in ebenso gleichbleibender Menge in den Buchenstämmen vorhanden wie beispielsweise die Stickstoffverbindungen. Dem ist jedoch, wie ein Blick auf Tab. 31 und 32 lehrt, bei weitem nicht so; im Gegenteil, die individuellen Schwankungen von einem Stamm zum andern sind derart gross, dass sie die jahreszeitlichen Ausschläge, sofern solche überhaupt vorhanden sind, überdecken. Es scheint zuweilen, wenn man zwei, drei Monate herausgreift, als sei bei irgendeinem Bestandteil ein vegetationsrhythmisch bedingter Verlauf der Zahlen zu erkennen; die nächstfolgenden Monate, oder die entsprechenden B- bzw. A-Stämme, beweisen jedoch ebenso deutlich das Gegenteil. Wir dürfen demnach sagen : *wenn überhaupt in den Buchenstämmen jahreszeitlich bedingte Verschiebungen der Hemizellulosengehalte stattfinden, so sind ihre Ausmasse derart gering, dass sie von den individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern verwischt werden.*

Ebenso undurchsichtig ist der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Hemizellulosengehalt der Buchenstämme. In der Rinde und im Jungholz der auf dem Waldboden liegenden Stämme sind nach Tab. 33a die Veränderungen im Jahresdurchschnitt belanglos, bzw. sie heben sich gegenseitig immer wieder auf; nur im Reifholz scheint im Jahresdurchschnitt eine kleine Abnahme der gesamten Hemizellulosen stattzufinden, deren Ausmass jedoch noch hart an der Grenze des Methodenfehlers liegt.

Betrachten wir die einzelnen Fällungsmonate, so scheinen dagegen in Tab. 32 tatsächlich gewisse jahreszeitliche Schwankungen aufzutreten : die Gehalte an gesamten Hemizellulosen nehmen in der Rinde und im Reifholz (weniger deutlich im Jungholz) im Frühjahr und im Vorsommer fast regelmässig zu, in den Herbst- und den Wintermonaten dagegen ebenso regelmässig ab. Da wir bei den stehenden Stämmen keine derartigen Schwankungen fanden, müssen wir annehmen, sie seien bei den liegenden, geschlagenen Stämmen traumatisch bedingt. Eine Erklärung der Hemizellulosen*zunahme* auf Grund von Neubildungen infolge des Dickenwachstums kommt kaum in Frage, da die Zunahme der Gesamt-Hemizellulosengehalte ausnahmslos früher einsetzt als dieses (schon anfangs April) und sich im Reifholz, das vom Dickenwachstum nicht unmittelbar berührt werden kann, ebenso deutlich auswirkt wie im Jungholz und in der Rinde; man muss sich wohl eher vorstellen, dass diese Zunahme der gesamten Hemizellulosen durch eine *pathologische Stauung* der Kohlehydrate ausgelöst worden sei : aus den entfernteren Partien des Stammes wurden offenbar Kohlehydrate gegen die Wundfläche hin geschafft und dann, weil sie dort keine unmittelbare Verwendung fanden, in Hemizellulosen übergeführt und dadurch als Reserven immobilisiert. Der Vorgang dürfte demnach ein ähnlicher sein,

Tabelle 31.

Der Gehalt der Buchenstämme an Hemizellulosen.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Jungholz | | | | Reifholz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Proto-pektine | Hemi-zellulose A | Hemi-zellulose B | Gesamte Hemi-zellulosen | Proto-pektine | Hemi-zellulose A | Hemi-zellulose B | Gesamte Hemi-zellulosen | Proto-pektine | Hemi-zellulose A | Hemi-zellulose B | Gesamte Hemi-zellulosen |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 2,1 | 5,1 | 8,6 | 15,8 | 1,0 | 11,0 | 8,8 | 20,8 | 1,0 | 10,1 | 8,9 | 20,0 |
| 13. Januar | 3,6 | 5,1 | 9,4 | 18,1 | 1,1 | 11,6 | 8,5 | 21,2 | 1,2 | 7,6 | 8,3 | 17,1 |
| 15. Februar | 3,1 | 5,1 | 7,1 | 15,3 | 1,6 | 8,6 | 9,5 | 19,7 | 1,0 | 7,2 | 9,1 | 17,3 |
| 13. März | 2,3 | 3,1 | 6,5 | 11,9 | 1,2 | 6,3 | 8,8 | 16,3 | 1,1 | 5,9 | 10,0 | 17,0 |
| 3. April | 3,8 | 3,5 | 7,2 | 14,5 | 1,1 | 6,4 | 7,3 | 14,8 | 1,1 | 6,2 | 9,0 | 16,3 |
| 18. April | 3,9 | 3,4 | 8,4 | 15,7 | 1,0 | 6,9 | 8,4 | 16,3 | 1,2 | 7,0 | 8,2 | 16,4 |
| 4. Mai | 3,6 | 4,8 | 6,1 | 14,5 | 0,9 | 8,7 | 10,5 | 20,1 | 0,9 | 10,5 | 11,3 | 22,7 |
| 15. Mai | 5,5 | 5,0 | 7,3 | 17,8 | 1,8 | 8,3 | 8,6 | 18,7 | 1,2 | 8,5 | 9,9 | 19,6 |
| 1. Juni | 4,0 | 4,1 | 7,7 | 15,8 | 1,9 | 8,2 | 10,2 | 20,3 | 1,4 | 7,7 | 11,7 | 20,8 |
| 15. Juni | 5,4 | 2,2 | 9,3 | 16,9 | 1,6 | 7,5 | 10,7 | 19,8 | 1,6 | 7,2 | 11,4 | 20,2 |
| 17. Juli | 3,5 | 4,7 | 9,2 | 17,4 | 1,4 | 8,1 | 11,8 | 21,3 | 1,4 | 7,0 | 11,9 | 20,3 |
| 14. August | 5,0 | 4,8 | 7,9 | 17,7 | 1,9 | 7,5 | 9,1 | 18,5 | 1,6 | 5,9 | 9,2 | 16,7 |
| 13. September | 3,5 | 5,2 | 6,4 | 15,1 | 1,6 | 8,2 | 9,1 | 18,9 | 1,4 | 6,4 | 8,6 | 16,4 |
| 12. Oktober | 3,4 | 4,1 | 7,2 | 14,7 | 1,6 | 6,7 | 8,9 | 17,2 | 1,7 | 7,1 | 7,8 | 16,6 |
| 26. Oktober | 2,9 | 4,9 | 8,1 | 15,9 | 1,4 | 9,5 | 10,4 | 21.3 | 1,3 | 7,3 | 9,0 | 17,6 |
| 16. November | 3,0 | 5,3 | 7,3 | 15,6 | 1,3 | 11,3 | 9,3 | 21,9 | 1,1 | 6,8 | 8,4 | 16,3 |
| 18. Dezember | 4,1 | 5,0 | 7,8 | 16,9 | 1,6 | 9,6 | 9,7 | 20,9 | 1,3 | 8,1 | 8,1 | 17,5 |

Tabelle 32.

Der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Hemizellulosengehalt der Buchenstämme.

| Fällungstag 1933 | Protopektine | | Hemizellulose A | | Hemizellulose B | | Gesamte Hemizellulosen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | *Rinde* | | | | | |
| 13. Januar . . | 3,2 | 3,2 | 7,8 | 4,0 | 8,1 | 8,3 | 19,1 | 15,5 | —3,6 | —18,8 |
| 15. Februar . | 2,5 | 2,7 | 5,5 | 4,8 | 7,1 | 7,1 | 15,1 | 14,6 | —0,5 | — 3,3 |
| 13. März . . | 2,3 | 3,4 | 4,8 | 3,2 | 6,6 | 6,9 | 13,7 | 13,5 | —0,2 | — 1,4 |
| 3. April . . | 3,5 | 4,9 | 3,0 | 2,6 | 7,8 | 7,8 | 14,3 | 15,3 | +1,0 | + 7,0 |
| 18. April . . | 2,3 | 3,4 | 2,7 | 4,4 | 5,5 | 7,9 | 10,5 | 15,7 | +5,2 | +49,5 |
| 4. Mai . . . | 4,3 | 4,3 | 3,0 | 3,7 | 6,8 | 8,4 | 14,1 | 16,4 | +2,3 | +16,3 |
| 15. Mai . . . | 2,9 | 5,4 | 4,3 | 2,5 | 7,0 | 7,8 | 14,2 | 15,9 | +1,7 | +11,9 |
| 1. Juni . . . | 4,3 | 3,9 | 3,0 | 2,3 | 7,6 | 10,0 | 14,9 | 16,2 | +1,3 | + 8,7 |
| 15. Juni . . . | 4,5 | 3,1 | 2,8 | 4,2 | 10,7 | 8,0 | 18,0 | 15,3 | —2,7 | —15,0 |
| 17. Juli . . . | 5,3 | 4,5 | 3,7 | 3,1 | 8,6 | 9,5 | 17,6 | 17,1 | —0,5 | — 2,8 |
| 14. August . . | 5,1 | 4,5 | 3,1 | 3,6 | 9,3 | 9,5 | 17,5 | 17,6 | +0,1 | + 0,5 |
| 13. September | 3,9 | 3,5 | 7,1 | 6,3 | 8,7 | 9,1 | 19,7 | 18,9 | —0,8 | — 4,0 |
| 12. Oktober . | 3,4 | 2,6 | 5,4 | 4,9 | 6,4 | 6,1 | 15,2 | 13,6 | —1,6 | —10,5 |
| 26. Oktober . | 4,8 | 3,8 | 5,0 | 5,6 | 7,3 | 6,7 | 17,1 | 16,1 | —1,0 | — 5,8 |
| 16. November . | 2,9 | 3,0 | 4,6 | 4,3 | 7,9 | 7,9 | 15,4 | 15,2 | —0,2 | — 1,3 |
| 18. Dezember . | 4,8 | 3,4 | 5,9 | 5,7 | 6,7 | 6,9 | 17,4 | 16,0 | —1,4 | — 8,0 |
| | | | | | *Jungholz* | | | | | |
| 13. Januar . . | 1,4 | 1,1 | 9,6 | 7,6 | 9,2 | 8,4 | 20,2 | 17,1 | —3,1 | —15,3 |
| 15. Februar . | 1,3 | 1,7 | 7,9 | 7,0 | 7,6 | 6,2 | 16,8 | 14,9 | —1,9 | —11,3 |
| 13. März . . | 1,2 | 1,7 | 7,3 | 5,9 | 8,8 | 7,7 | 17,3 | 15,3 | —2,0 | —11,5 |
| 3. April . . | 1,4 | 1,4 | 6,2 | 6,7 | 9,7 | 9,8 | 17,3 | 17,9 | +0,6 | + 3,4 |
| 18. April . . | 1,1 | 1,2 | 8,9 | 10,5 | 9,2 | 9,0 | 19,2 | 20,7 | +1,5 | + 7,8 |
| 4. Mai . . . | 1,5 | 1,5 | 7,1 | 7,7 | 9,2 | 12,3 | 17,8 | 21,5 | +3,7 | +20,7 |
| 15. Mai . . . | 2,0 | 1,8 | 10,0 | 10,2 | 9,8 | 11,8 | 21,8 | 23,8 | +2,0 | + 9,1 |

| Fällungstag 1933 | Protopektine | | Hemizellulose A | | Hemizellulose B | | Gesamte Hemizellulosen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | *Jungholz* | | | | | |
| 1. Juni . . . | 1,5 | 1,3 | 7,2 | 6,5 | 9,6 | 9,8 | 18,3 | 17,6 | —0,7 | — 3,8 |
| 15. Juni . . . | 1,4 | 1,0 | 8,8 | 7,7 | 9,4 | 11,9 | 19,6 | 20,6 | +1,0 | + 5,1 |
| 17. Juli . . . | 1,6 | 1,8 | 7,6 | 6,2 | 12,3 | 13,9 | 21 5 | 21,9 | +0,4 | + 1,8 |
| 14. August . . | 1,7 | 1,7 | 8,6 | 8,4 | 10,5 | 10,2 | 20,8 | 20,3 | —0,5 | — 2,4 |
| 13. September | 2,0 | 1,4 | 7,3 | 7,4 | 9,0 | 8,4 | 18,3 | 17,2 | —1,1 | — 6,0 |
| 12. Oktober . | 1,2 | 1,2 | 8,0 | 7,7 | 9,7 | 9,6 | 18,9 | 18,5 | —0,4 | — 2,1 |
| 26. Oktober . | 1,5 | 1,2 | 8,7 | 8,9 | 8,1 | 8,3 | 18,3 | 18,4 | +0,1 | + 0,5 |
| 16. November . | 1,5 | 1,4 | 9,3 | 9,2 | 7,8 | 7,5 | 18,6 | 18,1 | —0,5 | — 2,6 |
| 18. Dezember . | 1,8 | 1,4 | 6,9 | 7,1 | 8,3 | 8,9 | 17,0 | 17,4 | +0,4 | + 2,3 |
| | | | | | *Reifholz* | | | | | |
| 13. Januar . . | 1,2 | 1,1 | 9,9 | 9,2 | 10,2 | 9,3 | 21,3 | 19,6 | —1,7 | — 7,9 |
| 15. Februar . | 1,3 | 1,3 | 7,7 | 6,6 | 9,1 | 7,9 | 18,1 | 15,8 | —2,3 | —12,7 |
| 13. März . . | 1,3 | 1,3 | 6,4 | 5,8 | 10,8 | 8,4 | 18,5 | 15,5 | —3,0 | —16,2 |
| 3. April . . | 1,2 | 1,2 | 5,2 | 5,6 | 11,9 | 7,7 | 18,3 | 14,5 | —3,8 | —20,7 |
| 18. April . . | 1,2 | 1,1 | 9,0 | 9,7 | 8,7 | 9,9 | 18,9 | 20,7 | +1 8 | + 9,5 |
| 4. Mai . . . | 1,8 | 2,2 | 8,1 | 7,5 | 12,9 | 14,3 | 22,8 | 24.0 | +1,2 | + 5,2 |
| 15. Mai . . . | 1,9 | 1,6 | 9,5 | 8,9 | 11,5 | 13,0 | 22,9 | 23,5 | +0,6 | + 2,6 |
| 1. Juni . . . | 1,1 | 1,3 | 6,9 | 6,4 | 10,9 | 11,3 | 18,9 | 19,0 | +0,1 | + 0,5 |
| 15. Juni . . . | 1,0 | 1,1 | 7,1 | 7,9 | 12.9 | 9,0 | 21,0 | 18,0 | —3,0 | —14,2 |
| 17. Juli . . . | 1,5 | 1.5 | 7,9 | 6,7 | 13,1 | 14,5 | 21,5 | 22,7 | +1,2 | + 5,5 |
| 14. August . . | 1,4 | 1,4 | 8,6 | 8,3 | 11.9 | 10,7 | 21,9 | 20,4 | —1,5 | — 6,8 |
| 13. September | 1,8 | 1,3 | 7,4 | 7,8 | 8,6 | 8,4 | 17,8 | 17,5 | —0,3 | — 1,6 |
| 12. Oktober . | 1,0 | 1,1 | 6,9 | 6,4 | 9,5 | 9,1 | 17,4 | 16,6 | —0,8 | — 4,6 |
| 26. Oktober . | 1,6 | 1,2 | 8,3 | 8,0 | 9,3 | 9,7 | 19,2 | 18,9 | —0,3 | — 1,7 |
| 16. November . | 1,3 | 1,0 | 8,7 | 8,0 | 11,4 | 10,8 | 21,4 | 19,8 | —1,6 | — 7.4 |
| 18. Dezember . | 1,7 | 1,2 | 7,8 | 8,2 | 10,9 | 10,6 | 20,4 | 20,0 | —0,4 | — 1,9 |

Tabelle 33.

In welcher Weise setzen sich die gesamten Hemizellulosen der Buchen durchschnittlich zusammen? (Summe der gesamten Hemizellulosen = 100 %.)

| Material | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| Zweige . . . | 14,1 | 43,5 | 42,3 |
| Äste | | | |
| Rinde . . . | 22,8 | 33,7 | 43,4 |
| Holz . . . | 5,9 | 50,2 | 43,7 |
| Stamm | | | |
| Rinde . . . | 23,4 (23,6) | 27,8 (28,0) | 48,7 (48,4) |
| Jungholz . . | 7,3 (8,0) | 44,0 (42,8) | 48,7 (49,2) |
| Reifholz . . | 7,2 (7,0) | 40,7 (39,0) | 52,2 (54,0) |
| Wurzeln | | | |
| Rinde . . . | 20,2 | 23,3 | 56,4 |
| Holz . . . | 7,6 | 44,8 | 47,5 |

Tabelle 33 a.

Die durchschnittlichen Hemizellulosengehalte der Buchenstämme; 1. frisch geschlagen, und 2. nach einmonatiger Lagerung der Bäume auf dem Waldboden. (Jahresmittel aus den entsprechenden Kolonnen der Tab. 32.) Die Werte sind auf die Trockensubstanz bezogen.

| Material | Protopektine | | Hemizellulose A | | Hemizellulose B | | Gesamte Hemizellulosen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | frisch geschlagen | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Rinde . . | 3,7 | 3,3 | 4,4 | 4,0 | 7,6 | 7,9 | 15,8 | 15,8 | — 0,03 | — |
| Jungholz . | 1,5 | 1,4 | 8,0 | 7,7 | 9,2 | 9,6 | 18,8 | 18,8 | + 0,03 | — |
| Reifholz . | 1,4 | 1,3 | 7,8 | 7,6 | 10,8 | 10,2 | 20,0 | 19,1 | — 0,9 | — 0,45 |

wie wir ihn auf S. 209 für die herbstlichen Kohlehydratstauungen in den Ästen geschildert haben. — Die *Abnahme* der Hemizellulosen während des Herbstes und des Winters würde sich dann als Mobilisierung von Reserven erklären.

Zusammenfassend können wir sagen, dass die Hemizellulosen der Buchenstämme (und der Buchen überhaupt) jedenfalls eine *träge* Masse sind, viel träger als die Kohlehydrate und die Fette. Doch wird man daraus nicht schliessen dürfen, sie seien, wie die Zellulose und die Inkrusten, völlig immobilisiert und dadurch dem Stoffhaushalt entzogen, sondern nur: *die Buchen verfügen über derart ausgiebige andere Reservequellen, dass sie die Hemizellulosenreserven unter den Vegetationsverhältnissen eines normalen Jahres noch gar nicht anzugreifen brau-*

*chen.* Für diese Auffassung spricht zunächst der Umstand, dass die Hemizellulosen tatsächlich in den Stämmen zum Teil mobil sind (sie können ja in den gelagerten B-Stämmen traumatisch neu gebildet bzw. aufgelöst werden), ferner die später darzulegende Erfahrung bei den fruchtenden Buchen, die ihren Stämmen erhebliche Hemizellulosenmengen entnehmen können, ohne Anzeichen, dass sie nunmehr erschöpft sind.

Rechnen wir einmal, auf dieser Grundlage, näherungsweise aus, wieviele Kohlehydrat- und Hemizellulosenreserven in einer 110jährigen Buche in mobilisierbarer Form vorhanden sind, und welchen Anteil dieser Reserven der Baum beim Austreiben und beim Dickenwachstum tatsächlich verbraucht (die Fette dürfen wir ausser Betracht lassen, da sie während des normalen Vegetationsganges, auf den ganzen Baum berechnet, zu $^5/_6$ veratmet werden).

An gesamten Kohlehydraten sind im Baum nach Tab. 58 während der Wintermonate 51,8 kg vorhanden.

Für die Reserve-Hemizellulosen stellt sich die Rechnung ungefähr wie folgt: In den Zweigen und im Astholz waren jedenfalls die 8,5 kg Hemizellulosen vorhanden, deren Entzug während des Laubausbruches auf Grund von Tab. 13 und 14 festgestellt wurde; wir dürfen annehmen, dass sie fast den gesamten mobilisierbaren Hemizellulosenvorrat der Zweige und der Äste darstellen. — Auf Grund der später zu besprechenden Tab. 53 dürfen wir einen Drittel der im *Jung*holz des Stammes vorhandenen Hemizellulosen A und einen Fünftel der im Reifholz des Stammes vorhandenen Hemizellulosen A als mobilisierbar betrachten, also nach Tab. 31 im Jungholz 2,8 % Hemizellulosen A (bezogen auf die Trockensubstanz, = 8,4 kg), und im Reifholz 1,5 % (= rund 16,5 kg). Und nehmen wir endlich an, dass im Wurzelholz ein Fünftel der Hemizellulosen A mobilisierbar seien (vgl. wieder Tab. 53), so wären dort nach Tab. 46 1,4 %, bezogen auf die Trockensubstanz, verfügbar, also 1,8 kg. Der gesamte Vorrat des Baumes an eigentlichen Reserve-Hemizellulosen muss demnach rund 35,2 kg betragen. *Mit den 51,8 kg Kohlehydraten stellt sich somit der gesamte Vorrat auf rund 87 kg.*

Nach den Ausführungen von S. 258 können wir im Baum während des Laubausbruches einen gesamten Entzug an Kohlehydraten und Hemizellulosen von rund 15 kg feststellen. Diese machen rund 17 % der gesamten, mobilisierbaren Kohlehydrat- und Hemizellulosenvorräte des Baumes aus, also rund einen Sechstel. *Nur $^1/_6$ der im Baum vorhandenen Kohlehydrat- und Hemizellulosenreserven werden demnach durch den Laubausbruch und das Höhenwachstum beansprucht.*

Leider lässt sich diese Berechnungsweise nicht mit entsprechender Genauigkeit auf den Dickenzuwachs des Baumes ausdehnen. Immerhin mag die folgende Überlegung einige Anhaltspunkte bieten.

Auf Grund von Tab. 28 haben wir errechnet, dass das Jungholz und das Reifholz des Stammes 0,4—0,5 % ihrer Trockensubstanz in Gestalt von Kohlehydraten für die Ausbildung des Jahrringes abgeben, also rund 6—7 kg. Im Anschluss an Tab. 41 werden wir den durch das Längen- und das Dickenwachstum der Wurzeln bedingten Kohlehydratentzug aus der Wurzelrinde auf 6,8 %, bezogen auf die Trockensubstanz (= 1,4 kg) schätzen, und aus dem Wurzelholz auf 1, 5 % (= 2,0 kg), insgesamt 3,4 kg. Der Dickenzuwachs der Zweige und der Äste beansprucht nach Tab. 10 und 11 die dortigen Kohlehydratvorräte nicht in spürbarer Weise, sondern sein Aufwand wird offenbar aus den laufenden Assimilaten bestritten. Um aber ja nicht zu tief zu greifen, wollen wir annehmen, dass in den Zweigen 1 % Kohlehydrate (bezogen auf die Trockensubstanz, = 0,1 kg) und im Astholz 0,5 % Kohlehydrate (= 0,7 kg) unmittelbar für das Dickenwachstum geopfert worden seien, zusammen 0,8 kg. *Der Jahrring und das Längenwachstum der Wurzeln hätten somit aus den Kohlehydratreserven des ganzen Baumes 10 bis 11 kg beansprucht, das sind rund* $^1/_8$ *der gesamten, disponibeln Kohlehydrate, also näherungsweise ungefähr gleich viel wie der Laubausbruch.*

*Durch die gesamte Vegetationstätigkeit während eines Jahres, Laubausbruch, Höhenzuwachs, Dickenwachstum, Längenwachstum der Wurzeln, werden somit von den insgesamt vorhandenen (rund) 87 kg Kohlehydrat- und Hemizellulosenreserven (rund) 26 kg verbraucht, also (rund)* $^1/_3$*—*$^1/_4$*. Die restlichen* $^2/_3$*—*$^3/_4$ *der Kohlehydrat- und Hemizellulosenreserven bleiben offensichtlich durch den jährlichen Vegetationsrhythmus unberührt.*

*Damit wird klar, warum die Buchen in einem Katastrophenjahr ohne weiteres ein zweites Mal ausschlagen können.* Selbst wenn wir von den 87 kg gesamten Vorräten die 26 kg abziehen, die durch den Laubausbruch und durch die Zuwachsleistungen verbraucht werden, so verbleiben immerhin noch reichliche 60 kg; und da der Laubausbruch und der Höhenzuwachs nur rund 15 kg beanspruchen, so kann diese zusätzliche Leistung mühelos noch ein zweites Mal ertragen werden. Wir werden denn auch später, im II. Teil sehen, dass die durch die Tracht bedingten Kohlehydratentzüge erheblich grössere Ausmasse erreichen.

Es würde über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen, diese Erkenntnisse ökologisch auszuwerten. Immerhin möchten wir sie den Ergebnissen kurz gegenüberstellen, die wir früher (Gäumann, 1927, 1928) mit Fichten und Tannen gewonnen haben, welche unter ähnlichen äussern Bedingungen wie unsere Buchen aufgewachsen sind. Da wir damals die gesamten Hemizellulosen, soweit sie bei der Hydrolyse

vergärbare Zucker liefern, und die gesamten Kohlehydrate summarisch als « Hexosane » bestimmten, haben wir vergleichsweise bei einer frühjahrsgeschlagenen Fichte im Jungholz und im Reifholz die Hemizellulosen und die verschiedenen Kohlehydrate auf Grund der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Methoden ermittelt.

Das Jungholz enthielt (bezogen auf die Trockensubstanz) 0,6 % Glukose, 1,0 % Saccharose, 0,1 % Pektine, 0,6 % Stärke, 0,4 % Protopektine, 0,9 % Hemizellulosen A und 3,1 % Hemizellulosen B; das Reifholz 0,6 % Glukose, 0,7 % Saccharose, 0,1 % Pektine, 0,4 % Stärke, 0,5 % Protopektine, 1,3 % Hemizellulosen A und 3,8 % Hemizellulosen B. Mindestens 5 % (bezogen auf die Trockensubstanz) der im Jungholz vorhandenen Kohlehydrate und kohlehydratartigen Verbindungen und mindestens 6 % der im Reifholz enthaltenen entsprechenden Verbindungen sind also nicht mobilisierbar. Wenn somit in den damaligen Bestimmungen der Gehalt an vergärbaren Materialien während des frühjahrlichen Austreibens bis auf 6—7 % hinuntersank, so müssen in den Stämmen die Kohlehydratreserven erschöpfend beansprucht worden sein. *Es ist zweifelsohne ökologisch bedeutsam, dass bei den Fichten und den Tannen die Kohlehydrate durch die alljährliche Vegetationstätigkeit (Nadelbildung, Zuwachsleistung) beinahe erschöpfend beansprucht werden, während diese selbe Tätigkeit bei den Buchen nur einen Bruchteil der vorhandenen Reserven erfordert.*

## § 5. Die Stickstoffgehalte der Stämme.

Im Jahresdurchschnitt sind in der Rinde der 17 A-Stämme 0,84 % Stickstoff vorhanden, in der Rinde der 16 B-Stämme 0,87 %; für das Jungholz stellen sich die entsprechenden Werte bei beiden Serien auf 0,15 % und beim Reifholz auf 0,13 bzw. 0,12 %. Umgerechnet auf Rohprotein (Tab. 24) sind in der Rinde durchschnittlich 5,2 % Eiweisse und eiweissartige Verbindungen vorhanden, im Jungholz 0,9 % und im Reifholz 0,8 %. Der grösste Teil dieser Stickstoffverbindungen besteht nach Tab. 34 und 35 aus Reinprotein, ein kleiner Teil aus löslichen Verbindungen, und diese löslichen Verbindungen bestehen ihrerseits fast ausschliesslich aus Aminosäuren.

Verglichen mit den übrigen Partien des Stammes (Tab. 24) : in der Stammrinde ist der Rohproteingehalt ungefähr gleich gross wie in der Astrinde und der Wurzelrinde, im Stammholz dagegen um etwa einen Drittel niedriger als im Ast- und im Wurzelholz.

Mit diesen wenigen Sätzen ist ungefähr alles gesagt, was wir auf Grund unserer vierstelligen Zahl von Stickstoffbestimmungen in den 33 Buchen *mit Sicherheit* an positiven Feststellungen ableiten können; also reichlich wenig; und wir wissen jetzt, nachdem die Arbeit getan

ist, wirklich nicht, ob wir die enorme Last der zahlreichen Reinprotein- und Aminostickstoffbestimmungen auf uns genommen haben würden, wenn wir dieses Ergebnis hätten voraussehen können.

Die Sache liegt nämlich so. Nach Tab. 8 b enthält die Blattmasse unserer Buchen maximal 4,3 kg Rohprotein, nach Tab. 24 enthält der ganze übrige Baum (ohne das Laub) 20,9 kg Rohprotein, also fast fünfmal mehr : *durch die Ausbildung der Krone sind dem Baum nur rund ein Sechstel des vorhandenen Rohproteins entzogen worden* (4,3 von 25,2 kg); *dies ist ungefähr der gleiche Bruchteil, den wir für die Kohlehydratentnahme durch den Laubausbruch errechnet haben.* Wir bestimmen jedoch nicht das Rohprotein, sondern den Stickstoff : in der Blattmasse sind 0,7 kg N vorhanden, im ganzen übrigen Baum 3,3 kg. Und nun sollte man glauben (und das hatten wir auch geglaubt, um so mehr als die stichprobenweise durchgeführten Vorversuche — zufällig — sinngemässe Ausschläge ergeben hatten), es dürfte keine allzu grossen Schwierigkeiten bereiten, den Ort und den Zeitpunkt der Entnahme dieser 0,7 kg N durch unsere Serienanalysen zu ermitteln. Diese Erwartung hat sich leider in den Hauptversuchen nicht erfüllt. Die 0,7 kg N der Laubmasse machen auf die 1775 kg Trockensubstanz des übrigen Baumes nur 0,04 % aus, also kaum die Hälfte der zweiten Dezimale. Selbst dann, wenn die 0,7 kg N auf einmal, d. h. von einer Fällung zur nächstfolgenden, dem Baum entzogen worden wären, so hätte kaum eine Möglichkeit bestanden, diese Entnahme durch die Betrachtung einer Aufeinanderfolge von einzelnen Individuen zu erkennen; denn die individuellen Schwankungen der Stickstoffgehalte sind in Tab. 34 und 35 von einem Baum zum andern grösser als der aufzufindende Betrag. Noch schwieriger wird es sein, den Ort und den Zeitabschnitt dieser Stickstoffabwanderung dann durch die Betrachtung einer Serie von Individuen festzustellen, wenn es sich um eine *allmähliche* Abwanderung bzw. Rückwanderung während Monaten handelt.

Um immerhin aus den Zahlen das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit herauszuholen, haben wir, wie in Tab. 28, zur Gruppenrechnung gegriffen und in Tab. 36 die Mittelwerte der Stickstoffgehalte und die zugehörigen mittlern Fehler 1. für die fünf Fällungen gefrorner bzw. eben aufgetauter (also noch nicht sehr tätiger) Stämme (9 A- und B-Stämme von Mitte Dezember bis Mitte März), und 2. für die vier Fällungen nach dem Laubausbruch und vor dem Rückstrom der Säfte (8 A- und B-Stämme vom 15. Juni bis Mitte September) zusammengestellt.

In der Stammrinde vermögen die mittlern Stickstoffgehalte der Winter- und der Hochsommerfällungen über eventuelle N-Wanderungen nichts auszusagen, da ihre Differenz kleiner ist als der mittlere Fehler der Differenz (Differenz 0,04 %, mittlerer Fehler der Differenz ungefähr $\pm$ 0,07 %).

Tabelle 34.

Der Stickstoffgehalt der Buchenstämme im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Jungholz | | | | Reifholz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rein-protein-N | Gesamt-löslicher N | Amino-N | Gesamt-N | Rein-protein-N | Gesamt-löslicher N | Amino-N | Gesamt-N | Rein-protein-N | Gesamt-löslicher N | Amino-N | Gesamt-N |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 0,49 | 0,17 | 0,16 | 0,62 | 0,13 | 0,04 | 0,03 | 0,16 | 0,12 | 0,05 | 0,03 | 0,15 |
| 13. Januar | 0,66 | 0,10 | 0,10 | 0,72 | 0,11 | 0,05 | 0,05 | 0,16 | 0.10 | 0,04 | 0,02 | 0,12 |
| 15. Februar | 0,70 | 0,12 | 0,11 | 0,78 | 0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,19 | 0,11 | 0,03 | 0,03 | 0,15 |
| 13. März | 0,79 | 0,13 | 0,11 | 0,89 | 0,10 | 0,06 | 0,02 | 0,14 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,12 |
| 3. April | 0,77 | — | 0,15 | 0,90 | 0,10 | — | 0,02 | 0,10 | 0,10 | — | 0,03 | 0,11 |
| 18. April | 0,64 | — | 0,12 | 0,80 | 0,14 | — | 0,02 | 0,15 | 0,10 | — | 0,02 | 0,12 |
| 4. Mai | 0,77 | — | 0.14 | 0,90 | 0,11 | — | 0,02 | 0,11 | 0,11 | — | 0,02 | 0,11 |
| 15. Mai | 0,81 | — | 0,02 | 0,82 | 0,14 | — | 0,05 | 0,17 | 0,11 | — | 0,04 | 0,14 |
| 1. Juni | 0,73 | — | 0,05 | 0,79 | 0,13 | — | 0,02 | 0,16 | 0,11 | — | 0,02 | 0,12 |
| 15. Juni | 0,90 | 0,14 | 0,12 | 1,06 | 0,12 | 0,02 | 0,01 | 9,15 | 0,10 | 0,02 | 0,01 | 0,12 |
| 17. Juli | 0,84 | — | 0,14 | 0,95 | 0,12 | — | 0,01 | 0,13 | 0,12 | — | 0,01 | 0,11 |
| 14. August | 0,71 | — | 0,08 | 0,82 | 0,10 | — | 0,01 | 0,11 | 0,10 | — | 0,01 | 0,10 |
| 13. September | 0,59 | — | 0,08 | 0,70 | 0,13 | — | 0,01 | 0,15 | 0,14 | — | 0,02 | 0,15 |
| 12. Oktober | 0,64 | — | 0,13 | 0,75 | 0,11 | — | 0,02 | 0,14 | 0,10 | — | 0,03 | 0,15 |
| 26. Oktober | 0,76 | — | 0,09 | 0,81 | 0,11 | — | 0,05 | 0,17 | 0,10 | — | 0,02 | 0,14 |
| 16. November | 0,77 | 0,13 | 0,12 | 0,86 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,21 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,17 |
| 18. Dezember | 0,99 | — | 0,13 | 1,09 | 0,11 | — | 0,04 | 0,17 | 0,10 | — | 0,03 | 0,15 |

Tabelle 35.

Der Einfluss der einmonatigen Lagerung auf den Stickstoffgehalt der Buchenstämme.

| Fällungstag 1933 | Reinprotein N | | Gesamtlöslicher N | | Amino-N | | Gesamt-N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | Veränderung absolut | Veränderung relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | *Rinde* | | | | | |
| 13. Januar . . | 0,61 | 0,70 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,05 | 0,71 | 0,74 | +0,03 | + 4 |
| 15. Februar . | 0,82 | 0,70 | 0,10 | 0,10 | 0,02 | 0,01 | 0,93 | 0,79 | —0.14 | —15 |
| 13. März . . | 1,00 | 0,99 | — | — | 0,06 | 0,06 | 1,05 | 0,99 | —0,06 | — 6 |
| 3. April . . | 0,85 | 0,87 | — | — | 0,03 | 0,03 | 0,88 | 0.90 | +0,02 | + 2 |
| 18. April . . | 0,78 | 0,87 | — | — | 0,06 | 0,02 | 0,90 | 0,88 | —0,02 | — 2 |
| 4. Mai . . . | 0,68 | 0,81 | — | — | 0,06 | 0,03 | 0,71 | 0,83 | +0,12 | +17 |
| 15. Mai . . . | 0,75 | 0,82 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0.77 | 0,81 | +0,04 | + 5 |
| 1. Juni . . . | 0,76 | 0,74 | — | — | 0,08 | 0,11 | 0,83 | 0,82 | —0,01 | — 1 |
| 15. Juni . . . | 0,82 | 0,81 | 0,17 | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,94 | 0,97 | +0,03 | + 3 |
| 17. Juli . . . | 0,79 | 0,82 | — | — | 0,15 | 0,14 | 0,95 | 0,98 | +0,03 | + 3 |
| 14. August . . | 0,77 | 0,70 | 0,13 | 0,15 | 0,09 | 0,14 | 0,88 | 0,83 | —0,05 | — 5 |
| 13. September | 0,81 | 0,73 | — | — | 0,12 | 0,08 | 0,91 | 0,86 | —0,05 | — 5 |
| 12. Oktober . | 0,67 | 0,61 | — | — | 0,07 | 0,09 | 0,77 | 0,74 | —0,03 | — 3 |
| 26. Oktober . | 0,74 | 0,70 | — | — | 0,11 | 0,06 | 0,82 | 0,80 | —0,02 | — 2 |
| 16. November . | 0,85 | 0,80 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,95 | 0,93 | —0,02 | — 2 |
| 18. Dezember . | 0,91 | 0,94 | — | — | 0,10 | 0,11 | 0,98 | 0,99 | +0,01 | + 1 |
| | | | | | *Jungholz* | | | | | |
| 13. Januar . . | 0,12 | 0,13 | 0,08 | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,18 | 0,16 | —0,02 | —11 |
| 15. Februar . | 0,14 | 0,11 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,20 | 0,12 | —0,08 | —40 |
| 13. März . . | 0,15 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,17 | 0,12 | —0,05 | —29 |
| 3. April . . | 0,12 | 0,15 | — | — | 0,03 | 0,03 | 0,15 | 0,19 | +0,04 | +27 |
| 18. April . . | 0,13 | 0,14 | — | — | 0,03 | 0,02 | 0,16 | 0,18 | +0,02 | +13 |
| 4. Mai . . . | 0,12 | 0,14 | — | — | 0,02 | 0,03 | 0,14 | 0,16 | +0,02 | +14 |
| 15. Mai . . . | 0,11 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,12 | 0,12 | 0 | 0 |

| Fällungstag 1933 | Reinprotein N | | Gesamtlöslicher N | | Amino-N | | Gesamt-N | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | frisch gefällt | gelagert | Veränderung | |
| | | | | | | | | | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | | | | | *Jungholz* | | | | | |
| 1. Juni . . . | 0,12 | 0,12 | — | — | 0,02 | 0,02 | 0,13 | 0,14 | +0,01 | + 7 |
| 15. Juni . . . | 0,11 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,11 | 0,10 | —0,01 | — 9 |
| 17. Juli . . . | 0,11 | 0,11 | — | — | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,12 | +0,02 | +20 |
| 14. August . . | 0,11 | 0,10 | — | — | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,12 | —0,01 | — 7 |
| 13. September | 0,11 | 0,11 | — | — | 0,01 | 0,01 | 0,13 | 0,14 | +0,01 | + 7 |
| 12. Oktober . | 0,16 | 0,11 | — | — | 0,03 | 0.04 | 0,17 | 0,16 | −0.01 | — 5 |
| 26. Oktober . | 0,12 | 0,11 | — | — | 0,04 | 0,04 | 0,15 | 0,13 | —0,02 | —13 |
| 16. November . | 0,11 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,19 | 0,18 | −0,01 | — 5 |
| 18. Dezember . | 0,13 | 0,12 | — | — | 0,03 | 0,05 | 0,15 | 0,16 | +0,01 | + 6 |
| | | | | | *Reifholz* | | | | | |
| 13. Januar . . | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,13 | 0,15 | +0,02 | +15 |
| 15. Februar . | 0,11 | 0,11 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,13 | 0,11 | −0,02 | —15 |
| 13. März . . | 0,11 | 0,10 | — | — | 0,03 | 0,02 | 0,13 | 0,11 | —0,02 | —15 |
| 3. April . . | 0,09 | 0,13 | — | — | 0,03 | 0,03 | 0,11 | 0,14 | +0,03 | +27 |
| 18. April . . | 0,12 | 0,11 | — | — | 0,03 | 0,02 | 0,14 | 0,16 | +0,02 | +14 |
| 4. Mai . . | 0,10 | 0,10 | — | — | 0,02 | 0,03 | 0,11 | 0,12 | +0,01 | + 9 |
| 15. Mai . . . | 0,10 | 0,12 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,12 | 0 | 0 |
| 1. Juni . . . | 0,09 | 0,10 | — | — | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,11 | +0,01 | +10 |
| 15. Juni . . . | 0,11 | 0,13 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,12 | 0,12 | 0 | 0 |
| 17. Juli . . . | 0,11 | 0,10 | — | — | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,12 | +0,02 | +20 |
| 14. August . . | 0,10 | 0,09 | — | — | 0,02 | 0,01 | 0,11 | 0,10 | −0,01 | — 9 |
| 13. September | 0,10 | 0,13 | — | — | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,13 | +0,03 | +30 |
| 12. Oktober . | 0,12 | 0,10 | — | — | 0,01 | 0,03 | 0,14 | 0,13 | —0,01 | — 7 |
| 26. Oktober . | 0,10 | 0,09 | — | — | 0,03 | 0,02 | 0,13 | 0,12 | —0,01 | — 7 |
| 16. November . | 0,11 | 0,11 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,13 | 0,15 | +0,02 | +15 |
| 18. Dezember . | 0,10 | 0,10 | — | — | 0,02 | 0,03 | 0,16 | 0,14 | —0,02 | —12 |

Tabelle 36.
Die mittleren Gesamt-Stickstoffgehalte der Buchenstämme im untersten Stammdrittel während der verschiedenen Vegetationszeiten.

| Vegetationsabschnitt | Rinde | Jungholz | Reifholz |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| 1. Mitte Dezember bis Mitte März . . | 0,86 ± 0,055 | 0,17 ± 0,006 | 0,14 ± 0,006 |
| 2. Mitte Juni bis Mitte September . . | 0,90 ± 0,037 | 0,13 ± 0,007 | 0,11 ± 0,006 |

Im Jungholz und im Reifholz sind dagegen die Differenzen sichergestellt, denn sie ragen weit über ihren mittleren Fehler hinaus. Im Durchschnitt der neun Winterstämme enthält das Jungholz 0,17 % N, im Durchschnitt der acht hochsommerlichen Stämme 0,13 % N, also im Hochsommer, nach dem Laubausbruch, 0,04 % weniger; im Reifholz ist eine gleichsinnige Differenz von 0,03 % vorhanden. Wir dürfen *mit grosser Wahrscheinlichkeit* annehmen, dass diese fehlenden 0,04 % bzw. 0,03 % während des Laubausbruches in die Krone transportiert worden sind, also, in absoluten Gewichten, 0,12 kg aus dem Jungholz und 0,33 kg aus dem Reifholz, zusammen 0,45 kg N; fügen wir noch die 61 g N hinzu, die wir auf S. 218 für die Stickstoffabwanderungen aus den Zweigen und aus den Ästen berechnet haben, so gelangen wir auf 0,51 kg N, das sind gute zwei Drittel der dem Baum durch die Laubmasse entzogenen Stickstoffmenge (0,7 kg); das letzte Drittel ist offenbar zum Teil in den individuellen Schwankungen der einzelnen Bäume und in den Material-, Methoden- und Arbeitsfehlern unter das Eis gegangen, und zum andern Teil während der Untersuchungsmonate durch die Wurzeln neu aufgenommen worden. Nach Tab. 8 b verliert ja der Baum durch den herbstlichen Laubfall 1,8 kg Rohprotein, also rund 0,29 kg N. Diese Stickstoffmenge muss von einem Laubausbruch bis zum nächsten wieder vom Boden her ersetzt sein. Nun ist bekannt, dass die Stickstoffaufnahme der Buchen am stärksten in der zweiten Jahreshälfte (Juli bis Spätherbst) erfolgt; und da unser sommerlicher Ansatz in Tab. 36 von Mitte Juni bis Mitte September errechnet wurde, so dürfte ein Teil der im laufenden Jahr neu aufgenommenen 0,3 kg N in unsere Durchschnittszahlen eingedrungen sein und die gesuchte Differenz verkleinert haben.

Wir dürfen also sagen: *während des Laubausbruches erfolgt ein mit grosser Wahrscheinlichkeit nachweisbarer Stickstoffentzug aus den Zweigen* (im Falle unseres Beispieles rund 9 g), *aus dem Astholz* (rund 52 g), *aus dem Jungholz des Stammes* (0,12 kg) *und aus dem Reifholz des Stammes* (0,33 kg); in den Zweigen beträgt der Entzug rund 10 % der vorhandenen Stickstoffmenge, im Astholz rund 17 %, im Jungholz des Stammes rund 24 % und im Reifholz des Stammes rund 21 %. *Dagegen konnte in der Astrinde und in der Stammrinde kein Stickstoffentzug nachgewiesen werden;* es lässt sich vorläufig nicht ent-

scheiden, ob in der Rinde überhaupt keine in Betracht fallende Reserve-Eiweissverbindungen mobilisiert werden oder ob sich diese Abwanderung nur deshalb nicht feststellen liess, weil sie durch die in Wanderung begriffenen Stickstoffverbindungen überdeckt wird. Wir kommen im II. Teil auf die Frage zurück.

## § 6. Mineralstoffe, Azidität und Gerbstoffgehalte der Stämme.

Der Jahresdurchschnitt der Aschengehalte unserer Buchenstämme (Mittel aus den 17 A-Stämmen der Tab. 6) ist in der zweiten Kolonne der Tab. 40 eingetragen; er beläuft sich auf 5,47 % in der Stammrinde, auf 0,40 % im Jungholz und auf 0,46 % im Reifholz. Die Stammrinde weist also den gleichen Aschengehalt auf wie die Astrinde, und erst die Wurzelrinde lässt einen erheblich höhern Gehalt erkennen; das Stammholz ist dagegen deutlich aschenärmer als das Astholz und das Wurzelholz, wobei, wie zu erwarten war, der Aschengehalt vom Jungholz zum Reifholz hin ansteigt.

Um über die durchschnittliche Zusammensetzung der Asche unserer Buchenstämme (und gleich auch der Äste, Wurzeln usw.) ein Bild zu gewinnen, sind in den Tab. 39 und 40, ohne Rücksicht auf die Fällungszeit, die arithmetischen Mittel (also die *Jahres*durchschnitte) aus den je drei oder vier zusammengehörenden Analysen der Tab. 7, 8, 37 und 38 berechnet worden (mit Ausnahme der Knospen, für die nur eine Fällung vorlag).

In der Rinde stellt der Kalk den grössten Anteil am Gesamtaschengehalt (Tab. 39) : in der Stammrinde volle 73 %, in der Astrinde 67 % und in der Wurzelrinde 64 %; im Holz tritt der Kalk zurück und macht im Jungholz des Stammes nur noch 34 % der Gesamtasche aus, im Reifholz des Stammes 39 %, im Astholz 25 % und im Wurzelholz 35 %.

Die meisten übrigen Bestandteile verhalten sich umgekehrt wie der Kalk; so weisen die Aschen der Rinden geringere Prozentsätze an Kali und Magnesia auf als die Aschen des Holzes; auch Eisen, Phosphorsäure und Schwefelsäure fügen sich diesem Bild ein; nur bei der Kieselsäure ist die Verteilung schwankend : In der Rinde der Äste und der Wurzeln besteht ein verhältnismässig viel grösserer Teil der Gesamtasche aus Kieselsäure als im entsprechenden Holz; im Jungholz des Stammes ist dagegen der Anteil der Kieselsäure an der Gesamtasche ungefähr gleich gross wie in der Rinde, während im Reifholz eine leichte Anreicherung der Gesamtasche an Kieselsäure stattfand.

Ähnlich gestaltet sich das Bild, wenn wir die Werte auf die *Trockensubstanz* beziehen (Tab. 40) : in der Rinde werden die Mineralstoffe durch den Kalk dominiert, der in den Ästen in einer etwas geringern Menge vorhanden ist als im Stamm und in den Wurzeln, wäh-

Tabelle 37.

Die chemische Zusammensetzung der Buchenasche im Laufe eines Jahres. (Werte bezogen auf die Reinasche.)

| Material | Fällungstag 1933 | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Stamm-Rinde . . . . | 13. Januar . . . . . | 5,01 | 11,59 | 0,35 | 70,90 | 3,16 | 0,73 | 0,83 | 7,09 | 2,92 | 2,41 | 0,02 |
| | 15. Juni . . . . . | 6,36 | 7,43 | 0,27 | 72,29 | 2,60 | 0,83 | 1,46 | 10,63 | 2,62 | 1,85 | 0,02 |
| | 14. August . . . . . | 5,13 | 8,31 | 0,41 | 77,21 | 3,51 | 1,41 | 1,80 | 3,51 | 2,48 | 3,31 | 0,02 |
| | 16. November . . . . | 5,06 | 11,30 | 0,40 | 72,01 | 2,78 | 0,60 | 1,19 | 5,72 | 3,01 | 3,19 | 0,04 |
| Stamm-Jungholz . . . | 13. Januar . . . . . | 0,39 | 31,42 | 0,60 | 30,20 | 9,97 | 0,91 | 6,95 | 4,53 | 5,44 | 8,16 | 1,82 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,47 | 19,15 | 0,43 | 34,05 | 10,64 | 1,06 | 12,13 | 6,39 | 5,38 | 9,70 | 1,06 |
| | 14. August . . . . . | 0,37 | 24,29 | 0,51 | 35,10 | 11,10 | 1,71 | 13,81 | 2,71 | 5,41 | 5,40 | 0,81 |
| | 16. November . . . . | 0,49 | 24,51 | 0,60 | 36,71 | 8,42 | 1,60 | 10,59 | 10,20 | 6,09 | 10,22 | 1,21 |
| Stamm-Reifholz . . . | 13. Januar . . . . . | 0,33 | 25,85 | 0,85 | 35,52 | 9,66 | 0,85 | 8,23 | 3,98 | 4,55 | 9,09 | 1,42 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,52 | 19,93 | 0,38 | 43,80 | 7,70 | 0,75 | 4,70 | 13,53 | 3,95 | 4,32 | 0,94 |
| | 14. August . . . . . | 0,33 | 21,20 | 0,60 | 42,41 | 9,11 | 0,62 | 6,09 | 9,11 | 3,01 | 6,11 | 1,20 |
| | 16. November . . . . | 0,56 | 23,19 | 0,49 | 35,71 | 9,02 | 0,69 | 5,41 | 14,32 | 3,58 | 7,09 | 0,89 |
| Wurzel-Rinde . . . . | 13. März . . . . . | 4,70 | 3,49 | 0,15 | 65,03 | 2,27 | 0,41 | 1,60 | 23,69 | 1,77 | 1,52 | 0,07 |
| | 15. Juni . . . . . | 7,36 | 2,40 | 0,31 | 62,01 | 2,02 | 0,50 | 0,81 | 30,01 | 0,41 | 0,70 | 0,03 |
| Wurzel-Holz . . . . | 13. März . . . . . | 0,64 | 30,52 | 0,52 | 31,71 | 10,69 | 0,52 | 3,79 | 3,97 | 8,28 | 9,31 | 0,69 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,55 | 30,89 | 0,51 | 38,19 | 9,09 | 0,51 | 3,82 | 3,80 | 5,51 | 7,30 | 0,71 |

Tabelle 38.

Der Mineralstoffgehalt der Buchen im Laufe eines Jahres. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Material | Fällungstag 1933 | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Stamm-Rinde . . . . | 13. Januar . . . . . | 5,01 | 0,58 | 0,017 | 3,55 | 0,16 | 0,04 | 0,04 | 0,36 | 0,15 | 0,12 | 0,001 |
| | 15. Juni . . . . . | 6,36 | 0,47 | 0,017 | 4,60 | 0.17 | 0,05 | 0,09 | 0,68 | 0,17 | 0,12 | 0,001 |
| | 14. August . . . . . | 5,13 | 0,43 | 0,021 | 3,96 | 0,18 | 0,07 | 0,09 | 0,18 | 0,13 | 0,17 | 0,001 |
| | 16. November . . . . | 5,06 | 0,57 | 0,020 | 3,64 | 0,14 | 0,03 | 0,06 | 0,29 | 0,15 | 0,16 | 0,002 |
| Stamm-Jungholz . . . | 13. Januar . . . . . | 0,39 | 0,12 | 0,002 | 0,12 | 0,04 | 0,004 | 0,027 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,007 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,47 | 0,09 | 0,002 | 0,16 | 0,05 | 0,005 | 0,057 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,005 |
| | 14. August . . . . . | 0,37 | 0,09 | 0,002 | 0,13 | 0,04 | 0,006 | 0,051 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,003 |
| | 16. November . . . . | 0,49 | 0,12 | 0,003 | 0,18 | 0,04 | 0,008 | 0,052 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,006 |
| Stamm-Reifholz . . . | 13. Januar . . . . . | 0,33 | 0,09 | 0,003 | 0,12 | 0,03 | 0,003 | 0,027 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,005 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,52 | 0,10 | 0,002 | 0,23 | 0,04 | 0,004 | 0,024 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,005 |
| | 14. August . . . . . | 0,33 | 0,07 | 0,002 | 0,14 | 0,03 | 0,002 | 0,020 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,004 |
| | 16. November . . . . | 0,56 | 0,13 | 0,003 | 0,20 | 0,05 | 0,004 | 0,031 | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 0,005 |
| Wurzel-Rinde . . . . | 13. März . . . . . | 4,70 | 0,16 | 0,007 | 3,06 | 0,11 | 0,02 | 0,08 | 1,11 | 0,08 | 0,07 | 0,003 |
| | 15. Juni . . . . . | 7,36 | 0,18 | 0,020 | 4,62 | 0,15 | 0,04 | 0,06 | 2,21 | 0,03 | 0,05 | 0,002 |
| Wurzel-Holz . . . . | 13. März . . . . . | 0,64 | 0,20 | 0,003 | 0.20 | 0,07 | 0,003 | 0,024 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0.004 |
| | 15. Juni . . . . . | 0,55 | 0,17 | 0,003 | 0,21 | 0,05 | 0,003 | 0,020 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,004 |

rend im Holz alle drei Partien ungefähr die gleichen Ansätze aufweisen, vielleicht mit einer leichten Anreicherung in den Wurzeln.

Kali ist, absolut genommen, in der Rinde der Äste und des Stammes 3—4mal so reichlich vorhanden wie im Holz; in den Wurzeln ist dagegen die Rinde ausgesprochen kaliarm, so dass ihr Kaligehalt sich ungefähr mit demjenigen des Wurzelholzes deckt.

Magnesium, Mangan, Kieselsäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure sind durchwegs in der Rinde in viel grösserer Menge vorhanden als im entsprechenden Holz (ausgenommen die Schwefelsäure in den Wurzeln), einzig beim Eisen liegen die Ansätze der Rinde nur um ein Geringes über denjenigen des Holzes.

Da entsprechende Analysen aus andern Gebieten nicht vorliegen, ist es leider nicht möglich zu erkennen, inwiefern diese, zum Teil überraschenden, Befunde für die Buche allgemeingültig und inwiefern sie lokal bedingt sind.

Wie gestaltet sich der Gang der Aschenanalysen des *Stammes* in den einzelnen Monaten ? Für die Gesamtaschengehalte können in dieser Hinsicht aus Tab. 6 keine Schlussfolgerungen gezogen werden, da die individuellen Schwankungen der Gesamtaschengehalte von einem Baum zum andern zwar, absolut genommen, nicht sehr gross sind, doch immerhin erheblich grösser als die *jahreszeitlichen* Schwankungen. Wir beschränken uns deshalb, wie bei der Besprechung der Aschengehalte der Blätter, der Zweige und der Äste, auf die Betrachtung der Einzelanalysen von vier repräsentativen Fällungen (Tab. 37 und 38): 1. volle Winterruhe (13. Januar); 2. kurz nach dem Laubausbruch (15. Juni); 3. Hochsommer (Mitte August); und 4. unmittelbar nach dem Laubfall (16. November).

Das *Kali* zeigt sowohl in der Stammrinde als im Jungholz (Tab. 38) eine Abnahme während des Laubausbruches, nicht aber im Reifholz; und zwar dauert in der Stammrinde (nicht aber im Jungholz) der Kalientzug, wie in den Zweigen und im Astholz, aus unbekannten Gründen (Abgabe an den jungen Jahrring ?) noch bis in den Hochsommer hinein an. Während des Laubausbruches wird von der Stammrinde 0,11 % $K_2O$, bezogen auf die Trockensubstanz, abgegeben, in absoluten Mengen rund 83 g; vom Jungholz werden während dieser Zeit 0,03 %, bezogen auf die Trockensubstanz, in Form von Kali abgegeben, in absoluter Menge 90 g. Zusammen mit den 70 g $K_2O$, die auf S. 220 für die Knospen und für die Abgabe aus den Zweigen und den Ästen berechnet wurden, ist somit für 243 g von den 310 g der Laubmasse die Herkunft nachgewiesen : *rund ein Drittel dürfte aus den Knospen, den Zweigen und den Ästen (und zwar vorwiegend aus dem Holz der Äste) stammen, rund ein weiteres Drittel aus der Stammrinde und rund ein letztes Drittel aus den äussern Jahrringen des Stammes.*

Tabelle 39.

Die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Buchenasche. (Jahresmittel, aus Tab. 7 und 37 berechnet.)

| Material | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Knospen . | 22,8 | 1,39 | 36,25 | 9,72 | 1,34 | 1,07 | 2,55 | 17,22 | 7,22 | 0,42 |
| Blätter . . | 25,1 | 0,96 | 25,23 | 6,23 | 0,97 | 0,94 | 31,14 | 6,59 | 3,39 | 0,03 |
| Zweige . . | 9,4 | 0,52 | 66,21 | 4,27 | 0,58 | 1,10 | 10,57 | 4,19 | 2,89 | 0,09 |
| Aeste | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 8,4 | 0,45 | 67,34 | 3,29 | 0,78 | 1,12 | 13,07 | 2,96 | 2,31 | 0,17 |
| Holz . . | 25,3 | 1,37 | 25,34 | 17,81 | 1,06 | 7,12 | 5,29 | 7,80 | 7,89 | 0,91 |
| Stamm | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 9,65 | 0.35 | 73,10 | 3,01 | 0,89 | 1,32 | 6,73 | 2,75 | 2,69 | 0,02 |
| Jungholz . | 24,84 | 0,54 | 34,01 | 10,33 | 1,32 | 10,87 | 5,96 | 5,58 | 8,37 | 1,23 |
| Reifholz . | 22,54 | 0,58 | 39,36 | 8,87 | 0,72 | 6,11 | 10,23 | 3,77 | 6,61 | 1,11 |
| Wurzeln | | | | | | | | | | |
| Rinde . . | 2,92 | 0,23 | 63,52 | 2,14 | 0,45 | 1,20 | 26,85 | 1,09 | 1,11 | 0,05 |
| Holz . . | 30,70 | 0,51 | 34,95 | 9,89 | 0,51 | 3,80 | 3,88 | 6,89 | 8,30 | 0,70 |

Tabelle 40.

Der durchschnittliche Mineralstoffgehalt der Buchen. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz und als Jahresmittel aus der Tab. 8 und 38 berechnet.)

| Material | Aschengehalt[1] | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydul MnO | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Knospen . . . | 2,73 | 0,68 | 0,04 | 1,08 | 0,29 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,52 | 0,21 | 0,012 |
| Blätter . . . . | 4,11 | 1,15 | 0,004 | 1,16 | 0,28 | 0,05 | 0,04 | 1,52 | 0,29 | 0,15 | 0,001 |
| Zweige . . . . | 3,75 | 0,37 | 0,02 | 2,46 | 0,16 | 0,03 | 0,04 | 0,40 | 0,16 | 0,12 | 0,004 |
| Aeste | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 5.47 | 0,46 | 0,02 | 3,46 | 0,18 | 0,04 | 0,06 | 0,69 | 0,16 | 0,12 | 0,01 |
| Holz . . . . | 0,63 | 0,16 | 0,04 | 0,17 | 0,11 | 0,006 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,005 |
| Stamm | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 5,47 | 0,50 | 0,019 | 3,94 | 0,16 | 0,05 | 0,07 | 0,38 | 0,15 | 0,14 | 0,001 |
| Jungholz . . | 0,40 | 0,11 | 0,002 | 0,15 | 0,04 | 0,006 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,005 |
| Reifholz . . | 0,46 | 0,10 | 0,003 | 0,17 | 0,04 | 0,003 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,005 |
| Wurzeln | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 7,21 | 0,17 | 0,013 | 3,84 | 0,13 | 0,03 | 0,07 | 1,66 | 0,05 | 0,06 | 0,003 |
| Holz . . . . | 0,64 | 0,18 | 0,003 | 0,21 | 0,06 | 0,003 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0.05 | 0,004 |

[1] Jahresmittel, berechnet aus Tabelle 6.

Um gewissermassen einen experimentellen Einblick in diese Verschiebungen zu erhalten, haben wir den B-Stamm des 4. Mai sowohl im frisch geschlagenen Zustand als einen Monat später (nachdem er, auf dem Erdboden liegend, ausgetrieben hatte) analysiert. Wir hofften, auf diese Weise feststellen zu können, welcher Anteil der Mineralstoffe, die von der Blattmasse während ihrer Entwicklung benötigt werden, den *Vorräten* des Baumes entnommen wird, und welcher Anteil unmittelbar aus dem Erdboden stammt; denn die geschlagenen, auf dem Waldboden liegenden und dort austreibenden B-Stämme müssen ja ihren gesamten Mineralstoffbedarf aus ihren eigenen Reserven decken.

Leider wuchs die Versuchslage weniger eindeutig aus, als wir erwartet hatten; es liess sich zwar voraussehen, dass in dem von uns untersuchten untersten Stammstück zwei Saftströmungen einander entgegengesetzt verlaufen würden: 1. die normale Saftströmung nach oben gegen die Krone hin, und 2. die durch die Verdunstung an der Schnittfläche bedingte, traumatische Saftströmung nach unten, gegen die Schnittfläche hin; wir hatten jedoch gehofft, dass der durch den erstgenannten Saftstrom bedingte Mineralstoffentzug die durch die zweitgenannte Strömung hervorgerufene künstliche Mineralstoffanreicherung bei weitem überdecken würde; dies trifft leider nicht für alle Aschenbestandteile gleichermassen zu, im Gegenteil: es werden durch den traumatischen Verdunstungsstrom fast ebenso viele Mineralstoffe in die untersten 30 cm des Stammes geführt als durch den natürlichen Saftstrom während des Laubausbruches dort mobilisiert wurden, so dass die absolute Gewichtsmenge der Aschenbestandteile in diesen untersten 30 cm sich in summa ungefähr gleich bleibt. Unsere Analysen der Tab. 41 dürfen deshalb nur mit Vorbehalten ausgewertet werden; ihre Zahlen weichen überdies von denjenigen der Tab. 37 erheblich ab; dies mag damit zusammenhängen, dass dieser B-Stamm etwas entfernt von den übrigen Stämmen geschlagen wurde.

Im Tab. 41 beziffert sich die Kaliabgabe in der Stammrinde des auf dem Erdboden liegend ausschlagenden Baumes auf 0,14 %, bezogen auf die Trockensubstanz, im Jungholz auf 0,012 % und im Reifholz auf 0,007 %; die absoluten Ausmasse dieser Kaliabgaben sind, aus den angeführten Gründen, für uns weniger aufschlussreich als die Tatsache, dass wahrscheinlich auch aus dem Reifholz des Stammes (was in Tab. 38 nicht zu erkennen war) während des Laubausbruches ein (geringer) Kalientzug stattfindet. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die in der oben angestellten Überschlagsrechnung fehlenden 70 kg $K_2O$ zum Teil durch diesen Kalientzug aus dem Reifholz gedeckt werden.

Der *Natron*gehalt zeigt in Tab. 38 keine vegetationsrhythmischen Schwankungen, die Grössenordnung der abgewanderten Quote ist also offenbar viel geringer als die individuelle Schwankung von einem

Tabelle 41.

Der Einfluss des Laubausbruches auf den Mineralstoffhaushalt geschlagener Buchenstämme (B-Stamm vom 4. Mai).

| Material | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxydduloxyd $Mn_3O_4$ | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | Werte bezogen auf die Asche | | | | | | | | | | |
| Stammrinde | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 6,21 | 13,41 | 0,30 | 71,34 | 1,92 | 0,61 | 1,04 | 6,34 | 3,14 | 1,75 | 0,02 |
| gelagert | 6,14 | 11,27 | 0,42 | 72,30 | 3,26 | 0,66 | 0,91 | 6,01 | 2,50 | 2,64 | 0,02 |
| Jungholz | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 0,35 | 33,60 | 0,23 | 32,59 | 10,58 | 0,95 | 8,31 | 4,53 | 4,89 | 4,03 | 0,29 |
| gelagert | 0,32 | 33,19 | 0,32 | 32,69 | 12,18 | 0,95 | 8,02 | 3,94 | 4,32 | 6,08 | 0,29 |
| Reifholz | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 0,43 | 29,01 | 0,29 | 41,30 | 10,03 | 0,82 | 6,24 | 3,13 | 5,18 | 3,76 | 0,24 |
| gelagert | 0,41 | 28,87 | 0,30 | 40,75 | 9,96 | 0,82 | 5,37 | 3,17 | 4,68 | 5,85 | 0,23 |
| | Werte bezogen auf die Trockensubstanz | | | | | | | | | | |
| Stammrinde | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 6,21 | 0,833 | 0,0186 | 4,430 | 0,119 | 0,0379 | 0,0646 | 0,3937 | 0,1950 | 0,1087 | 0,0012 |
| gelagert | 6,14 | 0,692 | 0,0258 | 4,439 | 0,200 | 0,0405 | 0,0559 | 0,3691 | 0,1535 | 0,1621 | 0,0012 |
| Jungholz | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 0,35 | 0,118 | 0,0008 | 0,114 | 0,037 | 0,0033 | 0,0291 | 0,0159 | 0,0171 | 0,0141 | 0,0010 |
| gelagert | 0,32 | 0,106 | 0,0010 | 0,105 | 0,039 | 0,0030 | 0,0257 | 0,0127 | 0,0138 | 0,0195 | 0,0009 |
| Reifholz | | | | | | | | | | | |
| frisch geschlagen | 0,43 | 0,125 | 0,0012 | 0,178 | 0,043 | 0,0035 | 0,0268 | 0,0134 | 0,0223 | 0,0159 | 0,0010 |
| gelagert | 0,41 | 0,118 | 0,0012 | 0,167 | 0,041 | 0,0034 | 0,0220 | 0,0130 | 0,0192 | 0,0240 | 0,0009 |

Baum zum andern; beim künstlich ausgetriebenen B-Stamm der Tab. 41 hat trotz des Ausschlagens sogar eine Natronanreicherung stattgefunden, die mit der traumatischen Saftströmung zusammenhängen dürfte.

Der *Kalk*bedarf der Krone wird nach den Berechnungen von S. 222 durch den Entzug aus den Zweigen und den Ästen fast völlig gedeckt; es kann daher nicht verwundern, dass aus dem Stamm während des Laubausbruches keine nachweisbaren Kalkmengen abwandern (Tabelle 38); diese Abwanderungen müssten ja sehr umfangreich sein, um bei der grossen Derbmasse des Stammes über den Bereich der (beim Kalkgehalt) verhältnismässig grossen individuellen Schwankungen der einzelnen Bäume hinauszukommen. Im B-Stamm der Tab. 41 findet in der Rinde während der Lagerung eine deutliche Anreicherung an Kalk statt, im Jungholz und im Reifholz dagegen eher ein Kalkentzug; doch liegen die Ausmasse dieses Entzuges wahrscheinlich noch im Bereich der üblichen Kalkgehaltsschwankungen.

Beim *Magnesium* und beim *Mangan* stehen wir in Tab. 38 vor einer ähnlichen Sachlage wie auf S. 223 bei der Besprechung der Zweige und der Äste : wir vermögen nicht zu sagen, ob und woher diese Stoffe bezogen wurden, da die vielleicht vorhandenen jahreszeitlichen Schwankungen durch die individuellen Ausschläge verwischt werden. Beim B-Stamm der Tab. 41 tritt, wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Verdunstungsstrom, während der Lagerung eher eine Zu- als eine Abnahme an diesen beiden Stoffen ein.

Beim *Eisen* scheint in Tab. 38 im Reifholz ein deutlicher Entzug zu erfolgen, während die Zahlen in der Rinde und im Jungholz wiederum durch die inividuellen Schwankungen überdeckt werden. Beim B-Stamm der Tab. 41 erfolgt in allen drei Partien eine deutliche Abwanderung von Eisen während des Laubausbruches : 0,009 % (bezogen auf die Trockensubstanz) in der Stammrinde, 0,003 % im Jungholz und 0,005 % im Reifholz. Rechnen wir diese Beträge auf absolute Gewichte um, so gelangen wir zu einer Abwanderung von 6,8 g aus der Rinde, 9 g aus dem Jungholz und 55 g aus dem Reifholz. Diese Mengen übertreffen den wirklichen Eisenbedarf der Krone um ein Mehrfaches, so dass wir annehmen müssen, sie seien zum Teil traumatisch bedingt.

Für die *Kieselsäure* haben wir auf S. 223 ausgerechnet, dass die 210 g, die im frisch entfalteten Laub vorhanden sind, jedenfalls nur zu einem unbedeutenden Teil aus den Zweigen und den Ästen stammen können; desgleichen muss ungefähr die Hälfte der Kieselsäure, die während des Einherbstens in der Blattmasse neu auftritt, aus dem Stamm und den Wurzeln hergeschafft worden sein. Die Tab. 38 gibt uns über diese Kieselsäureverschiebungen im Stamm keine Auskunft : die individuellen Verschiedenheiten verwischen wiederum alles. In der Stammrinde und im Jungholz des B-Stammes der Tab. 41 wird für die Zeit des Laubausbruches eine gewisse Abwanderung von Kieselsäure

nachgewiesen, doch nur im Betrage von 0,025 % (= 19 g) in der Rinde und von 0,003 % (= 9 g) im Jungholz; diese Bezüge reichen also bei weitem nicht aus, um die geforderten 210 g zu decken. Die Herkunft der in der frisch entfalteten Krone vorhandenen 210 g $SiO_2$ lässt sich demnach auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht feststellen.

Bei der *Phosphorsäure* werden rund ¾ des Bedarfes der Krone aus den Zweigen und den Ästen gedeckt (S. 225); mit dieser Berechnung stimmen die Ergebnisse der Tab. 38 gut überein, die für den Stamm keine merklichen Phosphorsäurebezüge erkennen lassen; dagegen zeigt der B-Stamm der Tab. 41 einen deutlichen Phosphorsäureverlust; wir vermögen diesen Befund nicht zu deuten; es wäre an sich möglich, dass aus den verletzten Geweben und ihrer Nachbarschaft Phosphorsäure in die unverletzten Partien abwandert.

Völlig undurchsichtig gestalten sich endlich die Wanderungen des *Schwefels*. In den stehenden Stämmen der Tab. 38 ist keine eindeutige Abwanderung von Schwefel aus Rinde, Jungholz und Reifholz zu erkennen; beim B-Stamm der Tab. 41 findet sogar, trotz des Laubausbruches, während der einmonatigen Lagerung eine ausgesprochene Anreicherung an $SO_3$ statt. Es ist unzweifelhaft, dass diese Schwefelanhäufung durch den nach der Schnittfläche hin fliessenden Verdunstungsstrom hervorgerufen wurde; vielleicht mag auch die Zunahme der Azidität während des Lagerungsmonates mit ihr in Beziehung stehen: Stammrinde, frisch geschlagen, pH 5,17, ein Monat gelagert pH 5,03; Jungholz pH 5,17 bzw. 5,10; Reifholz pH 5,29 bzw. 5,15. Über die Natur dieser schwefelhaltigen Verbindungen lässt sich jedoch auf Grund der Tab. 41 nicht viel aussagen, da sich die Verschiebungen andauernd überkreuzen. Es wäre auch möglich, an Eiweissverbindungen zu denken, die im untersten Stück des B-Stammes vom 4. Mai in allen drei Partien während des Lagerungsmonates (trotz des Laubausbruches) zunehmen (Tab. 35); doch stimmt der Phosphorsäureverlust damit nicht überein. Die Deutung der Schwefelanhäufung muss daher offen bleiben.

Im Gegensatz zu den Analysen der Zweige und der Äste vermögen also die Mineralstoffanalysen des Stammes nur unbedeutende Aufschlüsse über die Art der Mineralstoffwanderungen zu vermitteln: die mutmasslichen jahreszeitlichen Schwankungen sind viel geringer als die individuellen Schwankungen von einem Stamm zum andern. Doch lässt sich diese Aussage auch in einem positiven Sinn formulieren: *Die Beanspruchung der im Stamm der Buchen liegenden Mineralstoffe durch den Laubausbruch und durch die Ausbildung des Jahrringes ist, verglichen mit den vorhandenen Mengen, derart geringfügig, dass sie als solche gar nicht in die Erscheinung tritt;* somit bestätigt sich auch hier wieder die Erfahrung, dass die Reserven der Buchen*stämme* derart gross sind, dass sie durch den gewöhnlichen vegetativen Entwicklungs-

rhythmus (Laubausbruch, Bildung des Jahrringes, Laubfall) kaum in spürbarer Weise angetastet werden.

Im Anschluss an die Besprechung der Mineralstoffgehalte werfen wir noch einen Blick auf den jährlichen Gang der Azidität und der Gerbstoffgehalte der Stämme.

Die *Reaktion* (Tab. 17) lässt, im Gegensatz zu den Fichten und Tannen, in den drei Stammpartien keine jahreszeitliche Schwankung erkennen; falls eine derartige Schwankung wirklich vorhanden ist (woran kaum zu zweifeln sein dürfte), so muss sie kleiner sein als die individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern. Auch die Reaktionsänderungen der B-Stämme verlaufen derart wirr, dass wir darauf verzichten, sie hier einzeln aufzuführen.

Tabelle 42.

Die Schwankungen des Gerbstoffgehaltes in der Stammrinde gelagerter Buchen.

| Fällungstag 1933 | frisch | gelagert | Zu- oder Abnahme |
|---|---|---|---|
| | % | % | % |
| 13. Januar . . . | 1,46 | 3,21 | +119,8 |
| 15. Februar . . . | 1,81 | 2,39 | + 31,5 |
| 13. März . . . . | 2,08 | 2,31 | + 11,1 |
| 3. April . . . | 3,61 | 2,90 | — 19,7 |
| 18. April . . . . | 2,82 | 1,73 | — 38,7 |
| 4. Mai . . . . | 2,65 | 2,12 | — 20,0 |
| 15. Mai . . . . | 2,34 | 2,14 | — 8,5 |
| 1. Juni . . . . | 1,83 | 1.55 | — 15,3 |
| 15. Juni . . . . | 1,91 | 1,19 | — 37,7 |
| 17. Juli . . . . | 2,29 | 1,98 | — 13,5 |
| 14. August . . . | 2,75 | 1,97 | — 28,4 |
| 13. September . . | 1,95 | 2,00 | + 2,6 |
| 12. Oktober . . | 2,34 | 1,79 | — 23,5 |
| 26. Oktober . . | 1,86 | 1,78 | — 4,3 |
| 16. November . . | 1,59 | 1,93 | + 21,4 |
| 18. Dezember . . | 1,70 | 2,21 | + 30,0 |

Die Analysen des aktiven *Gerbstoffes* (Tab. 18) lieferten ebenfalls nicht den gewünschten Aufschluss. In der Rinde der echten Kastanien soll ja, nach Erfahrungen der Gerbstoffindustrie, der Gehalt an aktivem Gerbstoff im Sommer geringer sein als im Winter. Wir vermochten hierfür bei den Buchen kein Analogon zu finden : die individuellen Schwankungen sind zu gross, als dass man den (vielleicht vorhandenen) jahreszeitlichen Ausschlag durch die Betrachtung einer Aufeinanderfolge einzelner Individuen zu fassen vermöchte. Dagegen lieferten die Analysen der B-Stämme (Tab. 42) ein Ergebnis, das stutzig machen

muss : während der ausgesprochenen Wintermonate November bis und mit März findet in der Stammrinde der auf dem Waldboden liegenden B-Bäume eine unzweifelhafte Anreicherung an aktivem Gerbstoff statt, während der vollen Vegetationstätigkeit (April bis August) zeigen dagegen die Gerbstoffgehalte in den Stammrinden eine ebenso eindeutige Abnahme. Die Gerbstoffgehalte scheinen also doch irgendwie vegetationsrhythmisch gebunden zu sein; doch würde es den Rahmen dieser Untersuchung überschreiten, wollte man dieser Frage im einzelnen nachgehen.

## *4. Kapitel. Das Verhalten der Wurzeln.*

Zur Beschaffung des Materials für die Untersuchung der Wurzeln wurden handgelenkdicke Hauptwurzeln ausgegraben, mit der Bürste bei einer Quelle abgewaschen und mit einem Tuch nachgetrocknet.

Wir gliedern dieses Kapitel, wie die drei vorangehenden, in 6 Unterkapitel, die mit den Wassergehalten beginnen und mit den Mineralstoffen schliessen.

### § 1. Der Wassergehalt der Wurzeln.

Im *Jahresdurchschnitt* (arithmetisches Mittel aus den entsprechenden Kolonnen der Tab. 9) beträgt der Wassergehalt der Wurzelrinde 95,0 %, derjenige des Wurzelholzes 116,1 %. Die Jahresmittel der Wassergehalte verlaufen also (Tab. 43) in der Rinde unregelmässig; im Holz nehmen sie vom Astholz über das Jungholz des Stammes zum Wurzelholz hin andauernd zu, wogegen das Reifholz als erheblich trockener aus dem Rahmen fällt.

Tabelle 43.
Die durchschnittlichen Wassergehalte (Jahresmittel) der Buchen.

| Material | % | % |
|---|---|---|
| Aeste | | |
| Rinde . . . . | 81,9 | |
| Holz . . . . | | 76,1 |
| Stamm | | |
| Rinde . . . . | 73,2 | |
| Jungholz . . . | | 91,0 |
| Reifholz . . . | | 72,0 |
| Wurzeln | | |
| Rinde . . . . | 95,0 | |
| Holz . . . . | | 116,1 |

Bezüglich des *jahreszeitlichen Ganges* der Wassergehalte weist die *Wurzelrinde* während der Winterruhe (November bis März) und bis weit in das Frühjahr hinein (bis Ende Mai) nur geringe Schwankungen auf;

ihr Wassergehalt, bezogen auf die Trockensubstanz, schwankt ungefähr zwischen 80 und 100 % (Abb. 18). In der ersten Hälfte Juni setzt das Dickenwachstum ein, daran erkennbar, dass die Rinde, im Gegensatz zu den frühern Fällungen, leicht abgelöst werden kann; der Wassergehalt der Wurzelrinde steigt während dieser Zeit, bis Mitte Juli, steil auf rund 135 % an und fällt sodann gegen den Herbst hin wieder auf die winterliche Quote von rund 80—100 % zurück.

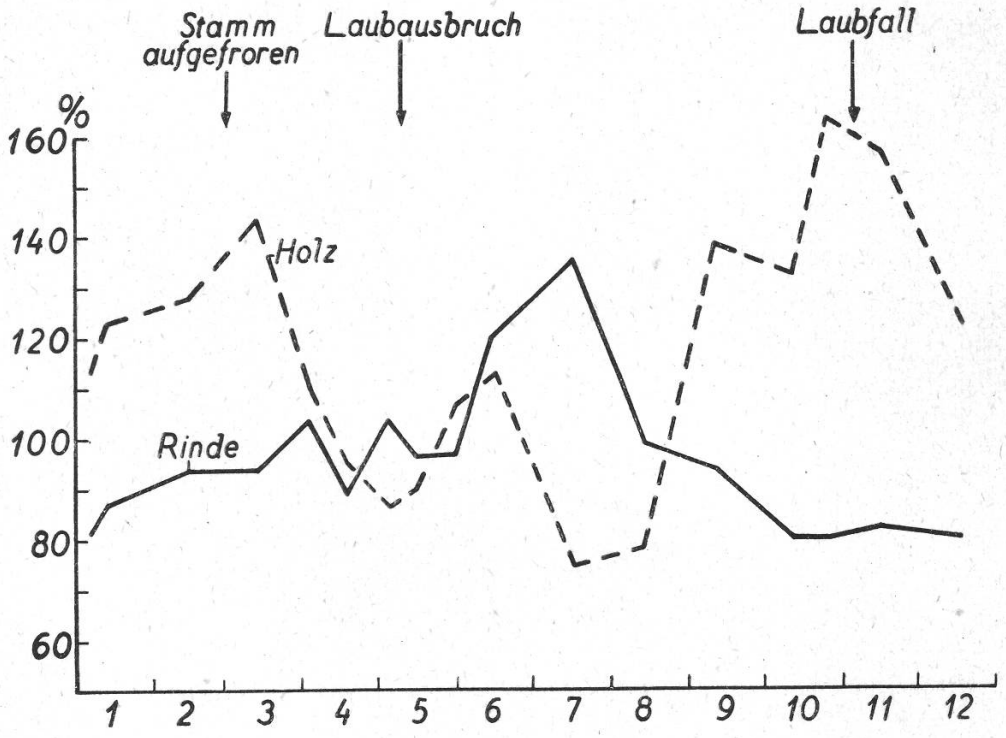


Abbildung 18.

Der Wassergehalt der Buchenwurzeln im Laufe eines Jahres. (Die Prozentzahlen sind auf die Trockensubstanz bezogen.)

Erheblich anders verhält sich das *Wurzelholz*. Von Neujahr bis Mitte März steigt sein Wassergehalt ziemlich gleichmässig von rund 110 auf rund 140 % an. Man darf wohl annehmen, dass dieser Anstieg durch eine Saft*stauung* verursacht wird; denn einerseits sind die Stämme bis anfangs März mehrere Zentimeter tief unter der Rinde gefroren und können deshalb von den Wurzeln her kein Wasser aufnehmen; anderseits ist aber der Waldboden unter der Laubdecke nur etwa 5 cm tief gefroren, so dass eine beschränkte Aufnahmetätigkeit der (bei der Buche sehr tief in den Boden dringenden) Wurzeln möglich war. Durch diese Diskrepanz zwischen der Kältestarre der Stämme einerseits und der (wenn auch beschränkten) Tätigkeit der Wurzeln anderseits ist wohl die Saftstauung im Wurzelholz zustande gekommen.

Sowie nun die Stämme in der ersten Hälfte März aufzutauen beginnen, sinkt der Wassergehalt des Wurzelholzes rasch ab und erreicht

in der ersten Hälfte Mai mit 80—90 % ein erstes Minimum, so dass nunmehr, wie auch in der gleich folgenden Zeit, die prozentualen Wassergehalte des Wurzelholzes und diejenigen der Wurzelrinde auf ungefähr der gleichen Ebene liegen (im Mittel der sechs Fällungen von anfangs April bis Mitte Juni beträgt das arithmetische Mittel der Wassergehalte sowohl beim Wurzelholz als bei der Wurzelrinde rund 100 %; dabei bleibt immerhin zu berücksichtigen, dass der Bezugspunkt für diese beiden Werte wegen des ungleichen spezifischen Gewichtes von Holz und Rinde ein verschiedener ist.

Ob dem erneuten Ansteigen des Wassergehaltes im Wurzelholz von anfangs Mai bis Mitte Juni ein tieferer Sinn zukommt (z. B. im Zusammenhang mit dem nunmehr einsetzenden Dickenwachstum der Wurzeln) oder ob es sich hier nur um eine Zufälligkeit handelt, verursacht durch die Niederschlagsverhältnisse (Abb. 1), kann auf Grund des vorliegenden Zahlenmaterials nicht entschieden werden.

Die beiden Hochsommermonate Juli und August bringen ein Minimum des Wassergehaltes im Wurzelholz, welches Minimum ungefähr in halber Höhe des frühjahrlichen Maximums liegt (Abb. 18). Gegen den Herbst hin steigt der Wassergehalt des Wurzelholzes wieder steil an und erreicht zur Zeit des Laubfalles ein zweites Maximum mit rund 160 %. Dieser Anstieg ist zweifelsohne vorwiegend oder fast ausschliesslich durch den Vegetationsrhythmus bedingt und daher von den Niederschlagsverhältnissen unabhängig; denn die Zeit von Mitte August bis Mitte September war im Sihlwald verhältnismässig trocken; dennoch steigt der Wassergehalt des Wurzelholzes während dieser Zeit auf fast den doppelten Betrag an. Ob es sich dabei um eine Rückwanderung von Stoffen aus dem Stamm und aus der Krone handelt (« der Saft zieht sich in den Stock zurück », wie der Forstmann sagt) oder ob hier wieder nur eine Saftstauung, verursacht durch die abnehmende Lebenstätigkeit des Baumes, vorliegt, kann auf Grund von Tab. 9 und Abb. 18 wiederum nicht entschieden werden.

Zusammenfassend können wir den jährlichen Gang der Wassergehalte der Buchenwurzeln unter den edaphischen und waldbaulichen Bedingungen des Sihlwaldes und unter den klimatischen Verhältnissen des Versuchsjahres 1933 folgendermassen umschreiben : Von anfangs September bis anfangs April enthält das Wurzelholz erheblich mehr Wasser (um die Hälfte bis um das Doppelte) als die Wurzelrinde (siehe Abb. 18). In der Zeit vor und nach dem Laubausbruch ist der Wassergehalt bei beiden ungefähr gleich gross. Während des Dickenwachstums der Wurzeln ist der Wassergehalt der Wurzelrinde erheblich grösser als derjenige des Wurzelholzes; nach Abschluss des Dickenwachstums der Wurzeln, gegen Ende August, findet wieder die Umkehr statt.

## § 2. Der Gehalt der Wurzeln an Kohlehydraten.

Im Jahresdurchschnitt (arithmetisches Mittel aus den entsprechenden Kolonnen der Tab. 44) sind in der Wurzelrinde 6,9 % gesamte Kohlehydrate vorhanden, im Wurzelholz 4,7 %; die Kohlehydratvorräte bewegen sich also ungefähr in der gleichen Grössenordnung wie diejenigen der Äste (Tab. 24). Auch der Anteil der *einzelnen* Kohlehydrate an diesen Summen (Tab. 27) ist ähnlich gegliedert wie in den Ästen, nur dass die Wurzeln etwas ärmer sind an Saccharose und dafür reicher an Stärke : ihr Holz ist in manchen Monaten mit Stärke sozusagen vollgepfropft.

Im *jährlichen Gang* der Kohlehydratgehalte lehnt sich die *Wurzelrinde* verhältnismässig eng an die Rinde des untersten Stammdrittels an : die Kurve der gesamten Kohlehydrate der Wurzelrinde sinkt in Abb. 19, ähnlich wie diejenige der Stammrinde in Abb. 16, nach dem Erwachen der Vegetationstätigkeit bis zum Einsetzen des Dickenwachstums in den Wurzeln von etwa 9,5 % bis auf weniger als einen Drittel hinunter ab, verharrt dann bis Ende August auf diesem Tiefstand, steigt hernach ziemlich gleichmässig an, und erreicht zur Zeit des Laubfalles wieder das winterliche Maximum. Im Mittel der Wintermonate beträgt der Kohlehydratgehalt der Wurzelrinde $9{,}7 \pm 0{,}28$ %, im Mittel der vier Herbstfällungen (Abschluss des Dickenwachstums !) $2{,}9 \pm 0{,}15$ %. Diese Schwankungen erfolgen vorwiegend zulasten der löslichen Kohlehydrate (Tab. 44); doch zeigt die Stärke in der Wurzelrinde zur Zeit des Einwinterns (in den Monaten Oktober und November) einen Höhepunkt, ähnlich wie dies in der Stammrinde (S. 256) der Fall war; nur

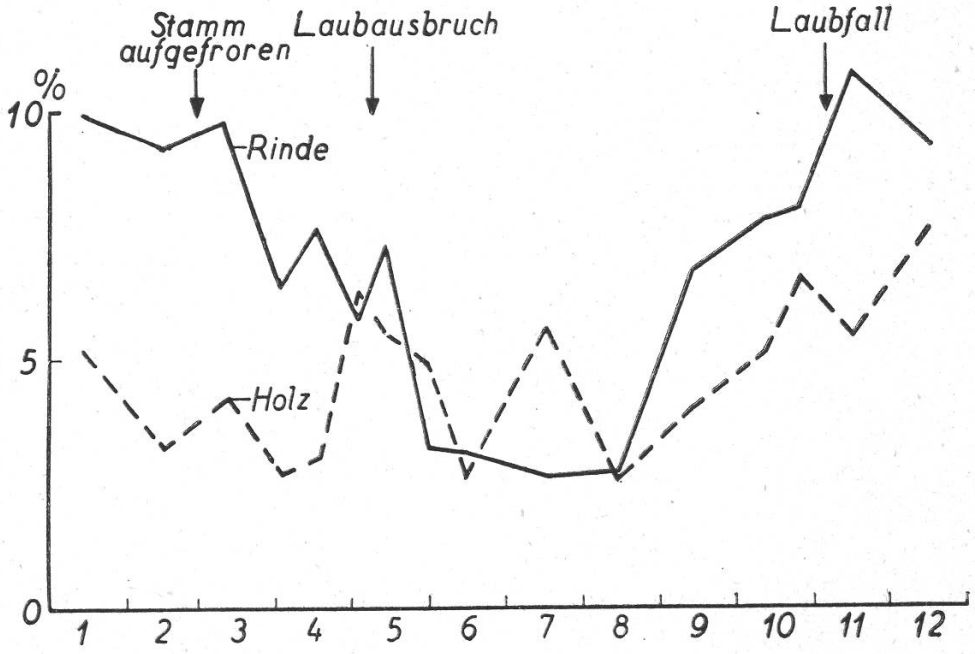


Abbildung 19.

Der jährliche Gang der Kohlehydrate in den Buchenwurzeln.

Tabelle 44.

Der Kohlehydratgehalt der Buchenwurzeln im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | | | Holz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | 3,8 | 3,1 | — | — | — | — | 1,7 | 0,2 | — | 1,9 | 3,75 | 5,7 |
| 13. Januar | 4,0 | 5,4 | 0,1 | 9,5 | 0,39 | 9,9 | 1,7 | 0,1 | 0,04 | 1,8 | 3,38 | 5,2 |
| 15. Februar | 5,1 | 3,4 | 0,1 | 8,6 | 0,57 | 9,2 | 1,5 | 0,9 | 0,04 | 2,4 | 0,77 | 3,2 |
| 13. März | 2,8 | 6,2 | 0,4 | 9,4 | 0,28 | 9,7 | 1,4 | 1,9 | 0,07 | 3,4 | 0,79 | 4,2 |
| 3. April | 2,3 | 3,2 | 0,1 | 5,6 | 0,77 | 6,4 | 1,0 | 1,0 | 0,09 | 2,1 | 0,60 | 2,7 |
| 18. April | 2,4 | 4,6 | 0,1 | 7,1 | 0,46 | 7,6 | 1,0 | 0,7 | 0,04 | 1,7 | 1,22 | 3,0 |
| 4. Mai | 2,3 | 3,0 | 0,1 | 5,4 | 0,39 | 5,8 | 1,4 | 1,4 | 0,04 | 2,8 | 3,59 | 6,4 |
| 15. Mai | 2,8 | 2,3 | 0,1 | 5,2 | 1,98 | 7,2 | 1,3 | 0,7 | 0,05 | 2,1 | 3,40 | 5,5 |
| 1. Juni | 2,3 | 0,7 | 0,2 | 3,2 | Spuren | 3,2 | 1,4 | 0,3 | 0,05 | 1,8 | 3,11 | 4,9 |
| 15. Juni | 1,7 | 1,3 | 0,1 | 3,1 | Spuren | 3,1 | 0,7 | 0,4 | 0,05 | 1,2 | 1,44 | 2,6 |
| 17. Juli | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 1,9 | 0,68 | 2,6 | 0,7 | 0,1 | 0,05 | 0,9 | 4,72 | 5,6 |
| 14. August | 1,0 | 0,9 | 0,3 | 2,2 | 0,53 | 2,7 | 0,4 | 0,4 | 0,04 | 0,8 | 1,77 | 2,6 |
| 13. September | 2,6 | 3,2 | 0,3 | 6,1 | 0,72 | 6,8 | 0,9 | 0,7 | 0,10 | 1,7 | 2,26 | 4,0 |
| 12 Oktober | 2,2 | 2,7 | 0,3 | 5,2 | 2,58 | 7,8 | 1,4 | 1,5 | 0,07 | 3,0 | 2,14 | 5,1 |
| 26. Oktober | 2,5 | 3,3 | 0,3 | 6,1 | 1,89 | 8,0 | 1,4 | 1,2 | 0,10 | 2,7 | 3,91 | 6,6 |
| 16. November | 3,7 | 4,5 | 0,3 | 8,5 | 2,22 | 10,7 | 1,8 | 0,9 | 0,08 | 2,8 | 2,58 | 5,4 |
| 18. Dezember | 3,6 | 4,1 | 0,5 | 8,2 | 1,00 | 9,2 | 1,9 | 0,6 | 0,06 | 2,6 | 4,95 | 7,6 |

steht der Abbau dieses Stärkegipfels nicht, wie in der Stammrinde, mit einem entsprechenden Anstieg der Fettkurve im Zusammenhang, sondern die Stärkevorräte der Wurzelrinde werden in den von uns untersuchten Stämmen allmählich durch Umwandlung in lösliche Kohlehydrate (Glukose und Saccharose) mobilisiert (Tab. 44) und nicht in Form von Fetten dem Atmungsprozess zugeführt (Tab. 45). Es ist möglich, dass dieses unterschiedliche Verhalten mit den Aussentemperaturen in Beziehung steht : die Stämme gefrieren ja bis verhältnismässig tief ins Reifholz hinein, während die Temperatur der Wurzeln nur in Ausnahmefällen den Gefrierpunkt erreicht (siehe auch die Bodentemperaturmessungen bei Gäumann, Roth und Anliker, 1934).

Im *Wurzelholz* lässt sich, im Gegensatz zum Holz des Stammes und der Krone, aus der Tab. 44 und aus der Abb. 19 keine jahreszeitliche Schwankung der Kohlehydrate mit Sicherheit herauslesen, da die individuellen Schwankungen von einem Baum zum andern die jahreszeitlichen Verschiebungen überdecken. Im Mittel der Wintermonate beträgt der Gesamt-Kohlehydratgehalt des Wurzelholzes $5{,}4 \pm 0{,}70$ %, im Mittel der vier Herbstfällungen (Abschluss des Dickenwachstums) $3{,}9 \pm 0{,}78$ %; es ist also eine Differenz von 1,5 % in der gewünschten Richtung vorhanden, doch ist sie rechnerisch nicht sichergestellt, da der mittlere Fehler der Differenz $\pm 1{,}01$ beträgt. Diese Erscheinung ist bemerkenswert : einerseits sind die individuellen Ausschläge der Kohlehydratgehalte im Holz der Buchenwurzeln erheblich grösser als im Holz der Stämme, der Äste und der Zweige, und anderseits ist ihre Beanspruchung durch den Vegetationsrhythmus derart gering, dass diese Belastung nach aussen nicht eindeutig in die Erscheinung tritt.

Trotzdem können wir, mit allen Vorbehalten, versuchen, den Verlauf unserer Kohlehydratkurven mit dem Verlauf des Wurzelwachstums der Buchen in Beziehung zu bringen. Nach Engler (1903) beginnt das Wurzelwachstum der Buchen im schweizerischen Mittelland im günstigsten Fall ungefähr Ende März; anderseits kann es über das Neujahr hinaus bis Ende Januar andauern. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in Abb. 19 das Absinken der Kohlehydratkurve im Wurzelholz und in der Wurzelrinde während des Vorfrühlings mit dieser beginnenden Wachstumstätigkeit der Wurzeln in Beziehung steht; anfangs Mai würde dann, im Wurzelholz, vom Stamm her ein Kohlehydratnachschub erfolgen, dessen Betreffnis in der Zeit des starken Wurzelwachstums (bis Ende Juni) wieder aufgezehrt wird; mit dem sommerlichen Stillstand des Wurzelwachstums würde eine Kohlehydratanhäufung im Wurzelholz stattfinden (unser Kohlehydratmaximum im Juli), welche Vorräte während der spätsommerlichen Wurzelwachstumsperiode wieder abgebaut würden (Minimum im August), worauf die Speicherung der Winterreserven einsetzt. Doch sind dies selbstverständlich nur Mutmassungen : die Koinzidenz unserer Kohlehydratkurven mit den Eng-

l e r ' schen Beobachtungen über die Wachstumsperiodizität der Buchenwurzeln kann ebensogut auf einem Zufall beruhen.

## § 3. Der Gehalt der Wurzeln an Fetten und Fettsäuren.

Der durchschnittliche Fettgehalt der Wurzelrinde (arithmetisches Jahresmittel aus den Werten der Tab. 45) erreicht nur etwa einen Drittel der Beträge der Stamm- und der Astrinde (0,35 %; Tab. 24), während der Fettgehalt des Wurzelholzes sich mit 0,13 % zwanglos an das Holz des untersten Stammdrittels anschliesst.

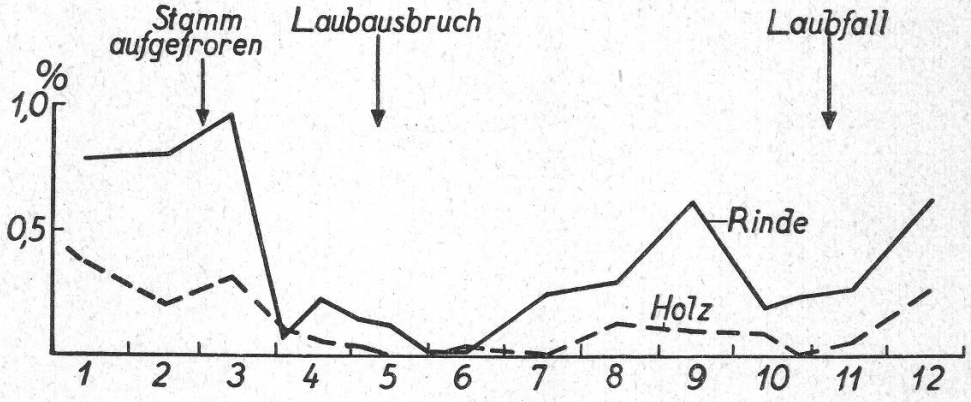


Abbildung 20.
Der jährliche Gang des Fettgehaltes der Buchenwurzeln.

In seinem *jährlichen Gang* zeigt der Fettgehalt der *Wurzelrinde* (Abb. 20) ein Maximum während der Winterruhe der Wurzeln (Monate Januar und Februar); mit dem Einsetzen der Wachstumstätigkeit der Wurzeln und, damit verbunden, der erhöhten Atmung sinkt die Fettkurve im Verlauf des Monats März steil ab, verharrt dann bis Mitte Juni auf einem Tiefstand, steigt (im Zusammenhang mit dem sommerlichen Stillstand des Wurzelwachstums ?) auf ein vorübergehendes Maximum in der ersten Septemberhälfte an, welches Maximum sogleich wieder (im Zusammenhang mit dem herbstlichen Wachstumsschub der Wurzeln ?) abgebaut wird; in den Monaten November und Dezember werden allmählich wiederum die winterlichen Vorräte angehäuft.

Ähnlich verläuft, im grossen und ganzen, der Fettgehalt des *Wurzelholzes;* wir dürfen deshalb annehmen, dass die charakteristischen Knickpunkte im Verlaufe der Fettkurven der Abb. 20 nicht auf einem Zufall, sondern wirklich auf dem Vegetationsrhythmus der Buchen beruhen.

## § 4. Der Gehalt der Wurzeln an Hemizellulosen.

Weder in der Wurzelrinde noch im Wurzelholz zeigen die Hemizellulosengehalte (Tab. 46) irgendeine vegetationsrhythmische Schwankung; dagegen mag auffallen, dass sich in der Rinde das gegenseitige

Tabelle 45.
Der Fettgehalt der Buchenwurzeln im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | Holz | |
|---|---|---|---|---|
| | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar | Fette und Fettsäuren | Unverseifbar |
| | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | — | 0,42 | 0,14 |
| 13. Januar | 0,78 | 0,31 | 0,37 | 0,10 |
| 15. Februar | 0,80 | 0,23 | 0,20 | 0,44 |
| 13. März | 0,96 | 0,36 | 0,31 | 0,07 |
| 3. April | 0,07 | 0,40 | 0,10 | 0,28 |
| 18. April | 0,22 | 0,34 | 0,05 | 0,42 |
| 4. Mai | 0,14 | 0,25 | 0,03 | 0,13 |
| 15. Mai | 0,12 | 0,42 | 0 | 0,39 |
| 1. Juni | 0,01 | 0,30 | 0 | 0,29 |
| 15. Juni | 0,01 | 0,26 | 0,02 | 0,11 |
| 17. Juli | 0,25 | 0,13 | 0 | 0,06 |
| 14. August | 0,29 | 0,13 | 0,13 | 0,08 |
| 13. September | 0,61 | 0,32 | 0,10 | 0,15 |
| 12. Oktober | 0,19 | 0,29 | 0,09 | 0,08 |
| 26. Oktober | 0,24 | 0,49 | 0 | 0,19 |
| 16. November | 0,27 | 0,17 | 0,05 | 0,09 |
| 18. Dezember | 0,63 | 0,20 | 0,27 | 0,12 |

Tabelle 46.
Der Gehalt der Buchenwurzeln an Hemizellulosen. (Werte bezogen auf die Trockensubstanz.)

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Holz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | — | — | — | — | 11,1 | 5,5 | — |
| 13. Januar | 2,3 | 4,4 | 9,5 | 16,2 | 1,3 | 11,8 | 7,9 | 21,0 |
| 15. Februar | 3,0 | 4,0 | 8,6 | 15,6 | 1,4 | 6,5 | 7,1 | 15,0 |
| 13. März | 2,5 | 3,8 | 6,1 | 12,4 | 1,5 | 6,0 | 8,2 | 15,7 |
| 3. April | 3,4 | 2,9 | 9,5 | 15,8 | 1,4 | 7,4 | 8,1 | 16,9 |
| 18. April | 2,8 | 3,3 | 7,8 | 13,9 | 1,3 | 8,6 | 8,9 | 18,8 |
| 4. Mai | 3,7 | 3,3 | 8,2 | 15,2 | 1,0 | 6,6 | 9,3 | 16,9 |
| 15. Mai | 5,0 | 3,1 | 11,0 | 19,1 | 1,9 | 9,0 | 11,2 | 22,1 |
| 1. Juni | 3,2 | 3,5 | 10,5 | 17,2 | 1,8 | 7,4 | 12,2 | 21,4 |
| 15. Juni | 4,3 | 3,2 | 14,1 | 21,6 | 1,9 | 6,3 | 10,3 | 18,5 |
| 17. Juli | 3,7 | 4,2 | 7,1 | 15,0 | 1,5 | 7,2 | 12,1 | 20,8 |
| 14. August | 3,9 | 4,6 | 10,2 | 18,7 | 1,7 | 11,0 | 11,2 | 23,9 |
| 13. September | 4,7 | 3,9 | 9,3 | 17,9 | 1,8 | 10,9 | 10,3 | 23,0 |
| 12. Oktober | 2,4 | 5,2 | 6,7 | 16,3 | 1,5 | 11,3 | 8,6 | 21,4 |
| 26. Oktober | 2,9 | 4,1 | 9,8 | 16,8 | 2,1 | 9,7 | 7,9 | 19,7 |
| 16. November | 2,3 | 4,7 | 10,1 | 17,1 | 1,3 | 10,4 | 8,4 | 20,1 |
| 18. Dezember | 4,1 | 3,8 | 10,2 | 18,1 | 1,3 | 11,5 | 7,5 | 20,3 |

Tabelle 47.

Der Stickstoffgehalt der Buchenwurzeln im Laufe eines Jahres.

| Fällungstag 1933 | Rinde | | | | Holz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rein-protein-N | Gesamt-löslicher N | Amino-N | Gesamt-N | Rein-protein-N | Gesamt-löslicher N | Amino-N | Gesamt-N |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 6. Januar | — | — | — | 0,72 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,18 |
| 13. Januar | 0,60 | 0,12 | 0,10 | 0,69 | 0,14 | 0,05 | 0,05 | 0,18 |
| 15. Februar | 0,62 | 0,15 | 0,15 | 0,74 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,17 |
| 13. März | 0,59 | — | — | 0,64 | 0,20 | — | 0,02 | 0,25 |
| 3. April | 0,69 | — | 0,05 | 0,75 | 0,14 | — | 0,04 | 0,18 |
| 18 April | 0,51 | — | 0,15 | 0,89 | 0,14 | — | 0,02 | 0,20 |
| 4. Mai | 0,76 | — | 0,11 | 0,84 | 0,16 | — | 0,04 | 0,21 |
| 15. Mai | 0,81 | — | 0,10 | 0,88 | 0,16 | — | 0,03 | 0,17 |
| 1. Juni | 0,68 | — | 0,07 | 0,80 | 0,17 | — | 0,04 | 0,19 |
| 15. Juni | 0,78 | 0,14 | 0,13 | 0,89 | 0,25 | 0,05 | 0,03 | 0,27 |
| 17. Juli | 0,69 | — | 0,14 | 0,79 | 0,16 | — | 0,02 | 0,19 |
| 14. August | 0,73 | — | 0,10 | 0,84 | 0,14 | — | 0,02 | 0,16 |
| 13. September | 0,89 | — | 0,12 | 0,90 | 0,16 | — | 0,02 | 0,17 |
| 12. Oktober | 0,69 | — | 0,10 | 0,73 | 0,11 | — | 0,04 | 0,18 |
| 26. Oktober | 0,79 | — | 0,13 | 0,91 | 0,19 | — | 0,05 | 0,22 |
| 16. November | 0,76 | 0,13 | 0,11 | 0,84 | 0,18 | 0,07 | 0,03 | 0,23 |
| 18. Dezember | 0,98 | — | 0,12 | 1,04 | 0,17 | — | 0,05 | 0,20 |

Verhältnis der Hemizellulose A und B von den Ästen über den Stamm zu den Wurzeln hin andauernd verschiebt (Tab. 33) : im Jahresdurchschnitt bestehen in der Astrinde 34 % der gesamten Hemizellulosen aus Hemizellulose A, in der Stammrinde 28 % und in der Wurzelrinde 23 %, während in der Astrinde 43 % der gesamten Hemizellulosen sich aus Hemizellulose B aufbauen, 49 % in der Stammrinde und 56 % in der Wurzelrinde; der Anteil der Hemizellulose A am Aufbau der gesamten Hemizellulosen der Buchenrinde nimmt daher von der Krone zu den Wurzeln hin in ungefähr dem gleichen Verhältnis ab wie derjenige an Hemizellulose B zunimmt.

## § 5. Der Gehalt der Wurzeln an Stickstoffverbindungen.

Wie der durchschnittliche Kohlehydratgehalt, so bewegt sich auch der durchschnittliche prozentuale Eiweissgehalt der Buchenwurzeln in einer ähnlichen Grössenordnung wie derjenige der Äste (Tab. 24); doch ist in den Wurzeln, im Gegensatz zu den Ästen, keine jahreszeitliche Schwankung der Stickstoffgehalte zu erkennen (Tab. 47), so dass wir diesen Abschnitt ohne Kommentar abschliessen können.

## § 6. Der Mineralstoffgehalt, die Azidität und der Gerbstoffgehalt der Wurzeln.

Der durchschnittliche Aschengehalt der Wurzelrinde (arithmetisches Mittel aus der entsprechenden Kolonne der Tab. 6) ist hoch, 7,2 %, also erheblich höher als in der Rinde des Stammes und der Äste (Tab. 40); dagegen ist der durchschnittliche Aschengehalt des Wurzelholzes mit 0,64 % auffallend gleich wie im Astholz (0,63 %) und also um rund die Hälfte höher als im Stamm (Tab. 40).

Jahreszeitliche Schwankungen des Gesamtaschengehaltes lassen sich in Tab. 6 nicht erkennen. Aus Gründen der Arbeitsersparnis einerseits und wegen der völlig ungeordneten Ausschläge der Aschengehalte der Wurzeln anderseits, mussten wir darauf verzichten, den Verschiebungen der einzelnen Mineralstoffe in den Wurzeln während eines Jahres nachzugehen; wir haben zwei Fällungen (Mitte März und Mitte Juni) vollständig analysiert (Tab. 37 und 38) und nachher die Arbeit abgebrochen, weil die betreffenden Zahlen wegen der willkürlichen individuellen Schwankungen nichts erkennen lassen; wir können aus ihnen nur schliessen, dass die Wurzelrinde erheblich ärmer an Kali und Phosphorsäure ist als die Rinde des Stammes und der Äste (Tab. 39 und 40), dafür viel reicher an Kieselsäure.

Auch der jährliche Gang der *Azidität* (Tab. 17) und der *Gerbstoffgehalte* (Tab. 18) lässt keine Besonderheiten erkennen, so dass wir diesen Abschnitt wiederum ohne Kommentar abschliessen können.

# II. Teil.

## Der Einfluss der Tracht auf den Stoffhaushalt der Buchen.

Leider war es aus technischen Gründen nicht möglich, den Stoffhaushalt der fruchtenden Buchen in der gleichen Weise während eines ganzen Jahres zu verfolgen, wie dies im ersten Teil dieser Arbeit für die vegetativ sich entwickelnden Bäume geschah; um dennoch einen Anhaltspunkt über den Einfluss des Fruchtens auf den Stoffhaushalt der Buchen zu gewinnen, haben wir Mitte Juli in einem Gebiet mit einer ausgesprochenen Vollmast (Kanton Nidwalden, S. 165) vier nebeneinander stehende, möglichst ähnliche Bäume geschlagen, zwei fruchtende und zwei nichtfruchtende, und sie in einer ähnlichen Weise analysiert wie die Bäume im Sihlwald.

Die Fällung wurde deshalb auf Mitte Juli verlegt, weil in diesem Zeitpunkt die Früchte schon eine ansehnliche Grösse besitzen und man daher annehmen darf, dass der grössere Teil der Vorräte, die der Baum an die Früchte abgibt, nunmehr hinausgewandert sind. Anderseits darf angenommen werden, dass durch die laufende Vegetationstätigkeit noch

fast keine Reserven ersetzt sind; denn von anfangs Mai bis anfangs Juni war der Baum durch die Entfaltung der Laubmasse und durch das Höhenwachstum beansprucht, und von anfangs Juni weg absorbierte das kräftig einsetzende Dickenwachstum mutmasslicherweise alle Kräfte. Der Einfluss des Fruchtens auf den Stoffhaushalt der Buche muss daher ungefähr Mitte Juli in vollem Umfange zur Geltung kommen.

Die Voraussetzungen für diesen II. Teil unserer Arbeit sind somit die folgenden. Alle vier Bäume haben den Laubausbruch und das Höhenwachstum hinter sich und sind nunmehr im vollen Dickenzuwachs begriffen. Zwei der Bäume haben überdies geblüht und tragen überreichlich Früchte. Die beiden andern Bäume haben nicht geblüht und deshalb nur den vegetativen Entwicklungsrhythmus absolviert. Aus der Differenz der Nährstoffvorräte zwischen den nichtfruchtenden und den unmittelbar daneben stehenden fruchtenden Bäumen suchen wir einen Einblick in die Grössenordnung des durch die Tracht bedingten Nährstoffbedarfes zu gewinnen.

Ist diese Methode richtig ? Wir wollen den Nährstoffvorrat, den wir Mitte Juli in den fruchtenden Buchen vorfanden und analytisch bestimmten, mit V F bezeichnen. Er ist in der folgenden Weise zustande gekommen : vor dem Blühen war in den Bäumen ein Nährstoffvorrat Nf vorhanden; aus diesem Vorrat Nf haben 1. der Laubausbruch, der Höhenzuwachs und das beginnende Dickenwachstum, und 2. das Blühen und die Fruchtbildung gezehrt. Der Nährstoffbedarf für den Laubausbruch, den Höhenzuwachs und das beginnende Dickenwachstum wollen wir mit $L_f$ bezeichnen, den Nährstoffbedarf für das Blühen und die Fruchtbildung mit F. Wir erhalten somit

$$VF = N_f - L_f - F \qquad 1.)$$

d. h. der Nährstoffvorrat, den wir Mitte Juli in den fruchtenden Bäumen feststellen, entspricht dem Anfangsvorrat minus dem Nährstoffbedarf des Laubausbruches und minus dem Nährstoffbedarf des Blühens und des Fruchtens.

Den Nährstoffvorrat, den wir Mitte Juli bei den nicht fruchtenden, also nur vegetativ sich entwickelnden Bäumen vorfinden, bezeichnen wir mit VV. Er ist zustande gekommen aus dem Nährstoffvorrat $N_v$, der im Frühjahr vorhanden war, minus dem Nährstoffbedarf $L_v$, der durch den Laubausbruch, den Höhenzuwachs und das beginnende Dickenwachstum bedingt wurde :

$$VV = N_v - L_v \qquad 2.)$$

Da wir die Werte für VF und VV durch die Analyse bestimmen, so können wir aus den Gleichungen 1 und 2 den Wert für F ohne weiteres näherungsweise berechnen, sofern $N_f$ ungefähr gleich $N_v$ ist und $L_f$ ungefähr gleich $L_v$. Dies trifft jedoch nicht ohne weiteres zu.

Der Nährstoffvorrat $N_f$ der beiden fruchtenden Buchen war im Frühjahr, vor Beginn des Blühens, zweifelsohne *grösser* als der Nährstoffvorrat $N_v$ der beiden nichtfruchtenden Individuen; denn diese beiden Bäume würden ja wahrscheinlich auch geblüht haben, wenn ihre Nährstoffvorräte gross genug gewesen wären.

Anderseits ist die Nährstoffmenge $L_f$ die von den blühenden und fruchtenden Bäumen für den Laubausbruch und den Höhenzuwachs und das Dickenwachstum verwendet wurde, wahrscheinlich erheblich kleiner als die entsprechende Menge $L_v$ bei den nichtfruchtenden Individuen; denn 1. schien es, als seien die Blätter der fruchtenden Bäume eher etwas kleiner als diejenigen der nichtfruchtenden Exemplare (infolge eines Missverständnisses wurde zu wenig Material gewonnen, so dass eine variationsstatistische Ausmessung nicht möglich war), und 2. ist ja bekannt, dass der Jahrring in starken Samenjahren eher schmäler ausfällt als üblich, also weniger Nährstoffe beansprucht.

Da $N_f$ grösser ist als $N_v$ und $L_f$ kleiner ist als $L_v$, so heben sich die beiden Abweichungen wahrscheinlich bis zu einem gewissen Grade auf, und so dürfen wir trotz dieser methodischen Unzulänglichkeiten annehmen, dass die Differenz F, die wir für Mitte Juli aus VF und VV berechnen, *in ihrer Grössenordnung* ungefähr dem durch das Blühen und das Fruchten bedingten Nährstoffentzug entspricht.

Eine gewisse Überprüfung unserer Ansätze ist in der folgenden Weise möglich. Im Sihlwald war (was wir im Jahr 1933 naturgemäss nicht voraussehen konnten) im Jahr 1934 eine stellenweise ziemlich reichliche Sprengmast. Die Vorräte, die in unsern Sihlwaldbuchen des Jahres 1933 vorhanden waren, müssen also *beinahe* zur Blühreife ausgereicht haben. Wie verhalten sie sich nun zu den Vorräten, die wir im Jahr 1934 in den nichtfruchtenden Stanser Buchen vorfanden ?

Um diese Frage zu beantworten, haben wir in Tab. 48 1. die prozentualen Vorräte an den wichtigern Nährstoffen eingesetzt, die in der Fällung vom 17. Juli 1933 im Sihlwald und in der Fällung vom 13. Juli 1934 bei den nichtfruchtenden Buchen in Stans vorhanden waren, und 2. haben wir auf Grund der Gewichtsansätze von S. 162 ausgerechnet, welchen absoluten Gewichtsmengen diese prozentualen Nährstoffvorräte ungefähr entsprechen. Es ist überraschend, wie sehr die Nährstoffvorräte der Sihlwaldbuchen und der nichtfruchtenden Stanser Buchen, praktisch gesprochen, die gleichen sind; denn zweifelsohne hätten wir unter den verschiedenen Individuen des Sihlwaldes ebenso grosse Schwankungen finden können, wie sie durch Tab. 48 für die Sihlwald- und die Stanser Buchen ausgewiesen werden. Wir glauben daher, dass wir den Nährstoffvorrat der nichtfruchtenden Stanser Buchen mit Recht dem Wert VV ungefähr gleichsetzen, also annehmen, die nichtfruchtenden Stanser Buchen seien *beinahe* blühreif gewesen.

Tabelle 48.

Die sommerlichen Nährstoffgehalte gewöhnlicher Buchen im Jahr vor der Sprengmast (Sihlwald; 17. Juli 1933) und nicht fruchtender Buchen während einer Vollmast (Stans; 13. Juli 1934).

| Material | Kohlehydrate | | | | Fette und Fettsänren | | | | Rohprotein | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | kg | | % | | kg | | % | | kg | |
| | Sihlwald | Stans | Sihlwald | Stans | Sihlwald | Stans | Sihlwald | Stans | Sihlwald | Stans | Sihlwald | Stans |
| Zweige . . . . | 5,7 | 8,0 | 0,6 | 0,8 | 0,62 | 0,46 | 0,06 | 0,05 | 5,2 | 4,6 | 0,5 | 0,5 |
| Aeste | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 3,6 | 5,6 | 0,4 | 0,6 | 1,05 | 0,71 | 0,11 | 0,07 | 5,6 | 5,1 | 0,6 | 0,5 |
| Holz . . . . | 4,9 | 3,3 | 6,4 | 4,3 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,7 |
| Stamm | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 7,3 | 4,6 | 5,5 | 3,5 | 0,61 | 0,93 | 0,46 | 0,70 | 5,9 | 6,4 | 4,4 | 4,8 |
| Jungholz . . | 1,6 | 2,7 | 4,8 | 8,1 | 0,13 | 0,13 | 0,39 | 0,39 | 0,8 | 0,9 | 2,4 | 2,7 |
| Reifholz . . | 1,9 | 2,0 | 20,9 | 22,0 | 0 | 0,07 | 0 | 0,77 | 0,7 | 0,8 | 7,7 | 8,8 |
| Wurzeln | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . | 2,6 | 2,9 | 0,5 | 0,6 | 0,25 | 0,21 | 0,05 | 0,04 | 5,1 | 4,1 | 1,0 | 0,8 |
| Holz . . . . | 5,6 | 6,7 | 7,3 | 8,7 | 0 | 0,10 | 0 | 0,13 | 1,2 | 1,8 | 1,6 | 2,3 |
| *Insgesamt* . . . | | | *46,4* | *48,6* | | | *1,14* | *2,23* | | | *19,8* | *22,1* |

Ehe wir zur Besprechung der einzelnen Analysengruppen übergehen, bleibt uns noch die Grössenordnung des Fruchtertrages und der damit verbundenen Leistungen der Buchen festzustellen. Wir dürfen bei einer starken Vollmast den Ertrag an Nüsschen (Eckern, Bucheln, also an eigentlichen Früchten) bei locker stehenden, kräftig verzweigten Buchen auf 4—5 kg veranschlagen. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. H. Burger, Direktor der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, beträgt das Tausendkorngewicht der Bucheln im Mittel 238 g; das Trockengewicht einer Cupula bestimmten wir im Mittel auf 0,75 g; die gesamten Cupulae eines Baumes müssen daher mindestens 7,5 kg gewogen haben; mit Rücksicht auf die tauben Früchte veranschlagen wir ihr Gewicht auf 9 kg. Wir schätzen deshalb den Frucht-Trockensubstanzertrag unserer Bäume auf 4,5 kg Nüsschen und 9 kg Cupulae.

Die Nüsschen enthielten in der Trockensubstanz 15,7 % Rohprotein, 27,3 % Fette, 37,3 % gesamte Kohlehydrate, 3,4 % Asche und, aus der Differenz berechnet, 16,3 % gesamte Wandstoffe (und übrige Stoffe). Die Cupulae enthielten 0,94 % Rohprotein, 0,3 % Fette, 2,7 % gesamte Kohlehydrate, 5,6 % Asche und, aus der Differenz berechnet, 90,5 % Wandstoffe (und übrige Stoffe). Auf Grund dieser Werte sind in Tab. 49 die Leistungen, die bei *einem* Baum im Aufbau der Früchte

zutage treten, näherungsweise zusammengestellt: die Buche baut bei einer starken Vollmast in ihren Früchten (Nüsschen plus Cupulae) 8,8 kg Zellwände, 3,2 kg Reservekohlehydrate und Fette, 0,8 kg Rohprotein und 0,66 kg Aschenbestandteile auf.

Um diese Leistungen mit denjenigen des Laubausbruches zu vergleichen, sind in Tab. 49 die entsprechenden Werte für die Laubmasse des 15. Juni eingesetzt worden. Wir sehen, *dass die wirkliche* **Leistung** *der Buche beim Laubausbruch viel grösser ist als beim Fruchtansatz: bei den Kohlehydratverbindungen ist sie rund doppelt so gross, bei den Stickstoffverbindungen rund fünfmal so hoch und bei den Aschenbestandteilen rund die Hälfte höher.*

Tabelle 49.

Die Grössenordnung der von *einer* Buche in der Laubmasse und in den Früchten aufgebauten bzw. abgelagerten Trockensubstanzmenge.

| Material | Trockengewicht | Zellwände | | Kohlehydrate und Fette | | Rohprotein | | Asche | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kg | % | kg | % | kg | % | kg | % | kg |
| Laubmasse . . | 28,2 | 68,7 | 19,4 | 12,4 | 3,5 | 15,1 | 4,2 | 3,8 | 1,1 |
| Nüsschen . . | 4,5 | 16,3 | 0,7 | 64,6 | 2,9 | 15,7 | 0,7 | 3,4 | 0,2 |
| Cupulae . . . | 9,0 } 13,5 | 90,5 | 8,1 } 8,8 | 3,0 | 0,3 } 3,2 | 0,9 | 0,1 } 0,8 | 5,6 | 0,5 } 0,7 |

Eine andere Frage wird sein der *Aufwand,* mit welchem diese Leistungen erzielt wurden. Hierüber werden die folgenden Kapitel Aufschluss geben.

## *1. Kapitel. Der Einfluss der Tracht auf den Kohlehydrathaushalt der Buche.*

Nach den Ausführungen von S. 301 hatten unsere Stanser Bäume im Zeitpunkt der Fällung den Laubausbruch, den Höhenzuwachs und einen Teil ihres Dickenwachstums hinter sich. Wie gross ist der Kohlehydratbedarf, den sie für diese Vorgänge bis Mitte Juli decken mussten?

Den Kohleyhdratbedarf für den Laubausbruch und den Höhenzuwachs haben wir auf S. 258 auf rund 15 kg veranschlagt. Den Kohlehydratbedarf für den bis zum Zeitpunkt der Fällung absolvierten Teil des Dickenwachstums können wir folgendermassen abschätzen. Nach Tab. 19 haben die Buchen Mitte Juli nicht ganz einen Drittel ihrer Jahrringbreite gebildet. Da das Sommerholz verhältnismässig locker gebaut ist, dürfen wir annehmen, dass bis Mitte Juli nur ungefähr ein Viertel der für den gesamten Jahrring benötigten Kohlehydrate verwendet worden seien, also rund 2 kg. Diese 2 kg mussten zweifelsohne,

da die Krone erst kurze Zeit in Tätigkeit war, fast ausschliesslich aus den eigenen Vorräten bezogen werden. Den Kohlehydratbedarf des Wurzelwachstums dürfen wir endlich auf rund 3,4 kg veranschlagen. Unsere Bäume haben demnach bis Mitte Juli aus ihren Vorräten zwischen 20 und 27 kg Kohlehydrate für den Laubausbruch, den Höhenzuwachs und das Dickenwachstum geopfert. Eine auf etwas anderer Grundlage durchgeführte Berechnung ist in Tab. 53 a zusammengestellt; sie gelangt zu einem gesamten Entzug von 25,4, also von rund 26 kg Kohlehydraten.

Dazu kommt nunmehr bei den fruchtenden Buchen der erneute Kohlehydrataufwand für das Blühen und für die Ausbildung der heranwachsenden Früchte. Die Tab. 50 und 51 geben hierüber eine Auskunft. In Tab. 50 (wie auch in den nachfolgenden, entsprechenden Tabellen) sind die Ergebnisse in der Weise dargestellt, dass wir in jeder Kolonne zunächst die Werte für die beiden zusammengehörenden Bäume einsetzen und hernach aus diesen beiden Bäumen das (kursiv gedruckte) Mittel ziehen. So ergaben die zwei parallelen Glukosebestimmungen in den Zweigen des einen nichtfruchtenden Baumes im Mittel 2,6 %, in den Zweigen des andern nichtfruchtenden Baumes 3,1 %, also im Mittel für die beiden nichtfruchtenden Bäume *2,9 %* usw.

In welcher Grössenordnung bewegt sich der gesamte, durch das Blühen und das Fruchten bedingte Entzug an reinen Kohlehydraten aus dem ganzen Baum ?

Nach Tab. 51 weisen die beiden fruchtenden Bäume im Mittel 26,4 kg weniger Kohlehydrate auf als die beiden nichtfruchtenden Individuen. Nach Tab. 50 sind in den nichtfruchtenden Bäumen im Mittel 48,6 kg gesamte Kohlehydrate vorhanden; *somit sind dem Baum durch das Blühen und das Fruchten mindestens 54,3 % der nach dem Laubausbruch usw. noch vorhandenen gesamten Kohlehydrate entzogen worden.*

Die 48,6 kg stellen anderseits nur den Betrag dar, der nach dem Laubausbruch, dem Höhen- und dem Dickenzuwachs und dem Wurzelwachstum (die ja alle zusammen 20—27 kg Kohlehydrate verschlangen) übrig blieb. Im Frühjahr muss demnach der gesamte Kohlehydratvorrat mindestens 65 kg betragen haben. Die 22,2 kg gesamte Kohlehydrate, die während des Hochsommers in den fruchtenden Bäumen noch vorhanden sind, stellen somit nur noch rund 34 % der frühjahrlichen Kohlehydratvorräte dar : *rund 65 %, also rund zwei Drittel, der frühjahrlichen Kohlehydratvorräte sind demnach dem Baum durch den Laubausbruch, den Höhenzuwachs, das beginnende Dickenwachstum und das Blühen und Fruchten entzogen worden.*

Diese verschwundenen Kohlehydrate sind nun freilich nicht allesamt weggewandert, sondern ein gewisser Teil ist, wie wir im nächsten

## Tabelle 50.

Der Einfluss der Tracht auf den Kohlehydrathaushalt der Buchen.

| Material | Nicht fruchtende Buchen | | | | | | | Fruchtende Buchen | | | | | | Verlust an gesamten Kohlehydraten | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | | Glukose | Saccharose | Pektine | Lösliche Kohlehydrate | Stärke | Gesamte Kohlehydrate | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | kg | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Zweige . . . | 2,6 | 3,5 | 0,12 | | 1,01 | | | 2,0 | 3,2 | 0,22 | | 1,76 | | | |
| | *2,9* | *3,5* | *0,13* | *6,5* | *1,45* | *8,0* | *0,8* | *2,1* | *3,1* | *0,20* | *5,4* | *1,49* | *6,9* | 1,1 | 13,7 |
| | 3,1 | 3,4 | 0,14 | | 1,89 | | | 2,2 | 2,9 | 0,17 | | 1,21 | | | |
| Äste | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde. . . | 2,0 | 3,2 | 0,22 | | 0,26 | | | 1,4 | 2,6 | 0,30 | | 0,38 | | | |
| | *2,0* | *3,0* | *0,22* | *5,2* | *0,36* | *5,6* | *0,6* | *1,6* | *2,2* | *0,24* | *4,0* | *0,23* | *4,3* | 1,3 | 23,2 |
| | 1,9 | 2,8 | 0,22 | | 0,46 | | | 1,7 | 1,7 | 0,18 | | 0,08 | | | |
| Holz . . . | 0,8 | 1,0 | 0,05 | | 0,92 | | | 0,3 | 0,2 | 0,05 | | 0,65 | | | |
| | *1,0* | *0,9* | *0,05* | *2,0* | *1,33* | *3,3* | *4,3* | *0,4* | *0,3* | *0,05* | *0,8* | *0,67* | *1,4* | 1,9 | 57,5 |
| | 1,1 | 0,7 | 0,04 | | 1,74 | | | 0,5 | 0,3 | 0,05 | | 0,68 | | | |
| Stamm | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde. . . | 2,3 | 1,1 | 0,21 | | 0,23 | | | 0,8 | 1,9 | 0,28 | | 0,25 | | | |
| | *2,3* | *1,7* | *0,22* | *4,2* | *0,33* | *4,6* | *3,5* | *1,1* | *1,7* | *0,25* | *3,1* | *0,21* | *3,3* | 1,3 | 28,2 |
| | 2,3 | 2,3 | 0,23 | | 0,42 | | | 1,4 | 1,5 | 0,21 | | 0,17 | | | |
| Jungholz . | 1,0 | 1,0 | 0,04 | | 0,38 | | | 0,3 | 0,2 | 0,09 | | 0,04 | | | |
| | *1,2* | *0,9* | *0,05* | *2,2* | *0,53* | *2,7* | *8,1* | *0,4* | *0,2* | *0,07* | *0,7* | *0,06* | *0,7* | 2,0 | 74,0 |
| | 1,4 | 0,7 | 0,05 | | 0,67 | | | 0,5 | 0,2 | 0,05 | | 0,08 | | | |
| Reifholz . . | 0,9 | 0,6 | 0,05 | | 0,65 | | | 0,5 | 0,3 | 0,04 | | 0,05 | | | |
| | *0,9* | *0,5* | *0,05* | *1,5* | *0,52* | *2,0* | *22,0* | *0,4* | *0,4* | *0,05* | *0,9* | *0,06* | *0,9* | 1,1 | 55,0 |
| | 0,8 | 0,4 | 0,05 | | 0,38 | | | 0,3 | 0,5 | 0,05 | | 0,06 | | | |
| Wurzeln | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde. . . | 1,4 | 0,6 | 0,22 | | 0,11 | | | 0,8 | 0,6 | 0,05 | | 0,33 | | | |
| | *1,5* | *0,9* | *0,18* | *2,6* | *0,35* | *2,9* | *0,6* | *0,8* | *0,6* | *0,05* | *1,5* | *0,30* | *1,8* | 1,1 | 37,9 |
| | 1,5 | 1,2 | 0,14 | | 0,59 | | | 0,8 | 0,5 | 0,05 | | 0,27 | | | |
| Holz . . . | 1,0 | 1,0 | 0,04 | | 5,67 | | | 0,7 | 0,1 | 0,05 | | 2,85 | | | |
| | *1,2* | *0,9* | *0,05* | *2,2* | *4,53* | *6,7* | *8,7* | *0,6* | *0,2* | *0,06* | *0,9* | *2,40* | *3,3* | 3,4 | 50,7 |
| | 1,3 | 0,7 | 0,05 | | 3,39 | | | 0,5 | 0,2 | 0,07 | | 1,95 | | | |

Tabelle 51.

Wie verteilt sich der durch die Tracht bedingte Kohlehydratentzug auf die verschiedenen Organe des Baumes ?
(Die Ausmasse des mutmasslichen Entzuges wurden der Tab. 50 entnommen.)

| Material | Gewicht kg | Entzogene lösliche Kohlehydrate | | | Entzogene Stärke | | | Entzogene gesamte Kohlehydrate | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % der Trocken-substanz | kg | % der insgesamt entzogenen Kohlehydrate | % der Trocken-substanz | kg | % der insgesamt entzogenen Kohlehydrate | % der Trocken-substanz | kg | % der insgesamt entzogenen Kohlehydrate |
| Zweige . . . . | 10 | 1,1 | 0,1 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 1,1 | 0,1 | 0,4 |
| Aeste | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 10 | 1,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0 | 1,3 | 0,1 | 0,4 |
| Holz . . . . | 130 | 1,2 | 1,6 | 6,1 | 0,7 | 0,9 | 3,4 | 1,9 | 2,5 | 9,5 |
| Stamm | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 75 | 1,1 | 0,8 | 3,0 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 1,3 | 1,0 | 3,8 |
| Jungholz . . . | 300 | 1,5 | 4,5 | 17,0 | 0,5 | 1,5 | 5,6 | 2,0 | 6,0 | 22,7 |
| Reifholz . . . | 1100 | 0,6 | 6,6 | 25,0 | 0,5 | 5,5 | 20,8 | 1,1 | 12,1 | 45,8 |
| Stock und Wurzeln | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 20 | 1,1 | 0,2 | 0,7 | 0,1 | 0 | 0 | 1,1 | 0,2 | 0,8 |
| Holz . . . . | 130 | 1,3 | 1,7 | 6,4 | 2,1 | 2,7 | 10,2 | 3,4 | 4,4 | 16,7 |
| *insgesamt* . . . | *1775* | | *15,6* | *59,1* | | *10,8* | *40,9* | | *26,4* | |

Kapitel sehen werden, in Fette umgewandelt worden und also noch im Baum vorhanden, nur in anderer Form; doch vermag diese Verschiebung, wie sich ebenfalls später ergeben wird, unsere Überschlagsbilanz nicht wesentlich zu verändern.

Welche Organe des Baumes helfen mit, diesen Kohlehydrataufwand zu tragen ?

Nach den Ausführungen des I. Teiles werden von den 20—25 kg Kohlehydraten, die der Baum für den Laubausbruch, das Höhen- und das Dickenwachstum aufwendet, 0,5 kg (= rund 3 %) aus den Zweigen und den Ästen, rund 9—13 kg (= rund 70 %) aus dem Stamm und 3—4 kg (= rund 25 %) aus den Wurzeln bezogen; diese Bezüge sind im Verhältnis zu den vorhandenen Vorräten sehr verschieden gross : die Zweige und die Äste geben zusammen, bezogen auf die winterlichen Vorräte der Tab. 58, rund 8 % ihrer gesamten Vorräte ab, der Stamm rund 33 % und die Wurzeln rund 40 %. Über die Verteilung der *durch das Fruchten* bedingten Bezüge gibt Tab. 50 einen Aufschluss : *alle Partien des Baumes von den Zweigen bis zu den Hauptwurzeln hinunter weisen wiederum eine deutliche Abnahme an Kohlehydraten auf,* alle haben demnach in ausgiebiger Weise an die Deckung des durch das Blühen und Fruchten entstandenen Kohlehydratbedarfes beigetragen, und zwar am stärksten das Holz : das Holz der Äste, das Reifholz des Stammes und das Wurzelholz haben je rund 50—60 % der nach Erfüllung der Vegetationstätigkeit noch verbleibenden Vorräte abgegeben, das Jungholz des Stammes sogar rund 70 %; in der Rinde sind die Abgaben geringer, sie betragen hier rund 25—35 % der noch vorhandenen Vorräte. Weitaus am kleinsten ist die Abgabe aus den Zweigen; hier wurden nur rund 14 % der vorhandenen Vorräte weggeschafft; doch darf man sich wohl vorstellen, dass hier der ursprüngliche Entzug viel grösser war, nur wurde er durch den jeweiligen Nachschub immer wieder gedeckt; die 14 % stellen also nur jenen Betrag dar, der schlussendlich durch den Nachschub nicht mehr oder noch nicht aufgefüllt werden konnte.

Welche *Gewichtsmengen* an Kohlehydraten werden von den verschiedenen Partien des Baumes beigesteuert ? Nach Tab. 51 stellen die Zweige und die Äste zusammen 2,7 kg Kohlehydrate, der Stamm liefert 19,1 kg, und der Stock und die Wurzeln bringen zusammen 4,6 kg auf; *rund drei Viertel der durch das Blühen und das Fruchten entzogenen reinen Kohlehydrate werden demnach vom Stamm geliefert.*

Auffallenderweise bewegen sich, wie die drittletzte Kolonne der Tab. 51 zeigt, die Kohlehydratbezüge aus allen Partien des Baumes (mit Ausnahme des Wurzelholzes) in ungefähr der gleichen Grössenordnung : *alle Partien geben je 1—2 % ihrer Trockensubstanz in Ge-*

*stalt von Kohlehydraten ab.* Nur ist selbstverständlich, je nach den vorhandenen Kohlehydratvorräten, die *subjektive Leistung,* die von den einzelnen Partien mit dieser 1—2 %igen Abgabe vollbracht wird, sehr verschieden: nach der letzten Kolonne der Tab. 50 mobilisiert das Jungholz mit seiner 2 %igen Abgabe rund drei Viertel seiner gesamten noch vorhandenen Vorräte, während die Zweige mit ihren 1,1 % nur rund einen Siebentel ihrer Vorräte endgültig abliefern. Und sodann ist das *Mass der praktischen Auswirkung,* das mit dieser 1—2 %igen Abgabe erreicht wird, je nach der Derbmasse der betreffenden Partien sehr verschieden: es ist einleuchtend, dass die 1100 kg Derbmasse des Reifholzes bei gleicher Leistung (bezogen auf die Trockensubstanz) ein Vielfaches der Kohlehydratmenge aufbringen, die von den Zweigen bei gleicher prozentualer Belastung geliefert werden kann.

Welcher Anteil dieses Kohlehydrataufwandes entfällt auf die löslichen Kohlehydrate und welcher Anteil auf die Stärke? Nach Tab. 51 wurden im Durchschnitt des ganzen Baumes rund 60 % der 26,4 kg aus den Vorräten an gelösten Kohlehydraten geliefert, und rund 40 % aus den Vorräten an Stärke. Dieses Verhältnis 6 : 4 oder 3 : 2 gilt nicht nur für den Durchschnitt des ganzen Baumes, sondern es gilt mehr oder weniger auch für die einzelnen Partien desselben, mit Ausnahme des Wurzelholzes, das weit mehr Stärke ablieferte als gelöste Kohlehydrate; hierzu war es nun freilich auch ganz besonders imstande; denn es musste, um einen Stärkegehalt von 4,5 % zu erreichen, mit Stärke offensichtlich vollgepfropft gewesen sein. Die fast doppelt so grosse Kohlehydratabgabe als in den übrigen Partien des Baumes (bezogen auf die Trockensubstanz), die durch die drittletzte Kolonne der Tab. 50 für das Wurzelholz ausgewiesen wird (3,4 % der Trockensubstanz, statt nur 1—2 %), beruht also wahrscheinlich nicht auf einem Zufall, sondern darauf, dass die Hauptwurzeln richtige Stärkespeicher der Buchen darstellen, aus denen dann beim Fruchten und in Katastrophenjahren geschöpft wird.

### 2. *Kapitel. Der Einfluss der Tracht auf den Fetthaushalt der Buche.*

Nach Tab. 48 ist in den nichtfruchtenden Stanser Buchen rund 1 kg mehr Fett vorhanden als, zu gleicher Zeit, in den Sihlwaldbuchen; die Zunahme entfällt ausschliesslich auf den Stamm und die Wurzeln. Man darf diese Zunahme vielleicht in dem Sinne deuten, dass in den — beinahe blühreifen — Stanser Bäumen diese Fettmengen gewissermassen bereitgestellt wurden im Hinblick auf die riesige Atmungsarbeit, welche die Bäume im Fall des Blühens und Fruchtens zu leisten gehabt hätten.

In der gleichen Richtung liegen die Ergebnisse der Tab. 52: im Durchschnitt des ganzen Baumes werden durch unsere Analysen in den

fruchtenden Bäumen 0,89 kg mehr Fette und Fettsäuren ausgewiesen als in den entsprechenden nichtfruchtenden Individuen. Diese Zunahme entfällt jedoch hier zur Hauptsache auf die Astrinde, das Astholz und die Stammrinde, also auf jene Partien, die bei den nichtfruchtenden Individuen der Tab. 48 im allgemeinen keine wesentliche Veränderung gegenüber den gewöhnlichen Sihlwaldbuchen aufgewiesen hatten. In den Zweigen, im Jungholz und im Reifholz des Stammes und im Holz der Wurzeln ist dagegen die Veränderung derart gering, dass sie im Bereich des Methodenfehlers (2. Dezimale) liegt. In der Wurzelrinde ist sogar eine deutliche Abnahme an Fetten zu erkennen.

Tabelle 52.

Der Einfluss der Tracht auf den Fetthaushalt der Buchen.

| Material | nicht fruchtend | | fruchtend | | Veränderung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | absolut | | relativ |
| | % | kg | % | | % | kg | % |
| Zweige . . . . | 0,51 | | 0,39 | | | | |
| | *0,46* | 0,05 | *0,40* | | —0,06 | —0,01 | — 13,1 |
| | 0,40 | | 0,40 | | | | |
| Aeste | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 0,67 | | 1,31 | | | | |
| | *0,71* | 0,07 | *1,25* | | +0,54 | +0,05 | + 76,1 |
| | 0,75 | | 1,19 | | | | |
| Holz . . . . | 0,05 | | 0,11 | | | | |
| | *0,06* | 0,08 | *0,16* | | +0,10 | +0,13 | +167,0 |
| | 0,08 | | 0,21 | | | | |
| Stamm | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 0,76 | | 1,52 | | | | |
| | *0,93* | 0,70 | *1,83* | | +0,90 | +0,68 | + 96,7 |
| | 1,09 | | 2,14 | | | | |
| Jungholz . . . | 0,12 | | 0,10 | | | | |
| | *0,13* | 0,39 | *0,11* | | —0,02 | —0,06 | — 15,4 |
| | 0,13 | | 0,12 | | | | |
| Reifholz . . | 0,04 | | 0,09 | | | | |
| | *0,07* | 0,77 | *0,08* | | +0,01 | +0,11 | + 14,3 |
| | 0,09 | | 0,06 | | | | |
| Wurzeln | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 0,26 | | 0,08 | | | | |
| | *0,21* | 0,04 | *0,09* | | —0,12 | —0,02 | — 57,5 |
| | 0,16 | | 0,09 | | | | |
| Holz . . . . | 0,18 | | 0,14 | | | | |
| | *0,10* | 0,13 | *0,11* | | +0,01 | +0,01 | + 10,0 |
| | 0,01 | | 0,07 | | | | |
| insgesamt . . . | | 2,23 | | | | +0,89 | + 39,9 |

Diese erneute Fettanhäufung über das schon besprochene Kilogramm hinaus, und zwar mitten im Sommer, bedeutet für die Äste und die Stammrinde zweifelsohne eine *starke* Reserve; denn man stelle sich vor, 0,9 kg verseifbares Fett entsprechen rund 1,1 kg Butter; sie sind wahrscheinlich nicht als eine Anlage von dauernden Vorräten, auf lange Sicht, zu deuten, sondern wohl nur als transitorisch entstanden zur Deckung des Atmungsdefizites im Energiestoffwechsel. Es ist deshalb kaum ein Zufall, dass sie in den Ästen und in der Stammrinde abgelagert werden, in jenen Partien also, die durch die Materialtransporte vornehmlich beansprucht werden und wahrscheinlich auch die grösste Atmungsintensität aufweisen, während das weniger beanspruchte Innere des Stammes und die Wurzeln an dieser transitorischen Bereitstellung keinen Anteil haben.

### *3. Kapitel. Der Einfluss der Tracht auf den Hemizellulosengehalt der Buche.*

Die Tab. 53 lässt zunächst eine Eigentümlichkeit erkennen, die völlig unerwartet war : der Protopektingehalt der fruchtenden Buchen ist, mit Ausnahme der Wurzelrinde, durchwegs erheblich höher als derjenige der nichtfruchtenden Parallelexemplare. Es ist uns nicht möglich, diese Erscheinung zu deuten; um einen Zufall kann es sich nicht handeln, dazu sind die Ausschläge zu gross und zu regelmässig. Man könnte sich vorstellen, dass diese Zunahme nur rechnerisch entstanden sei, weil durch den Abtransport der mobilisierbaren Stoffe der prozentuale Anteil, den die zurückbleibenden Stoffe am Aufbau der Trockensubstanz aufweisen, entsprechend wächst; doch trifft diese Vermutung, wie eine Überschlagsrechnung zeigt, nicht zu. Die wahrscheinlichste Deutung ist wohl die, dass im Stoffwechsel der fruchtenden Buchen irgendein wasserunlösliches, methyliertes Zwischenprodukt entsteht, das durch unsere Destillation erfasst und, durch die Umrechnung auf Protopektine, zehnfach vergrössert wird. Über die Natur dieses Zwischenproduktes lässt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nichts aussagen.

Durch diese Artefakte werden die Ansätze der Tab. 53 erheblich gestört. Wir haben dem Dilemma in der Weise zu entweichen versucht, dass wir in den Kolonnen « Gesamte Hemizellulosen » wie bisher die Summe aus den Protopektinen, den Hemizellulosen A und den Hemizellulosen B aufführten, dahinter jedoch in Klammern die Summe aus den Hemizellulosen A und B einsetzten; desgleichen haben wir in den drei letzten Kolonnen, bei den *Veränderungen* der Hemizellulosengehalte, die entsprechenden Werte für die Hemizellulosen A und B in Klammern eingefügt. Die nachfolgende Besprechung befasst sich *ausschliesslich mit diesen eingeklammerten Werten* der Hemizellulosen A

und B und lässt die Protopektine, weil durch Artefakte entstellt, ausser Betracht.

Da die Methode der Hemizellulosenbestimmung mit verhältnismässig grossen Fehlern behaftet ist, ziehen wir nur jene Werte in Betracht, die eine absolute Abweichung von mindestens 1 % (bezogen auf die Trockensubstanz) aufweisen; sie sind in Tab. 53 halbfett gedruckt: Zweige (Astrinde), Astholz, Jungholz des Stammes und Wurzelholz. Alle diese fünf Partien zeigen bei den fruchtenden Bäumen eine deutliche Abnahme der Hemizellulosengehalte, und zwar scheint diese Abnahme in der Krone grösser zu sein als im untersten Stammdrittel und als in den Wurzeln: in der Krone (Zweige und Äste) wurden 17—26 % der vorhandenen Hemizellulosen weggeschafft, im Jungholz des untersten Stammdrittels sind es noch 11 % (während die Rinde und das Reifholz schon im Bereich des Methodenfehlers liegen), und im Wurzelholz sind es nur noch 5 % (während die Wurzelrinde wiederum im Bereich des Methodenfehlers liegt). Diese Abnahme vollzieht sich fast ausschliesslich auf Kosten der Hemizellulose A, die bis rund zur Hälfte verzuckert und abtransportiert wird. Anderseits stellen aber die in Tab. 53 auftretenden Gehaltszahlen an Hemizellulosen A nur noch den Überrest dar, der nach dem Laubausbruch verblieb (siehe Tab. 13 und 14); wir dürfen daher, *jedenfalls für die Zweige und das Astholz*, annehmen, dass mehr als die Hälfte der Hemizellulose A als *Reserve*-Hemizellulose dienen und dementsprechend mobilisiert werden kann; dies ist, in der Grössenordnung, ungefähr der gleiche Betrag, dem wir auf S. 189 bei der Mobilisierung der Reserve Hemizellulosen der Knospen begegnet sind. Dieser Ansatz dürfte daher wahrscheinlich einer Regel entsprechen: *in den Zweigen und im Astholz der Buche dienen wahrscheinlich (mindestens) rund die Hälfte der Hemizellulosen A (bzw. rund ein Viertel der gesamten reinen Hemizellulosen) als Reserve-Hemizellulosen und können dementsprechend im Bedarfsfall verzuckert werden.*

Wir fragen uns, ob diese Annahme nur für die Knospen, die Zweige und das Astholz gilt oder ob sie auch auf den Stamm und die Wurzeln ausgedehnt werden darf. Nach Tab. 53 besteht im Hemizellulosen A-Gehalt des Jungholzes zwischen den nichtfruchtenden und den fruchtenden Stämmen eine Differenz von 2,3 %; demnach wären rund 25 % der ursprünglich vorhandenen Hemizellulosen A abgebaut worden; dies veranlasste uns, seinerzeit auf S. 273 anzunehmen, rund ein Drittel der im Jungholz des Stammes vorhandenen Hemizellulosen A seien im Bedarfsfall mobilisierbar, also *erheblich weniger als die Tab. 13, 14 und 53 für die Zweige und das Astholz ausweisen.* Falls dieser Ansatz richtig ist, so müssen wir anderseits schliessen, dass die rund 25 % weggeschafften Hemizellulosen A schon hart an die Grenzen dessen reichen, was das Jungholz aus seinen Hemizellulosenreserven abzugeben vermag.

Tabelle 53.

Der Einfluss der Tracht auf den Hemizellulosengehalt der Buchen. (Erklärung der Klammern siehe Text, S. 311.)

| Material | Nicht fruchtende Buchen | | | | Fruchtende Buchen | | | | Veränderung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen | Protopektine | Hemizellulose A | Hemizellulose B | Gesamte Hemizellulosen | absolut | | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | kg | % |
| Zweige . | 2,03 | 10,7 | 10,1 | | 3,95 | 4,8 | 12,0 | | | | |
| | *1,66* | *11,2* | *10,3* | *23,2* (21,5) | *3,86* | *5,1* | *10,9* | *19,9* (16,0) | —3,3 (**—5,5**) | (**—0,6**) | —14,2 (**—25,6**) |
| | 1,28 | 11,6 | 9,4 | | 3,76 | 5,3 | 9,8 | | | | |
| Aeste | | | | | | | | | | | |
| Rinde . | 3,55 | 5,3 | 7,0 | | 4,65 | 2,9 | 8,4 | | | | |
| | *3,30* | *6,1* | *7,9* | *17,3* (14,0) | *4,84* | *3,5* | *8,1* | *16,4* (11,6) | —0,9 (**—2,4**) | (**—0,2**) | — 5,2 (**—17,2**) |
| | 3,05 | 6,9 | 8,7 | | 5,03 | 4,1 | 7,7 | | | | |
| Holz . . | 1,27 | 13,6 | 8,9 | | 1,33 | 7,3 | 9,4 | | | | |
| | *1,20* | *13,2* | *9,2* | *23,6* (22,4) | *1,47* | *7,8* | *9,7* | *19,0* (17,5) | —4,6 (**—4,9**) | (**—6,4**) | —19,4 (**—21,8**) |
| | 1,12 | 12,7 | 9,4 | | 1,61 | 8,3 | 9,9 | | | | |
| Stamm | | | | | | | | | | | |
| Rinde . | 3,04 | 5,0 | 7,3 | | 3,25 | 4,8 | 7,6 | | | | |
| | *2,99* | *4,6* | *7,6* | *15,2* (12,2) | *4,03* | *5,0* | *7,8* | *16,8* (12,8) | +1,6 (+0,6) | — | +10,5 (+ 4,9) |
| | 2,94 | 4,1 | 7,9 | | 4,81 | 5,2 | 8,0 | | | | |
| Jungholz | 1,22 | 9,3 | 8,4 | | 1,82 | 6,9 | 8,9 | | | | |
| | *1,13* | *9,5* | *8,8* | *19,4* (18,3) | *1,94* | *7,2* | *9,1* | *18,2* (16,3) | —1,2 (**—2,0**) | (**—6,0**) | — 6,2 (**—10,7**) |
| | 1,04 | 9,7 | 9,1 | | 2,05 | 7,5 | 9,3 | | | | |
| Reifholz | 1,06 | 8,1 | 9,7 | | 0,84 | 8,9 | 10,4 | | | | |
| | *0,98* | *8,9* | *10,1* | *20,0* (19,0) | *1,37* | *8,0* | *10,6* | *20,0* (18,6) | 0 (—0,4) | — | 0 (— 2,1) |
| | 0,89 | 9,6 | 10,5 | | 1,89 | 7,1 | 10,8 | | | | |
| Wurzeln | | | | | | | | | | | |
| Rinde . | 4,58 | 4,9 | 11,0 | | 2,86 | 3,1 | 11,6 | | | | |
| | *4,16* | *4,5* | *10,4* | *19,1* (14,9) | *2,44* | *4,1* | *11,0* | *17,5* (15,1) | —1,6 (+0,2) | — | — 8,3 (+ 1,3) |
| | 3,74 | 4,0 | 9,7 | | 2,02 | 5,0 | 10,3 | | | | |
| Holz . . | 1,18 | 9,1 | 11,8 | | 1,42 | 7,4 | 12,6 | | | | |
| | *1,13* | *8,8* | *12,2* | *22,1* (21,0) | *1,42* | *8,2* | *11,8* | *21,4* (20,0) | —0,7 (**—1,0**) | (**—1,3**) | — 3,1 (— **4,8**) |
| | 1,08 | 8,4 | 12,5 | | 1,41 | 8,9 | 11,0 | | | | |

Für das Reifholz nahmen wir seinerzeit an, rund ein Fünftel seiner Hemizellulosen A seien im Bedarfsfalle mobilisierbar, also *noch weniger als im Jungholz*. Nach Tab. 53 sind aus dem Reifholz rund 0,9 % Hemizellulosen A abgewandert, also rund 10 % des ursprünglichen Gehaltes, das sind nur die Hälfte der im Notfall mobilisierbaren Hemizellulosen A. Wir glauben daher, dass die Hemizellulosenreserven des Baumes durch die einmalige Mast noch bei weitem nicht erschöpft sind; würde während des Fruchtens eine Notlage, z. B. eine Naturkatastrophe (Frost oder Kahlfrass) an den Baum herantreten, so würde er zweifelsohne imstande sein, auch aus den Hemizellulosevorräten des Stammes noch einen weitern Teil zu mobilisieren und den neuen Bedürfnissen dienstbar zu machen, ähnlich wie dies während der Vollmast bei den Hemizellulosevorräten der Zweige und der Äste, die ja schon durch den Laubausbruch beansprucht worden waren, geschah.

In welcher Grössenordnung bewegen sich die Gewichte der Hemizellulosemengen, die während der Vollmast im Baum verzuckert werden ? Nach der vorletzten Kolonne der Tab. 53 wurden dem Baum insgesamt 14,5 kg Hemizellulosen entzogen, der grösste Teil, je rund 6—6,5 kg, aus dem Astholz und aus dem Jungholz des Stammes, während der Entzug aus den Zweigen, der Astrinde und dem Wurzelholz in seinem Ausmass verhältnismässig unbedeutend ist. Verglichen mit den rund 26,4 kg gesamte Kohlehydrate, die dem Baum durch das Blühen und Fruchten entzogen werden, ist der Entzug an Hemizellulosen gering : *am stärksten werden beim Blühen und Fruchten die gelösten Kohlehydrate beansprucht, weniger weitgehend die Stärke und in noch geringerem Ausmasse die noch schwerer hydrolysierbaren Hemizellulosen.*

Dieser Umstand, dass allein an Hemizellulosen rund 15 kg während des Blühens und des Fruchtens verzuckert und abtransportiert werden, lässt vermuten, dass die verhältnismässig grosse Menge an reduzierenden Zuckern, die wir in Tab. 50 in den Zweigen und in der Astrinde der fruchtenden Bäume finden, wohl zum grössten Teil transitorischer Natur ist : diese Zucker sind in Wanderung in die Früchte hinaus begriffen. Wie es in dieser Hinsicht mit den reduzierenden Zuckern der übrigen Partien des Baumes steht, lässt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht beurteilen, da wir bei den fruchtenden Bäumen die reduzierenden Zucker nicht besonders analysiert, sondern, wie in den Sihlwaldbuchen, summarisch auf Glukose umgerechnet haben.

Auf Grund der Zahlen des 1.—3. Kapitels ist es nunmehr möglich, den Kohlehydrataufwand, der durch das Blühen und das Fruchten bedingt wird, näherungsweise zu schätzen.

Der Entzug an gesamten *Kohlehydraten* wurde im 1. Kapitel auf 26,4 kg veranschlagt; dazu kommen die soeben errechneten 14,5 kg

*Hemizellulosen,* = insgesamt 40,9 kg; davon sind die in den fruchtenden Bäumen neu aufgetretenen 0,9 kg *Fette* abzuziehen; *somit sind dem Baum durch das Blühen und das Fruchten insgesamt rund 40 kg Kohlehydrate und kohlehydratähnliche Verbindungen entzogen worden.*

Welche *Leistung* steht diesem Aufwand gegenüber ? Nach Tab. 49 bildet ein Baum an Trockensubstanz 4,5 kg Nüsschen und 9 kg Cupulae, insgesamt 13,5 kg, wovon 12 kg auf Kohlehydrate, Fette und Zellwände entfallen. Rund 40 kg Kohlehydrate wurden geopfert, rund 13,5 kg gesamte Trockensubstanz (wovon 1,5 kg Nichtkohlehydratverbindungen) wurden neu aufgebaut, somit sind rund 28 kg Kohlehydrate für den Aufbau von 13,5 kg Substanz veratmet worden. *Während des Blühens und des Fruchtens sind demnach rund doppelt soviel Kohlehydrate veratmet worden als Trockensubstanz neu aufgebaut wurde.* Verglichen mit dem früher verwendeten Ansatz, wonach durch den Energiestoffwechsel rund halb so viel Substanz veratmet als aufgebaut wird, stellt sich demnach das Blühen und das Fruchten als *ungefähr viermal unwirtschaftlicher* dar.

Es sind wohl zwei Komponenten, die wir für das Verständnis dieses enormen Materialaufwandes berücksichtigen müssen, nämlich 1. den Atmungsaufwand während des Blühens, und 2. den Umsetzungs- und Transportaufwand während des Fruchtens.

Es ist bekannt, dass blühende Organe enorme Substanzmengen veratmen; die Temperaturerhöhungen bei A r u m sind hierfür ein Schulbeispiel. Es ist vielleicht auch möglich, dass die gesamte übrige Pflanze während dieser Zeit intensiver atmet. In welcher Grössenordnung sich dieser gesamte Atmungsaufwand bei Buchen, die über und über mit männlichen und weiblichen Blüten bedeckt sind, bewegt, wissen wir nicht; wir halten ihn jedoch für derart bedeutend, dass er die übrigen, mit dem Blühen verknüpften Materialverluste (Ausbildung der männlichen Blüten, die später wieder abgeworfen werden; ferner die Ausbildung von nicht befruchteten oder von unfruchtbaren weiblichen Blüten, die ebenfalls abgeworfen werden) bei weitem übertrifft.

Für die Abschätzung der zweiten Komponente, des Energieaufwandes und der Umsetzungsverluste für die *rasche* Umsetzung und den *raschen* Transport der Baumaterialien für die Früchte, greifen wir auf die schon früher zitierte Weizenarbeit zurück (G ä u m a n n , 1932). Dort ergab es sich, dass bei langsamem Wachstum ein Keimling von rund 8,1 mg Trockengewicht mit einem Atmungsverlust von rund 3,2 mg aufgebaut werden kann; der Materialverlust beträgt demnach 39,5, also rund 40 % der aufgebauten Trockensubstanz. Bei raschem, überstürztem Wachstum muss für einen Keimling von rund 6,7 mg Trockengewicht ein (durch die erhöhte Atmung bedingter) Materialverlust von 6,0 mg, also von rund 90 % der aufgebauten Trockensubstanz, in Kauf genommen werden : je nach dem Tempo des Aufbaues kann deshalb der Ener-

gieverlust mehr als das Doppelte des unbedingt Notwendigen betragen und fast ebenso gross sein wie die aufgebaute Trockensubstanz selbst. Wir glauben, dass beim Fruchten der Buchen dieser zweite Ansatz in Erwägung gezogen werden muss; denn die Buchen blühen anfangs Juni, und schon Mitte Juli ist die Ausbildung der Früchte weit voran; die Stoffumsetzung und die Stoffleitung müssen deshalb mutmasslicherweise mit dem Maximum der Leistungsfähigkeit, also unter energetisch ungünstigen Voraussetzungen, betrieben worden sein.

Wenn wir auf diesen Ansatz abstellen, so dürfen wir annehmen, dass rund die Hälfte der veratmeten 28 kg Kohlehydrate auf den Blühverlust fallen (erhöhte Atmung während des Blühens, ferner die Ausbildung der männlichen und der nicht weiter entwickelten weiblichen Blüten) und rund die Hälfte auf den Energieverlust für die Materialumsetzung und den Materialtransport während des Aufbaus der Früchte, einschliesslich des Raschheitszuschlages. Doch sind diese Ansätze selbstverständlich, wie alle derartigen Ansätze, nur *Näherungswerte,* die nur dazu dienen sollen, sich über die Sachlage irgendein einigermassen begründetes Bild zu machen.

Wie gross ist nun 1. *der gesamte Aufwand* an Kohlehydraten und kohlehydratartigen Verbindungen, der in einem Samenjahr für die Vegetationstätigkeit (Laubausbruch, Höhen- und Dickenwachstum, Wurzelwachstum) *und* für das Blühen und Fruchten geopfert wird, und 2. wie gross sind ungefähr die Reserven, die nach Abschluss des Samenjahres dem Baume noch verbleiben ?

Eine Überschlagsrechnung ist in Tab. 53 a zusammengestellt. Wir gingen von den Werten der Tab. 50 und 53 aus und haben auf Grund der Entzüge, die für den Laubausbruch und die Wachstumsleistungen im I. Teil dieser Arbeit berechnet worden waren, die bei den *blühreifen* Buchen im Frühjahr mutmasslicherweise vorhandenen Vorräte extrapoliert. Die Schätzungen der Vorräte an Reservehemizellulosen beruhen auf den soeben besprochenen Ansätzen. Für die Astrinde haben wir keine mobilisierbaren Hemizellulosen angenommen, da die betreffenden Ausschläge in Tab. 53 wahrscheinlich auf einem Zufallsergebnis beruhen. Der frühjahrliche Ansatz für die reinen Kohlehydrate im Astholz und in der Stammrinde ist auf Grund unserer Extrapolierungsansätze zufällig etwas niedriger ausgefallen als bei den analytisch festgestellten winterlichen Vorräten der Tab. 58; da jedoch das absolute Ausmass dieser Abweichungen nicht sehr gross ist (rund 1,4 kg), zogen wir es vor, die Extrapolierung *konsequent* durchzuführen und diesen Fehler in Kauf zu nehmen. — Die winterlichen Fettmengen sind auch hier wieder ausser Betracht gelassen worden, weil sie schon während der gewöhnlichen Vegetationstätigkeit, unabhängig vom Laubausbruch, zum grössten Teil veratmet werden. — Selbstverständlich stellt die Überschlags-

Tabelle 53 a.

Mutmassliche Vorräte und mutmasslicher Verbrauch an Kohlehydraten und kohlehydratartigen Verbindungen bei **fruchtenden** Buchen.

| Material | Mutmassliche Vorräte *im Frühjahr* | | | | | Mutmassliche Vorräte *nach dem Laubausbruch* | | | | | Mutmassliche Vorräte *nach dem Fruchten* | | | | | *Gesamter Entzug* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gesamte Kohlehydrate | | Mobilisierbare Hemizellulosen | | Gesamte Vorräte | Gesamte Kohlehydrate | | Mobilisierbare Hemizellulosen | | Verbleibende Vorräte | Gesamte Kohlehydrate | | Mobilisierbare Hemizellulosen | | Noch verbleibende Vorräte | | |
| | % | kg | % | kg | kg | % | kg | % | kg | kg | % | kg | % | kg | kg | % | kg |
| Zweige . . . . . | 10,3 | 1,0 | 14,1 | 1,4 | 2,4 | 8,0 | 0,8 | 6,1 | 0,6 | 1,4 | 6,9 | 0,7 | 0 | — | 0,7 | 70,7 | 1,7 |
| Äste | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . . | 8,4 | 0,8 | 0 | — | 0,8 | 5,6 | 0,6 | 0 | — | 0,6 | 4,3 | 0,4 | 0 | — | 0,4 | 50,0 | 0,4 |
| Holz . . . . . | 3,5 | 4,6 | 12,1 | 15,7 | 20,3 | 3,3 | 4,3 | 6,1 | 7,9 | 12,2 | 1,4 | 1,8 | 0,7 | 0,9 | 2,7 | 86,7 | 17,6 |
| Stamm | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . . | 8,0 | 6,0 | 0 | — | 6,0 | 4,6 | 3,5 | 0 | — | 3,5 | 3,3 | 2,5 | 0 | — | 2,5 | 58,2 | 3,5 |
| Jungholz . . . . . | 3,5 | 10,5 | 3,2 | 9,6 | 20,1 | 2,7 | 8,1 | 3,2 | 9,6 | 17,7 | 0,7 | 2,1 | 0,9 | 2,7 | 4,8 | 76,1 | 15,3 |
| Reifholz . . . . . | 2,7 | 29,7 | 1,8 | 19,8 | 49,5 | 2,0 | 22,0 | 1,8 | 19,8 | 41,8 | 0,9 | 9,9 | 1,4 | 15,4 | 25,3 | 48,9 | 24,2 |
| Wurzeln | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rinde . . . . . | 9,7 | 1,9 | 0 | — | 1,9 | 2,9 | 0,6 | 0 | — | 0,6 | 1,8 | 0,4 | 0 | — | 0,4 | 78,9 | 1,5 |
| Holz . . . . . | 8,2 | 10,7 | 1,8 | 2,3 | 13,0 | 6,7 | 8,7 | 1,8 | 2,3 | 11,0 | 3,3 | 4,3 | 0,8 | 1,0 | 5,3 | 59,2 | 7,7 |
| Insgesamt . . . . . | | 65,2 | | 48,8 | 114,0 | | 48,6 | | 40,2 | 88,8 | | 22,1 | | 20,0 | 42,1 | 63,0 | 71,9 |

rechnung der Tab. 53 a nur *eine grobe erste Näherung* dar; aber sie ist zweifelsohne in der *Grössenordnung* ungefähr richtig.

Wir sehen aus Tab. 53 a, dass im Frühjahr in den *blühreifen* Stanser Buchen an gesamten Kohlehydraten und mobilisierbaren Hemizellulosen insgesamt rund 114 kg vorhanden gewesen sein müssen; rund ⅔ dieser Vorräte, nämlich rund 75 kg, sind im Stamm eingelagert. Die Vegetationstätigkeit verschlang rund 23—25 kg, also rund 20 % der gesamten Vorräte, so dass noch rund 89 kg verbleiben (die betreffende Kolonnengruppe ist in Tab. 53 a aus Raumgründen nur mit « nach dem Laubausbruch » überschrieben; gemeint ist jedoch der gesamte, durch die Vegetationstätigkeit, mit *Einschluss* des Wachstums, bedingte Kohlehydrataufwand).

Durch das Blühen und durch den Fruchtansatz werden nunmehr noch weitere 40—45 kg Kohlehydrate und kohlehydratartige Verbindungen aufgezehrt; es verbleiben daher rund 42 kg = 37 % der im Frühjahr vorhandenen Kohlehydratvorräte: *durch die Vegetationstätigkeit und durch das Blühen und Fruchten werden dem Baume rund 70 kg, das sind rund ⅔ der gesamten Kohlehydrat- und kohlehydratartigen Vorräte entzogen.*

Die reinen Kohlehydrate steuern nach Tab. 53 a rund 43,1 kg und die Reservehemizellulosen rund 28,8 kg an diesen Entzug bei, die Kohlehydrate also rund 10—15 kg mehr als die Hemizellulosen. Gemessen an ihren Vorräten werden jedoch beide Stoffgruppen ungefähr gleich schwer getroffen : die Kohlehydrate geben rund ⅔, die Hemizellulosen rund $^3/_5$ ihres Bestandes ab.

Auf Grund dieser gewaltigen Entzüge kann man es ferner verstehen, dass bei den Buchen auf eine Vollmast in der Regel ein schmaler Jahrring folgt; denn der Jahrring des Stammes wird ja, wie früher ausgeführt, vorwiegend aus den Kohlehydrat*vorräten* des Stammes gebildet. Freilich ist der Baum durch diesen Materialentzug von rund 72 kg noch nicht erschöpft, enthält doch der Stamm (um nur bei diesem zu verweilen) nach Tab. 50 immer noch rund 14,4 kg reine Kohlehydrate; er könnte deshalb die für einen normalen Jahrring notwendigen 6—7 kg Kohlehydrate wohl noch aufbringen, sogar ohne auf die Hemizellulosenvorräte zurückgreifen zu müssen; und ebenso werden die übrigen Partien des Baumes die für den Laubausbruch notwendigen 15 kg Kohlehydrate auch noch einigermassen zu decken vermögen; nur wird man eben die Rechnung nicht derart spitz stellen dürfen; denn der Baum kann nicht den letzten Glukoserest aus seinem Parenchym herausholen und in das Kambium hinaussenden. Es ist also schon möglich, dass der Baum durch eine üppige Vollmast ziemlich alle Kohlehydrate abgibt, die er, ohne sich völlig zu entblössen, zu mobilisieren vermag.

## *4. Kapitel.*

### *Der Einfluss der Tracht auf den Stickstoffhaushalt der Buche.*

Nach Tab. 54 hat während der Vollmast im *ganzen* Baum, von den Zweigen bis in die Wurzeln hinunter, ein Entzug an Stickstoffverbindungen stattgefunden, ähnlich wie dies bei den Kohlehydraten der Tab. 50 geschah; nur liegt dieser Entzug beim Stickstoff in der Mehrzahl der untersuchten Partien im Bereich des Methodenfehlers (2. Dezimale), wobei freilich zu beachten ist, dass sich alle Ausschläge ausnahmslos und gleichsinnig nach der negativen (Verlust-) Seite hin neigen.

Wir beschränken uns, wie üblich, auf die methodisch sichergestellten Entzüge (1. Dezimale, bezogen auf die Trockensubstanz). Unter dieser Voraussetzung ergibt es sich, dass nur die Zweige, die Astrinde und die Stammrinde einen sichergestellten Entzug an Stickstoffverbindungen erfahren haben, die Zweige mit 0,36 % N (bezogen auf die Trockensubstanz), die Astrinde mit 0,14 % und die Stammrinde mit 0,16 %; dieser Entzug macht in den Zweigen rund die Hälfte ihres gesamten Stickstoffgehaltes aus, in der Astrinde und in der Stammrinde rund einen Sechstel desselben. Der Stickstoffentzug scheint daher in den Zweigen bis zur Erschöpfung getrieben worden zu sein; denn die verbleibenden 50 % der N-Verbindungen dürften wahrscheinlich aus nicht mobilisierbaren Zellinhaltsbestandteilen bestehen.

Rechnen wir diese Stickstoffbezüge auf Rohprotein um (Tab. 55), so sind aus den Zweigen 0,2 kg Rohprotein geliefert worden, aus der Astrinde 0,1 kg und aus der Stammrinde 0,7 kg, insgesamt 1,0 kg. Nach Tab. 49 enthalten die Nüsschen und die Cupulae zusammen rund 0,8 kg Rohprotein; falls wir also nur die Zahlen, die auch in der ersten Dezimale ausschlagen, zu berücksichtigen brauchen, so stimmt demnach die Rechnung sehr gut. Zählen wir dagegen in Tab. 54 die 2. Dezimale voll mit, so gelangen wir auf einen Rohproteinentzug aus dem ganzen Baum von 2,5 kg, also rund dreimal so viel als uns in den Früchten entgegentritt. Dies hängt mit der Methode der Rohproteinbestimmung bzw. -Berechnung zusammen; eine Veränderung um 0,01 % N macht im Reifholz des Stammes 0,7 kg Rohprotein aus, also eine Menge, die unsere ganze Überschlagsrechnung über den Haufen werfen kann. Wir glauben daher, dass wir uns mit Recht auf die erste Dezimale beschränken und annehmen, *die von den Früchten benötigten Stickstoffverbindungen im Gegenwert von rund 0,8—1 kg Rohprotein seien vorwiegend von den Zweigen, von der Astrinde und von der Stammrinde geliefert worden.*

Es fällt auf, dass beim Laubausbruch, der dem Blühen und Fruchten vorangeht und immerhin rund 4,3 kg Rohprotein, also reichlich fünfmal mehr N beansprucht als das Blühen und das Fruchten, kein

Tabelle 54.

Der Einfluss der Tracht auf den Stickstoffhaushalt der Buchen.

| | Nicht fruchtende Buchen | | | Fruchtende Buchen | | | Verlust an Gesamt-N | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Reinprotein-N | Amino-N | Gesamt-N | Reinprotein-N | Amino-N | Gesamt-N | absolut | relativ |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Zweige | 0,57 | 0,15 | 0,75 | 0,16 | 0,21 | 0,35 | | |
| | *0,58* | *0,14* | *0,73* | *0,17* | *0,22* | *0,37* | 0,36 | 49,3 |
| | 0,58 | 0,13 | 0,70 | 0,18 | 0,22 | 0,39 | | |
| Aeste | | | | | | | | |
| Rinde | 0,69 | 0,08 | 0,78 | 0,57 | 0,14 | 0,70 | | |
| | *0,76* | *0,06* | *0,82* | *0,55* | *0,13* | *0,68* | 0,14 | 17,1 |
| | 0,83 | 0,05 | 0,85 | 0,53 | 0,12 | 0,65 | | |
| Holz | 0,17 | 0,03 | 0,20 | 0,15 | 0,04 | 0,17 | | |
| | *0,18* | *0,03* | *0,20* | *0,15* | *0,05* | *0,17* | 0,03 | 15,0 |
| | 0,18 | 0,03 | 0,19 | 0,14 | 0,05 | 0,16 | | |
| Stamm | | | | | | | | |
| Rinde | 1,01 | 0,08 | 1,05 | 0,76 | 0,17 | 0,95 | | |
| | *0,96* | *0,10* | *1,03* | *0,72* | *0,16* | *0,87* | 0,16 | 15,5 |
| | 0,91 | 0,11 | 1,00 | 0,67 | 0,14 | 0,79 | | |
| Jungholz | 0,15 | 0,02 | 0,15 | 0,10 | 0,03 | 0,13 | | |
| | *0,16* | *0,02* | *0,15* | *0,11* | *0,04* | *0,14* | 0,01 | 6,6 |
| | 0,16 | 0,02 | 0,15 | 0,11 | 0,04 | 0,15 | | |
| Reifholz | 0,13 | 0,01 | 0,13 | 0,09 | 0,03 | 0,11 | | |
| | *0,12* | *0,02* | *0,13* | *0,10* | *0,03* | *0,12* | 0,01 | 7,6 |
| | 0,11 | 0,02 | 0,12 | 0,10 | 0,03 | 0,13 | | |
| Wurzeln | | | | | | | | |
| Rinde | 0,58 | 0,10 | 0,64 | 0,47 | 0,13 | 0,61 | | |
| | *0,57* | *0,10* | *0,65* | *0,46* | *0,15* | *0,63* | 0,02 | 3,1 |
| | 0,56 | 0,09 | 0,65 | 0,44 | 0,16 | 0,64 | | |
| Holz | 0,26 | 0,04 | 0,27 | 0,17 | 0,05 | 0,23 | | |
| | *0,26* | *0,04* | *0,28* | *0,18* | *0,06* | *0,24* | 0,04 | 14,2 |
| | 0,26 | 0,03 | 0,28 | 0,18 | 0,06 | 0,25 | | |

Tabelle 55.

Der Einfluss der Tracht auf den Rohproteinhaushalt der Buche. (Die eingeklammerten Werte liegen im Bereich des Methodenfehlers.)

| Material | vorhanden | | davon abgegeben | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | % | kg | % der Vorräte | kg | % des Bedarfes |
| Zweige . . . . | 4,6 | 0,5 | 49,3 | 0,2 | 20 |
| Aeste | | | | | |
| Rinde . . . | 5,1 | 0,5 | 17,1 | 0,1 | 10 |
| Holz . . . . | 1,3 | 1,7 | (15,0) | — | — |
| Stamm | | | | | |
| Rinde . . . | 6,4 | 4,8 | 15,5 | 0,7 | 70 |
| Jungholz . . | 0,9 | 2,7 | (6,6) | — | — |
| Reifholz . . | 0,8 | 8,8 | (7,6) | — | — |
| Wurzeln | | | | | |
| Rinde . . . | 4,1 | 0,8 | (3,1) | — | — |
| Holz . . . . | 1,8 | 2,3 | (14,2) | — | — |
| insgesamt . . . | | 22,1 | 4,5 | 1,0 | |

Stickstoffentzug aus der Astrinde und aus der Stammrinde nachzuweisen war, sondern dass dort die gesuchte Abnahme ausschliesslich in allen übrigen Partien des Baumes zutage trat.

Es gibt zwei Möglichkeiten, diesen scheinbaren Widerspruch zu erklären. Man kann sich vorstellen, dass bei den Buchen der Rhythmus der N-Mobilisierung in einem gewöhnlichen vegetativen Jahr von vorneherein ein anderer ist als in einem Samenjahr : in einem gewöhnlichen vegetativen Jahr werden (für die Laubmasse) nur die Reinproteinvorräte des Holzes mobilisiert, in einem Samenjahr dagegen (für die Stickstoffversorgung der Früchte) noch zusätzlich die Reinproteinvorräte der Rinde. In diesem Falle wäre der von uns festgestellte Stickstoffentzug aus der Rinde nichts anderes als der Ausdruck einer unterschiedlichen topographischen Lokalisierung der für die Vegetations- und der für die Fortpflanzungsprozesse bestimmten Eiweissverbindungen. Oder aber, man mag sich vorstellen, dass der Baum auf jeden Fall in erster Linie die Eiweissverbindungen des Holzes mobilisiert und erst dann auf die Eiweissverbindungen der Rinde zurückgreift, wenn die Vorräte des Holzes erschöpft bzw. ausgeschöpft sind. In diesem Falle wäre der Eiweissentzug, der bei unsern fruchtenden Bäumen in der Rinde auftritt, ein Ausdruck dafür, dass der Stickstoffnachschub aus dem Holzteil nachliess (weil dieser physiologisch entleert ist) und dass nunmehr als letzte Reserve die Eiweissverbindungen der Rinde mobilisiert wurden. Wir müssten somit annehmen, der durch das Fruchten bedingte erneute

Rohproteinentzug von 0,8—1 kg habe trotz seiner Kleinheit (er macht nur 4,5 % der Rohproteinmenge aus, die dem Baum nach dem Laubausbruch verblieb !) die Kräfte des Baumes fast bis zur letzten Grenze belastet, und der Baum sei nunmehr, hinsichtlich seines Eiweisshaushaltes, physiologisch erschöpft. Leider ist es im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich, diese Fragen endgültig zu beantworten.

In welchem Verhältnis steht der durch das Blühen und Fruchten bedingte Stickstoffentzug zum entsprechenden Kohlehydratentzug? Wir haben im vorangehenden Kapitel berechnet, dass dem Baum durch das Blühen und das Fruchten rund 40 kg Kohlehydrate und kohlehydratartige Verbindungen entzogen werden. Das Verhältnis des Kohlehydratentzuges zum Eiweissentzug stellt sich somit auf 40 : 1 oder auf 40 : 0,8; *es werden also dem Baum durch das Blühen und Fruchten rund 40 bis 50 mal mehr Kohlehydrate als Eiweissverbindungen entzogen.*

Leider ist es nicht möglich, diese Verhältniszahlen auf *Vorräte* umzurechnen; denn wir wissen nicht, welcher Anteil der im Baume liegenden Reineiweisse wirklich mobilisiert und somit wirklich als *Vorrat* in Rechnung gestellt werden kann. Persönlich glauben wir, dieser Anteil sei sehr gering, und der Baum habe beim Laubausbruch und beim nachfolgenden Blühen und Fruchten ungefähr alle Eiweissvorräte, die er, ohne den nächstjährigen Laubausbruch in Frage zu stellen, abzugeben vermag, auch wirklich abgegeben. Doch ist dies nur eine Vermutung, die sich freilich auf eine jahrelange intensive Beschäftigung mit den Buchen berufen darf.

Und in welchem Verhältnis steht endlich der durch das Blühen und Fruchten bedingte Kohlehydrat/Eiweissentzug zum Kohlehydrat/Eiweissentzug während eines gewöhnlichen vegetativen Jahres (Laubausbruch und Wachstumsprozesse) ?

Wir haben im I. Teil berechnet, durch den Laubausbruch und durch die Wachstumsprozesse seien dem Baum rund 22—26 kg Kohlehydrate und Reservehemizellulosen und rund 4—5 kg Eiweissverbindungen entzogen worden. Das Kohlehydrat/Eiweissverhältnis für ein gewöhnliches vegetatives Jahr stellt sich somit auf 5,5 : 1 oder 5,2 : 1, also für die Kohlehydrate rund zehnmal günstiger als bei der Samenbildung : *durch ein gewöhnliches vegetatives Jahr wird im Baum das Kohlehydrat/Eiweissverhältnis nicht wesentlich verschoben, wohl aber durch ein Mastjahr, und zwar in ausgesprochener Weise zuungunsten der Kohlehydratvorräte.*

Es wäre nunmehr an sich möglich, die Frage auch umzukehren und sie, im Hinblick auf die nährstofftechnischen *Voraussetzungen* der Blühreife, wie folgt zu formulieren : wann und warum tritt ein Blühjahr bzw. ein Mastjahr ein ? Die verschiedenen Theorien über die stoff-

wechselphysiologischen Voraussetzungen für die Ausbildung von Blütenknospen bei Obstbäumen sind durch Kobel (1931) dargelegt worden, und wir können deshalb auf die dort geschilderte Problemlage verweisen.

Im besondern Falle unserer Buchenuntersuchungen sind jedoch die folgenden Schwierigkeiten zu berücksichtigen. Die Anlage der Blütenknospen erfolgt gegen Ende des Laubausbruches, also gegen Ende Mai oder anfangs Juni des dem Mastjahr vorangehenden Jahres; wir müssten somit die Analysen der Stanser Buchen des Juli 1934 auf das Frühjahr 1933 extrapolieren, und das ist schwierig. Dazu kommt: *welche* Analysenwerte sollen wir extrapolieren? Denn es fallen, sofern wir uns nur mit den Kohlehydrat/Stickstoffquotienten beschäftigen wollen, doch wohl nur jene Kohlehydrat- und jene Stickstoffverbindungen in Betracht, die wirklich vom Baume mobilisiert werden können. Dies bei unsern Buchen mit hinreichender Genauigkeit abzuschätzen, ist vorläufig aussichtslos; je nachdem wir im Stamm 10 % Hemizellulosen mehr oder weniger als mobilisierbar annehmen, fällt die Rechnung anders aus. Das gleiche gilt in verstärktem Masse für die N-Verbindungen: je nachdem wir die Möglichkeiten eines zusätzlichen Eiweissentzuges aus dem Stamm etwas höher oder etwas niedriger veranschlagen, verschiebt sich die ganze Rechnungsgrundlage.

Wir möchten es deshalb auch ablehnen, die Analysenwerte der Zweige und der Äste unter den Gesichtspunkten der üblichen Blühreifetheorien durchzubesprechen. Was ist Ursache, was Wirkung? Bilden die Zweige im Frühsommer 1933 Blütenknospen, *weil* sie ein bestimmtes Kohlehydrat/Eiweissverhältnis erreicht haben, oder weisen sie nicht vielmehr ein bestimmtes Kohlehydrat/Eiweissverhältnis auf, weil aus anderweitigen Gründen die Blühdetermination erfolgt ist und weil nunmehr im Hinblick auf das bevorstehende Blühen bestimmte Vorräte in bestimmten Mengen bereitgestellt werden? Wir glauben eher an diese letztere Deutung.

Das einzige, das wir auf Grund unseres Materials schliessen können, ist daher das oben Gesagte: durch ein gewöhnliches vegetatives Jahr wird im Baum das Kohlehydrat/Eiweissverhältnis nicht wesentlich verschoben, wohl aber durch ein Mastjahr; und so müssen wahrscheinlich erst wieder die 40 kg Kohlehydrate ersetzt sein, ehe eine erneute Mast eintritt. Damit möchten wir jedoch nicht sagen, die Blühreife müsse nunmehr sofort wieder eintreten, sobald diese 40 kg Kohlehydrate ersetzt sind, sondern nur, die Wiederherstellung des Kohlehydrat/Eiweissverhältnisses sei eine wichtige *Voraussetzung* für das Wiedereintreten der Blühreife; die auslösenden Faktoren können dagegen ganz anderswo liegen.

## 5. Kapitel.

## *Der Einfluss der Tracht auf den Mineralstoffhaushalt der Buche.*

Die Aschenanalysen der Nüsschen und der Cupulae sind in Tab. 56 zusammengestellt. Rechnen wir die betreffenden Werte auf 4,5 kg Nüsschen und 9 kg Cupulae um, so kommen für verschiedene Stoffe, Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure und Schwefelsäure, Beträge heraus, deren Entzug man irgendwo im Baum bei der eingehenden Analyse sollte feststellen können. Leider mussten wir diesen Teil der Untersuchung abbrechen; denn die Gesamtaschengehalte der vier Stanser Bäume weisen in Tab. 57 derart grosse individuelle Schwankungen auf (wahrscheinlich im Zusammenhang mit Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Untergrundes, die wir nicht haben voraussehen können), dass es uns aussichtslos erschien, mit einem derart inhomogenen Material weiter zu arbeiten.

Tabelle 56.

Die Mineralstoffgehalte der Buchenfrüchte.

| Material | Aschengehalt | Kali $K_2O$ | Natron $Na_2O$ | Kalk CaO | Magnesia MgO | Manganoxyduloxyd $Mn_3O_4$ | Eisenoxyd $Fe_2O_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Phosphorsäure $P_2O_5$ | Schwefelsäure $SO_3$ | Chlor Cl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | Werte bezogen auf die Asche | | | | | | | | | | |
| Cupulae . . | 5,56 | 29,39 | 0,06 | 43,14 | 9,56 | 0,13 | 0,27 | 0,55 | 12,27 | 4,59 | 0,04 |
| Nüsschen . . | 3,46 | 52,09 | 0,21 | 22,56 | 4,59 | 0,09 | 1,65 | 4,79 | 9,37 | 4,59 | 0,06 |
| | Werte bezogen auf die Trockensubstanz | | | | | | | | | | |
| Cupulae . . | 5,56 | 1,64 | 0,0034 | 2,40 | 0,52 | 0,0072 | 0,0150 | 0,0206 | 0,68 | 0,26 | 0,0022 |
| Nüsschen . . | 3,46 | 1,80 | 0,0072 | 0,78 | 0,16 | 0,0032 | 0,0570 | 0,1658 | 0,32 | 0,16 | 0,0020 |

Sehen wir in Tab. 57 von den beiden eingeklammerten Werten ab, die offensichtlich Zufallszahlen sind, so weisen die Zweige eine *Zu*nahme an Aschenbestandteilen auf, die übrigen Partien der Bäume eine *Ab*nahme; die Zunahme in den Zweigen mag mit den enormen Stofftransporten zusammenhängen, die während des Blühens und des Fruchtens durch die Zweige stattfinden. Rechnen wir die Zunahme in den Zweigen und die Abnahme in den übrigen Partien gegeneinander auf, so kommt für den ganzen Baum ein Mineralstoffentzug von 0,78 kg heraus, der vorwiegend von der Astrinde und von der Stammrinde getragen wird. Die 4,5 kg Nüsschen enthalten 158 g Asche, die 9 kg Cupulae 504 g, zusammen 0,66 kg. Die Überschlagsrechnung ist also in der Grössenordnung richtig: *die für die Ausbildung der Früchte notwendigen Mineralstoffe werden vorwiegend der Astrinde und der Stammrinde entnommen.*

Tabelle 57.

Der Einfluss der Tracht auf den Mineralstoffhaushalt (Gesamtaschengehalt) der Buchen. (Mutmassliche Zufallswerte sind eingeklammert.)

| Material | nicht fruchtend | | fruchtend | Veränderung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | absolut | | relativ |
| | % | kg | % | % | kg | % |
| Zweige | 3,44 | | 4,14 | | | |
| | *3,55* | 0,4 | *3,89* | +0,34 | +0,04 | + 9,57 |
| | 3,65 | | 3,64 | | | |
| Äste | | | | | | |
| Rinde | 7,34 | | 5,89 | | | |
| | *7,53* | 0,8 | *6,82* | —0,71 | —0,08 | — 9,42 |
| | 7,71 | | 7,75 | | | |
| Holz | 0,57 | | 0,58 | | | |
| | *0,65* | 0,9 | *0,65* | 0 | 0 | 0 |
| | 0,73 | | 0,71 | | | |
| Stamm | | | | | | |
| Rinde | 7,67 | | 6,32 | | | |
| | *7,68* | 5,8 | *6,80* | – 0,88 | —0,67 | —11,45 |
| | 7,68 | | 7,27 | | | |
| Jungholz | 0,44 | | 0,43 | | | |
| | *0,44* | 1,2 | *0,42* | —0,02 | —0,05 | — 4,54 |
| | 0,43 | | 0,41 | | | |
| Reifholz | 0,58 | | 0,47 | | | |
| | *0,54* | 5,5 | *0,46* | —0,08 | (—0,81) | —14,81 |
| | 0,50 | | 0,45 | | | |
| Wurzeln | | | | | | |
| Rinde | 7,28 | | 7,79 | | | |
| | *7,81* | 1,6 | *7,72* | —0,09 | —0,02 | — 1,15 |
| | 8,34 | | 7,65 | | | |
| Holz | 2,57 | | 0,72 | | | |
| | *1,90* | 2,5 | *1,02* | —0,88 | (—1,16) | —46,31 |
| | 1,23 | | 1,32 | | | |

Nähern Aufschluss über die Verteilung dieses Entzuges vermögen jedoch unsere Untersuchungen aus den soeben besprochenen Gründen nicht zu geben; daher ist auch ein Vergleich mit den Entzügen während des Laubausbruches nicht möglich.

## Zusammenfassung.

Von Mitte Dezember bis anfangs März verharrten die Bäume während des Versuchsjahres in der *Winterruhe*, und ihre Stämme waren grösstenteils mehrere Zentimeter tief gefroren. Im Durchschnitt der Monate November bis und mit März und *im Mittel aus den verschiedenen Stammhöhen* waren die Wurzel-, die Stamm- und die Astrinde (Tab. 9), ferner das Reifholz verhältnismässig trocken (Tab. 20—22), das Jungholz dagegen um rund die Hälfte feuchter als die anstossende

Rinde (99 zu 63 %, bezogen auf die Trockensubstanz) : das nasse Jungholz wird während der kalten Jahreszeit von einer trockenen Rinde umschlossen. Vom Stockende gegen das Kronenende hin nimmt der Wassergehalt in der Stammrinde um rund 7 % (bezogen auf die Trockensubstanz) ab, im Reifholz dagegen um ungefähr denselben Betrag zu; im Jungholz verhält er sich in den verschiedenen Stammhöhen unregelmässig (Abb. 9, 13, 14, 18).

Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte der Buchen während der Wintermonate sind in Tab. 58 zusammengestellt. Von den gesamten Kohlehydraten liegen rund 80 % im Holzteil (wovon die Hälfte im Reifholz des Stammes), vom Rest rund 18 % in der Rinde und rund 2 % in den Zweigen; der überwiegende Teil der Kohlehydrate ist in disperser Form vorhanden, ausgenommen im Ast- und im Wurzelholz, wo im Jahresmittel 38,7 bzw. 55,5 % der gesamten Kohlehydrate aus Stärke bestehen (Tab. 27). Bei den Fetten macht der Anteil des Holzes rund 60 % aus (wovon fast ⅔ im Reifholz des Stammes (Tab. 58 und 24)), bei den Rohproteinen rund 70 % (wovon wieder mehr als die Hälfte im Reifholz); die Stickstoffverbindungen sind zu fast $^9/_{10}$ in Form von Reinproteinen vorhanden, der Rest als Aminosäuren (Tab. 15, 16, 34, 35, 47); Nitrate konnten nie in messbarer Weise festgestellt werden.

Tabelle 58.

Durchschnittliche Nährstoffgehalte beinah blühreifer Buchen *während der Wintermonate* (nach Gäumann, 1935).

| Material | Trockengewicht | Gesamte Kohlehydrate | | Fette und Fettsäuren | | Rohprotein | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kg | % | kg | % | kg | % | kg |
| Zweige . . . . | 10 | 8,2 | 0,8 | 1,5 | 0,2 | 5,8 | 0,6 |
| Aeste | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 10 | 8,4 | 0,8 | 1,5 | 0,2 | 5,9 | 0,6 |
| Holz . . . . | 130 | 3,6 | 4,7 | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 2,0 |
| Stamm | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 75 | 9,7 | 7,3 | 2,5 | 1,9 | 5,4 | 4,1 |
| Jungholz . . . | 300 | 2,5 | 7,5 | 0,3 | 0,9 | 1,1 | 3,3 |
| Reifholz . . . | 1100 | 2,0 | 22,0 | 0,2 | 2,2 | 0,9 | 9,9 |
| Stockwurzeln | | | | | | | |
| Rinde . . . . | 20 | 9,7 | 1,9 | 0,8 | 0,2 | 5,1 | 1,0 |
| Holz . . . . | 130 | 5,2 | 6,8 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,7 |
| Insgesamt . . . | 1775 | | 51,8 | | 6,1 | | 23,2 |

Diesem Bild der Winterruhe fügen sich einzig die *Knospen* nicht ein. Ihre Vegetationsruhe ist Mitte Dezember schon abgeschlossen; sie hatte von Mitte Oktober bis Mitte Dezember gedauert, und die Knospen haben während dieser Zeit, zur Gewinnung der Erhaltungsenergie, täg-

lich 0,3 mg Trockensubstanz (das sind rund 0,6 % ihres Trockengewichtes) mehr veratmet als ein eventueller Stoffnachschub aus den Zweigen her betrug; denn ihr Trockengewicht nimmt durchschnittlich im Tag um diesen Betrag ab (Tab. 1, 1 a; Abb. 4 und 5). Dieses Atmungsdefizit wird zu rund $^5/_6$ von den Hemizellulosen und zu rund $^1/_6$ von den Kohlehydraten getragen (Tab. 5, 5 a); dementsprechend schrumpft das Volumen der Knospen durchschnittlich um 1 mm³ im Tag (Tab. 1 a). Der Fett- und der Stickstoffgehalt der Knospen erfahren während dieser Zeit keine wesentliche Veränderung (Tab. 2, 4 und 5 a).

Von Mitte Dezember weg beginnt, an sonnigen Tagen, der Stoffnachschub aus den Zweigen derart umfangreich zu werden, dass er in den Analysen zutage tritt. Betrug das Atmungsdefizit im Mittel der Tage vom 18. Dezember zum 6. Januar noch durchschnittlich 0,16 mg im Tag (gegen 0,3 mg von Mitte Oktober bis Mitte Dezember), so sinkt es im Mittel des 6.—13. Januar auf 0,10 mg. Von Mitte Januar weg ist die Zufuhr aus den Zweigen grösser als das Atmungsdefizit und das Trockengewicht der Knospen nimmt allmählich zu, erst um durchschnittlich 0,07 mg im Tag (13. Januar bis 15. Februar), und sodann, bis anfangs April, d. h. bis rund einen Monat vor dem Laubausbruch, anfänglich um 0,2, später um 0,4 mg im Tag. Insgesamt müssen während dieser Zeit mindestens 1,1—1,2 kg Kohlehydrate und 120 g Rohproteine in die Knospen hinaus gewandert sein. Der Fettgehalt nimmt unter dem Einfluss der starken Atmung steil von 1,7 auf 0,4 % ab (Tab. 2).

Noch rascher als die Trockengewichte wachsen die Volumina der Knospen, und sie steigen von durchschnittlich 78 mm³ am 13. Januar auf 311 mm³ am 3. April (Abb. 4 und 5). Ein Teil dieser Volumenzunahme beruht auf einer Auflockerung der Knospen, ein anderer Teil auf wirklichem Wachstum, das aber wahrscheinlich (da der Gehalt an Protopektinen konstant bleibt) nicht in erster Linie durch Zellteilung, sondern durch Intussuszeption erfolgt. Die Hemizellulosen werden zu Anfang dieser Periode noch weiter abgebaut; dementsprechend steigt der Anteil der Zellulose an der Gesamtmasse der Wandbestandteile von rund 50 % am 6. Januar auf rund 70 % anfangs April (Tab. 5). Es ist nicht ausgeschlossen, dass auch Protopektine in geringen Mengen abgebaut werden (S. 196).

Anfangs März brach im Versuchsjahr allmählich das *Frühjahr* an, und die Buchenstämme begannen aufzutauen. Ihre Rinde « kam in den Saft »; dabei vollzieht sich, im untersten Stammdrittel und in den Wurzeln, eine eigenartige Umkehr (Tab. 22) : während der Wintermonate war dort das Jungholz sehr feucht, die Rinde sehr trocken gewesen; nunmehr wird, im Durchschnitt der Sommermonate, die Rinde erheblich feuchter als das Jungholz. Im mittlern und im obern Stamm-

drittel (und in den Ästen) bleiben dagegen die Verhältnisse, im grossen Durchschnitt, gleich wie in den Wintermonaten : trockene Rinde, feuchtes Jungholz, weniger feuchtes Reifholz, ferner, nach oben zu, Abnahme des Wassergehaltes in der Rinde und Zunahme des Wassergehaltes im Reifholz. Nur vorübergehend, Mitte Mai, zur Zeit des Laubausbruches und des beginnenden Dickenwachstums, tritt im ganzen Baum sprunghaft eine aussergewöhnliche Saftanhäufung in der Rinde ein : ihr Wassergehalt beträgt in jenem Zeitpunkt 93,3 % (bezogen auf die Trockensubstanz und berechnet aus den verschiedenen Höhen des Stammes), gegen 89,4 % im Jungholz und 74,4 % im Reifholz (Abb. 13 und 14).

Möglicherweise ist die Wasseranhäufung, die bei unsern Buchen im Reifholz der obern Stammpartien jahraus jahrein besteht, zum Teil anthropogener Natur und durch die waldbauliche Bestandeserziehung mitbedingt; denn der Forstmann muss seinen Bestand, zur Erzielung hochschäftiger, glatter Stämme, im dichten Schluss und mit entsprechend starker Astreinigung hochbringen; der Kronenansatz liegt unter diesen Kulturbedingungen auf 18—20 m Höhe (Tafeln 15 und 16), während er in natürlichen Beständen tiefer beginnen mag; so dürfte sich auch die Wasserführung des Stammes bei tieferem Kronenansatz möglicherweise etwas anders gestalten als bei unsern hochgezogenen Bäumen.

Von den *Nährstoffen* des Baumes reagieren nur die Fette (und die Kohlehydrate der Rinden) auf das Auftauen und, damit verbunden, auf die Wiederaufnahme der Lebenstätigkeit : die Fette werden im ganzen Baum (Abb. 17; ähnlich verlaufen die Fettkurven der Zweige, der Äste, Abb. 10, und der Wurzeln, Abb. 20) stark veratmet; zur Zeit des Laubausbruches ist der Holzteil fettfrei. Insgesamt werden während gut zwei Monaten vom ganzen Baum rund 5,5 kg Fette und Fettsäuren veratmet, also rund $^9/_{10}$ der durch Tab. 58 ausgewiesenen Vorräte (sofern eine Rückverwandlung in Kohlehydrate stattfindet, ist sie unmessbar klein). Gemessen am Fettverbrauch veratmet die Stammrinde während dieser Zeit, zur Gewinnung der Erhaltungsenergie, täglich näherungsweise 16,3 g Fette, das sind 0,02 % ihres Trockengewichtes; im Jung- und im Reifholz ist die Atmungsintensität rund zehnmal geringer (Grössenordnung 0,002—0,004 % der Trockensubstanz im Tag).

Von anfangs April bis anfangs Mai steht der Baum in voller Vorbereitung für den *Laubausbruch*. Das durchschnittliche Volumen der Knospen steigt auf 640 mm³, also auf mehr als einen halben Kubikzentimeter, an. Obschon die Nährstoffzufuhr von den Zweigen her zweifelsohne mit dem Maximum der Leitungskapazität betrieben wird, reicht der Nachschub nicht aus, um den enormen Energieverbrauch der jungen, im Innern der Knospen heranwachsenden Blätter zu decken; die in den Knospen noch liegenden Reserven werden daher endgültig veratmet; das Trockengewicht der Knospen nimmt dementsprechend, statt

weiter zu wachsen, jeden Tag durchschnittlich um ein halbes Milligramm ab. Da nun aber das Trockengewicht der Knospen von anfangs April bis anfangs Mai um reichlich einen Viertel sinkt, ihr Volumen dagegen auf rund den doppelten Betrag ansteigt, so muss ihr spezifisches Gewicht stark zurückgehen, und es erreicht kurz vor dem Laubausbruch den ausserordentlich niedern Wert von 0,06 (Abb. 4).

Während des Laubausbruches wird von den Bäumen eine ungeheure chemische Arbeit geleistet; vom 4. zum 15. Mai wurden im Tag mindestens 0,4 kg Blatt- und Zweigtrockensubstanz neu gebildet, vom 15. Mai zum 1. Juni mindestens 1,1 kg. Der Stoffumsatz in der Krone entspricht in der zweiten Hälfte Mai im Tag der Kohlehydratmenge von 3 kg Brot und der Eiweissmenge von 0,75 kg Rindfleisch.

An Hand von Stämmen, die kurz vor dem Laubausbruch geschlagen wurden und sodann, auf dem Waldboden liegend, ohne Wasserzufuhr von den Wurzeln her austrieben, liess es sich ferner zeigen, dass die Buchen zur Ausbildung ihrer Krone gar kein Wasser aus dem Erdboden aufzunehmen brauchten : die im Stamme liegenden Vorräte reichen hierzu vollkommen aus, und sie werden durch diesen (unnatürlichen) Laubausbruch noch bei weitem nicht erschöpfend beansprucht. Der Wasserbedarf für die vollständige Ausbildung einer Krone beträgt höchstens 175 kg (Tab. 23 und 23a).

Von den rund 37 kg Kohlehydraten, welche die Krone für die Ausbildung der Laubmasse und für das Höhenwachstum verbraucht, werden rund 1 kg (0,2 kg aus Kohlehydraten, 0,8 kg aus Hemizellulosen) von den Zweigen (dem « Reisig ») gestellt, rund 0,3 kg (aus Kohlehydraten) von der Astrinde, rund 7,8 kg (aus Hemizellulosen) vom Astholz, rund 2 kg von der Stammrinde, rund 1,2 kg vom Jungholz und rund 2,2 kg vom Reifholz (alles aus Kohlehydraten). Mit diesen rund 15 kg liefert demnach der Baum nur rund $^2/_5$ des gesamten Kohlehydratbedarfes der Krone, rund $^3/_5$ werden von der Krone durch die eigene Assimilationstätigkeit beschafft.

Für das *Dickenwachstum* des Stammes (Tab. 19; Abb. 11) lässt es sich zeigen, dass sein Kohlehydratbedarf zu mindestens $^3/_4$ aus den Vorräten des Stammes bestritten wird (Tab. 28), höchstens $^1/_4$ wird unmittelbar von der Krone her beschafft. Durch die gesamte Vegetationstätigkeit während eines Jahres : Laubausbruch, Höhenzuwachs, Dickenwachstum, Längenwachstum der Wurzeln werden somit von den (rund) 87 kg Kohlehydrat- und Hemizellulosenreserven (rund) 26 kg verbraucht, also $^1/_3$—$^1/_4$. Die restlichen $^2/_3$—$^3/_4$ bleiben offensichtlich durch den jährlichen Vegetationsrhythmus unberührt. Damit wird ohne weiteres klar, warum die Buchen in einem Katastrophenjahr ein zweites Mal ausschlagen können.

Für die Deckung der zu rund 4,3 kg in der frisch entfalteten Krone vorhandenen Eiweissverbindungen ist in den Zweigen ein Entzug von

0,06 kg Rohprotein festzustellen, in der Astrinde beinahe 0, im Astholz 0,33 kg, in der Stammrinde 0, im Jungholz 0,75 kg und im Reifholz des Stammes 2,06 kg; für rund $^2/_3$ des gesamten Stickstoffbedarfes der Krone kann also die Herkunft aus den Vorräten des Baumes nachgewiesen werden : sie stammen vorwiegend aus dem Holzteil (Tab. 16 a und 36).

Von den wichtigern Mineralstoffen (Tab. 7, 8, 37—41) wird der Kalibedarf zu rund $^1/_3$ von den Zweigen und den Ästen gedeckt, zu rund $^1/_3$ von der Stammrinde und zum letzten Drittel vom Jungholz des Stammes. Ferner liefern die Zweige und die Äste fast den gesamten Kalkbedarf, rund $^3/_4$ der Phosphorsäure und rund die Hälfte des Schwefels (wovon rund die Hälfte in mineralischer Form gewandert sein muss). Im Gegensatz zu den Kohlehydraten und den Stickstoffverbindungen, die zum grössten Teil aus den Vorräten des Stammes geliefert wurden, werden die wichtigern Mineralstoffe vorwiegend aus den Zweigen und den Ästen bezogen.

Die nach dem Laubausbruch bis gegen den Herbst hin in den Bäumen sich abspielenden Verschiebungen (sie sind übrigens wenig charakteristisch) können hier nicht besprochen werden. Von Belang ist nur die *Entwicklung der Knospen.* Die für das folgende Jahr bestimmten Knospen werden ja schon während des Laubausbruches angelegt. Am 1. Juni betrug ihr Trockengewicht 1,1 mg und ihr Volumen schätzungsweise 5 $mm^3$ (Abb. 4 und 5). In der Folgezeit nimmt ihr Gewicht erst langsam, dann immer steiler zu, in der ersten Hälfte Juni durchschnittlich um 0,02 mg im Tag, von Mitte Juni bis Mitte Juli um 0,08 mg, von Mitte Juli bis Mitte September um 0,3 mg und, kurz vor dem Vergilben, von Mitte September bis Mitte Oktober, um volle 1,5 mg im Tag. In einem ähnlichen Rhythmus wachsen auch ihre Volumina : erst um durchschnittlich 0,2, dann um 0,5, um 0,8 und schliesslich um 2,4 $mm^3$ im Tag. Die herbstliche Entwicklung der Knospen wird abgeschlossen ehe die Bäume ihre Assimilationstätigkeit aufgeben.

Während dieser Entwicklung bleibt der Gehalt der Knospen an Kohlehydraten sehr gering, 0,4—1,0 mg pro Knospe (Tab. 3, 5 a), weil offenbar alle heranwandernden Kohlehydrate unmittelbar beim Aufbau der Hemizellulosen und der Zellulose Verwendung finden. Erst in den zwei Wochen während des Vergilbens der Blätter schnellt der Kohlehydratvorrat der Knospen auf 5,4 mg empor, und zwar fast ausschliesslich durch Aufspeicherung von Glukose und von Saccharose, nicht aber von Stärke. Auch der Gehalt an Hemizellulosen nimmt um diese Zeit deutlich zu (Tab. 5 a). Völlig unabhängig von den Kohlehydrat- (und insbesondere den Stärke-) kurven steigt der Fettgehalt der Knospen ganz allmählich von 0,03 mg Mitte Juli auf 1,3 mg Mitte Oktober. Der Stickstoffgehalt, bezogen auf die Trockensubstanz, bleibt sich während

dieser Monate, soweit er untersucht werden konnte, ungefähr gleich; doch nimmt, entsprechend der Gewichtszunahme der Knospen, die absolute Menge des durchschnittlich in einer Knospe vorhandenen Rohproteins erheblich zu, so von 1,7 mg pro Knospe Mitte September auf 5,7 mg Mitte Oktober (Tab. 5 a). Man darf sich wohl vorstellen, dass mit diesen letztgenannten Vorräten (8,8 % Rohprotein) das Aufnahmevermögen der Knospen beinahe erschöpft ist.

Unmittelbar nach diesen letzten Gewichtszunahmen und Nährstoffspeicherungen treten die Knospen in die Winterruhe ein, die ungefähr bis Mitte Dezember dauert.

Die chemische Arbeit, die während des *Vergilbens* (12.—26. Oktober) und des *Laubfalles* (bis Mitte November) von den Bäumen geleistet wird, ist erheblich geringer als diejenige während des Laubausbruches. Insgesamt werden rund 11 kg Substanz zurückgeschafft, wovon sich rund 5,1 kg gesamte Kohlehydrate (4 kg aus Hemizellulosen, 1,1 kg aus reinen Kohlehydraten), 2,5 kg Rohprotein und gewisse Mengen Mineralstoffe (Eisen, Mangan, Phosphorsäure und Schwefel) unmittelbar nachweisen lassen. Trotz dieser geringen Ausmasse, verglichen mit den rund 37 kg des Laubausbruches, verläuft der Rücktransport weniger reibungslos als der Transport nach aussen im Frühjahr; so treten in den Zweigen und im Astholz Stauungen auf, die zu Kohlehydratgehalten bis 13 % führen; erst nach zwei Monaten (Mitte Dezember) sind diese Stauungen behoben, und zwar zum Teil durch Überführung der Kohlehydrate in Hemizellulosen. Der Grund dieser geringen Leistungsfähigkeit während des Laubfalles liegt wahrscheinlich in der niedern Aussentemperatur: die *maximale* Lufttemperatur während der fraglichen Herbsttage liegt nur um ein geringes höher als die *minimale* Lufttemperatur während des Laubausbruches (S. 165).

Die Rücktransporte sind immerhin derart ausgiebig, dass dem Baum von den mobilen Verbindungen nur wenig durch den Laubfall verloren geht; so sind im fallenden Laub nur noch 7,6 % reine Kohlehydrate (bezogen auf den Gehalt des 26. Oktober) vorhanden (0,6 kg), dagegen verhältnismässig viele Fette (0,4 kg), mobilisierbare Hemizellulosen (1,1 kg) und vor allem Eiweissverbindungen (1,8 kg Rohprotein; diese entsprechen, *pro Baum*, der Eiweissmenge von fast 10 kg Rindfleisch). Ferner werden, wie bekannt, mit dem fallenden Laub grosse Mengen an Kieselsäure, Kalk, Kali usw. abgestossen.

Für zahlreiche andere Einzelheiten des jährlichen Ganges des vegetativen Haushaltes der Buche muss auf den ausführlichen Text verwiesen werden.

Wir werfen nunmehr einen Blick auf den *Einfluss der Tracht* (des Blühens und des Fruchtens) auf den Stoffhaushalt der Buche.

Die blühreifen Buchen besassen im Frühjahr einen mobilisierbaren Kohlehydratvorrat von rund 114 kg (rund 65,2 kg reine Kohlehydrate und rund 48,8 kg Reservehemizellulosen); rund $^2/_3$ dieser Vorräte, nämlich rund 75 kg, waren im Stamm eingelagert (Tab. 53 a). Der Laubausbruch, das Höhenwachstum, das Dickenwachstum usw. verschlangen rund 25 kg (wovon $^2/_3$ zu Lasten der reinen Kohlehydrate und $^1/_3$ zu Lasten der Reserve-Hemizellulosen fallen), das sind rund 20 % der gesamten Vorräte. Leider gibt es keine Anhaltspunkte, um die Grössenordnung der *mobilisierbaren* Vorräte an Stickstoffverbindungen im Baum zu schätzen. Es lässt sich nur feststellen, dass der Baum beim Laubausbruch eine Stickstoffmenge, die rund 4,3 kg Rohprotein entspricht, an die Laubmasse abgibt. Das am Verbrauch gemessene Kohlehydrat/Eiweiss-Verhältnis stellt sich daher beim Laubausbruch ungefähr auf 5 : 1.

Durch das Blühen und Fruchten werden dem Baum noch weitere 40—45 kg Kohlehydrate entzogen (zur Hälfte reine Kohlehydrate, zur Hälfte Hemizellulosen), und zwar tragen alle Partien des Baumes, von den Zweigen bis in die Wurzeln hinunter, an diese Abgabe bei, am stärksten das Astholz mit einer Abgabe von 86,7 % seiner gesamten mobilisierbaren Vorräte, am wenigsten das Reifholz des Stammes mit 48,9 % seiner Vorräte (Tab. 53 a). Zum Schluss verbleiben dem Baum noch 42 kg, das sind rund 37 %, also rund $^1/_3$ der ursprünglich vorhandenen mobilisierbaren Kohlehydrate; doch stehen diese Vorräte, obschon sie sich aus mobilisierbaren Verbindungen zusammensetzen, nicht restlos zur Verfügung, da naturgemäss nicht der letzte Glukoserest aus dem Parenchym herausgeholt werden kann. Immerhin dürfte der wirklich disponible Anteil dieser 42 kg gross genug sein, um im folgenden Jahr den Kohlehydratbedarf des Laubausbruches (rund 15 kg) und des Dickenwachstums (rund 6—7 kg) einigermassen zu decken.

Diesem Kohlehydratverbrauch von 40—45 kg steht an neugebildeter Trockensubstanz nur eine Leistung von 13,5 kg gegenüber (4,5 kg Nüsschen, 9 kg Cupulae). Während des Blühens und des Fruchtens sind demnach rund doppelt so viele Kohlehydrate veratmet worden, als Trockensubstanz neu gebildet wurde. Verglichen mit dem Energiestoffwechsel des Laubausbruches, wo rund halb soviel Substanz veratmet als aufgebaut wird, stellt sich also das Blühen und das Fruchten ungefähr viermal unwirtschaftlicher dar; dieser enorme Materialverlust wird wahrscheinlich bedingt 1. durch die Atmungsverluste während des Blühens selbst, 2. durch die unmittelbaren Materialverluste (männliche Blüten, nicht befruchtete weibliche Blüten usw.), und 3. durch den Energieaufwand und durch die Umsetzungsverluste für die *rasche* Umsetzung und den *raschen* Transport der Baumaterialien in die Früchte hinaus. Die Entwicklung der Früchte erfolgt ja zur Hauptsache innerhalb zweier Monate.

Stickstoffverbindungen werden durch die Früchte (Nüsschen + Cupulae) nur im Gegenwert von 0,8—1 kg Rohprotein beansprucht; sie werden (in geringem Masse) den Zweigen, zur Hauptsache der Ast- und der Stammrinde entnommen (Tab. 54, 55), also vorwiegend jenen Partien, die an den Stickstoffbedarf des Laubausbruches nicht in messbarer Weise beigetragen haben. (Auch die von den Früchten benötigten Mineralstoffe scheinen übrigens vorwiegend der Ast- und der Stammrinde entzogen zu werden; Tab. 56 und 57.) Verglichen mit dem Nährstoffverhältnis des Laubausbruches stellt sich das Kohlehydrat/Eiweiss-Verhältnis der Tracht auf 40 bzw. 50 : 1; es werden dem Baum durch die Tracht rund 40—50mal so viele Kohlehydrate als Eiweissverbindungen entzogen. Durch ein gewöhnliches vegetatives Jahr wird in der Buche das Kohlehydrat/Eiweiss-Verhältnis nicht wesentlich verschoben, wohl aber durch ein Mastjahr, und zwar in ausgesprochener Weise zuungunsten der Kohlehydratvorräte.

---

### Zitierte Literatur.

Aus Gründen der Raumersparnis haben wir auf eine Besprechung der Literatur verzichtet und ein für allemal auf die Bücher von Münch (1927) und von Kobel (1931) verwiesen (S. 172). Wir führen deshalb hier nur jene Arbeiten an, die aus irgendeinem Grunde besonders genannt wurden.


Engler, A., 1903. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. (Mitteil. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen, **7,** 247—317).

Ehrlich, F., 1930. Ueber die Chemie des Pektins und seine Beziehungen zur Bildung der Inkrusten der Zellulose. (Zellulosechemie, **11,** 140—151, 161 bis 170.)

Fellenberg, Th. von, 1916. Eine direkte, allgemein anwendbare Stärkebestimmungsmethode. (Mitteil. a. d. Gebiet der Lebensmitteluntersuch. u. Hygiene, **7,** 369—383.)

— 1917. Die Stärkebestimmung in Kleie (l. c., **8,** 55—56).

— 1918. Ueber den Nachweis und die Bestimmung des Methylalkohols, sein Vorkommen in den verschiedenen Nahrungsmitteln, und das Verhalten der methylalkoholhaltigen Nahrungsmittel im Organismus. (Biochem. Zschr., **85,** 45—117.)

— 1918. Ueber die Konstitution der Pektinkörper (l. c., **85,** 118—161).

— 1928. Stärkebestimmung in Kindermehl. (Ztschr. Untersuch. Lebensmittel, **55,** 473—475.)

Frey-Wyssling, A., 1935. Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Springer, Berlin.

Gäumann, E., 1927. Der jahreszeitliche Verlauf des Kohlehydratgehaltes im Tannen- und Fichtenstamm. (Ber. Deutsch. Bot. Ges., **45,** 591—597.)

— 1928. Die chemische Zusammensetzung des Fichten- und Tannenholzes in den verschiedenen Jahreszeiten. (Flora, **123,** 344—385.)

— 1930. Untersuchungen über den Einfluss der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes II. (Beiheft 6 zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins, Bern, 155 S.)

— 1932. Der Einfluss der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichten- und Tannenholzes. (Angewandte Botanik, **14,** 387—411.)

Gäumann, E., 1932. Der Einfluss der Keimungstemperatur auf die chemische Zusammensetzung der Getreidekeimlinge I. (Ztschr. f. Bot., **25,** 385—461.)
— 1935. Ueber den Stoffhaushalt der Buche (Fagus silvatica L.). (Ber. Deutsch. Bot. Gesellschaft, im Druck.)
— Roth C. und Anliker J., 1934. Ueber die Biologie der Herpotrichia nigra Hartig. (Ztschr. f. Pfl.kr., **44,** 97—116.)
Grün, A., 1925. Analyse der Fette und Wachse I. (Springer, Berlin, 575 S.)
— und Halden, W., 1929. Analyse der Fette und Wachse II. Springer, Berlin, 806 S.)
Hartig, R., 1882. Ueber die Verteilung der organischen Substanz usw. in den Bäumen. (Untersuchungen a. d. forstbot. Institut München, **2,** 112 S.)
Huber, H., 1929. Ueber den Zustand und die Rolle der Gerbstoffe in der Pflanze. (Jahrb. wiss. Bot., **70,** 277—327.)
Kobel, Fr., 1931. Lehrbuch des Obstbaus auf physiologischer Grundlage. (Springer, Berlin, 274 S.)
Lüdi, W. und Vareschi, V., 1934. Die Untersuchung der Klimaverhältnisse im Albisgebiet. (Bericht über das geobot. Forschungsinstitut Rübel für das Jahr 1933, 55—64.)
Münch-Büsgen, 1927, Bau und Leben unserer Waldbäume. (3. Aufl., Gustav Fischer, Jena, 426 S.).
Nanji, D. R. and Norman A. G., 1928. The estimation of the individual pectic substances in nature. (Biochem. Journ., **22,** 596—604.)
O'Dwyer, M. H., 1926. The hemicelluloses of beech wood. (Biochem. Journ., **20,** 656—664.)
— 1928. Preliminary investigations on the constitution of the hemicelluloses of timber (l. c., **22,** 381—390).
Thoms, H., 1926. Handbuch der praktischen und wissenschaftlichen Pharmazie, III/2. Urban und Schwarzenberg.