

Nouvelles directives pour le haubanage des arbres en Allemagne¹

Georges Lesnino
Lothar Wessolly

Avec la parution des nouvelles «ZTV-Baumpflege 2006²» (Conditions contractuelles techniques complémentaires et directives pour les soins aux arbres d'ornement), les règles d'application du haubanage en Allemagne ont été améliorées et précisées. Le haubanage offre des avantages évidents d'un point de vue aussi bien biologique qu'esthétique en comparaison aux ravalements ou étêtages, c'est ainsi que plusieurs systèmes non invasifs ont été développés ces quinze dernières années.

Un hauban n'est pas seulement un raccord entre deux points. Comme il s'agit d'un système de sécurisation, la question de la responsabilité est prépondérante. C'est pourquoi les nouvelles directives imposent une durée minimale de fonctionnement et attirent l'attention sur la responsabilité du fabricant en ce qui concerne la résistance à la rupture pendant toute la période de fonctionnement.

L'expérience acquise ces dernières années, les essais sur le terrain et la base scientifique permettent aujourd'hui une considération différenciée de ces activités de soins aux arbres. Ces directives reflètent dès lors l'état actuel de la technique.

Pour le haubanage, on distingue maintenant trois fonctions différentes dont le but est de réduire les contraintes dans la mesure du possible (fig. 1).

Au centre de contrainte des vents dans la couronne, les forces ne sont pas encore multipliées par bras de levier et sont ainsi les plus faibles. Comme l'on montré les analyses de contrainte des vents, on s'approche très fort du centre de contrainte en respectant la règle des 2/3 de la hauteur des charpentes. Si on réduit, dès le départ, un balancement des couronnes dynamiques et oscillantes, on n'a besoin que de faibles forces de soutien. La méthode efficace est ici la **sécurisation de rupture dynamique**.

Les couronnes sont, selon leur type, plus ou moins oscillantes. Ainsi, l'arbre peut d'une part éviter les grandes charges de vent et d'autre part maintenir une croissance qui peut compenser les points faibles de l'arbre. Mais, la propension à l'oscillation des arbres peut entraîner un balancement dans leur fréquence propre. La fréquence propre suit le principe de la balançoire: des forces induites au même rythme s'additionnent et engendrent des déplacements de plus en plus grands qui finalement peuvent provoquer une défaillance. Ce danger s'accroît quand, en hiver, l'amortissement aérodynamique exercé par le feuillage n'est pas fonctionnel.

La sécurisation de rupture dynamique suit ce principe en entravant dès le départ la formation de grandes contraintes. La limitation du balancement induit par les vents forts empêchera un cumul additionnel des contraintes pouvant se former dans la couronne. Pour cela des grandes résistances ne sont pas nécessaires. La sécurisation de rupture dynamique est la règle, elle tolère les mouvements de l'arbre sous l'action des vents faibles et freine doucement les mouvements brusques.

Des systèmes dynamiques sont installés depuis plus de 15 ans, l'expérience de terrain nous a permis ainsi de calculer les dimensions nécessaires, ce qui correspond à l'état actuel de la technique (tableau 1). Par exemple, le système développé par Lothar Wessolly, sous le brevet européen 0623277, est installé environ 200.000 fois en système 2 tonnes et 40.000 fois en système 4 tonnes dans des arbres partout dans le monde.

¹ Présenté à l'occasion de la Journée technique « Haubanage des arbres et résistance mécanique du matériel » FUSAGx – Gembloux le 10 octobre 2006

² Cette brochure est actuellement traduite en langue française et sera d'ici peu publiée (informations : lesnino@baum-expert.de).

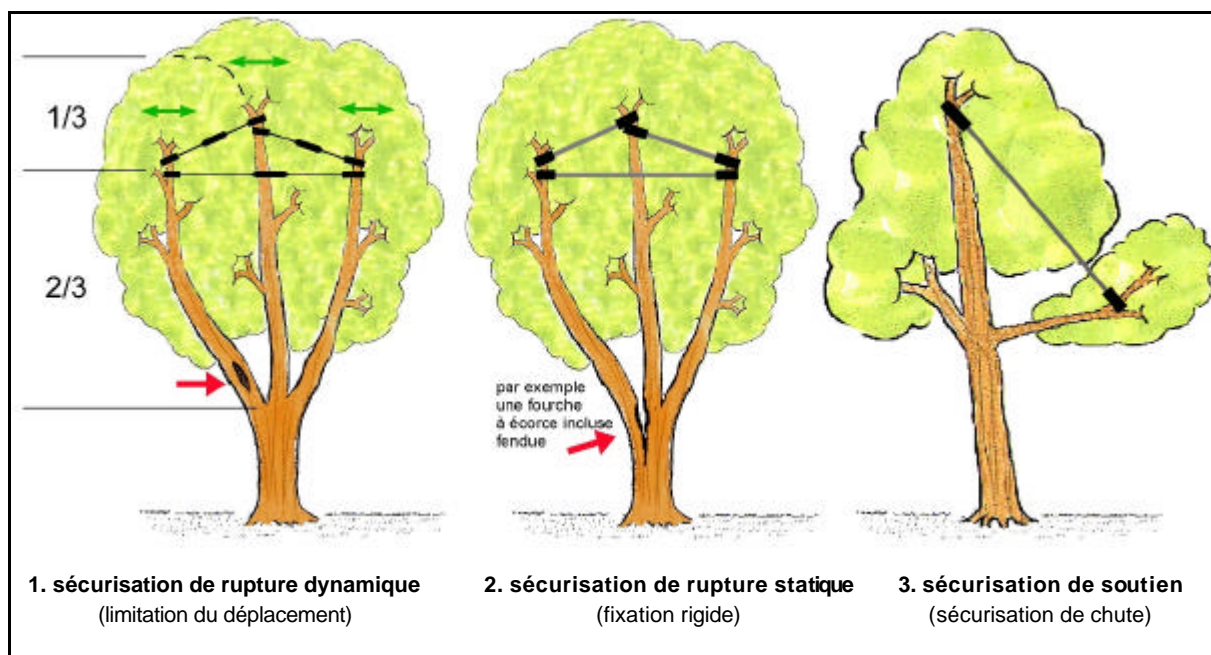


Fig. 1: les trois types de haubanage selon les nouvelles directives ZTV –Baumpflege 2006.

tableau 1: ZTV Baumpflege 2006 sécurisation de rupture dynamique	
diamètre à la base	charge de rupture du système pendant la durée d'application
jusque 40 cm	2 t
40-60 cm	4 t
60-80 cm	8 t
sécurisation statique: charges doubles	

tableau 2: ZTV Baumpflege 2006 sécurisation de soutien	
diamètre à la base	charge de rupture du système pendant la durée d'application
jusque 30 cm	2 t
30-40 cm	4 t
40-60 cm	8 t
60-80 cm	16 t

Tableau 1: charges de rupture requises selon ZTV-Baumpflege 2006 pour les haubanages en sécurisation de rupture dynamique et statique, ainsi qu'en sécurisation de soutien

Si, par exemple, une fourche à écorce incluse est fendue, on doit empêcher le moindre mouvement dans la mesure du possible. Une **sécurisation de rupture statique** est alors conseillée pour fixer les parties défailtantes de l'arbre.

Des forces très grandes se développent lorsque quelque chose tombe et que la chute doit être interceptée. En chute libre, les contraintes peuvent atteindre 25 fois le poids de la charpente. Même si la technique propose des cordes de grande résistance, la charpente portante n'aura pas la résistance suffisante et sera arrachée. La solution est une **sécurisation de soutien** qui empêchera toute chute au sol. La sécurisation de soutien intervient lorsque l'architecture de la couronne ne permet pas une sécurisation de toutes les directions de contrainte des vents. L'espace sous l'arbre restera en sécurité. Il est envisageable de combiner les types de sécurisation selon les cas.

Réflexions statiques et mathématiques

Pour une garantie scientifique des expériences de terrain, trois éléments de physique indépendants l'un de l'autre vont être analysés. Ces réflexions ont pour but de rendre les résultats de l'expérience pratique compréhensibles et de pouvoir résoudre la question du dimensionnement des cordes. Néanmoins, une réflexion théorique ne peut remplacer l'expérience pratique, elle la rend simplement compréhensible. Le départ est une analyse d'ingénieur scientifique des valeurs extrêmes des contraintes exercées et de leur formation.

1^{ère} réflexion: le choc

En général, on pense qu'il suffit d'employer un matériel plus résistant pour rendre un système de sécurisation plus sûr. Si cela vaut pour un système statique, il en est autrement pour un système dynamique. Un système surdimensionné peut même avoir des effets négatifs: il nous suffit d'imaginer un avion trop lourd.

Dans la figure 2, les contraintes d'éléments porteurs rigides ou souples sont représentées: plus la force de résistance de la corde est grande, plus le choc subi par le système et les parties de l'arbre est violent. Les valeurs extrêmes ont été calculées ici sur la base d'une charpente qui se courbe sous l'action des vents forts jusqu'à la limite d'élasticité du bois vert (déformation élastique maximale). Après la rafale, la charpente se redresse violemment dans le système de sécurisation de rupture qui lui reçoit d'un seul coup toute l'énergie de déformation absorbée par la charpente suite à la rafale.

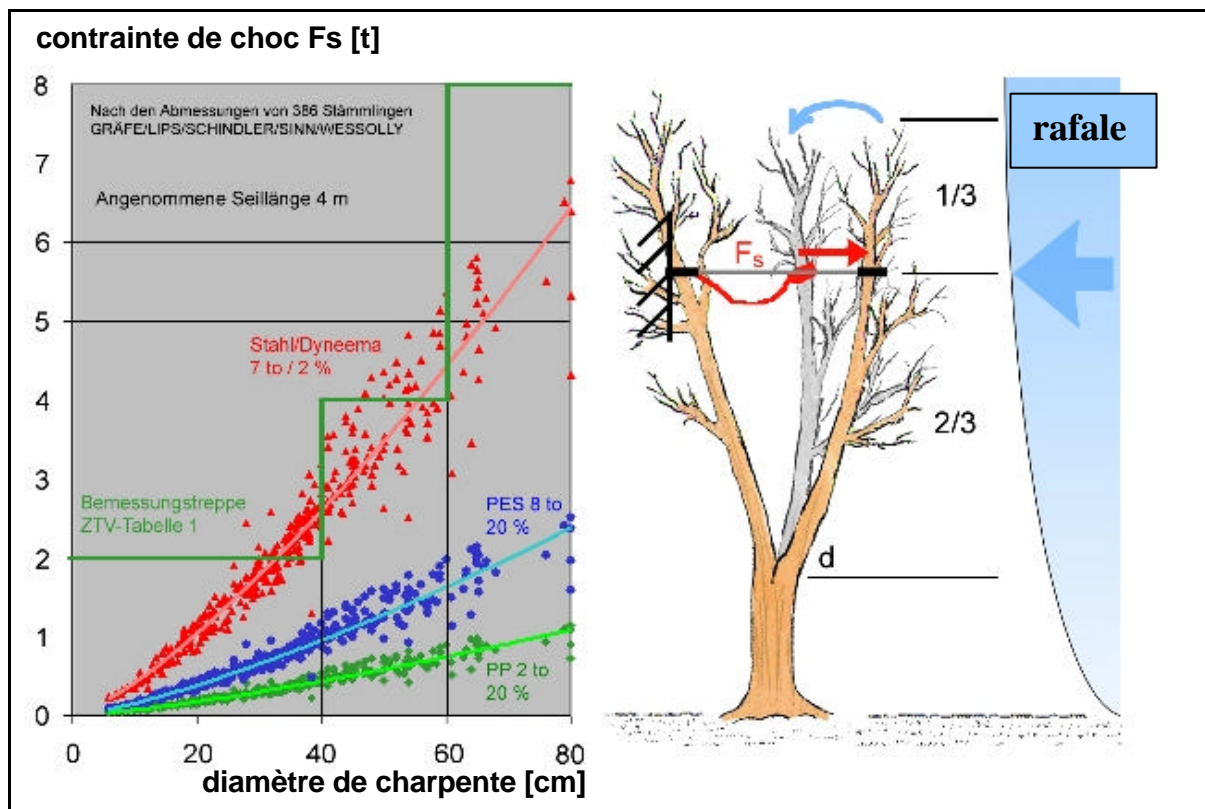


Fig. 2 contraintes de chocs au point d'ancrage (2/3 de hauteur) calculées sur 385 charpentes en fonction de la rigidité du matériel (acier/dyneema 7 t/2 %, polyéthylène 8 t/20 % et polypropylène 2 t/20 %) pour une longueur de corde de 4 m en comparaison avec les valeurs de résistance prescrites par ZTV-Baumpflege 2006.

La transformation d'énergie suit la loi suivante : *énergie = force * déplacement*. Si, à cause de la rigidité de la corde, le déplacement est petit, la force engendrée augmente automatiquement. Comme le montre le diagramme, la contrainte de choc, pour cordes en matière synthétique (propylène, polyéthylène), reste bien en dessous des valeurs prescrites par les directives ZTV-Baumpflege 2006 (tableau 1). Pour ce calcul, on a supposé un point d'ancrage rigide, ce qu'une charpente n'est pas. Donc, en réalité, on peut même compter sur des valeurs moindres que celles représentées dans le diagramme. Pour les cordes dyneema ou cordes en acier, la contrainte subie par la couronne et le haubanage augmente considérablement et est supérieure aux valeurs prescrites. Cet effet est connu sous le nom de l'effet de karaté qui survient lors de contraintes à chocs.

Les systèmes de sécurisation de rupture dynamiques sont proposés en deux variantes : avec ou sans amortisseur. Le comportement dynamique des deux systèmes diffère toutefois considérablement : dans le cas où seule la corde est souple, la distance d'amortissement de l'oscillation (élasticité de la corde) dépend de la longueur de la corde. L'amortisseur lui agit indépendamment de la longueur de la corde. Il offre aussi l'avantage d'une grande souplesse au niveau des faibles contraintes, ce qui permet un léger mouvement des charpentes même sous l'action de faibles brises. Ces systèmes sont bien mieux aptes à stimuler une compensation des points faibles. En outre, l'utilisation d'un amortisseur peut réduire la contrainte de choc de 20 % (Detter 2005).

2^{ème} réflexion: la contrainte d'ouragan

Une détermination de la portance s'effectue par analyse de la contrainte des vents. Les contraintes d'ouragan agissant sur une charpente sont calculées de la même façon que pour les structures en profil des couches proches du sol selon DIN 1055/1056 (Wessolly et Erb 1998). Toutefois, il faut considérer que l'analyse de contrainte des vents sur une charpente isolée donne des résultats trop élevés, car une charpente dans un arbre est presque toujours en partie protégée par le manteau de la couronne. C'est-à-dire que les contraintes sont en réalité considérablement plus faibles.

Même si on ne prend pas compte de cette influence réductrice, on peut observer que les contraintes subies par les charpentes restent plus faibles que les résistances prescrites par ZTV-Baumpflege 2006 (fig. 3).

3^{ème} réflexion: l'égalité de portance

Cette hypothèse se base sur le principe que la charpente et le haubanage ont une portance égale. Ceci ne vaut toutefois que pour la sécurisation de rupture statique, car une pièce déchirée doit être fixée de telle sorte qu'elle ne se déchire pas plus loin. Dans le cas idéal, les deux parties devraient même se ressouder. Une dimension plus forte n'est pas contre-productive, si bien que des systèmes à haute performance comme la corde dyneema ou les cordes en acier peuvent être utilisées dans ce cas de figure.

Mais, il n'y a aucune raison de vouloir stabiliser une charpente oscillante qui est déjà surdimensionnée de nature au moyen d'un système surdimensionné, car, à partir du moment où le haubanage est installé, les oscillations qui auraient pu provoquer une défaillance sont éliminées. Ainsi, on n'a pas besoin de plus grandes forces.

Nous savons que le bois est deux fois plus résistant à la traction que sous des contraintes de pression. Dès lors, dans l'état des déformations plastiques qui se créent dès que la limite d'élasticité a été atteinte, le bois peut encore absorber des charges plus grandes jusqu'à ce que le côté sous tension défaille (figure 4). Un calcul sur la base des contraintes de défaillance secondaire nécessiterait des résistances de système trois fois plus grandes (Schröder 2004). Il faut également considérer que les déformations plastiques sont souvent observées sur des branches de faible diamètre et non sur charpentes qui normalement portent un haubanage (Roloff 2004).

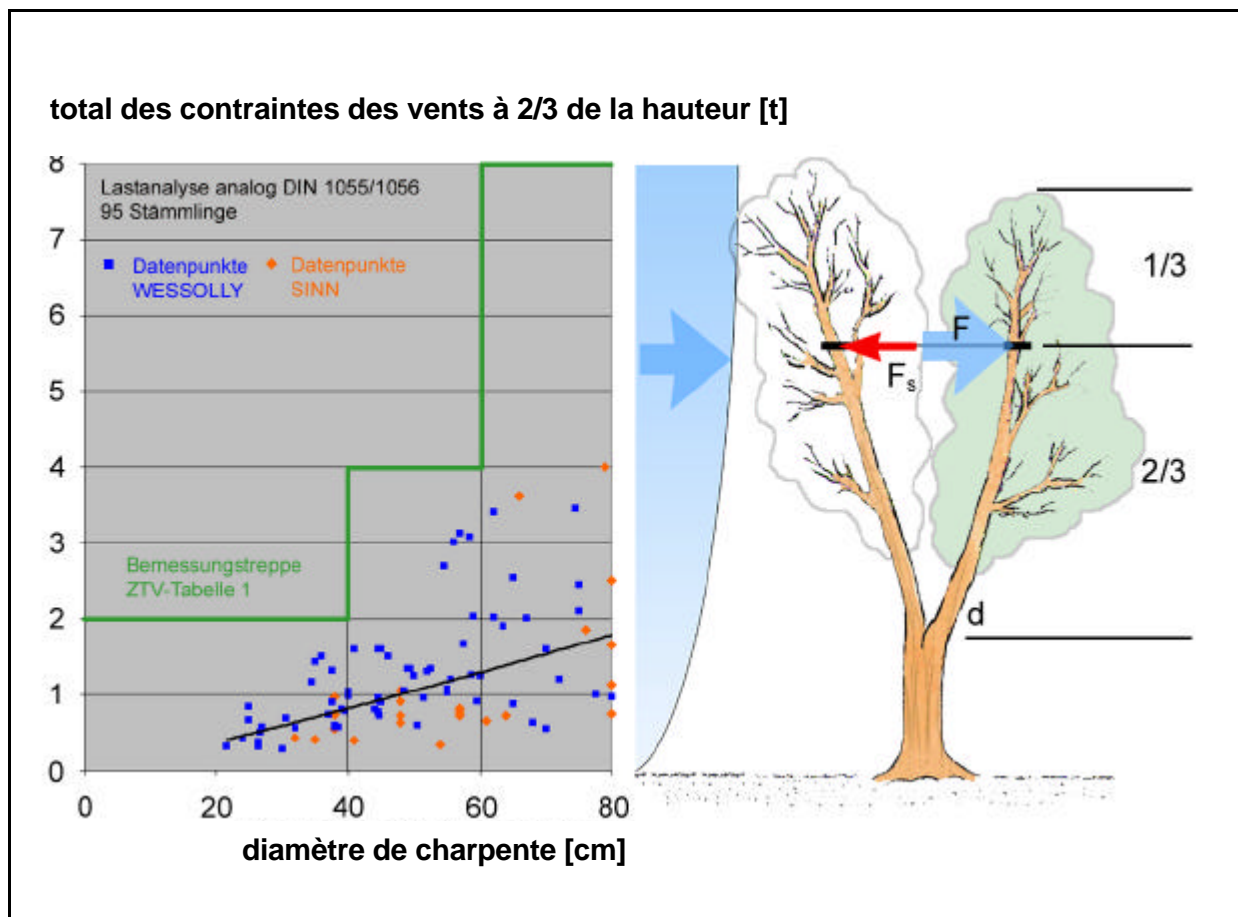


Fig. 3 contraintes des vents calculées selon l'analyse de la charge des vents sur 95 charpentes, considérées isolées, au point d'ancrage (2/3 de hauteur) sous absorption complète en comparaison avec les valeurs de résistance prescrites par ZTV-Baumpflege 2006.

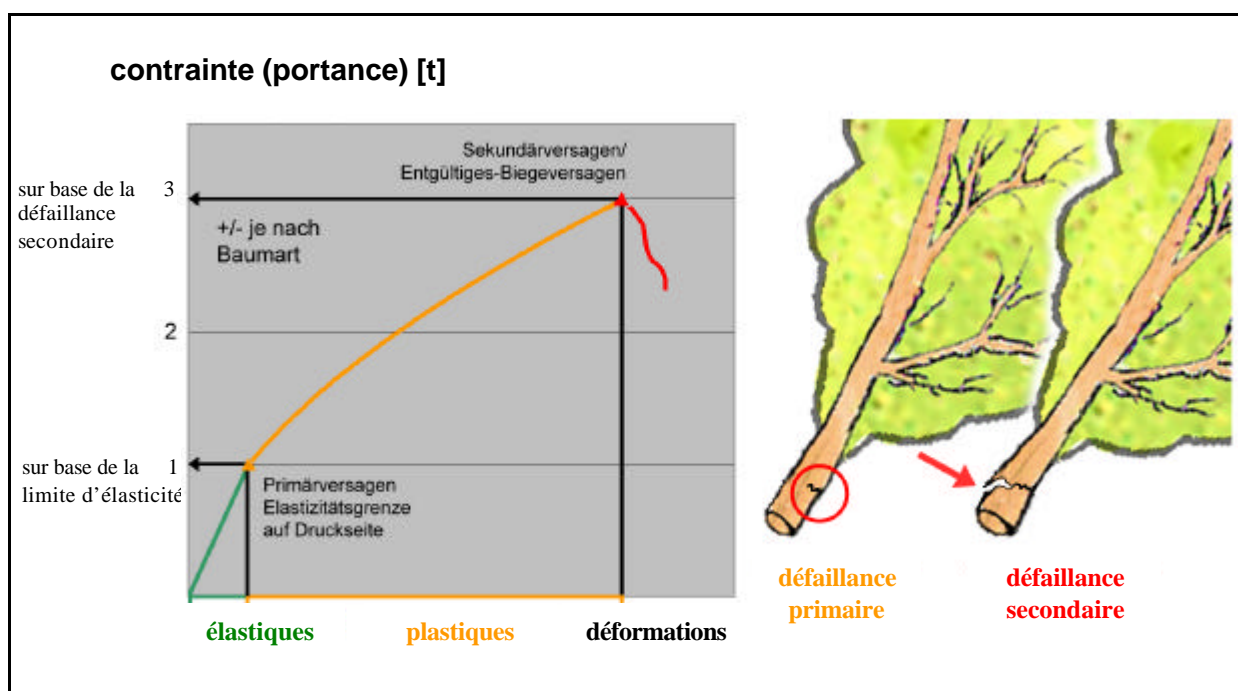


Fig. 4: limite d'élasticité et rupture à la flexion du bois vert.

En prenant la limite d'élasticité en considération, on obtient les valeurs reprises dans la figure 5. Ici également, les contraintes de remplacement sont inférieures aux valeurs de résistance prescrites par les directives ZTV-Baumpflege 2006.

Néanmoins, on peut, au contraire des haubanages dynamiques, utiliser des systèmes surdimensionnés pour la sécurisation de rupture statique sans problème. Pour plus de facilité, les valeurs indiquées dans le tableau 1 sont à doubler.

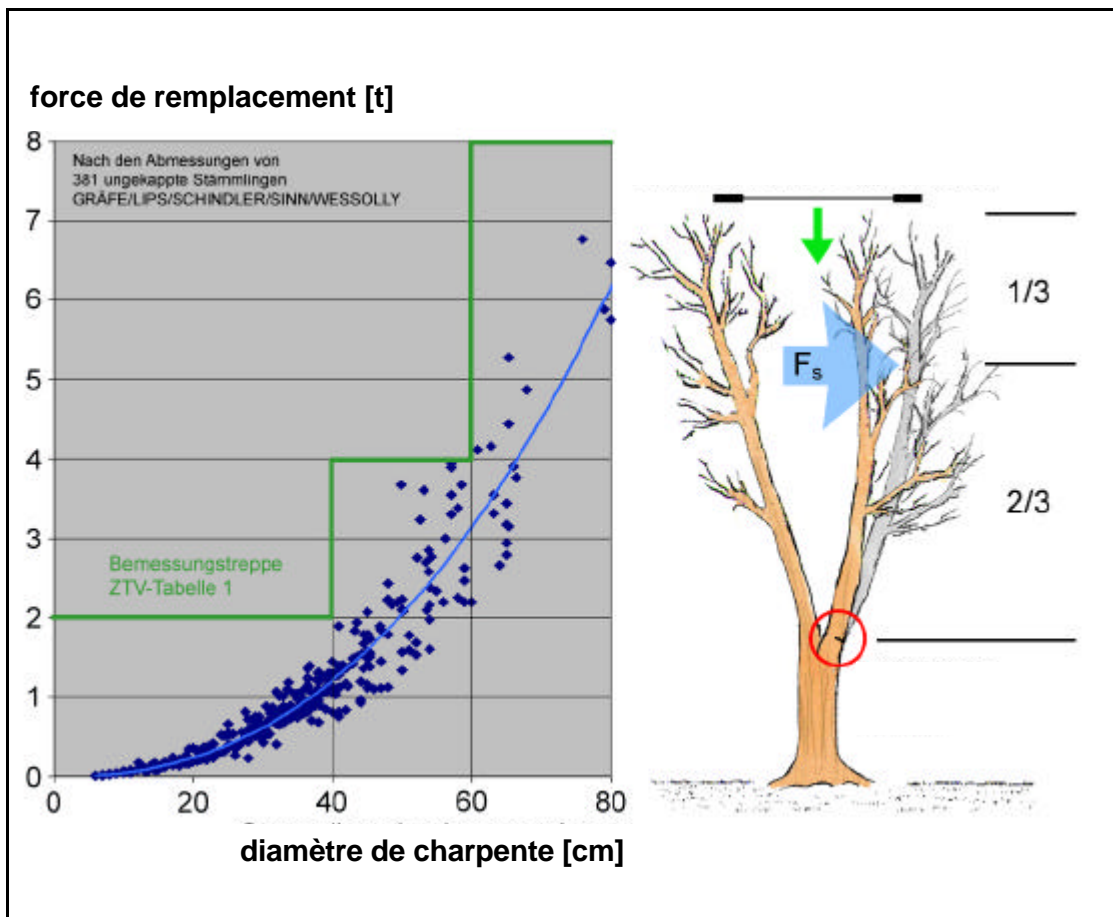


Fig. 5 contraintes des vents mesurées sur 381 charpentes au point d'ancrage (2/3 de hauteur) jusqu'à la limite d'élasticité en comparaison avec les valeurs de résistance prescrites par ZTV-Baumpflege 2006 (ligne verte).

La sécurisation de soutien

Si on installe un système de soutien vertical, des énergies de chute ne sont pas possibles, on évite ainsi les charges de choc. C'est pourquoi, en sécurisation de soutien, c'est le poids propre de la charpente qui doit être pris en compte en premier lieu. Eventuellement, des charges supplémentaires de givre, glace et neige sont à ajouter.

Toutefois, comme une corde s'allonge sous la charge de poids, cet allongement devrait être calculé comme faible hauteur de chute et pris en considération pour la question du dimensionnement. Mais, une branche verte ne se brise pas d'un seul coup comme une branche morte, ici l'énergie de chute sera consommée lors de la rupture de la zone de défaillance.

Pour une estimation du poids de la charpente, on adopte la formule proposée par Spatz (2004) : surface de section à la base de la charpente multipliée par la longueur de la charpente multiplié par un coefficient de forme 0,8.

En comparaison avec les valeurs de résistance indiquées dans le tableau 2 des ZTV-Baumpflege 2006, on obtient de cette manière une marge de sécurité suffisante qui prend compte aussi bien du comportement de la corde sous de grandes charges que d'éventuelles charges supplémentaires dues à la neige ou aux verglas (figure 6). Dans le cas de système de soutien, le surdimensionnement est autorisé car il s'agit de soutien et non de système dynamique.

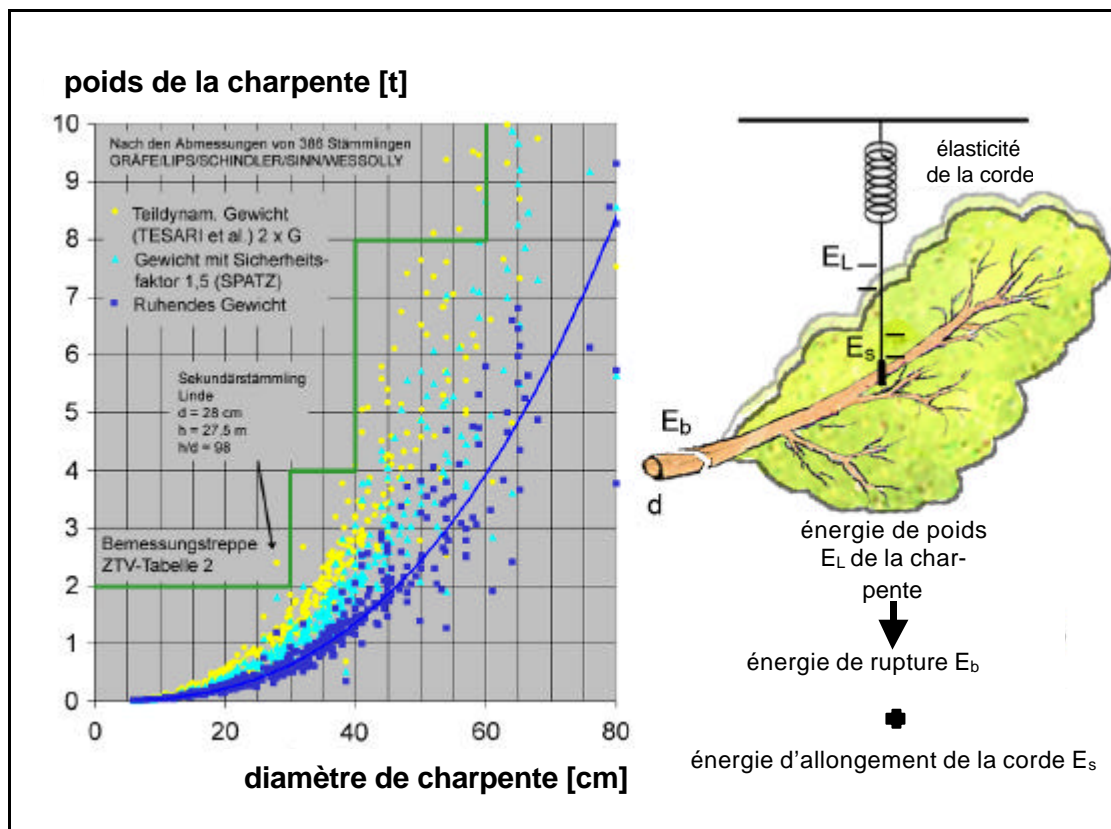


Fig. 6 poids de charpentes selon la formule de Spatz (bleu foncé), selon la formule de Spatz avec un coefficient de sécurité de 1,5 (bleu clair) et selon Tesari et al. en dynamique et sans énergie de rupture (jaune) en comparaison avec les valeurs de résistance prescrites par ZTV-Baumpflege 2006.

Conclusions

Les nouvelles directives «ZTV-Baumpflege 2006 » mettent des indications précieuses concernant le montage et le dimensionnement des systèmes de haubannage à la disposition des experts arboristes et des praticiens. Bien que ces indications aient un fondement aussi bien empirique que scientifique, ces directives ne sont conformes qu'à l'état actuel de la technique et des connaissances scientifiques, car, vu que la qualité et les propriétés techniques des matériaux aussi bien que les techniques de mesures et d'évaluation par exemple de la charge des vents et des seuils de rupture sont constamment améliorées, celles-ci nécessiteront à coup sûr de nouvelles adaptations et actualisations dans le futur.

Bibliographie

- DAVENPORT, A.G. (1965): The Relationship of Wind Structure to Wind Loading, Wind effects of Building and structures. HMSO London
- DETTNER, A. (2003): Dynamische Eigenschaften von Kronensicherungen. Neue Landschaft 9/2003
- FLL (2004): Baumkontrollrichtlinie 2004
- FLL (2006): ZTV - Baumpflege 2006
- GRÄFE, ST. (2004): Vergleichende Untersuchung von gekappten und nicht gekappten Linden mit Hilfe visueller Kontrolle und Untersuchungen mit dem Picus Schalltomograph. Diplomarbeit Universität Dresden
- LIPS, M. (2005): Gewichte von Kronenteilen - Eine Untersuchung zur Kronensicherung. Diplomarbeit FH Nürtingen
- SCHRÖDER, K. (2004): Eingabe in den Regelwerksausschuss
- SPATZ, CHR. (2003): Kronensicherung und Auffangsicherung, ein Kommentar zur ZTV Baumpflege, Stadt und Grün 6/2003
- TESARI, I., MUNZINGER, M. et MATTHECK, C. (2003): Untersuchungen zu Kronensicherungssystemen, TB VTA – Seminar 2003
- WESSOLLY, L. et ERB, M. (1998): Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle
- WESSOLLY, L. (2001): Neuerungen bei der Kronensicherung. bi Galabau 12/2001
- WESSOLLY, L. (2005): Neue ZTV Baumpflege – Kronensicherung. pro baum 4/2005
- WESSOLLY, L. (2006): Die Kronensicherung in der neuen ZTV Baumpflege 2006, AFZ-DerWald 8/2006