

# Süddeutscher Großversuch zu abiotischen Stammschäden an jungen Alleebäumen

Leander Wilhelm \*, Georges Lesnino \*\*, Jakob Rannertshauser \*\*\*,  
Albrecht Sturm \*\*\*\*

---

\* Baureferat Hauptabteilung Gartenbau, Landshauptstadt München; \*\* öbv Sachverständiger, Münchner Gehölzinstitut e.V.; \*\*\* Institut für Gartenbau, Fachhochschule Weihenstephan

## 1 Einleitung

Seit einigen Jahren werden an jungen Straßen- und Alleebäumen zunehmend Stammschäden beobachtet, die in der Vergangenheit in dieser Intensität und Verbreitung nicht bekannt waren. Erste Meldungen über Stammschäden an jungen Alleebäumen kamen Anfang der 90er Jahre aus Bayern, wobei bestimmte Ahorn-Sorten wie z.B. *Acer pseudoplatanus* ‚Negenia‘ oder *Acer platanoides* ‚Emerald Queen‘ als besonders anfällig erschienen. Seitdem häufen sich Meldungen und Beobachtungen über Schäden an verschiedenen Baumarten und –sorten auch aus benachbarten europäischen Ländern (Dellus et al. 2003, Dujesiefken u. Stobbe 2002, Lesnino 2001, Schneidewind 1998). Schäden an Baumarten wie *Aesculus*, *Alnus*, *Fraxinus* oder *Tilia* werden u.a. gemeldet (Dujesiefken u. Stobbe 2002 b). In erster Linie aber gelten immer noch Ahorn-Arten und -Sorten als besonders anfällig, häufig sind ganze Ahorn-Alleen mit mehreren Hundert Bäumen so stark beschädigt, dass die finanziellen Schäden enorm sind.

Inzwischen sind die Symptome bereits mehrmals beschrieben worden (Dujesiefken u. Stobbe 2002 a, Lesnino 2001, Schneidewind 1998). Die

Stammschäden äußern sich in Form von Stammnekrosen, die meistens auf der südlich orientierten Stammseite erscheinen (Abb. 1).

In der deutschsprachigen Literatur werden diese Erscheinungen als „Frostrisse“, „Rindenrisse“, „neuartige Stammschäden“, „abiotische Stammschäden“ oder auch als „Sonnennekrosen“ bezeichnet. In der französischen Literatur werden nach Dellus et al. (2003) diese Stammschäden „*échaudures*“ (Hitzeschäden) oder „*nécroses corticales orientées*“ (orientierte Rindennekrosen) genannt. In der amerikanischen Literatur spricht man von „*sunscald*“ (Sonnenbrand) und „*bark splitting*“ oder „*bark cracking*“ (Rindenriss).



**Abb. 1:** Stammschäden auf der südwestlichen Stammseite eines Stammes von *Acer platanoides*.

Bezüglich der Schadensursachen werden in der Literatur verschiedenartige Hypothesen aufgestellt. Schneidewind (2000) führt die neuartigen Stammschäden auf Frostrisse zurück, die als Rindenrisse infolge großer Temperaturgefälle zwischen Sonnen- und Schattenseite von Baumstämmen an strahlungsintensiven Wintertagen entstehen. Die Sonneneinstrahlung ist nach Dujesiefken und Stobbe (2002) die Hauptursache, die eine Schädigung des Kambiums und des Bastgewebes infolge erhöhter Erhitzung bewirkt. Demzufolge schlagen beide Autoren den Begriff "Sonnennekrosen" vor. Für Dellus et al. (2003) könnten die orientierten Rindennekrosen als Spätfrostschäden bei fehlender bzw. verzögerter Akklimatisierung der jungen Bäume entstehen. Lesnino (2001) weist nach jahrringanalytischen Datierungen des Entstehungszeitpunktes darauf hin, dass Stammschäden sowohl in den Wintermonaten als auch während der Vegetationsperiode entstehen können.

Unabhängig von den möglichen Ursachen ist festzuhalten, dass Stammschäden an jungen Alleebäumen im letzten Jahrzehnt gehäuft auftreten. Deshalb ist eine Ursachenforschung über mögliche Faktoren, die die Anfälligkeit der Bäume für Stammschäden beeinflussen können, unbedingt notwendig.

In Zusammenarbeit zwischen der Hauptabteilung Gartenbau des Baureferats der Landeshauptstadt München und dem Institut für Obstbau und Baumschule der Fachhochschule Weihenstephan wurde im Jahre 2001 ein Forschungsprojekt beschlossen, bei dem Ursachen oder Ursachenkomplexe für die Entstehung von Stamm- bzw. Rindenschäden an jungen Alleebäumen über einen Zeitraum von mehreren Jahren untersucht werden sollten.

## **2 Versuchsanlage**

Auf einer Gesamtfläche von ca. 1,6 ha wurden in April 2002 rund 400 Versuchsbäume auf dem eingezäunten Gelände der städtischen Baumschule der Landeshauptstadt München in Dietersheim gepflanzt. Der Standort zeichnet sich durch einen stark kieshaltigen Oberboden aus, der dem nach ZTV-Vegtra-Mü empfohlenen Baumsubstrat, wie es am Endstandort im städtischen Bereich verwendet wird, ähnlich ist.

Nach einer Bodenvorbereitung durch Pflügen wurden die Alleebäume mit Hilfe eines Pflanzlochbohrers nach den üblichen Versuchsrichtlinien gepflanzt. Die Gassen wurden durch Einsaat von Gras begrünt. Eine Lochdüngung wurde mit "Oscorna Baumfutter" unter Zugabe von 1 kg pro Baum durchgeführt. Um eine gegenseitige Beschattung der einzelnen Baumstämme zu verhindern, erfolgte die Pflanzung in einem Abstand von 6 x 6 m (Abb. 2).

Das Pflanzenmaterial wurde zum großen Teil von vier großen deutschen Baumschulen zur Verfügung gestellt. Alle Versuchspflanzen wurden zuvor in den jeweiligen Baumschulen mit einem Nordpunkt versehen und bei der Pflanzung mit Hilfe eines Kompasses genau orientiert.

Die Messtechnik und die statistische Auswertung wird vom Institut für Technik der Fachhochschule Weihenstephan betreut. Das Münchner Gehölzinstitut e.V. leistet Beratungs- und Betreuungsaufgaben bezüglich baumbiologischer Fragen.

Als Versuchspflanzen wurden folgende Arten und Sorten, die zum Teil als schadensanfällig gelten, in der Qualität 3xv 14/16 m.B. ausgewählt:

*Tilia cordata*, *T. cordata* 'Greenspire', *T. europaea* 'Pallida', *Acer platanoides*, *A. platanoides* 'Emerald Queen', *A. platanoides* 'Farlake's Green', *A. pseudoplatanus*, *A. pseudoplatanus* 'Negenia', *A. pseudoplatanus* 'Rotterdam'.



**Abb. 2:** Versuchsfläche in Dietersheim während der ersten Vegetationsperiode 2002.

Den Versuchsfragen entsprechend wurden drei Teilversuche eingerichtet:

1. *Teilversuch "Düngung"*: von insgesamt 216 Alleebäumen mit 24 Bäumen pro Art bzw. Sorte wurde die Hälfte der Bäume jeweils vorher in der Baumschule mit der doppelten der üblichen Menge gedüngt. Dadurch sollte eine „Überdüngung“ vorgetäuscht werden. Bei der Pflanzung wurden die Stämme der Nordmarkierung entsprechend nach Norden orientiert. Es erfolgte kein Stammschutz.
2. *Teilversuch "Himmelsrichtung"*: an insgesamt 96 Alleebäumen mit 24 Bäumen pro Art bzw. Sorte wurde zu jeweils vier Bäumen der Nordpunkt nach den vier Himmelsrichtung verschieden orientiert. Es erfolgte ebenfalls kein Stammschutz.
3. *Teilversuch "Stammschutz"*: an insgesamt 84 Alleebäumen mit 12 Bäumen pro Art und Sorte wurde zu jeweils vier Bäumen ein Stammschutz mit Jute, Schilfrohr und Bambus angebracht. Die Nordorientierung wurde beibehalten.

Darüber hinaus soll die aus der Praxis bekannte „Sortenanfälligkeit“ mancher *Tilia*- und *Acer*-Sorten über alle Teilversuche gezielt untersucht und bestätigt werden.

### 3 Messanlage

Zur Erfassung möglicher Stammdehnungen bzw. –schwindungen, die als Ursachen für das Auftreten von Rindenrissen von manchen Autoren betrachtet werden, wurden Stammumfangssensoren, sogenannte

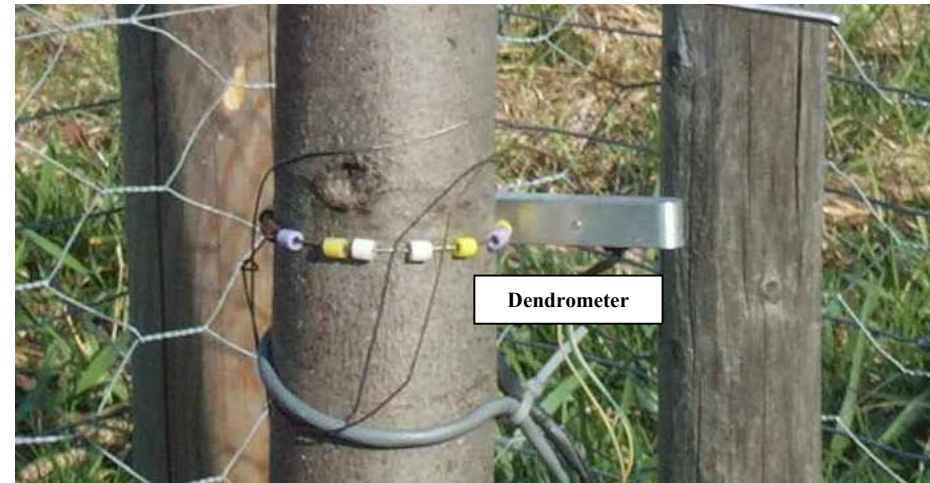
Dendrometer DC (Fa. EcoMatik), an 12 ausgewählten *Tilia*- und *Acer*-Stämmen in einer Stammhöhe von 0,5 m angebracht.

Die Dendrometer DC umspannen den Stamm mit einem dünnen Stahlseil, das mit Abstandsringen aus Kunststoff versehen ist, um eine reibungsfreie Bewegung zu ermöglichen (Abb. 3). Umfangsänderungen werden vom Dendrometer DC potentiometrisch unter einer Auflösung von weniger als 2  $\mu\text{m}$  registriert.

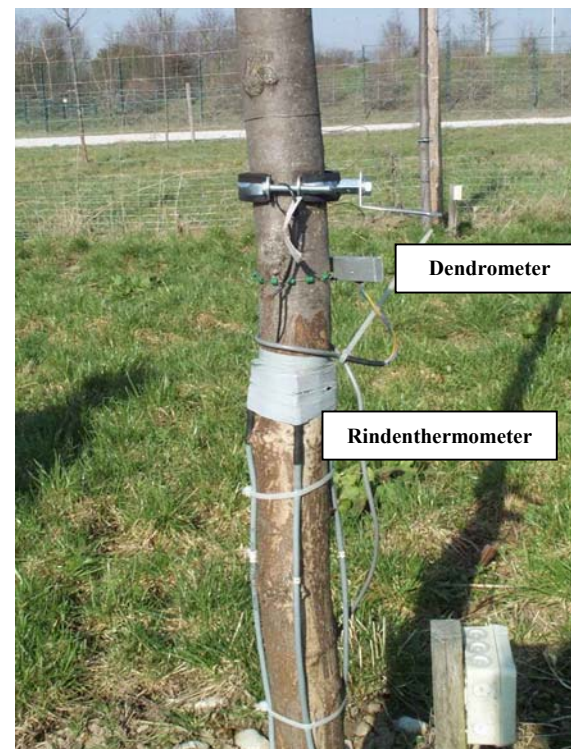
An einem Versuchsbaum wurden zusätzlich Rindenthermometer (Temperatursensoren Pt 100, Fa. EcoMatik) nach den verschiedenen Himmelsrichtungen auf die Rinde eingesetzt, um Temperaturextreme und -unterschiede unmittelbar am Baumstamm registrieren zu können (Abb. 4).

Über eine Wetterstation wurden schließlich Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur in verschiedenen Höhen kontinuierlich gemessen und registriert.

Alle Messwerte werden alle 20 Minuten abgerufen und in einem Fluke Datalogger gespeichert. Die Messdaten werden anschließend ausgelesen und mit Hilfe von Statistikprogrammen ausgewertet.



**Abb. 3:** Stammumfangssensor Dendrometer DC.



**Abb. 4:** Stammumfangssensor Dendrometer DC und Temperatursensoren an verschiedenen Stammseiten.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Temperaturmessungen am Baumstamm

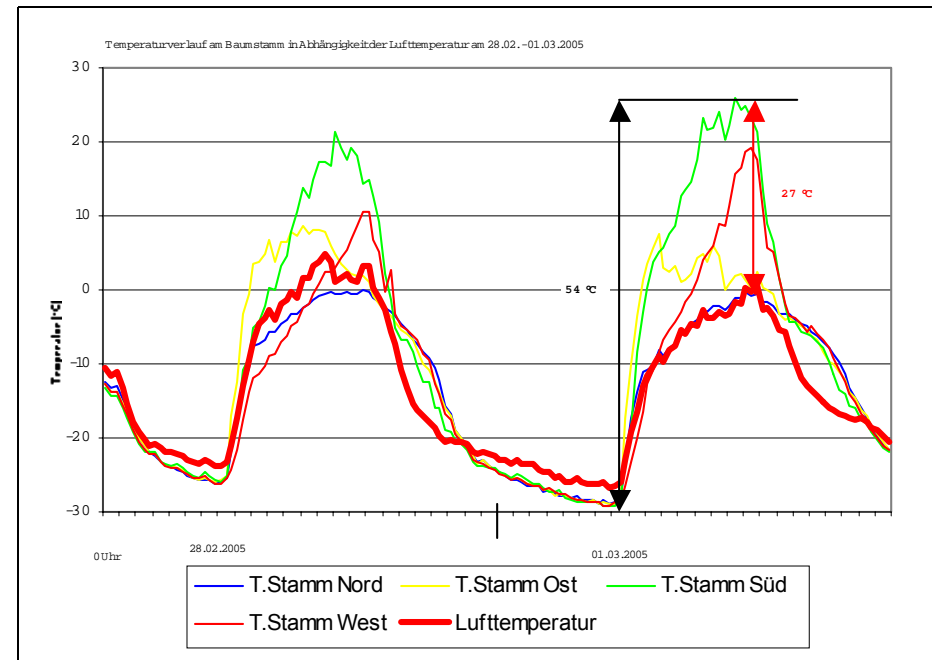
Besonders hohe Unterschiede zwischen Tages- und Nachttemperaturen wurden wie z.B. im außergewöhnlich kalten Februar 2005 registriert (Abb. 5). Die Temperaturunterschiede betragen hier zeitweise mehr als 50 °C. Zwischen der nördlichen und südlichen Stammseite wurden bei hoher Sonneneinstrahlung am Tag ebenfalls große Temperaturunterschiede von bis 30 °C gemessen. Als extremste Temperaturen am Stamm wurden -29 °C (1. März 2005) und +48 °C (13. August 2003) gemessen.

### 4.2 Stammumfangänderungen

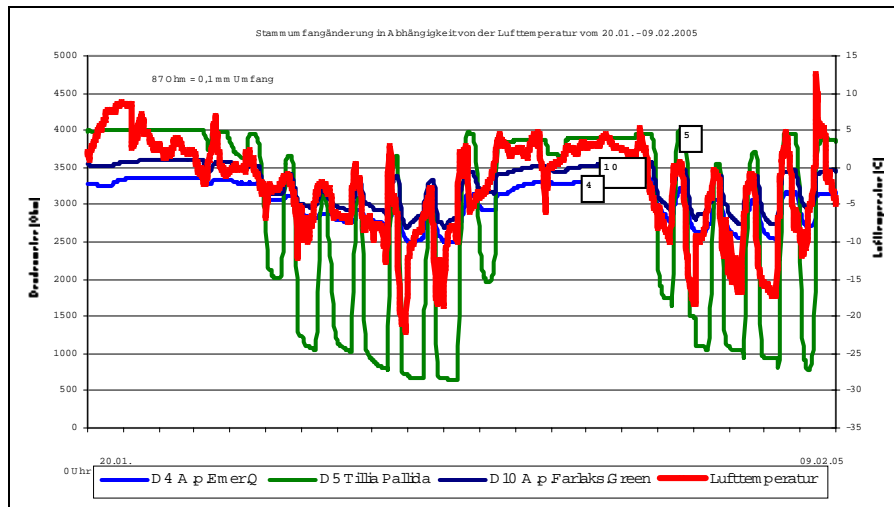
Die kontinuierlich aufgenommenen Stammumfangmesswerte ergaben, dass in der Vegetationsruhe der Stammumfang ab Lufttemperaturen von weniger als 0 °C abnimmt (Abb. 6). Hierbei unterscheiden sich die *Tilia*- und *Acer*-Arten bzw. -Sorten grundsätzlich. Unter Frosteinfluss nimmt der Stammumfang der untersuchten *Acer*-Stämme um bis ca. 1 mm ab, während die *Tilia*-Stämme ihren Umfang um bis ca. 4 mm verringern. Bei zunehmender Lufttemperatur dehnen sich die Baumstämme bis zum ursprünglichen Umfang wieder (Abb. 6).

Ähnliche Stammumfangänderungen wurden auch während der Vegetationsperiode an heißen Sommertagen registriert. Erstaunlicherweise wurden, wie aus Abbildung 7 ersichtlich, umgekehrte Verhältnisse beobachtet: Während die *Acer*-Stämme in den Nachmittagsstunden um ca.

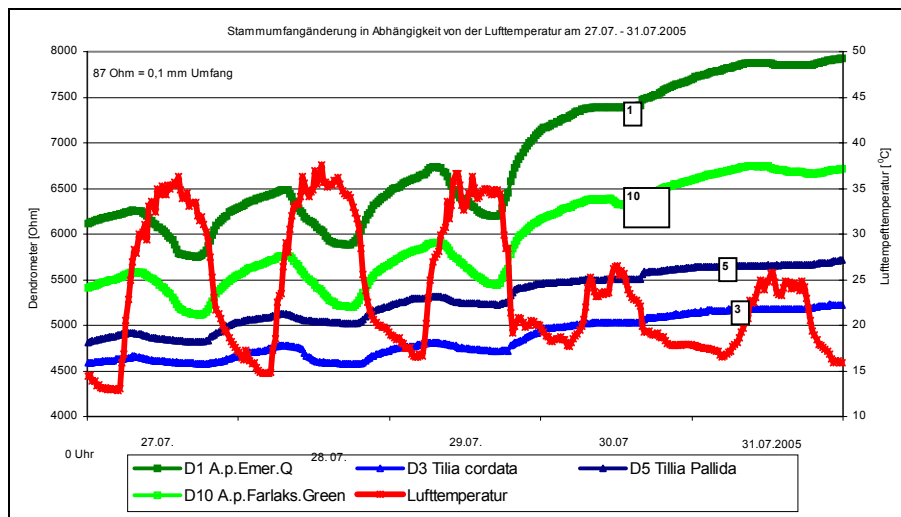
1 mm schrumpfen, sind bei den *Tilia*-Stämme nur geringfügige Abnahmen des Stammumfanges zu beobachten.



**Abb. 5:** Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Seiten eines Stammes bei hoher Globalstrahlung im Winter.



**Abb. 6:** Stammumfangänderung in Abhängigkeit von der Lufttemperatur an kalten Wintertagen am Beispiel von *Acer platanoides* 'Emerald Queen', *Acer platanoides* 'Farlake's Green' und *Tilia europaea* 'Pallida'.



**Abb. 7:** Stammumfangänderung in Abhängigkeit von der Lufttemperatur an Sommertagen am Beispiel von *Tilia cordata*, *Tilia europaea* 'Pallida', *Acer platanoides* 'Emerald Queen' und *Acer platanoides* 'Farlake's Green'.

### 4.3 Stammschäden

Alle Versuchsbäume wurden nach der Pflanzung in regelmäßigen Abständen von zwei bis drei Wochen auf mögliche Schäden visuell untersucht.

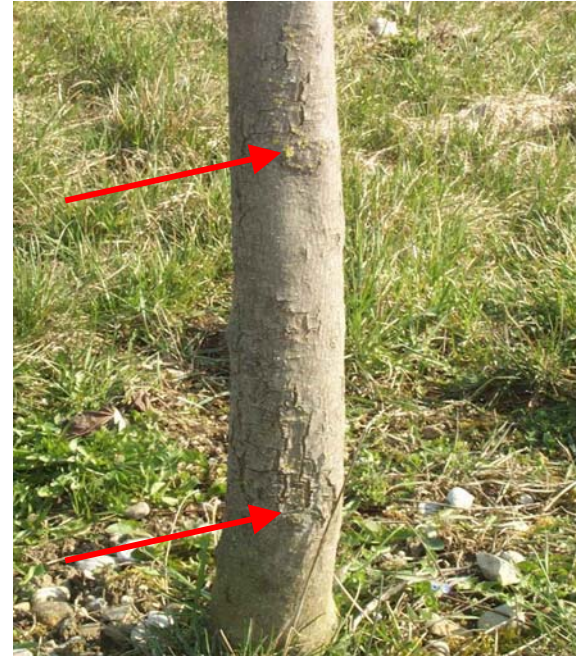
Generell wurden folgende Schadsymptome beobachtet:

- Schleimfluss: Austritt von Phloemsaft (Abb. 7).
- Frostriss: dünner länglicher Riss auf dem Rindenbereich begrenzt (Abb. 8).
- Rindenrisse: sonnenbrandartige Rindenstruktur (Abb. 9).
- Einsinken der Rinde: durch die beginnende beidseitige Überwallung bedingte Abflachung bzw. Vertiefung der geschädigten Stammoberfläche (Abb. 10).
- Sonnenbrand: großflächige Rindennekrose.

Während der ersten Vegetationsperiode 2002 konnten keine Stammschäden festgestellt werden. Erste Anzeichen von Stammschädigungen wurden erst ab Ende Februar 2003 als Rindenrisse und Schleimaustritte beobachtet. Auffallend war die hohe Schadenshäufigkeit der *Acer*-Arten und -Sorten im Vergleich zu den *Tilia*-Stämmen, die nur vereinzelt Stammrisse aufwiesen.



**Abb. 7:** Schleimfluss (Pfeile) an der westlichen Stammseite einer *Acer platanoides* ‚Emerald Queen‘. Aufnahme vom Frühjahr 2003.



**Abb. 9:** Sonnenbrand-artige Rindenstruktur (Pfeile) an der südwestlichen Stammseite einer *Acer platanoides*. Aufnahme vom Frühjahr 2005.



**Abb. 8:** Frostriss (Pfeil) an der nördlichen Stammseite einer *Acer platanoides*. Aufnahme vom Frühjahr 2003.



**Abb. 10:** Einwallung (Pfeil) an der südwestlichen Stammseite einer *Acer platanoides* ‚Farlake’s Green‘. Aufnahme vom Frühjahr 2005.

### **Schleimfluss:**

Bereits Ende Februar bis Anfang März 2003 wurden hauptsächlich an *Acer pseudoplatanus* 'Negenia' und *Acer platanoides* 'Emerald Queen' Schleimaustritte aus scheinbar ungeschädigter Rinde am Stamm festgestellt. Der Schleimfluss dauerte ca. zwei Wochen und kam dann langsam zum Stillstand. Schleimfluss trat in allen Himmelsrichtungen vom Stammfuß bis zum Kronenansatz in einer Stammhöhe von ca. 2,5 m auf. Zu Beginn der Vegetationsperiode im April 2003 trieben alle betroffenen Bäume aus. Ab Mitte Mai begannen sie aber zu welken und waren bis Anfang Juli 2003 abgestorben. Von den gepflanzten Ahornbäumen sind inzwischen außergewöhnlich viele Bäume eingegangen: *Acer pseudoplatanus* 'Negenia' mit 83 %, *Acer platanoides* 'Emerald Queen' mit 37 % und *Acer pseudoplatanus* mit 14 % der Pflanzen.

### **Rindenrisse:**

Erstaunlicherweise traten die meisten an *Tilia* und *Acer* festgestellten Rindenrisse erst ab Mitte Juli 2003 auf und nicht, wie möglicherweise erwartet, zu Zeiten tiefer Temperaturen gegen Winterende. Die meisten Risse sind im 2. Standjahr entstanden.

Die Rindenrisse wurden hauptsächlich auf der südlich bis südwestlich orientierten Stammseite in einer Stammhöhe von 20 bis 80 cm beobachtet (Abb. 7). In nur wenigen Ausnahmen wurden Rindenrisse als Frostrisse auch auf der nördlichen Stammseite beobachtet.

Bei den *Acer*-Arten bzw. –Sorten traten Rindenrisse in unterschiedlicher Häufigkeit auf. Insgesamt waren bis zum Frühjahr 2005 *Acer platanoides* 'Farlake's Green' mit 79 %, *Acer platanoides* und *Acer platanoides* 'Emerald Queen' jeweils mit 58 %, *Acer pseudoplatanus* 'Rotterdam' mit 33 % sowie *Acer pseudoplatanus* mit 25 % durch Rindenrisse geschädigt. Hier muss allerdings vermerkt werden, dass insgesamt 30 von 36 Hochstämmen von *Acer pseudoplatanus* 'Negenia' Anfang Juli 2003 bereits abgestorben waren, bevor Rindenrisse möglicherweise entstehen konnten.

Hinter der rissigen Rinde verbergen sich kleinflächige Rindennekrosen, die auf dem Bastbereich beschränkt sind (Abb. 11). Obwohl diese Nekrosen im Bastbereich zu finden sind, scheint die Kambiumaktivität, wie an den Einbuchtungen des letzten Jahrringes zu erkennen, hierdurch beeinträchtigt zu sein.

Bei *Tilia* sind Rindenrisse nur vereinzelt an *Tilia cordata* und *Tilia cordata* 'Greenspire' aufgetreten, wobei *Tilia cordata* 'Greenspire' doppelt so häufig Stammschäden aufweist als die reine Art.

Frostrisse als stammaxiales Aufplatzen der Rinde wurden an fünf *Acer platanoides* 'Emerald Queen', zwei *Acer pseudoplatanus* und einem *Acer platanoides* 'Farlake's Green' zwischen Ende Februar und Anfang April 2005 registriert (Abb. 8). Diese traten nicht wie die anderen Rindenschädigungen bevorzugt auf der südlich orientierten Stammseite, sondern in verschiedenen Himmelsrichtungen auf.

Flächige Sonnenbrandschäden bzw. Rindennekrosen konnten bisher lediglich an 19 Versuchsbäumen festgestellt werden, wobei wiederum Ahorn-Arten und –Sorten hauptsächlich davon betroffen sind.





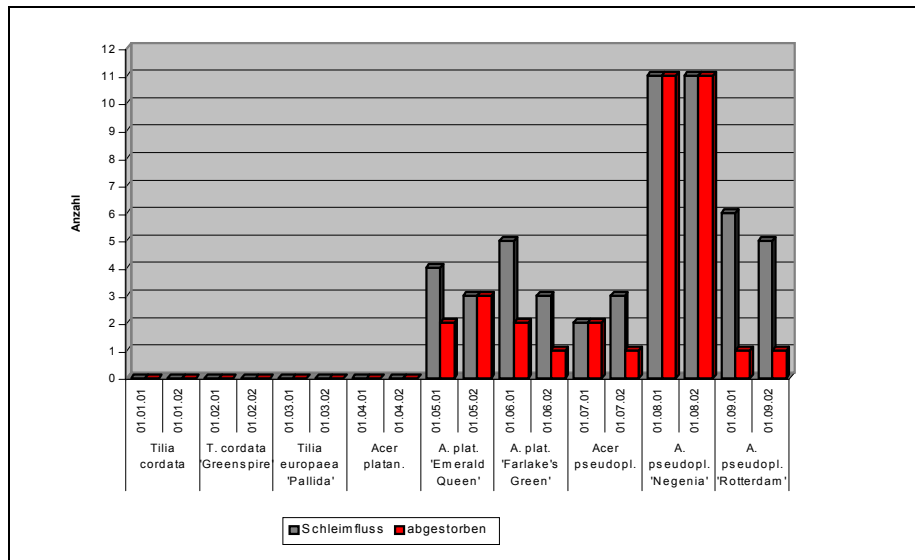
**Abb. 11:** Sonnenbrandartige Rindenstruktur (oben) an der südwestlichen Stammseite eines Stammes von *Acer platanoides* 'Emerald Queen' (01.05.01) und innere Rindennekrosen (Pfeile) unter der geschädigten Rinde (unten).

In Abbildungen 12 bis 17 ist die Häufigkeit der Stammschäden in Zusammenhang mit den untersuchten Faktoren „Düngung“ (Teilversuch 1: Abb. 12-13), „Orientierung“ (Teilversuch 2: Abb. 14-15) sowie „Stammenschutz“ (Teilversuch 3: Abb. 16-17) dargestellt.

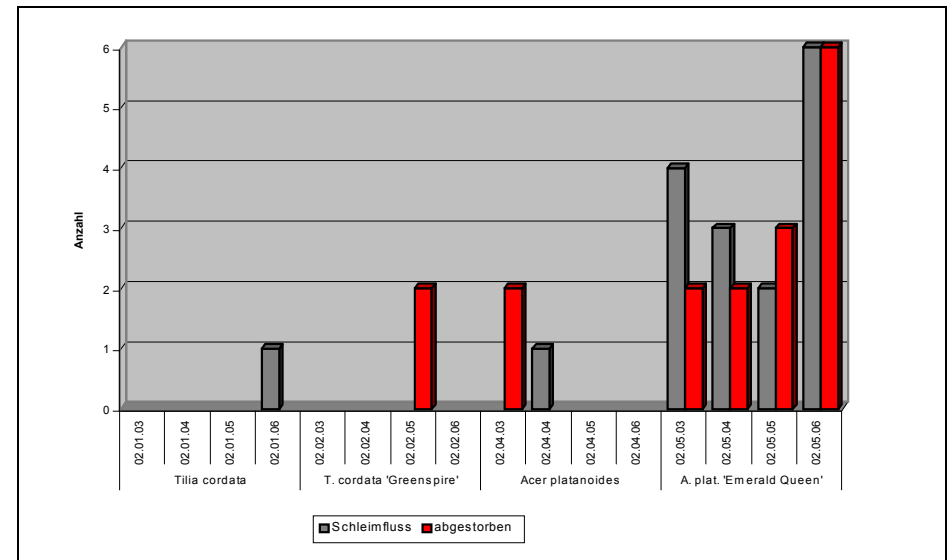
Eine erhöhte Düngerzugabe (Teilversuch 1) scheint weder eine Zunahme noch eine Verringerung von Schäden bewirkt zu haben (Abb. 12-13).

Eine Änderung der Orientierung der nordmarkierten Stämme bei der Pflanzung (Teilversuch 2) beeinflusst lediglich bei *Acer platanoides* ‚Emerald Queen‘ das Auftreten von Schleimfluss und anschließendem Absterben der betroffenen Stämme. Wird bei der Pflanzung die nördliche Stammseite in westlicher Himmelsrichtung orientiert, zeigen sich hier die meisten Ausfälle (Abb. 14-15). Eine Auswirkung auf das Auftreten von Rindenrissen konnte allerdings nicht beobachtet werden.

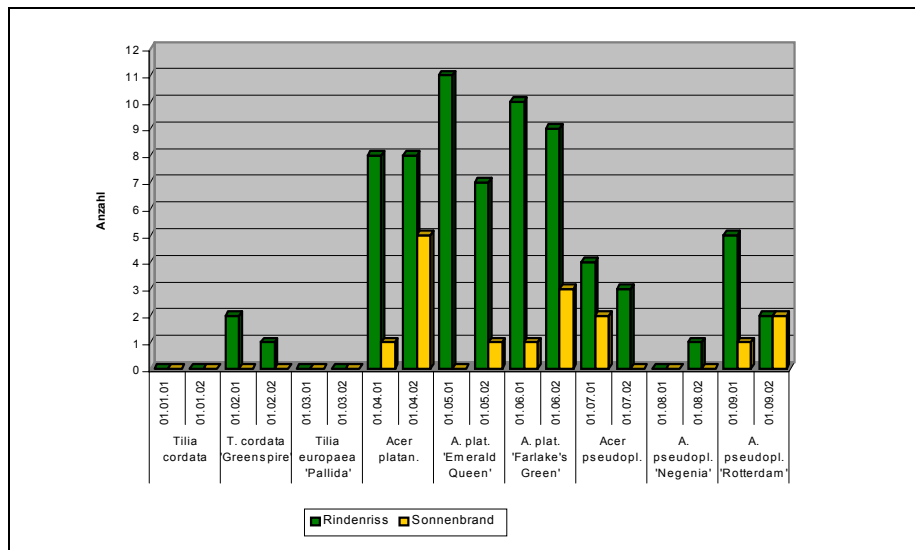
Wie aus Abbildungen 16 und 17 ersichtlich, verhindert der Stammenschutz weder ein Absterben noch ein Auftreten von Stammschäden. Auch unter den von Schneidewind (2002) als besonders wirksamen empfohlenen Stammenschutzmaterialien wie z.B. Schilfrohr konnten wider Erwarten Schäden als Schleimfluss, Absterben und Rindenrisse registriert werden.



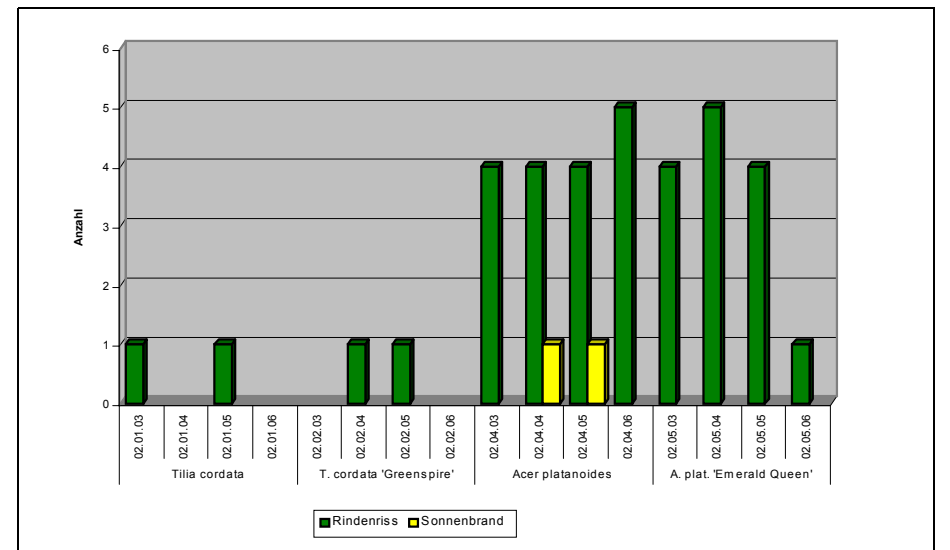
**Abb. 12:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Schleimaustritte und abgestorbenen Stämme beim Teilversuch 1 "Düngung ohne Stammschutz" (N/N/01: normal gedüngt; N/N/02: doppelt gedüngt). (Stand 21.03.2005).



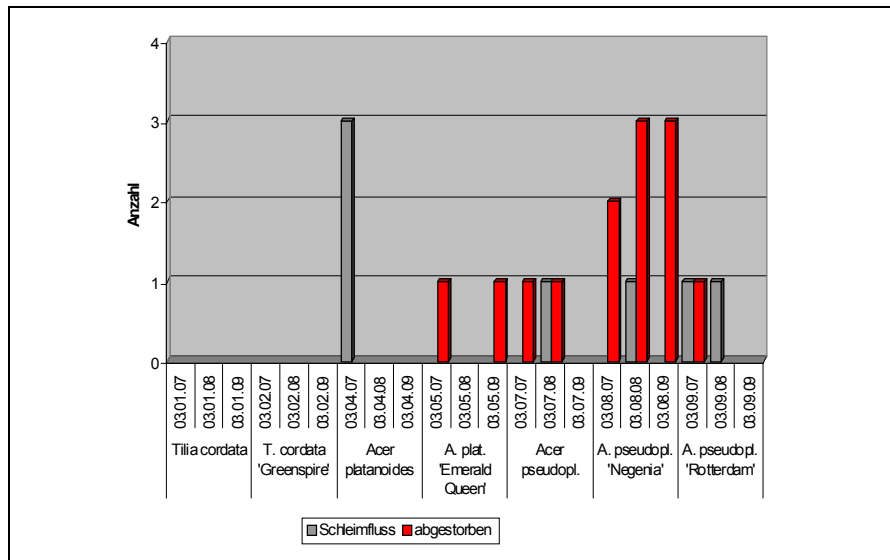
**Abb. 14:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Schleimaustritte und abgestorbenen Stämme beim Teilversuch 2 "Himmelsrichtung ohne Stammschutz" (N/N/03: N; N/N/04: O; N/N/05: S; N/N/06: W). (Stand 21.03.2005).



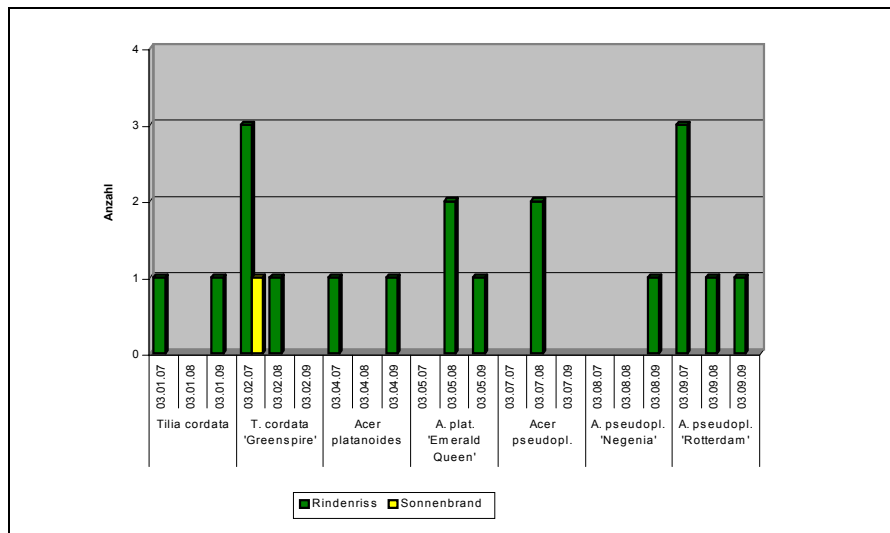
**Abb. 13:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Stammschäden, Rindenriss und Sonnenbrand, beim Teilversuch 1 "Düngung ohne Stammschutz" (N/N/01: normal gedüngt; N/N/02: doppelt gedüngt). (Stand 21.03.2005).



**Abb. 15:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Stammschäden, Rindenriss und Sonnenbrand, beim Teilversuch 2 "Himmelsrichtung ohne Stammschutz" (N/N/03: N; N/N/04: O; N/N/05: S; N/N/06: W). (Stand 21.03.2005).



**Abb. 16:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Schleimaustritte und abgestorbenen Stämme beim Teilversuch 3 "Stammschutz" (N/N/07: Jute; N/N/08: Schilfrohr; N/N09: Bambus). (Stand 21.03.2005).



**Abb. 17:** Absolute Häufigkeit der beobachteten Stammschäden, Rindenriss und Sonnenbrand, beim Teilversuch 3 "Stammschutz" (N/N/07: Jute; N/N/08: Schilfrohr; N/N09: Bambus). (Stand 21.03.2005).

## 5 Diskussion

Stammtemperaturen und Stammumfangänderungen wurden im Rahmen des Süddeutschen Großversuchs erstmalig über einen Beobachtungszeitraum von drei Jahren an jungen Bäumen kontinuierlich registriert.

Über diesen Zeitraum wurden an der Stammoberfläche absolute Tiefst- und Höchsttemperaturen von bis  $-29\text{ °C}$  bzw.  $+48\text{ °C}$  gemessen. Besonders an sonnigen Frosttagen zeigten sich extrem hohe Temperaturunterschiede einerseits zwischen Tag und Nacht und andererseits zwischen den nördlich und südlich orientierten Stammseiten.

Generell konnte beobachtet werden, dass unter Frosteinwirkung der Stammumfang abnimmt. Die Ursache hierfür ist nach Améglio et al. (2001) die Bildung von Eiskristallen in den extrazellulären Räumen des Bastbereiches und des Splintholzes. Bei der Eiskristallbildung wird dem Splintholz und der Rinde Wasser entzogen, so dass der Stammumfang abnimmt. Der Wasserentzug bewirkt eine Erhöhung der osmotischen Konzentration an Glykosen, die ein intrazelluläres Gefrieren der lebenden Zellen verhindert, und gehört somit zusammen mit der Hydrolyse der Stärkemoleküle zum biochemischen Prozess der Frostresistenz.

Ähnliche Änderungen des Stammumfanges wurden an heißen Sommertagen in den frühen Nachmittagsstunden festgestellt. Dies ist bekanntlich auf den Wasserstress, der infolge erhöhter Evapotranspiration während der Mittagsstunden bei hoher Sonneneinstrahlung im Baumstamm entsteht, zurückzuführen.

Die unterschiedlichen Reaktionen der *Acer*- und *Tilia*-Stämme sind vermutlich im grundsätzlich verschiedenen anatomischen Rindenaufbau beider Gattungen zu suchen.

Im Beobachtungszeitraum wurden alle Versuchspflanzen in regelmäßigen Abständen auf mögliche Stammschäden einzeln visuell untersucht. Somit konnten sowohl das Auftreten verschiedenartiger Stammschäden wie auch der Zeitpunkt ihrer Entstehung protokolliert werden. Als Stammschäden wurden Schleimfluss, Rindenrisse und Stammeinsenkungen beobachtet.

Festzuhalten ist zunächst die extrem hohe Schadenshäufigkeit der *Acer*-Stämme im Vergleich zu den *Tilia*-Stämmen. Vergleicht man den anatomischen Rindenaufbau beider Gattungen, lässt sich feststellen, dass die Rinde von *Tilia* dicker und stärker differenziert ist als die Rinde von *Acer* (Holdheide 1951). Die arttypische Erweiterung der Rindenstrahlen bei *Tilia* dürfte eine tangentielle Dilatation der Rinde bei dem sekundären Dickenwachstum ermöglichen und somit zu starke Zugspannungen im Rindenbereich ausgleichen. Bei der kompakteren Rinde von *Acer* könnten dagegen Zugspannungen leichter zu Rindenrissen führen.

Im Vergleich zu den reinen Arten lässt sich in der Regel ebenfalls eine höhere Schadenshäufigkeit der Sorten beobachten. So erwiesen sich *Tilia cordata* 'Greenspire', *Acer platanoides* 'Farlake's Green', *Acer platanoides* 'Emerald Queen', *Acer pseudoplatanus* 'Negenia' und *Acer pseudoplatanus* 'Rotterdam' als schadensanfälliger als die entsprechenden reinen Arten. Die in der Praxis bereits wiederholt beobachtete

Anfälligkeit der Sorten wird hiermit bestätigt und beruht vermutlich auf eine fehlende bzw. verzögerte, genetisch bedingte Frost- bzw. Hitzeresistenz.

Schleimfluss konnten Dellus et al. (2003) im Rahmen von Laboruntersuchungen an jungen Pflanzen von Walnuss (*Juglans regia*) durch künstliche Frostversuche erzeugen. Sie stellten hierbei einen sehr engen Zusammenhang zwischen Verfügbarkeit an Assimilaten, die die Frostabhärtung von Gehölzen wesentlich beeinflusst, und Auftreten von Schleimfluss fest. Für Dellus et al. (2003) sind die „orientierten Rindennekrosen“ (nécroses corticales orientées) auf Spätfrostereignisse in Zusammenhang mit fehlender Frostanpassung der jungen Bäume zurückzuführen. Die Frostresistenz der Bäume wird durch Anreicherung an löslichen Glykosen nach Hydrolyse von Stärke und gleichzeitig durch Wasserentzug bei der extrazellulären Bildung von Eiskristallen erreicht. Da die Bildung von Schleimfluss an *Acer*-Stämmen überwiegend zum Frühjahr anfang festgestellt wurde, ist davon auszugehen, dass sie ähnlich wie bei den Versuchen an Walnuss auf Frosteinwirkung zurückzuführen ist. Nach dem ersten Standjahr waren die Pflanzen infolge des Pflanzschocks geschwächt, Assimilate sind aufgrund verminderter Baumvitalität in ungenügender Menge produziert bzw. eingelagert worden, so dass die biochemischen Prozesse der Frostresistenz nicht effektiv eingeleitet werden konnten. Dies lässt sich dadurch bekräftigen, dass die ersten Stammschäden im zweiten Standjahr festgestellt wurden, wie auch von Schneidewind (1998) bereits beschrieben.

Für die besonders hohe Empfindlichkeit der Stämme von *Acer pseudoplatanus* ‚Negenia‘ ist mit hoher Wahrscheinlichkeit wiederum eine genetisch bedingte unzureichende Frostanpassung ursächlich.

Bei den Rindenrissen ist zwischen Frostrissen und unregelmäßigen Rindenrissen als Frostplatten oder Rindenbrand grundsätzlich zu unterscheiden. Frostrisse wurden ausschließlich zwischen Ende Februar und Anfang April nach strengen Frösten beobachtet. Sie sind vermutlich auf Spannungsunterschiede, die bei der Schrumpfung und Wiederdehnung von Rinde und Stammholz entstehen, zurückzuführen (Schütt et al. 1999). Da Frostrisse in allen Himmelsrichtungen auftreten, können sie auf keinem Fall infolge von Gewebeschädigungen durch erhöhte Sonneneinstrahlung entstanden sein. Warum die *Tilia*-Stämme, die unter Frosteinfluss im Vergleich zu den *Acer*-Stämmen wesentlich stärker schwinden, keine Frostrisse zeigten, lässt sich wiederum mit dem unterschiedlichen anatomischen Rindenaufbau erklären.

Die Bildung von unregelmäßigen Rindenrissen wurde meistens auf der in südlicher Richtung orientierten Stammseite gefunden. Erste äußerliche Anzeichen einer Rindenschädigung wurden in der Regel im Hochsommer und im Herbst registriert. Unter den Rindenrissen verbergen sich, wie an einem Stamm von *Acer platanoides* ‚Emerald Queen‘ nachgewiesen wurde, kleinflächige Nekrosen im Bastbereich. Der Entstehungszeitpunkt dieser kleinflächigen Bastnekrosen lässt sich nicht eindeutig bestimmen, so dass sowohl Frostschäden als auch Hitzeschäden hierfür ursächlich sein können. Gut vorstellbar ist allerdings, dass infolge der starken Erwärmung der südlichen Stammseite an son-

nigen Frosttagen die Frostanpassung empfindlich gestört wird, so dass lebende Bastzellen in den darauffolgenden Nächten durch direkte Frostschäden beschädigt werden können.

Zu dieser Vermutung gelang auch Sachsse (1986), der in südöstlicher Himmelsrichtung orientierte Stammschäden an jungen Hybrid-Aspen untersuchte. Nach Sachsse sind es „... *Frostschäden, deren Ursache ... in der Erhöhung der kritischen Frosttemperatur des Schafts durch Sonnenstrahlung im Spätwinter und nachfolgendem Erfrieren des Kambiums bei Kälterückfall*“ liegt. Frostplatten als platzförmige Rindennekrosen an der südlichen Stammseite dünnrindiger Baumarten werden auch hierdurch verursacht (Schwerdtfeger 1970).

Eine Änderung der Orientierung der nordmarkierten Stämme bei der Pflanzung (Teilversuch 2) scheint mit Ausnahme von *Acer platanoides* ‚Emerald Queen‘ (Schleimfluss und Absterben) keinen Einfluss auf das Auftreten von Stammschäden zu üben, so dass eine stammseitenweise Akklimatisierung, wie oft angenommen, vermutlich nicht stattfindet.

Im Rahmen von Untersuchungen über die Wirksamkeit von verschiedenartigen Stammschutzmaterialien konnte Schneidewind (2002) nachweisen, dass, während der Stammschutz aus Schilfrohr Stammschäden weitgehend verhindert, eine Stammummantelung aus Jute das Auftreten von Stammschäden eher begünstigt. Hier wurden um ca. 10 °C geringere Maximaltemperaturen unter der Schutzschicht aus Schilfrohr gemessen, so dass sich das Schutzmaterial als gute Isolierungsschicht im Vergleich zur Juteummantelung erwies. Allerdings kann nach Schneidewind (2000) die Rohrmatte wie auch alle geprüften Materialien

nicht die nächtlichen Tiefsttemperaturen mildern. Bei der vorliegenden Untersuchung (Teilversuch 3) konnten Schleimfluss, Absterben und Auftreten von Stammschäden auch an durch Schilfrohr geschützten Stämmen festgestellt werden, so dass die hier festgestellten Schäden nicht als Hitzeschäden durch direkte Sonneneinstrahlung entstanden sein konnten, sondern eher auf Frosteinwirkung zurückzuführen sind.

Zusammenfassend sind die an jungen Bäumen entstehenden Stammschäden bezüglich der möglichen Ursachen und der verschiedenartigen Schadensbilder als komplexe Schäden zu verstehen. Strenge Fröste wie auch Spät- und Frühfröste oder plötzlich eintretende Kälteeinbrüche scheinen in Zusammenhang mit einer sicherlich genetisch bedingten, verzögerten bzw. unzureichenden Frostabhärtung bzw. -anpassung die Ursachen für Stammschäden und sogar Absterben von jungen Bäumen zu sein. Da klimatisch bedingte Faktoren unterschiedlicher Arten - allerdings in Verbindung mit fehlender Frostresistenz - für die Stammschäden ursächlich zu sein scheinen, sollten die an jungen Pflanzungen auftretenden Stammschäden nicht als „Sonnennekrosen“, sondern weiterhin als „abiotische Stammschäden“ bezeichnet werden.

Für die Praxis lassen sich folgende Empfehlungen geben:

- Aufgrund der durch vorliegende Untersuchung bestätigten hohen Anfälligkeit der Ahorn-Sorten sollte **auf die Verwendung dieser Sorten – vor allem bei vergleichbaren klimatischen Bedingungen - zugunsten der reinen Arten möglichst verzichtet werden.**

- Da die meisten Stammschäden erst im zweiten Standjahr entstehen, lässt sich ein Zusammenhang mit einer im Pflanzjahr eingeschränkten Produktion an Assimilaten herleiten. Deshalb sind bei neuen Anpflanzungen alle Maßnahmen zur besseren Überwindung des Pflanzschocks zu treffen. Hierzu zählen **höchste Anforderungen bezüglich der Pflanzenqualität, der Pflanzarbeiten und der Pflegemaßnahmen.**
- Da nach vorliegenden Ergebnissen eine Änderung der in der Baumschule ursprünglichen Orientierung der Hochstämmе keine negativen Einflüsse gezeigt hat, **kann auf eine Nordmarkierung bei der Rodung und ein Einnorden der Hochstämmе bei der Pflanzung verzichtet werden.**

## 6 Literaturverzeichnis

**Améglio T.; Cochard H. und Ewers F.W. (2001):** Stem diameter variations and cold hardiness in walnut trees. Journal of Experim. Bot. 52, 364 (2135-2142).

**Butin H. (1996):** Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.

**Dellus V.; Stazewski M.; Gendreaud T.; Maujean F. und Améglio T. (2003):** Echaudure des troncs. Effets cumulés de l'état physiologique de l'arbre et du gel à l'étude. PHM Espaces verts 450 (XIII-XV).

**Dujesiefken D. und Stobbe H. (2002 a):** Neuartige Stammschäden an Jungbäumen. Augsburger Baumpflegetage, Jahrbuch der Baumpflege 2002 (73-80).

**Dujesiefken D. und Stobbe H. (2002 b):** Neuartige Stammschäden an Jungbäumen. AFZ-DerWald 4/2002 (197).

**Holdheide W.** (1951): Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. V, Teil 1: Mikroskopie des Holzes und des Papiers. Frankfurt a. Main: Umschau Verlag.

**Lesnino G.** (1998): Praktische Anwendungsbeispiele der Jahrringanalyse. Augsburger Baumpflegetage, Jahrbuch der Baumpflege 1998 (235-238).

**Lesnino G.** (2000): Erkenntnisse aus Untersuchungen über Stammschäden an jungen Allee- und Straßenbäumen. In: Jungbaumpflanzungen. Seminarband Gräfelfing 21.09.2000, Münchner Gehölzinstitut.

**Lesnino G.** (2001 a): Stammschäden an jungen Allee- und Straßenbäumen. Augsburger Baumpflegetage, Jahrbuch der Baumpflege 2001 (247-251).

**Lesnino G.** (2001 b): Stammschäden an jungen Allee- und Straßenbäumen. LA Landschaftsarchitektur 6/2001 (14-17).

**Schneidewind A.** (1998): Frostschäden an jungen Straßen- und Alleebäumen in der Region um Quedlinburg. Neue Landschaft 1/98 (29-34).

**Schneidewind A.** (2000 a): Frostschäden an jungen Straßen- und Alleebäume. In: Jungbaumpflanzungen. Seminarband Gräfelfing 21.09.2000, Münchner Gehölzinstitut.

**Schneidewind A.** (2000 b): Der Mantel für den Baum – Was bringen Stammschutzmaterialien? LA Landschaftsarchitektur 10/2000 (52-54).

**Schneidewind A.** (2002): Stamm- und Rindenschutzmaterialien für Baumpflanzungen an der Straße und im Siedlungsraum. Augsburger Baumpflegetage, Jahrbuch der Baumpflege 2002 (81-91).

**Schütt P.; Schuck H.J. und Stimm B.** (1992): Lexikon der Forstbotanik. Landsberg/Lech: ecomed.

**Schwerdtfeger F.** (1970): Waldkrankheiten. Paul Parey: Hamburg, Berlin.

**Sachsse H.** (1986): Holzschäden an lebenden Hybrid-Aspen. Holz als Roh- und Werkst. (386).