

# Baumbewegungssensor TMS (Tree Motion Sensor) zur Überprüfung der Standfestigkeit

Arborist B. Sc. Kilian Wiegmann, Argus Electronic, Rostock

Die Standfestigkeit oder Standsicherheit von Bäumen ist als Teil der gesamten Verkehrssicherheit, insbesondere bei Bäumen an Verkehrswegen, von Bedeutung. Baumeigentümer tragen prinzipiell Verantwortung für ihre Erhaltung. Andererseits ist die Standsicherheit, vor allem in Abgrenzung zur Bruchsicherheit, schwer einzuschätzen. Ihre wesentlichen Einflüsse finden zumeist verborgen im Untergrund statt. Obwohl sie im natürlichen Zustand des Baumes als gegeben betrachtet werden kann, müssen Abweichungen von diesem Zustand an Hand von Indizien wie Veränderungen des Wurzelraumes oder Spuren von Eingriffen erkannt und beurteilt werden. Eine tatsächliche Symptomansprache kann nur invasiv durch Aufgraben, beziehungsweise etwas schonender durch Absaugen des Bodens erfolgen. Oder aber man beurteilt den Zustand der Verankerung durch den Einsatz von Messtechnik.

Während sich für die Untersuchung oberirdischer Baumteile in den letzten 20 bis 30 Jahren eine vergleichbar große Zahl von Untersuchungsmethoden etabliert hat, stand für Untersuchungen der Verankerung eines Baumes und der Standsicherheit lange Zeit nur der baumstatische Zugversuch zur Verfügung.

Diese Methode setzt den Baum kontrolliert einer künstlich erzeugten Windersatzlast (=Zug) aus. Die gemessene Reaktion auf die bekannte Last wird verglichen mit der Last, die durch einen Orkan auf den Baum ausgeübt würde. Der sich hieraus ergebende Sicherheitsfaktor gibt zweifelsfrei an, ob ein untersuchter Baum in seinem festgestellten Zustand standsicher ist oder nicht. Die Methode hat ihre Berechtigung, insbesondere wegen der hohen Präzision und Aussagekraft der Ergebnisse (WESSOLLY 2010, DETTER & RUST 2013). Diese werden allerdings durch einen recht hohen Aufwand in Versuchsaufbau und Auswertung erkauft.

Ein alternativer Ansatz zur Messung der Standfestigkeit im Kontext der Verkehrssicherheit ist die Messung der Baumbewegungen im natürlichen Wind. Diese hat nicht nur den methodischen Vorteil eines stark vereinfachten Versuchsaufbaus, weil auf künstliche Windersatzlasten verzichtet wird, sondern verspricht auch Erkenntnisse in Bezug auf dynamische Windreaktionen des Baumes sowie die Berücksichtigung tatsächlicher lokaler Windphänomene, die durch Windlastabschätzungen nur schwer zu beschreiben sind.

Zur Durchführung solcher Messungen wurden die so genannten TreeMotionSensoren (kurz TMS) entwickelt. Messtechnisch betrachtet handelt es sich dabei um Neigungssensoren, die unmittelbar über der Erdgleiche am Baumstamm befestigt werden. Alle Baumbewegungen, die stark genug ausfallen um an dem Wurzelballen, dem Verankerungspunkt des Baumes, wirksam zu werden, werden dort aufgezeichnet.

Der Winkelsensor ist eingebettet in ein Messgerät, das gleichzeitig klein und unauffällig wie auch besonders kompakt und robust ausgelegt ist. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass Messungen von windinduzierten Baumbewegungen in der Praxis nicht präzise terminierbar sind und oft mehrere Stunden bis wenige Tage in Anspruch nehmen. Die Bauform der Messgeräte ist also optimiert für autarke Messoperationen, die entsprechend lange andauern.

Der klassische TMS ist optimiert für einmalige Untersuchungen von Bäumen. Er wird bei günstiger Wettervorhersage, das heißt Wind der Stärke 6 oder höher, am zu untersuchenden Baum befestigt und mit Hilfe eines handelsüblichen Smartphones eingeschaltet. Von diesem

Moment an zeichnet der Sensor bis zu 21 Tage lang permanent alle Neigungen des Baumes auf, je mehr Wind herrscht, desto deutlicher werden die Ergebnisse. Während dieser Zeit schützt das robuste Design und die absolute Wasserdichtigkeit die Messtechnik vor Schäden, während die kleine Bauform und die Unauffälligkeit unerwünschte Manipulationen vermeiden. Der Anwender entscheidet durch Beobachtung der Wetterlage, wann die Messung beendet wird. Hat der Wind nachgelassen, wird der Sensor abgeholt und ausgelesen. Die Neigungsdaten werden in der zugehörigen Software mit Winddaten ergänzt. Diese können vom Nutzer mit einer eigenen Messstation erhoben, oder aus einer beliebigen zugänglichen Quelle importiert werden. Aus der Zusammenstellung von Neigungswerten und den zugeordneten lokalen Windgeschwindigkeiten, wird automatisch eine individuelle Wind-Neigungs-Kurve des Baumes erstellt. Diese charakterisiert die Reaktion und das Neigungsverhalten des Baumes im Wind. Sie kann für sich oder im Vergleich zu den charakteristischen Kurven anderer Bäume interpretiert werden.

Neben den zuvor beschriebenen Sensoren für einmalige Messungen sind auch Systeme verfügbar, die auf deutlich längere Laufzeiten, und damit eine mehr oder weniger permanente Überwachung ausgelegt sind. Die Sensorik ist dabei sehr ähnlich, allerdings sind alle Komponenten um ein Solarmodul erweitert. Mit dieser zusätzlichen Energieversorgung sind Systemlaufzeiten von bis zu einem Jahr oder sogar darüber hinaus realistisch. Da diese Messgeräte nicht mehr nach absehbarer Zeit eingesammelt werden, erfolgt der Datentransfer direkt vom Baum in eine Cloud. Um die Datenmenge ökonomisch zu halten, wird nicht permanent, sondern Ereignis-induziert gemessen. Es entstehen also nur Messdaten, wenn auch Bewegung am Baum stattfindet. Diese Messdaten werden ebenfalls mit Windinformationen, von einem in das System eingebunden Anemometer oder einer beliebigen externen Quelle, kombiniert. Die errechneten Wind-Neigungs-Kurven können genauso interpretiert werden, wie die einzelner Windereignisse. Hinzu kommt bei anhaltenden Messungen die Möglichkeit, das Verhalten eines bestimmten Baumes mit Windreaktionen auf frühere Windereignisse zu vergleichen. So können Trends und Entwicklungen erkannt und beobachtet sowie der Einfluss von Eingriffen, die inzwischen stattgefunden haben, beurteilt werden.

Unabhängig von der genauen Systemauslegung erlaubt das Messprinzip der TreeMotionSensoren verschiedene Anwendungs- und Auswertungsszenarien.

Besonders der Vergleich von Messungen an Bäumen einer vergleichbaren Gruppe ist aufschlussreich. Durch den niedrigen Installationsaufwand der TMS bieten sie sich ohnehin besonders für Untersuchungen an größeren Anzahlen von Bäumen an. Durch den Vergleich in der Gruppe werden zum Einen solche Bäume erkennbar, deren Neigung absolut verdächtige Ausmaße annimmt, zum Anderen werden durch den Vergleich mit ähnlichen Bäumen, die den selben Standort und eine vergleichbare Windexposition aufweisen, auch kleinere Abweichungen, die als Absolutwert nicht auffällig oder nicht zuzuordnen wären, einschätzbar. Auch falls die Neigungsmessung mit TMS selbst keine abschließende Beurteilung der Standsicherheit erlauben sollte, sind TreeMotionSensoren geeignet durch die aufwandsarme Prüfung größerer Baumanzahlen die Exemplare festzustellen, bei denen begründete Zweifel an der Sicherheit bestehen, um dann weitere Maßnahmen auf diese fokussieren zu können.

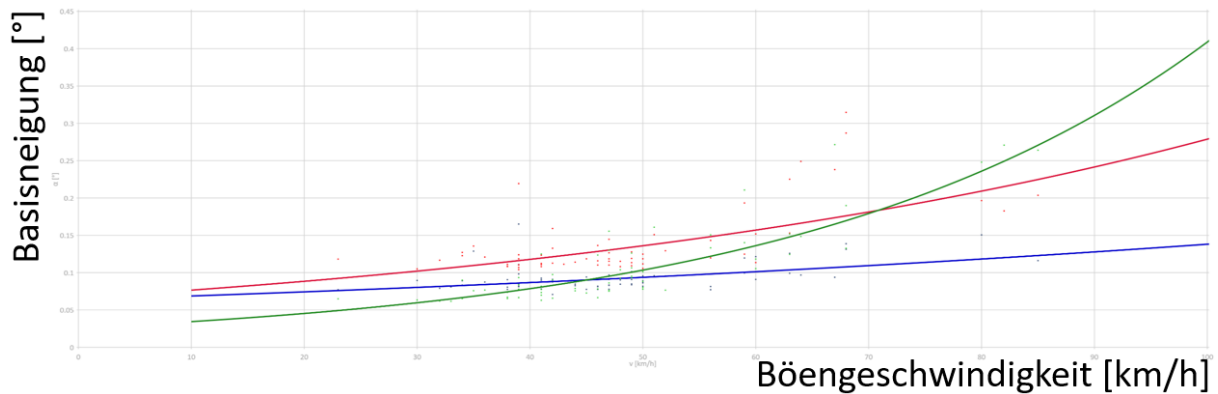


Abb.: Neigungen dreier Linden über die Windgeschwindigkeit aufgetragen. Der grün dargestellte Baum zeigt größere Bewegungen. Bei Windböen bis 85 km/h wurden gut 0,25° Neigung erreicht.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten liegen in der wiederholten -oder andauernden- Überwachung einzelner Bäume von herausragendem Wert oder besonderem Interesse. Langsam verlaufende Degenerationsprozesse können durch wiederholte Messungen unter vergleichbaren Windbedingungen eingeschätzt werden. Während eine Zunahme der Neigung bei gleicher Windgeschwindigkeit eine tendenzielle Abnahme der Standsicherheit vermuten lässt, können gleichbleibende oder sogar kleiner werdende Windreaktionen Zeichen von vitaler Kompensation erlittener Schäden sein.

Analog hierzu kann auch ein Vergleich der Windreaktion vor und nach bestimmten Ereignissen angestellt werden, beispielsweise vor und nach der Durchführung von Bauarbeiten mit vermuteten statisch relevanten Wurzelverlusten. Eine Kontrollmessung bei ausreichend starkem Wind vor den Arbeiten dokumentiert den natürlichen Zustand. Die wiederholte Messung unter vergleichbaren Bedingungen nach der Bauausführung zeigt gegebenenfalls an, ob eine Verschlechterung der Verankerung stattgefunden hat oder ob das Neigungsverhalten immer noch vergleichbar ist.

Allen Auswertungsvarianten ist gemein, dass es einer gewissen Fachkenntnis bedarf, um die Bedeutung der Neigungswerte für Verankerung und Standsicherheit eines Baumes zu interpretieren. Erfahrung in der Auswertung von windinduzierten Neigungsdaten ist von Vorteil, um einzelne Ergebnisse einschätzen zu können.

Bei der Messung von Baumbewegungen durch TreeMotionSensoren handelt es sich um einen Ansatz, der auf die Einschätzung der Standsicherheit von Bäumen abzielt. Damit befasst sich diese Methode mit dem Bestandteil der Verkehrssicherheit, der in Abgrenzung zur Bruchsicherheit oft schwieriger einzuschätzen ist. Für den Einsatz von TMS spricht besonders der niedrige Installations- und Auswertungsaufwand sowie die Möglichkeit Gruppen von Bäumen gleichzeitig zu behandeln.

**DETTER, A., RUST, S., 2013:** Aktuelle Untersuchungsergebnisse zu Zugversuchen. In: Dujesiefken, D. (Hrsg.), 2013: Jahrbuch der Baumpflege 2013. Haymarket Media GmbH & Co. KG. Braunschweig. 87-100.

**GOECKE, L., RUST, S., RUHL, F., 2018:** Assessing the Anchorage and Critical Wind Speed of Urban Trees using Root-Plate Inclination in High Winds. *Arboriculture & Urban Forestry* **44**. <http://auf.isa-arbor.com/articles.asp?JournalID=1&VolumeID=44&IssueID=1>

**RUST, S.; GOECKE, L., 2015:** Correlation of wind speed and root plate tilt of trees in urban environment. In: International Society of Arboriculture (Hrsg.), 2015: ISA Annual Conference. Orlando.

[https://www.academia.edu/15142768/Correlation\\_of\\_wind\\_speed\\_and\\_root\\_plate\\_tilt\\_of\\_trees\\_in\\_urban\\_environment](https://www.academia.edu/15142768/Correlation_of_wind_speed_and_root_plate_tilt_of_trees_in_urban_environment)

**WESSOLLY, L., 2010:** 25 Jahre Baumstatik – Eine Bilanz. Pro Baum, Zeitschrift für Pflanzung pflege und erhaltung 3 (2010), 9-15.