

Wurzelentwicklung von Winter-Linden nach Containeranzucht

Dr. Axel Schneidewind

1 Einleitung

Die Verwendung von Bäumen und Gehölzen im öffentlichen Grün, die während ihrer Baumschulzeit in Containern kultiviert worden sind, hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Der Hauptgrund dafür liegt in der Möglichkeit, Bäume hierdurch fast ganzjährig, also auch in den Sommermonaten, zu pflanzen. Während das maschinelle Ballenstecken und Ballieren immer mit Wurzelverlusten verbunden ist, treten bei Containerbäumen kaum Wurzelverluste auf. Bei fachgerechter Entfernung des Containers beim Pflanzvorgang bleibt das gesamte Wurzelsystem des Baumes erhalten und somit wird der Verpflanzschock minimiert.

Die Containerproduktion bietet darüber hinaus die Möglichkeit der bodenunabhängigen Kultur, was aus phytosanitärer Sicht von Vorteil ist. Bodenbürtige Krankheitserreger, wie beispielsweise *Verticillium*-, *Phytophthora*- oder *Fusarium*-Arten, können dann den Gehölzen nicht gefährlich werden, vorausgesetzt, die verwendeten Substrate sind unbelastet. Durch die Entwicklung spezieller Containersubstrate mit höheren mineralischen Anteilen werden gute Wuchsbedingungen geschaffen, die zu einem schnelleren Wachstum der Bäume während der Baumschulkulturzeit führen.

Nachteilige Aspekte der Containerproduktion bestehen in den höheren Kosten für die Container selbst und für die Vorbereitung der Aufstellflächen der meistens oberirdisch stehenden Containerbäume, einschließlich der Gerüstverankerungen beziehungsweise Haltevorrichtungen. Die Kultursteuerung muss wesentlich exakter erfolgen. Seit Jahren werden üblicherweise Tropfbewässerungssysteme installiert, die wiederum eine gute Wasserqualität und/oder –aufbereitung erfordern. Für die spezifische Düngung, und die eingesetzten Substrate entstehen ebenfalls höhere Kosten.

2 Versuchshintergrund

Das Hauptproblem der Containerproduktion von Bäumen besteht in der seit langem bekannten Gefahr der unerwünschten Ring- oder Drehwurzelbildung in Kulturgefäßen. Diese Erscheinung wird auch als Topfeffekt bezeichnet. Je länger die Pflanzen in Behältern stehen, desto größer ist die Gefahr der Ringwurzelbildung. In welchem Ausmaß diese entstanden sind, zeigt sich erst beim Pflanzvorgang an den äußerlich sichtbaren Flächen (TAEGER 2017).

Unter Praxisbedingungen wurde bei Linden bisher nicht die weitere Entwicklung dieser Wurzelsysteme, das eigentliche Auswurzelungsverhalten von Containerbäumen, das nachfolgende Wurzelwachstum am Endstandort und die daraus resultierende Baumentwicklung über mehrere Jahre hinweg untersucht.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsanlage und Datenerhebung

Im Jahr 2009 startete der Versuch im Kompetenzzentrum Garten- und Landschaftsbau in Quedlinburg. Als Versuchsbäume dienten Winter-Linden (*Tilia cordata* 'Greenspire'), die zuvor drei Jahre lang in fünf verschiedenen Containertypen mit gleichem Containersubstrat in einer Baumschule kultiviert worden waren. Zur Pflanzung kamen auf einer ebenen Fläche je vier Bäume pro Containervariante, also insgesamt 20 hochstämmige Winter-Linden mit einem Stammumfang von 14cm bis 16cm.

Die Bodenverhältnisse am Versuchsstandort waren sehr homogen. Vorher durchgeführte Schachtungen zeigten bis 1,20m Tiefe einen natürlich gewachsenen Boden mit einem ausgeprägten Lößlehm-Bodenprofil, der ab zirka 80cm zunehmend skelettreicher wurde.

Die mit den Containern gelieferten Versuchsbäume machten visuell einen guten und vitalen Eindruck. Im Zuge des Pflanzvorgangs konnten die Wurzelbereiche der Linden erstmals in Augenschein genommen werden. Wie in der Praxis üblich wurden vor der Pflanzung die

Wurzelballen jeweils an vier Seiten zirka 2cm tief eingeschnitten, um die Wurzelneubildung in den umgebenden Oberboden zu fördern. Nach einem fachgerechten Pflanzschnitt kamen die Bäume in Reihe mit einem Abstand von je fünf Metern in den anstehenden Boden. Die Ränder der Pflanzlöcher wurden vorher mechanisch aufgeraut, um eine gute Verzahnung zwischen den Wurzelballen und dem umgebenden Boden zu erzielen. Als Baumverankerung diente ein Drei-Bockgerüst mit einer praxisüblichen Kokosstrick-Anbindung. Als Stamm-schutz wurde die Kokosmatte Cocoprotec® unter- und oberhalb der Baumanbindung eingebaut, so dass der gesamte Stammbereich bis zum Kronenansatz geschützt war. Die Baumbewässerung wurde mit Hilfe von Gießrändern aus Oberboden sichergestellt. Während der gesamten Versuchszeit erfolgten weder Düngungs- noch Schnittmaßnahmen.

Im Zuge der Pflanzung wurden die Ausgangswerte der 20 Winter-Linden (Stammumfänge, Baum-, Stamm- und Kronenhöhen) gemessen, die im gesamten Versuchszeitraum fortlaufend erfolgten.

Von den je vier Wiederholungen pro Containerfabrikat wurde alle zwei Jahre die Ausgrabung einer Linde vorgenommen, um in Abhängigkeit vom ursprünglichen Kulturcontainer die Wurzelentwicklung aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurden die kompletten Wurzelbereiche von allen entnommenen Bäumen intensiv freigespült. Die Zählung der Wurzeln erfolgte in den drei baumpflegerisch üblichen Gruppen: Starkwurzel ($\varnothing > 5,0\text{cm}$), Grobwurzel (2,0cm bis 5,0cm) und Schwachwurzel (0,5cm bis 2,0cm). Nach Versuchsende schlossen sich holzbiologische Aufarbeitungen und Untersuchungen an, um die Wurzelentwicklung der Linden in Abhängigkeit von der Containeranzucht genauer analysieren zu können.

3.2 Versuchsvarianten

Während ihrer Baumschulkulturzeit standen von den 20 Versuchsbäumen vier Containerfabrikate oberirdisch an Gerüsthalterungen und eine in den Boden eingesenkt (Pot-in-Pot-System). Die fünf Kulturcontainertypen kann man in drei Gruppen, Hartwand-Kübel, Pflanzsäcke und Springring-System, unterteilen (s. Tab. 1).

Der verwendete Hartwand-Einzelkübel besteht aus schwarzem Polyethylen (PE) ohne Griff mit hochgezogenem Boden und 8 Bodenlöchern mit 2cm Durchmesser sowie weiteren 8 über Eck-Öffnungen. Die ungelochte Topfwand ist wasser- und lichtundurchlässig. Der robuste Container ist sehr stabil und standfest und wird deshalb in Baumschulen häufig bei der oberirdischen Kultur an Gerüsthalterungen eingesetzt. Eine Wiederverwendbarkeit nach der Pflanzung am Endstandort ist uneingeschränkt möglich.

Beim Pot-in-Pot-System handelt es sich um zwei gleich große Hartwand-Kübel, ebenfalls aus schwarzem PE, die ineinander gestellt werden. Der äußere Grundtopf verbleibt dauerhaft im Boden und schließt nur geringfügig oberhalb der Erdbodenkante ab. Der zweite mit dem Baum getopfte Kübel wird darin eingesenkt. Dieser zweite Kübel wies 8 über Eck-Öffnungen vom ebenen Topfboden zu den Seitenwänden auf. Abstandhalter zwischen beiden Containerböden und -wänden verhindern das Verkeilen ineinander. Unter dem Grundkübel muss eine funktionsfähige Drainage verlegt sein, um Stauwasser zu vermeiden und Überschusswasser zügig abzuleiten. Alle anderen Eigenschaften sind analog dem Hartwand-Einzelkübel.

Zwei Versuchsvarianten gehören zur Gruppe der Pflanzsäcke aus flexiblem, teilweise recyceltem, Material, von denen es inzwischen eine Vielzahl von Größen, Farben und Anbietern gibt. Die Produkte werden aus witterungsbeständigen Polyethylen- oder Polypropylen-Geweben mit Trageschlaufen hergestellt. Das atmungsaktive wasserdurchlässige Gewebe soll Ringwurzelbildungen und Staunässe verhindern. Die Pflanzsäcke sind wasch- und sterilisierbar und deshalb zur Wiederverwendung geeignet. Flach zusammengefaltet beanpruchen sie ein geringes Lager- und Transportvolumen. Aufgrund der weichen Topfwände verursachen Pflanzsäcke bei Verladung und Transport von Bäumen keine Stammschäden. Die Produktpreise sind im Vergleich zu den anderen Fabrikaten günstiger (s. Tab. 1).

Bei den beiden getesteten Produkten handelt es sich um PlantinBag®, und ARBO-Perf®. Der grüne PlantinBag® besteht aus nicht abbaubarem aber recycelfähigem PE-Gewebe mit zwei

Griffen bzw. Transportschlaufen, ist luftdurchlässig und UV-beständig. Über die gesamte Containerwand gleichmäßig verteilt befinden sich 24 und im Containerboden weitere 8 gestanzte Löcher mit 4mm Durchmesser. Zusätzlich sind an der seitlichen Unterkante des Sacks weitere 4 größere Löcher von 1cm Durchmesser ausgeführt, die für den Abzug überschüssigen Wassers gedacht sind.

Der ARBO-Perf® besteht ebenfalls aus nicht abbaubarem aber weißem PE-Gewebe der Seitenwände mit angenähertem schwarzem Behälterboden gleichen Materials und vier gleichmäßig verteilten Transportschlaufen. Gemäß Herstellerangaben ist dieser ebenfalls luftdurchlässig und UV-beständig. Die weißliche Färbung der Containerwände soll durch die Reflektion des Sonnenlichts die Bodentemperaturen im Baumsubstrat während der Kulturzeit verringern. In vier Reihen angeordnet, befinden sich in der unteren Hälfte des Sacks insgesamt 104 gestanzte 4mm große Löcher, die wie Perforierungen wirken. Weitere Lochungen, wie bei PlantinBag®, sind nicht vorhanden. Trotzdem sind Baumwurzeln in der Lage, den Containerboden des ARBO-Perf® zu durchwachsen.

Der Air-Pot® ist gegenüber den bisher vorgestellten Kulturcontainern von Gehölzen ein grundsätzlich anderes System, auch als Springring bezeichnet. Das Fabrikat wird aus recyceltem schwarzem HPDE gefertigt und besteht aus einer speziellen Topfwand, einem gitterartigen Bodeneinsatz sowie grünen Wandbefestigungsschrauben. Die Containerwand besitzt eine dreidimensionale Struktur mit direkt nebeneinanderliegenden konisch geformten 4cm tiefen kegelartigen Ausstülpungen. Die Hälfte der Kegel ist nach innen gerichtet und geschlossen. Die nach außen weisenden Kegelspitzen sind exakt abgeschnitten, also offen, mit Ausnahme der oberen drei Kegelreihen. Dieser geschlossene Containerrand von 6cm Breite dient als Gießrand und verhindert das oberflächliche Abschlämmen des Baumsubstrats. Da die Behälterwände keine ebenen Flächen aufweisen, werden die Wurzeln in die nach außen stehenden, offenen Kegel geleitet bis die Wurzelspitzen durch den ansteigenden Luftgehalt eintrocknen. Dieser natürliche Luftwurzelschnitt wird auch als air-pruning bezeichnet. Gleichzeitig erfolgt damit eine intensive Durchlüftung des eingebauten Baumsubstrats. Der Beschaffungspreis pro Set ist im Vergleich zu den anderen Containertypen am höchsten.

Tab. 1: Übersicht der verwendeten Containertypen

Var.	Fabrikat	Farbe	Volumen in l	Ø in cm	Höhe in cm	Einzelpreis in €
1	Hartwand-Kübel	schwarz	50	45	35	3,76
2	Pot-in-Pot	schwarz	50	45	35	7,52*
3	PlantinBag®	grün	53	43	32	1,55
4	ARBO-Perf®	weiß	59	46	31	2,85
5	Air-Pot®	schwarz	45	39	40	7,74

*Preis entspricht zwei Hartwandkübeln (Grundtopf verbleibt im Boden)

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Stammumfänge und Wuchsleistungen im Versuchszeitraum

Die Kultur der Versuchsbäume fand in einer Baumschule unter analogen Bedingungen, v.a. die Wasser- und Düngungsversorgung betreffend, statt. Deshalb variierten die Stammumfänge (STU) bei der Erstaufnahme nach der Pflanzung innerhalb eines Containerfabrikats kaum voneinander und nur geringfügig zwischen den Varianten.

In den Folgejahren wurde die Entwicklung der STU in Abhängigkeit vom ursprünglichen Anzuchtcontainer deutlicher. Bei den zuletzt entnommenen Versuchsbäumen aus den Hartwand-Kübeln und den Pflanzsäcken lagen die Messwertunterschiede unter 3cm. Die Stammzuwächse der Winter-Linden aus den Air-Pot®-Behältern waren über die gesamte Versuchszeit hinweg durchgehend stärker. Am Versuchsende wies die letzte Linde dieser

Variante, als einziger Baum überhaupt, einen Stammumfang über 60cm auf. Abb. 1 zeigt den jeweiligen Durchschnitt pro Versuchsvariante.

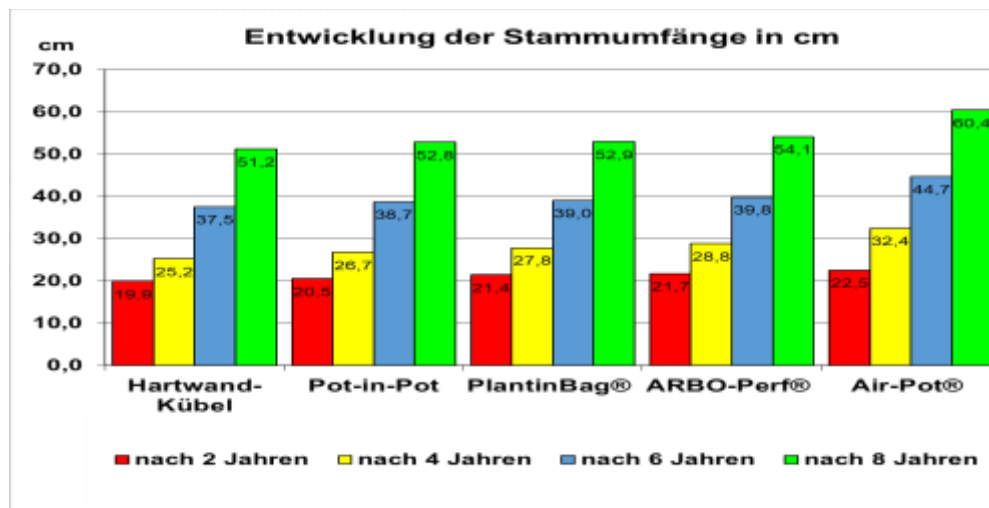


Abb. 1: Messergebnisse der Stammumfänge in Abhängigkeit vom Kulturcontainer

Diese Ergebnisse bestätigten sich durch die Messungen der Baumhöhen. Zu Versuchsbeginn lagen die Baumhöhen pro Containervariante im Durchschnitt zwischen 4,48m und 4,73m sowie bei den Kronenhöhen zwischen 2,04m und 2,47m. Die Kronenhöhen wurden zwar weiterhin jährlich erfasst, aber die Werte sind wegen des zunehmend unterschiedlich starken Hängewuchses der unteren Äste bei Linden nur bedingt aussagefähig. Eine bessere Beurteilung für die Wuchsleistung aller Versuchsbäume ist deshalb von der Entwicklung der Baumhöhen abzuleiten. Nach acht Jahren betrug die größte Gesamtbaumhöhe 8,12m (Air-Pot®) und die geringste 7,07m (Pot-in-Pot).

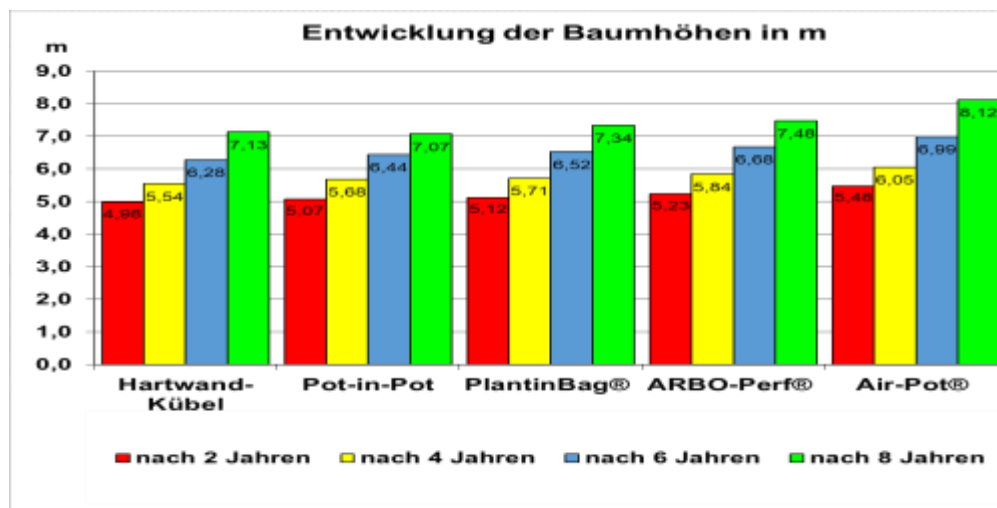


Abb. 2: Messergebnisse der Baumhöhen in Abhängigkeit vom Kulturcontainer

4.2 Wurzelentwicklungen im Versuchszeitraum

Nach der Entfernung der Kulturcontainer unmittelbar vor der Einpflanzung der Linden konnte erstmals das Wurzelwerk an den Außenflächen der Ballen in Augenschein genommen werden. Dabei wurde visuell in Abhängigkeit vom Containertyp ein heterogenes Wurzelbild sichtbar. Mit Ausnahme der Bäume aus dem Air-Pot® waren bei allen anderen Varianten Ringwurzeln unterschiedlicher Stärke und Länge feststellbar, die längsten bei den Hartwand-Kübeln (Var. 1 und 2). Teilweise verliefen diese Wurzeln um den gesamten Ballen. Aber auch bei den Pflanzsäcken (Var. 3 und 4) konnten diese Wurzelausträgungen an den glatten Außenflächen nachgewiesen werden. Bei den Hartwand-Kübeln waren die Ringwurzeln häufiger im oberen Drittel des Ballens sichtbar, bei den Pflanzsäcken mehr in der unteren Hälfte. Ein genaues

Auszählen dieser Wurzeln konnte nicht erfolgen, da die Wurzelballen als Ganzes in unversehrter Form eingepflanzt werden sollten. Im Gegensatz zu den Varianten 1 bis 4 sah das Wurzelwerk der Bäume aus dem Air-Pot® deutlich anders aus. Entsprechend des Systemaufbaus wurde die wabenförmige kegelartige Wandstruktur am Ballen sichtbar, die ein dicht verzweigtes Schwachwurzelgeflecht ohne Ansätze von Wurzelstrecken aufwies.

Bereits nach der Ausgrabung der ersten fünf Winter-Linden mit anschließender Wurzelfreispülung Ende 2011 zeigte sich das vollziehende Auswurzelungsverhalten der Linden. Die Zählung der containerverursachten Ringwurzeln bestätigte das visuelle gewonnene Bild während der Pflanzung. Die größte Anzahl dieser Wurzeln, die inzwischen ausnahmslos Grobwurzelstärke ($\varnothing > 2\text{cm}$) besaßen, wurden mit 17 bzw. 18 bei den Hartwand-Kübeln ermittelt, gefolgt von ARBO-Perf® mit 12 und PlantinBag® mit 10 Stück. Dieses Ergebnis bestätigte sich auch nach allen weiteren Rodungen mit baumindividuellen Abweichungen.

Abb. 3 zeigt die nachweisbaren Ringwurzeln am Versuchsende, die inzwischen durchgehend Starkwurzelstärke ($\varnothing > 5\text{cm}$) erreicht hatten. Über die Jahre hinweg waren blockartige Wurzelstöcke aus eingewachsenen Starkwurzeln entstanden, die immer noch die ursprünglichen Containermaße anzeigten. Durch das fortschreitende Dickenwachstum wurde die exakte Zählung ursprünglicher Ringwurzeln immer schwieriger. Deshalb mussten die herausgewachsenen Wurzeln an der Übergangsstelle zum Auswurzelungspunkt in den anstehenden Boden abgeschnitten werden. Dadurch wurde der ringförmige Wurzelwuchs, verursacht durch die verwendeten Kulturcontainer, noch besser sichtbar.

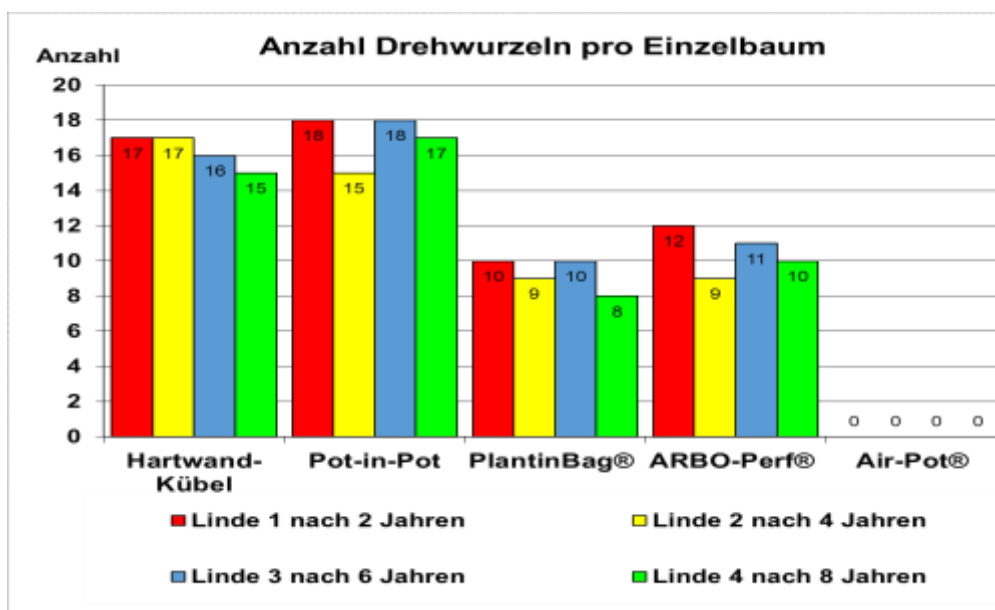


Abb. 3: Nachgewiesene Anzahl Dreh-/Ringwurzeln pro Einzelbaum und Jahr

4.3 Wurzelentwicklungen nach Kultur in Hartwand-Kübeln und Pflanzsäcken

Die Auswurzelung am Endstandort vollzog sich bei den Bäumen aus den Hartwand-Kübeln und Pflanzsäcken ab der ehemaligen Containerwand in radialer Richtung. Dieser Vorgang kann exemplarisch so beschrieben werden: Die Wurzel eines getopften Jungbaums in einem glattwandigen Container erreicht die Behälterwand, beginnt an dieser Fläche den, in diesem Fall unvermeidlichen, Drehwuchs, verdickt sich entsprechend der Kulturdauer, kommt nach der Baumschulkultur an den Endstandort und kann von dieser Stelle aus in den umliegenden Boden einwachsen. Die ringförmige Wurzelentwicklung wird damit überwunden, aber die bis dahin ausgeprägten Ringwurzeln bleiben unverändert bestehen (WATSON 2011). Durch das sekundäre Dickenwachstum verwachsen diese miteinander. Mit zunehmendem Baumalter entsteht daraus ein blockartig verwachsener Wurzelstock. Diese voranschreitende Entwicklung konnte bereits nach der zweiten Ausgrabungsaktion der Linden festgestellt werden.

Im sechsten Versuchsjahr wurde eine Linde aus dem ehemaligen Pot-in-Pot-System im Kronenbereich zunehmend trocken und starb allmählich ab, ohne dass phytosanitäre oder Standortprobleme nachzuweisen waren. Nach dem Ausspülen des Wurzelwerks wurden 18 Ringwurzeln im Bereich des ehemaligen Hartwand-Kübels festgestellt. Die am weitesten oben liegenden Wurzeln hatten begonnen, ähnlich einer klassischen Würge Wurzel, den Stammfuß einzuschnüren. Vor der Ausgrabung konnte dieser würge Wurzelähnliche Zustand nicht erkannt werden. Erst das umfassende Freilegen der Wurzelhäuse bei der Ausgrabung machten die quer zur Wuchsrichtung des Stammes liegenden Drehwurzeln bis 8 cm Durchmesser vollständig sichtbar.

Nach acht Versuchsjahren traten bei den Winter-Linden aus den ehemaligen Hartwand-Kübeln (Var. 1 und 2), neben den blockartig verwachsenen Wurzelstöcken, zusätzlich unnatürliche und starke wulstartige Verdickungen des Stammfußes bis zu einem Durchmesser von 14 cm auf. Die inzwischen komplett eingewachsenen verdrehten Starkwurzeln schnürten die Stammfüße dieser beiden Linden erheblich ein und behinderten zunehmend das sekundäre Dickenwachstum der Stämme. Bei den Pflanzsackvarianten zeigte sich die Entwicklung der Drehwurzeln nach acht Jahren in etwas modifizierter Weise. Da die ursprünglich bei der Anzucht entstandenen Ringwurzeln hauptsächlich in der unteren Hälfte der Container lokalisiert waren, führten diese vor allem dort zu blockartigen Wurzelverwachsungen. Bei der Linde aus dem ARBO-Perf®-Sack wurde eine beginnende Einschnürung des Stammfußes durch Ringwurzeln festgestellt. Da eine Entfernung von eingewachsenen Ringwurzeln am stehenden Baum unmöglich ist, muss von einer fortschreitenden Schädigung beziehungsweise Stammbruchgefahr an dieser Stelle ausgegangen werden.

4.4 Wurzelentwicklung und Auswurzelungsverhalten nach Kultur im Air-Pot®

Völlig anders stellten sich die ausgespülten Wurzelbereiche aus dem Air-Pot®-System dar. Wie beschrieben, konnten bereits vor der Pflanzung äußerlich keine Drehwurzeln festgestellt werden. Nach den Ausgrabungen dieser Linden, gemäß Versuchsaufbau, zeigte sich unabhängig vom Baumalter eine normale Wurzelentwicklung. Aus den dicht verzweigten Schwachwurzeln an den Behälterrändern des Air-Pot® entwickelte sich ein gleichmäßig sternförmig ausgeprägtes Wurzelsystem nach allen Seiten. Die Wurzeln wuchsen, ohne vorheriger Drehwuchsfixierung, weitestgehend ungehindert in den umgebenden Oberboden und erreichten zügig Starkwurzelstärke.

Durchgeführte Suchschachtungen bei den letzten fünf stehenden Winter-Linden erbrachte, dass sich, im Vergleich zu den anderen Varianten, das weitreichendste Wurzelsystem bei dem Baum entwickelt hatte, der im Air-Pot®-System kultiviert worden war. Die Wurzelauerspülungen belegten die gleichmäßige Qualität des gesamten Wurzelwerks. Vereinzelt auftretende Wurzelverwachsungen im anstehenden Boden außerhalb der ehemaligen Container waren bei allen Versuchsbäumen feststellbar und sind nicht auf den Einfluss der Kulturcontainer zurückzuführen.

Durch ein mittiges Auftrennen der Wurzelstöcke der zuletzt ausgegrabenen fünf Versuchsbäume konnte die bereits seit Jahren voranschreitende Entwicklung von Ringwurzeln der Var. 1 bis 4 exakt nachgewiesen werden. Diese Arbeiten ermöglichten auch Querschnittsmessungen der Wurzelstärken an ihren Entstehungsbereichen.

Daraus konnten unterschiedliche Wachstumsreaktionen an den Grenzflächen der Containermodelle abgeleitet werden. Vergleichsweise größere wurzelfreie Bereiche im Innern der Ballen weisen darauf hin, dass die glatten Innenflächen der Containervarianten 1 bis 4 für die Wurzeln während der Baumschulproduktion attraktiver waren, als das verfügbare Baumschulsubstrat. Darin könnte die eigentliche Ursache der Ringwurzelentwicklung liegen. Bei den Bäumen aus Air-Pot® gab es durch die lochartig strukturierte Wand, welches das Air-Pot® zur Folge hatte, diesen Wachstumsreiz nicht. Im Ergebnis wurde bei dieser Anzuchtvariante das vorhandene Baumschulsubstrat gleichmäßiger durchwurzelt, ohne dass Ringwurzeln entstanden. Auch die nachfolgenden besseren Wuchsergebnisse der Linden aus dem ehemaligen Air-Pot®-System sind dadurch erklärbar, obwohl gegenüber den anderen

Containervarianten während der Baumschulkultur weniger Substrat zur Verfügung stand (s. Tab. 1).

5. Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen bei vier von fünf Versuchsvarianten das Ausmaß von Ringwurzelbildungen in Abhängigkeit von den in der Baumschule verwendeten Kulturgefäßen. Es hat sich bestätigt, dass die während der Containerproduktion primär entstandenen Drehwurzeln im Wurzelstock eines Baumes lebenslang erhalten bleiben. Die Ring- oder Drehwurzelbildung und damit die zunehmende Gefahr von würgewurzelähnlichen Wuchsabläufen in unmittelbarer Nähe des Baumstamms, stellen ein grundsätzliches Problem für die Baumentwicklung dar. Durch voranschreitende Abschnürung kann es in der Perspektive zum vorzeitigen Absterben eines Baumes oder zumindest zur unkalkulierbaren Erhöhung seiner Bruchgefahr am Stammfuß kommen.

Da sich das nachfolgende Auswurzelungsverhalten der Linden ab der ehemaligen Containerwand in normaler Weise vollzog, kann geschlussfolgert werden, dass bei günstigen Standortverhältnissen für Bäume, eher der Zeitraum zunehmender Stammbruchgefahr eintreten kann. Das Absterben einer Linde im sechsten Versuchsjahr belegt diesen Aspekt. Demzufolge ist nicht das Auswurzelungsverhalten der Bäume das eigentliche Problem, sondern die anzuchtbedingt fixierten Ringwurzelausprägungen, die durch das bevorzugte Wachstum von Wurzeln an den Grenzflächen glatter oder ebener Containerwandungen hervorgerufen werden.

Hinsichtlich der Wurzelentwicklung über den Versuchszeitraum von acht Jahren hinweg betrachtet, kann nur die Variante aus dem ehemaligen Air-Pot®-System als empfehlenswert beurteilt werden. Es wurde nachgewiesen, dass dieser Kulturcontainer die Bildung eines dicht verzweigten Wurzelgeflechts ohne Ringwurzelbildungen ermöglichten und die Bäume am Endstandort ohne Einschränkungen gleichmäßig stark auswurzelten. Im Vergleich zu den anderen vier Containervarianten entwickelten sich hierin im Versuchszeitraum die größten Bäume.

Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Baumart *Tilia cordata*, am Standort Quedlinburg und sollten durch weitere unabhängige Versuchsanstellungen an anderen Standorten und/oder Baumarten untermauert werden.

Literatur

SCHNEIDEWIND, A. 2020: Wurzelentwicklung von Winter-Linden *Tilia cordata* nach Containeranzucht. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2020. Verlag Haymarket Media, Braunschweig, 225-238

SCHNEIDEWIND, A. 2020: Gefahr durch Ringwurzeln. TASPO Baumzeitung, 54, 5/20, Verlag Haymarket Media, Braunschweig, 43-47.

TAEGER, C. 2017: Wurzelqualität ist Baumqualität – Balleneigenschaften und ihre Bedeutung für eine gelungene Pflanzung. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2017. Verlag Haymarket Media, Braunschweig, 74-90

WATSON, G. 2011: Fifteen years of urban tree planting and establishment research. In: JOHNSTON, M. et al. (Hrsg.): Trees, people and the built environment. Proceedings of the Urban Tree Research Conference, Forestry Commission, Edinburgh, 63-71