

Sachverständigengutachten

**zur Stand- und Bruchsicherheit von 5 Hybrid-Pappeln
auf dem Parkplatz südlich des Alten Hallenbads
in Heidelberg**

Dipl.-Biol. Klaus Plessing

ö.b.v. Sachverständiger

Zähringer Straße 57
69115 Heidelberg

Tel. 06221 164323
Fax 06221 164303
e-mail: plessing@t-online.de

Inhalt

1	Anlass und Aufgabenstellung.....	3
2	Ortstermin.....	3
3	Sicherheitsrelevante Eigenschaften der Baumart.....	3
4	Ergebnisse und Auswertung der örtlichen Untersuchung.....	6
4.1	Tabelle der Baumdaten.	8
4.2	Schäden und Schadsymptome.....	9
4.3	Ergebnisse der Messungen mit dem Resistographen.	12
4.4	Ergebnisse der Messungen mit dem Zuwachsbohrer.	12
4.5	Zusammenfassende Beurteilung der stand- und Bruchsicherheit der Pappeln.	13
4.6	Maßnahmenempfehlung.....	15
5	Fotos	17
6	Schlussbemerkung.....	28
7	Literatur.	29

1 Anlass und Aufgabenstellung

Aufgrund der geplanten Neugestaltung und Nutzungsänderung des heutigen Parkplatzes südlich des alten Hallenbades soll im vorliegenden Gutachten die Stand- und Bruchsicherheit von 5 Hybrid-Pappeln überprüft und begutachtet werden.

2 Ortstermin

Die Bäume wurden am 20.10.2009 vom Unterzeichner unter Mitarbeit von Herrn Dipl.-Ing. Landschaftsarchitektur (FH) Ch. Matthiessen vor Ort nach der *VTA-Methode (Visual Tree Assessment)* eingehend untersucht.

Stammfuß und untere Stammregionen der Bäume wurden mit Schonhammer, Metallspieß und Resistograph auf Fäule geprüft.

3 Sicherheitsrelevante Eigenschaften der Baumart

Baumart: Hybrid-Pappel
(*Populus x canadensis*)

Sicherheitsrelevante Eigenschaften der Art: Die Hybrid-Pappel ist ein großer raschwüchsiger Baum, der 35 bis 40 m hoch und bis 30 m breit wird. Der Jahreszuwachs beträgt zunächst 100 bis 150 cm, später verringert er sich auf ca. 50 bis 75 cm.

Sie erreicht ein geringes Alter von meist lediglich ca. 60 bis 80 Jahren. Nur auf besonders guten Standorten kommen auch ältere Exemplare vor.

Die Kanadische Pappel benötigt frische bis feuchte, tiefgründige und nährstoffreiche sandige Lehmböden. Sie ist empfindlich gegen Staunässe, ansonsten aber sehr anpassungsfähig.

Die weitstreichenden Wurzeln sind kräftig flach und horizontal ausgebreitet. Sie reagieren empfindlich auf Oberflächenverdichtung.

Die Festigkeit des weichen Pappelholzes ist gering und es wird mit zunehmendem Alter spröde. Oft besteht schon bei 40-50 Jahre alten Bäumen deutlich **erhöhte Bruchgefahr**. Auch bei bogig nach unten hängenden Ästen des unteren Kronenbereichs ist die Bruchgefahr erhöht.

Eine insbesondere für städtische Standorte große Gefahr ist die sogenannte **Selbstästung** oder **Grünholzbruch**.

Hierbei werden selbst bei völliger Windstille voll belaubte Äste abgeworfen.

Der Grünholzbruch tritt bei anhaltender Trockenheit auf, wenn der Baum mehr Wasser verdunstet, als er aus dem Boden aufnehmen kann. Dies führt durch Nachlassen des Turgors in den Holzgewebezellen zur "Zellerschlaffung" und zum Bruch oft größerer, überarmdicker Äste.

Hybridpappeln werden mit zunehmendem Alter verbreitet durch **Kernfäule** geschädigt. Häufig besitzen sie einen sogenannten **Nasskern**, der bei Eintritt von Luft leicht in Fäule umschlagen kann, so dass dann Stammbruchgefahr besteht.

Grundsätzlich können bei der Kanada-Pappel drastische Rückschnitte und Kappungen nicht empfohlen werden, da sie hohe Folgekosten mit sich bringen und, wegen des starken Wachstums der nach der Kappung entstehenden Ständer, Bruchsicherheit nur für etwa 2 (bis 3) Jahre besteht.

Vor einer drastischen Einkürzung der Kronen sollte deshalb unbedingt abgewogen werden, ob es nicht

sinnvoller ist, die Bäume durch eine geeignete Art zu ersetzen.

Insgesamt ist die Bruchgefahr bei älteren Hybridpappeln gegenüber anderen, standortgeeigneten Baumarten deutlich erhöht.

Eine große Gefahr geht insbesondere vom erwähnten Grünholzbruch aus, da selbst bei windstillen Lagen, ohne jegliche Vorwarnung auch größere Äste abgeworfen werden, die große Schäden oder schwere Verletzungen verursachen können.

Die Kanada-Pappel ist deshalb nach einhelliger fachlicher Meinung **für innerstädtische Standorte völlig ungeeignet.**

4 Ergebnisse der örtlichen Untersuchung

4.1 Baumdaten

Baumnummer Reihenfolge von West nach Ost	1	2	3	4	5
Baumart	Hybrid-Pappel (<i>Populus x canadensis</i>)				
Standort	Baumreihe bestehend aus fünf Hybrid-Pappeln auf dem Parkplatz südlich des Alten Hallenbads in Heidelberg Pflanzbeet mit Kantensteinen abgegrenzt, Innenmaße 190 x 190 cm, außerhalb der Pflanzbeete Asphaltdecke				
Funktion	gestalterisch, leitend, prägend				
Baumhöhe geschätzt	ca. 20 m	ca. 20 m	ca. 18 m	ca. 19 m	ca. 22 m
Kronendurchmesser geschätzt	ca. 10 m	ca. 10 m	ca. 10 m	ca. 10 m	ca. 14 m
Stammumfang / Durchmesser gemessen in ca. 1 m ü. Boden	210 cm / 67 cm	205 cm / 65 cm	170 cm / 54 cm	185 cm / 59 cm	260 cm / 83 cm
Stammumfang / Durchmesser gemessen am Boden	260 cm / 83 cm	265 cm / 85 cm	220 cm / 70 cm	250 cm / 80 cm	350 cm / 111 cm

Baumnummer	1	2	3	4	5
<p>Reihenfolge von West nach Ost</p> <p>mittleres Alter</p> <p>Mittelwert berechnet unter der Annahme eines mittleren radialen Dickenzuwachses von jährlich 6 mm. Da der tatsächliche Zuwachs sehr stark von den Standortbedingungen abhängt, kann das errechnete Alter nur einen Hinweis auf das tatsächliche Alter des Baumes geben, das hiervon deutlich abweichen kann.</p>	1	2	3	4	5
<p>Radius der mechanisch wirksamen Wurzelplatte (R_w):</p> <p>$R_w = 64 \times (R)^{0,42}$</p> <p>$R_w$: Radius Wurzelsteller, R: Radius Stamm nach MATTHECK et al. (1994)</p>	2,8 m	2,8 m	2,6 m	2,7 m	3,0 m
<p>Verhältnis Baumhöhe / Stammdurchmesser (H/D)</p> <p>Nach MATTHECK darf das H/D-Verhältnis bruchstärkerer freistehender Bäume den Wert von 50 nicht überschreiten</p>	30	30	33	32	27

Baumnummer Reihenfolge von West nach Ost	1	2	3	4	5
Verhältnis Astlänge / Astdurchmesser (I/D) Nach MATTHECK ist das Bruchrisiko von Ästen, deren I/D-Verhältnis den Wert von 40 überschreitet erhöht, wenn gleichzeitig weitere Schadsymptome und Risikofaktoren am Ast vorhanden sind.	Das Verhältnis Astlänge zu Astdurchmesser liegt unterhalb des kritischen Wertes von 40.				
Boden / Geologie	anthropogen überformt, in mehreren Schichten angeschüttetes Material (s. Fotos 3 bis 5)				
Vitalität¹:	vital				
Schadstufe²:	stark bis sehr stark geschädigt				

¹ **Vitalitätsstufen:** 1 vital, 2 geschwächt, 3 geschädigt, 4 absterbend bis tot

² **Schadstufen:** 0 gesund bis leicht geschädigt, 1 geschädigt, 2 stark geschädigt, 3 sehr stark geschädigt, 4 absterbend bis tot

Baumnummer Reihenfolge von West nach Ost	1	2	3	4	5
<h3>4.2 Schäden und Schadenssymptome</h3>					
<p>Standort / Boden</p> <p>Wurzeln / Wurzelraum</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Anschüttungen ▷ Versiegelung im Traufbereich, offenerdige Pflanzfläche mit 1,9 x 1,9 m erheblich zu klein ▷ Bodenverdichtung ▷ Anfahrtschutzbügel, 2 Stück je Baum mit Betonfundamenten in unmittelbarer Stammnähe ▷ Kantensteine mit Fundamenten in Stammnähe ▷ Verkehrsschild mit Fundament (in Stammnähe bei Baum 5) ▷ Anschüttungen bis an den Stamm (insbesondere Baum 1 bis 3) <p>Das in mehreren Schichten angeschüttete Material ist für die Baumart, die frische bis feuchte, tiefgründige und nährstoffreiche luftdurchlässige Lehmböden benötigt, völlig ungeeignet. Wie auf den Fotos 3 bis 5 gut erkennbar ist, bestehen die angeschütteten Schichten aus Schotter, Asphalt (oder möglicherweise Teer) und Sandsteinsatz. Darunter steht offenbar ein sehr schlecht durchwurzelbarer stark verdichteter, Schwemmiöß mit äußerst geringem Porenvolumen an.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>▷ Wurzelschaden s. Foto 15</p> </div>				

Baumnummer Reihenfolge von West nach Ost	1	2	3	4	5
Stamm / Stammkopf	<ul style="list-style-type: none"> ▷ aufgeastet ▷ Astungswunden bis ca. 20 cm Durchmesser, gut überwallt ▷ Stützholzbildung und Senkungsfalten¹ in geringem Umfang an den Stämmlingen ▷ Stammkopf in ca. 4,5 bis 5 m Höhe mit 2 bis mehreren Stämmlingen 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Stammtriebe 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Kronenansatz in 3 m Höhe ▷ Nebenstämmling mit Stützholzbildung und Senkungsfalten, überlastig, nahezu so hoch wie Leittrieb (s. Foto 14) ▷ Stammtriebe 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Nebenstämmling mit Stützholzbildung und Senkungsfalten, überlastig, nahezu so hoch wie Leittrieb (s. Foto 16) ▷ Stammtriebe 	

¹ **Senkungsfalten und Stützholz:** Bei zunehmender Belastung durch Eigengewicht und Windlasten bilden vitale, horizontal oder schräg nach oben wachsende Laubbaumäste auf der Oberseite verstärkt **Zugholz**. Dieses Holz vermag sich aktiv zusammenzuziehen und verhindert so ein Absinken der Stämmlinge / Äste. Bilden Äste / Stämmlinge demgegenüber auf ihrer Unterseite verstärkt Holz, sogenanntes **Stützholz**, so ist dies ein Zeichen dafür, dass ihre Vitalität vermindert ist und sie überlastig sind. D.h. das Zugholz auf der Oberseite kann ein Absinken des Astes nicht mehr verhindern. Sinken Äste / Stämmlinge ab, so ergeben sich auf ihrer Unterseite wellenförmige Stauchungen, sogenannte Senkungsfalten. Solche Äste/Stämmlinge sind erhöht bruchgefährdet und müssen entlastet werden.

Baumnummer	1	2	3	4	5
<p>Reihenfolge von West nach Ost</p> <p>Krone</p>	<p>▷ Kronensicherungsschnitt (Kappung) in ca. 10 bis 15 m Höhe</p>	<p>Durchmesser der Kappungsstellen bis ca. 15 bis 20 cm</p>	<p>Die Kronen der Bäume wurden wegen der Schäden durch sommerlichen Grünholzbruch bereits zweimal von der Stadt Heidelberg drastisch zurückgeschnitten (wahrscheinlich bis deutlich über 30 % der Höhe der ehemaligen Krone). Der erste Rückschnitt erfolgte nach Auskunft aus dem städtischen Baumkataster 1999 der zweite Rückschnitt 2006. Die Kappungsstellen haben einen Durchmesser von rd. 20 bis 30 cm und sind stellenweise mehr oder minder tief eingefault und in den oberen Teilen bis zu ca. 1 m Länge abgestorben. Die im Bereich der Kappungsstellen neu gebildeten Triebe und / oder Zugäste¹ sind heute, nur ca. 3 Jahre nach dem Schnitt bis zu ca. 5 bis 6 m lang. Da die Ansatzstellen dieser Triebe zwangsläufig eingefault sind, besteht die akute Gefahr, dass sie ausbrechen. Es besteht Handlungsbedarf.</p>	<p>Die heute rund 20 m hohen und 10 m breiten Bäume waren vor Ihrem ersten Rückschnitt wahrscheinlich erheblich höher und breiter.</p>	<p>▷ Druck-Zwiesel in ca. 6 m Höhe</p> <p>▷ Astausbruch am südlichen unteren Stämmeling</p>
	<p>▷ Totholz bis 10 cm Durchmesser (Bruchgefahr!)</p>	<p>▷ Totholz bis 10 cm Durchmesser (Bruchgefahr!)</p>	<p>▷ Totholz bis 10 cm Durchmesser (Bruchgefahr!)</p>	<p>▷ Totholz bis 10 cm Durchmesser (Bruchgefahr!)</p>	

¹ **Zugast:** nachgeordneter Ast, der beim Einkürzen eines übergeordneten Astes stehengelassen wird, um das Abschotten und Überwallen der Schnittfläche zu fördern sowie die Leitfunktion für den verbleibenden Astteil zu übernehmen und die Ständerbildung zu unterdrücken.

4.3 Auswertung der Messungen mit dem Resistograph F 400 e

(Messkurven s. Kap. 6)

Die Messungen am Stammfuß und die Referenzmessungen in ca. 1 bis 1,2 m Höhe am Stamm zeigen bei allen Bäumen mehr oder minder große Teilbereiche mit unterschiedlich weit vorangeschrittenen Fäulen.

Da die Kronen bereits stark eingekürzt sind und damit auch die Kräfte, die auf Stamm und Stammfuß einwirken, deutlich verringert wurden bzw. wegen der drohenden Bruchgefahr der Ständer an den Kapungsstellen ohnehin zurückgeschnitten werden müssen, ist die Restwandstärke bei allen Bäumen derzeit ausreichend.

Erhöhte Bruchgefahr besteht unter dieser Voraussetzung nicht.

Wegen der bei allen Bäumen vorhandenen Nasskerne besteht die Gefahr, dass sich bei Lufteintritt und Austrocknen sehr schnell Fäulen entwickeln können. Dies erfordert die regelmäßige Kontrolle und Untersuchung der Bäume.

4.4 Auswertung der Messungen mit dem Zuwachsbohrer

Die Messungen mit dem Zuwachsbohrer ergeben, dass die Pappeln Nasskerne besitzen.

Nasskerne sind bei Pappeln häufig vorkommende Zonen mit hohem Wassergehalt im Kern und im inneren Splintbereich, die von anaeroben Bakterien verursacht werden, und nach neueren Erkenntnissen das Holz vor Fäulepilzen schützen. Die Bruchfestigkeit wird hierdurch zunächst nicht verringert. Der Nasskern kann jedoch den geregelten Wassertransport

und das Wachstum beeinträchtigen, was dann wiederum die Gefahr des Grünholzbruchs erhöht.

Durch Verletzungen des Holzes kann es zu Schleimfluss kommen, der einen üblen Geruch hat.

Wie bereits erwähnt können bei Lufteintritt und Trocknen des Nasskerns Pilze eindringen und es besteht die Gefahr einer schnellen Zersetzung des Holzes.

4.5 Zusammenfassende Beurteilung der Stand- und Bruchsicherheit der Bäume

Die Untersuchungen ergeben, dass die ca. 20 m hohen und ca. 55 Jahre alten Hybrid-Pappeln insgesamt stark bis sehr stark geschädigt sind.

Die ursprünglich deutlich höheren Bäume wurden seit 1999 wegen des Bruches mehrerer Äste bereits zweimal drastisch zurückgeschnitten. Da die alten Kappungsstellen zwangsläufig eingefault sind, besteht auch heute die Gefahr, dass hier ansetzende Ständer und Zugäste ausbrechen. Die Bäume müssen deshalb erneut schnellstmöglich zurückgeschnitten werden.

Der innerstädtische Standort ist nach einhelliger fachlicher Meinung grundsätzlich für diese Baumart äußerst ungeeignet, da sie nicht windsicher ist und die Eigenschaft besitzt, bei sommerlicher Trockenheit auch bei windstillen Wetterlagen ohne jegliche Vorwarnung große Äste abzuwerfen (Grünholzbruch).

Wie anhand von Fotos (s. Kap. 5) deutlich ersichtlich ist, wurde der Standort mehrfach mit den unterschiedlichsten Materialien angeschüttet, so dass auch die Bodenverhältnisse für die Pappeln denkbar ungeeignet sind. Die Gefahr des Grünholzbruches steigt demzufolge wegen mangelnder Wasserversorgung deutlich an.

Die Lebenserwartung der Hybrid-Pappel beträgt lediglich 60 bis 80 Jahre. Nur auf optimalen Standorten können die Bäume auch älter werden. Durch die beiden bereits erfolgten und die jetzt anstehende Kronenreduktion werden die Bäume geschwächt. Die Lebenserwartung wird hierdurch ebenso wie durch Anschüttungen, den ungeeigneten Boden und die Versiegelung des Wurzelraumes gemindert.

Die Untersuchungen mit dem Resistographen und dem Zuwachsbohrer ergeben bei allen Bäumen einen Nasskern und Fäulebereiche in Stamm und Stammfuß. Wegen der bereits erfolgten Entlastung ist die Bruchsicherheit der Pappeln aktuell nicht erheblich beeinträchtigt.

Für den Erhalt der Bäume ist es erforderlich, regelmäßig alle 2 (bis 3) Jahre nachzuschneiden. Hinzu kommt, dass die Baumwurzeln durch wiederholte Anschüttungen, Bodenversiegelung und Verdichtung sowie den Einbau von Kantensteinen und Schutzbügeln in unmittelbarer Nähe zum Stamm in unbekanntem Ausmaß geschädigt wurden. Für eine hinreichende Beurteilung dieser Schäden müssen die Wurzeln freigelegt werden, was nur durch ein sehr aufwendiges und kostspieliges Verfahren durch Freispülen und Freigraben in Handarbeit möglich ist.

Zusätzliche Voraussetzung für den Erhalt der Bäume ist es, den gesamten Traufbereich mit einem Durchmesser von rd. 10 m je Baum von jeglicher Nutzung freizuhalten und als Grünfläche anzulegen. Dies ist sowohl aus Gründen der Sicherheit als auch wegen des erforderlichen Schutzes der oberflächennah verlaufenden Wurzeln notwendig. Angemerkt sei, dass durch die Maßnahmen das Risiko von Schäden durch Astbruch zwar stark vermindert wird, jedoch nicht ausgeschlossen werden kann. Bei entsprechenden Wind-

bewegungen können gebrochene Äste leicht über den Traufrand hinaus verweht werden und hier Schäden verursachen.

Da der Erhalt der Bäume mit einem erheblichen Aufwand verbunden und ihre Lebenserwartung deutlich eingeschränkt ist, muss abgewogen werden, ob es sinnvoller ist, die Hybrid-Pappeln durch standortgeeignete Bäume zu ersetzen.

4.7 Maßnahmenempfehlung

Baum 1 bis 5 ▶ **Kronenrückschnitt in stark gekappter Krone**

Da ein Teil der alten Kappungsstellen stark eingefault oder bis zu ca. 1 m weit abgestorben ist, muss der Rückschnitt unterhalb dieser Kappungsstellen erfolgen. Hierbei ist die Länge der Seitenäste anzupassen.

Baum 1 bis 5 ▶ **Kronenpflege**

inkl. Entfernen von Totholz

Baum 2, 4 und 5 ▶ **Rückschnitt und Vereinzelung der Stammtriebe**

Stamm- und Stockaustriebe sind entsprechend der Erfordernisse an das Lichtraumprofil einzukürzen oder entfernen.

Baum 1 bis 5 ▶ **Weitergehende Untersuchung**

regelmäßige Untersuchung der Nasskerne und der Fäule

Baum 1 bis 5 ▶ **Freilegen der Wurzeln**

zur Feststellung von Schäden an standsicherheitsrelevanten Grob- und Starkwurzeln,
durch Freispülen und Freilegen in Handarbeit

- Baum 1 bis 5 > **Entfernen der Schutzbügel**
mit Fundamenten, Handarbeit erforderlich
- Baum 1 bis 4 > **Entfernen der Kantensteine**
mit Fundamenten, Handarbeit erforderlich
- Baum 1 bis 5 > **Entfernen Asphaltdecke**
Handarbeit teilweise erforderlich
- Baum 5 > **Entfernen der Rasengittersteine**

Alle Maßnahmen sind nach ZTV-Baumpfleger auszuführen.

Nach der aktuellen Rechtsprechung ist die regelmäßige fachgerechte Kontrolle der Bäume zweimal jährlich sowie nach extremen Witterungsereignissen erforderlich.

5 Fotos

6 Schlussbemerkung

Der Unterzeichner versichert:

Das vorliegende Gutachten wurde objektiv, alleine auf der Grundlage der bestehenden Fakten und nach rein fachlichen Kriterien erstellt.

Es besitzt ausschließlich für den Gegenstand der Untersuchung Gültigkeit, eine Übertragung auf andere Gehölze führt zwangsläufig zu falschen Schlussfolgerungen.

Da es sich bei Bäumen um komplexe natürliche Systeme handelt, kann auch bei fachgerechter Ausführung der empfohlenen Sicherheits- und Pflegemaßnahmen ein natürliches Restrisiko nicht ausgeschlossen werden.

Eine Weitergabe an Dritte und Vervielfältigung des Gutachtens ist ohne Zustimmung des Verfassers nicht gestattet.

Heidelberg, den 26. Oktober 2009

Dipl.-Biol. Klaus Plessing

7 Literatur

BALDER, H. ET AL. 2003:

HANDBUCH ZUR BAUMKONTROLLE. BERLIN, HANNOVER.

BUTIN, H. ET AL. 2003

Farbatlas Gehölzkrankheiten. Stuttgart.

DENGLER, R. S.A.:

Baumdaten. - Bd. 1 und 2. Lauf.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (FLL)
(HRSG.). 2006:

ZTV - Baumpflege. Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Baumpflege. - BONN.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (FLL)
(HRSG.) 2004:

Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen - Baumkontrollrichtlinie.

GLEISSNER, P. 1998:

Das Verzweigungsmuster ausgewählter Laubbaumarten und seine Veränderung durch nicht pathogene Schädigungen. Palmarum Hortus Frankfortensis. Wiss. Ber. Bd. 6, PHF 6. Frankfurt.

HARTMANN ET AL. 2005:

Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. 3. Auflage Stuttgart.

MATTHECK, C., BRELOER, H. 1994:

Handbuch der Schadenskunde von Bäumen. Der Baumbruch in Mechanik und Rechtsprechung. 2. Aufl., Rombach Freiburg.

MATTHECK, C. 1995:

Baummechanik und Baumkontrollen. Freiburg.

MATTHECK, C., 1997:

Design in der Natur. Der Baum als Lehrmeister. 3. Aufl. Freiburg.

MATTHECK, C. (HRSG.) 1995 - 2009:

Messen und Beurteilen am Baum. - Seminarunterlagen zum 1. bis 15. VTA-Spezialseminar im Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe.

MATTHECK, C., 1999:

Stupsi erklärt den Baum. 3. Aufl. Forschungszentrum Karlsruhe.

MATTHECK, C., 2002:

Mechanik am Baum. Forschungszentrum Karlsruhe.

MATTHECK, C., 2003:

Warum alles kaputt geht. Form und Versagen in Natur und Technik. Forschungszentrum Karlsruhe.

MATTHECK 2007:

Aktualisierte Feldanleitung für Baumkontrollen. Karlsruhe.

PFISTERER J. A. 1999:

Gehölzschnitt nach den Gesetzen der Natur. - Stuttgart.

SCHÜTT, SCHUCK, LANG, ROLOFF 1995-2007:

Enzyklopädie der Holzgewächse. Landsberg.

SCHÜTT, SCHUCK, STIMM 1992:

Lexikon der Baum- und Straucharten. Landsberg.

SHIGO, A., L. 1990:

Die Neue Baumbiologie. Braunschweig.

SHIGO, A., L. 1991:

Moderne Baumpflege. Braunschweig.

SIEWNIAK, M., KUSCHE, D. 2002:

Baumpflege Heute. Patzer, Berlin, Hannover.

WARDA, H-D. 1998:

Das Große Buch der Garten- und Landschaftsgehölze. Bruns Pflanzen Export GmbH.
Bad Zwischenahn.

Anhang

Untersuchung mit dem Resistographen

Messkurven

29 Seiten

Anmerkung:

Der Anhang ist digital nicht vorhanden. Kann nur im Original eingesehen werden.