

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 117 (1966)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Schwinden des lebenden Stammholzes bei Frost  
**Autor:** Oberli, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766345>

### **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:** 19.03.2025

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

# Schwinden des lebenden Stammholzes bei Frost

Von H. Oberli, Wattwil

Oxf. 81

## Einleitung

Die extrem kalten Winter 1955/56 und 1962/63, die außerordentlich viele Frostrisse bei den hierfür empfindlichen Holzarten zur Folge hatten, sowie gewisse meßtechnische Gründe veranlaßten mich, der Frage der Dimensionsveränderung des lebenden (stehenden) Stammes bei Unter-Null-Temperaturen nachzugehen.

Die Publikation dieser kleinen Arbeit hätte meinem verehrten Lehrer, Prof. Dr. H. Knuchel, einmal eine bescheidene Freude bereiten sollen; war es doch er, der mit viel Liebe Messungen aller Art am Holz vollzog und dieses Hobby vielleicht auch bei mir wachrief. Nun widme ich sie ihm postum.

Erstmals stellte ich im Februar 1956 an einem frischgeschnittenen Buchenrugel den meßbaren Umfangschwund beim Gefrieren und die Reversibilität dieses Vorganges beim Wiederauftauen fest.

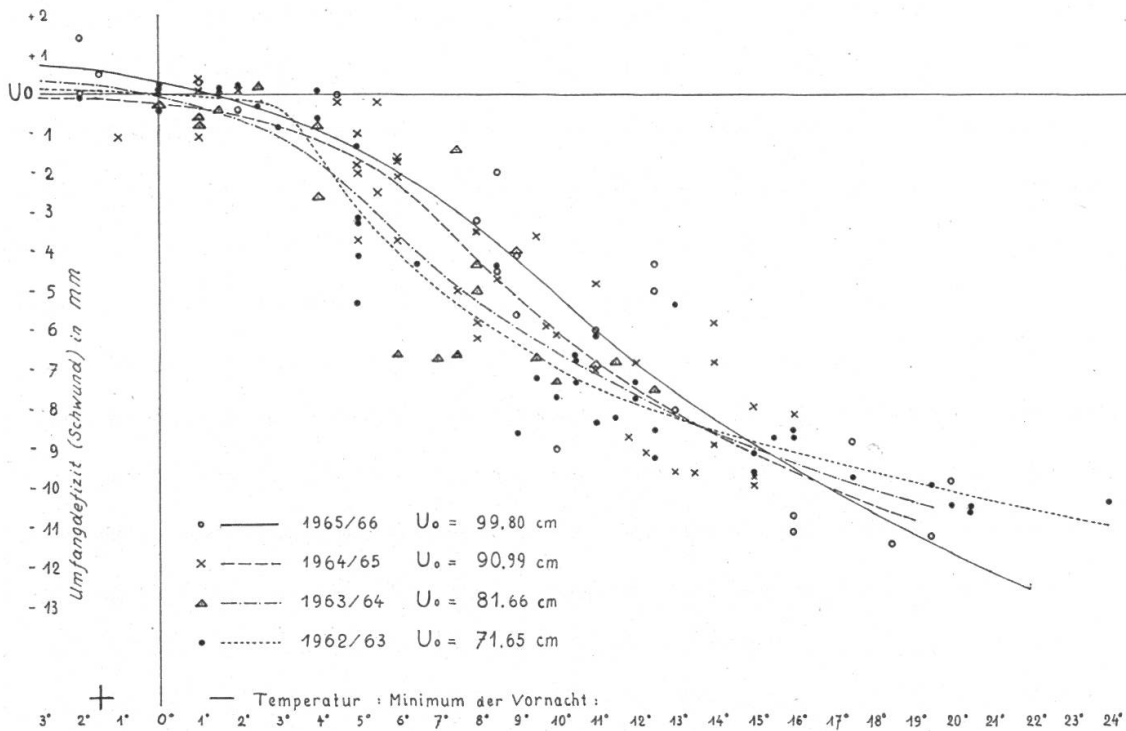
Einige genauere Einzelresultate erhielt ich am 19. Januar 1961, nach sieben vorausgegangenen Frosttagen, bei folgenden Holzarten, deren Brusthöhenumfang ich vor der Kälte mehrmals durch zehnfaches Umwickeln mit Stahlmeßband genau ermittelt hatte:

	Mittlerer Umfang bei etwa 0°	Umfang 19. 1. 1961 etwa 8 Uhr bei -12°	Schwund	
			in mm	in ‰
Ulme	54,08 cm	53,72 cm	3,6 mm	6,7 ‰
Birke	35,14 cm	34,76 cm	3,8 mm	10,8 ‰
Kirschbaum	31,22 cm	30,96 cm	2,6 mm	8,3 ‰
Reifweide	29,13 cm	28,79 cm	3,4 mm	11,7 ‰
Mittel	37,39 cm	37,06 cm	3,35 mm	9,0 ‰

In den Wintern 1962/63 bis 1965/66 unternahm ich in meinem Garten systematische Messungen während der Frostzeiten an obiger, im Jahre 1948 gekeimten Ulme. Sie erfolgten durch zehnfaches Umwickeln mit Stahlmeßband. Zwei kleine Nägel im Baum im Abstand der zehnfachen Meßbandbreite dienten als Marke; am einen wurde der Endring des Bandes eingehängt, am andern abgelesen; letzteres auf Millimeter, so daß der einmalige Umfang auf  $\frac{1}{10}$  mm genau notiert werden konnte. Der mittlere Ablesefehler dürfte auf Grund von Probemessungen bei höchstens  $\pm 2$  mm für zehn Umfänge liegen. Ebenfalls kann der Ausdehnungskoeffizient des

Stahlbandes vernachlässigt werden, da dieser mit etwa  $1 \cdot 10^{-5}$  ungefähr 20- bis 100-, im Mittel etwa 50mal kleiner ist als die erhaltenen Resultate für das Stammholz. Geringe Fehler ergeben sich im weitern aus dem unterschiedlichen Quellungs- und Schrumpfungszustand der Borke je nach vorausgegangenem Regen- oder Trockenwetter. Doch erschienen diese im Winter eher klein.

### Funktion des Umfangschwundes von der nächtlichen Minimaltemperatur



Darstellung 1

Frostschwund (Ulme) — als Umfangdefizit gegenüber dem Ausgangsumfang  $U_0$  des ungefrorenen Stammes in Winterruhe — in Abhängigkeit vom Temperaturminimum der Vornacht. Meßzeit jeweils etwa 8 Uhr morgens

Es handelt sich hier um die Morgenmessungen (etwa 8 Uhr), verglichen mit der Minimumtemperatur der vergangenen Nacht. Da eine gewisse Verzögerung der Dimensionsreaktion gegenüber dem Temperaturverlauf auf der Hand liegt, schien uns so eine etwas bessere Abhängigkeit gegeben als beim Bezug des Schwundes auf die Temperatur zur Zeit der Messung, welche selbstverständlich ebenfalls notiert wurde. Groß ist der Unterschied natürlich nicht.

Mit verschiedenen Signaturen sind die Einzelresultate und die Ausgleichskurven für die vier Winter 1962/63 bis 1965/66, bzw. für die zugrunde liegenden Stammdimensionen gesondert eingezeichnet. Der Stamm hatte entsprechende Brusthöhenumfänge von rund 72, 82, 91 und 100, im Mittel 86 cm.

Entgegen der ersten Vermutung zeigte sich, daß der Frostschwund im Bereich der gegebenen Stammstärken auffallend wenig von letzteren abhängig ist; eine Darstellung in Schwundpromille ergab recht weit auseinanderklaffende Werte und Kurven nach Jahren bzw. Stammstärken. Viel besser decken sie sich bei Eintragung der absoluten Schwundzahlen in Millimetern gemäß der wiedergegebenen Darstellung.

Die ausgeglichenen Kurven wurden durch Mittelbildung von Wertgruppen und für jede Jahreswertreihe unabhängig von der andern gewonnen. Die S-Kurven weisen auffallend gleichartige Tendenz auf. Die Abhängigkeit von der Stammstärke, die ja in irgendeiner Form doch vorhanden sein muß, äußert sich in der Darstellung vor allem in der Verschiebung des Kurvenwendepunktes in den Bereich tieferer Temperaturen mit zunehmender Stammstärke. Es sind die Schwundbeträge im Bereich mäßiger Kälte bei geringer Stammstärke absolut größer als bei stärkeren Stämmen. Bei den Beispielen schneiden sich die Kurven bei  $-13^{\circ}$  bis  $-17^{\circ}$ , und die Verhältnisse kehren sich im tieferen Temperaturbereich um. Der stärkere Stamm schwindet verständlicherweise bei tieferen Temperaturen weiter, während sich dieser Vorgang beim schwächeren vorher asymptotisch einem Grenzwert nähern würde.

Das Ergebnis der Darstellung I ist in der folgenden Tabelle auszugsweise nach Mittel- und Grenzwerten zahlenmäßig wiedergegeben:

Minimum- temperatur der Vornacht ( $^{\circ}\text{C}$ )	Umfangschwund in mm (Umfang 72 bis 100 cm)			Umfangschwund in ‰ von $U = 86$ cm		
	Minimum etwa	Mittel	Maximum etwa	Minimum etwa	Mittel	Maximum etwa
0	+ 1	0	- 1	+ 1,2	0	- 1,2
- 5	0	- 2	- 5	0	- 2,3	- 5,8
-10	- 3	- 6	- 9	- 3,5	- 7,0	-10,5
-15	- 6 $\frac{1}{2}$	- 9	-11	- 7,5	-10,5	-12,8
-20	- 9 $\frac{1}{2}$	-11	-12 $\frac{1}{2}$	-11,0	-12,8	-14,5
-25	-11	-12	-13 $\frac{1}{2}$	-12,8	-14,0	-15,7

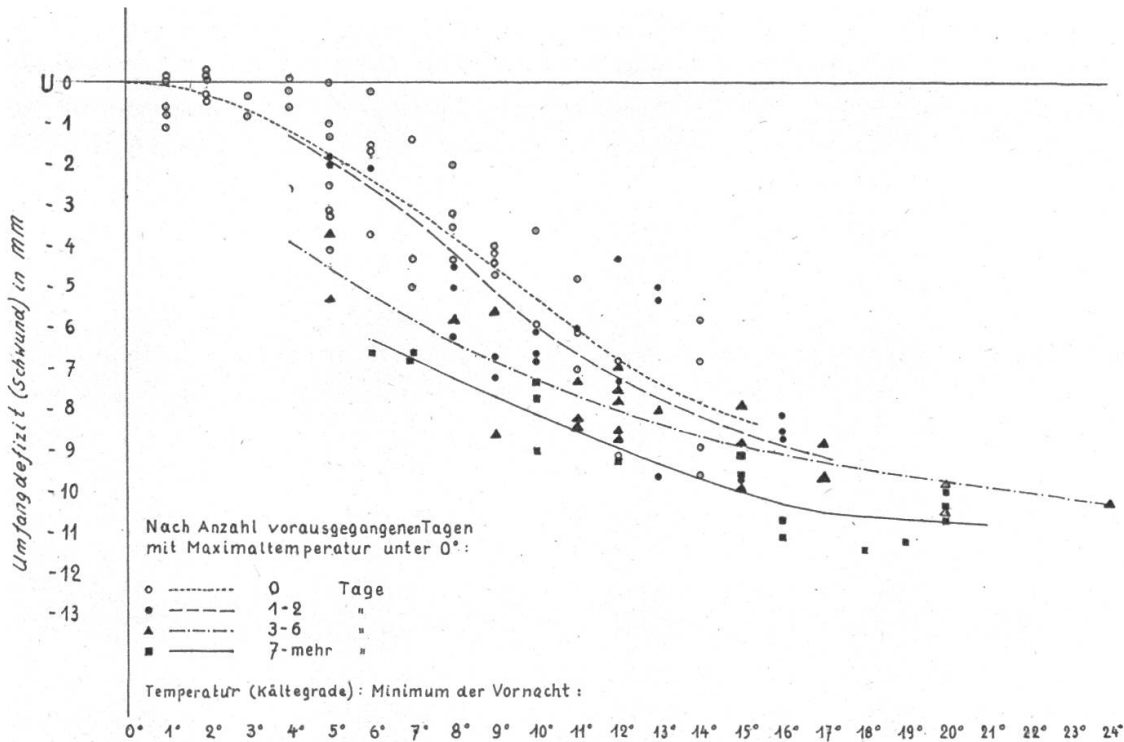
Der Frostschwund, berechnet auf  $1^{\circ}\text{C}$ , betrug vom Umfang:

in mm: in weiten Grenzen 0,2 bis 0,8 mm, im Mittel etwa 0,5 mm;

in ‰: in weiten Grenzen 0,2 bis 1,1 ‰, im Mittel etwa 0,56 ‰.

### Einfluß der Frostdauer auf das Schwinden

Es ist anzunehmen, daß die immerhin große Streuung der erhaltenen Werte von mannigfaltigen meteorologischen und biologischen Faktoren herrührt. Wesentlichen Einfluß hat wahrscheinlich die der Messung vorausgehende Temperatursumme, welche für jeden einzelnen Wert zu berechnen aber doch zu zeitraubend gewesen wäre. In Darstellung 2 ist ein Versuch in dieser Richtung gemacht, indem hier die Gesamtheit der Meßergebnisse der vier Jahre nach Anzahl der dem Meßtag vorausgehenden Tage mit



Darstellung 2

Frostschwind (Ulme) in Abhängigkeit vom nächtlichen Temperaturminimum, wie Darstellung 1. Meßergebnisse ausgesondert nach verschiedenen langen Frostvorperioden

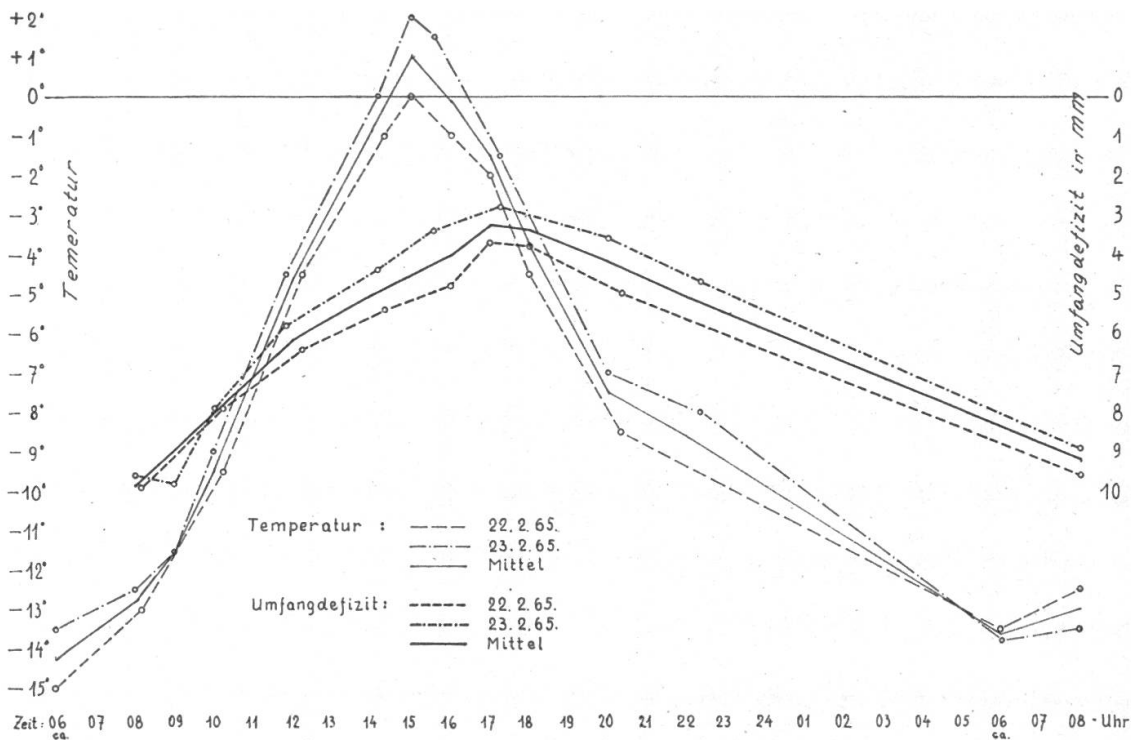
Maximaltemperaturen unter 0°C geordnet sind, wiederum bezogen auf die nächtliche Minimumtemperatur. Es zeigt sich deutlich, daß der Schwind bei gleicher Nachttemperatur im allgemeinen desto größer ist, je länger die vorausgehende Frostperiode dauerte. Es scheint, daß selbst drei bis sechs vorausgehende Frosttage nicht genügen, das Abschwinden völlig zum Stehen zu bringen; die Wertreihe «sieben und mehr Tage» liegt noch auffallend unter jener von «drei bis sechs Tagen».

Die Betrachtung dieser Darstellung deutet übrigens darauf hin, daß die relativ starke Ausbuchtung der S-Kurve nach oben (bei Darstellung 1) im mäßigen Kältebereich deswegen zustande kommt, weil hier nahe der 0°-Grenze praktisch keine Meßtage mit Frost-Vortagen vorkamen.

Wenig Einfluß scheint hingegen die Jahreszeit zu haben, indem wir sowohl im Vor-, Hoch- und Nachwinter bei gleichen Temperaturen auch immer wieder ähnliche Schwindwerte feststellten.

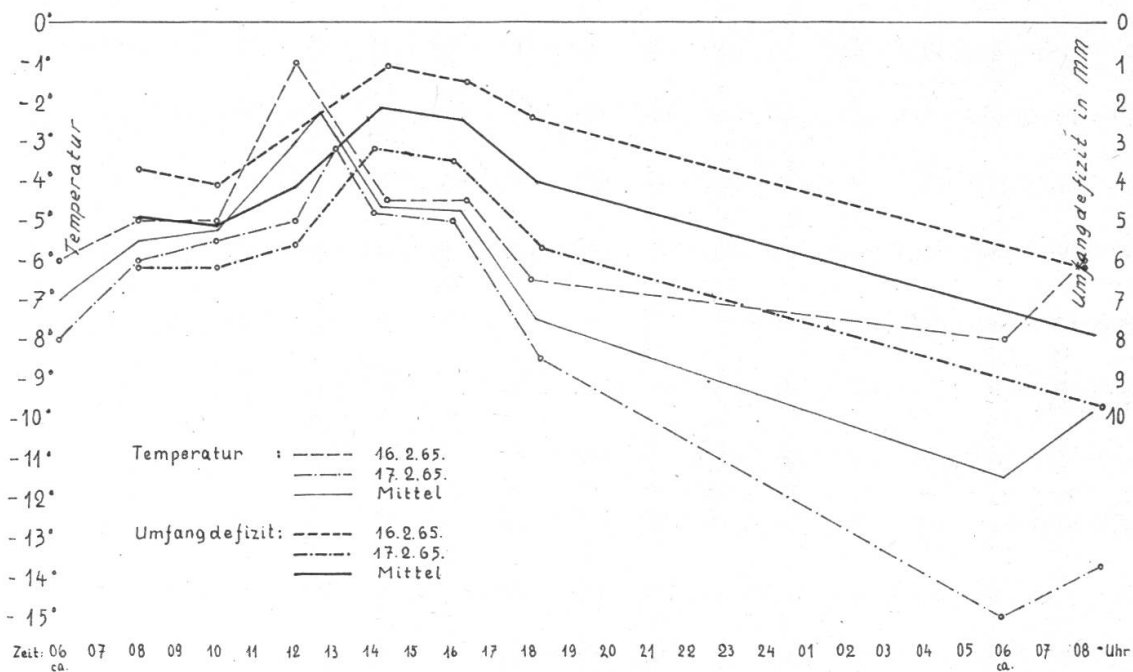
### Reversibilität des Frostschwindes und Tagesverlauf der Stamm-Dimensionsveränderung bei Frost

Ein wesentliches Merkmal des Frostschwindens ist die absolute Reversibilität. Der Stamm hat jederzeit während des Winters bei einer gewissen Dauer einer Wärmeperiode (etwa ein bis zwei Tage) wieder seinen Ausgangsumfang angenommen. Ebenfalls erfolgt das Wiederanschwellen mit



Darstellung 3

Tagesverlauf der Umfangänderung (Ulme) in Abhängigkeit vom Temperaturverlauf:  
 Zwei sonnige Wintertage, Nächte sternhell (als Zeit des nächtlichen Temperaturminimums  
 wurde gutächtlich 6 Uhr angenommen)



Darstellung 4

Tagesverlauf der Umfangänderung (Ulme) in Abhängigkeit vom Temperaturverlauf:  
 Zwei dunstig-trübe Wintertage (zweite Nacht jedoch sternhell)

steigender Temperatur selbst bei allen beobachteten Unter-Null-Temperaturen.

Dies veranschaulicht folgende Meßreihe aus der kältesten Periode, die in unsere Untersuchungen fiel (Ausgangsumfang des Stammes 71,65 cm, Meßzeit etwa 8 Uhr):

Datum (Jan. 1963)	Temperatur in °C			Umfang- schwund in mm
	Minimum der Vornacht	zur Zeit der Messung	Maximum des Tages	
12.	-12		- 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
13.	-16	-15	-12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 8,7
14.	-24!	-20	- 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-10,3
15.	- 9		- 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
16.	- 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 8	- 3	- 8,6
17.	-11	-11	-10	- 8,3
18.	-15	-14	-11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 9,1
19.-21.	-11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis -16		-7 bis -7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
22.	-19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 8	- 9,9
23.	-20	-20	- 9	-10,5
24.	-20	-19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 5	-10,4
25.	-18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		- 5	
26.	-15	-12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	- 3	- 9,6
27.	- 7		- 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
28.	-10	- 7	- 3	- 7,7
29.-30.	-10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis -11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		-3 bis -6	
31.	-12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-12	- 8	- 9,2

Um etwas Einblick in die kurzfristigen Schwankungen zu erhalten, wurde einige Male der Tagesverlauf der Umfangveränderungen gemessen.

Darstellung 3 zeigt denselben in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur an den zwei sonnigen und sternklaren Frosttagen 22. und 23. Februar 1965. Während sechs Vortragen herrschte auch tags Frost (-1° bis -3°); nächtliche Minima -6° bis -15°. Der Stamm war von etwa 9 bis 12 Uhr besonnt, geriet dann in den Hausschatten und erhielt abends nochmals für etwa eine Stunde schwache Sonne.

Darstellung 4 zeigt die Verhältnisse an den zwei dunstig-trüben, nur kurzfristig dämmerig-sonnigen Frosttagen 16. und 17. Februar 1965, deren fünf Vortage Maxima von 0° bis +1° und Minima von -2° bis -11° aufwiesen.

In allen Fällen schwillt der Stamm mit steigender Temperatur auch im Frostzustand an und schwindet mit fallender Temperatur nachmittags und nachts wieder auf die temporäre Ausgangslage zurück.

Auffallend ist, daß das Schwelen und Schwinden pro 1° Temperaturdifferenz am trüben Tag mit seiner geringeren Temperaturschwankung



relativ stärker ist (etwa 0,6 mm) als am sonnig-klaren Tag mit großer Temperaturschwankung (etwa 0,4 mm). Pro Zeiteinheit scheint das Anschwellen rascher vor sich zu gehen als das Abschwinden. Ebenfalls sehen wir, daß das Umfangmaximum am Mittag (bzw. Nachmittag) gegenüber dem Temperaturmaximum etwa zwei Stunden nachhinkt. Endlich zeigt sich, daß die kurzfristige Erwärmung am sonnigen Tag auf selbst 2° über Null nicht genügt, um den Stammumfang zur Null-Lage zurückzuführen; er blieb, wie zu vermuten, gefroren, reagierte aber trotzdem auf die Temperaturdifferenzen.

Die zeitliche Verzögerung des Dimensions- gegenüber dem Temperaturverlauf kommt auch zum Ausdruck bei sporadischen Messungen um die Tagesmitte. Diese, nach Art der Darstellung I, jedoch in bezug auf die *Meßzeittemperatur* zusammengestellt, ergeben im Bereich von -2° bis -8° um durchschnittlich 4 bis 5 mm größere Schwundbeträge als nach Darstellung I. Gegen 0° hin reduziert sich diese Differenz rasch; in Richtung tieferer Temperaturen langsamer. Mangels zahlreicher Messungen unterlassen wir eine besondere Darstellung.

#### Zusammenfassung

1. Nach Vorversuchen wurde während der vier Winter 1962/63 bis 1965/66 das Schwinden des Stammumfanges einer Ulme bei Unter-Null-Temperaturen gemessen. Der Stamm wies dabei sukzessive rund 72, 82, 91 und 100 cm, im Mittel 86 cm Brusthöhenumfang auf.
2. Der lebende Stamm unterliegt bei Frosttemperatur einem beträchtlichen Schwinden, das offenbar mit dem Abschwinden beim Trocknen verglichen werden kann.
3. Der Frostschwund ist reversibel; während ein und desselben Winters erreicht der Stamm immer wieder den Ausgangsumfang, wenn die Temperatur mindestens während zahlreicher Stunden wenigstens etwas über Null Grad steigt.
4. Der Frostschwund ist im Bereich der zur Verfügung gehabten Dimensionen relativ wenig von der Stammstärke abhängig; die *absoluten* Schwundwerte in Millimetern der vier Meßreihen decken sich besser als die Promillewerte.
5. In Darstellung I sind die jeweils am Morgen gemessenen Schwundwerte bezogen auf die nächtliche Minimaltemperatur wiedergegeben. Sie sind eine Funktion der Temperatur, das heißt, sie wachsen in jedem Meßbereich, soweit die Untersuchungen reichten, mit sinkender Temperatur.  
Sie folgen in allen Meßreihen gleichgearteten Kurven, und erreichen bei den zur Verfügung gehabten Stammstärken und bei Temperaturen



von  $-20$  bis  $25^{\circ}$   $9\frac{1}{2}$  bis  $13\frac{1}{2}$  Umfangmillimeter oder 11 bis 15,7 Umfangpromille.

Die Größenordnung des Frostschwundes liegt damit bei diesen Temperaturen durchaus im Bereich der «maximalen Durchmesser-schwundung von Rundholz, bezogen auf das frischgefällte Holz» (Trocknungsschwund) nach Knuchel. (Jene Angaben betreffen verschiedene Holzarten und betragen für «Sägeholz» 0,1 bis 1,5%, für «Bauholz und Stangen» 1,3 bis 3,9%. Knuchel, «Das Holz», Sauerländer 1954, S. 68.)

6. Der Frostschwund ist neben anderen Faktoren offensichtlich abhängig von der Dauer der vorausgehenden Frostperiode (Darstellung 2). Relative Minimalwerte wurden im Durchschnitt erst nach sieben und mehr vorausgehenden Frosttagen festgestellt.
7. Auch der Tagesverlauf der Stammstärke folgt — bei bleibenden Unter-Null-Temperaturen — dem Temperaturverlauf. Der Stamm bleibt also in gefrorenem Zustand auch kurzfristig nicht ruhig, sondern macht durch Schwellen und Schwinden die Temperaturbewegungen mit. Eine kurzfristige Über-Null-Temperatur vermag aber den Ausgangsumfang nicht herzustellen.
8. Einzelmessungen an schwachen Stämmchen von Ulme, Birke, Kirschbaum und Reifweide während des Winters 1960/61 und früher an einem Buchenstammstück weisen darauf hin, daß sich auch andere Holzarten ähnlich in bezug auf Frosttemperaturen verhalten.
9. Es leuchtet ein, daß der Frostschwund die Ursache der Frostrißbildung bei den hierfür empfindlichen Holzarten ist. Wenn bei stärkeren Stämmen im Falle relativ rascher Abkühlung auf  $-20^{\circ}$  bis  $-25^{\circ}$  die äußeren Holzschichten um 1 bis  $1\frac{1}{2}$  cm zu eng werden, während die inneren Holzteile den Schwundprozeß noch nicht mitgemacht haben, muß der Stamm aufreißen wie beim normalen Austrocknen.

## Résumé

### Le retrait des tiges des arbres sous l'effet du gel

- 1° Après des essais préliminaires, le retrait de la circonférence d'un orme sous l'effet de températures inférieures à  $0^{\circ}\text{C}$  fut mesuré pendant les quatre hivers de la période allant de 1962/63 à 1965/66. La tige eut successivement une circonférence à hauteur de poitrine de 72, 82, 91 et 100 cm, en moyenne 86 cm.
- 2° La tige d'un arbre vivant subit sous l'effet du gel un retrait très important qui peut sans autre être comparé au retrait dû au séchage.
- 3° Le retrait dû au gel est réversible. Au cours d'un même hiver la tige retrouve toujours sa circonférence originale lorsque la température remonte pendant plusieurs heures au moins un peu au-dessus de  $0^{\circ}\text{C}$ .

- 4° Le retrait dû au gel est, dans les dimensions où il fut possible de faire des mesures, relativement peu dépendant de la grosseur des tiges; les valeurs absolues exprimées en mm des quatre séries de mesures concordent mieux que les valeurs exprimées en pour-mille.
- 5° La représentation graphique no 1 donne les retraits mesurés le matin par rapport aux températures minimums de la nuit. Ces valeurs sont fonction de la température, c'est-à-dire qu'elles augmentent avec une diminution de la température, et ceci dans tous les ordres de grandeur où des mesures purent être exécutées. Elles donnent des courbes semblables pour toutes les séries de mesures et atteignent, pour les grosseurs des tiges qui furent à disposition et à des températures allant de  $-20^{\circ}$  à  $-25^{\circ}\text{C}$ , 9,5 à 13,5 mm de circonférence ou 11 à 15,7 pour-mille de la circonférence.
- L'ordre de grandeur du retrait dû au gel, dans le cas des températures citées, est le même que celui du retrait maximum du diamètre des bois ronds par rapport aux grumes fraîchement abattues (retrait dû au séchage) indiqué par Knuchel. (Les valeurs de ce retrait dû au séchage, données pour différentes essences forestières, sont de 0,1 à 1,5% pour des bois de sciage, 1,3 à 3,9% pour de la charpente et des poteaux. Dans « Das Holz » par H. Knuchel, éditions H. R. Sauerländer, Aarau 1954, page 68.)
- 6° Le retrait dû au gel est, à côté d'autres facteurs, manifestement dépendant de la durée de la période de gel qui précède le retrait (représentation graphique no 2). Des valeurs minimums relatives n'ont été déterminées en moyenne qu'au bout d'une période de 7 jours et plus de gel.
- 7° L'évolution des dimensions des tiges dans le courant d'une journée suit aussi l'évolution des températures, lorsque ces dernières demeurent au-dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, même à court terme, la tige à l'état gelé ne reste pas inerte; au contraire, elle réagit aux variations de température par gonflement et par retrait. Une température supérieure à  $0^{\circ}\text{C}$  durant une brève période n'arrive cependant pas à rétablir la circonférence de départ.
- 8° Des mesures isolées faites sur des tiges de faibles dimensions d'orme, de bouleau, de cerisier et de saule faux daphné (*Salix daphnoides* Vill.) pendant l'hiver 1960/61, et auparavant sur une tige de hêtre, montrent que d'autres essences forestières se comportent de la même manière en ce qui concerne le retrait dû au gel.
- 9° Il est évident que le retrait dû au gel est la cause des gélivures chez les essences sensibles à ce phénomène. Lorsque par un refroidissement relativement rapide allant jusqu'à  $-20^{\circ}$  à  $-25^{\circ}\text{C}$ , les couches extérieures de bois d'une tige diminuent de 1 à 1,5 cm alors que les parties intérieures ne se sont pas encore rétractées, la tige doit éclater comme c'est le cas lors du séchage.

Traduction: Farron