Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 100 (1949)

Heft: 2

Artikel: Die theoretische Bestimmung des Gleichgewichtszustandes im Plenterwalde

Autor: Prodan, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766418

ment annuel moyen, qui atteignait 15 m^3 bois fort pour la période 1932 à 1940, est tombé à 13 m^3 de 1940 à 1947, probablement à cause de la sécheresse.

En 1947, les arbres de 8 à 50 cm. de diamètre à hauteur de poitrine comprenaient 82 % du nombre des tiges, mais 16 % seulement du volume total, les plantes plus grosses, seulement 18 % du nombre des tiges, mais 84 % du volume total.

Les arbres de plus de 70 cm. d'épaisseur fournissent 53 % de l'accroissement enregistré, mais le taux d'accroissement moyen des tiges de 26 à 50 cm. de diamètre est deux fois plus élevé que celui de celles de plus de 70 cm.

La forme de la tige est sensiblement meilleure dans le peuplement dominant que dans le sous-bois; les arbres du haut peuplement peuvent, d'une part, se développer plus librement et, de l'autre, représentent la sélection opérée autrefois parmi le bas peuplement.

Il y a 49 arbres de plus de 70 cm. de diamètre à l'ha., soit 46 sapins et 3 épicéas, et 12 plantes de plus de 100 cm. d'épaisseur, soit 11 sapins et 1 épicéa. Le plus gros des sapins accuse 153 cm. de diamètre à hauteur de poitrine. Quelques sapins atteignent environ 52 m. de hauteur.

Le plus long et le plus beau des sapins de Dürsrüti était si dépérissant qu'il a fallu l'abattre en décembre 1947. Il avait, à l'âge de 320 ans, un diamètre à hauteur de poitrine de 143 cm., 53 m. de longueur, un volume bois fort de 32 m^3, un volume total de 37 m^3; on en a tiré un rendement net de 1353 francs.

En 1777, donc il y a 170 ans, la plante fut élaguée jusqu'à 29 m. de hauteur. Elle subit nettement le contrecoup de cette rude opération et ne s'en est jamais entièrement remise. Cependant, cela ne l'a pas empêchée de devenir un de nos plus vénérables monuments naturels. (Tr. *E. Badoux.*)

Die theoretische Bestimmung des Gleichgewichtszustandes im Plenterwalde

Von Dr. *M. Prodan*

Privatdozent an der Universität Freiburg i. Br.

1. Einleitung und Problemstellung

In einem früheren Aufsatz [1] haben wir die praktische Bestimmung des Stärkezuwachses aus zwei aufeinanderfolgenden Bestandesaufnahmen behandelt. In diesem Aufsatz bleibt es uns vorbehalten, ein Verfahren zu zeigen, wie der Verlauf des Stärkezuwachses für die Bestimmung des Gleichgewichtszustandes herangezogen werden kann. Es soll also versucht werden, die Form der Stammzahlverteilung oder den Aufbau des

[1] «Der Stärkezuwachs in Plenterwäldern.» Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. **98** 1947.

Plenterwaldes in Verbindung und Abhängigkeit mit den Zuwachsverhältnissen zu bringen. Bis jetzt wurde die Form der Stammzahlverteilung auf Grund gewisser allgemeiner Betrachtungen ohne direkte Beziehung zu den Zuwachsverhältnissen beurteilt.

Eingehend soll hier betont werden, daß die im folgenden gegebene rechnerische Bestimmung des Gleichgewichtszustandes nur als Anhaltspunkt und Bestätigung für die zu ergreifenden waldbaulichen Maßnahmen zu gelten hat und keinen ausschließlichen Standpunkt für die Beurteilung eines Bestandes bilden darf. Außerdem sind die meisten waldbaulichen Maßnahmen wie Durchforstungen usw., mit welchem wir im folgenden operieren werden, von allgemeinen waldbaulichen und sonstigen Standpunkten getragen. Diese Standpunkte könnten aber nicht in der rechnerischen Bestimmung selbst gefunden werden, sondern kommen nur in dieser zum Ausdruck. So verstanden, kann die hier dargestellte Methode nicht zum Schematismus und zur bloßen Anwendung mathematischer Formeln auf organische Lebensgemeinschaften führen, sondern kann ein wertvolles Hilfsmittel für die Auffindung einer objektiven Richtung in der Entwicklung eines Plenterwaldes darstellen. Auch in diesem Aufsatz muß die Darstellung in sehr gedrängter Form geschehen. Die nähere Beschreibung der Verfahren von F. de Liocourt, H. A. Meyer, Schaeffer, Gazin und d'Alverny muß in dem am Ende des Aufsatzes angeführten Schrifttum eingesehen werden. Wir hoffen jedoch, daß die gedrängte Form die Verständlichkeit nicht beeinträchtigen wird.

2. Gleichgewichtszustand und der äußere Aufbau eines Plenterwaldes

Vom forsteinrichtungstechnischen Standpunkt aus befindet sich ein Plenterwald im Gleichgewicht, wenn die Nutzungen sowohl massen- wie auch stärkenmäßig nachhaltig produziert werden können. Durch die jeweiligen Hiebe am Ende einer Periode wird der Aufbau des betreffenden Plenterwaldbestandes wieder in seiner ursprünglichen Form vom Anfang dieser Periode hergestellt. Dies ist, wie François (1938) es nennt, der optimale oder normale Gleichgewichtszustand. Bis dieser Zustand erreicht ist, richten sich die Nutzungen nach dem von uns zu erstrebenden Bild, indem sowohl der Aufbau wie auch die sonstigen Elemente des Plenterwaldes eine allmähliche Annäherung an das normale Gleichgewicht zeigen. Das ist das provisorische Gleichgewicht. Sowohl der provisorische wie auch der normale Gleichgewichtszustand ist durch einen Aufbau (oder eine Stammzahlverteilung) charakterisiert. Diese Verteilung entwickelt sich durch den Stärkezuwachs so, daß sie die hervorgebrachten Nutzungen produziert.

Dieser äußere Aufbau des Plenterwaldes ist sehr charakteristisch und ist schon lange vor dem Aufbau des gleichaltrigen Hochwaldes aufgefallen. Es wurden sogar « Gesetze » und Verteilungstypen für Plenterwälder im Gleichgewicht auf Grund zahlreicher Beobachtungen aufgestellt. Diese Stammzahlverteilungstypen sind von ihren Urhebern in Bonitäten eingeteilt worden, jedoch ohne nähere Beziehung zu der Standortsbeschaffenheit, zu den Wachstumsverhältnissen sowie zu den Durchforstungseingriffen und sonstigen waldbaulichen Maßnahmen. So hat F. de Liocourt (1898) ein Gesetz aufgestellt, nach welchem die Stammzahlverteilung eines Plenterwaldes im Gleichgewichtszustand nach Durchmesserstufen geordnet, eine fallende geometrische Reihe darstellt:

$$V(x) = A, Aq^{-1} \ldots Aq^{-(n-1)} \qquad q > 1 \qquad (1)$$

wo A die Stammzahl der ersten Stärkestufe und q der Quotient der ersten geometrischen Reihe bedeutet. Diese Annahme trifft in großen Linien für den Plenterwald zu, und H. A. Meyer (1933) hat dieses « Gesetz » in einer für weitere theoretische Auswertung vorteilhafteren Form ausgedrückt:

$$V(x) = y = k \cdot e^{-ax}$$

wo y die Stammzahl und x die Stärkestufe bedeutet. Schaeffer, Gazin und d'Alverny halten auch am Liocourtschen Gesetz fest. Sie versuchen nur, diese Verteilung in Verbindung mit dem Zuwachs zu bringen, indem die Bestimmung des ersten Gliedes von der Zugangszeit der betreffenden Stärkestufe abhängig gemacht wird.

Der Plenterwald ist aber eine Waldform, die der Forstmann nach seinen Gesichtspunkten und waldbaulichen Erkenntnissen weitgehend gestalten kann. Der Aufbau eines Plenterwaldes im Gleichgewicht muß also von den Standorts- und Zuwachsverhältnissen sowie von den Durchforstungs- und Eingriffsarten abhängig gemacht werden. Die Stammzahlverteilung müßte also in Funktion von diesen Faktoren abgeleitet werden und nicht auf Grund eines « Gesetzes », welches nur als allgemeine statistische Ausgleichsformel zu betrachten ist. Sie müßte also induktiv auf Grund der jeweiligen Daten bestimmt werden können. Hervorragende Praktiker wie Biolley haben sich auch gegen diese schematische, formelmäßige Aufstellung eines Gleichgewichtszustandes gewendet und versucht, diese Frage rein empirisch zu lösen.

Es ist jedoch notwendig, mit Hilfe der Ergebnisse der aufeinanderfolgenden Bestandesaufnahmen und sonstigen Daten einen objektiven, aber von jedem Schematismus freien Weg zu finden, um den Gleichgewichtszustand zu berechnen. Die geniale Intuition Biolleys, der jede Norm entbehren könnte, ist keine alltägliche Erscheinung, und so müssen wir bestrebt sein, allgemeinere, objektivere Richtlinien festzusetzen. In der Aufstellung so einer Norm, welche von den jeweiligen Bestandesaufnahmen und von den Zuwachsverhältnissen der Bestände ausgeht, bekommen wir einen Weiser, welcher uns die zu verfolgende Richtung zeigt. Ein erster Versuch, die Stammzahlverteilungsform eines Plenterwaldes im Gleichgewichtszustand in Verbindung mit den Zuwachsverhältnissen zu bringen, stammt von François (1938). Das Verfahren von François, obwohl sehr originell, stützt sich auf gewisse Annahmen und Begriffsbestimmungen, die nicht ohne weiteres angenommen werden könnten.

3. Der Gleichgewichtszustand und der Stärkezuwachs

Vom forsteinrichtungstechnischen Standpunkt aus besteht die Grundaufgabe für die Ermittlung des Gleichgewichtszustandes in der Bestimmung der Stammzahl und einer Stärkestufe, welche sich nach T Jahren in der nächsthöheren Stärkestufe befinden wird. Diese Aufgabe kann in einfachster Weise mit Hilfe des Stärkezuwachses gelöst werden; dazu brauchen wir nicht den Begriff der « Zugangszeit », welche nur eine abgeleitete Größe des Stärkezuwachses darstellt. Um das zu beweisen, benutzen wir das in der Plenterwaldliteratur berühmte Beispiel des Gemeindewaldes von Boveresse (Biolley, 1920, H. A. Meyer, 1932), Abt. 1: Die Aufnahme 1904 ergibt für die Stärkestufe 35 eine Stammzahl von 394. Im Jahre 1910 ergibt sich nach der Differenzmethode, daß 190 Stämme davon in derselben Stärkestufe geblieben sind (Stärkezuwachs = 0 cm) und 204 Stämme in die nächsthöhere Stärkestufe 40 cm vorgerückt sind (Stärkezuwachs = 5 cm). Die Zugangszeit bestimmt sich folgendermaßen: Wenn 204 Stämme die Strecke von 5 cm in sechs Jahren zurückgelegt haben, so werden 394 Stämme dieselbe Strecke von 5 cm in

$$\frac{394}{204} \cdot 6 = 11{,}6 \text{ Jahren}$$

zurücklegen. Der Stärkezuwachs wird von dieser Zugangszeit wie folgt abgeleitet: Wenn 5 cm in 11,6 Jahren zurückgelegt werden, so ist der Stärkezuwachs

$$5 : 11{,}6 = 4{,}3 \text{ mm.}$$

Durch die in unserem ersten Aufsatz dargestellte Differenzenmethode ergibt sich aber derselbe Wert:

$$z_d = \frac{190 \cdot 0 + 20{,}4 \cdot 5}{394} = 2{,}59 \text{ cm in sechs Jahren,}$$

was auch 4,3 mm pro Jahr beträgt. Die beiden Rechnungsarten sind identisch:

$$z_{d/\text{Jahr}} = \frac{5}{\frac{394 \cdot 6}{204}} = \frac{204 \cdot 5}{394} : 6 = 4{,}3 \text{ mm}$$

Die Zugangszeit ergibt sich also als ein reziproker Wert des Stärkezuwachses, so daß wir vorteilhafter an Stelle der Zugangszeit den Stärkezuwachs anwenden können, da dieser mit Hilfe der Differenzenmethode direkt bestimmt wird.

Der Stärkezuwachs ist aber, abgesehen von den Witterungsschwankungen und der Durchforstungsstärke, in hohem Maße eine Charakteristik des Standortes, so daß in Anlehnung an den Verlauf des Stärkezuwachses ein dem Standort entsprechender Gleichgewichtszustand errechnet werden kann. Haben wir den Stärkezuwachs oder die Stärkezuwachskurve durch unsere Bestandesaufnahmen ermittelt, so kann man auch die Grundfrage lösen: Haben wir für das obige Beispiel des Waldes von Boveresse für die Stärkestufe 35 cm einen Stärkezuwachs von 2,59 cm in sechs Jahren errechnet, so werden in sechs Jahren

$$394 \cdot \frac{2{,}59}{5} = 204 \text{ Stämme}$$

in die nächsthöhere Stufe vorrücken.

4. Bestimmung des Gleichgewichtszustandes für einen einfachen theoretischen Fall

Auf Grund der obigen Betrachtungen können wir nun folgende Aufgabe lösen: Für die Stärkestufen d_1, $d_2 \ldots d_k$ können wir die notwendigen Stammzahlen ermitteln, um nach einer Zeit T dieselbe Stammzahlverteilung zu erhalten. Das ist also die Bedingung, daß die Stammzahlverteilung sich selbst gleichbleibt und nur in der letzten Stärkestufe die Nutzungen stattfinden.

Wir haben

$$d_2 - d_1 = b; \; d_3 - d_2 = b \text{ usw.}$$

wo b die Stufenbreite ist.

Betrachten wir zwei benachbarte Stärkestufen d_{x-1} und d_x mit den entsprechenden Stammzahlen n_{x-1} und n_x und den entsprechenden jährlichen Stärkezuwüchsen z_{x-1} und z_x. In T Jahren ist die Zahl der Stämme, die von der Stärkestufe d_{x-1} in einer höheren Stufe vorrücken, gleich:

$$\frac{n_{x-1} \cdot z_{x-1} \cdot T}{b}$$

Die Zahl der Stämme, welche von d_x in die höheren Stufen vorrücken werden, ist:

$$\frac{n_x \cdot z_x \cdot T}{b}$$

In der Stärkestufe d_x bleibt noch eine Stammzahl von

$$n_x - \frac{n_x \cdot z_x \cdot T}{b}$$

Nun haben wir die Bedingung gestellt, daß nach T Jahren in der Stufe d_x dieselbe Stammzahl n_x angetroffen wird, also:

$$\frac{n_{x-1} \cdot z_{x-1} \cdot T}{b} + n_x - \frac{n_x \cdot z_x \cdot T}{b} = n_x \tag{3}$$

welche nach der Entwicklung folgende einfache Formel gibt:

$$\frac{n_{x-1}}{n_x} = \frac{z_x}{z_{x-1}} \quad \text{und:} \quad n_{x-1} = n_x \cdot \frac{z_x}{z_{x-1}} \tag{4}$$

(Diese Berechnung gilt auch, wenn der periodische Stärkezuwachs $z_x \cdot T$ größer ist als die Stufenbreite b. Dann gilt die obige Überlegung für die zweithöhere und für die nächsthöhere Stärkestufe. Nachdem wir mit Mittelwerten für z_d operieren, kann sich die Stammzahl einer Stärkestufe nach T Jahren auf Grund dieses Stärkezuwachses nur auf zwei andere Stärkestufen verteilen und nicht auf mehrere.)

D. h.: Die notwendige Stammzahl in einer Stärkestufe, um nach T Jahren eine gegebene Stammzahl in der nächsthöheren zu haben, ergibt sich, wenn man die letztere mit dem umgekehrten Verhältnis der Stärkezuwüchse der entsprechenden Stärkestufen multipliziert. Die Formel ist sehr wichtig, weil sie die Grundformel für jede Berechnung darstellt. Erfüllen die Stammzahlen die obige Bedingung, so bleibt sich die Stammzahlverteilung immer gleich, nur eine Anzahl Stämme, die immer ausscheiden, rücken in die höchsten Stufen. Diese Stämme bilden dann den Hiebsatz.

Dieser Fall ist nur theoretisch denkbar, denn wir können nie die Nutzungen nur auf die stärksten Durchmesserstufen beschränken, sondern müssen immer Durchforstungs- und Erziehungshiebe machen, welche dann auch berücksichtigt werden müssen. Für diesen theoretischen Fall kann die Bestimmung der Stammzahlverteilung in eine bequemere Form gebracht werden. Es bestehen augenscheinlich die Beziehungen:

$$n_{k-1} = n_k \cdot \frac{z_k}{z_{k-1}}$$

$$n_{k-2} = n_k \cdot \frac{z_k}{z_{k-2}}$$

$$\vdots$$

$$n_2 = n_k \cdot \frac{z_k}{z_2}$$

$$n_1 = n_k \cdot \frac{z_k}{z_1}$$

Wenn man die Stammzahl der stärksten noch erwünschten Stärkestufe mit 1 setzt und den Verlauf des Stärkezuwachses durch eine Funktion $z = f(d)$ darstellt, so haben wir

$$n_x = \frac{z_k}{f(d_x)}$$

Diese erhaltene Reihe ist nur eine reduzierte Stammzahlverteilung und muß auf die optimale Stammzahl pro Hektare umgerechnet werden.

5. Die Bestimmung des Gleichgewichtszustandes für praktische Fälle

Die Formel (4) wird uns für die Bestimmung des Gleichgewichtszustandes in praktischen Fällen nützlich sein. Im praktischen Fall haben wir für jede Stärkestufe auch mit Durchforstungseingriffen zu rechnen. Diese setzen sich zusammen aus den auf natürlichem Wege ausscheidenden Bestand, den erzieherischen Eingriffen und der gewünschten Ernte an bestimmten Sortimenten.

Wir notieren zusätzlich mit $m_1, m_2 \ldots m_k$ die Zahl der innerhalb der Periode ausscheidenden Stämme in den entsprechenden Stärkestufen $d_1, d_2, \ldots d_k$

Wir haben also folgende Stammzahlverteilung vor und nach dem Hieb:

$d_{1,3}$-Stufe	vor dem Hieb	nach dem Hieb
d_1	$n_1 + m_1$	n_1
d_2	$n_2 + m_2$	n_2
.		.
.		.
d_{k-1}	$n_{k-1} + m_{k-1}$	n_{k-1}
d_k	$n_k + m_k$	n_k

Die Aufgabe, die hier gestellt wird, ist, die Stammzahlverteilung vor dem Hieb $n_1 \ldots n_k$ so zu bestimmen, daß wir nach T Jahren die Stämme $m_1, m_2 \ldots m_k$ nachhaltig nutzen können.

Die Zahl der Stämme, welche von der Stärkestufe d_{x-1} zur Stärkestufe d_x vorrücken werden, ist

$$\frac{n_{x-1} \cdot z_{x-1} \cdot T}{b}$$

Die Stammzahl der Stärkestufe d_x, welche in derselben Stärkestufe bleibt, ist

$$n_x - \frac{n_x \cdot z_x \cdot T}{b}$$

Die Stammzahl, welche sich nach T Jahren in der Stufe d_x befinden wird, muß mit $n_x + m_x$ gleichgesetzt werden:

$$\frac{n_{x-1} \cdot z_{x-1} \cdot T}{b} + n_x - \frac{n_x \cdot z_x \cdot T}{b} = n_x + m_x$$

Der Wert davon n_{x-1} ergibt sich mit

$$n_{x-1} = n_x \cdot \frac{z_x}{z_{x-1}} + \frac{m_x \cdot d}{T \cdot z_{x-1}} \tag{5}$$

Man sieht, daß, wenn $m_1 = m_2 = \ldots m_k = o$, die Formel (5) sich auf die Formel (4) reduziert.

Durch die Formel (5) ist eine Verteilung berechnet, welche sich durch den Zuwachs dauernd ändert, durch die periodischen Eingriffe aber wieder in ihrer ursprünglichen Form hergestellt wird. Von der Zahl

$$\frac{m_x \cdot b}{T \cdot z_{x-1}}$$

werden in jedem Jahr

$$\frac{m_x \cdot b}{T \cdot z_{x-1}} \cdot \frac{z_{x-1} \cdot 1}{b}$$

Stämme in die höhere Stufe d_x vorrücken und in T Jahren

$$\frac{m_x \cdot b}{T \cdot z_{x-1}} \cdot \frac{z_{x-1} \cdot T}{b} = m_x$$

Stämme.

Die obige Formel (5) erlaubt uns, die Stammzahlverteilung im Gleichgewicht näher zu berechnen. An Hand eines Beispieles wird noch die praktische Anwendung dieser Formel näher erläutert.

6. Formelmäßiger Gleichgewichtszustand und praktische Maßnahmen

Aus der abgeleiteten Formel (5) sieht man, daß die Verteilung im Gleichgewichtszustand je nach dem Verlauf der Stärkezuwachskurve, nach den nötigen Durchforstungseingriffen sowie nach dem erwünschten Sortimentenfall unendlich variieren kann. Die Form dieser Verteilung wird hier in konsequenter Weise von den obengenannten Faktoren abhängig gemacht. Die Einschränkung einer allgemein gültigen Formel für die Stammzahlverteilung wird hiermit aufgehoben und somit jede fremde deduktive Idee ausgeschaltet. Im Laufe dieses Aufsatzes wird man noch sehen, daß die Formel (5) nur ein genauer Niederschlag der von Biolley u. a. auf rein empirischem Weg verfolgten Bestrebungen ist.

Vom Standpunkt der Forsteinrichtung erstreben wir sowohl eine nachhaltige Produktion von gewünschten Sortimenten wie auch die Durchführung waldbaulicher Erziehungsmaßnahmen. Beim Plenterwald fallen die waldbaulichen Gesichtspunkte mit den Nutzungsbestrebungen zusammen.

Durch diese waldbaulichen Maßnahmen bezwecken wir, für den betreffenden Plenterwald einen optimalen Zustand herbeizuführen. Dieser wird charakterisiert unter anderem durch:

a) einen optimalen Verlauf der Stärkezuwachskurve,

b) ein optimales, mit unseren Wirtschaftszielen in Einklang stehendes Sortimentsverhältnis der genutzten Stämme,

c) eine entsprechende Höhe des Vorrates.

Über die optimale Form der Zuwachskurve als Weiser für die Auswirkung waldbaulicher Maßnahmen haben wir schon in dem vorigen Aufsatz gesprochen.

Die Durchforstungsanfälle werden sich außer nach dem oben erwähnten Gesichtspunkte selbstverständlich auch nach der zu wünschenden Struktur des Plenterwaldes richten. Die Gliederung der Durchforstungsanfälle ist erfahrungsgemäß jeweils bekannt.

Übersicht 1

Die Bestandesdaten umgerechnet auf 10 ha

D_x	n_1 1936	n_2 1942	v	n_1v	n_2v	z_x
cm			m³	m³	m³	mm
1	2	3	4	5	6	7
8–11	1140	920				
12–15	740	560	0,08	59,2	44,8	1,7
16–19	560	680	0,21	117,6	142,8	3,5
20–23	540	420	0,39	210,6	163,8	4,4
24–27	280	500	0,61	170,8	305,0	5,3
28–31	420	320	0,86	361,2	275,2	6,1
32–35	60	200	1,15	69,0	230,0	6,8
36–39	20	120	1,52	30,4	182,4	7,5
40–43	80	60	1,95	156,0	117,0	8,0
44–47	100	40	2,42	242,0	96,8	8,4
48–51	—	100	2,90	—	290,0	8,7
52–55	—	20	3,45	—	69,0	8,8
56–59	40	20	4,04	161,6	80,8	9,0
60–63	40	20	4,67	186,8	93,4	9,1
64–67	—	20	5,36	—	107,2	9,1
68–71	40	—	6,11	244,4	—	9,1
72–75	40	60	6,90	276,0	414,0	9,1
76–79	—	40	7,73	—	309,2	9,0
	2960	3080		2285,6	2921,4	
$zv = 2921{,}4 - 2285{,}6 = 635{,}8\ m^3$						

Die optimale Vorratshöhe pro Hektare kann nach unten und nach oben durch die bekannten Standpunkte B i o l l e y s und F l u r y s begrenzt werden: « Wie niedrig kann der Vorrat gehalten werden, damit man sowohl quantitativ wie auch qualitativ den größten Zuwachs erreicht » (B i o l l e y) und: « wie hoch darf der Vorrat sein, um sowohl quantitativ als auch qualitativ den größten Zuwachs zu erreichen » (F l u r y). Die Bestimmung des Vorrates ist eine Frage der Praxis, auf die in diesem Rahmen nicht eingegangen werden kann.

Übersicht 2

Die Aufgliederung der auszuscheidenden Stämme auf einzelne Stärkestufen

D_x	v	m_x	v	$m_x v$
cm	m^3		m^3	m^3
8–11				
12–15		100	0,08	8,0
16–19	50	80	0,21	16,8
20–23		50	0,39	19,5
24–27		30	0,61	18,3
28–31		20	0,86	17,2
32–35		15	1,15	17,3
36–39	100	15	1,52	22,8
40–43		10	1,95	19,5
44–47		10	2,42	24,2
48–51		10	2,90	29,0
52–55		10	3,45	34,5
56–59		10	4,04	40,4
60–63		10	4,67	46,7
64–67	350	8	5,36	42,9
68–71		8	6,11	48,9
72–75		8	6,90	55,2
76–79		8	7,73	61,8
	500	402		523,0

Mit Hilfe der Zuwachskurve auf Grund der Verteilung der Durchforstungsanfälle kann man einen provisorischen Gleichgewichtszustand berechnen, der von Periode zu Periode verbessert werden soll. Praktisch wird man am besten so vorgehen, daß man bei jeder Periode immer den durchschnittlichen Verlauf des Stärkezuwachses für den ganzen bisherigen Beobachtungszeitraum für die Berechnung des jeweiligen provisorischen Gleichgewichtszustandes zugrunde legt.

Wie wir am Anfang ausdrücklich hervorgehoben haben, soll dieser formelmäßige Gleichgewichtszustand nur als Anhaltspunkt unter anderen waldbaulichen Gesichtspunkten gelten. Gleichzeitig hat diese Formel auch einen großen Vorteil: Ihr zugrunde liegt einerseits der Verlauf des Stärkezuwachses, welcher immer durch die aufeinanderfolgenden Aufnahmen bestimmt wird und so von allen waldbaulichen Maßnahmen beeinflußt wird, anderseits die Durchforstungsaufgliederung, welche wir auch variieren können. Sie ist äußerst elastisch, frei von jedem Schematismus und bei richtiger Anwendung zugleich der Ausdruck unserer waldbaulichen Gesichtspunkte sowie unserer Wirtschaftsziele.

Übersicht 3

Die Berechnung der Stammzahlverteilung im Gleichgewichtszustand auf Grund des Stärkezuwachses 1936—1942

$d_{1,3}$	z_x	m_x	$\frac{b}{T \cdot z_{x-1}}$	$\frac{m_x \cdot b}{T \cdot z_{x-1}}$	$n_x \cdot \frac{z_x}{z_{x-1}}$	n_{x-1} (C_1)	Verteilung vor dem Hieb
1	2	3	4	5	6	7	8
8–11	1,7	100	(3920)	(392)	(1183)	(1575)	
12–15	2,7	100	2,465	197	552	749	849
16–19	3,5	80	1,850	93	333	426	506
20–23	4,4	50	1,550	47	218	265	315
24–27	5,3	30	1,257	25	156	181	211
28–31	6,1	20	1,092	16	120	136	156
32–35	6,8	15	0,980	15	93	108	123
36–39	7,5	15	0,890	99	75	94	99
40–43	8,0	10	0,833	8	62	70	80
44–47	8,4	10	0,794	8	51	59	69
48–51	8,7	10	0,766	8	41	49	59
52–55	8,8	10	0,758	8	32	40	50
56–59	9,0	10	0,740	7	24	31	41
60–63	9,1	10	0,733	6	18	24	34
64–67	9,1	8	0,733	6	12	18	26
68–71	9,1	8	0,733	6	6	12	20
72–75	9,1	8	0,733	6	—	6	14
76–79	9,0	8	—	—	—	—	8
		402		465	1793	2258	2660

7. Behandlung eines Beispiels

Als Beispiel wählen wir die in unserem ersten Aufsatz angegebene Versuchsfläche Nr. 4 Wolfach, welche über fünfzig Jahre unter Beobachtung stand. In der Übersicht 1 geben wir die auf 10 ha umgerechneten Daten. Die letzte Spalte enthält den laufenden jährlichen Stärkezuwachs z_x. Diese Werte bekommt man, wenn man den periodischen Stärkezuwachs aus der Übersicht 4 des vorigen Aufsatzes, nach Ausgleichung durch eine Kurve, durch die Zahl der Jahre dividiert. Die schwächste Stärkestufe ist in die Berechnung der Massen und des Zuwachses nicht einbezogen. Sie dient nur zur Bestimmung des Einwuchses in die nächsthöhere Stufe.

Übersicht 4

Vergleich der berechneten Verteilung mit dem Bestand 1942 (Erklärung im Text)

$d_{1,3}$	C_f	v	vC_1	$1{,}31\,C_1$	B 1942	Nutzung		C'_1
						m_x	$v \cdot m_x$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8–11	1575			2068		40		880
12–15	749	0,08	59,9	985	560	30	2,4	530
16–19	426	0,21	89,5	660	680	30	6,3	650
20–23	265	0,39	103,4	348	420	20	7,8	400
24–27	181	0,61	110,4	237	500	50	30,5	450
28–31	136	0,87	117,0	179	320	10	8,6	310
32–35	108	1,15	124,2	142	200	10	11,5	190
36–39	94	1,52	127,7	110	120	—	—	120
40–43	70	1,95	136,5	92	60	—	—	60
44–47	59	2,42	142,8	78	40	—	—	40
48–51	49	2,90	142,1	64	100	—	—	100
52–55	40	3,45	138,0	53	20	—	—	20
56–59	31	4,04	125,2	41	20	—	—	20
60–63	24	4,67	112,1	32	20	—	—	20
64–67	18	5,36	96,5	24	20	—	—	20
68–71	12	6,11	73,3	16	—	—	—	—
72–75	6	6,90	40,4	8	60	32	311,0	28
76–79	—	7,73	—	—	40	40	309,0	—
	2258		1740,0	2969	3180	222	587,1	2958

Die Masse der einzelnen Stärkestufen wurde auf Grund einer Parabel 2. Ordnung (eines « Tarifes ») berechnet:

$$v = 0{,}001491\ d^2 - 0{,}01645\ d + 0{,}0488$$

Diese Massenkurve gilt für den ganzen Zeitraum von fünfzig Jahren — man kann mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, daß sie auch weiterhin gültig bleiben wird.

Der Massenzuwachs ist gleich:

$$z_v = v_{42} - v_{36} = 2921{,}4 - 2285{,}6 = 635{,}8\ \text{m}^3$$

Der Massenzuwachs dient als Grundlage für die Bestimmung des Hiebsatzes. In Anlehnung an diesen Massenzuwachs und in Anbetracht des geringen Vorrates setzen wir für dieses Beispiel einen Hiebsatz von etwa 500 m^3 auf 10 ha in sechs Jahren fest. Die Aufgliederung des Hiebsatzes auf die Stärkestufen erfolgt hier willkürlich in Anlehnung an praktische Ergebnisse und an Literaturbeispiele (François, Schaeffer, Gazin und d'Alverny). Diese Aufgliederung sowie die genaue Festsetzung des Hiebsatzes auf 523,0 m^3 ist in der Übersicht 2 wiedergegeben. Mit Hilfe des Durchmesserzuwachses z_x und der Aufgliederung des Hieb-

Übersicht 5

Die Entwicklung des Bestandes in der nächsten Periode (Erklärung im Text)

$d_{1,3}$	C'_1	z'_x	$\frac{z'_x \cdot T}{b}$	Zahl der Stämme die 0 Stufen vorrücken	Zahl der Stämme die 1 Stufen vorrücken	Zahl der Stämme die 2 Stufen vorrücken	C'_2
1	2	3	4	5	6	7	8
8-11	(880)	(2,5)	(0,375)	(580)	(350)	—	(930)
12-15	530	3,3	0,495	268	330		598
16-19	650	4,3	0,600	260	262		522
20-23	400	4,7	0,705	118	390		508
24-27	450	5,4	0,810	86	282		368
28-31	310	6,0	0,900	31	364		395
32-35	190	6,5	0,971	6	279		285
36-39	120	7,0	1,050	—	184		184
40-43	60	7,3	1,095		114		114
44-47	40	7,6	1,140		54	6	60
48-51	100	7,8	1,170		34	6	40
52-55	20	7,9	1,190		83	6	89
56-59	20	8,0	1,200		16	17	33
60-63	20	8,0	1,200		16	4	20
64-67	20	8,0	1,200		16	4	20
68-71	—	8,0	1,200		16	4	20
72-75	28	7,9	1,194		—	4	4
76-79	—				23	—	23
80-83	—				—	5	5
	2958						3288

satzes wurde nach der Formel 5 die Verteilung des Plenterwaldes im provisorischen Gleichgewichtszustand berechnet (Übersicht 3). Diese Verteilung kann also nachhaltig einen Hiebsatz von 402 Stämmen in der aufgezeigten Durchmessergliederung liefern. Die Berechnung ist leicht zu verstehen: die Spalte 4 der Übersicht 3 enthält die Werte:

$$\frac{b}{T \cdot z_{x-1}} = \frac{40}{6 \cdot z_{x-1}}$$

wobei b = 4 cm = 40 mm bedeutet. Diese Werte werden multipliziert mit der Zahl n_x der nächsten Stärkestufe, zum Beispiel für die Stärkestufe 12—15 cm haben wir $40 : 6 \cdot 2{,}7 = 2{,}465$. Diese Zahl wird mit der Stammzahl $n_x = 80$ der Stärkestufe 16—19 cm multipliziert. Es ergibt sich eine Stammzahl von 197. Diese Werte werden mit den Zahlen

$$n_x \cdot \frac{z_x}{z_{x-1}}$$

multipliziert und geben uns dadurch die gesuchten n_{x-1}-Werte (Übersicht 3, Spalte 7), welche die von uns mit C_1 bezeichnete Stammzahl-

Übersicht 6

Die Berechnung der Massen und des Massenzuwachses der neuen Verteilungen. Die Zergliederung der auszuscheidenden Stämme (Erklärung im Text)

$d_{1,3}$	vC'_1	vC'_2	Nutzung		
			Anhaltspunkt	m_x	$v \cdot m_x$
1	2	3	4	5	6
8–11					
12–15	42,4	47,8		60	4,8
16–19	136,5	109,6	50	50	10,5
20–23	156,0	198,1		40	15,6
24–27	274,5	224,5		40	24,4
28–31	266,6	339,7		30	25,8
32–35	218,6	328,0		20	23,0
36–39	182,4	280,0		20	30,4
40–43	117,0	222,0	200	15	28,8
44–47	96,8	145,2		15	36,3
48–51	290,0	116,0		15	43,5
52–55	69,0	307,1		10	34,5
56–59	80,8	133,5		10	40,4
60–63	93,4	93,4		10	46,7
64–67	107,2	107,2		10	53,6
68–71	122,2	122,2	350	10	61,1
72–75	193,2	27,6		8	69,0
76–79	—	177,8		8	61,8
80–83	—	43,1		5	43,1
	2324,4	3020,6	600	376	652,3
$z_v = 3020{,}6 - 2324{,}4 = 696{,}2\ m^3$					

verteilung darstellen. Wir haben die obere Grenze der genutzten Stämme bei der Stärkestufe 76—79 cm und die obere Grenze des Bestandes nach der Durchforstung bei der Stärkestufe 72—75 cm festgesetzt.

Die Verteilung C_1 ergibt eine Masse von 1740,0 m^3 auf 10 ha (Übersicht 4, Spalte 4). Da wir die Masse von 2285,6 auf 10 ha behalten wollen, müssen wir die Stammzahlen der Verteilung C_1 mit der Umrechnungszahl 2285,6 : 1740,0 = 1,31 multiplizieren (Übersicht 4, Spalte 5). Mit dieser neuen Verteilung 1,31 C_1 vergleichen wir nun den wirklichen Bestand 1942 (B 1942), um die Zahl und Gliederung der auszuscheidenden Stämme festzusetzen (Übersicht 4, Spalten 7 und 8). Wir sind gezwungen, eine große Zahl der stärkeren Durchmesserstufen auszuscheiden, und dadurch ergibt sich ein Hiebsatz von 587 fm bei einer Zahl der Stämme von 222. C'_1 gibt uns die Stammzahlverteilung 1942 nach der

Übersicht 7

Berechnung der neuen Verteilung im Gleichgewichtszustand (Erklärung im Text)

$d_{1,3}$	z'_x	m'_x	$\frac{b}{T \cdot z'_{x-1}}$	$\frac{m'_x \cdot b}{Tz'_{x-1}}$	$n_x \frac{z'_x}{z'_{x-1}}$	n_{x-1} (C_2)	C'_2	Nutzung m''_x	Nutzung $v \cdot m''_x$	C''_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8–11	2,5	60	2,665	160	(781)	(941)	930	(30)	2	(900)
12–15	3,3	60	2,020	101	534	635	598	30	2	568
16–19	4,3	50	1,550	62	348	410	522	50	17	472
20–23	4,7	40	1,390	56	263	319	508	160	62	348
24–27	5,4	40	1,234	37	192	229	368	130	79	238
28–31	6,0	30	1,110	22	151	173	395	120	103	275
32–35	6,5	20	1,025	20	119	139	285	100	115	185
36–39	7,0	20	0,939	14	97	111	184	40	61	144
40–43	7,3	15	0,914	14	79	93	114	5	10	109
44–47	7,6	15	0,878	13	63	76	60	—	—	60
48–51	7,8	15	0,855	9	52	61	40	—	—	40
52–55	7,9	10	0,844	8	43	51	89	6	21	83
56–59	8,0	10	0,833	8	34	42	33	—	—	33
60–63	8,0	10	0,833	8	26	34	20	—	—	20
64–67	8,0	10	0,833	8	18	26	20	—	—	20
68–71	8,0	10	0,833	7	11	18	20	—	—	20
72–75	7,9	8	0,844	7	4	11	4	—	—	4
76–79	7,9	8	0,844	4	—	4	23	19	147	4
80–83	7,9	5					5	5	43	—
		376				2431	3288	665	660	2623

Durchforstung (Übersicht 4, Spalte 9). Bei einem Vergleich der Verteilung C'_1 mit der Verteilung 1,31 C_1 sieht man, daß die erste noch sehr von der Verteilung im Gleichgewichtszustand abweicht.

Um das Beispiel weiterzuführen, müßten wir jetzt die zukünftigen Bestandesaufnahmen der Verteilung C_1 besitzen, was aber unmöglich ist. Wir können also dieses Beispiel nur theoretisch weiterführen, indem wir die Entwicklung der Verteilung C_1 in Zukunft rechnerisch mit Hilfe des Durchmesserzuwachses bestimmen. Dafür benutzen wir nicht den Stärkezuwachsverlauf der Periode 1936 bis 1942, weil der Durchschnitt einer so kurzen Periode nicht frei von Klimaschwankungen ist, sondern den durchschnittlichen Verlauf des Stärkezuwachses einer größeren Periode, und zwar der Periode 1920 bis 1942. Mit Hilfe dieser Zuwachswerte z'_x (Übersicht 5, Spalte 3) können wir die Entwicklung der Verteilung C'_1 in der nächsten Periode von 6 Jahren berechnen. Von jeder Stärkestufe wird eine Zahl :

$$\frac{n_x \cdot z'_x \cdot T}{b}$$

in die nächsthöhere Stärkestufe vorrücken. Wenn

$$z'_x \cdot T = b$$

dann ist :

$$n_x = 1 \cdot n_x$$

Übersicht 8

Die Entwicklung der neuen Stammzahlverteilung (Erklärung im Text)

$d_{1,3}$	$\frac{z'_x \cdot T}{b}$	C''_2	Zahl der Stämme die 0 Stufen vorrücken	1	2	C'_3	C_2	Nutzung m'''_x	C''_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8–11	0,375	(900)	(552)	(370)		(922)	(941)	30	(892)
12–15	0,495	568	287	348		635	635	30	605
16–19	0,600	472	189	281		470	410	50	420
20–23	0,705	348	103	283		386	319	67	319
24–27	0,810	238	46	245		291	229	62	229
28–31	0,900	275	28	192		220	173	47	173
32–35	0,971	185	6	247		253	139	114	139
36–39	1,050	144		179		179	111	68	111
40–43	1,095	109		137		137	93	44	93
44–47	1,140	60		99	7	106	76	30	76
48–51	1,170	40		52	10	62	61	—	62
52–55	1,194	83		32	8	41	51	—	41
56–59	1,200	33		67	7	74	42	23	51
60–63	1,200	20		26	16	42	34	5	37
64–67	1,200	20		16	7	23	26	—	23
68–71	1,200	20		16	4	20	18	2	18
72–75	1,194	4		16	4	20	11	8	12
76–79	1,194	4		3	4	7	4	3	4
80–83	1,194	3		3	1	4	—	4	—
84–87					1			1	
		2623				2971	2431	5558	2413

und alle Stämme der betreffenden Stärkestufe rücken in die nächsthöhere Stufe vor. Wenn $a_x \cdot T > b$, dann können wir schreiben :

$$n_x \cdot \frac{z_x \cdot T}{b} = (1 + k)\, n_x$$

wobei $n_x \cdot k$ die Zahl der Stämme, welche zwei Stärkestufen vorrücken, bedeutet. Die Spalte 5 der Übersicht 5 enthält die Zahl der Stämme, welche in derselben Stufe bleiben. Die Spalte 6 enthält die Zahl der Stämme, welche in die nächsthöhere Stufe vorrücken und die Spalte 7 die Zahl der Stämme, welche eine Stufe überspringen und also zwei Stufenbreiten zurücklegen. Diese Zahlen sind in der entsprechenden Zeile derjenigen Stärkestufe eingetragen, welcher sie nach 6 Jahren angehören, so daß die Spalte 5 + Spalte 6 + Spalte 7 uns die neue Verteilung C'_2 geben. Die Verteilung C'_1 geht also nach einer Entwicklung von 6 Jahren in die Verteilung C'_2 über. Z. B.: von 880 Stämmen der Stärkestufe 8—11 bleiben 580 in derselben Stärkestufe und 330 Stämme rücken innerhalb von 6 Jahren in die nächsthöhere Stärkestufe 12—15 cm vor (die Zahl von 300 Stämmen in der Spalte 6 der Stärkestufe 8—11 cm kommt schätzungsweise von einer niedrigeren Stärkestufe).

Durch Vergleich der Verteilungen C'_1 und C'_2 wurde die Masse und der Massenzuwachs für sechs Jahre bestimmt:

$$z_v = 3020{,}6 - 2324{,}4 = 696{,}2 \text{ m}^3$$

Bei einer angenommenen Gliederung des Hiebsatzes, wie sie in Übersicht 6, Spalte 4 gezeigt ist, wurde die Verteilung und die Masse der zu benutzenden Stämme bestimmt (376 Stämme mit 652 fm).

Mit Hilfe des Stärkezuwachses z'_x berechnen wir eine neue Stammzahlverteilung C_2, mit welcher wir C'_2 vergleichen. Es ergibt sich ein Hiebsatz von 665 Stämmen mit einer Masse von 660 fm (Übersicht 7, Spalten 9 und 10). Nach der Durchforstung entsteht die Verteilung C''_2, welche sich annähernd im Gleichgewichtszustand befindet.

Mit Hilfe des Stärkezuwachsverlaufes z'_x können wir weiter die Entwicklung der Verteilung C''_2 berechnen. Es entsteht die Stammzahlverteilung C'_3, welche mit der Stammzahlverteilung im Gleichgewichtszustand C_2 verglichen wird (Übersicht 8, Spalten 7 und 8). Nach der Ausscheidung der Stämme m'_x entsteht die Verteilung C''_3, welche mit der Verteilung C_2 annähernd identisch ist.

In diesem theoretischen Fall haben wir die Entwicklung des Bestandes auf Grund der angenommenen Zuwachskurve berechnen können. Diese berechneten Stammzahlverteilungen wurden mit der Stammzahlverteilung im Gleichgewichtszustand verglichen. In der Praxis hätten wir jeweils den tatsächlichen Bestand aufgenommen und die Durchmessergliederung mit der Stammzahlverteilung im Gleichgewichtszustand C_2 verglichen. Die Verteilungen C_2 und C_3 sind also als wirkliche Durchmessergliederungen anzusehen.

In diesem Beispiel mußten wir also am Anfang den Überschuß der Stämme der stärksten Stärkestufen ausscheiden. Durch diese Ausscheidung ist ein Überschuß in den schwächeren Stärkestufen entstanden. In den nächsten Perioden wurde dann auch dieser Überschuß ausgeschieden. Diese Berechnungen, hier so schematisch dargestellt, sind in Wirklichkeit etwas komplizierter, weil der praktische Forstmann viele Faktoren berücksichtigen muß. Wir wollten nur ein Rechnungsschema geben, welches imstande ist, in genauen Zahlen den ganzen Fragenkomplex darzustellen.

8. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

In diesem Aufsatz wurde versucht, die Frage der rechnerischen Bestimmung des Gleichgewichtszustandes eines Plenterwaldes ihrer Lösung näherzubringen. Wir sind dabei von der Auffassung ausgegangen, daß die Verteilung im Gleichgewichtszustand einen nachhaltigen Hiebsatz von einer bestimmten Durchmessergliederung liefern soll. Im Laufe unserer Untersuchungen hat es sich gezeigt, daß die Stammzahlverteilung des Gleichgewichtszustandes vom Verlauf des Stärkezuwachses abhängig ist. Unsere Lösung stellt einen Weg dar, die Bestimmung des Gleichgewichtszustandes in Funktion vom Verlauf des Stärkezuwachses und von der Durchmessergliederung des Hiebsatzes durchzuführen. Da sowohl der Verlauf des Stärkezuwachses als auch die Höhe des Hiebsatzes durch die von der Kontrollmethode geforderten aufeinanderfolgenden Bestandesaufnahmen mit größter Genauigkeit bestimmt werden können, bildet das geschilderte Verfahren eine konsequente Auswertung der wiederholten Bestandesmessungen.

Wenn die Bestandesaufnahmen in regelmäßigen Zeitabständen erfolgen und die Stufenbreite der Kluppierungen die gleiche bleibt, was in der Praxis der Fall ist, so gestaltet sich die Berechnung des Gleichgewichtszustandes sehr einfach. Die scheinbar komplizierteren Berechnungen in unserem Beispiel rühren von der Bestimmung der zukünftigen « wirklichen » Stammzahlverteilungen her, da wir für diese zukünftigen Perioden keine wirklichen Bestandesaufnahmen zur Verfügung haben konnten.

Die so ermittelte Stammzahlverteilung des Plenterwaldes im Gleichgewichtszustand dient natürlich nur als Anhaltspunkt, da der Hiebsatz sowie der optimale Vorrat pro Hektare nur nach waldbaulichen Gesichtspunkten erfolgen kann.

Wir hoffen, daß die knappe Schilderung die Verständlichkeit nicht beeinträchtigt hat. Für etwaige zusätzliche Fragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

An dieser Stelle sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. H. Leibundgut von der ETH in Zürich für die Unterstützung zur Veröffentlichung des vorliegenden Aufsatzes meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

La détermination théorique de l'état d'équilibre dans la forêt jardinée

Résumé et conclusions

Dans le présent exposé, nous avons étudié le problème de la détermination mathématique de l'état d'équilibre dans la forêt jardinée. Nous sommes partis du point de vue qu'une répartition équilibrée doit livrer une possibilité se distribuant de façon bien déterminée entre les diamètres. Au cours de nos recherches, il est apparu qu'à l'état d'équilibre la répartition des tiges dépend de l'évolution de l'accroissement. La solution que nous proposons consiste à déterminer cet état en fonction du cours de l'accroissement et de la répartition de la possibilité entre les diamètres. Le processus est simple si les dénombrements sont effectués à des intervalles réguliers et si la graduation des compas reste constante.

Il va sans dire que la répartition des tiges de la forêt jardinée, déterminée selon cette méthode, ne donne qu'un indice, car la possibilité, de même que le matériel sur pied optimum doivent être fixés d'après des considérations sylviculturales seulement.

Schrifttum

Biolley, H., 1920: L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement par la méthode du contrôle. Neuchâtel.

François, 1938: La composition théorique normale des futaies jardinées de Savoie. Revue des Eaux et Forêts.

Liocourt, F. de, 1898: De l'aménagement des sapinières. Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et de Belfort.

Meyer, H. A., 1933: Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen.

— 1934: Die rechnerischen Grundlagen der Kontrollmethode. Diss. Zürich.

Schaeffer, A., Gazin, A., et d'Alverny, 1930: Sapinières. Le jardinage par contenance. Paris. Les presses universitaires.

MITTEILUNGEN · COMMUNICATIONS

Contribution à l'étude du tilleul

Par *J.-B. Chappuis* et *J.-L. Richard*

Les observations qui suivent sont extraites de deux travaux de semestre exécutés à l'Ecole forestière qui avaient pour but une étude du tempérament des tilleuls. Entrepris et rédigés indépendamment et suivant des méthodes différentes, ces deux travaux se complètent.

A l'aide de profils de peuplements, de photographies et de quelques relevés phytosociologiques, *J.-L. Richard* a étudié le comportement du tilleul à grandes feuilles (tilleul d'été = *Tilia platyphyllos*) dans quelques stations du Jura neuchâtelois: d'une part des stations humides à climat océanique relativement frais et à flore hygrophile (gorges de l'Areuse et du Seyon); d'autre part des stations arides à climat sec et continental et à flore xérophile (côte sud-est du Chaumont, pied sud du Dos d'Ane au Creux-du-Van, forêt de l'Eter près de Frochaux). Ces stations sont situées entre 470 et 1200 m. d'altitude. D'autre part, *J.-B. Chappuis* a étudié le caractère des deux espèces de tilleuls, tilleul à grandes feuilles et tilleul à petites feuilles (tilleul d'hiver = *Tilia cordata*) d'après leur distribution sur les Lägern. Pour cela, il a relevé une carte des stations de tilleuls indiquant les limites et la densité de la distribution de ces deux essences, ainsi que six profils de végétation en travers de la Lägern, montrant ainsi les relations entre les stations des deux essences et le sous-sol géologique, la pente et l'exposition.

Comme il est souvent difficile de distinguer les deux tilleuls l'un de l'autre, il est peut-être utile d'en donner ici les caractères spécifiques les plus typiques:

	Tilleul à grandes feuilles (*T. platyphyllos)*	Tilleul à petites feuilles (*T. cordata)*
Feuilles:	Nervation en relief; même les nervures les plus fines sont saillantes, parallèles, peu ramifiées.	Nervation non saillante; les nervures les plus fines sont réticulées.