

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 134 (1983)

**Heft:** 10

**Artikel:** Einfluss der Wärmeentnahme aus dem System Boden auf die Vegetation

**Autor:** Hurst, Andreas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767258>

### **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:** 09.12.2025

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

# **Einfluss der Wärmeentnahme aus dem System Boden auf die Vegetation**

Von *Andreas Hurst*

Oxf.: 114.16

(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, Fachbereich Bodenphysik)

Um hochwertige und teure Energie für Heizzwecke zu sparen, wird mit Hilfe von Wärmepumpenanlagen niederwertige Wärme aus der Umgebung genutzt. Quellen solcher Wärme sind Sonnenstrahlung, Luft, Luftabwärme, Oberflächengewässer, Abwasser, Boden, Grundwasser und Geothermie.

In diesem Artikel wird speziell die Wärmeentnahme aus dem Boden betrachtet und versucht, mögliche Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum darzustellen.

## **Wärmeentnahme aus dem Boden**

Das nicht überbaute Erdreich stellt einen offenen Speicher für Energie in Form von Wärme dar, welche ihm hauptsächlich durch Globalstrahlung und warme Niederschläge zugeführt wird. Mit Hilfe von Wärmepumpenanlagen und Erdwärmekollektoren kann ein Teil dieser Energie für Heizzwecke genutzt werden.

Heute liegen Erfahrungswerte für die Dimensionierung der Erdregister vor, damit der Boden ausserhalb der Heizperioden wieder regeneriert. Für Pflanzen, welche auf einem wärmegenutzten Boden stocken, wird jedoch das Ende der Heizperiode — gleichzeitig auch der Beginn der Vegetationszeit — zur kritischen Phase für das Wachstum.

## **Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme durch die Wurzeln**

Nach *Gardner* ist die vom Wurzelsystem pro Zeiteinheit absorbierte, der Photosynthese und Transpiration zur Verfügung gestellte Wassermenge ( $W$ ) von folgenden Grössen abhängig:

1. Von der aktiven Wurzeloberfläche pro Volumeneinheit des Bodens mal durchwurzeltes Bodenvolumen ( $A$ )
2. Vom Potentialunterschied des Wasser zwischen Wurzel und Boden ( $\Psi_m$ )
3. Von der Summe der Transportwiderstände für das Wasser beim Übergang vom Boden in die Pflanze ( $\Sigma r$ )

$$W = A \cdot \frac{\Psi_m - \Psi_{\text{Wurzel}}}{\Sigma r}$$

Mit sinkender Temperatur nehmen die Transportwiderstände für Wasser im Boden und in der Wurzel zu. Die Viskosität von Wasser vergrößert sich bei einer Verringerung der Temperatur von  $+20^\circ\text{C}$  auf  $0^\circ\text{C}$  um das 1,8fache. Unter  $-1^\circ\text{C}$  ist alles Porenwasser im Boden gefroren, die Transportwiderstände werden unendlich gross, die Pflanzen können kein Wasser mehr aufnehmen.

Döring hat an Baum- und Strauchpflanzen, welche in mit Sauerstoff angereicherter Nährlösung gezogen wurden, die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Temperatur gezeigt. Um die Empfindlichkeit der einzelnen Arten auf Temperaturverminderung zu erfassen, wurden sogenannte Potometer (Abbildung 1) in Wasserbäder verschiedener Temperatur gebracht und daneben als Bezug Potometer unter konstanter Temperatur belassen. Aufgrund der in Abbildung 2 dargestellten Resultate für Esche und Buche ist an-

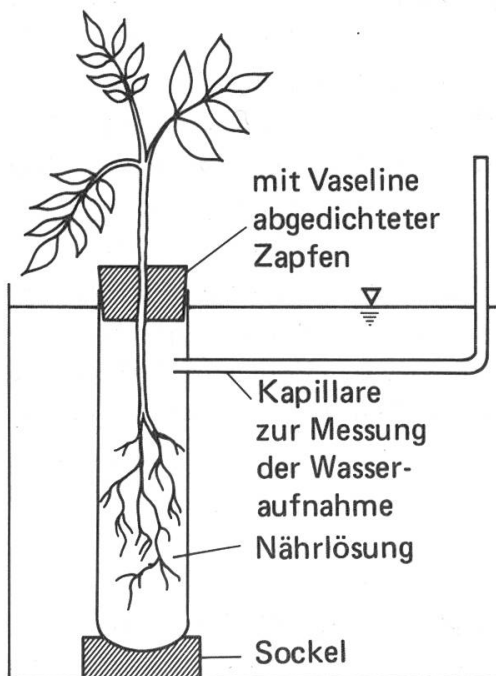


Abbildung 1. Potometer zur Messung der Transpiration.

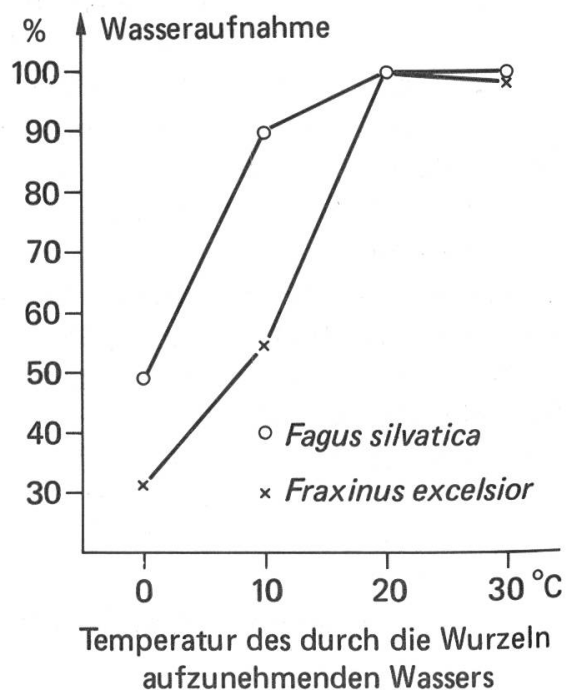


Abbildung 2. Temperaturempfindlichkeit der Wasseraufnahme von Esche und Buche nach Döring.

zunehmen, dass diese beiden Arten ihr Optimum der Wasseraufnahme erst bei 20 °C haben. Praktisch keine Empfindlichkeit zeigten in diesen Versuchen einzig Schwarzpappeln und Weidearten.

### **Temperaturabhängigkeit des Wurzelwachstums**

Für das Aufsuchen ergiebiger Bodenbereiche (Wasser, Nährstoffe) ist ein stetiges Wurzelwachstum notwendig. Eine Veränderung der Bodentemperatur aus dem optimalen Wurzelwachstumsbereich in Richtung Gefrierpunkt führt zu einer Erlahmung des Wurzelwachstums.

Nach *Hocker* liegt der optimale Temperaturbereich für das Wurzelwachstum zwischen 10 und 25 °C. *Barr* und *Pellett* ermittelten für *Ligustrum vulgare* und *Ribes alpinum* sogar ein optimales Wurzelwachstum zwischen 16 und 35 °C. Minimale Grenztemperatur für das Wurzelwachstum bei Holzpflanzen gemässigter Zonen liegt nach *Larcher* bei 2 bis 5 °C.

### **Bodentemperaturabhängigkeit des Wachstums oberirdischer Pflanzenorgane**

Der funktionelle Zusammenhang zwischen Wasseraufnahme, Transpiration und Biomassenproduktion grüner Pflanzen lässt sich mit der Photosynthesereaktion, speziell mit der Diffusion von Wasserdampf, Sauerstoff und Kohlendioxid durch die Spaltöffnungen der Assimilationsorgane erklären. Transpiration und Kohlenstoffverbrauch sind miteinander verknüpft.

*Larcher* schreibt hierzu: «Um CO<sub>2</sub> aufzunehmen, muss die Pflanze Wasser abgeben, und mit der Einsparung von Wasserverlusten wird auch der Einstrom von CO<sub>2</sub> herabgesetzt.»

Eine Reduktion der Wurzelraumtemperatur durch künstliche Wärmeentnahme kann zu einer Verringerung der Wasseraufnahme durch die Wurzeln führen (Vergrößerung der Transportwiderstände, Erlahmung des Wurzelwachstums). Ist dies der Fall, reagiert die Pflanze mit einer Verminderung der Transpiration (Einsparung von Wasserverlusten) durch Verengung der Spaltöffnungen. Dies bedeutet gleichzeitig eine Reduktion des Photosynthese-Gasaustausches und der organischen Produktion.

In Gewächshausversuchen untersuchten *Barr* und *Pellett* die Abhängigkeit des Wachstums oberirdischer Pflanzenorgane von der Bodentemperatur. Stecklinge wurden in Töpfen gezogen, welche mit einheitlichem Lehm-, Sand-, Torf- (2:1:1) Gemisch gefüllt waren. Das Experiment lief für die einzelnen Pflanzen bei gleichen Lufttemperaturen (16 bis 27 °C) und gleicher Wasserversorgung, jedoch unter verschiedenen gehaltenen Bodentemperaturen. Die Abhängigkeit des Sprosswachstums von der Wurzelraumtemperatur

ist für die untersuchten Sträucher *Ligustrum vulgare* und *Ribes alpinum* in *Abbildung 3* dargestellt. Ein optimales Sprosswachstum stellt sich für diese beiden Pflanzen im Bereich von 16 bis 31°C Wurzelraumtemperatur ein – ein Temperaturbereich, der auf schweizerischen Waldstandorten im Sommer nur tangiert wird.

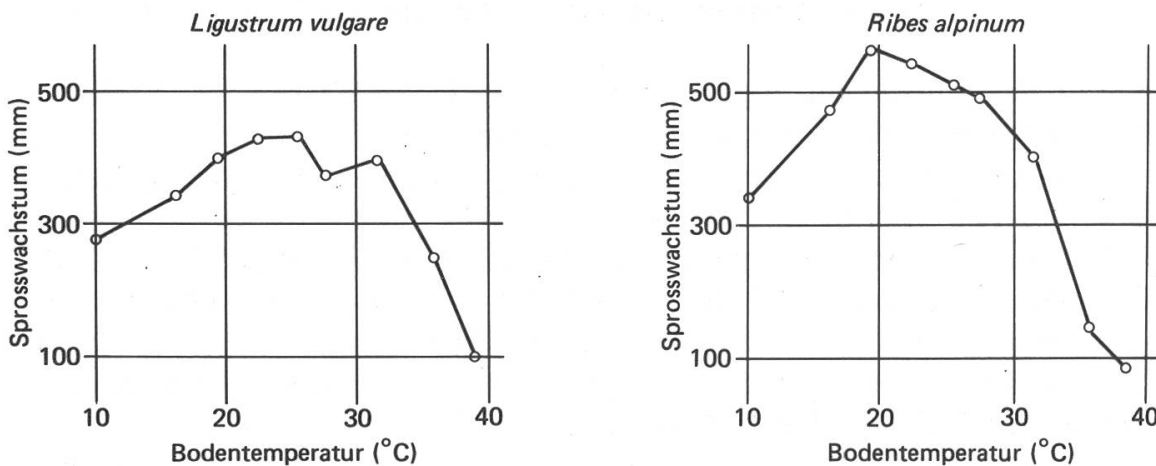
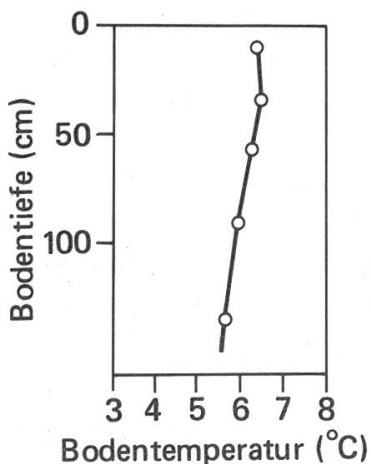


Abbildung 3. Abhängigkeit des Sprosswachstums von der Bodentemperatur für *Ligustrum vulgare* und *Ribes alpinum*. (Nach Barr und Pellett)

Bodentemperaturmessungen während des Vegetationsbeginns sind am Fachbereich Bodenphysik im Hardwald (Gemeinde Kaisten AG, 305 m ü. M., Parabraunerde über Schotter) und auf dem Schnebelhorn (Kantonsgrenze ZH/SG, 1280 m ü. M., Braunerde über Nagelfluh) durchgeführt worden. Trotz eines um vier Wochen späteren Vegetationsbeginns auf dem Schnebelhorn wurden hier praktisch die selben Wurzelraumtemperaturen bei Laubausbruch gemessen wie im Hardwald: 5 bis 6,5 °C, das heisst nahe der minimalen Grenztemperatur für das Wurzelwachstum (*Abbildung 4*). Ein

Hardwald, 305 m ü. M.  
21. April 1982



Schnebelhorn, 1280 m ü. M.  
21. Mai 1982

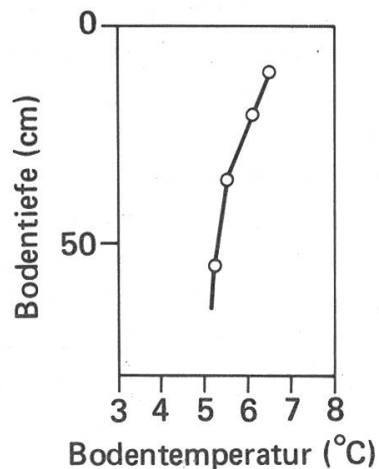


Abbildung 4. Wurzeltemperaturen zu Beginn der Vegetationsperiode (Laubausbruch Buche).

durch Wärmeentnahme reduzierter Temperaturhaushalt dürfte sich deshalb besonders zu diesem Zeitpunkt negativ auf das Wachstum auswirken.

## Résumé

### De l'influence de prélèvements thermiques dans le sol sur la végétation

La réduction des températures dans la sphère racinaire, provoquée par le prélèvement artificiel de chaleur, peut avoir un effet négatif sur la croissance des plantes, spécialement au début de la période de végétation. Un abaissement de la température du sol aux alentours de 0 °C induit une diminution de la perméabilité et de la croissance des racines, entravant par conséquent l'absorption d'eau. Pour se protéger contre cette réduction de l'approvisionnement en eau, la plante réagit par une atténuation de la transpiration. Il s'ensuit simultanément un freinage de la photosynthèse, des échanges gazeux et de la production de matière organique.

Traduction: *R. Amiet*

## Literatur

- Barr, W., Pellett, H.*, 1972: Effect of Soil Temperature on Growth and Development of Some Woody Plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97 (5): 632—635
- Döring, B.*, 1935: Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. *Z. f. Botanik*, Bd. 28, 305—383
- Gardner, W. R.*, 1968: Availability and measurement of soil water. In Kozlowski (ed.), *Water Deficits and Plant Growth*, vol. I, 107—135. New York, Academic Press
- Hocker, H. W., Jr.*, 1979: *Introduction to Forest Biology*, John Wiley & Sons
- Larcher, W.*, 1980: *Ökologie der Pflanzen*, Stuttgart, UTB

