



22 mei 2003 11a

thema

S
C
H
I
M
M
E
L
S

EN

B
O
O
M
B
E
H
E
E
R



Colofon



Wendy Bakker
Hoofdredacteur
(071) 565 96 55



Ton Stolk
Redacteur
(071) 565 96 52



Jacob van Megen
Redacteur
(071) 565 96 54



Angelique Bosman
Bureauredacteur
(071) 565 96 51



Alice Hoogenboom
Bureauredacteur
(071) 565 96 51



Gerdien de Nooy
Fotograaf
(071) 565 96 74



Frederiek Krijt
Vormgever
(071) 565 96 64

Met dank aan Erik Platje, Peter Jan Keizer en Michael Schlag.

Exploitatie
Reed Business Information
Postbus 16502, 2500 BM Den Haag,
T (070) 441 56 90

Uitgever: Geert van Oosterhout

Advertenties
Dhierinder Ramcharan, T (070) 441 56 81
Michael Streef, T (070) 441 56 86
Bert Bakker (account manager)
Maarten Ros (commercieel manager)
F (070) 441 56 91

Druk: Senefelder Misset BV, Doetinchem

© 2003, Reed Business Informatie.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.
Algemene voorwaarden: op alle aanbiedingen, offertes en overeenkomsten van Reed Business Informatie zijn van toepassing de voorwaarden, welke zijn gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel te Amsterdam.
Uitgever en auteurs verklaren dat dit blad op zorgvuldige wijze en naar beste weten is samengesteld, evenwel kunnen uitgever en auteurs op geen enkele wijze instaan voor de juistheid of volledigheid van de informatie. Uitgever en auteurs aanvaarden dan ook geen enkele aansprakelijkheid voor schade, van welke aard ook, die het gevolg is van handelingen en/of beslissingen die gebaseerd zijn op bedoelde informatie. Lezers wordt met nadruk aangeraden deze informatie niet geïsoleerd te gebruiken, maar af te gaan op hun professionele kennis en ervaring en de te gebruiken informatie te controleren.

Zorg voor bomen is een plicht

Bomen, zeker die in de openbare ruimte, vragen aandacht en zorg. De overheid stelt daarvoor regels in de Algemene Zorgplicht. Zo is het noodzakelijk om het gemeentelijk bomenbestand met regelmaat te controleren.

8

Houtproductie houdt boom sterk

Schimmels tasten het inwendige van bomen aan. Dat lijkt een forse aanslag op de sterkte van de stam. Ondanks een aantasting groeien bomen door. Ze maken nieuw hout. Wat er aan de ene kant af gaat, komt er aan de andere kant weer bij: het vloeiend evenwicht.

16

De zes schimmels beschreven

De **tonderzwam** komt, met meer soorten, veel voor in bomen.

22



De **honingzwam** doodt in levende bomen allereerst het cambium.

24



De **ruige weerschijnzwam** heeft een grote voorkeur voor platanen.

26



Van iedere oude boom is de stam hol

Dat bomen op den duur een holle stam krijgen, is een heel natuurlijk verschijnsel. Een stam die hol wordt hoeft de boombeheerder dus allerminst te verontrusten. Hoe hol een stam mag zijn? Daarover bestaan verschillende ideeën.

10

Schimmels zijn selectief in hun gastboomsoort

In de natuur zijn schimmels opruimers. Een relatief klein aantal van hen begint dit werk al als de boom nog leeft. In hun keuze van boomsoort zijn schimmels selectief. Zeven schimmelsoorten komen in stedelijke beplantingen met grote regelmaat voor.

20

Verklarende woordenlijst

39

Inleiding

Het is de schrik van iedere boombeheerder: takken die afbreken als luciferhoutjes en bomen die omvallen in stad en dorp tijdens een fikse storm. Meteen dringt de vraag zich bij de beheerder op of dit was te voorkomen. Want zodra een boom persoonlijke of materiële schade toebrengt, kan de eigenaar van de boom, gemeentelijke overheid of particulier, een schadeclaim verwachten. Weliswaar moet de eisende partij aantonen dat de boom een gebrek had, maar de eigenaar heeft de plicht de boom nauwgezet te (laten) schouwen op gebreken. Het is dan niet verwonderlijk dat bij duidelijk zichtbare gevolgen van biologische aantastingen, zoals bij vruchtlichamen van schimmels, de alarmbellen gaan rinkelen.

Een aantal schimmels holt oudere bomen uit. Dat is een natuurlijk proces. In wezen krijgt de boom de schimmel er gratis bij. Bij boombeheerders bestaat het beeld dat de boom hierdoor direct aan stabiliteit verliest waardoor verhoogde kans op stambreuk of omwaaien ontstaat. Resultaat: de boom wordt uit voorzorg, en om ellende te voorkomen, gekapt.

Voor onder meer de Bomenstichting is het al jaren de vraag of dat rigoureuze ingrijpen echt nodig is. Had een groot aantal monumentale bomen, waarop aantastingen van schimmels zich duidelijk toonden met mooie zwammen op de stam en die daarom zijn gekapt, niet langer kunnen blijven staan? Is het gevaar van stambreuk nou werkelijk zo groot of zit er rek in de tijd tussen het signaleren van de vruchtlichamen en het noodzakelijke moment van kappen? Kortom: ligt het risicoverhaal niet veel genuanceerder? Al deze vragen vormen de aanleiding voor een themanummer over Schimmels en boombeheer.

Twee Duitse boomadviseurs, Hermann Reinartz en Michael Schlag uit Keulen, hebben zich al eerder over dit thema gebogen. Beiden zijn bioloog en hebben zich gespecialiseerd in de verschillende ontwikkelingsstadia van schimmels. Deze kennis hebben zij in hun werk als boomadviseur gekoppeld aan hun ervaring met door schimmels aangetaste bomen in Duitsland. Sinds 1986 hebben zij vele straat- en parkbomen onderzocht. Zij stelden op basis van 2.000 waarnemingen een overzicht samen van de zeven belangrijkste schimmels en hun gastheren. Hun belangrijkste conclusie, met alle bijbehorende nuances, is dat een boom met een schimmelaantasting niet per definitie gekapt moet worden omwille van de veiligheid, ook niet als de vruchtlichamen duidelijk zichtbaar op de boom aanwezig zijn. De bevindingen van de twee onderzoekers vormen voor een groot deel de basis van dit themanummer over schimmels en hun gastheren. De zeven verschillende schimmels, hun ontwikkelingsstadia, in welke bomen zij het meest voorkomen en welke aantastingen en risico's zij vormen, worden besproken.

Opgemerkt dient te worden dat door de verschillen in klimaat tussen Duitsland en Nederland er ook verschillen kunnen optreden in de mate waarin schimmels hun waardboomsoorten aantasten. Hierdoor zijn wellicht niet alle voorbeelden in dit themanummer zonder meer te vertalen naar de Nederlandse situatie.

Dit themanummer is het tweede van een serie van vier extra nummers die Tuin&Landschap dit jaar uitbrengt. Het eerste themanummer ging over Klanten werven en klanten binden. De andere thema's zijn Tuin van het Jaar 2003 (20A) en Ontwerpen met planten (23a).

De zorg voor bomen is een plicht

De eigenaar van een boom kan een schadeclaim tegemoetzien als een ander door zijn boom persoonlijke of materiële schade heeft opgelopen. Het is aan de eisende partij om aan te tonen dat de boom een gebrek had, maar de boomeigenaar moet bewijzen dat deze de wettelijke zorgplicht is nagekomen. Aan de zorg voor bomen kleeft namelijk een verplichting.

Juridisch zijn de uitgangspunten voor het controleren van bomen al jaren dezelfde. De wet kent een oplopen-de reeks van aandacht die aan bomen moet worden besteed. Deze reeks begint met de algemene zorgplicht. Daarna volgen de verhoogde zorgplicht en de onderzoeks-plicht. Het begin van de reeks van controles en onderzoek bestaat uit regelmatige en systematische visuele beoordeling van de bomen die de eigenaar in beheer heeft. Meestal wordt die controle aangeduid met visueel tree assessment (VTA). Overigens is er in de eisen die aan de zorgplichtige worden gesteld, een verschil tussen particuliere boomeigenaren en professionele eigenaren. Van deze laatste groep, zoals gemeen-ten, wordt namelijk meer kennisinzet en aandacht gevraagd dan van een particulier. De boombeheerder (eigenaar) kan de controle zelf doen of aan een bedrijf uitbesteden. Wie de controle ook uitvoert, voorop staat in alle gevallen de aantoonbare deskundigheid (diploma, certificaat of werkervaring) van de controleur. Voor juridische dekking is het een vereiste om alles wat met de controle van iedere individuele boom te maken heeft, op papier vast te leggen. Behalve gegevens van de boom zelf, de standplaats en de controleur, moet een controlelijst informatie bevatten over controlefrequentie, datum van controle, bevindingen, conclusies, te nemen maatregelen en zo nodig datum van uitvoering van die maatregelen. Alleen dan kan een rechter beoordelen of de boomeigenaar aan zijn wettelijke zorg-plicht heeft voldaan (zie kader **Wat de rechter wil weten**).

Nauwgezet schouwen

De algemene zorgplicht is daarmee het eerste vangnet voor het tijdig onderkennen van problemen aan bomen en is bedoeld om schade aan derden te voorkomen. Een visuele beoordeling betekent dat elke boom intensief van alle kanten en van top tot wortelaanzetten wordt geschouwd op conditie en struc-tuur.

De frequentie van visuele controles is hooguit in algemene regels te vatten (zie kader **Richtlijn voor controlefrequentie**). Deze is namelijk afhankelijk van onder meer boomsoort, leef-tijd en plek van de boom, en heeft alles te maken met het mogelijke gevaar die de bomen kunnen opleveren en het ver-wachte risico. De frequentie van controle is dus niet voor alle bomen dezelfde.

Wilgen en populieren hebben meer aandacht nodig dan de



Foto: Erik Platje

De beheerder van bomen langs de openbare weg moet zijn bomen regelmatig controleren op uitwendig zichtbare gebreken.

Richtlijn voor controlefrequentie in relatie tot kans op gevaar

	Kleine kans	Grote kans
Jonge bomen	1x per 5 jaar	1x per 3 jaar
Halfwas bomen	1x per 3 jaar	jaarlijks
Volgroeide bomen	1x per 1-3 jaar*	jaarlijks
Attentiebomen	jaarlijks	jaarlijks
Risicobomen	jaarlijks	1-2x per jaar**

* afhankelijk van de soort

** afhankelijk van de aard van het gebrek

Bron: Stadsbomen Vademecum 3A

meeste andere boomsoorten. Deze bomen groeien sneller, heb-ben een lager tijdstip van veroudering en een grotere kans op tak- of stambreuk dan bij andere soorten.

Bomen die van armere grond houden en op rijke grond langs een drukke weg staan, zoals platanen, vereisen eveneens extra controle en onderhoud, ook als deze bomen nog jong zijn. De boomcontroleur behoort namelijk te weten dat bomen op te rijke grond te snel groeien en daardoor een zwakkere houtstruc-tuur en verankering in de grond hebben. Hierdoor kunnen zelfs bij jonge bomen van tien tot vijftien jaar bij een beetje storm de koppen en hele of halve takken uitwaaien. Eigenlijk is hier sprake van een verkeerde boomsoortkeuze voor die plek.

Een visuele beoordeling voldoet juridisch aan de algemene zorgplicht, soms aan de verhoogde zorgplicht, maar nooit aan de onderzoeksplicht. Nader onderzoek hoeft echter juridisch gezien, binnen bijvoorbeeld een gemeentelijk bomenbestand, doorgaans alleen bij een beperkt aantal bomen te worden uitgevoerd. Onderzoek is nodig als sprake is van uitwendig zichtbare gebreken en als niet meteen duidelijk is wat deze gebreken bete-kenen voor het handhaven van een boom.

Maatregelen snel uitvoeren

Aan de zorgplicht is pas afdoende voldaan als gesignaleerde gebreken gevolgd zijn door nader onderzoek en eventuele te

nemen vervolgmaatregelen. Soms zijn maatregelen als snoei of vellen bij bepaalde gebreken (plakoksel of ernstige houtrot) noodzakelijk, zonder dat er onderzoek aan voorafgaat.

In de rapportage van een visuele beoordeling kan worden aan-getekend dat de handhaafbaarheid niet meteen visueel is vast te stellen of dat nader onderzoek noodzakelijk is. Zo'n aantekening ontslaat de boomeigenaar niet van zijn aansprakelijkheid voor eventuele schade. Nader onderzoek moet daarom altijd zo spoedig mogelijk na de visuele controle plaatsvinden, net als het treffen van maatregelen na het onderzoek.

Extra aandacht voor schimmels

Juridisch is het logisch dat bij een visuele boomcontrole binnen de algemene zorgplicht ook de verschillende biologische gebre-ken, zoals schimmelaantastingen en ziekten, worden genoemd. Zij veroorzaken vrijwel altijd uitwendig zichtbare gebreken. Op basis van de informatie beoordeelt de beheerder of een opdracht tot nader onderzoek moet worden gegeven. De schim-melsoort en het stadium waarin de aantasting verkeert, is hier medebepalend. Bij twijfel is raadplegen van vakspecialisten, zoals deskundigen op het gebied van ziekten of schimmels, noodzakelijk.

Wat de rechter wil weten

Wordt een schadegeval juridisch afgehandeld dan zal de rechter ook informatie (bewijsmateriaal) vragen van de boomeigenaar. De eigenaar moet dan duidelijkheid verschaffen over:

- met welke regelmaat de boom in kwestie gecontroleerd is en waarom;
- op welke datum de boom voor het laatst is gecontroleerd;
- wat die controle precies omvatte;
- wat daarbij is geconstateerd;
- welke maatregelen moesten worden getroffen naar aanleiding van het geconstateerde en wat de urgentie daarvan was;
- welke maatregelen eventueel naar aanleiding van het geconstateerde zijn getroffen.

Bron: Stadsbomen Vademecum 3A

Van iedere oude boom is de stam hol

Iedere boom zal, als deze tijd van leven heeft, op een gegeven moment hol worden. Dat is net zo zeker als dat een plus een twee is. Een grote mate van uitholling is volkomen natuurlijk en niet per definitie een reden om een boom te kappen. Maar wanneer wordt de kritische grens bereikt en ontstaat een verhoogde kans op stambreuk?

Joungere bomen zijn zelden hol, tenminste als ze een gezond bestaan leiden. Daarentegen is geleidelijk hol worden van een stam door toedoen van schimmels een volkomen natuurlijk proces in oude(re) bomen. Dat een oudere boom zijn stamkern kwijtraakt, is nauwelijks een probleem. Verkernd hout doet in de levensprocessen van een boom niet meer mee. Het leven in een stam speelt zich af in de buitenste jaarringen.

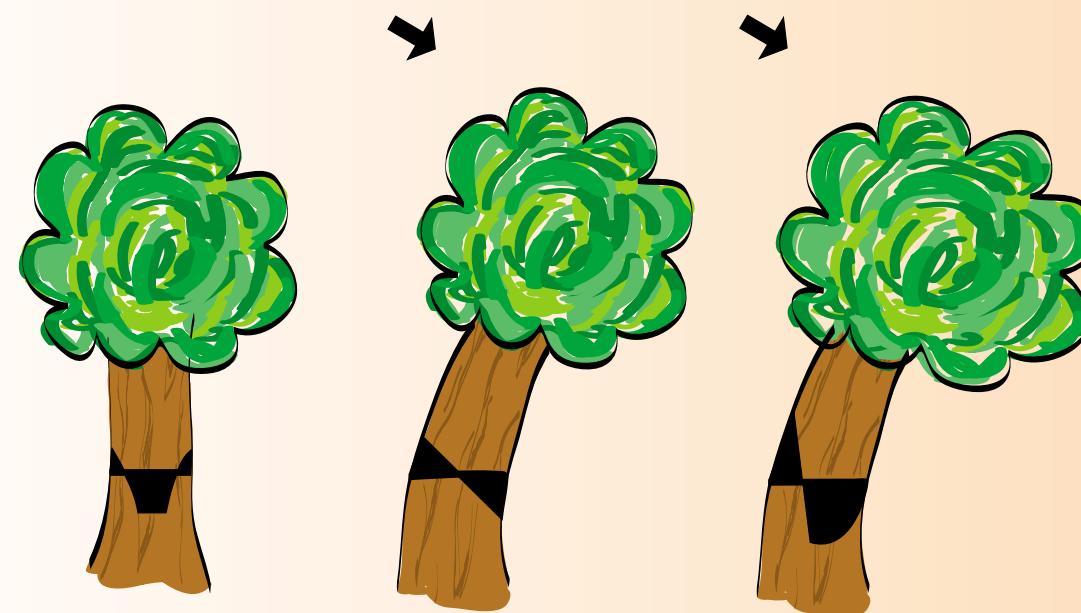
Jonge bomen buigen

Mechanisch bekeken functioneert een jonge boom anders dan een oude boom. Een jonge boom is in de eerste plaats bezig ruimte voor zichzelf te veroveren. Zo'n boom ontsluit de ruimte die hij onder- en bovengronds nodig heeft. Praktisch alle energie gaat tijdens de jeugdfase in groei zitten. Dit gaat min of meer ten koste van de maximale waarborging van de interne veiligheid. Een jonge boom buigt mee in de wind, zodat zijn dynamische belasting groter kan zijn dan zijn statische belasting. Een inwendige voorspanning verdubbelt bovendien de breukvastheid van de buigzame, jonge boom (zie tekening op

pagina 11). Maar daarvoor moet hij wel uit massief hout bestaan. De boomkern - dat is niet hetzelfde als kernhout - zorgt voor de druksteun, die nodig is voor de inwendige voorspanning. Heel lange en dunne bomen, bijvoorbeeld in een bosperceel dat niet tijdig is gedund of op een kwekerij waar de bomen te dicht opeen staan, zijn daardoor weinig breukvast. Komen dergelijke bomen vrij te staan, dan breken ze bij storm heel gemakkelijk af. Daarom is voor laan- en straatbomen een dikte-lengteverhouding van 1:35 vastgesteld. Deze maatvoering geldt voor de meeste boomsoorten bij aflevering. De verhouding heeft betrekking op de stamomtrek in cm's gemeten op 1 m boven de wortelhals en op de lengte van de boom van wortelhals tot halve lengte van de topscheut.

Oude bomen zijn star

Een volwassen boom vertoont niet meer de onstuimige groei van een jonge boom. De kroon dijt niet meer zo buitensporig snel uit. Toch gaat de diktegroei van de stam bijna onverminderd door. De boom wordt zo ieder jaar veiliger, maar kan op den duur nauwelijks meer meebuigen in de wind. Daarmee



Voorspanning maakt buigen van de stam mogelijk

Tijdens de groei pompen de cellen zich op met water. Dit betekent voor bomen dat de allerjongste houtcellen in de buitenste jaarring, maar ook in de schors, in lengte altijd korter zijn dan de cellen meer naar binnen in dezelfde jaarring. Omdat er radiale verbindingen tussen de cellen bestaan die dat verschil willen opheffen, wordt er aan die kortere cellen getrokken. Het gevolg is dat de buitenste cellen een trekspanning ondervinden, terwijl naar binnen toe de cellen in de jaarring juist druk ondervinden: de interne voorspanning. Om buigspanning beter op te vangen, kan de trekspanning op houtvezels twee keer zo groot zijn dan de drukspanning. Buigt een boom onder windbelasting dan wordt de drukspanning over een zo groot mogelijk stamoppervlak gereduceerd. Bij jonge bomen wordt de interne voorspanning benut om de krachten tussen druk- en trekzijde op te vangen.



In de mechanica van oude bomen doet de holle of ingerotte kern niet meer mee. Aan de buitenzijde was niet in te schatten hoe ver het hout rot was.

Foto: Erik Platje

valt de dynamische belastingscomponent weg die een slanke boom wel moet verduren. Met de diktegroei bouwt een boom reservemassa op voor het geval een schimmel de stam binnendringt en hem uitholt.

In mechanisch opzicht levert het verdwijnen van het kernhout uit de stam geen problemen op. Een massieve staaf is immers nauwelijks sterker dan een holle buis. Dat heeft te maken met het krachtenverloop in die buis als er zijdelings aan wordt getrokken. Dat speelt zich vooral aan het oppervlak af. Wegrotten van het kernhout van de stam tast de boom daarom niet in zijn voortbestaan aan.

Te hol maakt breukgevaarlijk

Er zijn grenzen aan de mate van hol zijn van een boom. Een beetje hol levert geen problemen op. Als dit hol zijn overgaat in te hol, dan wordt de kritische grens overschreden en is de stabiliteit van de boom aangetast. Zo'n boom is een risico voor zijn omgeving vanwege het gevaar voor stambreuk bij storm. Maar wat is de kritische grens en hoe kan die worden vastgesteld?

Wat de minimale wanddikte van een holle stam mag zijn, is moeilijk in algemeenheden aan te geven. Bovendien is aan de buitenzijde van een stam niet te zien hoe dik de restwand is. Daarom is de veiligheidsbeoordeling van bomen nu juist zo lastig en vereist het een grote mate van deskundigheid van de boomcontroleur. Bij twijfel is de enige optie zo spoedig mogelijk nader onderzoek laten uitvoeren door een deskundig onderzoeksbureau.

Illustratief voor hoe lastig het is om aan te geven hoe hol een boom mag zijn, is de onenigheid tussen twee Duitse deskundigen op het gebied van boommechanica: Claus Mattheck en Lothar Wessolly. Beiden hebben, onafhankelijk van elkaar, onderzoek gedaan naar de mechanica van bomen. Ter beoordeling van de veiligheid van holle bomen trokken zij conclusies uit hun eigen onderzoeken. Resultaat is dat hun visies op de restwanddikte behoorlijk ver uiteen lopen. Een eenduidig antwoord op de vraag hoe hol een boom mag zijn, voordat deze gevaarlijk wordt voor zijn omgeving, bestaat nog niet. Helaas geven de publicaties van beide technici, die naar bomen zijn gaan kijken, de geïnteresseerde boomverzorger niet de mogelijkheid hun werk op hun merites te beoordelen, laat staan na te doen.

Restwanddikte volgens Mattheck

Claus Mattheck hanteert bij holle bomen een restwanddikte die minimaal 0,3 deel is van de halve stamdiameter of straal (R). Als onderbouwing van deze veiligheidsnorm gebruikt hij een door hem, op basis van vele waarnemingen, samengesteld clusterdiagram. Hieruit blijkt dat wanneer de restwand minder is dan 0,3R een sterke toename van stambreuk optreedt. Het advies op basis van die vaste norm van Mattheck kan niet anders zijn dan: kap de bomen als de stamwand minder is dan 0,3R. Bij het toenemen van de stamdiameter betekent die 0,3R dat ook de restwand navenant dikker moet zijn. Tevens geeft de norm geen relatie met de kroonvorm (volume). Hoe Mattheck aan de informatie voor zijn diagram is gekomen, heeft hij nooit willen verklaren. Daarom zijn er onder-tussen vele boomverzorgers die aan de waarde van de Mattheck-norm twijfelen.

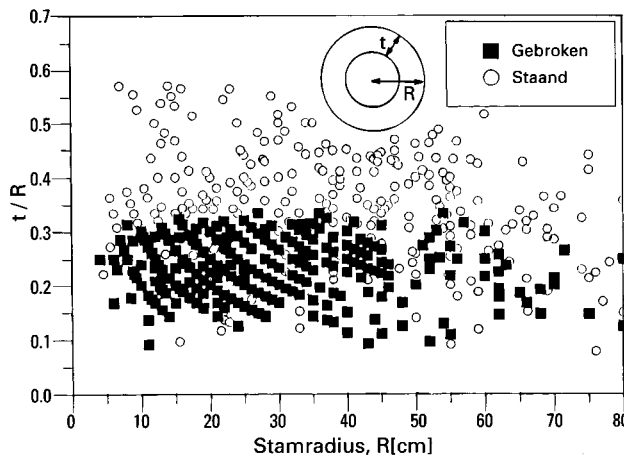
Restwanddikte volgens Wessolly

Lothar Wessolly deed eveneens veel veiligheidsonderzoek bij bomen, waarvan 266 vrijstaande oude bomen. Zijn conclusie is dat een verhouding tussen wanddikte en straal van 0,3 geen aanvaardbare grenswaarde is. Wessolly constateerde dat veel bomen met een volle, niet-gesnoeide kroon, een stamdiameter van meer dan 1 m en een restwand van slechts 5 tot 10 cm, zware stormen en stormen met orkaankracht glansrijk doorstonden. Wel ervaaarde hij dat bij sterk uitgeholde bomen gevaar van takbreuk bestond. Geëigende veiligheidsmaatregelen zoals snoei, moeten risico's en schade helpen voorkomen.

Terugkijkend naar de 0,3R-standaard vermoedt Wessolly dat Mattheck zijn waarnemingen heeft verricht aan slanke bomen - bijvoorbeeld sparren in bosverband - met een uitholling. De interne voorspanning is dan weggerot.

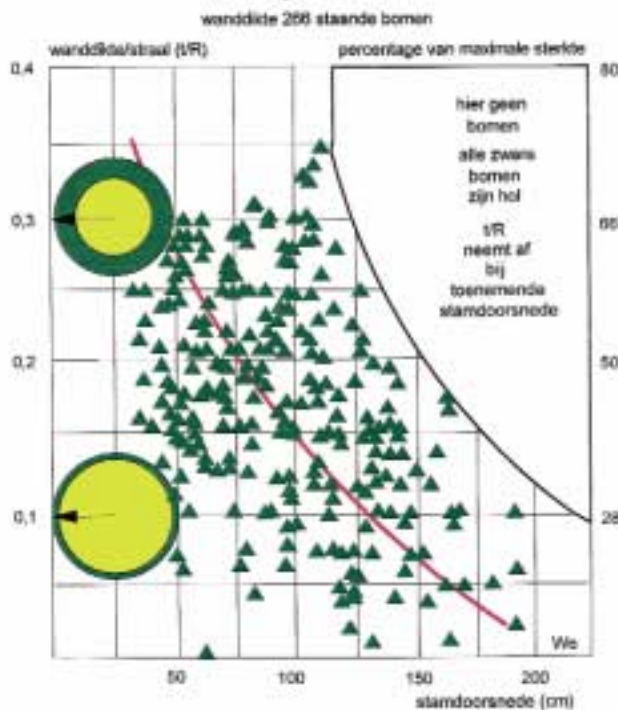
Onderzoek van Wessolly, onder meer met trekproeven, was gericht op de breukvastheid van holle stammen. Zijn metingen toonden aan dat een holle stam met een restwanddikte van 0,3R slechts tot 30% afname van de sterkte leidt in vergelijking tot een massieve stam. Wessolly zegt daarover dat dit voor de slanke, holle spar in het bos van Mattheck al te veel kan zijn geweest. Maar voor een dikke, min of meer vrijstaande boom heeft die afname weinig invloed op de veiligheid. Zo'n boom heeft ondertussen voldoende veiligheidsreserve opgebouwd. Ook uit de ervaring van voormalige boomchirurgen blijkt dat de restwanddikte veel dunner kan zijn dan die 0,3R.

Daarnaast stelde Wessolly vast dat bij gelijke stamdiameter de ene boom elf keer veiliger is dan de andere. Daarom noemt hij uitholling van de stam een secundair criterium bij de beoordeling van de veiligheid. Een echte minimummaat voor de restwand is niet te geven. Bovendien heeft het hout van zwaarbelaste boomdelen een tot twee keer grotere taaiheid door een andere lignine-celluloseverhouding. Volgens Wessolly levert de trekproef als enige onderzoeksmethode voldoende elastrometrische informatie op voor een gefundeerd advies over wel of niet vellen van een mogelijke risicoboom.



Restwanddikte volgens Mattheck

In een VTA-diagram (visuele controle van bomen) geeft Claus Mattheck het resultaat weer van een veldonderzoek naar de sterkte van restwanden (R) van holle bomen. Getoond zijn boombreuken als gevolg van knikken van de stam. Grenswaarde voor het bezwijkmoment is hier 0,3 tot 0,32R, bij bomen met een gereduceerde kroon is die grenswaarde vaak 0,25R.



Restwanddikte volgens Wessolly

Voor zijn onderzoek naar de minimale restwanddikte heeft Lothar Wessolly de restwand van 266 ongesnoeide, vrijstaande oude bomen bepaald. De kern van al deze bomen was dus hol. Ook Wessolly heeft de restwand uitgedrukt als deel van de straal (R) van de stam. Ook bij 0,1R bleken er in trekproeven nog veel bomen met voldoende restwanddikte bij storm overeind te blijven. Bij een restwanddikte van meer dan 0,3R brak bij de proeven bijna geen enkele boom af.

Houtproductie houdt de boom sterk

Bij een holle boom gaat het om het bewaren van een gezond evenwicht tussen afbraak en aangroei van hout. Een vitale oude boom probeert door de productie van hout de inwendige afbraak ervan voor te blijven. Dat evenwicht is belangrijk voor de sterkte van de stam tijdens storm. Aan de boomcontroleur om vast te stellen wanneer dit evenwicht te zwaar geschonden is.

Bomen integraal controleren. Met andere woorden: een boomcontroleur moet op alles letten. Dus ook schimmels die in stam, stamvoet of wortelaanzetten het hout inwendig wegvreten, verdienen zijn aandacht. Vruchtlichamen op stam of stamvoet geven onomstotelijk aan dat een schimmel in die boom actief is. Aan de boomcontroleur om vast te stellen hoe het er met de boomveiligheid van individuele bomen voor staat. Is de boom nog voldoende gezond, ondanks de aanwezigheid van een schimmel, of moet er worden ingegrepen. In dat geval geldt een glijdende schaal van snoei in de kroon om de windbelasting te reduceren, tot velling van de boom omdat de risico's voor de omgeving te groot zijn geworden. Het begrip restwanddikte heeft in dit verband een essentiële betekenis. Want de hoeveelheid levend hout, de restwand, bepaalt de breukvastheid van de stam van een boom, zo is in het voorgaande artikel uiteengezet.

Restwanddikte vaststellen

Tegenwoordig is bij twijfel over de restwanddikte - feitelijk de restwandsterkte - nader onderzoek zeer gebruikelijk. De invoering van de resistograaf, een tiental jaren geleden, heeft dat mogelijk gemaakt. Dit apparaat heeft een lange boor van slechts enkele millimeters dik. Tijdens het boren wordt de weerstand bepaald die het hout biedt. Ruwweg gesteld: gezond hout heeft een hoge weerstand, rot hout heeft een veel lagere weerstand en een holte biedt uiteraard helemaal geen weerstand. Zo'n boring met een resistograaf zegt echter alleen iets over de dikte van het gezonde hout - de restwand - op die ene plek.

De vraag is vervolgens of die ene gemeten waarde representatief is voor de hele boom. Dat zou het geval zijn als inrottingen altijd regelmatig verlopen, waardoor rondom een restwand van gelijke dikte overblijft. Maar schimmels volgen lang niet altijd de jaarringopbouw in de stam. Wat die ene boring aangeeft, kan dus net zo goed de grootste, de kleinste of een gemiddelde restwand zijn. Er zijn dus rondom in de stam op één hoogte meerdere boringen nodig om exacte informatie ter plekke te verzamelen van de houtkwaliteit. Kloppen met een hamer geeft hier een indicatie over het dikteverloop in de restwand.

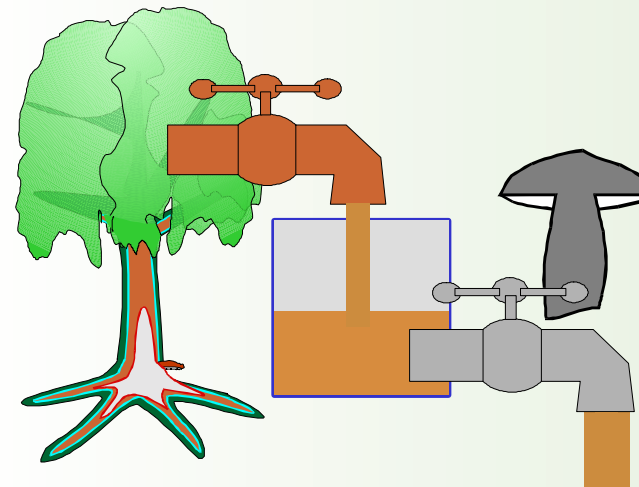
Boren slecht

Maar dan nog blijft de vraag hoe de situatie boven en onder de onderzochte plek is. De boomcontroleur schiet dus niet veel op met boren in de stam, is de mening van Michael Schlag, bomenonderzoeker uit Keulen. En de boom schiet er nog minder mee op. Boren dwars door gezond en aangetast hout biedt schimmels nieuwe invalspoorten om het gezonde hout aan te tasten.

Een alternatief, zonder boringen, biedt hier de geluidstomograaf, de Picus, die onder meer door Arcadis Bomendienst wordt ingezet. De Picus meet de geluidswaarde in het hout. Daarvoor worden veel meet- en signaalpunten op de stam aangebracht. Er wordt zo een netwerk van metingen door de stam gedaan zonder deze te beschadigen. Ook bij deze techniek heeft aangetast hout een andere geleidbaarheid dan gezond hout. Het resultaat is een geluidsscan dwars door de stam die een goed beeld geeft van de mate van aantasting en wat er nog aan gezond hout over is. Het 'lezen' van zo'n scan vergt echter een grote mate van ervaring en deskundigheid. Schlag, die samen met Hermann Reinartz het Institut für BaumDiagnose vormt, vraagt zich af wat de boomcontroleur met dergelijke nauwkeurige informatie moet. Weliswaar is van millimeter tot millimeter bekend wat de kwaliteit van de houtstructuur is op de plaats van de scan, maar het is niet meer dan een momentopname, terwijl de boom verder leeft.

Diktegroeï compenseert houtrot

Een gezonde boom is heel goed in staat om de houtafbraak door een schimmel met jaarlijkse diktegroeï te compenseren. Het resultaat is dat de standvastheid van een door schimmel aangetaste boom niet onherroepelijk terugloopt. Afhankelijk van de soort schimmel kan het volgens Schlag en Reinartz vaak nog vele jaren duren voordat een aangetaste boom gevaarlijk wordt voor zijn omgeving. Een boom vellen bij de eerste symptomen van schimmelaantasting vinden zij daarom niet terecht. Zo'n actie betitelen zij als een paniecreactie. Wat Schlag en Reinartz bij een boom met schimmelaantasting doen is observeren en beoordelen in hoeverre de boom in staat is de geleidelijk voortschrijdende, inwendige schade te com-



Het vloeïend evenwicht

Als een boom groeit wordt hij steeds dikker en daarmee ook sterker. Schimmels breken hout af en zorgen ervoor dat een stam, veelal vanuit de stamvoet of wortelaanzet hol wordt. Zolang groei en afbraak van hout in evenwicht zijn, behoudt de stam voldoende sterkte. Het evenwicht gaat pas verloren als de schimmel puntsgewijs meer hout afbreekt dan er aangroeit.

penseren met diktegroeï. Boom- en schimmelsoort spelen in dit oordeel een rol.

Voor een onderbouwd oordeel over een boom vinden beide boomdeskundigen het niet nodig om in de boom te kijken. De restwanddikte is voor hen niet zo van belang. Aan de buitenkant van de boom is voor hen voldoende te zien. Het gaat erom de reactie van de boom op een schimmelaantasting te onderkennen. Zo'n beoordeling noemen zij geïntegreerde boomcontrole (IBA = Integrierte BaumAnalyse). Deze controle bestaat in de eerste plaats uit een visueel oordeel over de uitwendige symptomen. Bij twijfel kan, als aanvulling op de visuele toets, een trekproef worden uitgevoerd. De techniek hiervoor is door Lothar Wessolly ontwikkeld en in Nederland opgepakt en verder ontwikkeld door Omegam in Amsterdam en Boom-KCB (KennisCentrum voor Bomen) in Emmen.

Wel of geen evenwicht

De gedachte achter de geïntegreerde boomcontrole is dat een holle boom niet per definitie riskant is. Schlag en Reinartz hanteren hier het moeilijk te vertalen begrip 'Fließgleichgewicht'. Letterlijk betekent dit 'vloeïend evenwicht'. Zij bedoelen hiermee een voortdurend evenwicht tussen aangroei en verlies van hout. Van zo'n situatie is sprake als een boom jaren achtereenvolgens, vaak zelfs tientallen jaren, de afbraak van hout door schimmels weet te compenseren met nieuw spinhout.

De evenwichtssituatie van het Fließgleichgewicht wordt pas doorbroken als de vitaliteit van de boom terugloopt. Pas dan zijn houtrotveroorzakende schimmels in staat verder in het spinhout door te dringen, om ten slotte ter plekke het cambium te verwoesten. Nieuw hout en nieuwe bast kunnen dan niet meer worden gevormd. Dit is aan de buitenkant van een boom te zien als 'teruggelopen' schorsvlakken.

De sterk verbrede stamvoet met nog een goede aanwas van hout geeft deze holle boom zeer veel stabiliteit, al is de restwanddikte veel minder dan wat Claus Mattheck als minimale restwand (0,3R) aanmerkt.

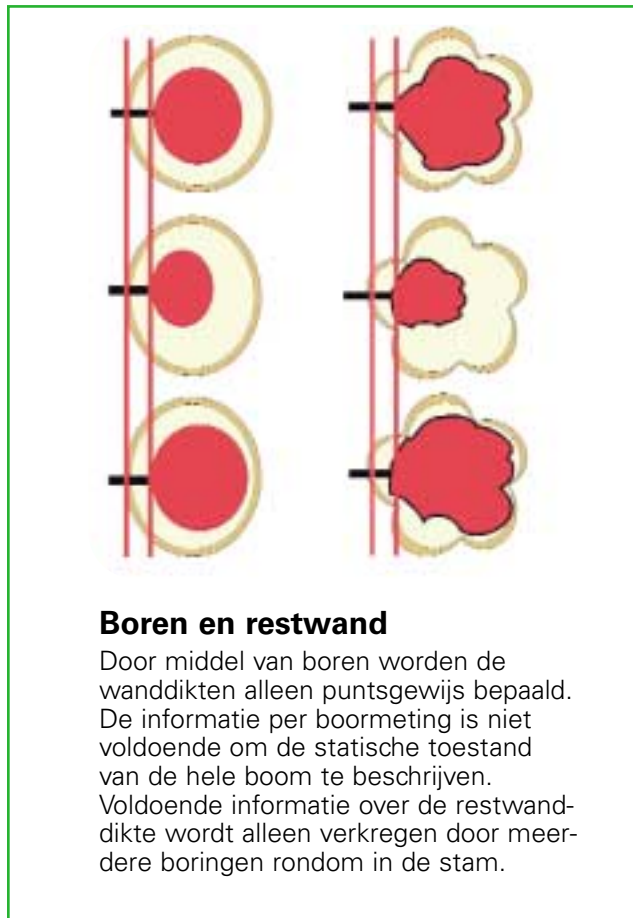


Foto: Erik Platje



Schadebeelden aan de stam

Aan stammen zijn als gevolg van schimmels verschillende schadebeelden te herkennen. Uitwendig vertellen zij hoe de boom er inwendig voor staat. Van boven naar beneden: schervorming, opening in stam, terugval van bast en ribvorming.



Boren en restwand

Door middel van boren worden de wanddikten alleen puntsgewijs bepaald. De informatie per boormeting is niet voldoende om de statische toestand van de hele boom te beschrijven. Voldoende informatie over de restwanddikte wordt alleen verkregen door meerdere boringen rondom in de stam.

Letten op zichtbare schade

Geïntegreerde boomcontrole richt zich daarom in de eerste plaats op de jaarlijkse diktegroei en de conditie van de bast. Is de bast, in vooral het mechanisch belangrijke gebied van stamvoet/wortelaanzet, rondom intact en is er jaarlijks zichtbare diktegroei, dan mag de boom als veilig worden gezien. Vruchtlichamen van een schimmel op een oude schade aan de stamvoet geven wel een signaal af dat er inwendige afbraak van hout plaatsvindt, maar is niet het belangrijkste argument om een boom te vellen.

Bovendien kan de stamvoet zich extra verbreden als gevolg van extra reactiehout. Maar ook dan mag je aannemen dat het spinthout overwegend gezond is en de wanddikte toereikend voor voldoende breukvastheid van de stam.

De eerste reële twijfel over de veiligheid van een boom begint met pleksgewijs achterwege blijven van diktegroei. Dit is te herkennen aan teruggevallen schorsplekken. Maar ook hier weet Schlag uit ervaring dat na het signaleren van de eerste symptomen, het meestal nog vele jaren duurt voordat een boom zodanig ernstig is aangetast dat deze acuut gevaar oplevert. Zijn eindoordeel - wel of niet vellen van een boom - baseert hij op kennis van de biologie van schimmels in relatie tot de boomsoort waar deze op groeien.

Bomen die om gaan tijdens een storm zijn meestal goed gezond, maar hebben een onvoldoende verankering in de bodem. Statistisch bekeken is het aantal ontwortelde bomen tijdens stormen vele malen groter dan bomen die stambreuk vertonen. En gaat bij storm onverwacht toch een boom tegen de vlakte als gevolg van te weinig restwanddikte, dan blijkt achteraf dat dit euvel bij een goede visuele beoordeling altijd vooraf had kunnen worden vastgesteld.



Schimmelontwikkeling in stamvoet en wortels

Veel schimmels beginnen hun werk na een beschadiging van de stamvoet. Ze breken het hout steeds verder in de stamvoet en ten slotte in de stam af. Zo ontstaat op den duur een kegelvormig ingerotte plek. Begint de schimmel zijn werk bij de wortels, zoals de reuzenzwam, dan is te zien dat de boom reageert met extra groei in de wortelaanzetten. Tussen die wortelaanzetten verschijnen de eerste zwammen, gevolgd door de eerste dode plekken in de bast en de schors. Ook hier zie je een kegelvormige inrotting in de stam.

Schimmels zijn selectief in hun gastboomsoort

In de natuur zijn schimmels bij uitstek de opruimers van organisch materiaal. Dit afbraakproces begint al als de bomen nog leven. Het adviesbureau Reinartz & Schlag in Keulen heeft sinds 1986 vele straat- en parkbomen onderzocht en stelde aan de hand van 2.000 waarnemingen een overzicht samen van de zeven belangrijkste schimmels en hun zeven gastheren.

Welke schimmel komt bij welke boom voor en wat zijn de relaties tot elkaar? Na jaren van onderzoek en observaties aan bomen hebben Hermann Reinartz en Michael Schlag een eerste antwoord op deze vragen geformuleerd. Hun oordeel over houtrotschimmels en waardbomen is gebaseerd op waarnemingen in Duitsland. De situatie daar kan in een aantal gevallen afwijken van die in Nederland.

Zeven schimmels

Een belangrijke reden voor nader onderzoek aan bomen is een aantasting door een of andere schimmel. Want zodra er zwammen (vruchtlichamen) op een boom verschijnen, leeft bij boombeheerders de vrees voor omvallen of breuk van hun bomen.

Ook de wettelijke zorgplicht vereist nader onderzoek. Zo raakten Reinartz en Schlag bij veel straat- en parkbomen met schimmelaantasting betrokken. In iets meer dan de helft van de gevallen ging het om een van de zeven schimmels die in tabel 1 worden genoemd. Als schimmeldeskundigen concluderen zij uit hun 'vondsten' dat die zeven schimmels in Duitsland de belangrijkste veroorzakers zijn van houtrot in bomen in de stedelijke omgeving.

Zeven bomen

Reinartz en Schlag inventariseerden ook de boomsoorten waarin de schimmels voorkwamen. De gevonden aangetaste bomen bleken een goede afspiegeling van het stedelijk bomenbestand in Duitsland. De zeven boomsoorten die het meest geplaagd worden door houtrotveroorzakende schimmels maken zelfs 75% van het onderzochte bomenbestand van zo'n 2.000 bomen uit (zie tabel 2). Een duidelijk zwaartepunt in schimmelaantastingen vonden de onderzoekers in beuk en eik. Die beuken en eiken groeiden overigens vooral als solitair of in groepen in parken en groenvoorzieningen. De overige boomsoorten staan in hoofdzaak in straten en lanen.

Relatie tussen boom en schimmel

Wat opviel was dat een deel van de gevonden schimmels weinig boom- of waardplantspecifiek zijn. Anderszins kan een deel van de schimmels bepaalde boomsoorten vrij agressief aantasten. Waardplantspecifiek en agressief sluiten elkaar zeker niet uit (zie tabel 3). Misschien ten overvloede, maar door de geografische en klimatologische verschillen tussen Duitsland en Nederland kunnen in het voorkomen van schimmels en de mate waarin zij boomsoorten aantasten, verschillen optreden.

Tabel 1

Belangrijkste schadeveroorzakers van de gevonden schimmels

Schimmelsoort		Aandeel in %
Echte honingzwam	<i>Armillaria mellea</i>	15
Dikrandtonderzwam	<i>Ganoderma australe</i>	10
Zwavelzwam	<i>Laetiporus sulphureus</i>	8
Korsthoutschoolzwam	<i>Ustulina deusta</i>	7
Reuzenzwam	<i>Meripilus giganteus</i>	6
Ruige weerschijnzwam	<i>Inonotus hispidus</i>	4
Platte tonderzwam	<i>Ganoderma lipsiense</i>	3
Totaal		53

Tabel 2

Belangrijkste bomen in het stedelijk gebied en hun aandeel in het onderzoek met circa 2.000 bomen

Boomsoort	Aandeel in %
<i>Fagus</i>	20
<i>Quercus</i>	13
<i>Tilia</i>	12
<i>Aesculus</i>	8
<i>Platanus</i>	8
<i>Acer</i>	7
<i>Robinia</i>	7
Totaal	75



Dikrandtonderzwam



Platte tonderzwam



Echte honingzwam



Ruige weerschijnzwam



Reuzenzwam



Zwavelzwam



Korsthoutschoolzwam

Foto's: Reinartz en Schlag

Tabel 3

De belangrijkste houtrot veroorzakende schimmels en hun aandeel in de zeven in het onderzoek het meest voorkomende stedelijke boomsoorten.

	<i>Acer</i>	<i>Aesculus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Platanus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Robinia</i>	<i>Tilia</i>
<i>Armillaria mellea</i>	23	25	9	<1	24	11	7
<i>Ganoderma australe</i>	7	3	6	11	20	6	15
<i>Ganoderma lipsiense</i>	2	0	4	2	2	0	8
<i>Inonotus hispidus</i>	<1	0	<1	22	0	0	0
<i>Laetiporus sulphureus</i>	0	5	0	0	27	43	3
<i>Meripilus giganteus</i>	0	<1	27	2	4*	0	0
<i>Ustulina deusta</i>	9	5	20	1	0	3	18

* alleen *Q. rubra*

Bron: Reinartz en Schlag

De tonderzwam zorgt voor een langzame dood

de schimmel

De tonderzwam is wellicht de meest voorkomende zwakteparasiet in stedelijke bomen. In Nederland leven ze op diverse loof- en naaldbomen, die echter niet in dezelfde mate worden aangetast. De verschillende soorten tonderzwammen tezamen zijn vermoedelijk in staat alle boomsoorten aan te tasten.

In veel verschillende straat- en parkbomen komen tonderzwammen voor. In hoofdzaak gaat het om twee soorten: *Ganoderma australe*, de dikrandtonderzwam en *Ganoderma lipsiense*, de platte tonderzwam. Ze hebben vergelijkbare schadebeelden. Twee andere tonderzwammen, *Ganoderma pfeifferi*, de waslakzwam en *Ganoderma lucidum*, de gesteelde lakzwam, komen relatief weinig voor. Ook van deze twee zien de schadebeelden er min of meer hetzelfde uit.

Invalsport

Tonderzwammen koloniseren hun waardboom meestal via de wortels, en dan vooral via beschadigde wortels. De schimmel is daardoor voornamelijk in bomen te vinden wanneer de dikkere gestelwortels door ontgravingen, bodemverdichting of op andere wijze beschadigd zijn.

Karakteristiek voor een aantasting door de tonderzwam is dat deze zich in eerste instantie concentreert in de stamvoet en de ondergrondse houtdelen. Slechts zeer langzaam breidt de schimmel zich uit. Hij leeft soms al tientallen jaren in een boom zonder dat dit aan de buitenzijde te zien is. In de tussentijd is het hout van stamvoet en hoofdwortels al sterk afgebroken, in het centrum begonnen en vervolgens geleidelijk naar buiten toe. Pas in de eindfase heeft de tonderzwam het hout van de stamvoet zo erg aangetast dat dit tot een verhoogd breukrisico leidt.

Vaak is de schade aan wortels een gevolg van graafwerkzaamheden en daardoor eenzijdig. Ook de aantasting door de tonderzwam ontwikkelt zich daardoor aan een zijde van de stam. Hierdoor krijgt de boom op den duur stabiliteitsproblemen en zakt hij langzaam scheef. In de eindfase zijn de wortels zo ernstig aangetast dat ook aan de trekzijde van de boom onvoldoende gezonde wortels over zijn om de boom overeind te houden.

Normaal neemt een houtrotaantasting door de tonderzwam vanuit de stamvoet richting kroon snel af en is deze op een hoogte van 0,5 tot 1 m niet meer aantoonbaar. Geheel anders ligt dat als de stam grote wonden vertoont door snoei, boomverzorgingsmaatregelen of uitbreken van takken. Door het toetreden van lucht in het beschadigde gebied worden grote delen van het hout in de boom opgegeven en kan de schimmel aanzienlijk verder in de stam doordringen.

Hoe ver de schimmel in het hout kan doordringen, lijkt ook afhankelijk van de boomsoort te zijn. Dit kwam tenminste naar voren in het onderzoek van Reinartz en Schlag. Bij platanen kwam de schimmel bijna uitsluitend in het onder-



Foto's: Reinartz en Schlag

Op het moment dat een aantasting door de tonderzwam in de kroon zichtbaar wordt, is de schimmel al vele jaren actief in de stamvoet van die boom.

grondse deel van de bomen voor. Daarentegen drong de tonderzwam in linde en beuk relatief vaak verder de stam binnen.

Schadebeelden

Het schadebeeld is afhankelijk van de plaats in de boom. Het verst gaat de aantasting van het ondergrondse hout. Hier vindt men in de regel witrot, waarbij het structuurgevend lignine (houtstof) wordt afgebroken en de cellulosebestanddelen achterblijven. Daarmee verdwijnt de structuur van het hout volledig.

Vanaf het moment dat de schimmel het spinthout en het cambium weet te doorgroen en te doden, wijzen schadeplekken aan de schors op inwendige aantasting door houtrot. Door ontbreken van groei blijft zo'n plek achter bij de stam die dikker wordt. Op deze plekken ontstaan de eerste vruchtlichamen.

Risico

De aantasting is het eerst zichtbaar tussen de wortelaanzetten. Op dat moment betekent zo'n aantasting nog niet dat de boom een gevaar voor zijn omgeving is. Vitale bomen kunnen de afbraak van hout heel lang door jaarlijkse houtaan-groei compenseren. Ze versterken daarmee de stamvoet en vooral de wortelaanzetten. Groeikrachtige bomen geven geen grote problemen zolang ze goed groeien op de wortelaanzetten. Pas in de eindfase, als de vitaliteit van de waardboom zichtbaar achteruit gaat, wordt het totale ondergrondse hout van de hoofdwortels aangetast. De schimmel doodt dan het spinthout, het cambium en de bast. Reinartz en Schlag vonden in hun onderzoek dat statische problemen pas ontstaan als meer dan 50% van de stamvoetomtrek is vernietigd. Voorzichtigheid is geboden bij bomen die in een ophoging staan. ■



Ganoderma australe (syn. *G. adspersum*) en *Ganoderma lipsiense* (syn. *G. applanatum*)

De dikrandtonderzwam (links) en de platte tonderzwam (rechts) veroorzaken vooral houtrot in wortelaanloop en stam. Ze kunnen uiteindelijk tot enkele meters hoog in de stam vruchtlichamen vormen. De inwendige aantasting van de stam neemt met de hoogte sterk af; ondergronds vindt de sterkste aantasting plaats. Beide schimmels ontwikkelen zich zeer geleidelijk in het hout van de waardboom en zorgen pas in de eindfase van de aantasting voor statische problemen in de wortelzone en de wortelaanzet. Van beide tonderzwammen zijn de vruchtlichamen het hele jaar aanwezig.

In Nederland komen in totaal vijf tonderzwamsorten voor die parasitair op loofbomen zijn. Sommige soorten kunnen op zaagsel worden gekweekt. De echte vuurzwam en de essenzwam lijken op tonderzwammen.



De eerste vruchtlichamen van de tonderzwam, hier de dikrandtonderzwam, verschijnen doorgaans aan de stamvoet.



Tonderzwammen breiden zich zeer langzaam naar hoger in de stam uit. De boom weet de houtafbraak nog voldoende te compenseren.



Deze doorgezaagde stamvoet laat duidelijk zien hoe de boom met houtgroei op de schimmelaantasting heeft gereageerd.

De honingzwam is een cambiumkiller



Foto's: Reinartz en Schlag

Aftakeling van de kroon is een duidelijke aanwijzing voor aantasting door de honingzwam. De aantasting is dan in zijn eindfase.

De echte honingzwam en de sombere honingzwam leven behalve van dood hout ook van levend hout. Ze behoren daarom tot de parasitaire schimmels. Met karakteristieke, zwart gekleurde myceliumdraden (rhizomorfen) groeien deze honingzwammen door de bodem naar een nieuwe voedingsbron. Ook levende houtige gewassen kunnen dan worden aangetast, al gaat het bijna altijd om gewassen die door een of andere oorzaak zijn verzwakt. De honingzwam ontpopt zich dan als een gevaarlijke zwakteparasiet. Bomen kunnen verzwakt raken door droogte, ziekten en plagen, vorstschade of wateroverlast. Ook gebrek aan voedingselementen en lucht- en bodemvervuiling tasten de gezondheid van bomen aan. En tot slot zal verplanten en ophogingen rondom de stam stress veroorzaken die de boom verzwakt en de schimmel kans geeft binnen te dringen. Bomen kunnen door de honingzwam in korte tijd afsterven. Vruchtlichamen (paddestoelen) verschijnen in de late herfst en blijven doorgaans tot de eerste nachtvorst. De paddestoelen zijn vooral op dode stobben van naald- en loofbomen te vinden, maar ook op palen die in de grond staan.

Schadebeelden

De schimmel komt levende bomen via wortels of verwondingen aan de stamvoet binnen. Hij vestigt zich eerst in het cambium en het jongste spinthout en verbreidt zich vervolgens in de stam. Door de schimmel sterft het cambium en wordt de sapstroom onderbroken. Dit leidt tot verwelkingsverschijnselen

en tot het afstoten van de schors. Het afstervingsproces dat de honingzwam veroorzaakt, maakt van hem een gevaarlijke parasiet en heeft hem de bijnaam cambiumkiller bezorgd. Na het doden van het cambium groeit de schimmel het houtweefsel binnen. Hij veroorzaakt daar een witrot-aantasting, die relatief langzaam van buiten naar binnen het hout verder binnendringt. De snelheid hangt af van de krachtenverhouding tussen schimmel en boom. De aantasting valt op door aftakelingsymptomen in de kroon.

len en tot het afstoten van de schors. Het afstervingsproces dat de honingzwam veroorzaakt, maakt van hem een gevaarlijke parasiet en heeft hem de bijnaam cambiumkiller bezorgd. Na het doden van het cambium groeit de schimmel het houtweefsel binnen. Hij veroorzaakt daar een witrot-aantasting, die relatief langzaam van buiten naar binnen het hout verder binnendringt. De snelheid hangt af van de krachtenverhouding tussen schimmel en boom. De aantasting valt op door aftakelingsymptomen in de kroon.

Risico

Bij weinig gezonde bomen lukt het de schimmel om de stam rondom in zijn greep te krijgen. Het einde van de boom is dan spoedig in zicht. Zo'n uitbreiding van de schimmel betekent namelijk dat de sapstroom volledig onderbroken raakt. De schade is aan de buitenzijde van de stam goed zichtbaar, ruim voordat stabiliteitsproblemen ontstaan door voortschrijdende witrot in stam en wortels.

Is de boom vitaal, dan kan deze de schimmel in de cambiumzone nog redelijk goed stoppen door afgrenseling volgens het compartimenteringsmodel (CODIT, 1979) van Shigo. Vanuit de aangetaste cambiumzone kan de schimmel weinig anders dan het achterliggende hout binnendringen. Zo'n witrot-aantasting verspreidt zich zeer langzaam in het centrale houtlichaam van de stam. Dit proces duurt jaren. Over het algemeen zijn de schadesymptomen in de kroon minder goed zichtbaar.

Wanneer een boom met de honingzwam in staat is een deel van het cambiumgebied voor de schimmel af te grendelen, dan zal hij in de gezonde delen jaarlijks nieuw hout vormen. Dit nieuwe hout is door afgrenseling slecht bereikbaar voor de schimmel en biedt de boom voldoende stabiliteit om veilig te zijn. Pas als de boom zwak is, treedt de eindfase van de aantasting in. De schimmel weet dan de standvastheid van de boom zodanig te ondermijnen dat gevaar voor omvallen dreigt.

Voorstellen om de honingzwam te bestrijden, bijvoorbeeld door het verwijderen van stobben, lijken in de praktijk weinig effectief. Dat komt doordat de schimmel zeer algemeen in de bodem aanwezig is.



De zwarte myceliumdraden onder de losse bast maken een aantasting door de honingzwam goed herkenbaar.



De boom weet de aantasting door de honingzwam nog goed te compenseren met houtaan-groei. Wel is het cambium op bepaalde plekken afgestorven.

de schimmel



Armillaria ostoyae

Onder de honingzwam wordt een groepje van verwante soorten gerekend. Algemeen in Nederland zijn: sombere honingzwam (foto), echte honingzwam (*A. mellea*) en knolhoningzwam (*A. lutea*). De eerste twee leven parasitair, de laatste is overwegend opruimer van dood hout. De sombere honingzwam is weinig waardplantenspecifiek en leeft op loof- en naaldbomen, maar is niet in alle boomsoorten even agressief. De andere twee soorten groeien alleen op loofbomen. De schimmel werd door Reinartz en Schlag in negentien stedelijke boomsoorten (loofbomen) aangetroffen.



In een vitale boom breekt de honingzwam het hout zeer langzaam af. Uiteindelijk zal de schimmel het cambium rondom doden, wat het einde van de boom betekent.

De ruige weerschijnzwam is een warmteminner

De plataan is voor de warmteminnende ruige weerschijnzwam veruit de belangrijkste waardboom. De schimmel start zijn afbraakwerk in het kernhout. Hij doet daar jaren over. Takbreuk komt zelden voor, ook in de eindfase van de aantasting.

De schimmel van de ruige weerschijnzwam treedt als parasiet op in verschillende straat- en parkbomen en leeft dus van levend hout. Het gaat hoofdzakelijk om de waardboomsoorten *Platanus acerifolia*, *Fraxinus excelsior* en *Sorbus intermedia* (in afnemende belangrijkheid). De ruige weerschijnzwam komt zijn waardboom binnen via verwondingen door afgezaagde of afgebroken takken en bastbeschadigingen. Het resultaat is een witrotaantasting van het kernhout die zich geleidelijk naar het midden van de stam uitbreidt. De aantasting verspreidt zich meestal langzaam en onregelmatig. Vitale bomen zijn in de regel goed in staat een aantasting afdoende af te grendelen en het verlies aan hout jarenlang te compenseren met de aangroei van nieuw hout. Dit geldt in het bijzonder voor de plataan. In het relatief harde hout weet deze boomsoort een zeer effectieve barrière op te bouwen tegen een aantasting van de ruige weerschijnzwam. De mergstralen in het platanenhout spelen hierin een belangrijke rol. Zij bezitten namelijk een hoge weerstand tegen de enzymen die de schimmel gebruikt bij de afbraak van het hout. In vergelijking met de andere waardboomsoorten biedt de plataan daardoor de meeste weerstand.

Vruchtlichamen

Opvallend is dat de vruchtlichamen van de ruige weerschijnzwam hoog aan de stam en de gesteltakken verschijnen. Hoewel zwammen het beste bewijs zijn van een aantasting door een schimmel, duiden ze bij de ruige weerschijnzwam niet onmiddellijk op een gevaarlijke situatie. Over het algemeen verschijnen de zwammen op snoeiwonden. Meestal zijn het er meerdere tegelijk, die dakpansgewijs boven elkaar liggen en min of meer met elkaar vergroeid zijn. De bast is dan nog volledig gezond, want de aantasting beperkt zich tot alleen het kernhout. De kunstmatige opening stelde het mycelium namelijk in staat zijn vruchtlichamen te gaan vormen. Verschijnt er daarentegen een enkel vruchtlichaam dwars door het gesloten schors heen, dan is het duidelijk dat de schimmel ook het spinthout bereikt heeft (Schwarze, 1999). In tegenstelling tot vele andere schimmelaantastingen hoeft bij



Foto's: Reinartz en Schlag

Pas in de eindfase van een aantasting door de ruige weerschijnzwam zullen afstervingsverschijnselen in de kroon te zien zijn.

de ruige weerschijnzwam de beschadiging van de bast slechts klein te zijn om tot de vorming van vruchtlichamen te komen. De boom vormt juist op die plek reactiehout en wondweefsel. De uitgang voor de schimmel wordt zo nauw omsloten. De veiligheid voor de omgeving is hierdoor in de regel voldoende.

Risico

Ook in vitale hardhoutboomsoorten als plataan vindt men alleenstaande vruchtlichamen. Dat kan jarenlang zo blijven, zonder dat er gevaar voor breuk zal optreden. Pas als het mycelium het spinthout aan het oppervlak heeft doorgroeit, de bast over grote oppervlakten afsterft en/of vele vruchtlichamen dicht bijeen verschijnen, moet men rekening houden met een sterk toegenomen kans op breuk. In dit stadium treden over het algemeen ook afstervingsverschijnselen op in de kroon. De sterke afbraak van het spinthout tast namelijk in belangrijke mate de functie van de hout- en zeevaten aan, waardoor de kroon wel móét afsterven. Overigens is de ruige weerschijnzwam een warmteminnende schimmel, waarvan het verspreidingsgebied zich naar het noorden uitbreidt. De noordelijkste locaties zijn afgebakende gebieden met een gemiddeld iets hogere temperatuur. Dit zijn vooral de stedelijke gebieden. Hierdoor wordt verwacht dat de ruige weerschijnzwam als bedreiger van stedelijke bomen in de toekomst zeker belangrijker wordt. ■

de schimmel



Foto: Peter-Jan Keizer

Inonotus hispidus

De ruige weerschijnzwam is een minder algemene schimmel die alleen op plataan, *Fraxinus* en *Sorbus* in grotere aantallen kan worden aangetroffen. Bij andere veelgebruikte boomsoorten in het stedelijk groen (beuk, eik, esdoorn en linde) is de schimmel van weinig betekenis. De weerschijnzwam vestigt zich op stam en gesteltakken. Soms staan de vruchtlichamen alleen, in andere gevallen zijn ze vergroeid of staan ze dakpansgewijs boven elkaar. De vruchtlichamen verschijnen vanaf juli tot in september en zijn vanaf de tweede helft van de zomer tot in de late herfst vol-groeid. Oude, zwart geworden vruchtlichamen blijven aanwezig tot in februari.

Een gezonde plataan kan jarenlang met aangroei van hout de ruige weerschijnzwam voor blijven. Binnenin kan het hout zijn aangetast zonder dat daarvan iets te zien is.

Als in een boom met de ruige weerschijnzwam een wond ontstaat, dan ontstaan op het open kernhout de vruchtlichamen.

Hier is een enkele zwam door nog gezonde bast en schors uitgegroeid. De schimmel heeft op die plek het spinthout bereikt.



De reuzenzwam is een gevaarlijke beukensloper

De reuzenzwam is zo ongeveer de belangrijkste houtrotschimmel in beuken. Velen beschrijven de schimmel als een gevaarlijke sloper van wortels. Zo'n standpunt kost veel beuken in stedelijke beplantingen onnodig vroegtijdig het leven. Nieuwe criteria voor visuele beoordeling kunnen het tij keren.

Opmerkelijk is, zo blijkt uit onderzoek van Reinartz en Schlag, dat alle beuken met de reuzenzwam ouder zijn dan tachtig jaar. Het maakt daarbij niet uit of het om een kweekvorm of een wilde soort gaat. In alle gevallen is de reuzenzwam een zwakteparasiet die zijn werk begint op beschadigde, verzwakte of afgestorven wortels. In tegenstelling tot andere schimmels in bomen, komt de reuzenzwam vaak op weinig gestoorde locaties voor zoals vrij natuurlijk beheerde plantsoenen. Mogelijk zit daarom de oorzaak van zo'n infectie in natuurlijke afsterving van oude wortels. Als dat zo is, dan kan een infectie al ontstaan als de primaire wortel - centraal onder de stam - afsterft. Een reuzenzwam is lang actief. Zelfs als de boom allang gekapt is, groeien de schimmeldraden nog naar de volgende boom. De reuzenzwam veroorzaakt witrot. Dit komt in de regel voor in het hout van de wortels. Hij begint meestal in de dieperliggende wortels en koloniseert pas na jaren de hogergelegen wortels. De aantasting leidt tot vitaliteitsvermindering die zichtbaar is in de kroon. De boom produceert eerst minder en kleiner blad en sterft uiteindelijk bovengronds af.

Risico

De ontwikkeling van aantasting tot afsterving kan zeer variabel verlopen. Er is een bandbreedte van 'volledig in blad valt de boom plots om' tot 'de boom is dood, maar staat nog stevig overeind'. Vermoedelijk hebben deze verschillen te maken met het moment waarop de boom reageert op zijn aantasting, met vorming van adventiefwortels en reactiehout in de stamvoet. Komt de ontwikkeling van adventiefwortels al snel na de aantasting op gang, dan blijken de nieuwe wortels in staat met de oude te vergroeien en een heel nieuw netwerk te vormen. Op den duur nemen de nieuwe wortels de functie van de aange-taste wortels over. Tegelijkertijd wordt reactiehout gevormd dat voor verbreding van de stamvoet zorgt. Deze combinatie van reacties zorgt ervoor dat de boom zijn stabiliteit behoudt. Uiteindelijk zal de beuk door toedoen van de reuzenzwam afsterven, maar hij staat nog als een huis. Reageert de boom in een later stadium op de schimmelinfectie dan is die reactie in feite te laat. De omvang van de wortel-schade die de reuzenzwam teweegbracht, is dan al zo ver gevorderd dat adventiefwortels en reactiehout onvoldoende in staat zijn om het verlies aan stabiliteit te compenseren. Wel zorgen de adventiefwortels ervoor dat de boom er relatief gezond blijft uitzien, weliswaar met minder en kleiner blad. Door gemis aan stabiliteit kan de boom echter toch omvallen.



Foto's: Reinartz en Schlag

Een beuk die volop in blad staat kan zomaar omvallen door toedoen van de reuzenzwam. De boom heeft dan te laat met wortel- en houtvorming gereageerd op de schimmelaantasting.

Vruchtlichamen

In de eindfase van de aantasting ontwikkelt de reuzenzwam zijn vruchtlichamen, van juli tot januari. De zwammen vormen een aanwijzing dat het wortelstelsel sterk is aangetast. Afhankelijk van de eerder beschreven boomreacties wordt geadviseerd de boom te vellen of niet. Het verschijnen van vruchtlichamen is dus op de eerste plaats een waarschuwing dat er vakkundig onderzoek naar de stabiliteit van de boom nodig is. Hierbij wordt gekeken naar de wortels, de stam en de kroon. In de meeste gevallen is aantasting door deze schimmel duidelijk zichtbaar aan de kroon. De boom produceert minder en kleiner blad en laat licht door. Vervolgens gaan de dunne takken dood en sterft de boom. Dit proces vindt meestal plaats binnen één of twee groeiseizoenen. Bij een sterk afnemende kroonkwaliteit hoort dus een beperkte levensverwachting. Groeireacties op de schimmel zeggen daarentegen veel over de veiligheid en de stabiliteit van de boom.

de schimmel

Meripilus giganteus

De reuzenzwam is in beuken de belangrijkste veroorzaker van houtrot in de wortelzone en de ondergrondse stamaanzet. Daarnaast werd hij in het onderzoek bij een beperkt aantal (4%) Amerikaanse eiken (*Quercus rubra*) aangetroffen en sporadisch in nog drie andere boomsoorten. In stedelijke gebieden in Nederland wordt de reuzenzwam geregeld in paardekastanje en plataan aangetroffen. Tussen infectie en het optreden van grotere schade zitten meestal vele jaren. De schimmelinfectie zorgt voor een sterke aantasting van het wortelfundament en de stabiliteit van de gastboom. Meestal ziet de kroon er minder gezond uit. De kroon is dan duidelijk herkenbaar aan minder en kleiner blad en dood hout.



Ondanks een ernstige aantasting door de reuzenzwam was deze beuk nog voldoende stabiel. Hij is eerder als gevolg van de schimmelaantasting dood gegaan dan dat hij zou omvallen.



De reuzenzwam tast vooral het wortelgestel aan. Gemis aan reactiehout en krachtige adventiefwortels maken deze beuk instabiel.



Aan dit verticale zaagvlak is te zien dat de reuzenzwam vanuit de wortels de stamvoet binnendringt.



De zwavelzwam is de belangrijkste bruinrotschimmel

De zwavelzwam is in straat- en parkbomen de belangrijkste veroorzaker van bruinrot. De houtstructuur van waadbomen wordt door de zwavelzwam volledig ontbonden. Bruinrot betekent dat de cellulose, die het hout zijn treksterkte geeft, wordt afgebroken. Wat overblijft is de bruinkleurige lignine met een kubusvormige structuur, die tot poeder uiteenvalt.

Een beperkt aantal loofbomen vormen waadbomen voor de zwavelzwam. De schimmel groeit zowel in stamvoet en stam als in de gesteltakken van de kroon. Op den duur holt de schimmel het houtlichaam volledig uit. Bij vitale bomen wordt het spinhout echter niet afgebroken. Hierdoor is een aangetaste boom in staat om met zijn jaarlijkse diktegroei de afbraak van hout door de schimmel op te vangen: het vloeiend evenwicht.

Schadebeelden

In de eindfase, als de vitaliteit van de boom langzaam achteruitgaat, kan de zwavelzwam het spinhout binnendringen. Uiteindelijk wordt dan ook het cambium vernietigd. Het gevolg is dat het spinhout uitdroogt en krimpscheuren gaat vertonen. Geleidelijk aan wordt zo al het hout aangetast en afgebroken.

Nadat de schimmel het spinhout is binnengedrongen, ontstaan ook aan de buitenkant van de boom zichtbare schadeplekken. Waar het cambium door de schimmel wordt gedood, stopt tevens de diktegroei. Dit uit zich in afgestorven plekken van schors en bast. Compensatiehout kan de boom nu nog alleen vormen op plaatsen waar het cambium leeft.

Wanneer de afgestorven bast openbreekt, is het dode, door bruinrot aangetaste spinhout te zien. Van het hout is dan alleen de bruine lignine nog over. Dit materiaal brokkelt in blokvormige structuren en in bruin poeder uiteen.

Risico

Op het moment dat het hout is verpulverd, zit de boom in zijn eindfase en wordt deze breukgevaarlijk. Het risico dat gesteltakken uitbreken is dan groot. Met name bij oude eiken en robinia's zie je dat door toedoen van de zwavelzwam de zwaarste takken uitbreken.

Breuk van stam of stamvoet komt minder vaak voor. Laag in een boom krijgt de schimmel eigenlijk alleen kans als er grote wonden zijn ontstaan of als afgrenselingszones zijn beschadigd, door bijvoorbeeld snoei of boomverzorgingsmaatregelen. Wel kan de zwavelzwam tot in de wortels doordringen en zo de



Foto's: Reinhartz en Schliag

De zwavelzwam kan ook hoger in de kroon en in gesteltakken tot ontwikkeling komen.

hoofdwortels aantasten. Deze aantasting is niet zo ingrijpend dat de stabiliteit van de boom eronder lijdt.

Voordat aangetaste bomen een gevaar kunnen gaan opleveren, zijn ze al volledig afgestorven. De wortels, die zorgen voor het transport van water en voedingsstoffen, zijn dan namelijk al verloren gegaan.

Vruchtlichamen

De zwavelzwam vormt zijn vruchtlichamen van mei tot in de herfst. De vorm is een waaier of onregelmatig halfrond. Over het algemeen groeien ze dakpansgewijs in groepen. De bovenzijde van de jonge zwammen is geeloranje; de onderzijde - waar de sporenbuisjes (gaatjes) zitten - is bleek zwavelgeel. Na verloop van tijd verliezen de vruchtlichamen hun kleur en worden ze wit. De zwammen zijn dan droog en broos, en brokkelen makkelijk af. Meestal blijven de plekken zichtbaar als witte strepen op de stam van de boom.

De zwavelzwam breekt alleen de cellulose in het hout af: bruinrot. Hierdoor verdwijnt de structuur uit het hout en valt dit in brokjes uiteen.



Gevaar voor uitbreken van gesteltakken of stambreuk is pas aanwezig in de eindfase van de aantasting door de zwavelzwam.



de schimmel



Laetiporus sulphureus

De zwavelzwam werd tijdens het onderzoek in Duitsland in tien boomsoorten gevonden. Met name oude eiken en Robinia worden door de schimmel aangetast. Naast deze twee boomsoorten groeit de zwavelzwam in Nederland op kers en wilg, incidenteel op andere boomsoorten.

De schimmel kan zich via takwonden in de kroon vestigen, maar ook door de wortels in de wortelaanzet van de stam. In beide gevallen ontstaat rot in het kernhout. Ondanks de intensieve productie van hout in het aangetaste stamdeel (compensatiegroei), werden bij de onderzochte bomen toch statische afwijkingen gevonden in de stamvoet en de kroon.

De zwavelzwam vormt de hele zomer door groepen vruchtlichamen: onregelmatig gevormde, halfronde of waaiervormige zwammen die dakpansgewijs boven elkaar staan.



De korsthoutskoolzwam doodt het cambium pleksgewijs



Foto's: Reinartz en Schleg

Het duurt lang voordat een aantasting van de korsthoutskoolzwam in de kroon zichtbaar wordt. Een visuele beoordeling is daarom vooral gericht op schade aan de stam.

In veel publicaties is de korsthoutskoolzwam omschreven als een zwam die dood organisch materiaal afbreekt (saprotief). Toch is de schimmel al in 1936 als gevaarlijke parasiet omschreven (Wilkins). De vruchtlichamen van de korsthoutskoolzwam onttrekken zich vaak aan de aandacht van boomcontroleurs, omdat ze verscholen gaan achter afgefallen blad of beplanting. Vermoedelijk bleef hij daardoor als veroorzaker van schade aan bomen vrij onbekend. Ondertussen leeft bij veel boombeheerders het idee dat iedere boom met de korsthoutskoolzwam direct moet worden gekapt om geen risico te lopen.

Schadebeelden

Zoals zo vaak ligt ook hier de waarheid in het midden. Ondanks dat je de korsthoutskoolzwam geen onschuldige parasiet mag noemen, kunnen bomen met een aantasting in veel gevallen nog jaren blijven staan. Wel is het noodzakelijk de ontwikkeling van de schimmel nauwkeurig te volgen. Hoewel aantasting door de korsthoutskoolzwam na verloop van tijd ook zijn sporen nalaat in de kroon, is een risicobeoordeling gericht op de staat van het stamhout. De schimmel begint namelijk in het binnenste hout van de stam en dringt op den duur puntsgewijs tot in het spinthout door en zal zo ook pleksgewijs het cambium aantasten en doden. Het nog gezonde cambium wordt hierdoor geprikkeld tot de aanmaak

De korsthoutskoolzwam is een witrot veroorzakende schimmel die in loofbomen grote schade kan veroorzaken. De schimmel komt vooral in het hout van beuk en linde voor. Maar ook de paardekastanje, esdoorn en plataan zijn gevoelig voor deze schimmelsoort.



De eerste zichtbare vruchtlichamen verschijnen veelal kort boven het maaiveld en zijn nog klein. Ze vallen daardoor nauwelijks op.



Bomen met een duidelijk uitlopende stamvoet, vertonen een goede reactie op de korsthoutskoolzwam.

van reactiehout. Hierdoor ontstaan karakteristieke, ribvormige vergroeiingen in de stam. Is de reactiegroei minder sterk dan zal het cambium afsterven. Er ontstaan dan dode schorsplekken, waaronder geen hout meer groeit. Eromheen gaat de houtgroei wel door.

Vruchtlichamen

Voor het herkennen van de korsthoutskoolzwam zijn vruchtlichamen onmisbaar. Van april tot juni komen ze tot ontwikkeling. Eerst als witte myceliumplekken (zie kader) die zich snel verdikken. Later, als de sporen gerijpt zijn, krijgen de vruchtlichamen een grijsblauw bepoederd uiterlijk. De rand blijft eerst nog wit.

In de loop van de zomer verkleurt de zwam langzaam naar zwart. In dit stadium bedekken de vruchtlichamen slechts enkele vierkante centimeters schors. Het herkennen van de zwam vraagt daarom een zeer geoefend oog. Bij ernstige aantasting wordt het zwamoppervlak groter.

Risico

De sterkste aantasting door de korsthoutskoolzwam is te vinden in de stamvoet en de wortelaanloop, de broek van de boom. Als de stam afbreekt, is dat meestal op maaiveldhoog-

te. Toch is het niet zo dat iedere boom met vruchtlichamen van de korsthoutskoolzwam moet worden gekapt. Of kap noodzakelijk is, heeft te maken met de reactie van de boom op de aantasting.

Het meest gevaarlijk zijn de bomen die geen duidelijk uitlopende stamvoet hebben, die als een paal in de grond staan. Met name bij lindes komt dat regelmatig voor. Zo'n boom heeft niet op de schimmelaantasting gereageerd en daarmee de afbraak van hout in de stamvoet niet weten te compenseren en versterken. Desondanks zit de kroon nog goed in het blad. Wanneer de eerste vruchtlichamen op de stam verschijnen, zijn bomen zonder stamvoetverbreeding inwendig al sterk aangetast. Ook kleine aanwijzingen moeten dan zeer serieus worden genomen. Lastig is dat de vruchtlichamen ook onder aan de stamvoet verschijnen en weinig opvallen.

Compenseert de boom de houtafbraak wel, dan kan hij de schimmelaantasting nog vele jaren overleven. De eindfase van dergelijke bomen wordt pas bereikt als de vitaliteit terugloopt en de schimmel het reactiehout aantast. Meestal laat de boom duidelijk herkenbare afstervingsverschijnselen zien, voordat de breukveiligheid zodanig is aangetast dat tot kap moet worden overgegaan. ■

de schimmel



Ustulina deusta (syn. *Hypoxylon deustum*)

De korsthoutskoolzwam is in zeven boomsoorten gevonden, maar heeft in het onderzochte bomenbestand een duidelijke voorkeur voor beuk en linde. De schimmel is te vinden tussen de wortellijsten van de stamvoet en onder aan de stam, maar kan zich eveneens tot enkele meters hoog in de stam verspreiden. De schimmel komt zijn gastboom binnen via beschadigingen aan wortels, wortelaanzet en stamvoet, en ook via grotere snoeiwonden aan de stam. Kans op stambreuk is er vooral in de eindfase van de aantasting. Vruchtlichamen zijn het hele jaar te vinden. In de lente en zomer zijn ze echter het duidelijkst zichtbaar.



Het hout reageert op het binnendringen van de korsthoutskoolzwam met een sterke buitenverkleuring.



De schimmel heeft het cambium pleksgewijs gedood. Als reactie ontstonden bij deze linde ribvormige vergroeiingen op de stamvoet.

Het hout van de ribvormige wortelaanzetten leeft en is niet aangetast door de korsthoutskoolzwam.



De inwendige aantasting van deze linde was uitwendig waar te nemen. De verbindingen met de wortels functioneerden nog volledig.

Een boom die als een paal in de grond staat, reageert onvoldoende op de schimmelaantasting. Het breukrisico is dan groot.



Verklarende woordenlijst

S
C
H
I
M
M
E
L
S
EN
B
O
O
M
B
E
H
E
E
R

Afgrendeling

Reactie van onder meer het cambium op een serieuze aantasting of beschadiging. De reactie moet voorkomen dat vreemde organismen de boom binnendringen. Zo vormt het cambium een schil van cellen die verkurkt.

Bast

De weefsellaag (floëem) aan de buitenzijde van het cambium. In de bast speelt zich de neerwaartse sapstroom af die suikers vanuit de bladeren omlaag voert. De schors beschermt de bast.

Bruinrot

Afbraak van de cellulose in het houtweefsel door schimmels, waarbij donkere lignine resteert en het hout een brokkelige, breekbare structuur krijgt.

Cambium

Een laag van een tot enkele cellen waarin de diktegroei plaatsvindt. Vanuit het cambium worden binnenwaarts houtweefsel (xyleem) en buitenwaarts bastcellen (floëem) gevormd.

Cellulose

Bouwstof van secundaire wand in cellen. Die wand bestaat uit lange ketens suikermoleculen en heeft een vezelige structuur.

Compartimentering

De opdeling van houtweefsel in kleinere eenheden. De kleinste eenheid is de cel. Ook overgangen van jaarringen en de mergstralen zorgen voor een opdeling van het houtweefsel. De afgrendeling is gebaseerd op de opdeling in kleinere eenheden.

Hyfen

Draadvormige organismen vanuit het mycelium die de voedingsbodem verder koloniseren.

Kernhout

Het dode hout van het houtlichaam van de boom: de centrale houtcilinder. Niet alle boomsoorten hebben zichtbaar kernhout. Kernhout is omgeven door levend spinhout.

Lignine

Houtstof van de primaire wand van de cellen. De ligninewanden vormen gezamenlijk een ruimtelijk netwerk van koolstofringen.

Mergstralen

Radiaal in het hout verlopende bundels houtweefsel, ook wel houtstralen genoemd. De mergstralen verbinden de jaarringen, zodat deze niet ten opzichte van elkaar kunnen schuiven.

Mycelium

Zwamvlok als massa van verweven schimmeldraden.

Paddestoel

Het sporenvormend vruchtlichaam van een schimmel die bestaat uit steel en hoed.

Parasiet

Een schimmel (of ander organisme) die leeft ten koste van zijn waard, zonder deze direct te doden.

Saprofiet

Een schimmel (of ander organisme) die van dood (organisch) materiaal leeft.

Schimmel

Lagere plant zonder bladgroen, behorend tot de afdeling van de *Fungi*, bestaande uit draadvormige organismen zoals zwamvlok (*mycelium*) en zwamdraden (*hyphae* of hyfen) en die zich voortplant door sporen.

Schors

Buitenste bekleding van kurkweefsel om de houtige delen van planten. De schors beschermt de bast tegen verdroging en aantastingen van buitenaf.

Spinhout

Het levende hout van de houtcilinder (xyleem), waarin via de houtvaten (lange cellen die in verbinding met elkaar staan) water met opgeloste voedingselementen opwaarts wordt getransporteerd.

Spoor of spore

Voortplantingscel.

Vruchtlichaam

Het sporenvormend deel van een schimmel, vaak paddestoel of zwam genoemd.

Witrot

Afbraak van lignine in het houtweefsel door een schimmel, waarbij de bleke cellulose resteert en het hout een vezelige, buigzame structuur krijgt.

Zwam

De totale schimmel, hier specifiek gebruikt voor de vruchtlichamen van schimmels zonder steel en hoed.