

Mikroklimatische Untersuchungen an einem Birnbaum

Autor(en): **Lüdi, Werner / Zoller, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich**

Band (Jahr): - **(1952)**

PDF erstellt am: **01.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-377546>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- Zöttl, H.: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Jahrb. d. Ver. z. Schutz d. Alpenpfl. u. -tiere Jahrg. **16**, 10 (1951 a).
– Experimentelle Untersuchungen über die Ausbreitungsfähigkeit alpiner Pflanzen. Phytion **3**, 121 (1951 b).
– Beitrag zur Ökologie alpiner Kalkschuttstandorte. Phytion **4**, 160 (1952).

MIKROKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM BIRNBAUM

Von *Werner Lüdi* und *Heinrich Zoller*

Einleitung

Die Verteilung der Moose, Flechten und Algen an unseren Bäumen wird augenscheinlich vom Mikroklima in hohem Maße beeinflusst. Untersuchungen über die Beschaffenheit der meteorologischen Elemente in den verschiedenen Teilen des Stammes und der Baumkrone sind aber sehr spärlich. Nun hat sich seinerzeit Dr. Volkmar Vareschi als Assistent am Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel in Zürich mit den epiphytischen Kryptogamengesellschaften im Stadtgebiet von Zürich beschäftigt¹, und im Anschlusse daran versuchten wir, dem Problem des Mikroklimas an den Bäumen etwas näher zu treten. Dr. Fritz Ochsner führte mit Beihilfe des Institutes Rübel solche Untersuchungen in einem Walde bei Muri (Aargau) aus, und wir wählten als Untersuchungsobjekt einen Birnbaum im Garten des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. Während der Jahre 1933 und 1934 machten wir regelmäßige Messungen. Diese gelangten nie zur Veröffentlichung. Dr. Vareschi mußte bald darauf von Zürich wegziehen. B. Stüßi begann in seiner Assistentenzeit die Verarbeitung der Materialien, konnte sie jedoch nicht beenden. Da sich aber ganz interessante Ergebnisse zeigten, wollen wir, wenn auch verspätet, doch das Wichtigste davon noch bekanntmachen.

Lage des Untersuchungsobjektes. Methodik

Die Beobachtungen wurden in einem Obstgarten mit locker stehenden Bäumen ausgeführt, der auf einer Geländestufe am terrassierten

¹ Vgl. Volkmar Vareschi, Die Epiphytenvegetation von Zürich. Ber. Schweiz. Botan. Ges. **46**, Festband Rübel, 1936 (445–488, 4 Taf., 1 Karte).

Westhänge des Zürichberges, in etwa 465 m Meereshöhe liegt. Für die allgemeinen meteorologischen Werte ist die meteorologische Zentralanstalt in Zürich (alte Station) repräsentativ, die nur einige hundert Meter entfernt auf der gleichen Bergterrasse liegt: mittlere Jahrestemperatur $+ 8,7^{\circ}$, Januarmittel $- 0,8^{\circ}$, Julimittel $+ 18,0^{\circ}$, mittlerer jährlicher Niederschlag für die Jahre 1864–1940 1044 mm mit Maximum im Sommer, mittlere relative Luftfeuchtigkeit 77%, mittlere Bewölkung 6,4, Sonnenscheindauer 1680 Stunden oder 40% der möglichen¹. Die flach gegen Westen geneigte Hanglage wirkt sich in einer Verspätung des Sonnenaufgangs um etwa eine halbe Stunde aus wie in der meteorologischen Zentralanstalt.

Der als Untersuchungsobjekt dienende Birnbaum war von mittlerer Größe, wohlgestaltet, mit rundlicher Krone (vgl. Abbildung 1). Der Stamm erweiterte sich in etwa 180 cm Höhe in einen kräftigen Kronenansatz, aus dem die starken und schön verzweigten Leitäste der Krone seitwärts nach oben ausstrahlten, während der zentrale Stammsproß sich nicht weiter fortsetzte. So ergab sich eine Krone, die in der Peripherie gut beastet und dicht belaubt, im Zentrum dagegen ziemlich nackt war und auch im mittleren Deckenteil nur eine lockere Beblätterung aufwies. Die Gesamthöhe des Baumes betrug etwa 8 m, die Breite der Krone vom Zentrum (Stamm) bis zu den Astspitzen etwa 3–3,5 m.

Von besonderer Bedeutung für das Klima am Baum sind die periodischen Erscheinungen der Blattentfaltung und des Laubfalls. Die Blattentfaltung vollzieht sich im Laufe des Monats April (in der Regel von etwa Mitte April an). Die volle Belaubung dauert vom Mai bis in den Oktober. Der Blattfall, der sich normalerweise längere Zeit hinzieht, beginnt bereits Mitte Oktober. Im Jahre 1934 setzte er am 8. Oktober ein, und Ende Oktober war etwa die Hälfte des Laubes gefallen.

An den Birnbaum wurden die Meßinstrumente befestigt (vgl. Abb. 1 und 2): am Stamm in 10–20 cm über dem Boden, in Südwest- und Nordostexposition je ein Sixthermometer und Haarhygrometer; in 150–170 cm Höhe, ebenfalls in den beiden genannten Expositionen, je ein Sixthermometer, ein Haarhygrometer, ein Livingstonscher Verdunstungsmesser und zu bestimmten Zeiten ein Graukeilphotometer

¹ Vgl. dazu: H. Uttinger, Vom Zürcherklima. Zürcher statistische Nachrichten, Heft 2, 1940. – H. Uttinger, Neue Mittel- und Extremwerte der wichtigsten klimatischen Elemente von einigen meteorologischen Stationen der Schweiz. Ann. Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt **1945**, 1946 (8 S.).

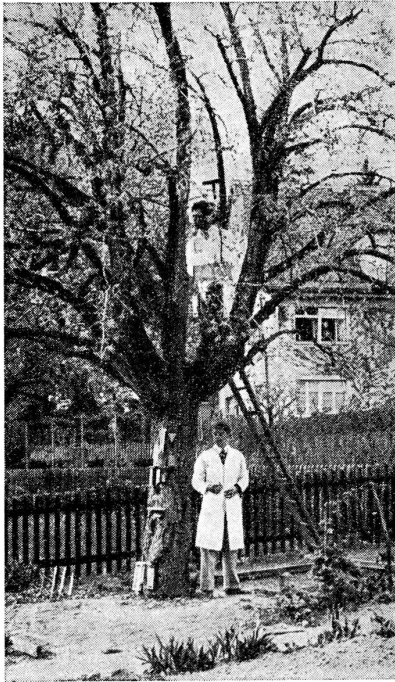


Abb 1. Der untersuchte Birnbaum von Süden gesehen, mit den Instrumenten und Beobachtern. Links neben dem Baumstamm die drei Erdbodenthermometer. Photo Frühling 1933.

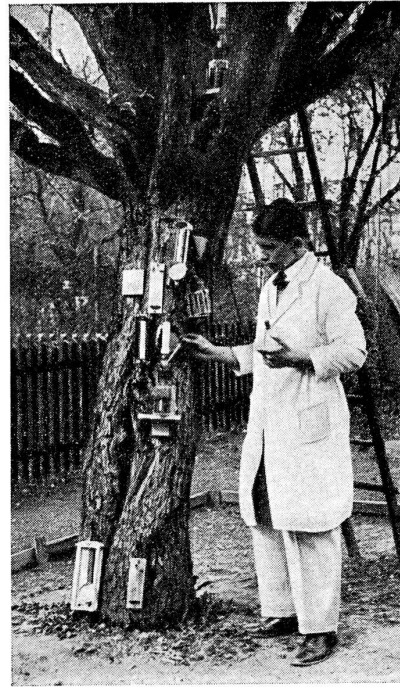


Abb. 2. Stamm des Birnbaumes von Südwesten mit den Instrumenten: unten Thermometer und Hygrometer, oben in der unteren Reihe Atmometer und Photometer, in der oberen Reihe Thermometer, Hygrometer, Tauplatte und rechts außen Einrichtung zum Messen des Wasserabflusses längs des Stammes. Ganz oben Atmometer in der Kronenbasis. Photo Frühling 1933.

Eder-Hecht und eine Leicksche Tauplatte. Die messenden Teile wurden direkt der Baumrinde aufgelegt. Die Instrumente waren der Besonnung frei ausgesetzt, die Haarhygrometer aber doch im Gehäuse eingeschlossen, so daß der Haarstrang von der Sonne nicht getroffen wurde. Bei den Verdunstungsmessern wurde die hintere, dem Baumstamm aufliegende Hälfte des Zylinders mit Kollodium überstrichen, so daß nur die freiliegende Hälfte verdunsten konnte. Um vergleichbare Ergebnisse mit den freistehenden Verdunstungszylindern zu bekommen (Krone, Stange), verdoppelten wir die Verdunstungswerte der Stammatmometer. In unserer Darstellung (Abb. 11) wurden zudem alle Verdunstungswerte auf den Standardzylinder von Livingstone reduziert. Ferner wurden am Stamm Vorrichtungen angebracht, um den Abfluß des Wassers längs des Stammes an 3 verschiedenen Stellen zu messen.

Im freien, innern Kronenraum in 280 cm und 400 cm Höhe gelangten die gleichen Instrumente zur Aufstellung, Thermometer, Hygrometer und Atmometerzylinder in senkrechter Lage, die Photometer waagrecht gelegt.

Der Boden unter dem Baum war ziemlich nackt, und in der unmittelbaren Umgebung wurde etwas Gartenbau getrieben. 1–1,5 m vom Fuße des Stammes entfernt gruben wir 3 Erdbodenthermometer ein, je eines in 2, 10 und 40 cm Bodentiefe.

Um einen Vergleich der Verhältnisse am Baum mit denen des offenen Landes zu erhalten, errichteten wir eine zweite Beobachtungsstation etwa 30 m entfernt im offenen Rasen einer Wiese. Eine Stange trug in 400 und 160 cm Höhe sowie 10–20 cm über dem Boden je ein Sixthermometer und ein Haarhygrometer. Diese Instrumente waren gegen Nordosten gerichtet, wie diejenigen auf der Schattenseite des Baumes, und waren der direkten Sonneneinwirkung entzogen. Ein Vergleichsphotometer stellten wir auf der völlig freiliegenden Dachterrasse des Institutes auf.

An den Freiluftthermometern wurden vom 1. Januar 1933 bis zum 31. Dezember 1934 täglich die Maximal- und die Minimalwerte abgelesen, außerdem die Temperaturen um 8 und 16 Uhr (in den ersten Monaten um 14 Uhr), bei den Erdbodenthermometern nur die letzteren. Die Ablesung der Luftfeuchtigkeit erfolgte um 8 und 16 Uhr (bzw. 14 Uhr). Wir versuchten, die Maximal- und Minimalwerte der Luftfeuchtigkeit durch den Einbau von Schleppzeigern zu erfassen; doch ergaben diese nicht durchwegs befriedigende Werte. Die Ablesung der

Verdunstungsmesser geschah einmal täglich. Die Photometer wurden während der 3 Jahre 1933–1935 in den mittleren Teilen jedes Monats während je 4–6 aufeinander folgender Tage eingesetzt bei täglicher Ablesung der Lichtsummen. Taumessungen erfolgten nur im Spätsommer und Herbst 1933.

Lichtmessungen

Die Perioden der Lichtmessung umschlossen naturgemäß helle und trübe Tage. Da aber jede Gruppe von Messungen mehrere (meist 5) Tage dauerte, so ergaben sich Mittelwerte, die einigermaßen ausgeglichen sind. Es zeigte sich außerdem, daß der Verlauf der Lichtstärkenkurve für die gleiche Station in den drei Beobachtungsjahren recht

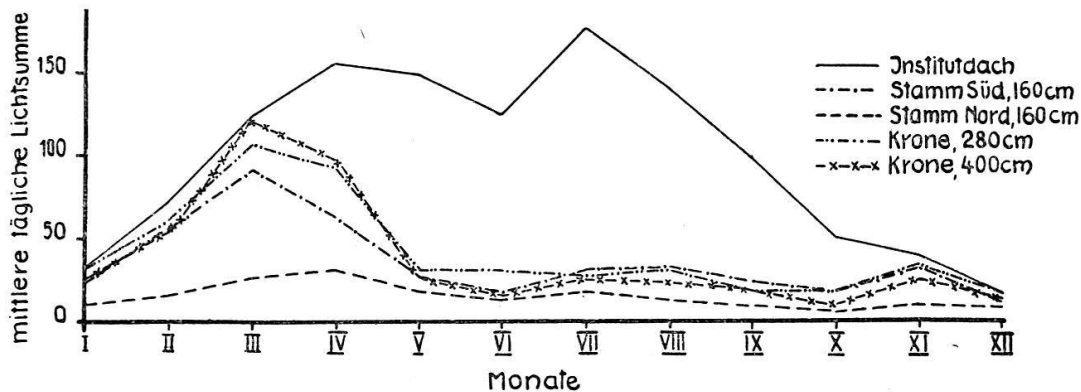


Abb. 3. Mittlere tägliche Lichtsummen der einzelnen Monate, Mittelwerte der Jahre 1933, 1934, 1935.

übereinstimmend ist. Wir bringen neben den monatlichen Mittelwerten (Tabelle 1) auch die dreijährigen Mittelwerte zur Darstellung (Abb. 3), was die Zufälligkeiten der einzelnen Wetterlagen weiterhin ausgleicht.

Die Lichtstärke nimmt auf dem freiliegenden Institutsdach im großen und ganzen den Verlauf, der der täglichen Sonnenscheindauer entspricht: sie steigt vom Januar bis in den Sommer hinein stark an und fällt dann wieder ab, mit dem ausgesprochenen Minimum im Dezember. In auffallender Weise bleibt der Monat der längsten Tage, der Juni, hinter den übrigen Sommermonaten und den Frühlingsmonaten April und Mai zurück, und das Maximum der Lichtstrahlung wird im Juli erreicht. Diese bekannte Erscheinung ist ohne Zweifel auf die starke Himmelsbedeckung zur Zeit des höchsten Sonnenstandes zurückzuführen; der Juni ist auch der Monat der höchsten Niederschlagssummen (Monsunregen).

Tabelle 1. Lichtsummen der Graukeilphotometer
Mittelwerte eines jeden Monates

| <i>Monat</i> | <i>Dach</i> | <i>Stamm Süd</i> | <i>Stamm Nord</i> | <i>Krone 280 cm</i> | <i>Krone 400 cm</i> |
|--------------|-------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1933 I | 26,9 | 19,7 | 9,7 | 29,3 | 21,8 |
| II | 72,8 | 63,7 | 18,0 | 66,6 | 61,9 |
| III | 126 | 74,8 | 25,4 | 103 | 115 |
| IV | 125,8 | 49,1 | 27,3 | 97,2 | 95,2 |
| V | 152 | 33,3 | 20 | 53,6 | 36,7 |
| VI | 110 | 20,8 | 17,9 | 37,6 | 21,6 |
| VII | 252 | 51,8 | 29,5 | 56,3 | 37,9 |
| VIII | 184,6 | 48,8 | 18,4 | 47,6 | 40,2 |
| IX | 116 | 29,7 | 13,9 | 33,4 | 30,9 |
| X | 83,6 | 29,6 | 9,1 | 45,4 | 23,7 |
| XI | 44,6 | 24,2 | 8,9 | 22,5 | 16 |
| XII | 29,3 | 20,3 | 15,2 | 29,3 | 23 |
| 1934 I | 37,2 | 15,3 | 8 | 33,8 | 24,2 |
| II | 64,3 | 45 | 16 | 57,8 | 49,5 |
| III | 132,6 | 96 | 28,5 | 122 | 129,8 |
| IV | 184 | 79,5 | 41 | 103,2 | 100,2 |
| V | 185,8 | 26,3 | 20,1 | 21,4 | 18,6 |
| VI | 166,6 | 16,6 | 12,7 | 48,3 | 10,4 |
| VII | 150 | 21,8 | 12,6 | 15,4 | 13,8 |
| VIII | 95,5 | 18 | 7,2 | 13,8 | 7,2 |
| IX | 101 | 24,2 | 9,3 | 14,2 | 10,9 |
| X | 45,7 | 21,6 | 3,4 | 8,1 | 6,2 |
| XI | 32,4 | 38 | 9,9 | 36,8 | 29,9 |
| XII | 13,6 | 5,4 | 4,2 | 12,4 | 9,7 |
| 1935 I | 35 | 32,3 | 12,9 | 34,8 | 28 |
| II | 79,7 | 57,5 | 16,6 | 60 | 52,5 |
| III | 111 | 106 | 27,2 | 94,7 | — |
| IV | 156 | 61 | 26,9 | 76,3 | 100,6 |
| V | 109 | 23,2 | 15,6 | 20,7 | 26,2 |
| VI | 99,3 | 15,3 | 8,3 | 8,5 | 20,9 |
| VII | 130 | 20,9 | 12,9 | 11 | 24,9 |
| IX | 79,2 | 19 | 6,9 | 8,6 | 17,1 |
| X | 23,7 | 4,5 | 4,0 | 5,3 | 10,2 |
| XI | 47,2 | 37,1 | 11,4 | 42 | 29,7 |
| XII | 14,6 | 13,4 | 10 | 16,1 | 12,3 |

Am Baum werden die Lichtmengen stark herabgesetzt durch die abschirmende Wirkung des Laubdaches. Bis zum Eintritt der Belaubung sind die Südseite des Baumstammes und das Kroneninnere annähernd ebenso hell wie das freiliegende Institutsdach. Mit der Belaubung im April beginnt aber die Lichtstärke am Baum stark abzufallen und erreicht schon im Mai nur noch ungefähr die Werte des Monats Januar. Vom Mai bis zum Oktober hält sie sich wenig verändert, steigt aber im

November, nach dem Laubfall, nochmals wesentlich an. Die Dezemberwerte sind nicht weit von den Juniwerten entfernt. Die niedrigsten Lichtwerte weist immer die Nordseite des Stammes auf. Diese Lokalität macht den Frühlingsanstieg nur in unbedeutendem Maße mit, und die ganze Jahreskurve verläuft hier nicht nur niedrig, sondern auch flach.

Epiphyten am Baumstamm und in der Baumkrone haben also auf der Schattenseite während des ganzen Jahres und auf der Sonnenseite zur Zeit der Belaubung mit einem gegenüber freiliegenden Standorten 5- bis 10mal reduzierten Lichtgenuß zu rechnen.

Temperaturmessung

Wiederholt kam es vor, daß Thermometer Schaden nahmen, sei es durch Witterungseinflüsse, durch fallende Birnen oder aus sonst einem Grunde. So ergaben sich kleine Lücken in den Messungen, die aber auf die Ergebnisse nicht von wesentlichem Einfluß sind. In den Hauptübersichten wurden sie nach Möglichkeit eliminiert. Wir können nur die wichtigsten Daten angeben, wobei wir das Jahr 1933 besonders berücksichtigen und uns auf die Extremwerte beziehen, da diese für

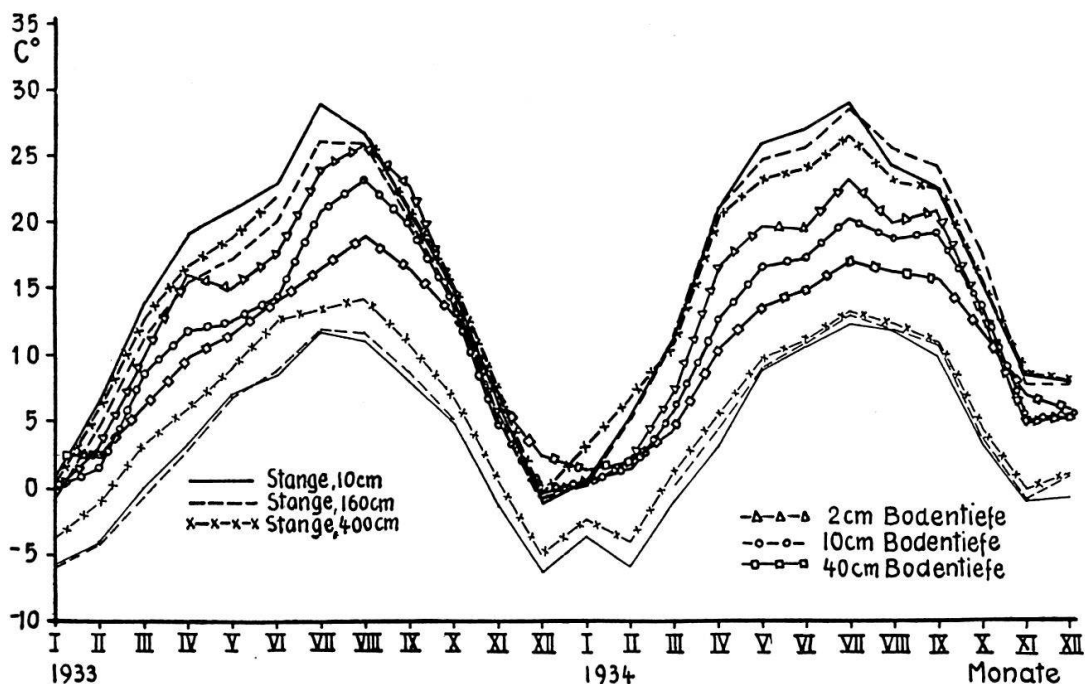


Abb. 4. Monatliche Mittelwerte der Temperaturextreme im Freien (Stange) und im Boden für die Jahre 1933 und 1934. Dick ausgezogen sind die Maximumwerte, fein ausgezogen die Minimumwerte der Stange. Bodentemperaturen nur nahe dem Tagesmaximum (am frühen Nachmittag).

die Vegetation von besonderer Bedeutung sind. In den Abbildungen 4 und 5 haben wir die monatlichen Mittelwerte der Maxima und Minima zusammengestellt, in der Abbildung 6 die Monatsmittel der täglichen Temperaturamplituden am Baum, in den Abbildungen 7 und 8 die Temperaturmaxima und -minima einer ausgewählten Reihe von je 10 Beobachtungstagen im Frühling, Sommer, Herbst und Winter und in

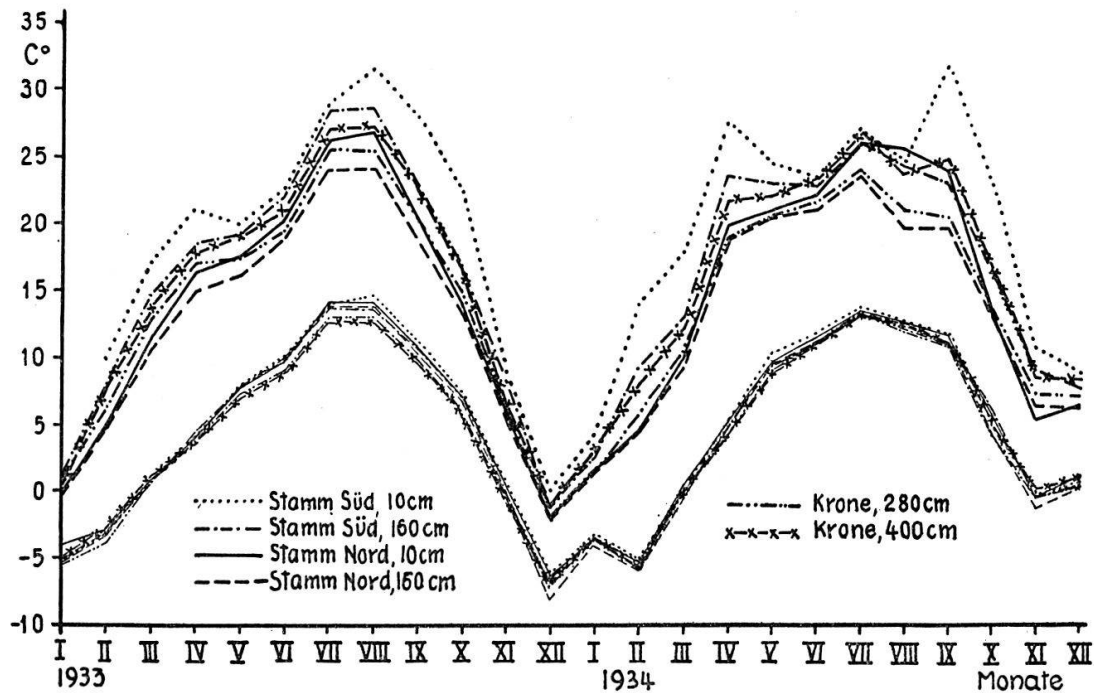


Abb. 5. Monatliche Mittelwerte der Temperaturextreme am Baum für die Jahre 1933 und 1934. Dick ausgezogen sind die Maximumwerte, fein ausgezogen die Minimumwerte.

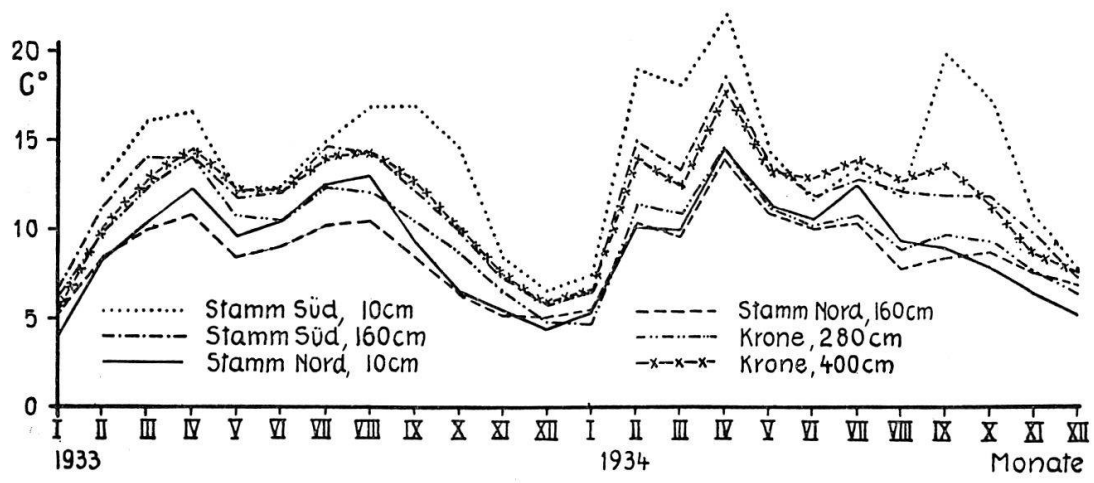


Abb. 6. Monatsmittel der täglichen Temperaturamplituden am Baum für die Jahre 1933 und 1934.

Abbildung 9 den Temperaturgang der Beobachtungsstationen an einem Strahlungstag zur Zeit der längsten Tage.

Es ergibt sich eine ganz unerwartet starke und unterschiedliche Reaktion der Beobachtungsstellen auf die periodischen, jahreszeitlichen Erscheinungen, auf Tageslänge, Sonnenstandshöhe, Lufttemperatur, Belaubung.

Die im offenen Gelände stehende Stange bietet während der Vegetationszeit im allgemeinen das normale Bild der Temperaturschichtung der Luft: tagsüber, während der Einstrahlung, Abnahme der Wärme vom Boden an aufwärts, nachtsüber, während der starken Ausstrahlung des Bodens, Zunahme der Wärme vom Boden an aufwärts. Während der sehr geringen Einstrahlung im Winter bleibt die bodennahe Luftschicht stets kälter als die höher gelegenen Schichten (vgl. Abb. 4, 7, 9). Die Temperatur in 160 cm Höhe nimmt eine mittlere Lage zwischen 10 cm und 400 cm Bodenhöhe ein, mit näherem Anschluß an die Temperatur der Bodenoberfläche. Gelegentlich ergeben sich aber hier die höchsten (Abb. 4 Spätsommer und Herbst, Abb. 7 Herbst und Winter z. T.) oder tiefsten (Abb. 4, Januar bis August 1933) Maximumwerte, was schwierig zu erklären ist. Diese Abweichungen mögen die Folge besonderer Luftströmungsverhältnisse sein, hervorgerufen durch Bauten, Hecken und Gartenzäune in der weiteren Umgebung.

Die Bodentemperaturen sind noch wesentlich durch die Lage der Thermometer unter der Baumkrone beeinflusst. Sie weisen keine wesentlichen Besonderheiten auf. Im Sommerhalbjahr, vom März bis Oktober, ergibt sich eine kontinuierliche Abnahme der Temperatur von der Oberfläche in die Tiefe des Bodens. Die mittlere Wärme kann in 2 cm Bodentiefe um mehr als 5° höher sein als in 40 cm Bodentiefe. Im Herbst verändert sich das Verhältnis. Während in 40 cm Bodentiefe die Temperatur nur ganz langsam abnimmt, sinkt sie beim Kühlerwerden der Luft in den oberflächlichen Schichten ziemlich rasch ab, so daß vom November bis März die tiefsten Bodenschichten am wärmsten sind, die obersten am kältesten. In 10 cm Tiefe finden sich immer die mittleren Werte. Der Boden gefror in 10 cm Tiefe in den beiden Beobachtungswintern nur schwach und für kürzere Zeit, in 40 cm Tiefe überhaupt nicht. Aber die gemessenen Mindesttemperaturen waren in 40 cm Bodentiefe doch dem Nullpunkt nahe, im Winter 1933 = $+0,8^{\circ}$, im Winter 1934 $+1,4^{\circ}$. Die raschen Temperaturänderungen

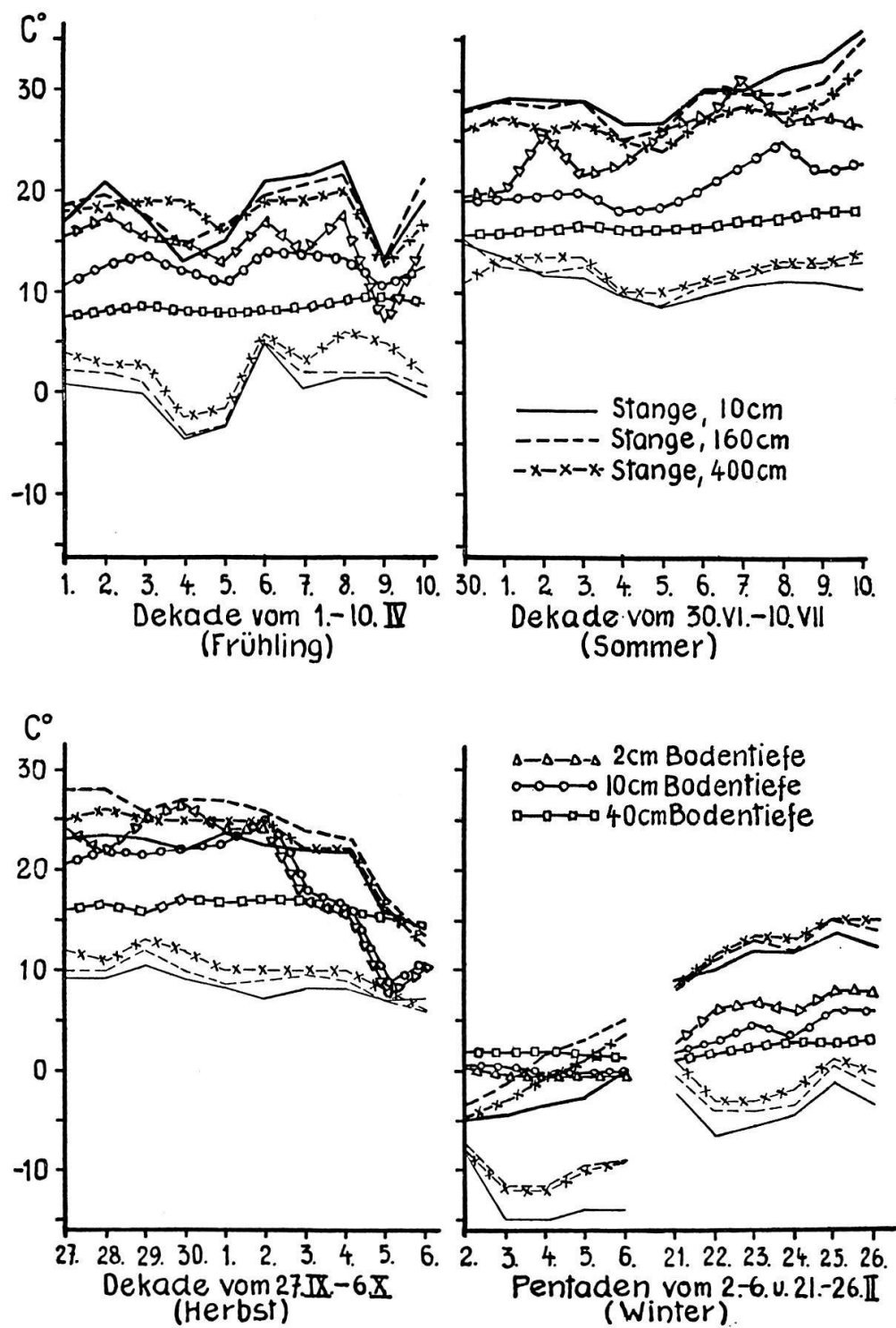


Abb. 7. Zehntägige Einzeltagsreihen der Temperatur verschiedener Jahreszeiten im Jahre 1933. Maximumwerte (dick ausgezogen) und Minimumwerte (fein ausgezogen) an der Stange, Frühaftermittagswerte (nahe dem Tagesmaximum) im Boden.

bei plötzlichem Wetterwechsel dringen nur langsam in den Boden ein, erleiden also in den größeren Bodentiefen eine merkliche Verzögerung,

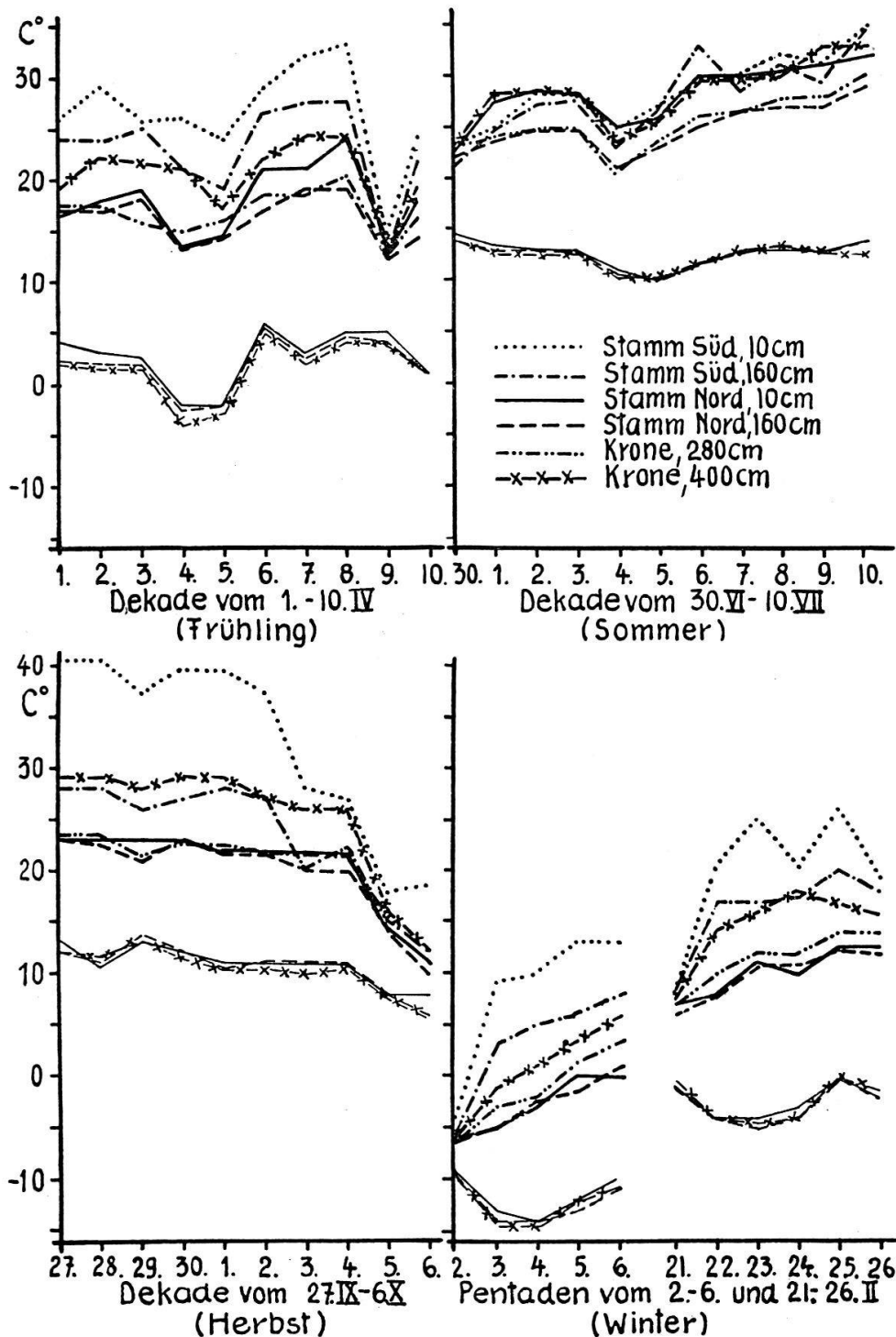


Abb. 8. Zehntägige Einzeltagsreihen der Temperatur verschiedener Jahreszeiten im Jahre 1933. Maximumwerte (dick ausgezogen) und Minimumwerte (fein ausgezogen) am Baum.

und die wechselnden Temperaturspitzen gleichen sich mit größerer Bodentiefe immer stärker aus. So treffen kurzfristige, kräftige Temperaturschwankungen im wesentlichen nur die obersten Bodenschichten, in 2 cm Bodentiefe aber oft am stärksten von allen Beobachtungsstationen (vgl. den Schlechtwettereinbruch vom 9.4.1934 und 5.10.1934, sowie das warme Wetter vom 2. und 7.7. und 30.9.1934, alle Abb. 7). Diese Eigentümlichkeiten der Bodenerwärmung finden sich als normale Erscheinung überall. Wir vermuten, daß die Temperaturschwankungen des Bodens unter der Baumkrone etwas geringer sind als im Freiland, können aber infolge mangelnder Messungen nichts Sicheres aussagen.

Am Baum treten ganz besondere Erwärmungsverhältnisse auf. Die Baumkrone (vgl. Abb. 5 und 8) schließt sich in ihren Temperaturverhältnissen noch stark an das Freiland an. Der Tagesgang im Inneren der Krone und der Jahresgang nehmen einen ziemlich regelmäßigen Verlauf, wobei die obere Kronenstation ähnliche Werte aufweist wie die Stange in 4 m Höhe. Die untere Kronenstation dagegen bleibt infolge der stärkeren Beschattung an sonnigen Tagen wesentlich kühler. Die nächtlichen Temperaturen liegen stets sehr nahe beisammen und entsprechen ebenfalls ungefähr denjenigen der Stange in 4 m über dem Boden.

Am Stamm sind nur die Minimumwerte und die Maxima der Schlechtwetterperioden ganz allgemein den Kronentemperaturen angenähert und mit ihnen gleichlaufend. Sobald wesentliche Sonnenstrahlung eintritt, ändern sich die Temperaturverhältnisse in bedeutendem Maße. Im Frühling, vor der Laubentfaltung, ist in der Südlage eine außerordentlich starke Erwärmung des Stammfußes vorhanden. Aber auch in 160 cm Stammhöhe ist die Erwärmung viel größer als an der Stange. Im späteren Frühling wird die Schattenseite der Stammbasis relativ stark erwärmt, da die Sonne zur Zeit der langen Tage bei ihrem Aufgange die Nordostseite bescheint. Diese günstige Bestrahlung der Schattenseite des Stammfußes bleibt bis in den Hochsommer hinein erhalten, und die Erwärmung kann der des Stammfußes der Sonnseite gleichkommen (Juli–August 1934). An der Sonnseite ändert sich das Bild mit der Belaubung und mit dem Höhersteigen der Sonne. Vom Mai bis August steht die Sonne in den mittleren Tagesstunden so hoch, daß die Südseite des Stammes in den Schatten der Krone gelangt und bis zur Basis nicht mehr beschienen wird. Die Südseite des Stammes

bleibt infolgedessen in den Monaten Mai und Juni (-Juli) verhältnismäßig kühl, und vom April zum Mai tritt am Stammfuß eine ausgesprochene Abnahme der Temperatur ein. Gegen den Herbst hin steht die Sonne wieder tiefer am Himmel, so daß sie den Stammfuß mit ihren Strahlen von neuem erreicht, lange bevor das Laub der Krone fällt und die Krone wieder für die Sonnenstrahlen durchlässig wird. Andererseits erscheint die Sonne am Morgen später und weiter gegen Süden hin, so daß sie die Nordseite des Stammes nicht mehr bescheint. Auf alle diese Veränderungen reagiert die Temperatur der Standorte am Stamm rasch und deutlich. Als Ganzes betrachtet ist die Südseite des Stammes mit Bezug auf den Wärmegenuß doch bedeutend besser gestellt als die Nordseite. Während die Differenz an der Stammbasis im Juni, Juli und August wie bereits erwähnt unbedeutend sein kann, erreicht sie im Februar bis April $5-8^{\circ}$, im September/Okttober $8-9^{\circ}$ und kann auch im Dezember und Januar auf etwa 3° ansteigen. Noch wesentlich ungünstiger als der Stammfuß verhält sich die Schattenseite des Stammes in 160 cm Höhe.

Was die Minimumwerte anbetrifft, so sind die Süd- und Nordseite des Stammes nur wenig verschieden. In 160 cm Höhe ist der Baum während der Nacht meist ein wenig kälter als in Bodennähe. Auch die nächtliche Temperaturinversion fehlt also am Stamm.

Es ergibt sich aus dem Gesagten, daß die Temperaturamplituden (vgl. Abb. 6) am Stamm in Bodennähe größer sind als an den oberen Stammteilen und auf der Schattenseite viel kleiner als auf der Sonnenseite. In der Krone nehmen die Temperaturschwankungen gegen oben hin stark zu, so daß die untere Kronenstation sich den Stammstationen der Nordseite nähert, die obere der Stammsüdseite in 160 cm Höhe am besten entspricht. Im Sommer werden die Extreme durch das Laubdach sehr gemildert, so daß zum Beispiel im Sommer 1934 die Stange größere Temperaturschwankungen aufwies als jede Baumstation. Im Winter sind die Schwankungen am kleinsten.

Allgemein läßt sich sagen: die Schattenseite des Stammes und die unteren Teile der Krone haben mit Bezug auf die Wärme ein ausgeglichenes Lokalklima, die Sonnenseite ein gegensätzliches. Das gilt vor allem für die Zeiten mit starker Sonneneinstrahlung (Frühling und Herbst).

Zur Untersuchung des Tagesganges der Temperatur machten wir am 23. und 29. Mai 1934 Messungen während des ganzen

Tages. Der 23. Mai brachte starke Bewölkung, welche den natürlichen Tagesgang der Strahlung behinderte. Der 29. Mai aber war ein Strahlungstag. Die Ablesungen wurden von 5 bis 23 Uhr alle zwei Stunden ausgeführt und ergaben das in Abbildung 9 dargestellte Bild. Über Nacht liegen die Temperaturen der verschiedenen Beobachtungsstationen im Luftraume dicht beisammen. Der Temperaturanstieg beginnt gleich nach Sonnenaufgang ganz allgemein. Doch lassen sich zuerst zwei Kurvenbündel unterscheiden: alle Stangenbeobachtungsorte und die Nordseite des Baumfußes erwärmen sich rasch, die übrigen Baumstationen langsamer. Um 7 Uhr ist der Stammfuß auf der Südseite um 8° kälter als auf der Nordseite. Zwischen 7 und 9 Uhr stellt sich eine stärkere Differenzierung der verschiedenen Standorte ein. Die Temperaturen am Fuße der Stange sind weitaus die höchsten (Maximum $31,5^\circ$). Sie steigen bis 9 Uhr steil an und erreichen in diesem Zeitpunkt Werte, die bereits dem Höchstwert, der um 13 Uhr gemessen wurde, nahestehen. Auch in 160 cm Höhe liegen an der Stange die Maximaltemperaturen über allen am Baum beobachteten Werten. In 10 cm Bodentiefe wird das Tagesmaximum erst um 17 Uhr erreicht, und in 40 cm Bodentiefe ist die Tagesschwankung ganz unmerklich.

Am Baum gelangt der Stammfuß Nord bereits um 9 Uhr zum ersten Temperaturmaximum, der Stammfuß Süd um 11 Uhr. Beide kühlen sich daraufhin wieder merklich ab infolge der beim Höhersteigen der Sonne aussetzenden direkten Strahlung. Am Nachmittag erreichen beide Stationen ein neues Maximum, das der allgemeinen Erwärmung

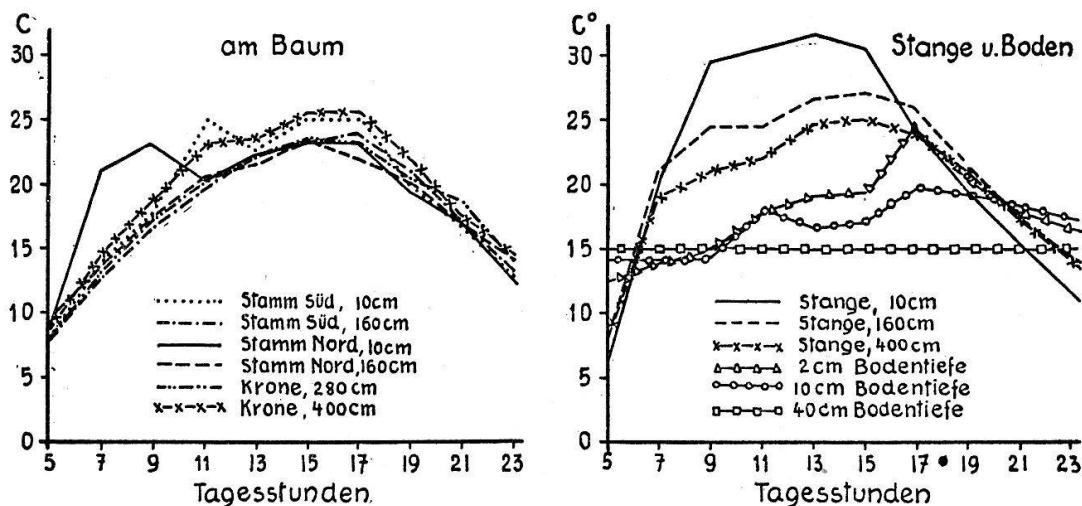


Abb. 9. Gantagsablesung der Temperatur am 29. Mai 1934, am Baum, an der Stange und im Boden, in zweistündigem Intervall.

der Luft entspricht. Die Stammstation 160 cm und die untere Kronenstation, die von der Sonne nicht mehr direkt getroffen werden, ergeben Kurven, die regelmäßig und sehr benachbart verlaufen. In der oberen Kronenstation steigt die Erwärmung ziemlich gleichmäßig an und erreicht am Nachmittag die höchsten am Baum beobachteten Werte. Der Kronengrund bleibt um 2–3° zurück.

Dieser Tagesgang der Temperatur dürfte als repräsentativ für den Vorsommer gelten. Wir finden hier die gleichen Einwirkungen, die wir bei der Betrachtung der Tageswerte und Monatswerte gefunden haben, und es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß sich für andere Jahreszeiten ähnliche Veränderungen im Tageslauf ergeben wie bei langfristigen Beobachtungen.

Die Temperaturschichtungen im Kronenraum unseres Baumes stimmen im wesentlichen mit den Gesetzmäßigkeiten überein, wie sie im Hochwald festgestellt worden sind¹. Die Eigentümlichkeiten der Erwärmung am Stamm dürften neu sein.

Messung der relativen Luftfeuchtigkeit

Die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit mit den Haarhygrometern bietet immer Schwierigkeiten, wenn man sichere und genaue Ergebnisse erhalten will. Wir haben die Instrumente zwar immer kontrolliert und nachgeeicht. Aber trotzdem sind kleinere Fehler nicht auszuschließen, besonders im Jahre 1934, als wir Schleppzeiger zur Bestimmung der Maximum- und Minimumwerte einbauten. Wir beschränken uns im nachfolgenden auf die Messungen des Jahres 1933. Die Ergebnisse sind jedenfalls in der Größenordnung richtig.

In der Abbildung 10 haben wir die Monatsmittel für die Ablesungen um 8 Uhr morgens und 16 (bzw. 14) Uhr nachmittags zusammengestellt. Der Dezember fehlt, weil infolge der rauhen Witterung etwa von Mitte Dezember an die Instrumente nicht mehr zuverlässig arbeiteten.

Wir erkennen, daß sowohl um 8 Uhr morgens als auch am Mittag eine Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit von der Bodennähe bis in die obere Kronenregion eintritt. Sie ist mit gewissen Unregelmäßigkeiten das ganze Jahr vorhanden, am Mittag etwas anders gestaltet als am Morgen.

Morgen: Die Luftfeuchtigkeit nimmt vom Winter gegen den Som-

¹ Vgl. R. Geiger, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft 78 Braunschweig 1942, 2. Aufl. (435 S.).

mer hin ab, erreicht den Minimalwert im Juli und vergrößert sich gegen den Herbst und Winter hin wieder. Das entspricht den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten im jahreszeitlichen Gange. Die größte Trockenheit wird im Sommer an der Stange, 160 cm über dem Boden, gemessen mit nur 49% im Juli. Im Mai steigt die Luftfeuchtigkeit in der Mehrzahl der Stationen an oder nimmt doch am Stammfuß Süd und im oberen Kronenraum nur ganz schwach ab. Das entspricht ohne Zweifel der

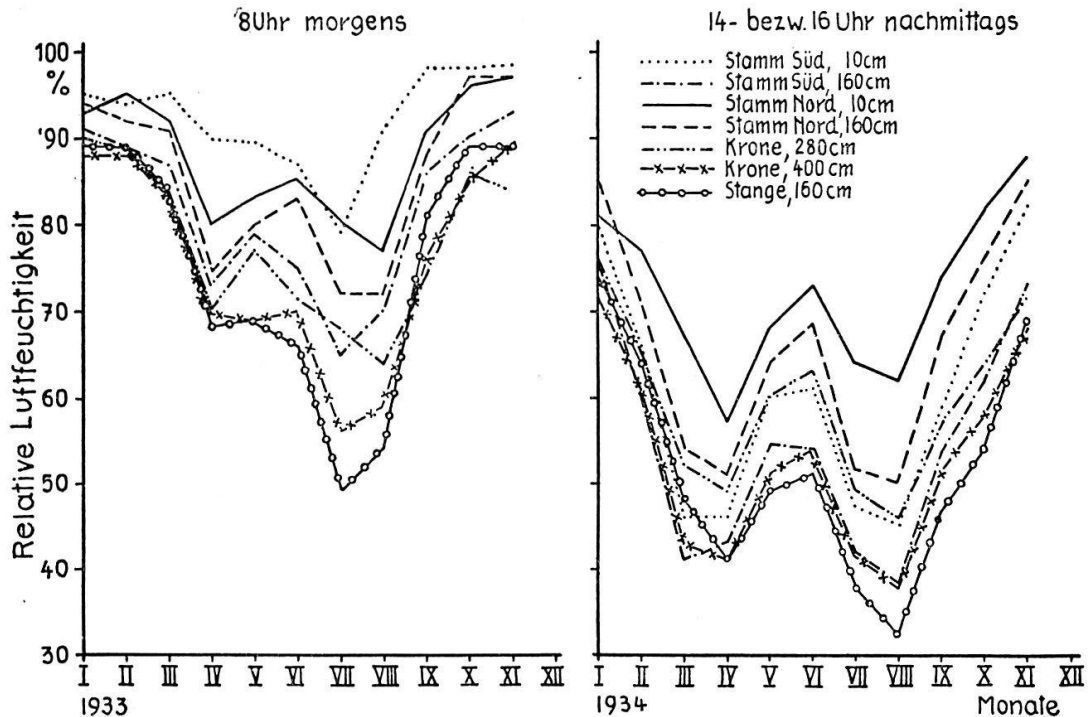


Abb. 10. Monatsmittel der relativen Luftfeuchtigkeit im Jahre 1933, 8 Uhr morgens und 16 (bzw. 14) Uhr nachmittags, am Baum und an der Stange.

allgemeinen Wetterlage, denn auch die meteorologische Zentralanstalt verzeichnet eine leichte Zunahme der Luftfeuchtigkeit. Die Zunahme der Luftfeuchtigkeit setzt sich im Juni an der Nordseite des Stammes fort, und auch im oberen Kronenraum deutet sie sich an. Das dürfte teilweise auf die stärkere Beschattung dieser Stationen, teilweise auf die Wetterlage (vgl. Mittagsbeobachtungen) zurückzuführen sein. In der kühlen Jahreszeit liegen die Werte für Stamm-Südseite 160 cm, Krone und Stange ziemlich nahe beisammen, und ebenso bilden die Stationen am Stangenfuß und auf der Stamm-Nordseite 160 cm eine deutlich gesonderte Gruppe. Gegen den Sommer hin lockern sich die Kurven der verschiedenen Stationen auf, am stärksten im Monat Juli. In diesem Monat beträgt der Unterschied in der relativen Luftfeuchtig-

keit am Baum zwischen der trockensten und der feuchtesten Station (obere Kronenstation = 56%, Stammfuß auf der Nord- und der Südseite = 80%) 24%, und die Stange ist in 160 cm Höhe mit 49% sogar noch wesentlich trockener als die trockenste Baumstation. Allgemein ist am Morgen die Luftfeuchtigkeit am größten am Stammfuß der Südseite. Es folgen der Stammfuß der Nordseite, der Stamm 160 cm auf der Nordseite, der Stamm 160 cm auf der Südseite, die Kronenbasis und das Kronenzentrum.

Mittag: Um die Mittagszeit hat sich die Luftfeuchtigkeit wesentlich geändert. Sie ist bedeutend kleiner geworden und die Schwankungen zwischen den einzelnen Monaten treten ausgeprägter und einheitlicher in Erscheinung. Doch ist der monatliche Gang in den Hauptzügen gleich geblieben. Wiederum finden wir den starken Abfall vom Januar zum April. Die Zunahme der Luftfeuchtigkeit in den Monaten Mai und Juni ist sehr stark und betrifft alle Stationen ungefähr in gleicher Weise mit Beträgen bis zu 25% relativer Luftfeuchtigkeit. Sie ist also um die Mittagszeit viel ausgesprochener als am Morgen, wohl im Zusammenhang mit der Bewölkungszunahme und der Niederschlagsbildung. Im Juli nimmt die relative Luftfeuchtigkeit wieder ab und erreicht den Mindestwert im August. Das vorsommerliche Maximum der Luftfeuchtigkeit kann nicht mit den Vorgängen am Baum im Zusammenhange stehen (z.B. zunehmende Belaubung), da auch die Luftfeuchtigkeit an der Stange und in der meteorologischen Zentralanstalt den gleichen Gang nimmt. Sie ist vielmehr der Ausdruck der besonderen, ungünstigen Wetterlage im Mai und Juni, mit hohen Niederschlägen und starker Bewölkung.

Die Feuchtigkeitskurven der verschiedenen Beobachtungsstationen verlaufen um die Mittagszeit außerordentlich gut parallel. Überschneidungen treten nur vereinzelt auf. Im Verhältnis der einzelnen Kurven zueinander ist aber beim Vergleiche mit dem Morgen eine charakteristische Veränderung festzustellen: die Südseite des Stammes (Stammfuß Süd und Stamm 160 cm Höhe) ist bedeutend lufttrockener geworden als die Nordseite, der Stamm Süd 160 cm sogar wesentlich trockener als die Kronenbasis, beinahe so trocken wie der obere Kronenraum. Das dürfte in Verbindung zu bringen sein mit der allgemein stärkeren Aufwärmung der Sonnenseite über die Mittagszeit. Zur Zeit der größten Lufttrockenheit, im Monat August, liegen die Werte der verschiedenen Stationen außerordentlich weit auseinander.

Am feuchtesten ist die Stammbasis der Nordseite (62%), die sogar deutlich feuchter ist als im April. Andererseits sind die Mittagswerte vom Stamm Süd 160 cm und oberem Kronenraum mit etwa 38% und die der Stange 160 cm mit 32% recht tief.

Die in der Untersuchung des Jahres 1933 festgestellte Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit von der Bodennähe bis hinauf in die oberen Teile der Baumkrone gibt den Naßtyp der Luftfeuchtigkeit wieder, der nach R. Geiger dem allgemeinen Verhalten während des Tages entspricht. Während der Nacht soll das umgekehrte Verhältnis herrschen (Trockentyp). Wir haben den Trockentyp auch bei der Morgenbeobachtung nur in schwacher Andeutung gefunden. Das will aber nicht sagen, daß er über Nacht unserem Baumklima gefehlt habe. Unsere Messungen um 8 Uhr übernahmen in den Sommermonaten nicht mehr die Nachtwerte, sondern fanden erst nach kräftiger Aufwärmung statt. Die Ganztagsmessungen im Mai des Jahres 1934 zeigen um 5–7 Uhr morgens und am späten Abend den Trockentyp deutlich, aber nicht in sehr charakteristischer Form. Offensichtlich weicht die Schichtung der relativen Luftfeuchtigkeit an einem Baum von den Normalverhältnissen des offenen Raumes wesentlich ab, namentlich durch die Einwirkung der Krone, die nicht nur durch Transpiration der Blätter Wasserdampf ausscheidet, sondern auch die Luft stabilisiert. So hat im Jahre 1934 die obere Kronenstation oft eine recht hohe Luftfeuchtigkeit ergeben, an dem Tag mit Ganztagsmessungen sogar die höchsten. Die erwähnte Unsicherheit dieser Hygrometerablesungen veranlaßt uns aber, diese Beobachtung mit allem Vorbehalt zu bringen.

Die Messung der Verdunstungskraft der Luft

Die Messung der Verdunstung mit dem Atmometer von Livingston kann nur während der frostfreien Zeit durchgeführt werden. Sobald Frost eintritt, belegen sich die Verdunstungszylinder mit Eis und bei stärkerem Frost springen sie. Unsere Ergebnisse beschränken sich also im wesentlichen auf die Vegetationszeit. Wir haben die monatlichen Verdunstungsmengen in Abbildung 11 zusammengefaßt. Die Verdunstungskurven der Stationen zeigen in beiden Beobachtungsjahren annähernd die gleiche gegenseitige Stellung. Die stärkste Verdunstung findet auf der Südseite des Stammes statt. Die Verdunstung an der freien Stange ist etwas kleiner. Es folgt die Nordseite des Stammes mit wesentlich geringerem Wert, dann, in den Sommermonaten mit starkem

Abstand, das Innere der Krone. Die Verdunstung ist im April und Mai relativ hoch, erreicht im Sommer den Höchstwert und fällt gegen den Herbst stark ab. Doch unterscheiden sich die beiden Jahre im jahreszeitlichen Laufe der Verdunstung beträchtlich: im Jahre 1933 ist der Anstieg und Abfall der Kurve annähernd regelmäßig; die Werte

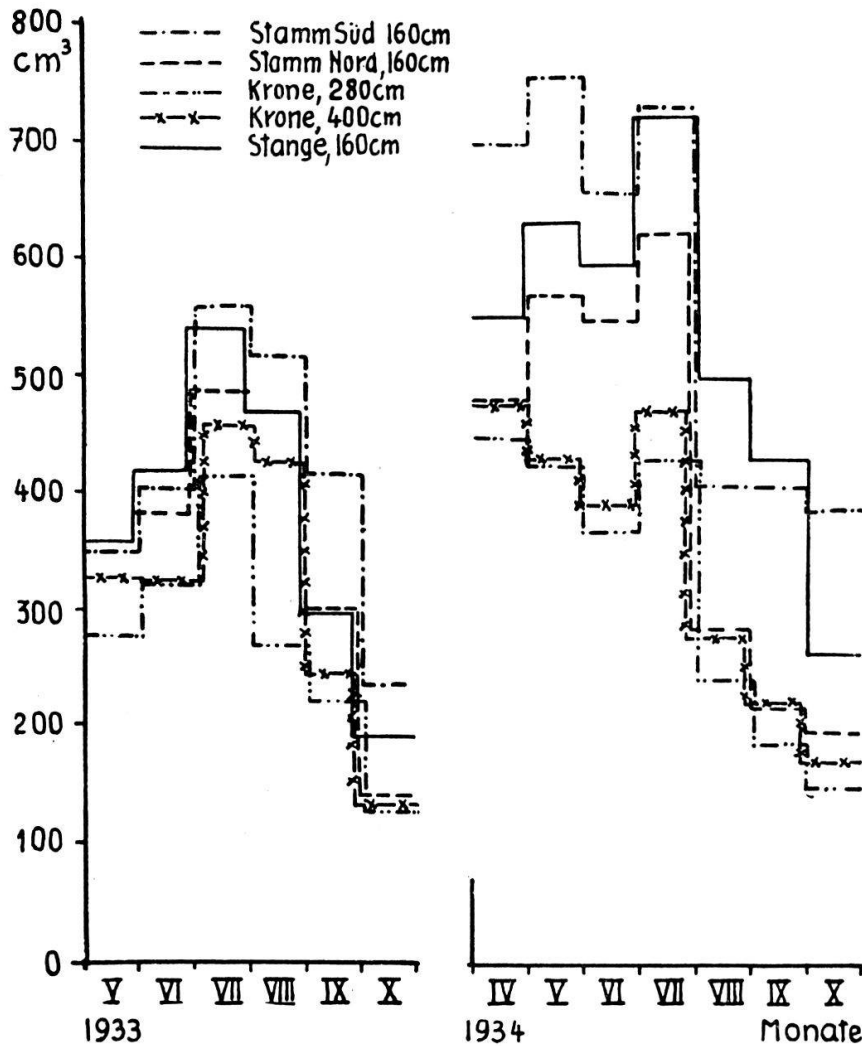


Abb. 11. Monatliche Verdunstungsmengen der Atmometer am Baum und an der Stange für die Jahre 1933 und 1934, auf den Standardzylinder reduziert.

vom Mai und Juni sind noch ziemlich bescheiden, und im Juli tritt der starke Anstieg zum Maximum ein. Im Jahre 1934 zeigt bereits der April eine sehr hohe Verdunstung, das Jahresmaximum wird im Mai erreicht, und im August erfolgt ein sehr ausgeprägter Abfall.

Zu den Werten der relativen Luftfeuchtigkeit ergibt die Verdunstungskraft keine unmittelbare Beziehung. Trotz den tiefen Werten

der relativen Luftfeuchtigkeit im oberen Kronenraum fanden wir dort nur eine relativ geringe Verdunstungsmenge. Dies beruht wohl darauf, daß im Inneren der Krone die Luftbewegung geringer ist als außerhalb, und bekanntlich wird die Verdunstung durch die Luftbewegung in hohem Maße gesteigert¹. Innerhalb der Krone hat zu den Zeiten größerer Verdunstung die obere Station höhere Werte als die untere, was mit der Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit parallel geht.

Messung des Taufalls

Wir führten im Spätsommer und Herbst 1933 auch eine Anzahl Taumessungen mit den Tauplatten nach E. Leick aus. Die Platten waren am Boden der Wiese und unter den Baumkronen waagrecht ausgelegt; an der Stange 160 cm über dem Boden sowie am Stamm 160 cm über dem Boden und in der Baumkrone 280 cm über dem Boden stellten wir sie in senkrechter Lage auf. Die Messungen wurden in 2 Perioden von je 5 Tagen ausgeführt, und wir haben die Ergebnisse in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Taufall auf der freien Rasenfläche und am Birnbaum, gemessen mit Tauplatten nach E. Leick. Taumenge in Gramm.

| Tag 1933 | Wiese am Boden | Wiese 150 cm über Boden | unter Baum- krone am Boden | Stamm Süd 160 cm | Stamm Nord 160 cm | Baum- krone 280 cm |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 31.VIII./1.IX. . | 1,39 | 1,58 | 1,09 | 0,79 | 0,85 | 0,84 |
| 1./2. IX. | 1,56 | 1,62 | 1,00 | 1,12 | 1,17 | 1,40 |
| 2./3. IX. | 1,47 | 1,93 | 1,27 | 1,21 | 0,84 | 1,46 |
| 3./4. IX. | 1,47 | 1,95 | 0,97 | 0,91 | 1,16 | 1,28 |
| 4./5. IX. | 1,83 | 2,07 | 1,17 | 0,65 | 1,22 | 1,31 |
| | <u>7,72</u> | <u>9,15</u> | <u>5,50</u> | <u>4,68</u> | <u>5,24</u> | <u>6,29</u> |
| 5./6. X. | 0,45 | 0,75 | 0,16 | 0,15 | 0,27 | 0,33 |
| 6./7. X. | 1,21 | 1,96 | 0,51 | 0,32 | 0,45 | 0,67 |
| 10./11. X. | 1,08 | 2,89 | 0,50 | 0,51 | 0,56 | 0,99 |
| 19./20. X. | 0,64 | 1,61 | 0,36 | 0,37 | 0,45 | 0,51 |
| 23./24. X. | 0,68 | 0,97 | 0,59 | 0,57 | 0,66 | 0,66 |
| | <u>4,06</u> | <u>8,18</u> | <u>2,12</u> | <u>1,92</u> | <u>2,39</u> | <u>3,16</u> |
| | <u>11,78</u> | <u>17,33</u> | <u>7,62</u> | <u>6,60</u> | <u>7,63</u> | <u>9,45</u> |

Der gesamte Tauniederschlag fiel in der August/September-Periode etwas reichlicher aus als in der Oktober-Periode, aber die gegenseitige

¹ Vgl. z. B.: Werner Lüdi, Die Pflanzengesellschaften der Schinigeplatte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. Veröff. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel **23** 1948 (400 S.; vor allem die Abb. 87 und 88).

Stellung der Stationen blieb gleich. Die Taubildung war auf der Wiese wesentlich größer als unter dem Baum und am Baum, auf der Wiese 150 cm über dem Boden größer als auf der Bodenoberfläche. Am Baum bildete sich in der Krone mehr Tau als am Stamm und am Stamm auf der Sonnseite weniger als auf der Schattenseite. Immerhin war die Taubildung auch am Stamm nicht unbedeutend und kann nach Menge und Häufigkeit des Auftretens für die Ernährung der Epiphyten sehr ins Gewicht fallen. Wir maßen im Mittel auf der Südseite des Stammes einen nächtlichen Tauniederschlag von 0,66 g pro dm², auf der Nordseite 0,73 g, und wiederholt überstiegen die Tauwerte ein Gramm (Maximum 1,22 g).

Aus diesen wenigen Messungen lassen sich keine weitgehenden Schlüsse ziehen. Man müßte namentlich die Verhältnisse auch in den trockenen Zeiten des Sommers prüfen. Die Taubildung ist überhaupt eine sehr launenhafte Erscheinung, deren Schwankungen schwer zu erklären sind (vgl. die oben zitierte Arbeit von Lüdi).

Wasserabfluß am Stamm

Im Bestreben, den Wasserhaushalt der Epiphyten am Baumstamm weiterhin zu klären, untersuchten wir auch den Wasserabfluß am Stamm. Der Kronenbau des Birnbaumes ist so beschaffen, daß das Regenwasser vorwiegend über das Blätterdach nach außen, längs des Kronenrandes abfließt. Aber auch längs des Stammes fließt Regenwasser ab. Doch zeigte schon die bloße Beobachtung, daß dieser sehr unregelmäßig eintritt, bei vielen Regenfällen ganz ausbleibt, und daß das Wasser längs des Stammes ganz bestimmte Wege benützt. Einzelne Stammstreifen bleiben beinahe immer trocken.

Um den Wasserabfluß zu messen, brachten wir am Stamm in etwa 150 cm Höhe auf der Nordseite, der Ostseite und der Südseite je einen flachen Trichter an (etwa 10 cm breit und 1 cm tief), der genau der Form der Stammoberfläche angepaßt war und so dicht auf der Rinde auflag, daß kein Wasser unter ihm durchfließen konnte. Nach unten verjüngte sich der Trichter in ein kurzes Abflußrohr, das in eine Flasche zum Aufnehmen des Wassers hineinführte. Nach jedem Regenguß, beziehungsweise bei Regenwetter alle Tage, wurde der Wassergehalt in den Flaschen kontrolliert und zugleich der Niederschlag auf eine freie Fläche durch einen Regenschirm festgestellt.

Es ergab sich, daß wir die Stellen zur Messung des Wasserabflusses

richtig gewählt hatten; denn sie zeigten alle Wasserabfluß, auf der Nordseite am reichlichsten, auf der Südseite weniger und auf der Ostseite spärlich. Das ergibt sich aus der Tabelle 3 mit den monatlichen Abflußsummen.

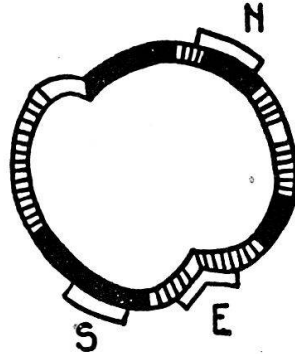


Abb. 12. Stammquerschnitt auf der Höhe der Regentrichter. Außen ist die Lage der auf den Stamm aufgesetzten Trichter markiert. Auf der geschlossenen Stammlinie ist der Regenablauf, bzw. die Befeuchtung der Stammoberfläche am 9. Oktober 1933, 14 Uhr, eingetragen, während eines Landregens, der in starken Platzregen überging: weiß = Stamm trocken, schwarz = starker Wasserablauf, quergestrichelt = Stamm schwächer naß.

Tabelle 3. Zusammenstellung der monatlichen Summen der Abflußmengen am Stamm.

| Monat | Abflußmengen in cm ³ | | |
|-------------------|---------------------------------|------|-----|
| | Süd | Nord | Ost |
| 1933 April | 45 | 17 | — |
| Mai | 1569 | 2048 | — |
| Juni | 987 | 2147 | — |
| Juli | 500 | 961 | — |
| August | 336 | 345 | 19 |
| September | 1176 | 1371 | 188 |
| Oktober | 775 | 4725 | 229 |
| November | 130 | 4406 | 68 |
| Dezember | 5 | — | 9* |
| 1934 Januar | 109 | 2083 | 66 |
| Februar | 3 | 5 | 2 |
| April | — | 5 | — |
| Mai | — | 88 | — |
| Juni | 213 | 575 | 60 |
| Juli | 25 | 117 | 3 |
| August | 254 | 987 | 150 |
| September | 718 | 2210 | 71 |
| Oktober | 138 | 140 | — |

* Schmelzwasser

Maßgebend für die Verteilung des Abflusses längs des Stammes war in erster Linie die Gestaltung der Kronenbasis mit dem Ansatz der großen Äste, denen entlang das Wasser herabsickerte.

Für die Lebensmöglichkeit der Epiphyten ist die Häufigkeit der starken Befeuchtung durch herab rinnendes Wasser von besonderer Wichtigkeit. Im Jahre 1933 stellten wir von April bis Dezember an 64 Tagen einen meßbaren Abfluß am Stamm fest, im Jahre 1934 vom Januar bis November (exklusive März) nur an 36 Tagen. Da in der gleichen Zeitperiode des Jahres 1933 an 135 Tagen Niederschläge fielen, im Jahre 1934 an 130 Tagen, so ergibt sich, daß lange nicht alle Niederschlagstage zu Wasserabfluß führten, sondern nur jeder zweite bis vierte Niederschlagstag.

Das Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluß am Stamm war sehr schwankend und auch an den 3 Meßstellen wechselnd.

Tabelle 4. Niederschlag und Wasserabfluß längs des Stammes.

| | Niederschlag in mm | Abfluß längs des Stammes, cm ³ | | |
|--|-----------------------|---|------|-----|
| | | Nord | Süd | Ost |
| a) große Niederschläge und großer Abfluß | | | | |
| 14. IX.1933 | 12 | 409 | 5 | 0 |
| 23. IX.1933 | 32 | 933 | 1142 | 175 |
| 12. X.1933 | 19 | 1073 | 515 | 150 |
| 28. X.1933 | 16 | 1500 | 44 | 15 |
| 1. XI.1933 | 17 | 1490 | 425 | 31 |
| 3.VIII.1934 | 38 | 411 | 119 | 118 |
| 9.VIII.1934 | 27 | 390 | 80 | 9 |
| 10. IX.1934 | 25 | 2000 | 450 | 55 |
| c) kleine Niederschläge und bedeutender Abfluß | | | | |
| 13. IX.1933 | 4,3 | 330 | 82 | 3 |
| 22. IX.1933 | 1,1 | 20 | 20 | 8 |
| 28. IX.1933 | 0,1 | 66 | 11 | 10 |
| b) große Niederschläge und kleiner Abfluß | | | | |
| 4. V.1933 | 27 | 86 | 0,7 | 0 |
| 15. VI.1933 | 32,2 | 140 | 138 | 0 |
| 20. VI.1933 | 22,1 | 98 | 40 | 0 |

Kleine Niederschläge unter 5 mm erzeugten meist keinen meßbaren Abfluß, mittlere Niederschläge erzeugten sehr ungleichen Abfluß, große Niederschläge vorwiegend großen Abfluß. Von dieser Regel gibt es aber viele Ausnahmen. In Tabelle 4 haben wir Niederschläge und Abfluß längs des Stammes für eine Anzahl charakteristischer Tage zusammengestellt. Sie beleuchtet drastisch die Vielgestaltigkeit der

Verhältnisse. Eine klare Parallelität von Niederschlag und Abfluß läßt sich nicht nachweisen.

Zwischen Windrichtung und Abfluß auf den verschiedenen Stammseiten läßt sich kaum ein Zusammenhang feststellen. Die großen Niederschläge fallen im allgemeinen bei SW- und Westwind mit wenigen Ausnahmen (z. B. 12.10.1933 bei N- und E-Wind). Trotzdem finden wir fast immer die größte Abflußmenge auf der Nordseite. Davon gibt es nur ganz wenige Ausnahmen. Am 23.9.1933 zum Beispiel bei Wind aus dem Südsektor (SE-SSW) und 32,6 mm Niederschlag ergaben sich 1142 cm³ Abfluß auf der Südseite, 933 cm³ auf der Nordseite und 175 cm³ auf der Ostseite. Es ist dies das einzige Mal, wo wir bei vorwiegend südlichen Winden auch ein deutliches Maximum des Niederschlages auf der Südseite feststellten.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß im Laufe des Jahres oftmals, aber sehr unregelmäßig, vor allem bei großen Niederschlägen, ein meßbarer Abfluß längs des Stammes stattfindet, der bei starken Niederschlägen sehr bedeutend sein kann. Rund um den Stamm herrscht eine sehr ungleiche Verteilung des abfließenden Niederschlages. An unserem Baum war er am größten auf der Nordseite, dann folgte die Südseite und zuletzt die Ostseite. Diese Verhältnisse stehen in keiner deutlichen Beziehung zur Windrichtung, beziehungsweise zum Regeneinfall, sondern hängen von der individuellen Wuchsform des Baumes, insbesondere von der Verteilung der Hauptäste ab. Der Seite des größten Regeneinfalles entsprach nur eine mittlere Stärke des Abflusses längs des Stammes.

Die Abflußverhältnisse sind für die Bildung der Epiphytenvegetation von größter Bedeutung, ist doch deren Wasserversorgung neben dem Tau von dem längs des Stammes abfließenden Wasser abhängig. Somit scheinen auch die individuellen Faktoren, die den Wasserabfluß längs des Stammes bedingen (Kronenbau, Beastung, Blattstellung) für die Gestaltung der Epiphytenflora von großer Wichtigkeit.

Zusammenfassung

An einem einzelstehenden Birnbaum im Garten des Geobotanischen Forschungsinstitutes Rübel in Zürich wurden während der Jahre 1933 und 1934 mikroklimatische Messungen angestellt, um die Verschiedenartigkeit der Bedingungen, unter denen die Epiphytenflora lebt, näher zu untersuchen. Wir errichteten am Stammfuß (etwa 10–20 cm über

dem Boden) und in 150–170 cm Stammhöhe auf der Sonnenseite und der Schattenseite, ferner am Grund der Krone in 280 cm Höhe und im oberen Kronenteil in 400 cm Höhe über dem Boden je eine Beobachtungsstation. Vergleichsstationen wurden in der benachbarten, freigelegenen Wiese 10–20 cm, 160 cm und 400 cm über dem Boden errichtet. Gemessen wurden jeden Monat während einer Reihe von Tagen die Lichtsummen, ferner täglich die Maximum- und Minimumtemperatur und die Verdunstung einer nassen Wasserfläche (Livingstonsches Atmometer), täglich um 8 und 16 (bzw. 14) Uhr die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit sowie bei Niederschlägen der Wasserabfluß längs des Stammes und in zwei kurzen Perioden die nächtliche Taubildung mit der Tauplatte von Leick.

Die Hauptergebnisse sind in den Abbildungen und Tabellen dargestellt und werden im Text kurz diskutiert. Es ergibt sich, daß der Baum sein Eigenklima besitzt, das sowohl von dem des offenen Luft- raumes als auch von dem des geschlossenen Waldes recht beträchtlich abweicht. Der erstere ist der Besonnung und Luftzirkulation frei ausgesetzt, der letztere hemmt in seinem Innern sowohl das Eindringen der Strahlung als auch die Luftbewegung. Der freistehende Baum hält mittlere Werte; aber an ihm sind die Verhältnisse recht vielgestaltig.

Die beblätterte Krone und der Baumstamm machen sich durch Hemmung der Luftbewegung und als Strahlungsschirm geltend. Infolgedessen bedeutet die Zeit der Belaubung, weniger auch die Zeit der herbstlichen Entlaubung einen tiefen Einschnitt im Baumklima. Im Schatten von Krone und Stamm wird der Lichtgenuß stark herabgesetzt, die Temperatur und die Verdunstungskraft der Luft werden erniedrigt, die relative Luftfeuchtigkeit wird vergrößert; die Gegensätze zwischen Tag und Nacht, zwischen kühlem und heißem Wetter werden merklich ausgeglichen. Das Lokalklima erhält in diesen geschützten Teilen des Baumes eine ozeanische Tönung. Auf der Sonnenseite des Stammes und in den oberen Teilen der Krone dagegen variieren die mikroklimatischen Faktoren stärker. Bestrahlung und höhere Erwärmung können wesentlich höhere Werte erreichen. Sie sind aber von der Höhe des Sonnenstandes abhängig, indem bei hohem Sonnenstande der Stamm auf der Sonnenseite bis zum Fuß der direkten Bestrahlung entzogen wird, während zu gleicher Zeit infolge des frühen Aufgehens der Sonne die Schattenseite des Stammes am Morgen eine reichliche Bestrahlung erhält. Für die Wasserversorgung sind die Epi-

phyten am Stamm auf den Tau und das herabfließende Regenwasser angewiesen. Die Taubildung ist am Baum geringer als auf dem offenen Felde, erreicht aber doch beträchtliche Werte, die auf der Schattenseite größer sind als auf der Sonnseite. Bei stärkeren Niederschlägen fließen beträchtliche Wassermengen längs des Stammes dem Boden zu, die aber um den Stamm herum sehr ungleich verteilt sind und im wesentlichen von der Lage der Hauptäste abhängen. Dicke, rissige Borke wird auf der Schattenseite kaum je austrocknen. Auf der Sonnseite dagegen erreicht bei längeren Schönwetterperioden die Oberflächen-austrocknung trotz der im allgemeinen häufigen Taubildung einen bedeutenden Grad, der maßgebend auf die Ansiedelung der meisten Epiphyten einwirken kann.

So entstehen am Baum, in der Krone und am Stamm, recht ausgeprägte und verschiedenartige Kleinklimate, die ihre stärksten Gegensätze wohl am Südfuße und am Nordfuße des Stammes finden. Es wäre von Interesse, solche Messungen weiterzuführen, und zwar an Bäumen mit einer reichen und charakteristisch ausgeprägten Epiphytenvegetation. Unsere Obstbäume sind meist epiphytenarm, und auch das Stadtklima behindert die natürliche Entfaltung des Lebens am Baum.

