

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 105 (1954)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** Zur Phänologie der Laubbäume, insbesondere der Buche  
**Autor:** Leibundgut, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766659>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

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

Dans la seconde partie de son article, L o e t s c h expose en détails l'application pratique de cette méthode et montre qu'il est possible de la simplifier par l'utilisation de tableaux de certains facteurs. L'établissement de l'équation de la courbe de l'accroissement en diamètre à l'aide de la méthode des moindres carrés est lié à quelques difficultés, cependant ce calcul peut également être facilité par le moyen de quelques tableaux ad hoc.

L o e t s c h analyse dans la troisième partie de sa publication les erreurs qui entachent ce procédé de calcul de l'accroissement. Il prouve qu'elles ne sont pas plus importantes que celles qui se présentent lors du calcul de l'accroissement par la méthode de la différence des inventaires successifs.

Les résultats de la calculation d'erreurs sont composés dans le tableau 11, A et B, où les possibilités d'erreurs de la méthode de la différence des inventaires successifs sont comparées à celles de la méthode de la différence des tarifs. Généralement la méthode de la différence des tarifs montre les erreurs les plus petites.

Dans sa conclusion l'auteur espère que la méthode de la différence des tarifs soit également prise en considération en Europe et non pas seulement aux USA où, grâce aux travaux de H.-A. Meyer, elle a déjà trouvé un champ d'application. Cette méthode peut, comme moyen pour la détermination de l'accroissement en volume, réaliser encore mieux l'idée géniale du contrôle de G u r n a u d développée par Biolley (contrôle permanent des opérations sylviculturales par la comparaison périodique du matériel sur pied, de l'accroissement et des réalisations) que la méthode de la différence des inventaires successifs augmentée des bois exploités dans l'intervalle.

## Zur Phänologie der Laubbäume, insbesondere der Buche

### 2. Mitteilung <sup>1</sup>

Von H. Leibundgut

(Aus dem Institut für Waldbau der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich)

### Einleitung

(12.15.6)

Das Phänomen des Ergrünens unserer Bäume beeindruckt den Waldbauer jedes Jahr von neuem. Bei keiner andern Lebenserscheinung zeigen sich die durch Art, Rasse, individuelle Anlage und Umwelt verursachten Unterschiede im Lebensablauf so offensichtlich. Die Phänologie ist deshalb eines der aufschlußreichsten, wenn auch noch ganz ungenügend benützten Mittel zur ökologischen und genetischen Erforschung unserer Waldbäume.

Obwohl der Botaniker N o r d h a u s e n <sup>2</sup> schon 1903 nachgewiesen hat, daß die anatomischen Eigentümlichkeiten der Licht- und Schatten-

<sup>1</sup> 1. Mitteilung in Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1952, S. 29.

<sup>2</sup> N o r d h a u s e n, M.: Über Sonnen- und Schattenblätter. Ber. der Dtsch. Bot. Ges., XXI, 1903.

blätter bereits in den Blattanlagen der Knospen vorgebildet sind, und obwohl Engler<sup>3</sup> zehn Jahre später den waldbaulichen Nachweis einer mehrjährigen Nachwirkung der Lichtverhältnisse auf die Blattentwicklung erbrachte und daraus wichtige waldbauliche Folgerungen zu ziehen vermochte, sind weitere, namentlich experimentelle Versuche über die Zusammenhänge von Lichtwirkung und Austreiben seither spärlich geblieben. Erst die neuzeitliche Baumrassenforschung bedient sich in vermehrtem Maße der Phänologie. Ebenso schenkt die Meteorologie heute phänologischen Beobachtungen zunehmendes Interesse. Forstingenieur Dr. Primault von der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich hat beispielsweise im Jahre 1951 einen phänologischen Beobachtungsdienst eingerichtet, der von seiten der Waldwirtschaft volle Beachtung und Unterstützung verdient.

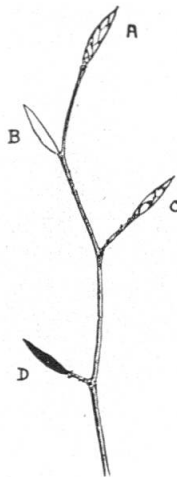
Seit zehn Jahren benützt unser Institut in großem Umfang phänologische Beobachtungen unter Gewächshausbedingungen zur Erforschung der Lärchenrassen. In Verbindung mit diesen Versuchen wurde im Frühjahr 1950 hauptsächlich für Demonstrationszwecke im Rahmen des Waldbauunterrichtes, aber auch zur Abklärung verschiedener methodischer Fragen und nicht zuletzt zur Erweiterung der Englerschen Untersuchungen ein kleiner Gewächshausversuch mit dem Ziele angelegt, den Einfluß des Lichtes auf das Austreiben von Licht- und Schattenbuchen näher kennenzulernen. Im folgenden wird über die Ergebnisse dieses Versuches berichtet.

### 1. Die Versuchsanlage

Wir stellten uns die *Versuchsfrage*, ob Licht- und Schattenbuchen gleicher Herkunft unter vorerst gleichen Bedingungen bei Kurz- und Langtag einen verschiedenen Verlauf des Laubausbruches zeigen. Zu diesem Zwecke wurden am 9. März 1950 je 72 zweijährige Licht- und Schattenbuchen aus einer abgedeckten, bzw. stark überschirmten Naturverjüngung der Abteilung Brand des Lehrwaldes der ETH sorgfältig ausgehoben, eingetopft und ins Gewächshaus gebracht. Serie A wurde während täglich 18 Stunden zusätzlich zum normalen Tageslicht mit Neon-Tageslichtröhren beleuchtet. Serie B blieb dagegen ohne zusätzliche Beleuchtung. Um einen eventuellen Wärmeeinfluß der Lampen zu erfassen und insbesondere den Lichteinfluß einwandfrei sicherzustellen, wurden in Gruppen von je sechs Pflanzen die vier obersten Knospen zum Teil durch gelöschten Kalk, bzw. mit Vaseline zum Haften gebrachte Tierkohle nach folgendem Schema gegen Licht abgeschirmt:

Die «Abschirmung» war selbstverständlich nur bis zum Beginn des Austreibens wirksam. Die Temperatur betrug während der ganzen

<sup>3</sup> Engler, A.: Untersuchungen über den Blattausbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche und einiger anderer Laubhölzer. Mitt. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchsw., X, 1903.



A, C unbehandelt  
 B mit Kalk abgeschirmt  
 D mit Kohle abgeschirmt

Die Behandlung der Knospen A—D erfolgte unter zyklischer Vertauschung.

Beobachtungsdauer mittags von 12—14 Uhr 23—26° C, nachts von 2—6 Uhr 10—12° C mit entsprechendem allmählichem Anstieg, bzw. Abfall in den Zwischenzeiten. Die relative Feuchtigkeit betrug bei der Maximaltemperatur jeweils 50—55 %, beim Temperaturminimum 85 bis 95 %, im Mittel 65—70 %.

Die Beobachtung des Ergrünens begann mit dem ersten Anschwellen einzelner Knospen am 16. März und wurde täglich zur gleichen Zeit bis zum 5. Mai weitergeführt. Cand. Forstingenieur Julius Beda erwies sich bei diesen Aufnahmen als sehr zuverlässiger Mitarbeiter. Er besorgte alle Auszählungen mit großer Sorgfalt.

Es wurden folgende Stadien unterschieden:

- Stadium 1: Die Knospenstreckung hat die ganze Knospe erfaßt und ist auch an deren Basis deutlich zu erkennen.
- Stadium 2: Die Blätter haben die Knospenspitze durchbrochen; die Blattspitzen sind erkennbar.
- Stadium 3: Die Blätter sind voll entfaltet und geglättet.

Das Stadium wurde jeweils bei jeder Pflanze für die vier obersten, gut entwickelten Knospen einzeln eingeschätzt.

Nach dem Austreiben wurden die Töpfe im Freien aufgestellt. Im Frühjahr 1951 und 1952 wurde das Ergrünen im Freien verfolgt, um das Nachwirken der ursprünglichen Lichtverhältnisse zu überprüfen. Dabei wurden jeweils die ganzen Pflanzen taxiert und gegenüber 1950 zwei weitere Stadien unterschieden, nämlich:

- Stadium 2a: Blätter schwach entfaltet.
- Stadium 4: Pflanze voll belaubt.

Die statistische Auswertung des Zahlenmaterials erfolgte durch den Forschungsassistenten Dr. E. M a r c e t, die Taxierung 1951 und 1952 durch den Assistenten Forstingenieur Th. H u n z i k e r. Beiden Mitarbeitern danke ich für ihre Unterstützung.

## 2. Ergebnisse des Gewächshausversuches

Die bekannte Erscheinung, wonach Schattenbuchen früher austreiben als Lichtbuchen, bestätigte sich sowohl bei normaler Belichtung wie bei «Langtag» für alle unterschiedenen Stadien. Der statistisch stark gesicherte Unterschied für die unbehandelten Knospen betrug durchschnittlich:

	Unterschied des Austreibens von Licht- und Schattenbuchen in Tagen bei	
	Normaltag	Langtag
Stadium 1 . . . . .	5,67**	3,38**
Stadium 2 . . . . .	6,73**	4,86**
Stadium 3 . . . . .	7,50**	5,72**

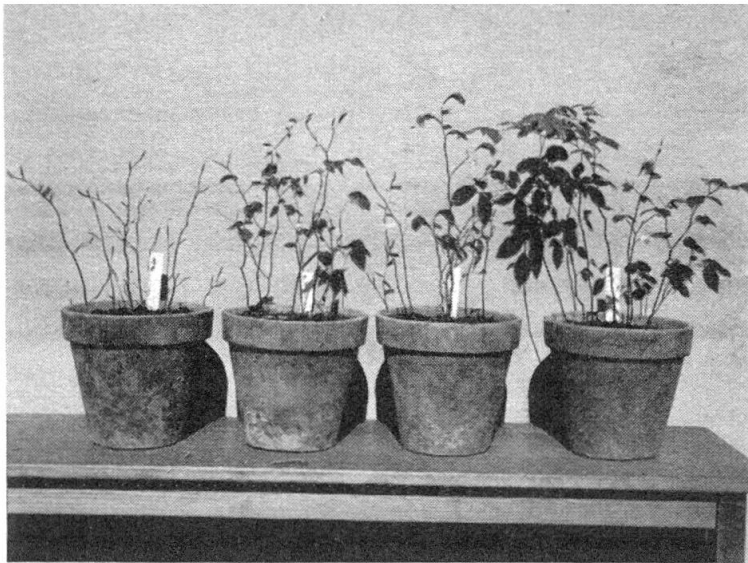
\*\* Statistisch stark gesichert.

Die mit Kalk, bzw. Kohle abgeschirmten Knospen zeigen ebenfalls Unterschiede zwischen Licht- und Schattenbuchen. Bei Normaltag sind diese in allen Fällen, bei Langtag in der Mehrzahl der Fälle jedoch nicht mehr statistisch gesichert. Dadurch wird der Einfluß des Lichtfaktors bei der Auslösung des Austreibens bereits angedeutet. Wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht, sind die durch den Einfluß der Tageslänge bewirkten Unterschiede bei Lichtbuchen größer als bei Schattenbuchen. Bei Langtag treten sowohl die unbehandelten als auch die abgeschirmten Knospen früher in das jeweilige Austreibestadium.

	Unterschied des Austreibens bei Lang- und Normaltag in Tagen bei	
	Lichtbuchen	Schattenbuchen
Stadium 1 . . . . .	4,06**	1,77
Stadium 2 . . . . .	6,47**	4,60**
Stadium 3 . . . . .	6,95**	5,17**

Der Einfluß der Tageslänge auf das Austreiben ist bei Lichtbuchen für alle drei Stadien stark gesichert, bei Schattenbuchen nur für die Stadien 2 und 3. Bei den abgeschirmten Knospen sind die Unterschiede für Lichtknospen ebenfalls gesichert. Dieses ist bei den Schattenbuchen nicht der Fall, wenn auch die Tendenz überall deutlich ersichtlich bleibt.

Der Zeitraum, während welchem die verschiedenen Pflanzen der beiden Typen zum Austreiben gelangen (Streuung), ist bei Schattenbuchen ganz allgemein größer als bei Lichtbuchen. Dieses zeigt sich sowohl für Lang- wie Normaltag als auch für die unbehandelten, bzw. abgeschirmten Knospen. Die Unterschiede sind mit zwei Ausnahmen gesichert (F-Test).



1                      2                      3                      4

Im Gewächshaus aufgestellte Licht- und Schattenbuchen am 23. März 1950

1. Lichtbuchen ohne zusätzliche Belichtung
2. Lichtbuchen mit zusätzlicher Belichtung
3. Schattenbuchen ohne zusätzliche Belichtung
4. Schattenbuchen mit zusätzlicher Belichtung

Knospenbehandlung

Streuung im Austreiben von Licht- und Schattenbuchen

$$\left[ F = \left( \frac{SQ_1}{SQ_2} \right) \text{Schattenbuchen/Lichtbuchen} \right]$$

	Normaltag Stadium			Langtag Stadium		
	1	2	3	1	2	3
nicht behandelt . . . .	2,547**	2,635**	4,566**	3,836**	7,752**	3,836**
mit Kohle abgeschirmt	3,890**	3,568**	1,049	5,880**	3,348**	3,027**
mit Kalk abgeschirmt	2,007**	2,533**	3,008**	4,161**	1,278	2,117**

Der Übergang von Normaltag zu Langtag vergrößert die Dauer (Streuung) des Austreibens. Die Unterschiede sind zwar mit wenigen Ausnahmen nur bei den Schattenbuchen gesichert. Die Tendenz ist dagegen unverkennbar.

Knospenbehandlung

Streuung im Austreiben bei Normal- und Langtag

$$\left[ F = \left( \frac{SQ_1}{SQ_2} \right) \text{Normaltag/Langtag} \right]$$

	Lichtbuchen Stadium			Schattenbuchen Stadium		
	1	2	3	1	2	3
nicht behandelt . . . .	1,273	Inversion	1,00	1,915*	1,79*	1,18
mit Kohle abgeschirmt	1,136	1,26	1,02	1,714*	1,22	2,84**
mit Kalk abgeschirmt	1,214	2,43**	2,56**	2,516**	1,22	1,80*

\*\* Statistisch stark gesichert.

Die Abschirmung der Knospen mit Kalk, bzw. Kohle verfolgte den Zweck, eventuelle Wärmeeinflüsse der Belichtung zu erfassen. Wir stellen vorerst fest, daß sich zwischen den mit Kalk, bzw. Kohle abgeschirmten Knospen in keinem einzigen Fall gesicherte Unterschiede ergaben. Bei einer spürbaren Wärmewirkung wäre diese bei den geschwärzten Knospen zweifellos größer gewesen. Die Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Knospen sind zwar nicht in allen Fällen gesichert, tendenzmäßig jedoch unverkennbar. Die Abschirmung bewirkte eine Verzögerung des Austreibens, womit der Lichteinfluß auch auf diese Art nachgewiesen sein dürfte.

*Zeitunterschied im Austreiben unbehandelter und abgeschirmter Knospen von Licht- und Schattenbuchen*

		O und S <sup>1</sup>	$\Delta \bar{x}$ zwischen O und W <sup>1</sup>	S und W <sup>1</sup>
Stadium 1				
<i>Lichtbuchen:</i>	Normaltag . . . .	2,03**	2,71**	0,68
	Langtag . . . .	0,68	1,53	0,85
<i>Schattenbuchen:</i>	Normaltag . . . .	1,82	1,38	0,44
	Langtag . . . .	1,47	0,92	0,45
Stadium 2				
<i>Lichtbuchen:</i>	Normaltag . . . .	4,95**	3,30**	1,65
	Langtag . . . .	2,52*	3,97*	1,45
<i>Schattenbuchen:</i>	Normaltag . . . .	4,18*	1,36	2,82
	Langtag . . . .	5,90*	3,63	2,27
Stadium 3				
<i>Lichtbuchen:</i>	Normaltag . . . .	4,85**	2,35*	2,50
	Langtag . . . .	2,42	1,98	0,44
<i>Schattenbuchen:</i>	Normaltag . . . .	1,47	0,87	0,60
	Langtag . . . .	5,20*	3,92	1,28

<sup>1</sup> O = unbehandelt; S = mit Tierkohle abgeschirmt; W = mit Kalk abgeschirmt.

Der Einfluß der Abschirmung zeigt sich namentlich beim Beginn des eigentlichen Austreibens (Stadium 2), und zwar deutlicher bei den geschwärzten Knospen.

*Zusammenfassend* dürfen wir feststellen, daß der starke Lichteinfluß auf den Beginn und Verlauf des Ergrünens von Licht- und Schattenbuchen eindeutig nachgewiesen erscheint. Die bekannten Unterschiede von Licht- und Schattenbuchen beruhen jedoch nicht allein auf der leichtern Lichtdurchlässigkeit der Knospenschuppen von Schattenbuchen, wie oft angenommen wird, indem auch abgeschirmte Schatten-

knospen früher austreiben als unabgeschirmte Lichtknospen. Das verschiedene Verhalten von Licht- und Schattenbuchen stellt vielmehr eine Erscheinung sehr komplexer Art dar, welche durch zahlreiche äußere und innere Faktoren gelenkt wird. Für den waldbaulichen Praktiker ist von Wichtigkeit, daß dieses verschiedene Verhalten auch bei veränderten Bedingungen noch während längerer Zeit beibehalten wird.

### 3. Das Nachwirken der Lichtverhältnisse auf das Ergrünen von Buchenwildlingen

Nach Abschluß des Gewächshausversuches wurden sämtliche Töpfe mit den Licht- und Schattenbuchen im Versuchsgarten an der gleichen, gut besonnten Stelle aufgestellt. Im Frühjahr 1951 und 1952 zeigten die drei-, bzw. vierjährigen Wildlinge wiederum eindeutige Unterschiede. Während die Knospentreckung bei Licht- und Schattenbuchen ungefähr zur gleichen Zeit beginnt, bestehen beim Austreiben (Stadium 2) und bei der Blattentfaltung (Stadium 3) statistisch stark gesicherte Unterschiede.

#### *Unterschiede im Ergrünen von Licht- und Schattenbuchen-Wildlingen nach ein-, bzw. zweijährigem gleichem Lichtgenuß (in Tagen)*

	Aufnahme 1950 (Normaltag)	Aufnahme 1951	Aufnahme 1952
Stadium 1 . . . . .	5,67**	0,58	1,51
Stadium 2 . . . . .	6,73**	4,15**	2,71**
Stadium 3 . . . . .	7,50**	1,48**	1,25**

Wenn auch der Unterschied bereits nach einem Jahr wesentlich kleiner wurde, ist er auch nach zweijährigem gleichem Lichtgenuß von Licht- und Schattenbuchen deutlich zu erkennen. Die Umstellung bei der Verschulung von Wildlingen in Forstgärten zur «Angewöhnung» erfolgt also keinesfalls so rasch, wie vielfach angenommen wird.

Der Versuch bestätigt erneut, wie stark die Umwelt auf die Lebenserscheinungen unserer Waldbäume modifizierend einwirkt und wie dem Waldbauer Möglichkeiten gegeben sind, durch die Gestaltung der Umweltsverhältnisse alle Lebensabläufe im Walde entscheidend zu beeinflussen.