



Gedurende een periode van twee jaar zijn verschillende gangbare technieken voor het verankeren van met kluit geplante kwekerijbomen onderzocht. Hierbij is gebruik gemaakt van twee verschillende trekproefsystemen. Voor meer inzicht in relevante factoren zijn metingen bij jonge bomen uitgevoerd, die in het bos of op de kwekerij staan.

Het krachtspel bij de bomen tijdens een orkaan is met behulp van een windlastanalyse benaderd. Naar aanleiding van de onderzoeksresultaten zijn een (kunstmatige) proefboom en een onderzoekopstelling ontwikkeld, waarmee in de toekomst verdere systematische proeven mogelijk zijn. Jochen Brehm deed hiervan verslag in een artikel in ProBaum uit 2011, en nogmaals in een versie met aanvullende statistische gegevens in 'Jahrbuch der Baumpflege 2013'.

AUTEUR: JOCHEN BREHM, SACHVERSTÄNDIGENBÜRO FÜR GARTEN UND LANDSCHAFT, BESTENSEE (D)

SAMENVATTENDE VERTALING: JAN HILBERT, COPIJN BOOMSPECIALISTEN

Aanplant van jonge kwekerijbomen

Achtergrond en proefopzet

De traditionele verankering van net geplante kwekerijbomen wordt in Duitsland met meerdere boompalen uitgevoerd. De boom wordt middels boomband via de palen gefixeerd.

Er zijn echter ook andere verankeringssystemen op de markt verkrijgbaar. Ondanks de diverse technische ontwikkelingen komt het regelmatig tot klachten over de kwaliteit en duurzaamheid van deze systemen en verhoogde kosten.

Door middel van een proef over een langere periode zijn de verschillende systemen met elkaar vergeleken. Deze proef is uitgevoerd in samenwerking met een boomkweker (Baumschulen H. Lorberg, Tremmen), die voor plantmateriaal en mankracht zorgde. Vanuit de SAG Baumstatik werd meetapparatuur beschikbaar gesteld.

Wat betreft de werkwijze is min of meer een 'normale' trekproef toegepast. Normaal in die zin, dat de beweging (inclinatie) van de kluit gemeten wordt in verhouding tot de uitgeoefende trekkracht. De reactie van de boom wordt gerelateerd aan de windlast, die op basis van verschillende

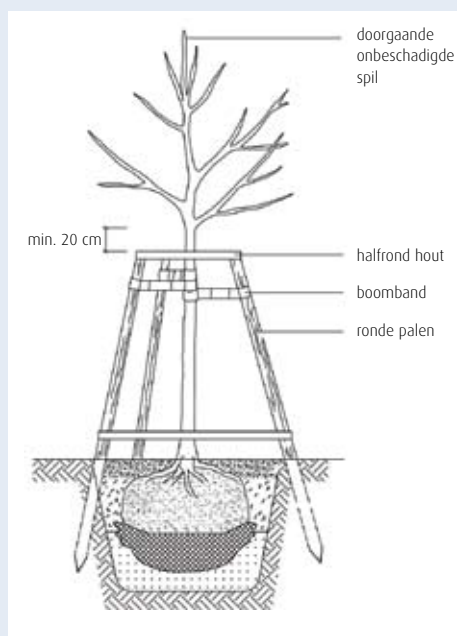
factoren als de boomsoort, vorm, afmetingen en diverse omgevingsparameters met behulp van een rekenmodel benaderd wordt. Bij een net geplante boom moet echter rekening gehouden worden met het feit, dat falen (kiepen) eerder optreedt op het grensvlak tussen de van de kwekerij afkomstige kluit en de aangrenzende bodem. Later, wanneer dit grensvlak door vele wortels 'vergrendeld' is, faalt het wortelstelsel van een boom bij belasting eerder door onvoldoende verankering van wortels in de bodem. Verder zijn bij de proeven ten behoeve van dit onderzoek bomen meer dan 15° uit het lood gaan staan, en hierdoor irreversibel scheefgetrokken.

Gangbare verankeringssystemen

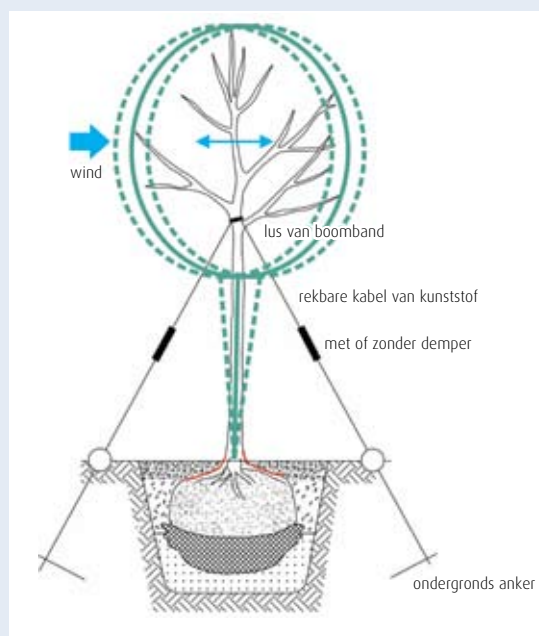
De vaak voorkomende verankeringssystemen zijn met bijbehorende principedoorssneden getekend en beschreven. Per systeem is ingegaan op de diverse variaties (bijvoorbeeld 2 tot 4 boompalen bij bovengrondse verankering) en zijn opmerkingen gemaakt over materiaalgebruik, verwerking, inzetbaarheid, vaak voorkomende problemen etc.

Kluit uit stalen staven voor een kunstmatige 'proefboom'

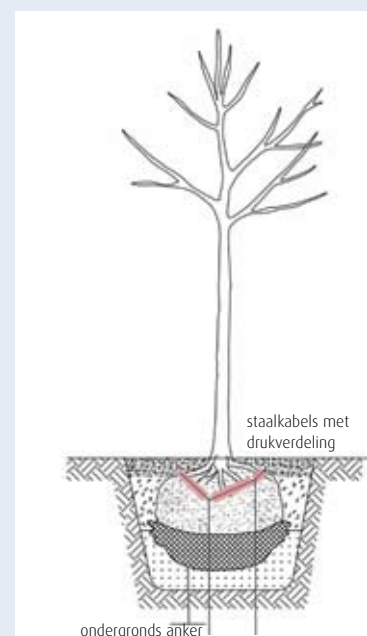




A. Boomjuk



B. Dynamische tuiverankering



C. Ondergrondse verankering Plati-Mat

Kort samengevat komt het op het volgende neer:

Bovengrondse verankeringen

A Boompalen en boomband

In Duitsland wordt meestal met drie boompalen gewerkt, die schuin naar binnen (naar de boom) toe staan en met half rond hout aan de bovenkant met elkaar verbonden worden. Vanuit elke paal wordt de boom door een strak aangebrachte boomband in positie gehouden. Vaak ligt het punt waar de boom gefixeerd wordt vrij hoog. Deze opbouw wordt ook wel 'juk' genoemd.

De constructie laat weinig beweging van de boom toe. Dit kan negatieve gevolgen voor de boom hebben (bijvoorbeeld een sterkere diktegroei boven de boombanden dan eronder). Er wordt tevens met verankeringen bestaande uit twee of vier palen gewerkt.

B Kabels tussen grondankers en takaanzetten

De statische variant met niet-elastische kabels. Meestal worden hiervoor staalkabels toegepast. De nadelen zijn vergelijkbaar met die van een verankering met boompalen, alleen treden effecten als insnoering en ongelijke diktegroei op de overgang tussen stam en de onderste gesteltakken op. Voor de openbare ruimte is deze verankering tevens minder geschikt omdat zij bovengronds te veel ruimte in beslag neemt en mensen over de kabels kunnen struikelen. De dynamische variant werkt met rekbaar kabels met of zonder extra demper. Dit is redelijk te vergelijken met een dynamisch kroonanker, ook al moet dit systeem op lichte spanning staan. De boom kan hierdoor gedeeltelijk elastisch op een windbelasting reageren. De systemen zijn door het materiaal (kunststof) echter kwetsbaar voor maaischades en kunnen met een simpele aansteker vernield worden.

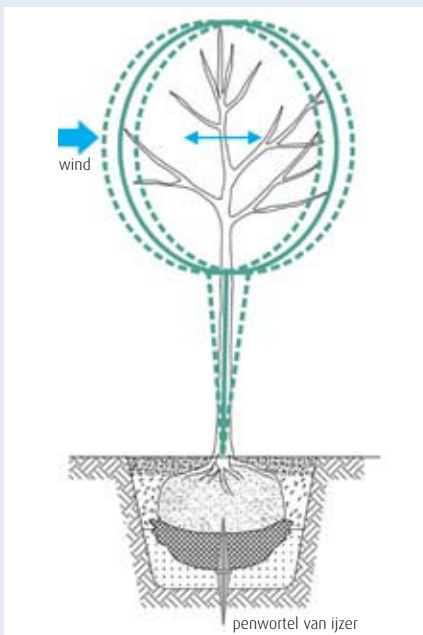
C Grondankers, spanbanden/kabels en drukverdeling

In het onderzoek is het systeem Plati-Mat van 'Platiplus' getest. De grondankers zijn van aluminium. Op spanning gebrachte stalen kabels houden de kluit in zijn positie. Om schade op onderliggende wortels te voorkomen, worden drukverdelende matten onder de kabels aangebracht. Bij de nadelen van dit systeem wordt onder andere het moeizame en vrij tijdsintensieve aanbrengen van de ankers genoemd. Vaak moeten hiervoor geschikte machines ingezet worden (NB: In Duitsland komen standplaten met een zeer harde/stenige ondergrond vaker voor dan in Nederland). Na zettingen in de ondergrond is het vaak nodig om de kabels nog een tweede keer op spanning te brengen. Er blijft best wat materiaal in de ondergrond achter. De diktegroei van wortelaanlopen aan de bovenzijde kan door de druk van de kabels worden belemmerd.

D Technische vervanging van de penwortel

Veel boomsoorten ontwikkelen in hun jeugdfase een penwortel. Deze wordt op de kwekerij door het herhaaldelijk omplanten en het maken van de plantkluit verwijderd. Het idee achter systemen als 'Arbofix' is om de penwortel door een metalen pin te vervangen, die voor de aanplant onder in de kluit wordt aangebracht. Een nadeel van dit systeem is de moeilijke plaatsing. De pin moet recht en strak onder de kluit zitten. Bij verticale plaatsing mag de pin in de diepte geen hoge weerstand tegenkomen (bijvoorbeeld een steen), maar moet deze toch zo strak mogelijk in de ondergrond zitten. Als de boom schuin in het plantgat wordt gelegd en vervolgens recht wordt gezet moet er een verdiepte sleuf voor de pin gemaakt worden. Na het rechtzetten is het lastig om bij

Ondergrondse verankeringen



D. Ondergrondse verankering Arbofix®

de pin te komen en de grond daar omheen de verdichten zodat de pin contact heeft. Als de boom eenmaal staat, is het niet meer mogelijk om een lichte scheefstand nog te corrigeren.

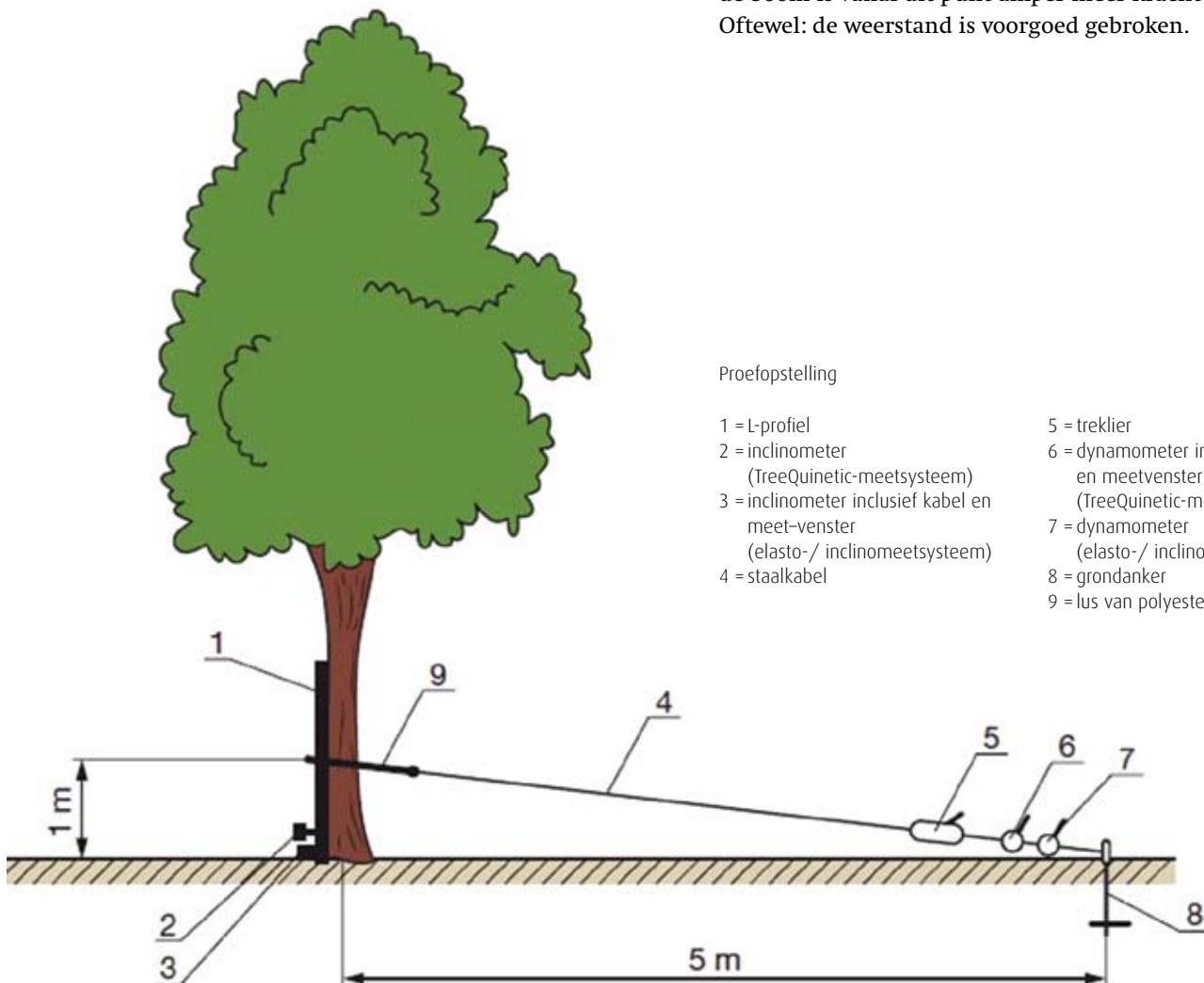
Proefopzet en voorafgaande metingen

Voor de metingen is bij elke boom een L-profiel op de stam gefixeerd om doorbuigen ervan te voorkomen. Hierdoor kon direct gekeken worden naar de verhouding tussen trekkracht en de reactie van de kluit. De trekkabel is standaard op 1,0 m hoogte boven maaiveld op de 'versterkte' stam aangebracht.

In 2010 zijn bij ruim 60 jonge bosbomen in het voortraject vergelijkbare trekproeven uitgevoerd, om een indicatie te krijgen van de maximale belastbaarheid en de grenskracht. De grenskracht is bereikt wanneer het systeem bodem/boom geen weerstand meer biedt. Dit is het geval wanneer de stamvoet met ongeveer $2,5^\circ$ uit zijn oorspronkelijke positie is getrokken. Voor het verder kantelen van de boom is vanaf dit punt amper meer kracht nodig. Oftewel: de weerstand is voorgoed gebroken.

Proefopstelling

- | | |
|--|---|
| 1 = L-profiel | 5 = treklier |
| 2 = inclinometer (TreeQuinetic-meetsysteem) | 6 = dynamometer inclusief kabel en meetvenster (TreeQuinetic-meetsysteem) |
| 3 = inclinometer inclusief kabel en meet-venster (elasto-/ inclinomeetsysteem) | 7 = dynamometer (elasto-/ inclinomeetsysteem) |
| 4 = staakabel | 8 = grondanker |
| | 9 = lus van polyester |



Ondergronds verankeringssysteem scoort niet significant beter dan bomen zonder verankering

Onderzoeksreeks op de kwekerij Lorberg

Op de kwekerij Lorberg in Tremmen zijn gedurende twee jaar metingen bij jonge bomen van diverse soorten (esdoorn, peer, es, linde en iep) en afmetingen (12/14 tot 30/35) uitgevoerd.

Hierbij zijn de vier hierboven beschreven verankeringssystemen gebruikt. Bij de bovengrondse verankering is gekozen voor de variant '2-Bock' (twee boompalen en boomband) en voor een systeem met grondankers en dynamische (elastische) spankabels. Ter controle zijn vergelijkbare bomen geplant zonder toepassing van een verankeringssysteem. De trekproeven zijn enkele weken na de aanplant uitgevoerd. Door middel van een windlastanalyse is een modelmatige berekening uitgevoerd, aan welke krachten de bomen worden blootgesteld in geval van een orkaan met windkracht 12 en vlagsnelheden van 117 km/uur. Bij de metingen zijn de grenskracht en de daarbij optredende kanteling van de kluit geëvalueerd. Anders dan bij vrijstaande oudere bomen nemen jonge en net geplante bomen ook bij een kanteelhoek van meer dan 20° nog kracht op (en bieden dus weerstand). Het verloop van hun curve tussen trekkracht en kanteelhoek is dus anders. Bij de statistische analyse van de meetgegevens kwam naar voren, dat de grootte van de plantkluit een belangrijke factor is wat betreft de gemeten grenskrachten. De variabiliteit van deze krachten wordt tot 75% door de kluitgrootte bepaald, terwijl de overige 25% afkomstig zijn van factoren als bodem, boomsoort en het toegepaste verankeringssysteem. Het vergroten van de kluitdiameter met 1 cm kan tot een verhoging van de grenskracht met 64 tot 137 kilogram leiden, of 1,34 kN (kilonewton).

Type verankering	Plantmaat: 12/14	Plantmaat: 16/18 tot 25/30	Plantmaat: 30/35	totaal
2 palen	0 %	0 %	0 %	0 %
Verankering met tuien	0 %	0 %	0 %	0 %
Ondergronds met 'Plati-Mat'	100 %	9 %	0 %	18 %
'arbofix'	100 %	14 %	0 %	22 %
Controle	100 %	19 %	0 %	26 %

Percentages bomen die bij maximale windbelasting (orkaan) te ver kantelden.

Resultaten 2010 en 2011

Uit de (statistische) analyse van de meetresultaten uit 2010 komt naar voren, dat de bovengrondse verankering met twee palen en boomband tot duidelijk hogere grenskrachten leidt. Opvallend is hier dat de bomen met ondergrondse verankeringssystemen niet significant beter scoren dan de controlebomen zonder verankering.

In 2011 zitten de meetwaarden van de twee bovengrondse verankeringen (palen/boomband en grondankers met spankabels in de takaanzetten) dicht bij elkaar en hebben ze hogere grenskrachten dan de overige drie groepen. Ook in deze meetreeksen is het onderlinge verschil tussen ondergronds verankerde en niet-verankerde bomen gering en niet significant.

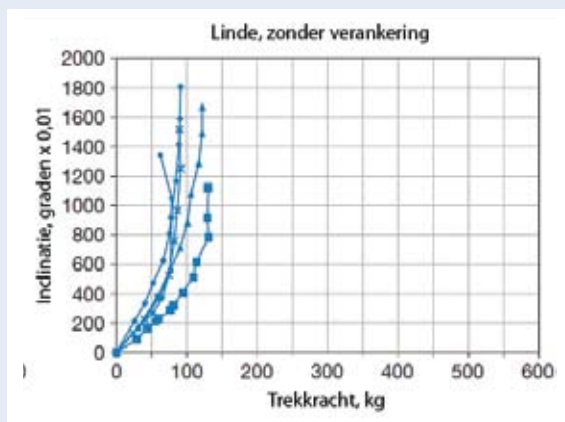
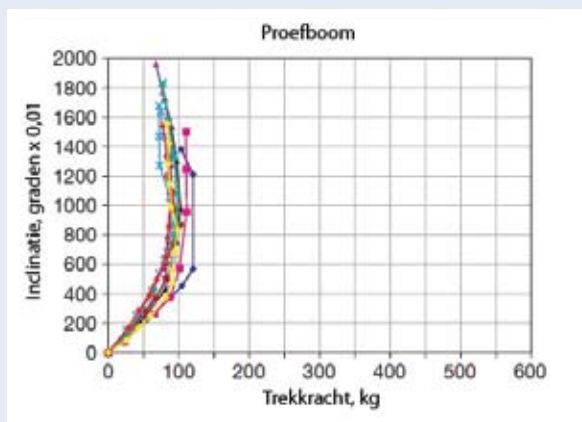
Bij de metingen zijn de bomen vaak 20° en meer uit het lood getrokken. Dit leverde relevante informatie op over de verhouding tussen de werkende kracht en de reactie van het systeem kluit/bodem. Een dergelijke scheefstand is in de dagelijkse praktijk natuurlijk niet van toepassing, omdat wortels afgescheurd worden en de bomen in deze scheve positie blijven doorgroeien.

Daarom is in het vervolg een windlastanalyse uitgevoerd om te bepalen hoe de bomen inclusief verankering de belasting van een orkaan zouden doorstaan. In deze analyse zijn diverse parameters meegenomen als boomhoogte, kroonoppervlak en geometrie (berekening lastzwaartepunt). Verder is uitgegaan van een windsituatie in open landschap (minder afscherming dan in stedelijk gebied).

De analyse leidt tot meerdere interessante inzichten:

- De bovengrondse verankeringen zijn bij alle plantgroottes tussen 12/14 en 30/35 doorgaans voldoende belastbaar gebleken om een orkaan zonder schade aan de boom te doorstaan.
- Bij de ondergrondse verankeringen en bij de controlegroep (geen verankering) bezweken alle bomen in de kleinste maat (12/14) bij een orkaanbelasting. Bij de wat grotere plantmaten (16/18 tot 25/30) blijven de meeste bomen bij een orkaan staan (91% bij verankering met grondankers en spanbanden en 86% bij verankering met 'arbofix'. Dit kan als goed resultaat worden beschouwd. Hierbij moet worden opgemerkt dat 81% van de niet-verankerde controlebomen in geval van een orkaan zouden blijven staan.
- Vanaf plantmaten van 30/35 en groter maakt het niet uit of een boom verankerd wordt of niet. Zelfs de niet-verankerde bomen zouden in geval van een orkaan doorgaans overeind blijven.

NB: Bij een plantmaat 30/35 is in dit onderzoek een bijbehorende kluitdiameter van 130 cm genoemd. Dit is vrij groot. Bij Nederlandse kwekers worden bij deze plantmaat kleinere kluitdiameters van 90 cm gehanteerd.



Uit de grafieken komt naar voren, dat de kunstmatige proefboom in een testreeks een vergelijkbare curve laat zien (grafiek links) als een echte boom (in dit geval een linde, grafiek rechts).

Vooraf de laatste conclusie onderstreept nog eens hoe belangrijk de grootte van de kluit is. Bij de wat grotere plantmaten is kennelijk een optimum bereikt wanneer de bijbehorende kluit voldoende groot is.

Door de bomen met behulp van een staalprofiel te verstijven en hierdoor geen buiging van de stam toe te laten, kan direct de verhouding tussen de krachtbelasting en het systeem kluit/bodem worden vastgesteld. Juist jongere bomen reageren op windbelasting echter elastisch en verminderen zo de belasting op de kluit.

Uit alle verzamelde gegevens wordt geconcludeerd dat in open landschap het beste met bovengrondse verankeringen kan worden gewerkt. Beide systemen voldoen bij alle plantmaten aan de belastingseisen bij zware storm. De ondergrondse verankeringssystemen voldoen in stedelijk gebied en in meer beschermde situaties. Planten met een grotere kluit leidt echter ook tot goede resultaten, zodat de meerwaarde van ondergrondse verankeringen dan gering is.

Stap naar standaardisering met kunstmatige kluit en plantgat

Om verankeringssystemen voor bomen systematisch te kunnen testen is bij dit onderzoek over een proefopzet nagedacht. In een eerste stap is een metalen proefboom met een kunstmatige kluit ontwikkeld. De 'boom' bestaat uit een stalen buis van 2 m met aan de zijkanten houders voor de diverse meetinstrumenten. De kluit is gemaakt uit een korf van gebogen en aan elkaar gelaste ijzeren staven (zie de foto's op p. 8 en 9). Dit geheel wordt gevuld met aarde en omhuld door een standaard draadkluit met jute en gaas. De kluit is 50 cm hoog en 80 cm breed, wat een doorsneeafmeting is voor kwekerijbomen in de diameterklasse 20/25. In een eerste testreeks is de proefboom vergeleken met kwekerijbomen (linde) met kluiten van vergelijkbare omvang. De reactie van de proefboom bij trekproeven leverde nagenoeg identieke curven met de

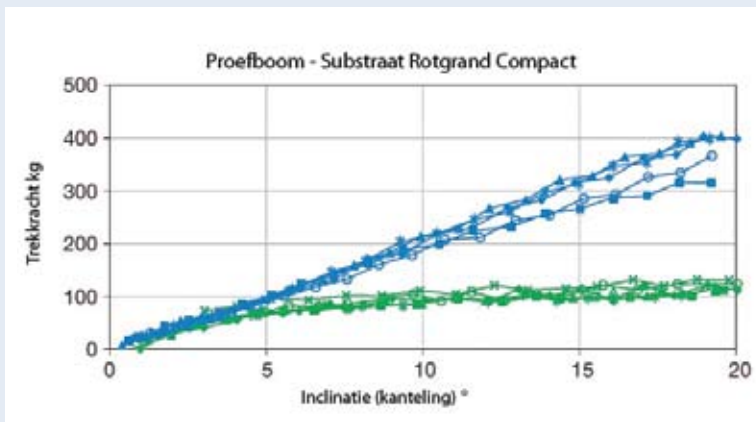
echte bomen op. Dit maakt het mogelijk om de verschillende verankeringssystemen met dezelfde proefboom te onderzoeken, waardoor de invloed van een aantal factoren (zoals de exacte grootte en de vorm van de kluit) verder geëlimineerd wordt.

In een tweede stap is een proeflocatie ingericht waarin de verankering van de proefboom in verschillende bodemsubstraten onderzocht kan worden. In een ommuurd plantgat van 1,5 m x 1,5 m kunnen verschillende bodemsubstraten naar voorschrift aangebracht worden. Door afdekken met zeilen en mogelijkheden tot reguleren van de waterhuishouding kan het bodemvochtgehalte naar een gewenste waarde gebracht worden.

In 2011 zijn meetreeksen in de bij de proeflocatie aanwezige bodem (matig humeuze zandgrond) uitgevoerd. Deze metingen zijn vergeleken met de resultaten die bij de eerdere veldproeven op de kwekerij bij bomen met vergelijkbare kluit zijn uitgevoerd. Hierbij lagen de verschillende

uitkomsten goed op één lijn. In een verdere stap zijn meetreeksen met twee boomgranulaten van een grote Duitse leverancier op de proeflocatie uitgevoerd. Uit analyse van de verschillende testreeksen blijkt, dat met de proefopstelling (kunstmatige kluit en ommuurd plantgat met uitwisselbare substraten en beheersing van het bodemvochtgehalte) reproduceerbare resultaten worden verkregen. Een systema-





tische test van verschillende systemen voor de verankering van jonge bomen in een vergelijkbare maat (20/25) is met een dergelijke proefopstelling dus mogelijk.

Blik vooruit

Uiteindelijk scoort de 'goeie ouwe' verankering met twee palen en boomband op een hoogte van ca. 1 m heel goed. Zij houdt onder alle belastingen stand en laat relatief weinig beweging in de kluit toe. De geteste ondergrondse verankeringssystemen bleken niet universeel inzetbaar.

Naar aanleiding van deze meetreeksen doen zich diverse verdergaande vragen voor:

- Hoeveel kanteling van de kluit is in de praktijk acceptabel en vanaf welke hoek scheuren hierbij wortels af, die vanuit de kluit in de aangrenzende bodem zijn gegroeid?
- Hoeveel beweging moet worden toegestaan willen de jonge bomen zich aan kunnen passen aan de omgeving en hoe lang moeten zij hiervoor verankerd staan?
- Welke kosten ontstaan door de verschillende verankeringssystemen tijdens de aanplant en de periode van gebruik?
- Hoe moeten de toegepaste materialen worden beoordeeld vanuit het perspectief van duurzaamheid?
- Welke eigenschappen heeft een verankeringssysteem dat vanuit al deze eisen als optimaal kan worden beschouwd?

Tegelijk met het onderzoek van Brehm voerde het 'Zentrum für Gartenbau und Technik Quedlinburg' een 5 jaar durend onderzoek met ondergrondse boomverankeringen uit. Er zijn 12 verschillende verankeringssystemen van 6 leveranciers getest. Parallel is een testreeks met een verankering van 3 boompalen (boomjuk) opgezet bij de boomsoorten *Acer platanoides*, *Prunus avium*, *Pyrus pyrastrer*, *Quercus robur* en *Tilia cordata* in maten tussen 16/18 en 30/35. Van *Prunus avium* zijn ook bomen in plantmaat 40/45 verankerd. De leveranciers waren bij het planten en verankeren van de testbomen aanwezig, waardoor de

specifieke kennis van elk product gewaarborgd was. Hierbij is ook een systeem getest dat in Wenen (Oostenrijk) veel wordt toegepast. Bij de 'Wurzelballenstützung' (vertaald: kluitstut) worden drie houten palen vlak langs de kluit in de grond geslagen. Op de palen worden 3 ronde palen in een horizontaal driehoeksverband verankerd. De horizontale palen liggen plat op de kluit en om deze in positie te houden.

Na het planten en verankeren in najaar 2007 stonden de bomen 5 jaar op het proefveld in open landschap, waar valwinden uit het Harzgebergte en sterke winden uit alle richtingen bomen en verankeringen regelmatig belasten. Het resultaat na de proefperiode was verrassend. Geen enkele proefboom bleek helemaal recht te staan. Bij het Oostenrijkse systeem met de kluitstut waren ze het scheefst gaan staan. Ook de vervangende penwortel van het 'arbofix'-systeem kon ze niet voldoende overeind houden. Hierbij was het wortelstelsel ook vrij veel beschadigd door het inslaan van de stalen pen. Van de ondergrondse verankeringen vertoonde het GEFA Treelock 50-systeem de beste resultaten. Dit systeem werkt met grondankers en brede spanriemen. Aanvullend worden matten van kokosvezel onder de riemen aangebracht. Deze matten hadden een positief effect. Kennelijk dempen ze de directe belasting van de spanriem op de kluit. Dit voorkomt dat bij lichte bewegingen de grond verdicht of afgeschoven wordt en het verband tussen verankering en kluit losser wordt. Net als bij het onderzoek van Brehm bleek ook hier dat bomen met een grotere plantmaat en kluit minder (snel) scheef waaien en dat de klassieke bovengrondse verankering met drie palen en boomband toch tot de beste resultaten leidt.

De onderzoekers (dr. A. Schneidewind en J. Brehm) kwamen pas door de 'Deutsche Baumpflegetage' met elkaar in contact. Het is opmerkelijk dat hun onderzoeken vergelijkbare resultaten leveren, terwijl de opzet van beide onderzoeken verschillend was. ■