

Einfluss der Witterung auf die Ergebnisse statischer Zugversuche

Climate effects on pulling test results

von Steffen Rust, Andreas Detter, Christoph Fuchs und Bernhard Schirutschke

Zusammenfassung

In zwei Experimenten wurden die Verankerung und Steifigkeit von Bäumen vor und nach einer Bewässerung sowie mehrfach über einen Winter mit starkem Frost hinweg gemessen. Die Stärke der Verankerung sank, auch oberhalb von 0 °C, mit steigender Bodentemperatur und nach der Bewässerung. Die Steifigkeit der Bäume stieg bei Temperaturen unter 0 °C stark an. Die Witterung muss daher bei der Planung und Bewertung von Zugversuchen berücksichtigt werden.

Summary

Two experiments tested anchorage strength and stiffness of tree trunks before and after irrigation. Irrigation and rising temperatures reduced anchorage, while trunk stiffness was increased during frost. Planning and evaluation of pulling tests must account for these weather effects.

1 Einleitung

Statische Zugversuche sind eine verbreitete Methode zur Einschätzung der Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen (SINN & WESSOLLY 1988; WESSOLLY 1989). Oft müssen sie aus Gründen, die nicht im Ermessen des Gutachters liegen, bei Frost oder nach intensiven Niederschlägen durchgeführt werden. Wie dadurch das Messergebnis beeinflusst wird, ist bisher wenig wissenschaftlich untersucht worden. Für tomographische und bohrende Verfahren konnte bereits gezeigt werden, dass die Ergebnisse erheblich durch Frost beeinträchtigt werden können (RUST 1999, 2003). Versuche in Japan mit einer massiven Bewässerung des Wurzelraumes zeigten anfangs eine höhere, später eine verminderte Standsicherheit (KAMIMURA et al. 2011).

Bei Untersuchungen an der FH Nürtingen wurden teilweise deutliche Auswirkungen von Wassergehaltsänderungen auf die im Zugversuch zerstörungsfrei ermittelte Standsicherheit festgestellt (WOHN 2003). In Finnland und Nordamerika zeigte sich, dass bei Frost

Bäume um bis zu 50 Prozent steifer wurden (PELTO-LA et al. 2000; SILINS et al. 2000). Ziel dieser Untersuchung war es, weitere Ergebnisse zusammenzutragen, um Gutachtern eine informierte Entscheidung darüber zu ermöglichen, ob ein Zugversuch zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden sollte.

2 Methoden

2.1 Zugversuche

Die Zugversuche wurden nach Herstellerangaben mit den Geräten der Firma argus electronic GmbH, Rostock, durchgeführt. Bei den Untersuchungen zum Einfluss des Bodenwassergehaltes wurden Neigung des Stammfußes und Dehnung des Stammes erfasst, bei der Messung zum Einfluss der Holztemperatur nur die Dehnung des Stammes. Die Standsicherheitsberechnungen erfolgten mit dem Programm Arbostat der Firma arbosafe UG, Gauting.

2.2 Bewässerungsversuche

Sieben etwa gleichstarke Versuchsbäume wurden in einer Lindenallee (*Tilia cordata* MILL.) an der Bayreuther Straße in Bindlach ausgewählt. Als natürlicher Boden stand eine lehmig/tonige Braunerde aus pleistozänen Flusssedimenten an, durch den Bau der Straße wurde der Boden jedoch stark verändert. Im Wurzelraum zwischen Stammfuß und Wiese besteht der Oberboden (0–20 cm) aus schwach humosem Material, mit einem Tongehalt von etwa 20 Prozent. Ab 20 cm nimmt der Humusanteil ab und der Tonanteil steigt auf etwa 30 Prozent. Da der Boden durch den Straßenbau intensiv verändert wurde, liegen z. T. starke Unterschiede vor.

Es wurden zwei Versuchsreihen am 15./16.09.2011 und am 01.10.2011 durchgeführt. Da alle Versuchsbäume einen ähnlichen Stammdurchmesser hatten, wurden die Bäume einheitlich auf einer Fläche von 2,5 m × 2,5 m um den Stammfuß bewässert. Bei der ersten Bewässerung wurde ein Gießrand aus länglichen Sandsäcken errichtet. Es zeigte sich jedoch, dass der Boden genügend Wasser aufnahm, so dass auch ohne Gießrand nichts über die Bewässerungsfläche hinauslief. Bei allen weiteren Bäumen wurde der Flächenrand lediglich mit Sprühfarbe markiert.

Die Gießmenge betrug 500 l pro Baum. Diese Menge konnte der Boden gerade noch aufnehmen, ohne dass das Wasser über die Bewässerungsfläche hinauslief. Um die Bodenfeuchtemessungen auf verschiedenen Tiefen durchführen zu können, wurde mit einem Erdbohrgerät ein Loch mit einer Tiefe von etwa 45 cm und einem Durchmesser von 30 cm gebohrt. In die Wand des Bohrlochs wurde auf 5, 10, 20, 30 und 40 cm Tiefe mit dem Feuchtemessgerät eingestochen und so der Volumenanteil des Wassers in der jeweiligen Tiefe bestimmt.

2.3 Frosteinfluss

Acht Birken mit Durchmessern von 18 cm bis 29 cm, die in einer Reihe in einer Baumschule in Bayern standen, wurden an vier Terminen zwischen Januar und Juli 2012 gemessen. Dabei wurden die Temperaturen der Luft, des Bodens und des Holzes erfasst.

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Bodenfeuchte

Durch die Bewässerung wurde die Bodenfeuchte von etwa 20 % auf 30 bis 40 % angehoben. Die höhere Bo-

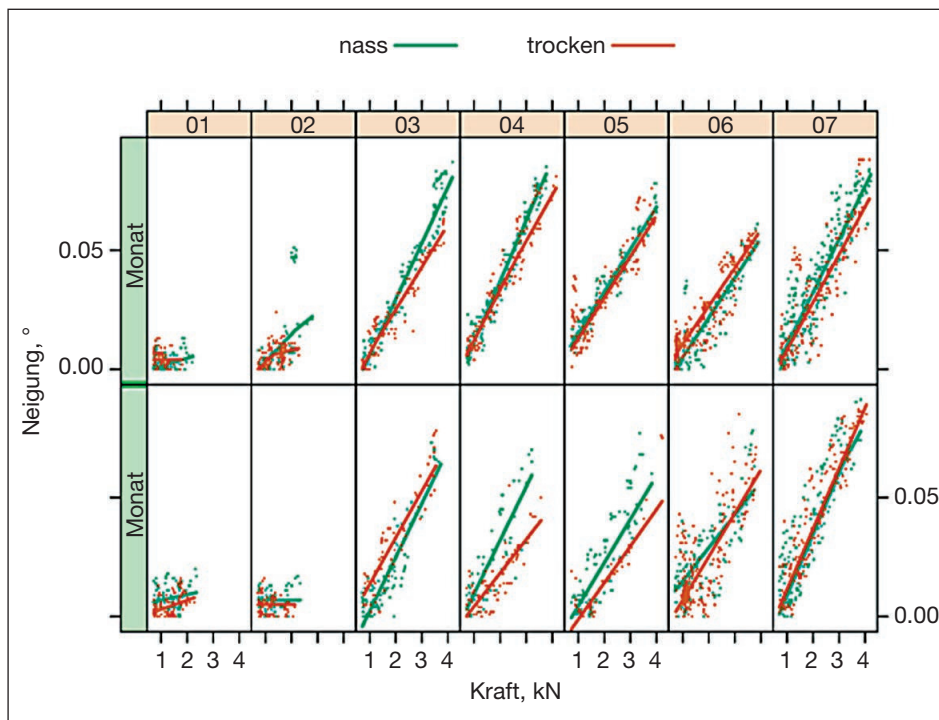


Abbildung 1:
Zusammenhang zwischen Kraft und Neigung bei den sieben Bäumen (01–07) an zwei Terminen, Monate 9 und 10. Linien: Splines durch das 0,5-Quantil. (Grünes Feld links sagt „Monat“ – es fehlt die Bezeichnung 9 und 10)

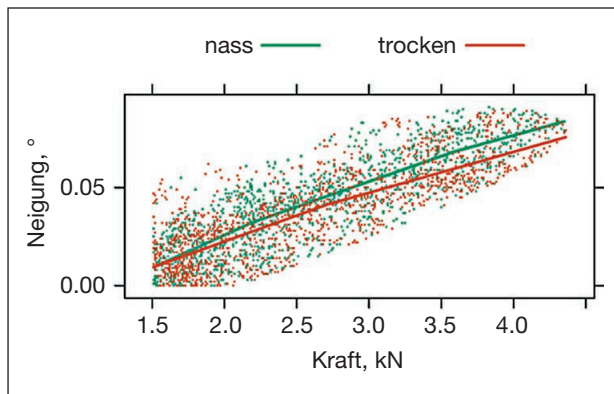


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Kraft und Neigung über alle sieben Bäume und zwei Termine. Linien: Splines durch das 0,5-Quantil

denfeuchte nach der Bewässerung bewirkte, dass sich die Neigung bei gleicher Lasteinleitung um knapp 6 % erhöhte (Abbildung 1, Abbildung 2). Dabei gab es große Unterschiede zwischen den beiden Terminen und den Bäumen. Die berechnete Standsicherheit verminderte sich dadurch zwischen 0 und 16,4 Prozent, bei einem Baum an einem Termin allerdings sogar um 39,4 Prozent.

3.2 Einfluss der Temperatur

Bei Frost waren die Birken höchst signifikant steifer als im Sommer. Von $6779 \text{ MPa} \pm 329 \text{ MPa}$ bei 20°C

erhöhte sich der Elastizitätsmodul auf $7882 \text{ MPa} \pm 329 \text{ MPa}$ bei -20°C , also um etwa 16 Prozent (Abbildung 3, Abbildung 4). Auch die Verankerung wurde von der Temperatur beeinflusst (Abbildung 5). Mit sinkender Bodentemperatur stieg die Verankerung der Bäume höchst signifikant an (Abbildung 5).

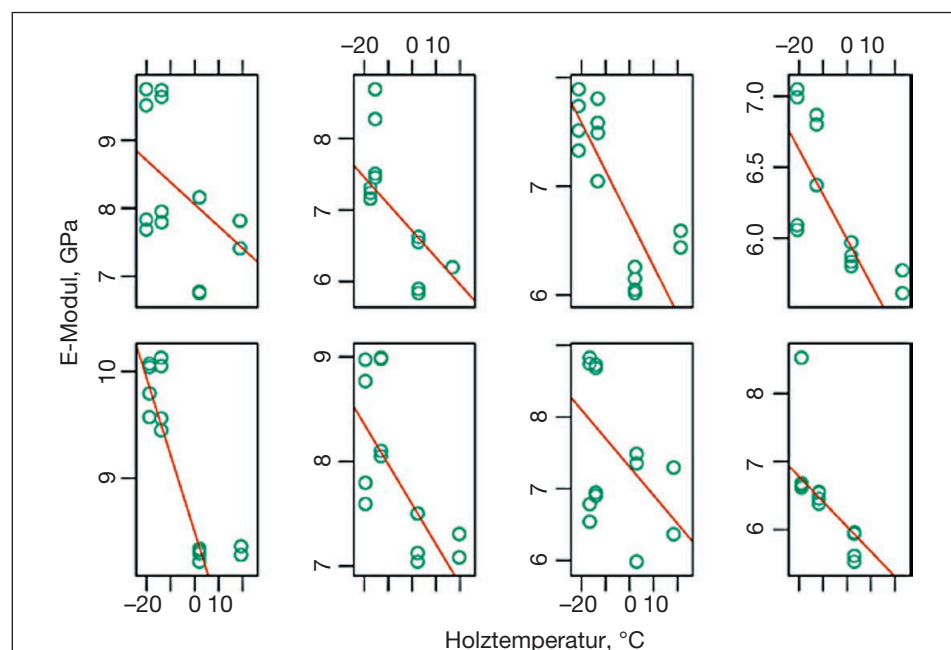
4 Diskussion

Sowohl eine Erhöhung des Bodenwassergehaltes als auch eine längere Frostperiode haben wichtige Eingangsparameter der Zugversuche signifikant verändert. Im Fall der Bewässerung wurde die Standsicherheit rechnerisch vermindert, durch den Frost dagegen wurde die Bruch- und Standsicherheit rechnerisch erhöht. Die Veränderungen lagen in der gleichen Richtung und Größenordnung der wenigen anderen Versuche dieser Art (KAMIMURA et al. 2011; PELTOLA et al. 2000; SILINS et al. 2000; WOHN 2003).

Oberhalb des Gefrierpunktes war kein Einfluss der Temperatur auf die rechnerisch ermittelte Bruchsicherheit feststellbar. Dies deckt sich mit dem Ergebnis von anderen Reihenuntersuchungen (DETTNER & RUST 2013).

Ein Einfluss der Bodentemperatur auf die Verankerung bereits oberhalb von 0°C , d. h. nicht erst un-

Abbildung 3: Veränderung des E-Moduls in Abhängigkeit von der Holztemperatur. Links oben der dünnste, rechts unten der dickste Baum. Rot: lineare Ausgleichsfunktion



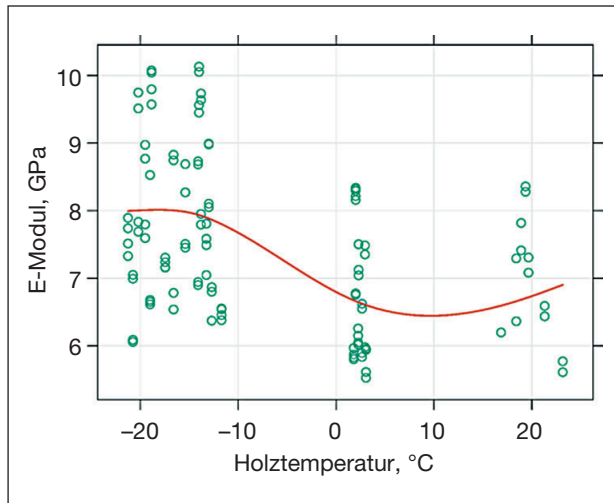


Abbildung 4: Veränderung des E-Moduls in Abhängigkeit von der Holztemperatur. Ergebnis des generalisierten gemischten additiven Modells für alle acht Bäume

terhalb des Gefrierpunktes, wurde unseres Wissens bisher nicht dokumentiert, passt aber zu experimentellen und theoretischen Untersuchungen an Böden, die eine Abnahme der Scherfestigkeit mit zunehmender Temperatur belegen (JEFFERSON 1994).

Die Beobachtungen stehen im Widerspruch zu Ergebnissen von wiederholten Zugversuchen an adulten Stadtbäumen, bei denen bei einem Anstieg der Bodentemperatur von 0 °C auf 20 °C eine geringfügig

höhere Verankerungskraft gemessen wurde (DETTET & RUST 2013). Da in beiden Untersuchungen mögliche Veränderungen der Bodenfeuchte zwischen den Messungen nicht erfasst wurden, sind weitere Experimente erforderlich, um Ausmaß und Richtung des Zusammenwirkens von Bodentemperatur und -feuchte auf die Standsicherheit zu beurteilen.

Da die Effekte in Bezug auf den Frosteinfluss gesichert und durchaus nennenswert sind, sollten Zugversuche in einer lang anhaltenden Frostperiode nach Möglichkeit vermieden werden. Ansonsten sollte der Einfluss von Feuchte und Temperatur durch angemessene Sicherheitsbeiwerte berücksichtigt werden.

Literatur

- DETTET, A.; RUST, S., 2013: Aktuelle Untersuchungsergebnisse zu Zugversuchen. In: DUJESIEKKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2013. Haymarket Media, Braunschweig, 87–100.
- JEFFERSON, I., 1994: Temperature effects on clay soils. Diss. Loughborough University of Technology.
- KAMIMURA, K.; KITAGAWA, K.; SAITO, S.; MIZUNAGA, H., 2011: Root anchorage of hinoki (*Chamaecyparis obtusa* (SIEB. et ZUCC.) ENDL.) under the combined loading of wind and rapidly supplied water on soil: analyses based on tree-pulling experiments. In: European Journal of Forest Research 131.1, 219–227.
- PELTOLA, H.; KELLOMÄKI, S.; HASSINEN, A.; GRANANDER, M., 2000: Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. In: Forest Ecology and Management 135.1-3, 143–153.

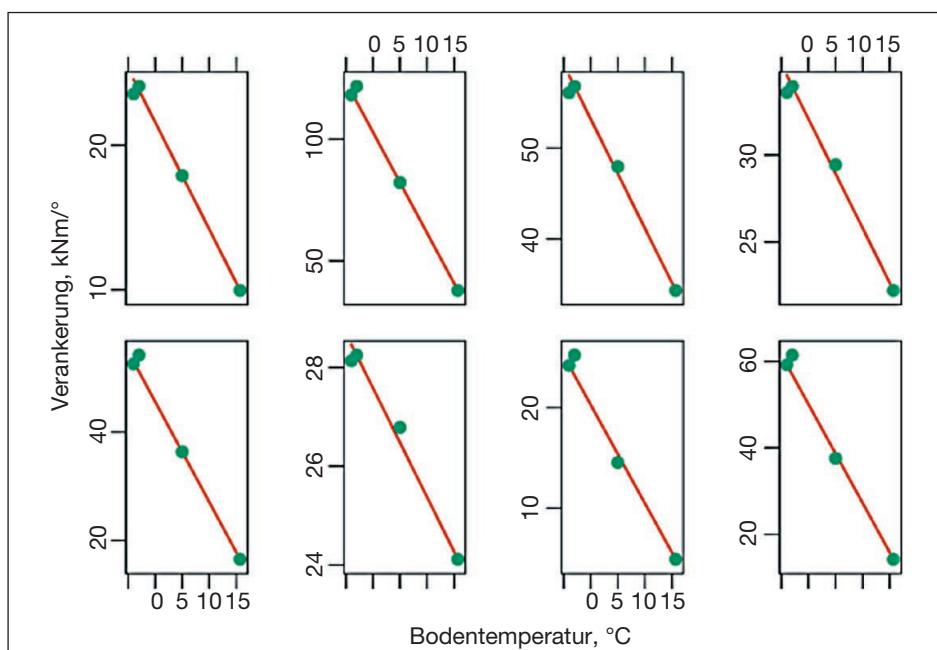


Abbildung 5: Veränderung der Stärke der Verankerung der acht Bäume mit der Bodentemperatur

- RUST, S., 1999: Comparison of three Methods for determining the conductive Xylem Area of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In: Forestry 72, 103–108.
- RUST, S., 2003: Baumdiagnose bei Frost. In: Grünforum LA 33(5), 36–38.
- SILINS, U.; LIEFFERS, V. J.; BACH, L., 2000: The effect of temperature on mechanical properties of standing lodgepole pine trees. In: Trees 14.8, 424–428.
- SINN, G.; WESSOLLY, L., 1988: Zur sachgerechten Beurteilung der Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. In: Neue Landschaft 33.
- WESSOLLY, L., 1989: Zwei neue zerstörungsfreie Messverfahren. In: Das Gartenamt 34, 587–591.
- WOHN, J., 2003: Untersuchungen zur Standsicherheit von Bäumen bei Wassergehaltsänderungen im Boden. Diplomarbeit an der FH Nürtingen. Nürtingen.

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-bhg.de*



*B.Sc. Christoph Fuchs
Eckartsreuth 9
95466 Kirchenpingarten
Tel. (01 71) 7 64 44 99
chrfuchs@gmx.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*



Bernhard Schirutschke studiert aktuell Arboristik an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen.

*Bernhard Schirutschke
David-Hilbert-Str. 11
37085 Göttingen
info@treewoodservices.de*

