

## Standsicherheit von Parkbäumen

### Auszüge aus einem Sachverständigengutachten

GÜNTHER SINN

(DAS GARTENAMT 32 (1983) März)

#### Vorbemerkung

Im Zuge einer Tennisplatzverweiterung wurde in den Wurzelraum von vier Linden eingegriffen. Der Wurzelverlust durch einseitigen Bodenabtrag, bis an die Stämme der etwa einhundertjährigen Bäume, war so erheblich, daß die Standsicherheit nicht mehr gewährleistet zu sein schien. In einem Sachverständigengutachten sollte hierzu Stellung genommen werden.

Die Schwierigkeit einer eindeutigen Aussage zum Komplex der Standsicherheit von Bäumen liegt nicht zuletzt darin, daß das Wurzelfundament der Einsicht entzogen ist. Wir kennen die Verankerungs Kräfte nicht; in den meisten Fällen nicht einmal die Längen- und Tiefenausdehnung der wirksamen Wurzelmasse. Im vorliegenden Fall konnten solche Begrenzungen mit großer Wahrscheinlichkeit festgelegt werden, so daß der Versuch einer Gleichgewichtsbetrachtung nach statischen Grundsätzen möglich war. Das Gutachten geht auf die relevanten Grundbegriffe der Statik ein und zeigt den Rechengang bis zur Feststellung der Kippgefahr. Dem Verfasser ist klar, daß die Methode, wenn überhaupt auf den Organismus Baum anwendbar, noch mancher Überlegung und Ergänzung bedarf.

Die Palette der Imponderabilien ist vielfältig. Genannt seien unter anderem: Die baumartige Rhizosphäre; die tatsächliche Eigenlast des lebenden Baumes; die Elastizität und mögliche Schwingungsbeanspruchung des Kronentragwerkes, durch Einwirkung äußerer Kräfte und ihre Auswirkung auf die Standsicherheit; die Auswirkungen der Aerodynamik auf die Standsicherheit. Hierzu gehören zum Beispiel: Die Durchlässigkeit des Kronenaufbaus; die Fahnenbildung bei Birke, Trauerweide und anderen unter Windeinfluß; der von der Blattform und Blattstellung abhängige Luftwiderstandswert der Belaubung.

#### Sachverhalt

Folgender Sachverhalt liegt zugrunde

Die etwa einhundertjährigen Linden (*Tilia x vulgaris*, Pflanzjahr 1886) stehen auf einer ca. 0,75 m hohen Böschung, am östlichen Rand der Tennisplatzanlage des TC ... Diese Böschung, die in eine ca. 4,00 m breite und ca. 0,40 m hohe Zuschauerterrasse auslief, wurde bis an die Stämme der Bäume abgetragen. Die Abtragung erfolgte mit einem Radlader. Lediglich im unmittelbaren Stammbereich wurde die Erde von Hand bzw. mit einem Kleinbagger beseitigt.

Der Eingriff in den Standraum der Bäume ergibt sich aus Darstellung 1 und den Abbildungen 1 bis 4.4.

#### Baumschutzbestimmungen

Die einschlägigen Baumschutzbestimmungen wurden nicht beachtet, wie zum Beispiel -DIN 18920, Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen, insbesondere Ziffern 2.5, 2.6, auch 2.10; -RSBB, Richtlinien zum Schutz von Bäumen und

Strauchern im Bereich von Baustellen, insbesondere Ziffer 4, Bodenabtrag; -Satzung zum Schutz des Baumbestandes der Stadt ... , insbesondere § 2.2 (5.Zeile).

#### Bedenken des Auftragnehmers

Die ausfahrende Firma hat gegen die Anordnungen des Auftraggebers nach § 4 Nr. 1 Abs. 4 VOB/B keine Bedenken angemeldet.

#### Ortstermine

Die Schadenfeststellung und Erfassung der notwendigen Daten erfolgte am 1. 4. 1982, 2. 4. 1982, 3. 4. 1982, 5. 4. 1982 und 7. 4. 1982. Anlässlich des Ortstermines am 2. 4. 1982 waren außer dem Unterzeichner folgende Herren anwesend und konnten sich äußern: ...

#### Darlegungen der Beteiligten

Insbesondere die Herren ... trugen vor, daß die Bäume vor dem jetzigen Eingriff im Wurzelbereich schon beschädigt gewesen seien. Es sei quasi nur ein Rückschnitt ins gesunde Holz erfolgt. Dies könne auch der Baumpfleger, Herr ..., bestätigen, der zu Rate gezogen worden sei.

Die Herren ... erklärten auf Befragen, daß die Wurzelabrisse, an denen man die früheren Beschädigungen hätte feststellen können, als Abfall abgefahren worden seien. Die Behauptung der früheren Beschädigung wurde von Herrn . . ., der für die gärtnerischen Außenanlagen zuständig ist, als unwahr zurückgewiesen.

#### Feststellungen des Sachverständigen

Es wurde folgendes festgestellt:

1. Der Gesundheitszustand der Linden lässt nicht auf frühere Starkwurzelabrisse schließen. Denkbar ist, daß vor einiger Zeit beim Setzen eines Kantensteines auf der Böschungsseite, in unmittelbarer Nähe der Bäume, einzelne schwächere Wurzeln beseitigt wurden.

2. Durch Aufgrabungen wurde nach den Fortsetzungen der abgetrennten Starkwurzeln gesucht und diese auch gefunden. Die Abrißstellen waren frisch.

3. Am 5. 4. 1982 und 7. 4. 1982 wurden an der Stelle, an der die abgetragene Erde abgekippt wurde, zahlreiche frische Starkwurzelabrisse unterschiedlicher Länge gefunden. Die Wurzeln wiesen keine früheren Beschädigungen auf. Sie waren zum Teil an den äußeren Trennstellen mit einem Wundverschlußmittel verstrichen. Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit kann es sich nur um die Wurzelstücke handeln, die nach dem Radladereinsatz von Hand freigelegt und abgetrennt wurden.

4. Am 7. 4. 1982 konnte dem erwähnten Baumpfleger, Herrn . . ., an Ort und Stelle die Frage der Wurzelabrisse gestellt werden. Herr . . . räumte ein, nicht mehr als zwei oder drei frühere Beschädigungen gesehen zu haben. Nach Zählung des Sachverständigen wurden jedoch insgesamt mindestens 19 Starkwurzeln abgetrennt.

Aus all dem ergibt sich, daß, abgesehen von möglichen früheren Beschädigungen unerheblichen Ausmaßes, das Wurzelfundament der Bäume durch die jetzige Baumaßnahme stark in Mitleidenschaft gezogen wurde. Es ist zu befürchten, daß die zum Teil stummellosen Amputationen eines Teils der Starkwurzeln einschließlich der Versorgungswurzeln zu einem langsamem Siechtum der Bäume führen. Teile der Krone werden nicht mehr ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt, die Bäume sind stark geschwächt, die Wundversorgung an den Amputations- und Abrißstellen ist mangelhaft, so daß es zu Pilzbefall kommen kann.

## Standsicherheit

Mit Recht stellt sich nach dem Eingriff die Frage der Standsicherheit. Zu diesem Komplex sei auf den Beitrag von G. SINN "Standsicherheit von Bäumen" in DAS GARTENAMT 31 (1982), Heft 1, verwiesen.

Entscheidend für die Standsicherheit eines Baumes ist demnach der Wurzelzustand.

Im vorliegenden Fall ist von folgenden Tatsachen auszugehen:

- 1 .Die Abrißstellen liegen in der Hauptwindrichtung (Westen).
2. Die Stützverankerung durch Starkwurzeln fehlt auf dieser Seite.
3. Die Zugverankerung durch seilartige Wurzeln unterhalb der Abgrabungs- und Abrißzone ist nicht ausreichend (Darstellung 1).
4. Die Wurzelausdehnung ist nach der Tiefe durch eine Pelosolschicht (Lettenschicht) begrenzt. Nach SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1979) ist das Innere der Pelosolaggregate besonders dann kaum durchwurzelbar, wenn eingelagerter Ton die Prismenoberfläche abdeckt. Dieser Zustand liegt hier vor. Die Lettenschicht befindet sich in einer Tiefe von ca. 1,50 m ab Baumbestand bzw. ca. 0,75 m ab OK Tennisplatz.

Außerdem ist bekannt, daß die Linde eine geringe Wurzelenergie hat und in der Regel nicht in tiefere Bodenschichten mit niedrigem Sauerstoffgehalt vordringt. Ausnahmen sind auf Sandboden möglich, der hier jedoch nicht ansteht (vgl.KÖSTLER, BRÜCKNER und BIEBELRIETHER (1968) und G. SINN: " Wurzelsystem der Straßenbäume" in DAS GARTENAMT 31 (1982), Heft 4.

5. Das nun abgetrennte bzw. beschädigte Wurzelpaket hatte auf der Tennisplatzseite aufgrund der Tiefenbegrenzung (ca. 0,75 m bis zur Lettenschicht) und aufgrund des relativ großen Wasserangebotes, infolge der täglichen Platzberegnung insbesondere in den heißen Sommermonaten, eine Längenausdehnung von ca. 20,00 m.
6. Aufgrund der Längenbegrenzung der Wurzeln auf der Ostseite durch Gewächshausfundamente, in einer Entfernung von ca. 9,00 m, und aufgrund der Daten aus den Punkten 4 und 5 lässt sich errechnen, daß ehemals pro Baum ein Durchwurzelungsraum von ca. 243 m<sup>3</sup> zur Verfügung stand. Der durch Abgrabung und Beschädigung nicht mehr wirksame Wurzelanteil in einem Volumen von ca. 63 m<sup>3</sup> beträgt rund 26 Prozent.

Die Abschätzung der Standsicherheit erfolgt auf der Grundlage einer Gleichgewichtsbetrachtung.

Standsicherheit (Sicherheit gegen Kippen) ist gegeben, wenn das Standmoment M, größer ist als das Kippmoment Mk. Die Resultierende aus den einwirkenden Kräften, insbesondere aus der Eigenlast des Baumes und den Windkräften, muß innerhalb des Fundamentkernes bzw. der Stützfläche liegen.

Zur Berechnung der Standsicherheit sind folgende Größen zu ermitteln:

- 1 .Windlast W, die sich aus dem Kraftbeiwert cf, dem Staudruck q sowie der Windangriffsfläche A (Aerea) von Stamm und Krone ergibt. Formel:  $W = cf \times q \times A$  in kN (Kilonewton)
2. Baumgewicht einschließlich Wurzelraumgewicht = Kraft N (Normalkraft).
3. Abstand des Angriffspunktes der Kraft N zum Drehpunkt an der Kippkante = Strecke a.
4. Abstand vom Angriffspunkt der Windlast (Flächenschwerpunkt der Krone) bis zur Unterkante der statisch wirksamen Wurzelmasse = Strecke 1.

Standsicherheitsformel:  $S = (N \times a) / (W \times l)$

Rechenbeispiel, Baum Nr. 2, Tilia x vulgaris

Baumdaten (Darstellung 2)

- Höhe ca. 22,00 m
- Stammumfang in 1,00 m Höhe = 2,00 m, D = 0,64 m
- Stammlänge unter der Krone ca. 9,00 m
- Windangriffsfläche des Stammes (siehe vorhergehende Zeichnung) vereinfacht ( $0,64 \times 8,00 \text{ m} + (0,64 \times 1,00 \text{ m}) = 5,76 \text{ m}^2$ )
- Windlast des Stammes (Beiwertannahme  $cf = 0,7$ ; Staudruck  $q$  unter 8,00 m = 0,5 kN/m<sup>2</sup>, 8,00 bis 20,00 m = 0,8 kN/m<sup>2</sup>,  $(0,7 \times 0,5 \text{ kN} \times 5,12 \text{ m}^2) + (0,7 \times 0,8 \text{ kN} \times 0,64 \text{ m}^2) = 2,09 \text{ kN}$ )
- Kronenbreite ca. 8,00 m
- Windangriffsfläche der Krone (siehe Zeichnung im Anhang)  $(4,00 \text{ m} \times 6,00 \text{ m}) + (8,00 \text{ m} \times 5,00 \text{ m}) + (4,00 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}) = 72,00 \text{ m}^2$
- Windlast der Krone (Beiwertannahme  $cf = 0,6$ ; Staudruck  $q$  (8,00 bis 20,00 m = 0,8 kN/m<sup>2</sup>, über 20,00 m = 1,1 kN/m<sup>2</sup>),  $0,6 \times (0,8 \text{ kN} \times 64,00 \text{ m}^2) + (1,1 \text{ kN} \times 8,00 \text{ m}^2) = 36,00 \text{ kN}$ )
- Windlast zusammen = 38,09 kN
- Baumgewicht nach Erfahrungswerten geschätzt = 3,00 t = 30,00 kN

Bei der Ermittlung des Wurzelraumgewichtes ist davon auszugehen, daß die Bäume in einem Abstand von ca. 8,00 m in einer Reihe stehen. Infolge des Baumalters und des relativ engen Standes ergibt sich als Durchwurzelungsraum ein kubischer Erdkörper.

Angenommene Begrenzungen des statisch wirksamen Wurzelraumes (Grobwurzelzone)

- Nord-Süd einschließlich Überlappung mit Nachbarbäumen, nach jeder Seite 1,5 m über die Kronenausladung = 11,00 m
- Ost, von Abbruchkante, 0,56 m westlich der Stammitte, bis 1,5 m über die Kronenausladung = 6,06 m, Tiefe 1,00 m
- West, von Abbruchkante bis 1,5 m über die Kronenausladung = 4,94 m, Tiefe = 0,30 m
- Statisch wirksamer Wurzelraum  $(11,00 \text{ m} \times 6,06 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}) + (11,00 \text{ m} \times 4,94 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}) = 82,96 \text{ m}^3$
- Wurzelraumgewicht  $82,96 \text{ m}^3 \times 1,8$  (spez. Gewicht) = 149,33 t = 1493,30 kN
- Baumgewicht + Wurzelraumgewicht = Kraft N = 152,33 t = 1523,30 kN
- Abstand des Angriffspunktes der Kraft N (Stammitte) bis zum Drehpunkt an der Kippkante = Strecke a = 0,56 m
- Abstand vom Angriffspunkt der Windlast (Flächenschwerpunkt der Krone) bis zur Unterkante des statisch wirksamen Wurzelraumes = Strecke l = 17,50 m

Standsicherheitsnachweis auf der Basis der ermittelten Zahlen

$$S = (N \times a) / (W \times l) = (1523,30 \text{ kN} \times 0,56 \text{ m}) / (138,09 \text{ kN} \times 17,50 \text{ m}) = 853,05 \text{ kNm} / 666,58 \text{ kNm} = 1,280$$

Die nach statischen Gesetzmäßigkeiten geforderte 1,5fache Sicherheit ist rechnerisch nicht mehr gegeben. Unter dem Einfluß von Windböen kann Kippgefahr bestehen.

Maßnahmen

Reduzierung der Windangriffsfläche (Kronenrückschnitt) und/oder Verankerung mit Stahlseilen.

Um 1,5fache Sicherheit zu erreichen, müßte die Windangriffsfläche auf 67,70 m<sup>2</sup> reduziert werden (vgl. Windangriffsfläche von Stamm und Krone zur Zeit des Eingriffes = 77,76 m<sup>2</sup>).

#### Anmerkung

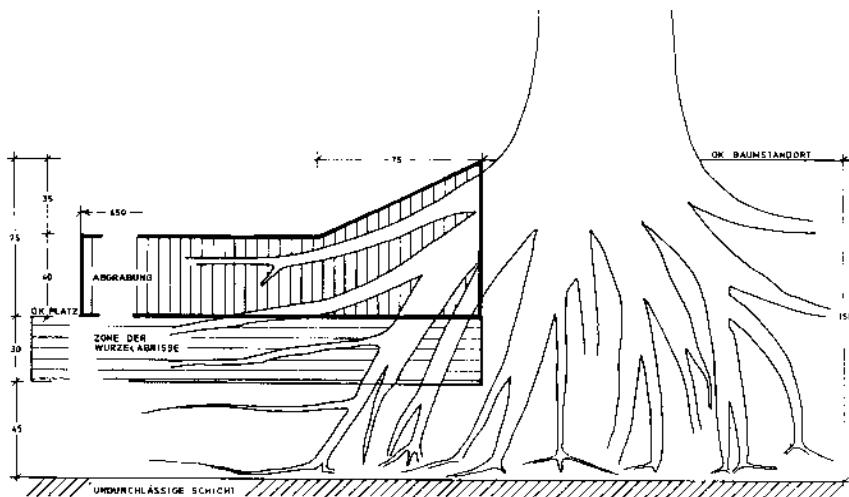
Die der Berechnung zugrunde liegenden Staudrücke von 0,5 kN, 0,8 kN und 1,1 kN entsprechen Windgeschwindigkeiten von 28,3 m/s, 38,5 m/s und 42,0 m/s. Dies sind Bedingungen orkanartiger Stürme, die bisher nicht aufgetreten sind.

#### Zusammenfassung

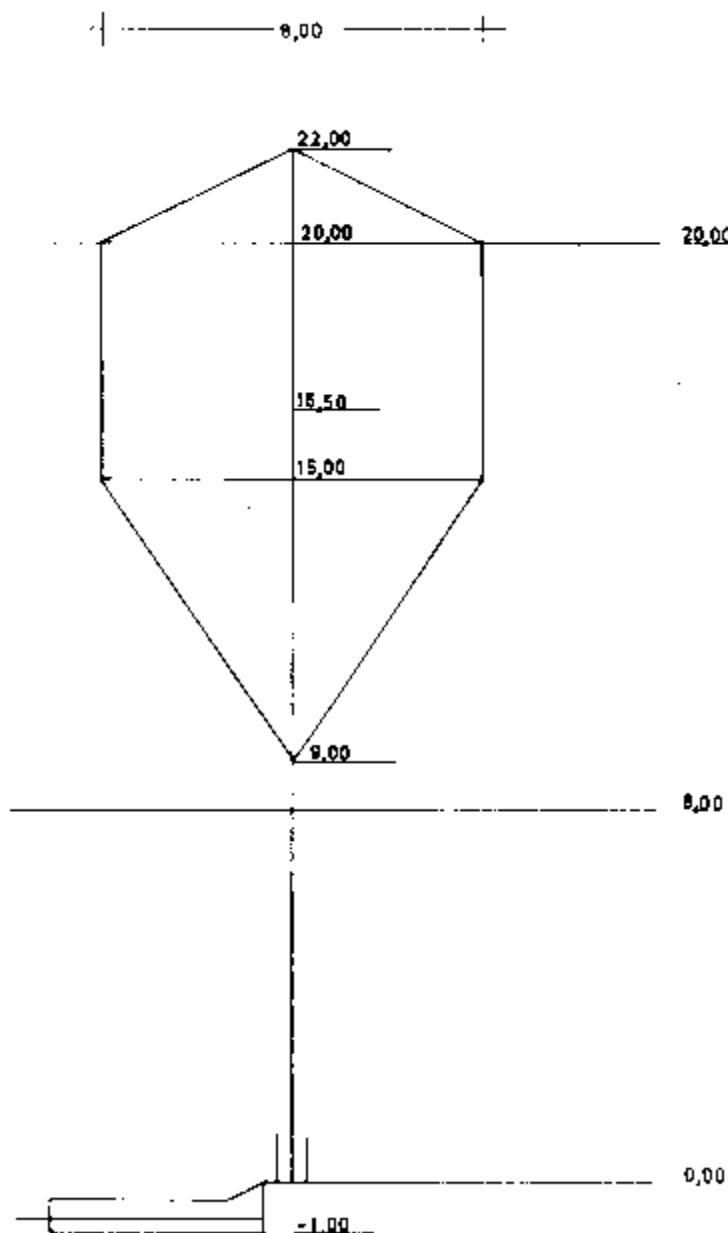
Durch den Eingriff in die Wurzelsubstanz der vier Linden, anlässlich der Erweiterung der Tennisplatzanlage, wurden die Bäume stark geschädigt.

Eine Standsicherheitsbetrachtung nach statischen Gesichtspunkten ergibt, daß die Bäume nicht mehr absolut standsicher sind. Besonders hoch erscheint die Kippgefahr bei den Bäumen Nr. 3 und 4. Hier liegt der errechnete Sicherheitsfaktor weit unter der kritischen Grenze von 1. Die Bäume sind insbesondere durch hohe Windgeschwindigkeiten und Turbulenzen gefährdet.

Die Kipprichtung läßt sich nicht genau abschätzen. Nach physikalischen Gesetzen müßten sich die Bäume unter Windeinfluß nach der Seite der fehlenden Stützwurzeln, also zu den Tennisplätzen hin, neigen. Da im Katastrophenfall die Zugverankerungen, insbesondere die elastischen Derbwurzeln (Durchmesser 20 bis 50 mm), jedoch nicht alle gleichzeitig abreißen, können sich die Bäume im Fallen nach allen Seiten hin drehen. Die Windrichtung spielt dann nur eine untergeordnete Rolle.



Darstellung 1: Eingriff in den Standraum der Bäume (Maße in cm)



Darstellung 2: Größenangaben zu Baum 2

Literatur

- KÖSTLER, J. N., E. BRÜCKNER und H. BIEBELRIETHER: Die Wurzeln der-Waldbäume.  
Verlag Paul Parey, 1968.
- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde.Ferdinand Enke Verlag  
Stuttgart, 1979.

