

Dickenzuwachs und Stammform von jungen Bäumen in Abhängigkeit von Entastungsintensitäten

MAIHE LI, PETER UEHRE und JÜRGEN MATSCHKE

Keywords: Branch pruning; diameter growth; intensity; stem form. FDK 16 : 245.1 : 27 : 56

Abstract: Over a 4-year investigation period we studied the effects of more or less intense pruning on short-term diameter growth and stem form of trees in avenues and parks. While a low degree of pruning hardly has any effect on diameter growth, a high degree of pruning leads to a loss of diameter growth and cylindricality. A high degree of pruning, directly effects assimilation capacity, thereby reducing foliage area and indirectly disturbs internal physiological processes.

Abstract: In einer vierjährigen Untersuchung wurde der Einfluss unterschiedlicher Entastungsintensitäten an Allee- und Parkbäumen auf das kurzfristige Dickenwachstum und die Stammform untersucht. Während eine leichte Entastung kaum Einfluss auf das Dickenwachstum hat, führt starke Entastung zu einem Dickenzuwachsverlust und wirkt sich auf die Vollholzigkeit aus. Durch eine starke Entastung werden die photosynthetischen Organe und die Assimilation reduziert sowie die inneren physiologischen Prozesse gestört.

1. Einleitung

Das Wachstum der Gehölze ist ein komplizierter Prozess, der durch zahlreiche Faktoren gesteuert wird. In der genetischen Konstitution ist ein bestimmtes Wachstumsverhalten fixiert, das im Ausmass und im zeitlichen Ablauf von zahlreichen Umweltfaktoren beeinflusst wird (LYR *et al.*, 1992). Die Menge an Blättern und Nadeln als Organe der Stoffproduktion ist eine wichtige wachstumsbeeinflussende Grösse. Die Assimilationsfläche wird durch Entastung reduziert, dadurch wird zuerst eine Verminderung der Assimilate verursacht und dann ein gewisser Zuwachsverlust hervorgerufen. Eine Aufastung bringt bei Entfernung des unteren Drittels der Krone meistens keine Zuwachsverminderung mit sich (DAHMS, 1954). Werden zwei Drittel der Krone entfernt, verringert sich das Dickenwachstum, während erst bei noch stärkeren Eingriffen auch das Höhenwachstum leidet (SLABAUGH, 1957). Trotz der Nadelverluste von Fichte in Nordrhein-Westfalen (Deutschland) zeigte sich von 1983 bis 1988 keine Verringerung beim Höhenzuwachs (SPELSBERG, 1994). Durch Grümentastung wird das Durchmesserwachstum in den ersten Jahren gemindert, das Höhenwachstum aber gefördert (SPIECKER, 1994). Durch stärkere Entastung wird auch die Stammform beeinflusst. Die Bäume im Bestand sind deswegen vollholzig, im Freiland dagegen – mit tief ansetzender Krone – abholzig.

Die Ästigkeit ist einer der wichtigsten Mängel des Holzes in der Forstwirtschaft; sie setzt die Entastung der Waldbäume deswegen als Massnahme zur Bestandspflege ein, um die Holzqualität, insbesondere für Furnierholz, zu verbessern. Dies ist aber nicht immer der Fall bei den Allee- und Parkbäumen. Trotzdem wird Entastung in Baumschulen in Nordrhein-Westfalen weitgehend als Baumpflegemassnahme genutzt, um eine bessere wirtschaftliche Ernte zu bekommen. Aber man weiss nicht, ob erstens das Ziel erreicht werden kann, und zweitens, welche Auswirkungen diese Massnahme auf die jungen Bäume mit sich bringen könnte. Die hier beschriebene Untersuchung hat zum Ziel, die Erkenntnisse über die Wachstumsunterschiede einiger häufig vorkommender Allee-Baumarten in ihrer Jugendphase in Abhängigkeit von unterschiedlichen Schnittintensitäten zu gewinnen. Auch der Forstwirtschaft fehlen solche Erkenntnisse bei den jüngeren Bäumen. Die Untersuchung soll hauptsächlich folgende Fragen beantworten:

- Wie unterscheidet sich der Dickenzuwachs in Stämmen von Laubbäumen unter verschiedenen Entastungsintensitäten?

- Wie verläuft der Dickenzuwachs in verschiedenen Schafthöhen?
- Wie beeinflusst die Schnittmassnahme die Vollholzigkeit des Stammes von jungen Bäumen?

Zur Untersuchung kurzfristiger Wachstumsabläufe von Bäumen eignet sich besonders das sekundäre Dickenwachstum. Es kann ohne grossen technischen Aufwand mit befriedigender Genauigkeit erfasst werden (Details siehe VOGEL, 1994; VOGEL *et al.*, 1995). Mit diesen Techniken, die in Mitteleuropa und Nordamerika entwickelt wurden, können grundlegende Kenntnisse über Verlauf und Abhängigkeit des Zuwachses von verschiedenen Umweltfaktoren und getroffenen Massnahmen gewonnen werden.

2. Material und Methode

Die Versuchsfläche liegt im Versuchsgarten der Gartenbauschule Wolbeck in Münster, auf ebenem Gelände in einer Seehöhe von 60 m ü.NN. Die zweimal verschulten Versuchsbäume (rund 250 cm Höhe und 8 cm Stammumfang in 1 m Stammhöhe) sind *Fraxinus excelsior* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Crataegus lavalleyi* Herincq und *Corylus colurna* L., die am 7. April 1993 nach einem Blockversuch gepflanzt wurden. Die Pflanzen wurden mit drei Entastungsintensitäten (Variante 1: keine Entastung; Varianten 2 und 3 mit jeweils einem Drittel und zwei Drittel Grümentastung) zu Beginn der Vegetationszeit (Ende April) jedes Jahres (1993 bis 1996) behandelt. Um die durch die Standortsunterschiede verursachten Fehler möglichst zu vermeiden, wurden drei Wiederholungen mit jeweils 6 bis 8 Pflanzen (d.h. gesamte Pflanzen für jede Baumart: 6 bis $8 \cdot 3 = 18$ bis 24) zwischen dem 22. April 1993 und dem 15. Oktober 1996 beobachtet.

Es gibt mehrere Fehlerquellen, insbesondere bei einer solchen mehrere Jahre dauernden Beobachtung. Um den durch unterschiedliche Messrichtungen und ungünstige Stammformen hervorgerufenen Messfehler zwischen verschiedenen Messterminen zu vermeiden, wurde statt des Durchmessers der Stammumfang bestimmt. Da der Messwert des Umfangs grösser ist als der des Durchmessers, ist es möglich, eine relativ exakte Messung für kurzfristige Veränderungen durchzuführen. Der Umfang der Stämme wurde bei allen Pflanzen vom 22. April 1993 (U_A) bis zum 15. Oktober 1996 (U_E) alle 14 Tage in 1 m und vom 13. Mai bis zum 15. Oktober 1996 zusätzlich in 2 m Stammhöhe gemessen. Um jedes Mal den Um-

Tabelle 1: Umfangsunterschiede der Stämme nach vier Versuchsjahren.

Table 1: Circumference variation of stem diameter after trial period of 4 years.

Baumart		<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Sorbus intermedia</i>	<i>Crataegus lavallei</i>	<i>Corylus colurna</i>
(U _A) und U _E * (cm)	Var.1	(7,04) 18,59	(8,37) 16,82	(8,57) 18,14	(8,08) 20,71
	Var.2	(7,04) 17,69	(8,39) 15,84	(8,88) 17,92	(8,93) 16,96
	Var.3	(6,97) 16,08	(8,42) 15,29	(8,67) 16,92	(8,76) 16,26
U _{V_x} / U _{V₃} ** (%)	Var.1/ Var.3	116	119	118	127
	Var.2/ Var.3	110	112	112	104
U _{V_x} / U _{V₁} *** (%)	Var.2/ Var.1	95	94	99	82
	Var.3/ Var.1	86	91	93	79
U _E / U _A **** (%)	Variante 1	264	209	220	256
	Variante 2	251	197	202	190
	Variante 3	231	175	185	186

* Stammumfang zu Versuchsbeginn (U_A am 22. April 1993, in Klammern) und Versuchsende (U_E am 15. Oktober 1996)
 ** Wachstumssteigerung von Variante 1 bzw. 2 gegenüber Variante 3 in Prozent
 *** Wachstumsrückstand von Variante 2 bzw. 3 gegenüber Variante 1 in Prozent
 **** Wachstumssteigerung zwischen Versuchsbeginn (U_A) und Versuchsende (U_E) in Prozent

fäng in einer gleichen Stammhöhe messen zu können, wurde der Messpunkt am Stamm mit einem bunten Reissnagel markiert. Der Messbeginn wurde auf acht Uhr bei jedem Messtermin (Schönwetter) festgelegt, dadurch sollte der Einfluss der täglichen durch Entquellung und Quellung verursachten reversiblen Änderungen weitgehend ausgeschlossen werden.

Da die kurzfristigen, hier 14-tägigen Umfangsänderungen nicht nur vom Zuwachs, sondern auch von Quellung und Schwindung sowie von zufälligen Messfehlern bestimmt werden (KÄTSCH *et al.*, 1992; VOGEL *et al.*, 1995), ist die summarische Zunahme des Umfangs aussagefähiger für den Dickenwachstumsgang als die kurzfristigen Stärkeänderungen von Messung zu Messung (Tabelle 1). Die Daten wurden mit dem Tukey-Test (FOWLER *et al.*, 1998) mit einem p = 0,05 für die statistische Differenz ausgewertet.

3. Ergebnisse

3.1 Dickenzuwachs und Wachstum

Starke Grünentastung vermindert das Dickenwachstum. Der Dickenzuwachsverlust (Abbildung 1) und der gesamte Wachstumsverlust (Tabelle 1) stiegen proportional mit der Intensität der Entastung. Die gemittelten Umfänge der Stämme von Variante 1 (keine Entastung) sind bei jeder Baumart grösser als die von Variante 2 (ein Drittel Entastung) und 3 (zwei Drittel Entastung), obwohl die Varianten 1 zu Versuchsbeginn im Mittel manchmal sogar geringeren Umfang (z.B. bei *C. colurna*) aufwies (Tabelle 1). Die Unterschiede zwischen allen Behandlungsvarianten jeder Baumart zu Versuchsbeginn am 22. April 1993 waren mittels Tukey-Test (FOWLER *et al.*, 1998) nicht signifikant. Nach den ersten zwei Jahren (1993/94) zeigten die Bäume anfangs 1995 noch keinen grossen Unterschied bei den Stammumfängen zwischen den verschiedenen Behandlungen. Die Unterschiede des Umfangs zwischen den verschiedenen Behandlungen jeder Baumart waren von Versuchsbeginn bis etwa Juni 1995 mittels Tukey-Test nicht signifikant. Im Lauf des Jahres 1995 vergrösserten sich die Umfangsdifferenzen drastisch. Bis Ende 1995 bestand schon ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen stark geschnittenen und leicht bzw. ungeschnittenen Bäumen bei jeder Baumart, während es zu dieser Zeit ausser *Corylus colurna* noch keinen signifikanten Unterschied zwischen leicht und ungeschnittenen Pflanzen gab. Darüber hinaus zeigten *Corylus colurna* (Ende 1995 und 1996) und *Sorbus intermedia* (Ende 1996) auch einen signifikanten Unterschied zwischen

den ungeschnittenen und leicht geschnittenen Pflanzen, und *Fraxinus excelsior* und *Crataegus lavallei* einen signifikanten Unterschied zwischen leicht und stark geschnittenen Pflanzen Ende 1995. Ausserdem zeigte sich bei allen Varianten anschliessend nach der Umpflanzung ein deutlicher Zuwachsschock (1993) (Abbildung 1).

Nach vierjähriger Untersuchung war der durchschnittliche Stammumfang bei den ungeschnittenen (Variante 1) und den leicht geschnittenen Bäumen (Variante 2) jeweils rund 20% und 10% grösser als jener bei den stark geschnittenen Bäumen (Variante 3) (Tabelle 1). Im Vergleich mit Variante 1 hat Variante 3 bei *C. colurna* einen grössten gemittelten Zuwachsverlust von 21% und einen kleinsten gemittelten Zuwachsverlust von 7% bei Variante 3 im Vergleich mit Variante 1 von *C. lavallei*. Der Zuwachsverlust bei Variante 3 im Vergleich mit Variante 1 bei *F. excelsior* und *S. intermedia* beträgt jeweils 14% und 9%. Im Vergleich zwischen Versuchsbeginn und Untersuchungsende innerhalb einer Variante ist auch deutlich zu ersehen, dass Variante 1 ein höheres Gesamtumfangwachstum (209% bis 264%) hat als Variante 3 (175% bis 231%) (Tabelle 1).

3.2 Der Zuwachsgang in verschiedenen Schafthöhen

Der Gang des Umfangszuwachses in 1 und 2 m Stammhöhe zwischen verschiedenen Varianten im Jahr 1996 zeigte sich homogen (Abbildung 2). Der akkumulative Zuwachs von Variante 3 (zwei Drittel Entastung) war immer kleiner als bei Variante 1, sowohl in 1 m als auch in 2 m Stammhöhe (Abbildung 2), während der 14-tägige absolute Zuwachs des Umfangs bei Variante 3 manchmal (z.B. zwischen dem 30. September und dem 1. Oktober 1996) einen grösseren Wert zeigte als bei Variante 1 (Abbildung 3). Der akkumulative Umfangszuwachs in 1 m war immer grösser als in 2 m Stammhöhe, sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 3 (Abbildung 2), während der 14-tägige absolute Zuwachs des Umfangs in 2 m Stammhöhe manchmal (z.B. im Mai und September 1996) einen grösseren Wert als in 1 m zeigte, sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 3 (Abbildung 3). Dies wird durch die negativen Werte der Zuwachsdifferenz zwischen 1 und 2 m Stammhöhe in Abbildung 3 und durch die Abnahme der Kurven für die Zuwachsdifferenz (akkumulativ) zwischen

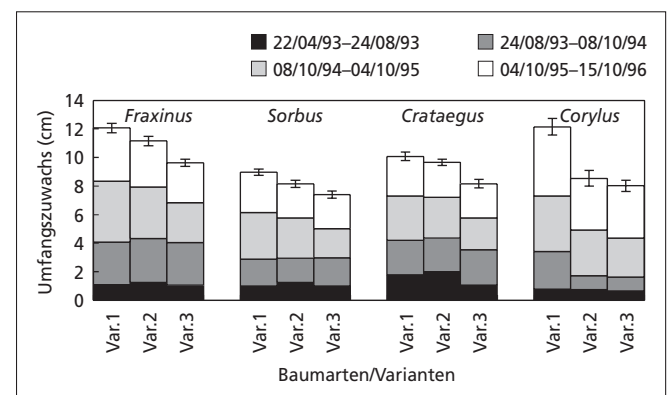


Abbildung 1: Umfangszuwachs aller Varianten der vier untersuchten Baumarten im Versuchszeitraum (Standardfehler jeweils für den vierjährigen gesamten Zuwachs).

Figure 1: Increment in diameter of all varieties of the four species investigated during the trial period (standard error for the 4 years total growth).

1 und 2 m Stammhöhe in *Abbildung 2* festgestellt. Der akkumulative Zuwachsunterschied des Umfangs zwischen 1 und 2 m Stammhöhe von Variante 3 war immer kleiner als die von Variante 1 (*Abbildung 2*). Dies deutet eine durch Grünentastung hervorgerufene Verbesserungswirkung auf die Vollholzigkeit der Stammform an (siehe auch *Abbildung 4*).

Die Kurven des 14-tägigen Umfangszuwachses zeigten zwei Zuwachsgipfel (Mitte bis Ende Juni, und Mitte August) (*Abbildung 3*). Die durchschnittliche 14-tägige Umfangszunahme der ungeschnittenen Pflanzen (Variante 1: keine Entastung) ist bei den meisten Messterminen grösser als die von stark geschnit-

tenen Pflanzen (Variante 3: zwei Drittel Entastung) (*Abbildung 3*). Der 14-tägige Umfangszuwachs in 1 m war meistens grösser als in 2 m Stammhöhe, sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 3 (siehe auch *Abbildung 2*). Eine interessante Erscheinung trat kurz nach dem Beginn und kurz vor der Einstellung des Dickenwachstums auf, nämlich jene, dass in 2 m Stammhöhe der Zuwachs grösser war als in 1 m Höhe, sowohl bei Variante 3 als auch bei Variante 1 (*Abbildung 3*: Zu1-Zu2 zeigt negative Werte). Die Zeitpunkte der Zuwachsgipfel von Variante 3 wurden vielleicht durch starke Grünentastung nach hinten verschoben. Das Wachstum stieg ziemlich schnell zu Beginn der Vegetationszeit (sehr steile Steigerung in *Abbildung 3*) und endete relativ langsam zum Ende der Vegetationsperiode (relativ flach nach unten in *Abbildung 3*).

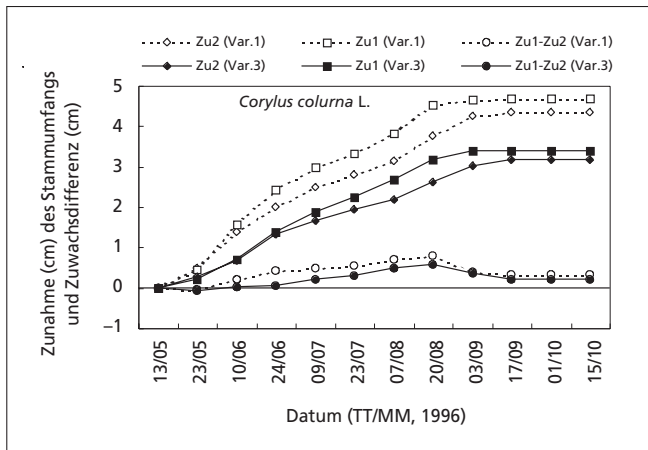


Abbildung 2: Durchschnittlicher Umfangszuwachsgang (Mittelwert aus allen Wiederholungen) in 1 und 2 m Stammhöhe von Variante 1 und 3 bei *C. colurna* (Andere Arten, *F. excelsior*, *S. intermedia* und *C. lavellei*, reagieren identisch) im Jahr 1996. Die negativen Werte für die Zuwachsdifferenz vom 23. Mai zeigten einen kleineren akkumulativen Zuwachswert in 1 m Stammhöhe im Vergleich mit jenen in 2 m Höhe.

Figure 2: Average increment (mean value of all repetitions) at a height of 1 m and 2 m of variants 1 and 3 for *C. colurna* (other species, *F. excelsior*, *S. intermedia* and *C. lavellei*, react identically) in 1996. The negative values for the difference in increment of 23rd May show a lower cumulative increment value at the height of 1 m in comparison with 2 m.

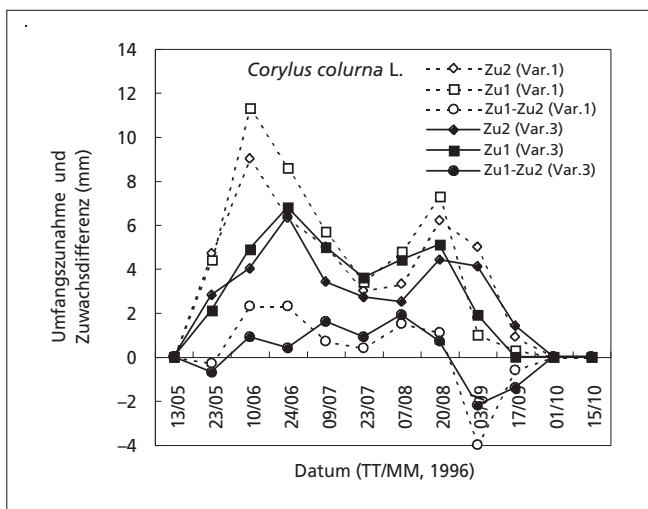


Abbildung 3: Durchschnittlicher 14-tägiger Umfangszuwachs (Mittelwert aus allen Wiederholungen) in 1 und 2 m Stammhöhe von Variante 1 und 3 bei *C. colurna* (Andere Arten, *F. excelsior*, *S. intermedia* und *C. lavellei*, reagieren identisch) im Jahr 1996. Die negativen Werte für die Zuwachsdifferenz im Mai und September zeigten einen kleineren 14-tägigen Zuwachswert in 1 m Stammhöhe im Vergleich mit demjenigen in 2 m Höhe.

Figure 3: Average 14-day increment (mean value of all repetitions) at a height of 1 m and 2 m of variants 1 and 3 for *C. colurna* (other species, *F. excelsior*, *S. intermedia* and *C. lavellei*, react identically) in 1996. The negative values for the difference in increment in May and September show a lower 14-day increment value at 1 m in comparison to 2 m.

3.3 Stammform der Bäume in Abhängigkeit von Entastungsintensitäten

Die Stammform wird hier durch einen Quotienten des Umfangs in 2 m Stammhöhe dividiert durch den Umfang in 1 m Stammhöhe definiert. Je grösser dieser Quotient ist, um so vollholziger ist der Stamm; in Gegensatz hierzu, je kleiner der Quotient ist, desto abholziger ist er. Ausser bei der Baumart *Crataegus lavellei* zeigte Grünentastung, besonders starke Grünentastung eine signifikante Wirkung auf die Vollholzigkeit der Stammform (*Abbildung 4*).

4. Diskussion

Leichte Entastung hat nur unerheblichen Einfluss auf das Dickenwachstum, während starke Entastung das Dickenwachstum beträchtlich beeinflusst. Aber nach HOOGESTEGE *et al.* (1992) hat sogar eine Entlaubung von 50% noch keine signifikante Wirkung auf das Dickenwachstum, und eine 100%-ige Entlaubung reduziert das Dickenwachstum auch nur um 15 bis 25% der Jahrringbreite im Vergleich mit den nicht-behandelten Pflanzen (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*). BERGSTRÖM und DANELL (1995) zeigten, dass starke Entlaubung das Höhenwachstum um 10% reduzierte und dass weder leichte (50%) noch starke Entlaubung (100%) eine signifikante Auswirkung auf das Dickenwachstum hatten. Die Wirkung der starken Entlaubung auf das Höhen- und Dickenwachstum hält bis zu drei Jahren an (STAEBLER, 1964; ERICSSON *et al.*, 1985; HOOGESTEGE *et al.*, 1992). Eine artspezifische Reaktion auf Entlaubung/Grünentastung ist möglich. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen ergaben den durch Grünentastung/Entlaubung verursachten Dickenwachstumsverlust (STAEBLER, 1963 und 1964; MITSCHERLICH *et al.*, 1968; HEICHEL *et al.*, 1984;

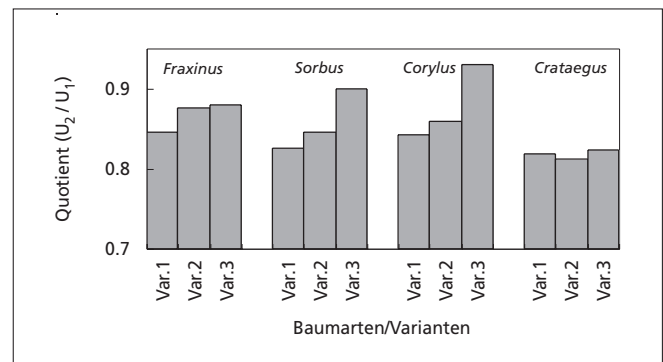


Abbildung 4: Stammform (Umfang in 2 m Höhe durch den in 1 m Höhe: U_2/U_1) der vier untersuchten Baumarten zu Versuchsende am 15. Oktober 1996.

Figure 4: Stem form (diameter at a height of 2 m through the diameter at 1 m, U_2/U_1) of the four species investigated at the end of the investigation on 15th October 1996.

HOOGESTEGE *et al.*, 1992; HONKANEN *et al.*, 1994; REICHENBACKER *et al.*, 1996; GERHARDT, 1998; LI *et al.*, 2000). MITSCHERLICH *et al.* (1968) und KULMAN (1971) haben in einem Literaturüberblick die Untersuchungen und Ergebnisse über den durch Entastung/Entlaubung verursachten Zuwachsverlust der Bäume dargestellt. Starke Entlaubung/Entastung reduziert drastisch die photosynthetische Fläche und die Auxin-Produktion (durch treibende Knospen und Hormonabgabe durch das Laub), welche die Kambiumtätigkeit weitgehend steuert (HOFFMANN *et al.*, 1992). Die verminderte Menge an Kohlenhydraten (LI *et al.*, Daten nicht veröffentlicht) und die Mängel an Wuchsstoffen (z.B. Auxin, siehe auch WANG *et al.*, 1997) führen zu geringerem Wurzelwachstum, wodurch einerseits die Aufnahmefähigkeit der Wurzeln verringert und andererseits auch die Synthese von anderen wachstumsfördernden Phytohormonen (z.B. Cytokinie, Gibberelline) verhindert wird, da diese vornehmlich in den Wurzeln gebildet werden.

KRAMER und KÄTSCH (1982) haben die Verhältnisse des Dickenwachstums von Buche (*Fagus sp.*) in 1,3 m und 5,0 m Stammhöhe untersucht. Es wurde festgestellt, dass in den beiden Messhöhen bei der vierten Wuchsklasse ein sehr unterschiedliches Verhalten der Radialveränderung auftrat. Ein ähnliches Ergebnis haben HOCHBICHLER *et al.* (1990) bei der Untersuchung von Grünentastung bei Eichenjungbeständen erhalten. Nach ASSMANN (1961) ist der Durchmesserzuwachs abhängig von der Schafthöhe sehr unterschiedlich. Eine solche ungleichmässige Entwicklung des Stammdurchmesseres in verschiedenen Schafthöhen (Abbildungen 2 und 3) wird vermutlich durch die ungleichmässige Verteilung der Assimilate und Wuchsstoffe innerhalb einer Pflanze hervorgerufen. Die durch starke Grünentastung/Entlaubung verminderten Assimilate werden bevorzugt zum Wuchs der nahe der Krone liegenden Pflanzenteile benötigt. Dies führt zu einem früheren Beginn und zu einer späteren Einstellung des Dickenwachstums in höherem Stammbereich in der Vegetationszeit (Abbildungen 2 und 3) und zu einem ungleichmässigen Durchmesserwachstum zwischen verschiedenen Schafthöhen, und schliesslich zu einer Verbesserung der Stammform (Abbildung 4).

In der Forstwirtschaft meinen einige Forscher, dass vielmehr im frühen Stangenholzalter mit der Astreinigung auf einer ausreichenden Schafthöhe die Weichen für eine zukünftige Holzqualitätsentwicklung gestellt werden (BECKER, 1995). SPIECKER (1994) empfahl, bei Vogelkirschen (*Prunus avium* L.) nur zwei bis drei Astquirle stehen zu lassen und bis auf einen Drittel der Endhöhe zu ästen, um eine positive und ausreichende Auswirkung auf die Vollholzigkeit zu erhalten. Grünentastung als Baumpflegemassnahme in Baumschulen für junge Allee- und Parkbäume soll den wichtigen Zweck verfolgen, eine wirklich optimale Entwicklung (z.B. Schönheit, Resistenz, Stabilität usw.) der Bäume zu erreichen. Für die Praxis in der Baumschule ist es natürlich auch wichtig, eine bessere wirtschaftliche Ernte zu erzielen. Aber man muss trotzdem darauf achten, die bessere Qualität der fertigen Ware (äussere und innere Qualität) und die zukünftige Schönheit der grossen Allee- und Parkbäume entwickeln zu können. Deswegen sollen die Praktiker in der Baumschule bezüglich der zukünftigen Allee- und Parkbäume entscheiden, ab wann und wie man die kleinen Bäume behandeln soll, um eine positive und gewünschte Auswirkung von Entastung oder Schnittmassnahme zu erzielen.

5. Schlussfolgerungen

Starke Grünentastung verringert das Dickenwachstum. Diese Verminderung wird einerseits direkt durch die Verkleinerung der photosynthetischen Fläche und durch die Reduktion der damit verbundenen Assimilate verursacht (LI *et al.*, Daten

nicht veröffentlicht), und andererseits indirekt durch die innere physiologische Veränderung, welche durch starke Störung (Entlaubung/Entastung) hervorgerufen wird. Die durch starke Grünentastung/Entlaubung verminderte Produktion von Assimilaten und Wuchsstoffen wird bevorzugt zum Wuchs der nahe der Krone liegenden Pflanzenteile benötigt. Dies führt dann zu einem ungleichmässigen Umfangszuwachs und zu einer ungleichmässigen Entwicklung des Durchmessers in verschiedenen Schafthöhen.

Zusammenfassung

Während vier Jahren wurde der Einfluss von unterschiedlichen Entastungsintensitäten bei jungen Allee- und Parkbäumen (*Fraxinus excelsior* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Crataegus lavalleyi* Herincq und *Corylus colurna* L.) in Wolbeck, Münster (Deutschland), auf das kurzfristige Dickenwachstum in verschiedenen Stammhöhen (1 m und 2 m) und die Stammform untersucht. Leichte Entastung hat nur unerheblichen Einfluss auf das Dickenwachstum. Starke Entastung führt zu einem signifikanten Dickenzuwachsverlust und hat eine signifikante Auswirkung (ausser bei *Crataegus lavalleyi*) auf die Vollholzigkeit des Stammes. Daraus wird gefolgert, dass starke Entastung nicht nur eine Reduktion der photosynthetischen Organe und eine Reduktion der Assimilation, sondern auch eine Störung der inneren physiologischen Prozesse (wie z.B. Phytohormonhaushalt) mit sich bringt. Wir nehmen auch an, dass die durch starke Grünentastung/Entlaubung verminderten Assimilate bevorzugt zum Wuchs der nahe der Krone liegenden Pflanzenteile benötigt werden. Dies führt dann zu einem ungleichmässigen Umfangszuwachs in verschiedenen Schafthöhen.

Summary

Diameter growth and stem form development of young trees, depending on pruning activity

Tree diameter growth at a height of 1 m and 2 m and stem form were studied following branch pruning in 4 tree species (*Fraxinus excelsior* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Crataegus lavalleyi* Herincq, *Corylus colurna* L.) in Wolbeck, Münster (Germany). After a period of 4 years, we found that severe branch pruning reduced diameter growth. Branch pruning, especially severe pruning, significantly improved the plumpness of stem form. On the basis of this study, we conclude that severe branch pruning leads to: 1) a reduction in foliage area which directly affects assimilation, and 2) indirect effects on internal physiological processes. We suggest that when photo-assimilates, derived from CO₂ fixation, are not sufficient for whole-plant growth, as, for example in defoliated trees, they are allocated preferentially to the nearest growing point from the source. This may lead to uneven growth rates at different stem heights.

Résumé

Accroissement radial et forme du tronc en fonction de l'intensité de l'élagage des jeunes arbres

Durant quatre ans, on a étudié, à Wolbeck et Münster (Allemagne), l'effet de l'intensité de l'élagage sur la croissance radiale à court terme, mesurée à différentes hauteurs (1 et 2 m), et sur la forme des troncs d'arbres de parcs et d'allées (*Fraxinus excelsior* L., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Crataegus lavalleyi* Herincq, *Corylus colurna* L.). Un élagage léger n'a qu'une faible influence sur l'accroissement radial. Un élagage sévère ent-

raïne par contre une claire diminution de la croissance en diamètre et influe considérablement sur la forme cylindrique du tronc (sauf chez *Crataegus lavallei*). Selon cette étude, nous concluons qu'un élagage sévère diminue non seulement la surface foliaire, ce qui affecte directement l'assimilation de carbone, mais qu'il perturbe également les processus physiologiques internes (p. ex. le régime phytohormonal). Nous supposons que la quantité de substance assimilée, réduite par un élagage ou un effeuillage sévère, est surtout nécessaire à la croissance des parties végétales situées à proximité de la couronne. Ceci peut causer un accroissement radial irrégulier sur la longueur du tronc.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Literatur

- ASSMANN, E. (1961): Waldetragskunde. BLV München.
- Becker, G. (1995): «Waldbau und Holzqualität». Forst und Holz 50, 18: 565–569.
- BERGSTRÖM, R., DANELL, K. (1995): Effects of simulated summer browsing by moose on leaf and shoot biomass of birch, *Betula pendula*, Oikos, 72: 132–138.
- DAHMS, W.G. (1954): Growth of pruned ponderosa Pine. J. For. 52: 444–445.
- ERICSSON, A., HELLQVIST, C., LÄNGSTRÖM, B., LARSSON, S., TENOW, O. (1985): Effects on growth of simulated and induced shoot pruning by *Tomicus piniperda* as related to carbohydrate and nitrogen dynamics in Scots pine. J. Appl. Ecol. 22: 105–124.
- FOWLER, J., COHEN, L., JARVIS, P. (1998): Practical Statistics for Field Biology (Second Edition), John Wiley & Sons, New York, USA, 259 S.
- GERHARDT, K. (1998): Leaf defoliation of tropical dry forest tree seedlings – implications for survival and growth. Trees 13: 88–95.
- HEICHEL, G.H., TURNER, N.C. (1984): Branch growth and leaf numbers of red maple (*Acer rubrum* L.) and red oak (*Quercus rubra* L.): response to defoliation. Oecologia 62: 1–6.
- HOCHBICHLER, E., KRAPPENBAUER, A., MAYRHOFER, F. (1990): Ein Pflegemodell für Eichenjungbestände – Grünastung, eine wirtschaftliche Problemlösung der Wertholzerziehung. Cent.bl. gesamte Forstwes. 107, 1: 1–12.
- HOFFMANN, G., LYR, H. (1992): Phytohormone und synthetische Wachstumsregulatoren. In: LYR, H., FIEDLER, H.-J. und TRANQUILLINI, W. (eds.): Physiologie und Ökologie der Gehölze. GFVJ, Stuttgart, S. 345–369.
- HONKANEN, T., HAUKIOJA, E., SUOMELA, J. (1994): Effects of simulated defoliation and debudding on needle and shoot growth in Scots pine (*Pinus sylvestris*): implications of plant source/sink relationships for plant-herbivore studies. Funct. Ecol. 8: 631–639.
- HOOGESTEGER, J., KARLSSON, P.S. (1992): Effects of defoliation on radial stem growth and photosynthesis in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*). Funct. Ecol. 6: 317–323.
- KÄTSCH, C.H., AGUIRRE, O., KRAMER, H. (1992): Untersuchungen des kurzfristigen Dickenzuwachses in ungleichalten Mischbeständen Mexikos. Forstarchiv 63: 66–73.
- KRAMER, H., KÄTSCH, C. (1982): Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums im Kalkbuchenwald. Forstarchiv 53: 87–93.
- KULMAN, H.M. (1971): Effects of insect defoliation on growth and mortality of trees. Annu. Rev. Entomol. 16: 289–324.
- LI, M.H., UEHRE, P., KÖRNER, C., MATSCHKE, J. (2000): Einfluss der Grünastung auf das kurzfristige Dickenwachstum und die Wachstumsdynamik. AFZ/Der Wald 25: 1348–1350.
- LYR, H., HOFFMANN, G. (1992): Wachstum und Umwelt. In: Lyr, H., Fiedler, H.-J. und Tranquillini, W. (eds.): Physiologie und Ökologie der Gehölze. GFVJ, Stuttgart, S. 397–457.
- MITSCHERLICH, G., VON GADOW, K. (1968): Über den Zuwachsverlust bei der Ästung von Nadelbäumen. Allg. Forst-Jagdztg. 139, 8: 175–184.
- REICHENBACKER, R.R., SCHULTZ, R.C., HART, E.R. (1996): Artificial Defoliation Effect on Populus Growth, Biomass Production, and Total Nonstructural Carbohydrate Concentration. Environ. Entomol. 25, 3: 632–642.
- SLABAUGH, P.E. (1957): Effects of living crown removal on the growth of Red Pine. J. For. 55: 904–906.

- SPELSBERG, G. (1994): Zum Höhenwachstum der Fichte in Nordrhein-Westfalen. Allg. Forst-Jagdztg. 165, 4: 77–80.
- SPIECKER, M. (1994): Wachstum und Erziehung wertvoller Waldkirschen. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 181.
- STAEBLER, G.R. (1963): Growth along the stems of full-crowned Douglas-fir trees after pruning to specified heights. J. For. 61: 124–127.
- STAEBLER, G.R. (1964): Height and diameter growth for four years following pruning of Douglas-fir. J. For. 62: 406–408.
- VOGEL, M. (1994): Automatische Radialzuwachsfeinmessung in einem Fichtenaltbestand und Möglichkeiten der Interpretation kurzfristiger Schwankungen der Zuwachsmesswerte. Allg. Forst-Jagdztg. 165, 2: 34–40.
- VOGEL, M., ANDERS, S. (1995): Ableitung von Zuwachstreppenkurven aus Messwerten der automatischen Radialzuwachsfeinmessung. Allg. Forst-Jagdztg. 166, 11: 211–214.
- WANG, Q., LITTLE, C.A., ODÉN, P.C. (1997): Control of longitudinal and cambial growth by gibberellins and indole-3-acetic acid in current-year shoots of *Pinus sylvestris*. Tree Physiology 17: 715–721.

Dank

Frau S. Kittermann verbindlichen Dank für die ununterbrochenen Messungen, den Herren Prof. Dr. Christian Körner, Dr. Steeve Pepin und Olivier Bignucolo am Botanischen Institut der Universität Basel herzlichen Dank für die wertvollen Hinweise. Die Untersuchung wurde von der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe unterstützt.

Autoren

Dr. MAIHE LI, Abteilung Waldökosysteme und ökologische Risiken, WSL, CH-8903 Birmensdorf; E-Mail: maihe.li@wsl.ch.
 PETER UEHRE, dipl. Ing., und Prof. Dr. JÜRGEN MATSCHKE, Bildungs- und Versuchszentrum des Gartenbaus Wolbeck, Münsterstr. 62-68, D-48167 Münster.