

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 98 (1947)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Der Stärkezuwachs in Plenterwaldbeständen  
**Autor:** Prodan, M. / Badoux, Eric  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767341>

### **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:** 23.02.2026

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

ou des corporations de droit public à l'aliénation de leurs pâturages rend fréquemment les achats difficiles et coûteux, et elle empêche l'intervention opportune du forestier; de ce fait la réalisation des travaux de correction projetés par l'ingénieur civil pour le cours inférieur des torrents rencontre moins d'opposition que le reboisement des bassins de réception, bien que celui-ci puisse se révéler plus efficace et plus durable; c'est pourquoi la synchronisation des procédés est indispensable et il faut tendre à une meilleure collaboration entre ingénieurs civils et forestiers. La création d'un service spécial, chargé de l'étude et de l'exécution de l'ensemble des travaux de correction, pourrait être envisagée à l'occasion d'une revision de la Loi cantonale sur les eaux; un tel service faciliterait l'établissement d'un cadastre des torrents et l'élaboration d'un plan général de travail.

*Ed. Rieben.*

## **Der Stärkezuwachs in Plenterwaldbeständen**

Von Dr. *M. Prodan*

Privatdozent an der Universität Freiburg i. Br.

### **1. Einleitung**

Alle ertragskundlichen Untersuchungen über den Aufbau des Plenterwaldes haben die Richtigkeit des Grundgedankens der Kontrollmethode vom wissenschaftlichen Standpunkt bestätigt. Die Kontrollmethode erweist sich als dasjenige Verfahren, welches in der Zukunft im höchsten Maße die forstliche ertragskundliche Forschung fördern und gleichzeitig die Verbindung zwischen der Praxis und der wissenschaftlichen Forschung aufrechterhalten wird. Die Vorratsaufnahmen, welche der Kontrollmethode zugrunde liegen, bilden auch für wissenschaftliche Zwecke ein überaus umfangreiches und zuverlässiges Grundlagenmaterial.

Hier wollen wir nicht auf das Wesen der Kontrollmethode und auf die Technik der wiederholten Bestandesaufnahmen näher eingehen, weil der uns zur Verfügung stehende Raum zu klein ist. Dem schweizerischen Leserkreis dürfte aber die Kontrollmethode und die Stärkezuwachsanalyse, so wie diese in ihren Grundlagen von Gurnaud und Biolley entwickelt wurden, bekannt sein. Ferner können wir auch die Arbeiten von Badoux, Flury, Favre, François, Knuchel, de Liocourt, H. A. Meyer, A. Schaeffer, Gazin d'Alverny, Vaultot und anderen, welche in den schweizerischen und französischen Forstzeitschriften sowie in den Schriften der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen erschienen sind, als bekannt voraussetzen.

In der vorliegenden Arbeit stellen wir uns die Aufgabe, zu zeigen, wie die genialen Ideen Gurnauds und Biolleys hinsichtlich der Stärkezuwachsanalyse weiter ausgebaut werden können, so daß die auf-

einanderfolgenden Bestandesaufnahmen besser und vollständiger ausgewertet erscheinen.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über den Plenterwald zeigen, daß das von G u r n a u d und B i o l l e y u. a. erdachte und im Lauf dieser Untersuchungen erweiterte Verfahren für die Stärkezuwachsanalyse zuverlässig ist, auch wenn die Bestandesaufnahmen in größeren Stärkestufen erfolgen (4- oder 5-cm-Stärkestufen). Die Genauigkeit der Ermittlung des durchschnittlichen Stärkezuwachses für einzelne Durchmesser-kategorien besitzt praktisch denselben Grad der Genauigkeit wie die Ermittlung derselben Größe mit Hilfe von numerierten, auf Millimeter genau gemessenen Stämmen, so wie sie im Versuchswesen durchgeführt wird. Neben dieser Genauigkeit ist dieses Verfahren so einfach, daß es sehr leicht in der Praxis allgemein eingeführt werden kann. Auf diese Weise kann diese Zuwachsanalyse sowohl für die praktische Forstwirtschaft als auch für die forstliche Forschung von großer Bedeutung werden. Für die praktische Forstwirtschaft ist die Bestimmung des Stärkezuwachses sehr wichtig, weil diese Größe den Ausgangspunkt für die Beurteilung des Gleichgewichtszustandes des betreffenden Plenterwaldbestandes über die « Zugangszeit »<sup>1</sup> (« temps de passage ») bildet. Durch die vorliegende Arbeit wird aber bewiesen, daß die Bestimmung des Stärkezuwachses als grundlegende Größe für die Forsteinrichtung durch das zu beschreibende Verfahren auf alle Fälle genauer ausfällt als die Ermittlung mit Hilfe von Zuwachsbohrungen.

Wir werden dieses Verfahren an Hand eines Beispiels darstellen, ohne uns hier mit den Grundgedanken G u r n a u d s und B i o l l e y s näher zu beschäftigen.

## **2. Das erweiterte Verfahren der Stärkezuwachsbestimmung nach der Differenzenmethode**

Um das Verfahren auf die Genauigkeit zu erproben, haben wir eine Plenterwaldversuchsfläche genommen, deren Bäume numeriert und mit einem Meßstrich versehen sind. Es handelt sich um die Plenterwaldversuchsfläche Nr. 4 Wolfach aus dem Badischen Schwarzwald mit einer Fläche von 0,5 ha, bestehend aus Tannen, und zwar für eine Periode von sechs Jahren (1936—1942). Die Stämme wurden sowohl 1936 wie auch 1942 auf Millimeter genau gemessen und der Stärkezuwachs durch Differenzenbildung bestimmt. Diese Zuwüchse wurden nun in Funktion vom Bruthöhendurchmesser  $d_{1,3}$  in einer Tabelle eingetragen und auf Grund dieser Werte eine ausgleichende Kurve (Parabel 2. Ordnung) berechnet. Wegen Platzmangels werden diese genauen Werte vereinigt

---

<sup>1</sup> Für den Begriff der Zugangszeit müssen wir die Leser an die oben erwähnten Arbeiten und an unseren nächsten Aufsatz verweisen.

Tabelle 1. Vfl. 4. Wolfach. Tanne.

Herleitung des Stärkezuwachses für eine vergangene Periode (1936—1942). Genaues Verfahren durch Anwendung der numerierten Stämme.

d <sub>1,3</sub> Stufe 4 cm	d <sub>1,3</sub> cm	n <sub>1942</sub>	Anzahl der Stämme mit einem Zuwachs von											Mittl Zuw. i d. Per. cm	Aus- gangs- Zuw. cm
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
			cm												
1	8—11	46	24	13	9									0,7	0,4
2	12—15	28	13	10	2	3								0,8	1,0
3	16—19	34	4	11	12	5	2							1,7	1,7
4	20—23	21	3	3	10	4	1							1,9	2,3
5	24—27	25		1	7	11	4	2						3,0	2,8
6	28—31	16	1	1	3	5	2	4						3,1	3,4
7	32—35	10			3	4	2	1						3,1	3,9
8	36—39	6				1		3	1			1		5,5	4,3
9	40—43	3				1	1	1						4,0	4,6
10	44—47	2						1	1					5,5	4,9
11	48—51	5					2	1	1	1				5,2	5,1
12	52—55	1									1			8,0	5,3
13	56—59	1				1								3,0	5,5
14	60—63	1							1					6,0	5,5
15	64—67	1						1						5,0	5,6
16	68—71	—												—	5,6
17	72—75	3					1	1					1	6,3	5,5
18	76—79	2					1	1						4,5	5,5
	S.	205	45	39	46	35	16	16	4	1	1	1	1		

in 4-cm-Stärkeklassen in der Tabelle 1 angeführt, wobei die Zuwüchse auf 1 cm auf- und abgerundet sind. Die Parabel wurde mit Hilfe der üblichen Verfahren der Korrelationsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt und lautet:

$$z_d = -1,568 + 0,215 d_{1,3} - 0,0016025 d_{1,3}^2 \quad (1)$$

Mit Hilfe dieser Parabel wurden die in der letzten Spalte der Tabelle 1 ausgeglichenen Stärkezuwachswerte berechnet und als Vergleichswerte benutzt. Die Zuwüchse wurden hier für eine vergangene Periode ermittelt, sie beziehen sich also auf die Durchmesser von 1942.

Nun liegen für diese Versuchsfläche auch die Stammzahlverteilungen für 1936 und 1942 nach 1-cm-, 2-cm- und 4-cm-Stärkestufen, so wie diese in der Praxis aufgenommen werden, vor. Wir können diese aufeinanderfolgenden Aufnahmen dazu verwenden, um den Stärkezuwachs

nach der Gurnaud-Biolley'schen Zuwachsanalyse, die wir dazu die Differenzenmethode nennen möchten, zu bestimmen und mit den genauen Werten zu vergleichen. Hier werden wir nur den Vergleich mit den 4-cm-stufigen Stammzahlverteilungen durchführen, da hier die Möglichkeit der Fehler am größten ist. Wenn hier die Genauigkeit befriedigend ausfällt, dann können wir sicher sein, daß die Zuwachsberechnung unter

Tabelle 2. Vfl. 4. Wolfach. Tanne.

Herleitung des Stärkezuwachses für eine vergangene Periode (1936—1942). 4-cm-Kl.

d <sub>1,3</sub> Stufe 4 cm	d <sub>1,3</sub> cm	n <sub>1936</sub>	n <sub>1942</sub>	Anzahl der Stämme mit einem Zuw. von					Mittl. Zuw. i. d. Per. cm
				0	4	8	12	16	
				cm					
1	8—11	57	46	46					0,0
2	12—15	37	28	17	11				1,6
3	16—19	28	34	14	20				2,4
4	20—23	27	21	7	14				2,7
5	24—27	14	25	5	20				3,2
6	28—31	21	16	7	9				2,2
7	32—35	3	10		10				4,0
8	36—39	1	6		2	4			6,7
9	40—43	4	3	1	1	1			4,0
10	44—47	5	2		2				4,0
11	48—51	—	5		4	1			4,8
12	52—55	—	1			1			8,0
13	56—59	2	1						0,0
14	60—63	2	1		1				4,0
15	64—67	—	1		1				4,0
16	68—71	2	—						
17	72—75	2	3		2		1		6,7
18	76—79	—	2		2				4,0
	S.	205	205						

Zugrundelegung feinerer Stärkestufen noch genauer sein wird. In der 2. und 3. Spalte der Tabelle 2 sind die Stammzahlverteilungen derselben Stämme von 1936 und 1942 wiedergegeben, und zwar nach 4-cm-Stärkestufen. Anschließend an diese Spalten fügen wir noch weitere Spalten für verschiedene Zuwachswerte an. Aus den zwei angeführten Stammzahlverteilungen geht hervor, daß die von uns errechneten Zuwachswerte nur ein Vielfaches der Stufenweite (hier 4 cm) betragen können. Diese Tabelle der Zuwachsanalyse aus zwei aufeinanderfolgenden Bestandesaufnahmen enthält also auch die Zuwüchse in Klassen derselben Weite wie die Durchmesserstufen eingeteilt. Die Aufstellung dieser für weitere

Aufrechnungen sehr wichtigen Tabelle ist sehr leicht, kann von jedem Hilfsarbeiter durchgeführt werden und gleicht einer gewöhnlichen Korrelationstabelle. Für eine vergangene Periode berechnet sich der Stärkezuwachs wie folgt: Man fängt mit den stärksten Mitgliedern der letzten Stammzahlverteilung (1942), also mit den zwei Stämmen der Stärkestufen 18 (76—79 cm) an. Wir nehmen an, daß die zweite Stammzahlverteilung aus der ersten infolge regelmäßigen Hervorrückens der Stämme entstanden ist: die zwei Stämme der Stufe 18 (1942) stammen auf der Stufe 17 (1936), und der Zuwachs beträgt 4 cm; von den drei Stämmen der Stärkestufe 17 (1942) sind zwei Stämme aus der Stufe 16 (1936) und einer aus der Stufe 14 (1936) hervorgegangen. Zwei Stämme werden also mit einem Zuwachs von 4 cm und einer mit einem Zuwachs von 12 cm eingetragen. So fährt man fort, indem man die Stammzahlen von 1936 der Verteilung von 1942 zurechnet. Es ergibt sich eine Tabelle, die eine gewisse Ähnlichkeit mit der Tabelle 1 hat, sie ist aber einfacher und kann als ein statistischer Ausgleich für die Tabelle 1 gelten.

Mit Hilfe der Tabelle 2 können wir auch die durchschnittlichen Zuwachswerte für die einzelnen Stärkestufen berechnen und diese Durchschnittswerte analytisch durch eine Parabel 2. Ordnung oder auch graphisch durch eine Freihandkurve ausgleichen. Es zeigt sich, daß die Ergebnisse sehr gut mit denen der Tabelle 1 übereinstimmen: Wir haben auf Grund der Tabelle 2 eine ausgleichende Parabel 2. Ordnung berechnet und außerdem auch eine graphische Ausgleicheung der in der letzten Spalte der Tabelle 2 gegebenen Durchschnittswerte vorgenommen (Abbildung 1). Die annähernde Parabel lautet:

$$z_d = - 0,1690 + 0,220 d_{1,3} - 0,00205 d_{1,3}^2 \quad (2)$$

Es ergaben sich folgende Werte für die Parabel (1), für die Parabel (2) sowie für die graphische Ausgleicheung:

$d_{1,3}$	Par. (1)	Par. (2)	graph. Ausgleich
10	0,42	0,50	1,00
30	3,42	3,67	3,60
50	5,15	5,20	5,20
70	5,55	5,09	5,40

Die Übereinstimmung ist sehr gut.

Die Aufstellung der Tabelle sowie der Berechnung der Durchschnittswerte und die graphische Ausgleicheung sind auch in der Praxis sehr leicht durchzuführen. Die Genauigkeit ist, wie man sehen kann, sehr groß, so daß praktisch das letzte Verfahren dem genauen Vorgehen gleichwertig erscheint, obwohl das hier gewählte Beispiel infolge der geringen Stammzahl und der kleinen Fläche sehr ungünstig ist. In der



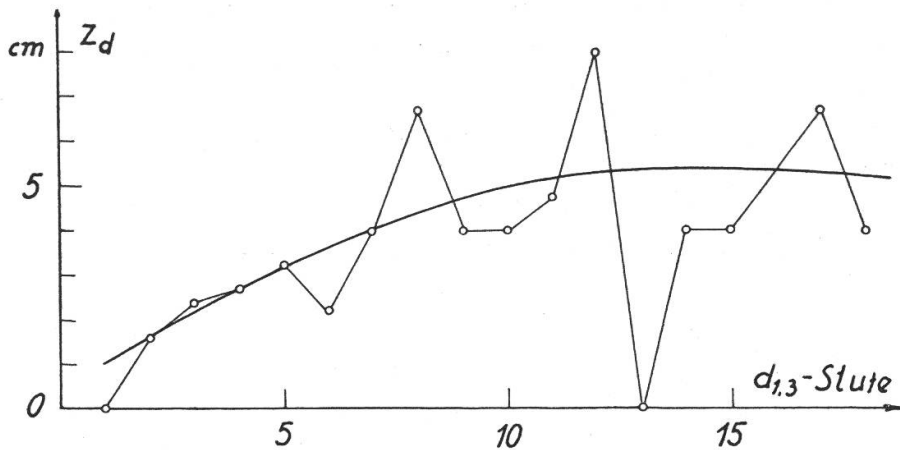


Abb. 1. (Vfl. 4. Wolfach. Tanne.)

Graphische Ausgleichung der Stärkezuwachswerte nach der Tab. 2 (Erkl. im Text).

Praxis hat man meistens mit größeren Flächen zu tun, was für die graphische Ausgleichung vorteilhafter ist. Dieses Ergebnis erscheint nicht überraschend; denn trotz der mannigfaltigen Unterschiede in dem Wuchs einzelner Stämme bewirkt eine genügend große Stammzahl doch einen Ausgleich. Die Unregelmäßigkeiten, die in den praktischen Aufnahmen nicht in Erscheinung treten und welche nur mit Hilfe der nummerierten Stämme erfaßt werden können, beeinflussen äußerst wenig den Verlauf der Zuwachskurve. Wir brauchen aber für die weitere Beurteilung der Entwicklung des Plenterwaldes keine einzelnen Zuwachswerte, sondern die durchschnittlichen Zuwachswerte aller Stärkestufen. Wenn die Fläche größer als 0,5 ha ist und die Stammzahl groß, so sind die einzelnen Durchschnittswerte sehr zuverlässig, so daß auch die graphische Ausgleichung eindeutig und leicht durchzuführen ist.

Für einen weiteren Vergleich geben wir noch in der Tabelle 3 die Herleitung des Zuwachses für dieselbe Fläche und dieselbe Periode auf Grund von 1-cm-Stärkestufen nach der Differenzenmethode. Man sieht, daß die Tabelle 3 der Tabelle 1 ähnlicher ist als die Tabelle 2, aber doch schon als ein statistischer Ausgleich der Tabelle 1 betrachtet werden kann.

Für die Forsteinrichtung im Plenterwalde brauchen wir wenigstens nach dem klassischen Verfahren von Biolley und von Schaeffer, Gazin und D'Alverny nicht den Stärkezuwachs für eine vergangene Periode, sondern für eine zukünftige Periode. Aus diesem Stärkezuwachs wird dann die sogenannte Zugangszeit berechnet. Die Berechnung des Stärkezuwachses für eine zukünftige Periode geschieht auch mit Hilfe der zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen (in unserem Beispiel 1936 und 1942). Man fängt aber mit der Stammzahl der schwächsten Durchmesserstufe der ersten Aufnahme an und stellt auch eine Zuwachstabelle auf (Tabelle 4): Wir nehmen an, daß die Stammzahlverteilung der Aufnahme

Tabelle 3. Vfl. 4. Wolfach. Tanne.

Herleitung des Stärkezuwachses für eine vergangene Periode (1936—1942). 1-cm-Kl.

d <sub>1,3</sub> Stufe 4 cm	d <sub>1,3</sub> cm	n <sub>1942</sub>	Anzahl der Stämme mit einem Zuwachs von											Mittl. Zuw.i. d. Per. cm
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			cm											
1	8—11	46	8	36	2									0,9
2	12—15	28		23	5									1,2
3	16—19	34		9	23	2								1,8
4	20—23	21			17	4								2,2
5	24—27	25			3	19	3							3,0
6	28—31	16			2	9	5							3,2
7	32—35	10			1	5	3	1						3,4
8	36—39	6				1		4	1					4,8
9	40—43	3				1	1	1						4,0
10	44—47	2						1	1					5,5
11	48—51	5						3	2					5,4
12	52—55	1								1				7,0
13	56—59	1				1								3,0
14	60—63	1							1					6,0
15	64—67	1						1						5,0
16	72—75	3					1	1					1	6,3
17	76—79	2					1	1						4,5
		205												

durch gleichmäßiges Vorrücken in die zweite übergeht. Von den 57 Stämmen der 1. Stärkestufe 1936 befinden sich 46 Stämme in der 1. Stufe 1942 und 11 Stämme sind nach unserer Annahme eine Stufe höher gerückt. 46 Stämme haben also einen Zuwachs von 0 cm und 11 Stämme einen Zuwachs von 4 cm. Die Ausfüllung der Tabelle erfolgt so von Stufe zu Stufe. Aus der Zuwachstabelle wird für jede Durchmesserstufe der durchschnittliche Stärkezuwachs berechnet und diese Werte werden dann durch eine Kurve ausgeglichen.

Zahlreiche Versuche bei verschiedenen Holzarten in Plenterwaldbeständen sowie in Hochwaldbeständen für Perioden zwischen 5 bis 20 Jahren haben gezeigt, daß diese Methode der Zuwachsberechnung praktisch immer dieselbe Genauigkeit ergibt, wie der genaue, mit Hilfe von numerierten Stämmen bestimmte Verlauf der Stärkezuwachskurve, wenn die Stufenweite nicht größer als 1—2 cm ist. Wenn die Stufenweite 4—5 cm beträgt, so darf eine gewisse Fläche nicht unterschritten werden, weil sonst die Stammzahl zu klein ist und der statistische Ausgleich nicht in Wirkung tritt. Als praktische Regel kann man hinstellen, daß, wenn die Fläche in einem Plenterwald nicht unter 0,5 ha ist, auch



Tabelle 4 Vfl. 4. Wolfach. Tanne.

Herleitung des Stärkezuwachses für eine bevorstehende Periode. 4-cm-Kl.

d <sub>1,3</sub> Stufe 4 cm	d <sub>1,3</sub> cm	n <sub>1936</sub>	n <sub>1942</sub>	Anzahl der Stämme mit einem Zuw. von					Mittl. Zuw. i. d. Per. cm
				0	4	8	12	16	
				cm					
1	8—11	57	46	46	11				0,77
2	12—15	37	28	17	20				2,16
3	16—19	28	34	14	14				2,00
4	20—23	27	21	7	20				2,95
5	24—27	14	25	5	9				2,57
6	28—31	21	16	7	10	4			3,43
7	32—35	3	10		2	1			5,33
8	36—39	1	6		1				4,00
9	40—43	4	3	1	2	1			4,00
10	44—47	5	2		4	1			4,80
11	48—51	—	5						
12	52—55	—	1						
13	56—59	2	1	1	1				2,00
14	60—63	2	1		1		1		8,00
15	64—67	—	1						
16	68—71	2	—		2				4,00
17	72—75	2	3		2				4,00
18	76—79	—	2						
	S.	205	205						

die Anwendung von 4-cm-Stufen für die Praxis vollkommen zuverlässige Resultate ergibt. In der Praxis, wo ganze Bestände oder ganze Abteilungen gekluppt werden, ist die Fläche immer größer als 0,5 ha. Dadurch gewinnen die Unterlagen auch für die weitere wissenschaftliche Bearbeitung einen großen Wert, denn der so ermittelte Verlauf der Stärkezuwachskurve fällt mit dem genau ermittelten zusammen.

Der Verlauf des Stärkezuwachses kann mit Hilfe dieses Verfahrens auf alle Fälle genauer bestimmt werden als durch Zuwachsbohrungen<sup>2</sup>. Wir können immer nur eine begrenzte Zahl von Bohrungen vornehmen, so daß die Bestimmung des Kurvenverlaufes mit großen Unsicherheiten behaftet ist, während bei dem beschriebenen Verfahren alle Mitglieder eines Bestandes zur Bestimmung des Zuwachsverlaufes herangezogen werden.

Die Berechnung nach der oben dargestellten Differenzenmethode ist nicht neu, sondern seit langem in Frankreich und der Schweiz in der

<sup>2</sup> Die gegensätzliche Behauptung von François scheint damit widerlegt zu sein.

Praxis entstanden und wurde wahrscheinlich zuerst von Gurnaud (1879) entwickelt und angewendet und dann u. a. von Biolley, Bizot, de Fonteny und Vaulot in verschiedenen Varianten angewendet. Wir haben nur die Zuwachstabelle angefügt und die auf Grund dieser Tabelle berechneten Durchschnittswerte für die Praxis graphisch ausgeglichen. Die Zuwachstabelle ist eine gewöhnliche Korrelationstabelle, und man kann mit ihr die Ausgleichung auch analytisch durchführen, wodurch ein Vergleich mit der unmittelbaren Bestimmung der Stärkezuwachskurve mit Hilfe numerierter Stämme möglich ist. Außerdem empfiehlt es sich, für wissenschaftliche Zwecke die Ausgleichung analytisch vorzunehmen, wie wir es durch Berechnung der Parabel 2. Ordnung getan haben.

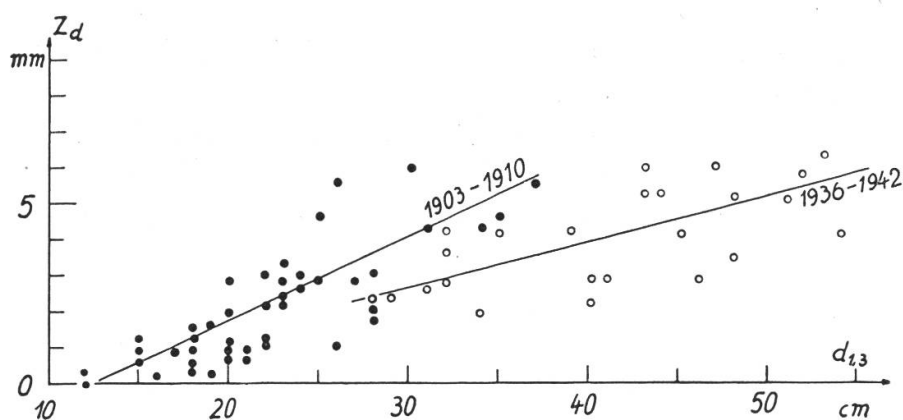


Abb. 2. (Vfl. 3. Wolfach. Tanne).

Die Lage der Stärkezuwachskurve in einem gleichaltrigen Hochwaldbestand in verschiedenen Zeitpunkten.

Der statistische Ausgleich und die Zuverlässigkeit der Bestimmung der Stärkezuwachskurve leidet nicht, wenn die Bäume infolge einer längeren Periode oder eines rascheren Wachstums mehrere Stärkestufen überspringen, was aus den angeführten Tabellen ersichtlich ist. Somit verschwindet auch dieses Bedenken, welches in der Plenterwaldliteratur zu finden war. Durch Ersetzen der Stärkezuwüchse einzelner Stärkestufen durch einen Verlauf aller Stärkezuwüchse (durch eine Stärkezuwachskurve) kann man diese Kurve für die Lösung verschiedener Fragen benutzen.

Für die Genauigkeit dieser Methode ist es wichtig, daß die zu vergleichenden Aufnahmen dieselben Stämme enthalten. Die Aufnahmen müssen also durch die in der Zwischenzeit ausgefallenen Stämme ergänzt werden. Diese Ergänzung ist eine Frage der Praxis, auf welche hier nicht näher eingegangen werden soll, da sie sonst keine Schwierigkeiten bietet.

### 3. Die Form der Stärkezuwachskurve im Plenterwald

Die auf obige Art bestimmte Zuwachskurve ist ein wertvoller Weiser für die Zweckmäßigkeit und für die Auswirkung verschiedener waldbaulicher Maßnahmen, denn in dieser Zuwachskurve kommt immer der Niederschlag dieser Maßnahmen, wenn auch durch die Witterungsschwankungen überschattet, zum Vorschein. Selbstverständlich ist sie nur einer von den vielen Weisern, die der praktische Forstmann ins Auge fassen muß. Wie *Leibundgut* sagt: « ... vermag auch das größte Zahlenmaterial das waldbauliche Empfinden nicht zu ersetzen, sondern nur zu überprüfen und bestenfalls zu festigen » (*H. Leibundgut, Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern, in « Mitt. der Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. », XXIV. Bd., 1. Heft 1945*). Aber gerade der Verlauf des Stärkezuwachses ist eine sehr wertvolle Unterlage für die Überprüfung und Befestigung einer waldbaulichen praktischen Einstellung, denn dieser Verlauf gibt uns die beste und prägnanteste Charakterisierung der Zuwachsverhältnisse verschiedener Baumkategorien, besonders innerhalb einer größeren Periode, in welcher auch der Einfluß der Witterungsschwankungen ausgeschaltet werden kann.

Durch waldbauliche Maßnahmen wird der Verlauf der Stärkezuwachskurve beeinflusst, und darum wollen wir zuerst die allgemeine Form dieser Zuwachskurve einer näheren Betrachtung unterziehen. Zahlreiche Untersuchungen im gleichalterigen Hochwald (vor allem *Krenn 1941, Prodan 1944*) haben gezeigt, daß der Stärkezuwachs im gleichalterigen Hochwald innerhalb einer Periode vom Durchmesser statistisch linear abhängig ist. Die Lage dieser Zuwachskurve oder Zuwachsgerade, wie sie *Krenn* eingeführt hat, variiert mit dem Alter (s. Abb. 2), und wenn man die Witterungsschwankungen ausschaltet, so schneiden die verschiedenen Zuwachsgeraden als Zustandskurven eines Bestandes die Kurve des laufenden Durchmesserzuwachses dieses Bestandes als Entwicklungskurve (die Zustandskurven liegen auf der Entwicklungskurve).

Im Plenterwald müssen wir außer dem Durchmesser auch den physiologischen Altersunterschied der Bäume heranziehen. Dieser Unterschied kommt durch ein Herabdrücken der Zuwachswerte der stärksten Durchmesser, welche im Durchschnitt die ältesten sind, zum Ausdruck (wie in Abb. 1). Somit hat der Verlauf der Zuwachskurve im Plenterwald keine geradlinige, sondern eine parabelähnliche Form. Mathematisch ausgedrückt, können wir den Verlauf des Stärkezuwachses statistisch sowohl im gleichaltrigen Hochwald wie im Plenterwald, wenn man von den Witterungsschwankungen sowie von den Durchforstungseinflüssen absieht, durch eine Funktion der Form

$$z_d = f_1(A) + f_e(A) d_{1,3} \quad (3)$$

darstellen. Hier bedeuten  $z_d$  der Stärkezuwachs,  $f_1(A)$ ,  $f_2(A)$  verschiedene noch zu bestimmende Funktionen des Alters  $A$ ,  $d_{1,3}$  der Brusthöhendurchmesser. Im Falle eines gleichalterigen Hochwaldbestandes ist in einem gegebenen Zeitpunkt  $f_1(A) = \text{konstant}$  und  $f_2(A) = \text{konstant}$ , und die Formel (3) wird

$$z_d = a_0 + a_1 d_{1,3} \quad (4)$$

im Einklang mit den obenerwähnten Untersuchungen. Wenn wir nun den Verlauf des Stärkezuwachses in einem Plenterbestand nur in Funktion von  $d_{1,3}$  darstellen, wie unsere Stärkezuwachskurve es tut, dann tritt der Einfluß des Alters in der parabelähnlichen Form dieser Kurve in Erscheinung. Nähere Erörterungen über diese Frage befinden sich in der noch unveröffentlichten, bereits zitierten Arbeit des Verfassers (1944).

Diese grundlegende Form ist für alle Plenterwälder gültig, wenn auch die einzelnen Kurven verschiedene Steigungen aufweisen. Unsere zahlreichen Untersuchungen sowie die in der Literatur bekannten Beispiele zeigen überall dieselbe Form. Diese Grundform ist aber durch die verschiedenen Stadien, in welchen sich ein Plenterwald befinden kann, sowie durch die waldbaulichen Maßnahmen beeinflusst. So können die schwächeren Stärkeklassen etwas unterdrückt werden und dann hat die Kurve eine große Steigung wie etwa in unserem Beispiel. In einem anderen Fall kann der Plenterwald als ein naturgemäßer, ausgesprochener Lichtwuchsbetrieb soweit fortgeschritten sein, daß auch die schwächeren Stärkeklassen viel Licht erhalten und große Zuwachswerte zeigen. Dadurch wird die Zuwachskurve viel flacher (Beispiel: Der Gemeindewald von Boveresse 1904—1910 oder der Wald von Couvet, Favre 1943).

Wir erstreben durch unsere waldbaulichen Maßnahmen, den Zuwachs maximal zu gestalten und auf derselben Höhe zu erhalten. Durch eine pflegliche Durchforstung können allmählich die schwächeren Stärkeklassen durchlichtet und die Zuwachsverhältnisse verbessert werden, außerdem können in den stärksten Stärkeklassen die jüngsten und somit die wuchskräftigeren Stämme erhalten bleiben und die ältesten entfernt werden. Dadurch wird der absteigende Ast der Parabel gehoben, und der Zuwachs wird für alle Durchmesserstufen ungefähr gleich. Über die Zweckmäßigkeit dieser waldbaulichen Maßnahmen entscheiden die Praxis und die waldbaulichen Erkenntnisse. In der Zuwachskurve widerspiegelt sich nur die Auswirkung dieser Maßnahmen.

Die Entwicklung des Stärkezuwachses erstrebt mit der Annäherung an ein Optimum oder an einen Gleichgewichtszustand auch einen optimalen Verlauf anzunehmen. Der Verlauf des Stärkezuwachses kann für die schrittweise Annäherung an einen Gleichgewichtszustand als Anhaltspunkt benutzt werden und bildet somit immer einen Wegweiser, bzw. eine Bestätigung, daß die Richtung, in welcher man arbeitet, gut

ist. In dem folgenden Aufsatz wird gezeigt, wie das in der Praxis geschieht.

Die Zuverlässigkeit der Stärkezuwachskurve ist in ihren absoluten Werten nur nach Ausschaltung der Witterungsschwankungen gesichert. Nach mehreren Perioden können diese störenden Einflüsse durch Zusammenfassung dieser Perioden ausgeschaltet werden.

#### **4. Zusammenfassung**

Durch vergleichende Untersuchungen wurde die Genauigkeit der Bestimmung des Stärkezuwachses durch die erweiterte Differenzmethode bewiesen. Die auf Grund dieser Methode gewonnene Stärkezuwachskurve kann sehr leicht hergeleitet werden. Sie bildet sowohl für praktische wie auch für wissenschaftliche Zwecke eine konsequente und vollständigere Auswertung der wiederholten Bestandesaufnahmen. Gleichzeitig bedeutet sie einen Schritt weiter für den Ausbau der Kontrollmethode und für ihre Verbindung mit der wissenschaftlichen Forschung.

Durch diese Stärkezuwachskurve zeigt sich, daß auch in dieser Hinsicht der Plenterwald als eine organische Einheit mit Hilfe statistischer Methoden erfaßt werden kann. Der Verlauf der Stärkezuwachskurve stellt einen sehr empfindlichen Weiser für die allgemeine waldbauliche Beschaffenheit und Behandlung des Plenterwaldes dar. Man kann diesen Verlauf immer als zahlenmäßigen oder graphischen Ausdruck dieser Beschaffenheit gelten lassen.

Der knappe Raum hat es nicht erlaubt, mehrere praktische Beispiele vorzuführen und die theoretische und waldbauliche Seite des Problems näher zu erörtern, so daß dieser Aufsatz die Form eines Berichtes über die erzielten Ergebnisse angenommen hat. Der Verfasser hegt jedoch die Hoffnung, daß die Zuwachskurve sich als wertvolles Instrument für den praktischen Plenterwäldler erweisen wird.

### **Résumé**

#### **De l'accroissement en épaisseur dans les peuplements jardinés**

Le Dr M. P r o d a n , privat-docent à l'Université de Fribourg-en-B., vise à démontrer, après Biolley et d'une manière plus circonstanciée, que « le calcul d'accroissement tel que le conçoit la méthode du contrôle permet l'analyse du fait général de l'accroissement dans le peuplement », alors que « les sondages d'arbres, même nombreux, sont insuffisants pour tenir le sylviculteur au courant de la croissance et de l'allure qu'il lui imprime par ses opérations ». Dans ce but, il pousse le calcul dans le détail et examine,



par delà les résultats globaux ou déterminés par classes de grosseur, *l'accroissement réalisé dans les diverses catégories de diamètre* (c'est ce qu'il faut entendre par « das erweiterte Verfahren der Stärkezuwachsbestimmung nach der Differenzmethode »).

Le peuplement qui sert d'exemple, Wolfach, est une sapinière jardinée de 0,5 ha. de la Forêt-Noire badoise. C'est aussi une placette d'essai, dont tous les arbres sont numérotés, où l'on peut donc suivre dans le plus grand détail l'évolution de la croissance en épaisseur. Le premier tableau (page 277) indique les résultats, enregistrés de cette manière de 1936 à 1942, bruts et égalisés à l'aide d'une parabole du second degré (chiffres tout à droite). Pour simplifier, l'auteur n'a considéré que des accroissements arrondis en cm. entiers et des catégories de diamètre de 4 cm. d'amplitude. Le tableau n° 2 (page 278), qui concerne la même période, a été établi selon un procédé inspiré de celui que B i o l l e y décrit aux pages 49 et suivantes de son « Aménagement des bois », mais laisse de côté, comme le précédent, les éléments nouveaux, c'est-à-dire le passage à la futaie. Après avoir rangé côte à côte les résultats des inventaires de 1936 et 1942, tels qu'ils auraient été faits dans la pratique, par catégorie de diamètre de 4 cm., l'auteur déduit de leur comparaison l'accroissement périodique moyen en épaisseur des diverses catégories. Partant de l'hypothèse que les arbres les plus gros sont toujours restés en tête, il attaque l'opération par le haut et la mène rétrospectivement. La courbe de l'accroissement périodique que l'on peut construire sur cette base, soit graphiquement, soit par assimilation à une parabole du second degré (formule 2, page 279), diffère relativement peu de celle qui résulte du premier tableau: le résumé synoptique de la page 279 en fait foi.

Or, si l'établissement du premier tableau (et de la 1<sup>re</sup> courbe) suppose la numérotation du peuplement, donc un appareil assez compliqué, celui du second (et de la 2<sup>e</sup> courbe) est à la portée du praticien, surtout si l'on se contente d'une égalisation graphique des valeurs. Et l'adoption de ce procédé d'enquête constituerait un heureux trait d'union entre l'expérimentation pure et la pratique.

L'auteur a volontairement pris un exemple peu favorable à sa démonstration (petite surface, faible nombre de tiges, catégories de grande amplitude), afin de rendre celle-ci d'autant plus convaincante. Le tableau n° 3 (page 281) diffère du second par une analyse plus détaillée des accroissements périodiques (catégories d'accroissement de 1 et non plus de 4 cm.).

Dans le tableau n° 4 (page 282), la marche du calcul est inverse. La comparaison des inventaires, rétrospective dans les tableaux 2 et 3, se fait dans le sens contraire; l'opération est attaquée par le bas et à partir des nombres de tiges de 1936, de manière à pouvoir déterminer le temps de passage des diverses catégories (celui qu'un arbre de cette grosseur emploie pour franchir un échelon de diamètre; grandeur inversement proportionnelle à l'accroissement en épaisseur).

De ses nombreux essais d'application, P r o d a n tire la conclusion que l'analyse de l'accroissement périodique en diamètre donne toujours de bons résultats pour des catégories de 1 à 2 cm. d'amplitude. Pour des surfaces de moins d'un demi-hectare et un matériel restreint, l'emploi de plus grands



écartements dans l'échelle des diamètres (4 ou 5 cm.) ne garantit plus une bonne égalisation statistique. Dans la pratique, les divisions ne sont jamais aussi exiguës : aussi l'utilisation des catégories « larges » y est-elle sans inconvénient. Mais il va de soi que les inventaires comparés doivent comprendre les mêmes sujets.

La méthode employée est bien connue en France comme en Suisse. L'élément nouveau, c'est l'établissement des tableaux détaillés de corrélation, d'où résultent des courbes. Ces courbes reflètent utilement l'allure et la distribution de l'accroissement en épaisseur, l'effet et l'opportunité du traitement appliqué. Sans doute, l'influence des éléments météorologiques sur la végétation forestière peut être considérable et rendre l'interprétation de la courbe difficile, voire même hasardeuse. Mais la répétition du calcul, la considération de périodes prolongées, etc., permettent de tourner cet écueil.

Dans les peuplements équiennes, la courbe de l'accroissement périodique en épaisseur se transforme, selon *Krenn* et *Prodan*, en un tracé à peu près rectiligne, ascendant, décalé selon l'âge (fig. 2). Dans la forêt jardinée, on constate un déclin chez les plus gros diamètres, que l'auteur attribue à l'âge. Il établit une formule applicable dans les deux cas, que l'on trouvera à la page 284 (form. 3).

La forme générale de la courbe des accroissements en épaisseur de la forêt jardinée, de semblance parabolique, sera naturellement, suivant l'intensité du traitement, le stade de développement atteint, etc., plus ou moins ascendante dans son premier tronçon, plus ou moins déclinante dans sa seconde partie. Les courbes de Boveresse et de Couvet, par exemple, sont beaucoup moins bombées que celle de la page 280 (fig. 1). Ce sont, on le conçoit aisément, ces différences qui présentent de l'intérêt, qui renseignent sur l'effet d'opérations faites et suggèrent les grandes lignes des interventions futures. En recommandant l'examen de ces courbes, *Prodan* n'entend pas leur conférer une valeur autre que celle d'une indication, qui peut confirmer utilement les résultats de l'observation directe. *Eric Badoux.*

#### Schrifttum.

- Biolley, H.*, 1920 : L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement par la méthode du contrôle. Neuchâtel.
- Favre, E.*, 1943 : Cinquante années d'application de la méthode du contrôle à la forêt de Couvet (Jura neuchâtelois). Journ. forest. suisse.
- Leibundgut, H.*, 1945 : Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. XXIV. Bd., 1. Heft.
- Krenn, K.*, 1941 : Die Hohenadl'schen Mittelstämme als Zuwachsmittelstämme und ihre Bedeutung für die Praxis der Zuwachsermittlung an Beständen. Allg. F. und J. Ztg.
- Meyer, H. A.*, 1932 : Über den Verlauf des Stärkezuwachses als Funktion des Durchmesser. Schw. Z. f. Forstw.
- Prodan, M.*, 1944 : Zuwachs- und Ertragsuntersuchungen im Plenterwalde (noch nicht gedruckt).
- Vaulot, G.*, 1914 : Détermination des accroissements en diamètre des arbres. R. des Eaux et Forêts.