

Bäume in Hochseilgärten und Kletterparks – Aspekte einer aktuellen Nutzungsform

Trees in ropes courses and climbing parks – aspects of a modern use of trees

Dipl.-Ing. Andreas Detter, Dipl.-Forstw. Frank Bischoff, Erk Brudi

Zusammenfassung

Hochseilgärten erfreuen sich europaweit zunehmender Beliebtheit. Allein im deutschsprachigen Raum werden in den nächsten Jahren voraussichtlich hunderte neue Kletterparcours eröffnet, darunter auch eine wachsende Anzahl sog. Kletterwälder oder Waldseilparks. Diese werden in forstlich genutzten oder parkartigen Baumbeständen errichtet und überwiegend als Freizeiteinrichtung betrieben. Wie andere Nutzungsformen des Waldes bergen auch Waldseilgärten Risiken, die vielfach Skepsis hervorrufen. Wenn lebende Bäume dauerhaft als tragende Strukturen genutzt werden, stellt sich einerseits die Frage der Verkehrssicherheit der Anlage. Andererseits könnten Schäden an Gehölzen oder an der Bodenstruktur die Nachhaltigkeit der Nutzung beeinträchtigen. Demgegenüber eröffnen Hochseilgärten in Bäumen aber vielfältige Erlebnismöglichkeiten, die Menschen offenbar als sehr attraktiv empfinden.

Abstract

Ropes courses are experiencing increasing popularity all over Europe. In German-speaking countries alone, hundreds of ropes courses will open up in the coming years, among which there will be more and more adventure parks. The latter are erected in managed forests or within parks. They usually are run as recreational facilities. Like in other forms of commercial use in forests, there are risks involved: Using living trees as anchor points raises issues in risk management. Furthermore, permanent damages to trees or to the soil structure could affect long-term sustantation and growth conditions. On the other hand, ropes courses in trees offer unique experiences which people obviously find very attractive.

1 Grundlagen

1.1 Entstehung von Seilgärten

Die Ursprünge der Seilgärten lassen sich je nach Interpretation des Begriffes unterschiedlich weit zurückverfolgen. Als erste Vorläufer können Hindernisparcours angesehen werden, die in der Armeeausbildung zum Einsatz kommen und vom Franzosen Hébert¹ bereits Anfang des 20. Jahrhunderts propagiert wurden.

Während dabei der Aspekt des Trainings körperlicher Fähigkeiten im Vordergrund stand, zielt der klassische Hochseilgarten stärker auf eine pädagogische und therapeutische Wirkung des Kletterns.

Diese Ansätze wurden von einer Vereinigung namens Outward Bound verfolgt, die in Wales in den 40er Jahren nach den Lehren von KURT HAHN arbeitete, einem emigrierten deutschen Pädagogen. HAHNS Grundgedanke lässt sich verkürzt so darstellen: Eine Gruppe von Jugendlichen aus verschiedenen gesellschaftlichen Schichten löst gemeinsam Aufgaben in ungewohnter Umgebung, meist in der freien Natur.

¹ Georges Hébert (1875–1957), franz. Marine-Offizier, gilt als Begründer der Méthode Naturelle

Dies zielt neben der physischen Betätigung und dem Zusammenwirken in der Gruppe auch auf die Erweiterung der mentalen Grenzen des Einzelnen bei der Überwindung von Hindernissen (RICHARDS o. J.).

In den USA gelangten die erlebnispädagogischen Seilgärten durch eine Zusammenarbeit zwischen dem Schulministerium und Project Adventure zur Blüte, ein Verein um KARL RAHNKE, der zuvor Mitarbeiter bei Outward Bound war. In den 70er Jahren entstanden so an zahlreichen High Schools so genannte *ropes challenge courses*, die oft mit festgelegten Lehrprogrammen betrieben wurden. Daraus entwickelte sich auch das erlebnispädagogische Angebot der heutigen Hochseilgärten, die in der Regel aus Holzstangen und Seilen, aber auch in Bäumen errichtet werden.

1.2 Formen von Seilgärten

Diese klassischen Hochseilgärten oder *ropes courses* sind auf Nutzer ausgerichtet, die unter enger Betreuung durch geschulte Pädagogen eigene Grenzen erfahren und überwinden wollen. Wie in den medienbekannteren Managerseminaren können in der Gruppe die Fähigkeiten zur Teamarbeit trainiert werden. Andere Kurse zielen auf eine Unterstützung therapeutischer Maßnahmen durch Erfolgserlebnis, Gruppenerfahrung und Selbstbestätigung.

Im Rahmen erlebnispädagogischer Tagesprogramme werden beispielsweise an Schulen auch temporäre Hoch- und Niedrigseilparcours in Bäumen errichtet und nach der Nutzung wieder abgebaut. Dabei spielt die gemeinschaftliche Arbeit an der Anlage ebenfalls eine große Rolle (STRASSER 2008). Pädagogisch und therapeutisch ausgerichtete Seilgärten werden aber auch dauerhaft in Bäumen installiert. Eine andere mobile Installation sind auch sog. *Slacklines*², die derzeit über den Versandhandel für Spiel- und Sportgeräte große Verbreitung erfahren. Dabei wird ein flaches Gurtband in Eigenregie locker zwischen zwei Bäume gespannt, um darauf zu balancieren. Mit dem Ansatz der pädagogischen Seilgärten und den einschlägigen Baustandards haben sie aber nicht viel gemeinsam.

² Slackline (engl.) übersetzt etwa „schlaffes Seil“.

³ Teils überspannen solche Seilrutschen Täler auf bis zu 800 m Strecke.



Abbildung 1: Pädagogischer Hochseilgarten,
(Bild: Hochseilgarten Ammersee, S. PFAU)

Die sich heute ausbreitenden Waldseilparks, Kletterwälder oder *Adventure Parks* verstehen sich in der Regel als dauerhaft installierte Freizeiteinrichtungen, die Naturerlebnis, körperliche Betätigung und Spaß in den Vordergrund stellen. Sie haben ihre Wurzeln zum Teil in alpinen Klettersteigen und sind vor allem in Frankreich seit vielen Jahren verbreitet. Als kommerziell wirtschaftende Unternehmen müssen Waldseilparks Wert auf Attraktivität, kosteneffiziente Betreuung und hohe Auslastung durch verschiedene Nutzergruppen legen. Sie setzen sich aus einer Vielzahl verschiedener Übungselemente zusammen, die oft durch Baumhäuser oder große Plattformen ergänzt werden. Pädagogische Ansätze werden vielfach durch Informationen ähnlich einem Waldlehrpfad umgesetzt, während die Aufgaben in den Seilparcours im Gegensatz zum klassischen Hochseilgarten allein bewältigt werden müssen. In letzter Zeit tauchen zudem auch in Europa sog. *Zipline Parcs* auf, die in Nordamerika bereits seit längerem bekannt sind und in denen sich die Teilnehmer über ein System von Seilrutschen über teilweise große Strecken bewegen³.



Abbildung 2: Kletterwald,
(Bild: ROBINS WOOD, A. SCHMID)



Abbildung 3: Teilnehmer im Waldseilgarten,
(Bild: Faszinatour, S. GASSNER)

1.3 Regelungen und Standards

Im Jahr 2008 wurden Bau und Betrieb von Hochseilgärten auf europäischer Ebene durch Normen einheitlich geregelt:

- DIN EN 15 567-1: 03-2008 Sport- und Freizeitanlagen – Seilgärten. Teil 1: Konstruktion und sicherheitstechnische Anforderungen;
- DIN EN 15 567-2: 03-2008 Sport- und Freizeitanlagen – Seilgärten. Teil 2: Anforderungen an den Betrieb.

Vor Inkrafttreten der Norm existierten lediglich interne Standards fachbezogener Vereine, wie beispielsweise der *European Ropes Course Association* (ERCA). Die Standards der ERCA beinhalten bereits Vorgaben für die Verwendung von lebenden Bäumen als tragende Struktur sowohl für stationäre als auch temporäre Seilgärten. Bei der Planung neuer Projekte zeigt sich immer wieder, dass gerade Naturschutzbelange und die Baumverträglichkeit wichtige Kriterien für die Durchsetzbarkeit von Waldseilgärten sind. Daher

sollen einige baumfachliche Aspekte näher erläutert werden, in Bezug auf den Menschen als Nutzer wie auch auf die Bäume als tragende Elemente.

2 Waldseilparks und Hochseilgärten in Bäumen

Hochseilgärten in Bäumen werden als besonders reizvoll empfunden, eröffnen aber auch eigene Konfliktfelder, in denen sich das Spannungsfeld zwischen Mensch und Baum deutlich zeigt.

2.1 Aspekte für Nutzer und Betreiber

Das gesicherte Klettern in Bäumen ist sicher ein unvergessliches Erlebnis. Über den Spaziergang im Wald hinaus besteht seit Jahren ein starker Trend zur Freizeitaktivität in und unter Bäumen. Waldspielplätze, Baumhäuser oder Kronenlehrpfade erfreuen sich

großer Beliebtheit. In der Karibik gibt es Seilrutschen durch den Dschungel, und in Amerika trifft man sogar auf ganze Hotelanlagen aus Baumhäusern. Auch die Bewegung der Freizeit-Baumkletterei nimmt dort immer weiter zu, so dass Ausstatter bereits eigene Kataloge für diese Zielgruppe herausgegeben haben.

Hier setzt auch die Erlebnispädagogik an, indem sie Menschen spielerisch an Bäume und Wald heranführt. Gerade Waldseilparks, die anders als klassische Hochseilgärten stärker auf Herumtoben und Abenteuererlebnis ausgerichtet sind, schöpfen dieses Potenzial optimal aus. Erholung und Natur, körperliche Aktivität und Erfolgserlebnis können miteinander verbunden werden. Zusammen mit Informationsangeboten zum Naturraum Wald oder über Bäume öffnen Kletterwälder den Zugang zu einer vielfältigen Erfahrungswelt. Zugleich sind die Besucher natürlich auch besonderen Gefahren ausgesetzt, die sich im Baumumfeld und bei der Nutzung eines lebenden Gehölzbestands ergeben.

2.1.1 Verkehrssicherheit

In Haftungsfragen unterscheiden sich Waldseilparks im Grunde nicht von anderen gewerblichen Spiel- und Freizeitangeboten. An die Verkehrssicherheit der Anlage können erhöhte Ansprüche gestellt werden, da sich Nutzer dem Betreiber quasi anvertrauen. Risiken, soweit sie nicht aus offensichtlichen Gefahren resultieren, werden zunächst dem Betreiber zugerechnet. Die Rechtsprechung orientiert sich an der sog. Einsichtsfähigkeit des Nutzers, also der Fähigkeit zum Einschätzen von Risiken, die natürlicherweise mit der Zielgruppe variiert.⁴ Obwohl bislang noch keine rechtskräftigen Urteile zu Unfällen in Seilgärten vorliegen, kann man davon ausgehen, dass dem Betreiber nicht nur die Prüfung der ausreichenden Belastbarkeit der Konstruktion obliegt, sondern auch eine angemessene Kontrolle der Verkehrssicherheit des Baumbestands.

Wenn die berechtigte Sicherheitserwartung der Nutzer gegenüber normalen Gehölzbeständen im Forst oder

im Park erhöht ist, werden auch verstärkte Kontrollen und baumpflegerische Maßnahmen erforderlich, die ansonsten im Wald unterbleiben können. Da es sich um eine gewerbliche Nutzung eines klar umgrenzten Areals handelt, dürfte die Frage der Zumutbarkeit keine große Rolle spielen. Erhöhte Kosten, beispielsweise für Totholzentfernung oder den Einbau von Kronensicherungen, können grundsätzlich an die Kunden weitergegeben werden.

Im laufenden Betrieb sieht die geltende Fassung der DIN EN 15 567-1 eine jährliche Inspektion vor, die auch eine Baumkontrolle umfasst. Ausdrücklich bezieht sich die Norm nur auf die im Tragwerk verwendeten Gehölze. Doch wird aus dem rechtlichen Zusammenhang deutlich, dass die Verkehrssicherheit aller Bäume kontrolliert werden sollte, die im Umfeld des Seilgartens stocken (BRELOER 2007). Das vorgeschriebene Kontrollintervall steht im Einklang mit den Vorgaben der FLL Baumkontrollrichtlinie (FLL 2004)⁵, wobei diese nach besonderen Ereignissen Zusatzkontrollen vorsieht. Gemäß DIN 15 567-1 ist ebenfalls eine visuelle Routine-Inspektion erforderlich, wenn besondere Witterungsereignisse aufgetreten sind. Wenn dabei dauerhafte Veränderungen im Seilgarten festgestellt werden, ist eine erneute Inspektion der Anlage durch Fachleute erforderlich. Dies umfasst auch strukturelle Schäden an Bäumen, deren Tragfähigkeit dann erneut von einem Baumsachverständigen zu prüfen ist. Im Sinne der Verkehrssicherung sollte die Routine-Inspektion sich aber auch auf Schäden in Bäumen erstrecken, die im Umfeld des Waldseilparks stocken.

2.1.2 Bäume als tragende Struktur

EN DIN 15 567-1 sieht vor, dass die Tragfähigkeit der Bäume vor ihrer Verwendung als Ankerpunkte überprüft wird. Dabei steht zunächst die visuelle Kontrolle der Verkehrssicherheit und des Zustandes der Gehölze im Vordergrund. Wenn keine visuell erkennbaren Defektsymptome vorhanden sind und der Stamm-

⁵ Einzelne Autoren schlagen für die im Tragwerk verwendeten Gehölze demgegenüber halbjährliche Kontrollen vor, eine Frequenz, die sich an der bisherigen Rechtsprechung orientiert. (WILDE & WÄLDCHEN 2008).

durchmesser in einem guten Verhältnis zur Höhe und Ausformung der Krone steht, können Bäume als geeignet zur Einbindung in das Tragwerk eingestuft werden. Die DIN listet zugleich Verfahren zur eingehenden Untersuchung vorgeschädigter Gehölze sowie zur Berechnung ihrer Belastbarkeit auf, die bei gesunden Bäumen nicht zwingend gefordert wird. Die Wertung verschiedener Diagnoseverfahren im normativen Anhang gibt leider nicht den aktuellen Stand des Fachwissens wieder und bedarf einer fachlichen Ergänzung (RUST & WEIHS 2007).⁶

Im Vergleich zur Kontrolle der Verkehrssicherheit anderer Spielgeräte ist bei Waldseilparks mit lebenden und wachsenden Bäumen als tragende Struktur die Prüfung natürlicherweise erschwert. Während bei Holzbalken und Pfosten invasive Verfahren zu recht weit verbreitet sind, scheinen bei Waldseilparks Verfahren besonders geeignet, die bei sachgerechter Anwendung keine Folgeschäden am Holzkörper verursachen. Zudem müssen alle Messmethoden gerade in diesem Fall auch die auftretenden Lasten integrieren. So schreibt DIN EN 15-567-1 vor:

Die Tragfähigkeit des Baumes muss beurteilt werden. Die Beurteilung kann eine Berechnung beinhalten, siehe Anhang B. Die durch das Sicherungssystem und das Aktionssystem auf den Baum aufgebrachten Lasten sind dabei zu berücksichtigen.

Zahlreiche der im Anhang B der Norm aufgelisteten Verfahren sehen aber keine Möglichkeit vor, bei der Abschätzung der Tragfähigkeit des untersuchten Baumes die auftretenden Lasten zu berücksichtigen. Berechnungen oder eingehende Untersuchungen sollten aber ohnehin nur in Ausnahmefällen erforderlich werden, da die vom Seilgarten verursachten Kräfte in der Regel weit unter den auftretenden Windbelastungen liegen. Meist lassen sich auch problemlos Alternativen für die Einbindung vorgeschädigter Bäume finden. Daher reicht in der Regel eine visuelle Untersuchung durch Sachverständige aus.

Wenn weitergehende Prüfungen und Abschätzungen erforderlich sind, sollten Verfahren ausgewählt werden, die sich an ingenieurtechnischen Grundlagen orientieren. Pauschale Kriterien zur Abschätzung der Widerstandskraft gegen Windbruch oder Windwurf oder punktuelle Untersuchungen der Stammgeometrie können nicht ohne weiteres Aufschluss über die ausreichende Tragfähigkeit des Baumes geben.⁷ Im Hinblick auf die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse wären zumindest Überlegungen erforderlich, um Kräfte, die aus der Seilkonstruktion resultieren, mit auftretenden Windlasten ins Verhältnis zu setzen. Auch die tatsächliche Widerstandskraft des Baumes gegenüber einwirkenden Lasten sollte rechnerisch angenähert werden. Geeignete Berechnungsmodelle wurden in der Vergangenheit bereits von zahlreichen Autoren veröffentlicht (NIKLAS 1992, WESSOLLY & ERB 1998, MATTHECK 2002) und werden laufend erweitert und verfeinert (z. B. KOIZUMI & HIRAI 2006).

2.2 Auswirkungen auf Waldbestand und Einzelgehölze

Waldseilparks werden vielfach in Beständen errichtet, die einer forstlichen Nutzung unterliegen. Ungünstige Auswirkungen auf die Gehölze können in diesem Fall grundsätzlich dahingehend bewertet werden, ob sie zu einer forstlichen Entwertung, einer Verkürzung der Standzeit der Gehölze im Hinblick auf die geplante Umtriebszeit oder zu einer nachhaltigen Störung des Standortes führen. Den möglichen Wertminderungen stehen die regelmäßigen Einnahmen in Form von Pachtzinsen gegenüber, die sich in der Forstwirtschaft sonst kaum erzielen lassen. Vielfach wird ein Seilgarten auch als zusätzliche Attraktion bei Freizeiteinrichtungen, Jugendhäusern und Hotels betrieben, so dass hier der wirtschaftliche Nutzen den Ertrag rein forstlicher Bewirtschaftung deutlich übersteigen kann. Anders verhält es sich naturgemäß bei Seilgärten in öffentlichen Parks, wo wirtschaftliche Gesichtspunkte meist keine Rolle spielen.

⁶ Da dem Normausschuss möglicherweise nur einseitige Informationen zur Verfügung standen, erscheint eine Überarbeitung nach Abschluss der Arbeit des FLL Arbeitskreises Eingehende Untersuchungen sinnvoll.

⁷ An dieser Stelle sei auf die fortdauernde Diskussion um die Eignung solcher Verfahren für die Bewertung der Verkehrssicherheit von Bäumen im Allgemeinen verwiesen.

2.2.1 Befestigungen an Bäumen

Unmittelbare Auswirkungen auf die Bäume ergeben sich an den Ankerpunkten, die zur Befestigung der Elemente des Seilgartens dienen. Hier wird bei den Seilgartenbetreibern eine ähnliche Diskussion geführt, wie sie bei Kronensicherungen vor Jahren stattfand und die zumindest im Ausland bis zum heutigen Tage andauert. Amerikanische Wissenschaftler haben erst vor kurzem aufgezeigt, dass bei gut abschottenden Baumarten im Bereich von Stahllankern nach fünf Jahren keine Fäulnis entstanden war (KANE & RYAN 2002). Auch praktische Erfahrungen weisen darauf hin, dass in wüchsigen, gut abschottenden Bäumen in vielen Fällen keine tiefreichenden Schäden auftreten. In Bezug auf Waldseilparks könnte die punktuelle Holzerstörung durch Stahllanker gegenüber einer umschlingenden Anbindung das kleinere Übel darstellen (WILDE & WÄLDCHEN 2008).

Diese Argumentationsweise setzt aber voraus, dass eine Schädigung der Bäume an den Ankerpunkten ohnehin unvermeidlich ist. Sie greift zudem sicher nicht für Gehölze, die weniger gut abschotten können, keine ausreichende Wuchsleistung mehr erreichen, oder deren Holzkörper bereits von Schadpilzen befallen ist. Hier können die Öffnung zentraler Kernholzbereiche und das Durchbrechen baumeigener Reaktionszonen gravierende Schäden am Holzkörper verursachen. In solchen Fällen weist auch die ZTV Baumpflege darauf hin, dass verletzungsfreie Verankerungen zu verwenden sind. Der Wortlaut der DIN 15 567-1 lässt aber bereits vermuten, dass Beschädigungen in Kauf genommen und lediglich minimiert werden sollen:

Die Systeme zur Befestigung von Plattformen, Sicherungsseilen und Elementen müssen so konstruiert sein, dass eine Beschädigung der Bäume so gering wie möglich gehalten wird.

Tatsächlich müssen in Seilgärten oder bei anderen Installationen teils erhebliche Gewichte über einen längeren Zeitraum getragen werden. Die auftretenden Dauerlasten unterscheiden das neue Einsatzgebiet von der klassischen Kronensicherung, die ja im Regelfall ohne Vorspannung eingebaut wird. Probleme mit Einschnürungen treten daher nur bei starren Kronensicherungen auf oder Sicherungen in spitzwink-



Abbildung 4: Druck verteilender Kranz aus Holzkeilen, Aufprall- und Stammschutz

ligen Gabelungen rasch wachsender Gehölze. Durch äußeren Druck auf Baumstämme kann jedoch die Entwicklung des Splintholzes und der Rinde beeinträchtigt werden (FINK 1999). Im Falle von Kronensicherungen wären dies aber Folgen nicht ordnungsgemäßen Einbaus bzw. mangelnder Kontrolle, die sich durch regelmäßiges Nachstellen verhindern lassen.

In Seilgärten wird an Ankerpunkten vielfach ein Kranz aus Druck verteilenden Elementen eingesetzt, um das Gewebe zu entlasten. Die Abstände zwischen den Keilen dienen zugleich dazu, die Leitungsbahnen in Rinde und Splintholz nicht umlaufend zu schädigen. Auch hier treten aber lokale Kambialnekrosen und Wachstumsreize im angrenzenden Gewebe auf, wenn sich die Druckspannung durch Unebenheiten und ungleiche Belastung punktuell erhöht. Welche Schäden dadurch auftreten können, wurde vereinzelt in der Fachliteratur beschrieben: Bei der Baumart Buche wurden z. B. Veränderungen in der Gefäßentwicklung im Splintholz bereits nach vier Wochen konstantem Aufpressdruck festgestellt (BAUER & ESCHRICH 1997). Beobachtungen



Abbildung 5: Rindenschaden unter einer Plattformbefestigung, ein Jahr nach dem Einbau (Esche)

in bestehenden Waldseilgärten zeigen aber, dass auch unter druckverteilenden Holzkeilen noch starkes Dickenwachstum stattfinden kann. Wissenschaftliche Erkenntnisse zu Grenzdrücken, ab denen das Kambium abstirbt, liegen bislang nach unserer Kenntnis nicht vor.

Plattformen werden in der Regel mit Holzbalken am Stamm befestigt, indem mit Hilfe von Gewindestangen ausreichender Anpressdruck aufgebracht wird. Im Kontaktbereich wurden lokale Gewebestauchungen und Rindenablösungen beschrieben. Letztere werden auf Scherkräfte zurückgeführt, die durch die Bewegungen der Nutzer auf der Plattform entstehen (HAIMANN 2007). Auch sind immer wieder lokale Nekrosen des Kambiums zu beobachten. Als mögliche Lösungsansätze für die Befestigung von Plattformen am Baum wurden daher vorgeformte Unterlagen aus Hartschaum vorgeschlagen (HAIMANN 2008), die aber noch erprobt werden und sich bislang nicht in der Praxis etablieren konnten.⁸

Bislang wurde noch nicht geklärt, ob Gewebeschäden im Bereich einer Befestigung oder partielle Störungen im Leitungsbahnbereich bleibende Folgen für Wuchskraft und Verkehrssicherheit von Bäumen haben. Dies hängt nicht zuletzt vom individuellen Ausmaß der Schädigung und der Kompensationsfähigkeit des Baumes ab. Mit den bislang verfügbaren Erfahrungsdaten wäre eine Verkürzung der Lebenserwartung generell noch nicht nachweisbar. Grundsätzlich sind Bäume durchaus in der Lage, Störungen in ihrem Leitungsbahnsystem zu kompensieren, zumindest solange keine vollständige Abschnürung erfolgt (FINK 1999). Auch oberflächliche Verletzungen von Rinde und Splintholz können engräumig im lebenden, reaktionsfähigen Gewebe abgeschottet werden und führen nicht zwangsläufig zu einer Infektion durch Schadpilze. Hier spielt auch der Verletzungszeitpunkt eine maßgebliche Rolle, da in der Vegetationsruhe eine Ausweitung von Kambialnekrosen und eine verzögerte Wundreaktion auftreten kann (DUJESIEFKEN & LIESE 2008). Solange nicht wertvolle Park- und Straßenbäume betroffen sind, würde der Baum durch Schäden allenfalls forstlich entwertet, ein Malus, den aber zuvor eingennommene Pachtzinsen aufwiegen können.

Anders stellt sich aber die Frage im Hinblick auf starke Einschnürungen dar, die zum Beispiel an den Anpressstellen der Plattformen oder umschlingenden Ankerpunkten im Laufe der Entwicklung entstehen können. Wenn der Zuwachs hier über viele Jahre unterdrückt wird, bilden sich auf diese Weise Sollbruchstellen aus, die durchaus auch Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit haben können. Dabei spielt aber natürlich das Verhältnis der vorhandenen Belastbarkeit zu den auftretenden Belastungen eine entscheidende Rolle. Eine solche Situation kann durch eine Neuplatzierung der Ankerpunkte nach drei bis vier Jahren jedoch gut vermieden werden. Dieses schonende Vorgehen könnte auch dazu beitragen, die Glaubwürdigkeit der Nutzung zu erhöhen. Schließlich sollen Waldseilparks nicht nur Spielstätten sein, sondern ja gerade Zugang zum attraktiven Naturraum Wald und dessen besonderen Reizen öffnen. Unter diesem Gesichtspunkt

⁸ So haben Versuchsaufbauten gezeigt, dass sich eine gewisse Instabilität nicht ganz vermeiden lässt, die die Teilnehmer verunsichern und insbesondere auf glatten Borken zu einem langsamen seitlichen Verrutschen der Plattform führen kann (T. SPINDLER, Forest Adventures Deutschland GmbH).

sollte auch die technische Ausführung des Seilgartens diese Nähe zur Natur widerspiegeln, und Beeinträchtigungen vermeiden. In dieser Hinsicht erscheinen Stammdurchbohrungen oder einschnürende Befestigungen etwas zweifelhaft. Auf Grund der Besonderheiten bei dauerhaft belasteten Einbauten in Bäumen, neben Waldseilparks also auch Spielgeräten, Baumhäusern und Kronenpfaden, sollte eine Abwägung im Einzelfall erfolgen, ob durchbohrende Verankerungen oder umschlingende Systeme vorzuziehen sind. Die Abschottungsfähigkeit und die Wuchskraft der verwendeten Gehölze sowie der Aufwand für ein evtl. regelmäßiges Umhängen der Ankerpunkte spielen dabei sicher eine entscheidende Rolle.

2.2.2 Bodenverdichtung

Der verantwortliche Umgang mit der Natur erstreckt sich besonders auf langfristig wirksame Veränderungen der genutzten Waldparzelle, an deren erster Stelle sicher Verdichtungen des Bodens zu sehen sind. Diese behindern den Gasaustausch und können zu dauerhaften Strukturschäden und Beeinträchtigungen von Wurzelwachstum und Vitalität der Bäume führen (GAERTIG 2007). Bereits bei Errichtung des Seilgartens besteht durch den Einsatz von Maschinen und die Lagerung von Baustoffen die Gefahr von tiefreichenden Verdichtungen, eine Problematik, die in der forstlichen Bodenkunde in Bezug auf Erntefahrzeuge beschrieben und untersucht wurde (HILDEBRAND & WIEBEL 1982). Einfache forstübliche Vorkehrungen beim Befahren von Rückegassen können solche Schäden aber begrenzen.

Für die freihängenden Seilbrücken und Plattformen wäre im Grunde kein Bodeneingriff erforderlich. Dennoch werden Wege und Aufenthaltsbereiche benötigt, die während des Betriebs als Zugang zu den Seilparcours, als Wartebereiche und zur Überwachung der Teilnehmer dienen. Bei entsprechend großer Nutzerzahl kann der Waldboden einer deutlich erhöhten mechanischen Verdichtung unterliegen, die in ähnlicher Weise z. B. auf Waldspielplätzen oder in Biergärten auftritt⁹, und auch bei Großveranstaltungen in Parks beschrieben wurde. Gefügestabile und biologisch aktive Naturböden sind in solchen Fällen durchaus in

der Lage, die auftretenden Veränderungen nach kurzer Zeit zu kompensieren (BALDER 2003). In jedem Fall wäre es möglich, durch Beachtung einschlägiger Vorschriften zum Schutz von Bäumen auf Baustellen und eine wurzelschonende Gestaltung der Wegeflächen nachhaltige Schäden zu vermeiden. Entsprechende Hinweise finden sich sowohl in den Standards der ERCA als auch in der DIN EN 15 567-1:

Es sollten Maßnahmen zum Schutz der Wurzeln getroffen werden, insbesondere gegen Verdichtung des Bodens.

Wenn Wege im Bestand klar abgegrenzt und gekennzeichnet sind, können die Auflasten durch Druck verteilende Schichten, beispielsweise aus Häckselgut, deutlich verringert werden. In Einzelfällen wurden sogar aufgeständerte Stege errichtet, um eine Schädigung des Waldbodens bestmöglich zu vermeiden. Demgegenüber sind aber auch zahlreiche Negativbeispiele bekannt, in denen der Seilgartenbetrieb zur Verdichtung des Bodens oder starker Erosion und damit zu einer nachhaltigen Schädigung des Standortes geführt hat. Diese sollten aber immer auch in Relation zu den Verdichtungen gesehen werden, die durch die reguläre forstwirtschaftliche Nutzung in einem dichten Netz von Rückegassen entstehen. Die Wahl eines geeigneten Standorts auf weniger zur Verdichtung neigenden Böden wäre der einfachste Weg der Schadensminderung bzw. -vermeidung.

2.2.3 Lasten aus der Installation

Die eigentlichen Kräfte, die aus den Installationen auf den Einzelbaum einwirken, stellen eine vergleichsweise geringe Belastung dar. Das ruhende Eigengewicht der Konstruktion erreicht selbst bei Baumhäusern oder großen Plattformen kaum die gleiche Größenordnung wie die Belastung im Sturm. Das liegt insbesondere daran, dass die Gewichtskraft bei sinnvoller Konstruktion nahezu axial in den Stamm eingeleitet wird. Parallel zur Stammachse ist Holz nämlich hoch belastbar. Eine Stiel-Eiche beispielsweise, die einen Stammdurchmesser von 75 cm aufweist, könnte selbst ein Gewicht von 10 t rechnerisch in ihrem Stamm abtragen, ohne auch nur 1 % der Druckbelastbarkeit ihrer Holzfasern auszunutzen. Durch eine senkrecht zum Stamm wirkende Querkraft von 10 t, die

⁹ Vgl. SCHUMACHER, Marian, zitiert in WILDE (2009).



Abbildung 6: Wegeföhrung im Waldseilpark,
(Bild: Bergwolf GmbH, A. ESSWANGER)

in 12 m H6he angreift und den Stamm auf Biegung beansprucht, wördie die primäre Versagensgrenze der Randfasern bei diesem Baum aber rechnerisch bereits erreicht (Holzeigenschaften nach dem Stuttgarter Festigkeitskatalog in WESSOLLY & ERB 1998).

H6here Kräfte als im laufenden Betrieb entstehen in Seilbröcken immer dann, wenn ein Teilnehmer ins Seil störfzt. Die Stoßkraft, die für die Bemessung des Tragwerks anzusetzen ist, beträgt nach DIN EN 15 567 max. 6 kN in vertikaler Richtung.¹⁰ Da die Sicherungsseile in der Regel nahezu horizontal mit einem Durchhang von nur etwa 10 % eingebaut werden, vervielfacht sich die Lastspitze im Seil nach einfachen mechanischen Berechnungen um den Faktor 2,5. Tests mit Stahlseilbröcken zwischen Betonbl6cken haben gezeigt, dass diese Überh6hungswerte tatsächlich erreicht werden können (GRUBER & WOLF 2003). Am Ankerpunkt wären demnach Kräfte von bis zu 15 kN

¹⁰ Diese Werte basieren u.a. auf Fallversuchen, die in Zusammenarbeit mit der ERCA vom TÜV Söud in einer klassischen Hochseilgartenanlage (ohne Bäume) ermittelt wurden.



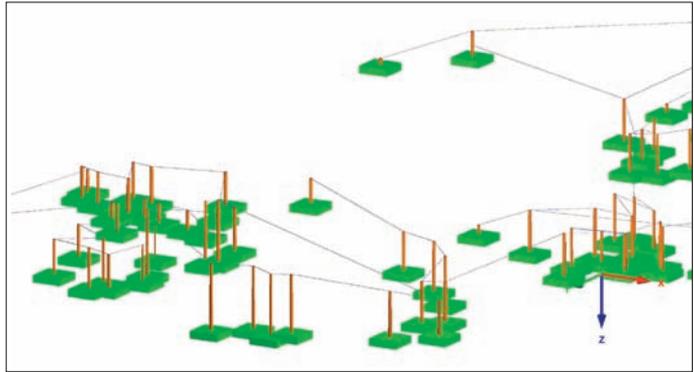
Abbildung 7: Baumhaus mit Plattform in Stiel-Eichen
(Foto: Waldseilpark Leipzig, S. GASSNER)

oder etwa 1,5 t bei der Bemessung anzusetzen und mit ausreichenden Sicherheitsabständen zu beaufschlagen. Wesentlich hängt die auftretende Biegebelastung des Baumes vom wirksamen Hebelarm ab, der durch die Einbauh6he bestimmt wird und entsprechend gesteuert werden kann. Ist die anzunehmende Bemessungslast zu hoch, um die Bruchsicherheit des Baumes gewährlernen zu können, können die Elemente tiefer angebracht werden.

In lebenden Bäumen sind bei kurzzeitigen Sturzbelastungen im Seilsystem aber grundsätzlich geringere Kraftspitzen zu erwarten als einfache theoretische Modelle prognostizieren. Insbesondere bei schlanken Bäumen und hoch ansetzenden Sicherungsseilen wird der fallende Körper nicht wie an einem Stahlträger ruckartig abgebremst, sondern kann weicher abgefedert werden. Der Baum wirkt dann als dämpfendes Element im System (HONSPERGER 2005), das einen maßgeblichen Anteil der Fallenergie absorbieren und umwandeln kann. Bei Auslenkung des Stammes unter Biegung wirken sich strukturelle Dämpfung im Holz, Massendämpfung durch Seitenäste und der Luftwiderstand der Krone (JAMES et al. 2006) sowie unelastische Kollisionen der Baumkronen untereinander aus (RUDNICKI et al. 2008). Ähnliche Effekte wurden auch bei der Einwirkung dynamischer Lasten durch das Auffangen von Stammstücken beim Abtragen von Bäumen beschrieben (DETTET et al. 2008). Da sich zugleich der Mindestdurchhang von 10 % infolge der Seildehnung und des Nachgebens der Stämme beim Fangstoß erhöht, verringert sich die Kraftüber-

Abbildung 8:
Statisches Rechenmodell
Waldseilgarten

(Grafik: Pfanner Baustatik)



höhung in der Seilbrücke. Bislang wurden aber kaum wissenschaftliche Untersuchungen zu Sturzkraften in Waldseilgärten durchgeführt.

Extrem hohe Biegemomente können oft auch über das Seilsystem auf die Nachbarbäume übertragen werden. Ein Durchhang von 10 % in der Seilbrücke wird bereits nach einer Auslenkung des Stammes gestraft, die rechnerisch etwa 2,5 % der Spannweite beträgt. Bei einer 6 m langen Brücke entspricht dies einer Durchbiegung von nur 15 cm (DETTNER et al. 2004). Ob diese tatsächlich auftritt, hängt maßgeblich vom Durchmesser des Stammes und der Höhe der Anbindung ab. Zudem entscheidet die Anordnung des Seilsystems darüber, in welchem Maße die anderen Bäume als Widerlager fungieren können. Um solche Effekte in Berechnungen einfließen zu lassen, sind aufwändige Berechnungsmodelle erforderlich. Hierzu werden bei der Planung und Errichtung von Waldseilparks vielfach Baum- und Baustatiker eingebunden, die auch komplexe Seilnetze ingenieurtechnisch erfassen und an den Ankerpunkten wirkende Kräfte berechnen können. Im Zweifelsfall können zusätzliche Abspannungen sicherstellen, dass die Baumstämme möglichst geringen Querkräften ausgesetzt sind.

Durch die starre Verseilung des Waldbestands ergeben sich bei Windlast zugleich aber auch nicht unerhebliche Risiken. Waldbäume sind durch ihre oft schlanken Stämme und hoch ansetzenden Kronen in der Regel sehr schwingungswillig. Wird ihre Bewegungsfreiheit durch Stahlseile eingeschränkt, können Biegebelastungen im Bereich der Einspannung stark ansteigen. Zudem können wie bei starren Kronensi-

cherungen Spannungsspitzen durch das schlagartige Abbremsen der Schwingung entstehen. Dies hat immer wieder zu Versagensfällen geführt und wurde in der Fachliteratur als Karate-Effekt beschrieben (VETTER & WESSOLLY 1994).

Einer Gefährdung von Teilnehmern durch das Zusammenwirken von Windlasten und Stoßkräften im Seilsystem wird dadurch vorgebeugt, dass Waldseilgärten in der Regel bei Erreichen von Windstärke 6 geschlossen werden. Zu diesem Zeitpunkt wird aber nur ein Bruchteil der zu erwartenden Belastung bei Orkanstärke erreicht (WESSOLLY & ERB 1998). Dennoch besteht durch die starre Verbindung der Gehölze ein erhebliches Risiko der Beschädigung von Seilnetz oder Baumbestand bei Starkwindereignissen. Mehrfach wurde von Bruchversagen im Bereich von durchbohrten Befestigungen berichtet, aber auch verletzungs-frei an Schlingen abgehängte Kronenpfade wurden bei Stürmen vollständig zerstört. Daher spielt die Auswahl stabiler und wenig Windbruch gefährdeter Bestände für Waldseilparks eine entscheidende Rolle. In Zweifelsfällen können dynamische Kronensicherungen zur Sicherung des Bestands eingesetzt werden, wobei keine gesicherten Orientierungswerte zur erforderlichen Dimensionierung und Dehnbarkeit von Systemen zur Verseilung von Waldbeständen vorliegen.

3 Kriterien für nachhaltige Seilgärten in Bäumen

Bislang wurden noch keine langjährigen Untersuchungen zu den oben angeführten baumfachlichen

Aspekten der Waldseilparks bekannt. Daher ist es derzeit noch nicht möglich, zuverlässige Risikoabschätzungen oder technische Standards in Bezug auf Nachhaltigkeit, Naturschutz und Baumverträglichkeit zu erstellen. Zu manchen Fragen liegen aber Erkenntnisse aus Forstwirtschaft oder Baumpflege vor, die sich auf Waldseilparks übertragen lassen. Auch gibt es bereits Erfahrungswerte von Betreibern sowie Ergebnisse von Forschungsarbeiten zu Verankerungen an Bäumen, die bei der Planung von Seilgärten in Bäumen sowie deren Bewertung durch Aufsichtsbehörden verwendet werden können. Nachfolgender Katalog baumfachlicher Prüfkriterien könnte als Richtschnur dienen, wenngleich er keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

3.1 Auswahl des Standorts

- Wenig windexponierte, **stabile Bestände**, in denen die Gefahr einer Zerstörung der Anlage durch die Einwirkung von Starkwindereignissen möglichst gering ist. Rechnerische Verfahren zur Abschätzung der Bestandsstabilität wurden in der Forstwissenschaft entwickelt (GARDINER et al. 2008).
- Tiefgründige, **verdichtungsresistente Böden** mit hoher Aggregatstabilität und aktivem Bodenleben, um die Chancen auf eine Regeneration nach lokalen Verdichtungen zu verbessern. Stark gestörte städtische Böden sollten gemieden werden, da Verdichtungen schlechter regeneriert werden und sich Beeinträchtigungen der Wurzelaktivität gravierender auswirken können.
- **Günstige Bedingungen für die Wurzelentwicklung**, keine oberflächennahen Stau- oder Verdichtungshorizonte, die die Standsicherheit der Bäume beeinträchtigen könnten. Vorhandene Windwurfflächen kennzeichnen in der Regel ungeeignete Standorte.
- Angebot an **Bäumen mit ausreichenden Stammdurchmessern**, Vermeidung von Beständen aus hohen, schlank aufgewachsenen Gehölzen. Windbruchschäden im Bestand deuten auf ungünstig entwickelte Waldflächen hin.

3.2 Verwendung von Bäumen im Tragwerk

- Auswahl **geeigneter Baumarten** im Hinblick auf Einschnürungen (geringe Zuwachsraten am

Stamm), Rindenschäden (gute Abschottungsfähigkeit), Aufpressdruck an Befestigungen (dickborbige Arten) und zusätzliche statische Lasten (hohe Druckfestigkeit des lebenden Holzes), wie z. B. Stiel-Eiche (*Quercus robur*)¹¹, Europ. Linde (*Tilia × vulgaris*), Feld-Ahorn (*Acer campestre*) und bedingt auch die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*).

- Gehölze sollten eine **gute Vitalität** aufweisen, um Beeinträchtigungen durch Anlage und laufenden Betrieb des Seilgartens möglichst problemlos kompensieren zu können.
- Nachweis der ausreichenden **Belastbarkeit im Tragwerk** des Seilgartens. Erste Anhaltspunkte hierfür kann das Verhältnis zwischen der Einbauhöhe des Ankerpunktes und der Biegefestigkeit des Stammes liefern, die sich aus dem Durchmesser und den Materialeigenschaften des grünen Holzes ergibt.
- Abschätzung der **Sicherheitsreserven gegenüber Windlasten**, z. B. ein ausreichendes Verhältnis von Baumhöhe, Kronenprojektionsfläche und Windexposition zur arttypischen Druckfestigkeit der Randfasern und dem Durchmesser des Stammes (analog der SIA-Methode nach WESSOLLY & ERB (1998))
- Kontrolle hinsichtlich **struktureller Vorschäden**, die die Belastbarkeit des Stammes vermindern. Im Zweifelsfall können eingehende Untersuchungen erforderlich sein, um die Lastabtragungsfähigkeit des Stammes oder die Verankerungskraft der Wurzeln sicher bewerten zu können.
- Ausgewählte Bäume auf das Vorhandensein von **Nist-, Brut- Wohn- und Zufluchtsstätten** untersuchen, die nach § 42 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG geschützt sind (GELLERMANN & SCHREIBER 2008).

3.3 Anlage und Konstruktion des Seilgartens

- Beachtung der einschlägigen Vorgaben in DIN 18 920 zum **Schutz der Bäume während der Bauzeit**, z. B. Wurzelschutz bei Grabungen, Schutz des Stammes gegen mechanische Beschädigungen, Schutz des Wurzelbereichs gegen Verdichtungen, Schadensminimierung bei Bodenauftrag u. ä.

¹¹ Vgl. (HALMANN 2008)

- Geeigneter Aufbau von Wegedecken im Hinblick auf den **Schutz des Waldbodens gegen Verdichtung**, z. B. durch druckverteilende Schichten.
- Auswahl baumschonender Verfahren zur **Befestigung der Seilbrücken** im Baum. Nicht in jedem Fall sind umschlingende Anschlagpunkte besser geeignet als durchbohrende Anker. Folgende Kriterien sollten geprüft werden:
 - Abschottungsfähigkeit und Kompensationspotential des Baumes,
 - vorhandene Schäden durch Fäulnis im Holzkörper,
 - jährliches Dickenwachstum des Stammes,
 - konstruktive Einschränkungen beim Nachstellen der Anbindungen,
 - auftretende Dauerlasten und Anfälligkeit der Baumart gegenüber Rindenschäden durch Anpressdruck.
- Baumschonende Verfahren zum **Einbau von Plattformen** einsetzen. Falls diese sich nicht bewähren, sollte zwischen punktuellen Schäden durch Bohrungen oder durch den Anpressdruck auf die Rinde abgewogen werden.
- Hohe Kräfte, insbesondere Dauerlasten, sollten möglichst axial in den Holzkörper eingeleitet werden, um die **Biegebelastung zu minimieren**. Durch Abspannungen und Rückverankerungen kann Biegung begrenzt und in reine Druckspannung umgewandelt werden.
- Die **Belastungsrichtung von Gabelungen** muss deren Ausformung angepasst werden. V-förmige Zwiesel nicht auf Zug, sondern nur auf Druck belasten, da nur dann eine gute Kraftübertragung in den Stamm gewährleistet ist (vgl. WESSOLLY & ERB 1998).
- Die **dynamische Reaktion** der Einzelbäume in einem mit Drahtseilbrücken vernetzten Bestand sollte berücksichtigt werden. Eventuell kann das Schwingungsverhalten durch Kronensicherungssysteme so beeinflusst werden, dass einer Bruchgefahr bei Starkwindereignissen vorgebeugt wird.
- Die **Kanalisierung der Besucherströme** auf wurzelschonend errichtete Wege sollte soweit als möglich überwacht und durch Informationen über den Hintergrund dieser Maßnahme unterstützt werden.
- Bäume im Tragwerk sowie im Umfeld der Seilgartenanlage sollten im Zuge der jährlichen Inspektion einer **Kontrolle der Verkehrssicherheit** nach Maßgabe der FLL Baumkontrollrichtlinie unterzogen werden. Nach besonderen Witterungseignissen sollten **Zusatzkontrollen** durchgeführt werden.
- **Kontrolle und Wartung von Befestigungen** an Bäumen sollten darauf zielen, Einschnürungen und andere Schäden an Rinde und Holzkörper zu erfassen und nach Möglichkeit zu vermeiden. Erforderlichenfalls könnten Verankerungen gelockert bzw. nachgestellt werden, vertikal mit Schlingen abgehängte Elemente könnten neu platziert werden. Indem Plattformen und Befestigungen nach drei bis vier Jahren um einige Dezimeter nach oben oder unten am Stamm verschoben werden, lassen sich gravierende Einschnürungen, die eventuell als Sollbruchstellen wirken könnten, in der Regel vermeiden.
- Betriebszeiten sowie Wartungsintervalle sollten auch **baumbiologische Erkenntnisse** berücksichtigen. Im Frühjahr können bei starker Beanspruchung leichter maßgebliche Schäden am Kambium entstehen, weil dessen Teilungsaktivität in dieser Zeit erhöht ist. Zu dieser Zeit wäre auch eine Verschärfung von Beeinträchtigungen durch Einschnürungen und Druckstellen zu erwarten. Andererseits wird die baumeigene Reaktion auf Verletzungen in der Vegetationsruhe verzögert, so dass bei Eingriffen oder Schäden größere Defekte entstehen können.¹²

4 Ausblick

In den europäischen Verbänden wie ERCA oder IAPA (*International Adventure Parc Association e.V.*) sowie den normgebenden Institutionen finden baumfachliche Belange im Hinblick auf die Sicherheit und Nachhaltigkeit der Klettergärten in Bäumen weit-

¹² Vgl. Darstellung in DUJESIEFKEN & LIESE (2008).

hin große Beachtung.¹³ In Österreich arbeitet das Normungsinstitut *Austrian Standards* bereits an einer Ö-Norm zu grundlegenden Anforderungen an Bauminstallationen. Bei der Zulassung von Seilgärten für den regulären Betrieb sind technische Abnahmen durch akkreditierte Zertifizierungsstellen der ERCA erforderlich, die auch eine ausreichende Klärung der speziellen baumfachlichen Fragestellungen gewährleisten müssen. Von Betreibern und Baufirmen wird das Fachwissen von Baumspezialisten bei der Planung und Inspektion der Seilgärten nachgefragt. Verschiedene Sachverständigenbüros bieten bereits regelmäßig Fortbildungen für diese Zielgruppe an. Mittlerweile wurde sogar die Einführung eines Gütesiegels für Waldseilparks und Kletterwälder geprüft, zu dessen Hauptkriterien auch der Umgang mit Bäumen, mit Natur und Landschaft sowie mit Ressourcen zählt.¹⁴

Während solche Entwicklungen zur besseren Ausgestaltung der neuen Nutzungsform Waldseilpark beitragen könnten, mangelt es in diesem Gebiet weiterhin an belastbaren Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen. Einzelne Autoren gehen davon aus, dass in den nächsten fünf bis acht Jahren bis zu 500 neue Waldseilgärten entstehen könnten. Angesichts dieser Perspektive wäre es essentiell, sowohl bisherige Erfahrungen schlüssig zu dokumentieren, als auch die biologischen Auswirkungen auf Baum und Boden stärker wissenschaftlich zu untersuchen. Auch die Grundlagen für einen statischen Nachweis der Tragfähigkeit von Bäumen sollten weiter erforscht werden. Dabei darf jedoch nicht ganz vergessen werden, dass es sich bei der derzeitigen Welle von Neuanlagen durchaus bis zu einem gewissen Grad um eine Moderscheinung handelt, die deutlich rascher als vermutet wieder abklingen könnte. Dennoch ist es wichtig, dass sich Fachleute aus dem Bereich der Baumpflege für eine nachhaltig tragfähige Entwicklung der Hochseilgärten in Bäumen einsetzen.

¹² Vgl. Darstellung in DUJESIEFKEN & LIESE (2008).

¹³ Neben der Überarbeitung der ERCA-Standards sind in naher Zukunft auch eigene Bau- und Betriebsstandards für Kletterwälder seitens der IAPA zu erwarten.

¹⁴ Vgl. WILDE (2009).

Dank

Für die freundliche Unterstützung und hilfreiche Durchsicht des Manuskripts danken wir VALENTIN KERN und FRANK SCHWEINHEIM von ERCA e.V., sowie STEFFEN PFAU, ALEX SCHMID, STEFAN GASSNER, ALFRED ESSWANGER und ALEXANDER HAAGE für die Überlassung von Bildmaterial.

Literatur

- BALDER, H., 2003: Veranstaltungen im öffentlichen Grün – Schäden und Schutzmaßnahmen. In: DUJESIEFKEN, D.; KOCKERBECK, P. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2003, Thalacker Medien, Braunschweig, S. 113–121.
- BAUER, T.; ESCHRICH, W., 1997: Mechanical pressure inhibits vessel development of xylogenic cambial derivatives of beech. *Trees* 11, 349–355.
- BREILOER, H., 2007: Die neue Freizeiteinrichtung Kletterwald. Teil 1: Verkehrssicherungspflicht im Kletterwald. *AFZ-DerWald*, (20), 1102–1104.
- DETTER, A.; BRUDI, E.; BISCHOFF, F., 2004: Kronensicherungen – Was bewirkt der Durchgang des Seiles? Kletterblatt, 54–55.
- DETTER, A.; COWELL, C.; MCKEOWN, L.; HOWARD, P., 2008: Evaluation of current rigging and dismantling practices used in arboriculture, Norwich, UK: Health and Safety Executive.
- DUJESIEFKEN, D.; LIESE, W., 2008: Das CODIT-Prinzip. Von Bäumen lernen für eine fachgerechte Baumpflege, Braunschweig: Haymarket Media.
- FINK, S., 1999: Pathological and regenerative plant anatomy. (Handbuch der Pflanzenanatomie 14). Stuttgart: Borntraeger.
- FLL (Hrsg.), 2004: Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Bonn.
- GAERTIG, T., 2007: Atemnot im Wurzelraum – Der Einfluss der Gasdurchlässigkeit des Bodens auf die Feinwurzelerschließung und die Vitalität von Bäumen. In: DUJESIEFKEN, D.; KOCKERBECK, P. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2007, Haymarket Media, Braunschweig, 169–179.
- GARDINER, B.; BYRNE, K.; HALE, S.; KAMIMURA, K.; MITCHELL, S.; PELTOLA, H.; RUEL, J., 2008: A review of mechanistic modelling of wind damage risk to forests. *Forestry*, 81(3), 447–463.
- GELLMERMANN, M.; SCHREIBER, M., 2008: Schutz wildlebender Tiere und Pflanzen in staatlichen Planungs- und Zulassungsverfahren: Leitfaden für die Praxis, Springer.
- GRUBER, M.; WOLF, R., 2003: Spannung und Sicherheit. Sicherheit beim Spannen von horizontalen Seilen, Augsburg: ZIEL – Zentrum für interdisziplinäres erfahrungsorientiertes Lernen GmbH.
- HAIMANN, M., 2007: Auswirkungen von Plattformbefestigungen auf Bäume in Kletterparks. Diplomarbeit. Fachhochschule Osnabrück.
- HAIMANN, M., 2008: Die neue Freizeiteinrichtung Kletterwald. Teil 3: Befestigung von Plattformen an Bäumen in Kletterparks. *AFZ-DerWald*, (16), 882–885.
- HILDEBRAND, E.; WIEBEL, M., 1982: Der Einfluss der Befahrung auf die Qualität von Forststandorten, dargestellt an bodenphysikalischen Kenngrößen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 153, 24–34.

- HONSPERGER, D., 2005: Seilbefestigungen im Seilpark. Diplomarbeit. Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Informatik HTI.
- JAMES, K.; HARITOS, N.; ADES, P. K., 2006: Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American Journal of Botany*, 93(10), 1522–1530.
- KANE, B.; RYAN, D., 2002: Discoloration and decay associated with hardware installations in trees. *Journal of Arboriculture*, 28(4), 187–193.
- KOIZUMI, A.; HIRAI, T., 2006: Evaluation of section modulus for tree-stem cross sections of irregular shape. *Journal of Wood Science*, 52(3), 213–219.
- MATTHECK, C., 2002: Mechanik am Baum. Erläutert mit einfühlsamen Worten von Pauli dem Bär. Forschungszentrum Karlsruhe.
- NIKLAS, K. J., 1992: Plant biomechanics, Chicago: University of Chicago Press.
- RICHARDS, T., Outward Bound International-History. Online resource: http://www.outward-bound.org/lic_sub3_history.htm [Zugriff Januar 8, 2009].
- RUDNICKI, M.; MEYER, T.; LIEFFERS, V.; SLINS, U.; WEBB, V., 2008: The periodic motion of lodgepole pine trees as affected by collisions with neighbors. *Trees – Structure and Function*, 22, 475–482.
- RUST, S.; WEIHS, U., 2007: Geräte und Verfahren zur eingehenden Baumuntersuchung. In: DUJESIEFEN, D.; KOCKERBECK, P. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege 2007*, Haymarket Media, Braunschweig, S. 215–241.
- STRASSER, P., 2008: Spannung zwischen Bäumen: Handbuch für temporäre Seilelemente. Augsburg: ZIEL – Zentrum für interdisziplinäres erfahrungsorientiertes Lernen GmbH.
- VETTER, H.; WESSOLLY, L., 1994: Verkehrssicherheit – Vermeidung von Fehlern bei der Kronensicherung. *Das Gartenamt*, (9), 611–616.
- WESSOLLY, L.; ERB, M., 1998: *Handbuch der Baumstatik + Baumkontrolle*, Berlin: Patzer.
- WILDE, MARC, 2009: Kletterwälder boomen. *Drittes Deutsches Kletterwaldsymposium in Frankfurt a. M. AFZ-DerWald*, (4), 196–197
- WILDE, M.; WÄLDCHEN, M., 2008: Die neue Freizeiteinrichtung Kletterwald. Teil 2: Baumbeurteilung im Kletterwald vor und nach der Errichtung. *AFZ-DerWald*, (4), 182–187.

Autoren

Andreas Detter ist Diplom-Ingenieur der Landespflege und wurde von der IHK für München und Oberbayern für das Sachgebiet Baumpflege, Verkehrssicherheit von Bäumen, Baumwertermittlung öffentlich bestellt. Er ist Mitglied der Sachverständigen-Arbeitsgemeinschaft sag Baumstatik e.V. und im Büro Brudi & Partner TreeConsult in Gauting bei München als Sachverständiger und Referent tätig. Als Mitglied der European Ropes Courses Association ERCA e.V. ist er neben der Bewertung von Seilgärten in Bäumen auch an der Weiterbildung der Hersteller und Betreiber sowie der Weiterentwicklung technischer Standards beteiligt.

Dipl.-Forstwirt Frank Bischoff und *Erk Brudi* sind ebenfalls öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für Bäume im Büro Brudi & Partner TreeConsult.

*Brudi & Partner
TreeConsult
Berengariastraße 7
82131 Gauting
Tel. (0 89) 75 21 50
Fax (0 89) 7 59 12 17
a.detter@tree-consult.org*

