

# Verändern Kronensicherungen das Schwingungsverhalten von Bäumen?

Does tree cabling interfere with tree dynamics?

von Steffen Rust, Georg Braun, Lennart Maurer und Andreas Detter

## Zusammenfassung

Eigenfrequenz und Dämpfungsgrad von sieben Bäumen ohne, mit statischer und mit dynamischer Kronensicherung wurden im belaubten Zustand untersucht. Das Schwingungsverhalten der Bäume wurde durch keine der Sicherungsvarianten verändert.

## Summary

Natural frequencies and damping of seven trees were measured without cables, with static cables and with dynamic cables. Neither treatment altered these parameters significantly.

## 1 Einleitung

Bruchsicherungen werden verbaut, um die Verkehrssicherheit von Bäumen zu erhöhen. Da ein erheblicher Teil der vom Wind in den Baum eingeleiteten Energie allerdings bereits in der Krone dissipiert wird (SELLIER & FOURCAUD 2009; SELLIER et al. 2006; SPATZ 2007) könnte es allerdings sein, dass Kronensicherungen so in die Dynamik des Baumes eingreifen, dass dadurch die Stand- oder Bruchsicherheit gefährdet werden. Es wird in der Praxis oft vermutet, dass die Dämpfung der Krone durch eine Kronensicherung vermindert und damit die Lasten an der Stammbasis erhöht würden (PFISTERER & SPATZ 2010). Auch wird angenommen, dass Kronensicherungen die Schwingungen „unterdrücken“ würden (MATTHECK 2002). In dieser Untersuchung werden daher die Auswirkungen von statischen und dynamischen Bruchsicherungen auf die Eigenfrequenz und Dämpfung von Stadtbäumen untersucht.

## 2 Methoden

### 2.1 Bäume

Sieben Straßen- und Parkbäume mit ausgeprägten kodominanten Stämmlingen wurden im Göttinger

Stadtgebiet ausgewählt. Eine Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*), eine Birke (*Betula sp.*), eine Rot-Buche (*Fagus sylvatica*), zwei Eschen (*Fraxinus excelsior*), ein Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) und eine Linde (*Tilia sp.*). Die Bäume waren im Mittel 27,5 m hoch.

### 2.2 Verwendete Kronensicherungen

Als statische Kronensicherung wurden Spanngurte mit Ratsche (Länge 8 m, zulässige Belastung 40 kN, Dehnung 7 Prozent) verbaut. Für die dynamische Kronensicherung kam das Kronensicherungssystem „tree save“ mit einer Mindestbruchlast von 2 t zum Einsatz.

### 2.3 Ausschwingversuche

Die Versuche wurden mit Geräten der Firma argus electronic GmbH, Rostock, durchgeführt. Ein Dehnungsmessgerät wurde 60 cm über dem Erdboden am Stamm angebracht. Der Baum wurde bis auf eine Dehnung von 100 µm gezogen und die Spannung plötzlich gelöst. Je drei Ausschwingversuche wurden ohne Sicherung (Kontrolle), mit der dynamischen sowie mit der statischen Kronensicherung durchgeführt, also neun je Baum.

## 2.4 Statistische Auswertung

Die Gleichung (1) wurde an die Daten angepasst.

$$y = a e^{-(t-\varphi)\delta} \sin(\omega_d(t-\varphi)) \quad (1)$$

Aus den so gefundenen Parametern werden die ungedämpfte Kreisfrequenz und die ungedämpfte Frequenz berechnet (Gleichung (2) und Gleichung (3)):

$$\varphi_0 = \sqrt{\omega_d^2 + \delta^2} \quad (2)$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (3)$$

Aus diesen wird der Dämpfungsgrad berechnet (Gleichung (4)):

$$D = \frac{\delta}{\omega_d} \quad (4)$$

Mit den Verfahren des elastischen Netzes und generalisierten gemischten additiven Modellen wurde untersucht, welchen Einfluss die Parameter

- Stammdurchmesser d in 1m Höhe,
- Baumhöhe h,
- Baumform ( $dh^{-2}$ ),
- Schlankheitsgrad ( $h/d$ ) und

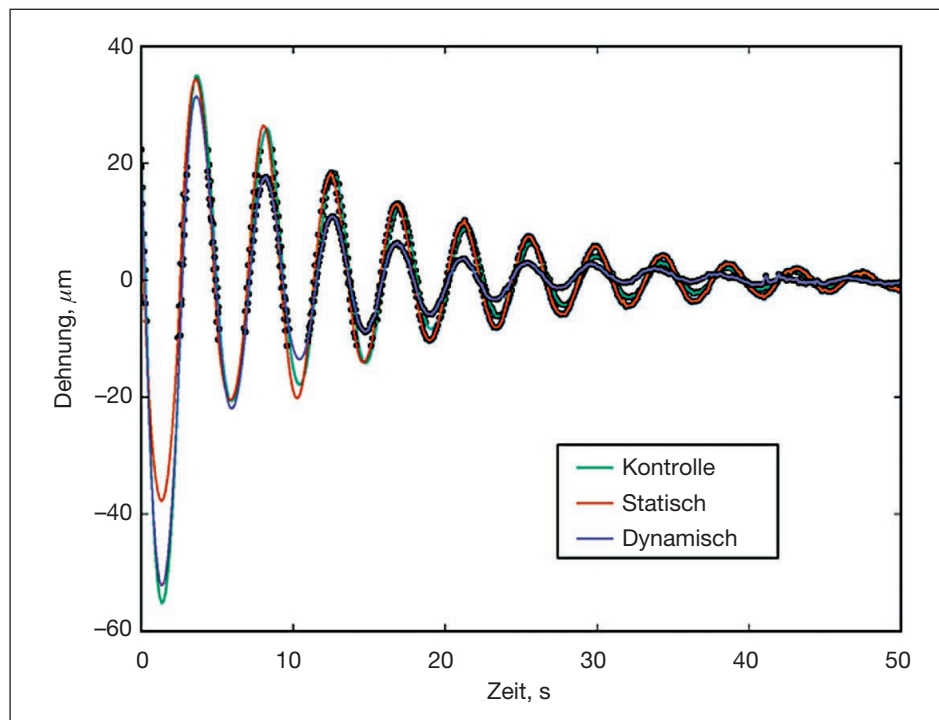
- relativer Kronenansatz (Höhe des Kronenansatzes geteilt durch Baumhöhe)

auf die erste Eigenfrequenz und die Dämpfung haben.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

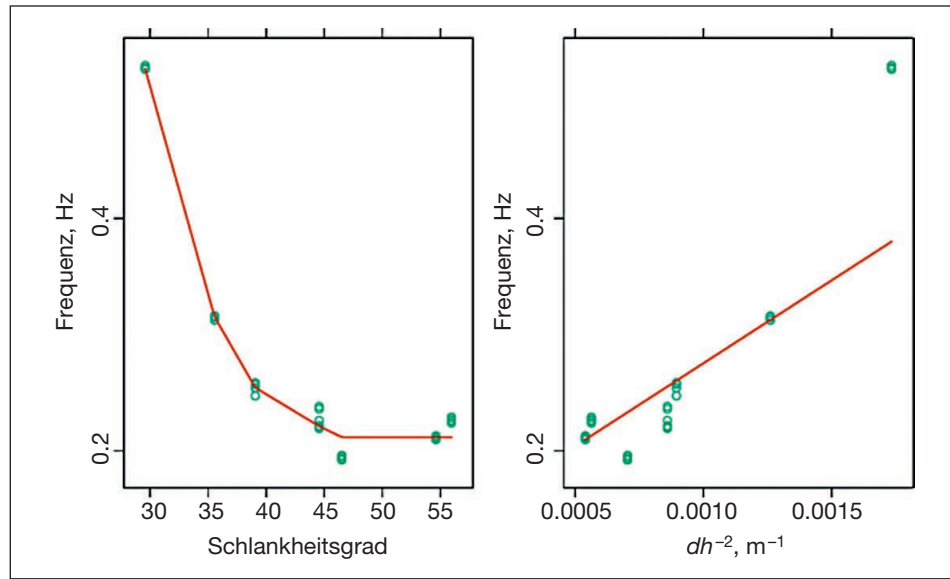
Die meisten Versuche ergaben Ergebnisse, an die sich die Gleichung (1) gut anpassen ließ (Abbildung 1). Statistisch signifikante Auswirkungen der Kronensicherungen auf die Eigenfrequenz oder Dämpfung wurden nicht gefunden. Die Unterschiede zwischen den Behandlungen waren so gering, dass sie zwar mit einer größeren Stichprobenzahl signifikant werden könnten, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass Effekte nennenswerter Größenordnung gefunden werden. Im Mittel wurde die Dämpfung gegenüber dem Baum ohne Sicherung durch eine statische Kronensicherung um 2,9 Prozent verringert, durch eine dynamische um 5,4 Prozent erhöht.

Sowohl die erste Eigenfrequenz (Abbildung 2) als auch die Dämpfung (Abbildung 3) wurden deutlich vom Schlankheitsgrad beeinflusst. Bei der Frequenz war es darüber hinaus die Größe  $d/h^2$ , die nach MOORE und MAGUIRE (2004a) die Eigenfrequenz eines Balkens

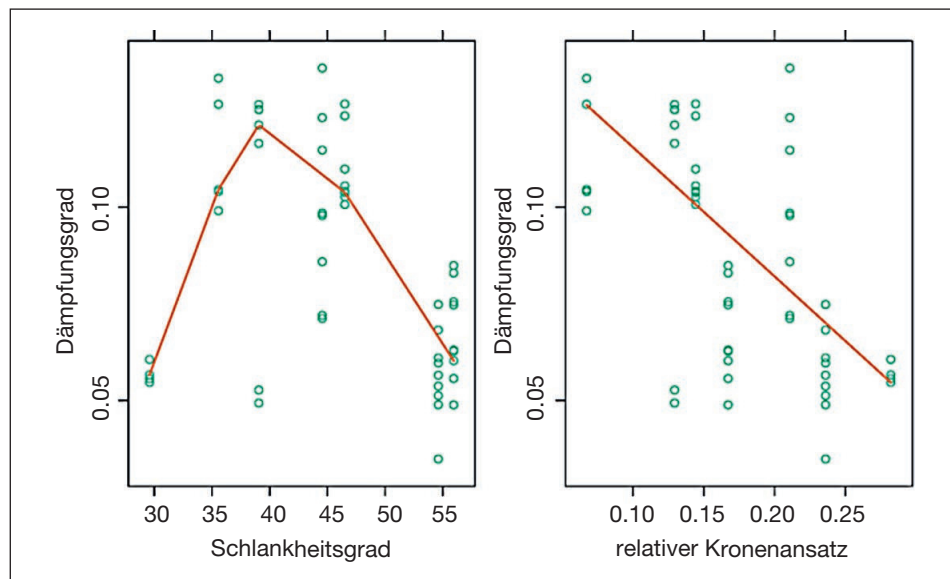


**Abbildung 1:**  
Beispielhafte Mess-  
ergebnisse der Aus-  
schwingversuche an  
einer Buche

**Abbildung 2:**  
Zusammenhang  
zwischen der Frequenz  
und dem Schlankheits-  
grad sowie der Baum-  
form, grün: Messwerte,  
rot: Splines durch das  
0,5-Quantil



**Abbildung 3:**  
Zusammenhang  
zwischen dem Dämp-  
fungsgrad und dem  
Schlankheitsrad sowie  
dem relativen Kronen-  
ansatz, grün: Messwerte,  
rot: Splines durch das  
0,5-Quantil



bestimmt. Die Dämpfung dagegen wurde von dem relativen Kronenansatz beeinflusst. Mit steigender Schlankheit fällt die Eigenfrequenz schnell ab.

Die Beziehung zwischen der Frequenz und  $d/h^2$  wurde nur bisher fast ausschließlich für Nadelgehölze dargestellt (MOORE & MAGUIRE 2004b) und nur für lediglich zwei Laubgehölzarten (KANE & JAMES 2011). Dabei liegen die Werte in einem ähnlichem Bereich wie hier gefunden, allerdings etwas höher.

#### 4 Schlussfolgerungen

Der Einbau von Kronensicherungen hatte keinen messbaren Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Bäume. Andere Parameter dagegen schon. Diese Zusammenhänge können z. B. bei der Windlastanalyse für die Auswertung von Zugversuchen genutzt werden. Einen direkten Einfluss auf die Stabilität der Bäume haben die sinkenden Eigenfrequenzen mit steigendem Schlankheitsgrad wohl kaum, da es bisher keine Hinweise auf Resonanzversagen bei Bäumen gibt (BAKER 1997).

### Literatur

- BAKER, C., 1997: Measurements of the natural frequencies of trees. In: *Journal of Experimental Botany* 48.5, 1125.
- KANE, B.; JAMES, K. R., 2011: Dynamic properties of open-grown deciduous trees. In: *Canadian Journal of Forest Research* 41.2, 321–330.
- MATTHECK, C., 2002: A new failure criterion for non decayed solitary trees. In: *Arboricultural Journal* 26, 43–54.
- MOORE, J. R.; MAGUIRE, D. A., 2004a: Natural sway frequencies and damping ratios of trees: concepts, review and synthesis of previous studies. In: *Trees – Structure and Function* 18.2, 195–203.
- MOORE, J. R.; MAGUIRE, D. A., 2004b: Natural sway frequencies and damping ratios of trees: influence of crown structure. In: *Trees – Structure and Function* 19.4, 363–373.
- PFISTERER, J. A.; SPATZ, H.-Ch., 2010: Wechselbeziehungen zwischen Windlast und Schwingungsverhalten von Baumkronen. In: DUESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2010*. Haymarket Media, Braunschweig, 85–104.
- SELLIER, D.; FOURCAUD, T., 2009: Crown structure and wood properties: Influence on tree sway and response to high winds. In: *American Journal of Botany* 96.5, 885.
- SELLIER, D.; FOURCAUD, T.; LAC, P., 2006: A finite element model for investigating effects of aerial architecture on tree oscillations. In: *Tree physiology* 26.6, 799–806.
- SPATZ, H.; BRÜCHERT, F.; PFISTERER, J. A., 2007: Multiple resonance damping or how do trees escape dangerously large oscillations? In: *American Journal of Botany* 94.10, 1603–1611.

### Autoren

*Prof. Dr. Steffen Rust* ist Professor für Baumpflege und Baumbiologie an der Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen.

*Fakultät  
Ressourcenmanagement  
HAWK  
Büsgenweg 1a  
37077 Göttingen  
Tel. (05 51) 50 32-1 73  
rust@hawk-hbg.de*



*B. Sc. Georg Braun* studierte Arboristik an der HAWK in Göttingen. Der gelernte Landschaftsgärtner arbeitet als selbständiger Baumpfleger und Sachverständiger und ist in der Ausbildung tätig. Inhaltlicher Schwerpunkt seiner Arbeit ist die praktische Baumpflege.

*B. Sc. Georg Braun  
Braun Arboristik  
Kneippweg 1  
88239 Wangen  
Tel. (01 77) 6 39 54 69  
georg@braun-arboristik.de*



*B. Sc. Lennart Maurer*, ist seit Jahren als Kletterer in der Baumpflege aktiv und studierte Arboristik an der HAWK in Göttingen. Er ist Inhaber der Firma Baumpflege Maurer-Fachbetrieb für Baumpflege und Fällung.

*Lennart Maurer  
Magnolienweg 11a  
33330 Gütersloh  
Mobil (01 79) 5 09 33 86  
baumpflege-maurer.de  
info@baumpflege-maurer.de*



*Andreas Detter* ist Dipl.-Ing. der Landespflege und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger. Er ist Mitglied des Vorstands der Sachverständigen-Arbeitsgemeinschaft SAG Baumstatik e.V. und im Büro Brudi & Partner TreeConsult in Gauting bei München als Sachverständiger und Referent tätig.

*Dipl.-Ing. Andreas Detter  
ö.b.v. Sachverständiger  
Brudi & Partner  
TreeConsult  
Berengariastraße 7  
82131 Gauting  
Tel. (0 89) 75 21 50  
a.detter@tree-consult.org*

