

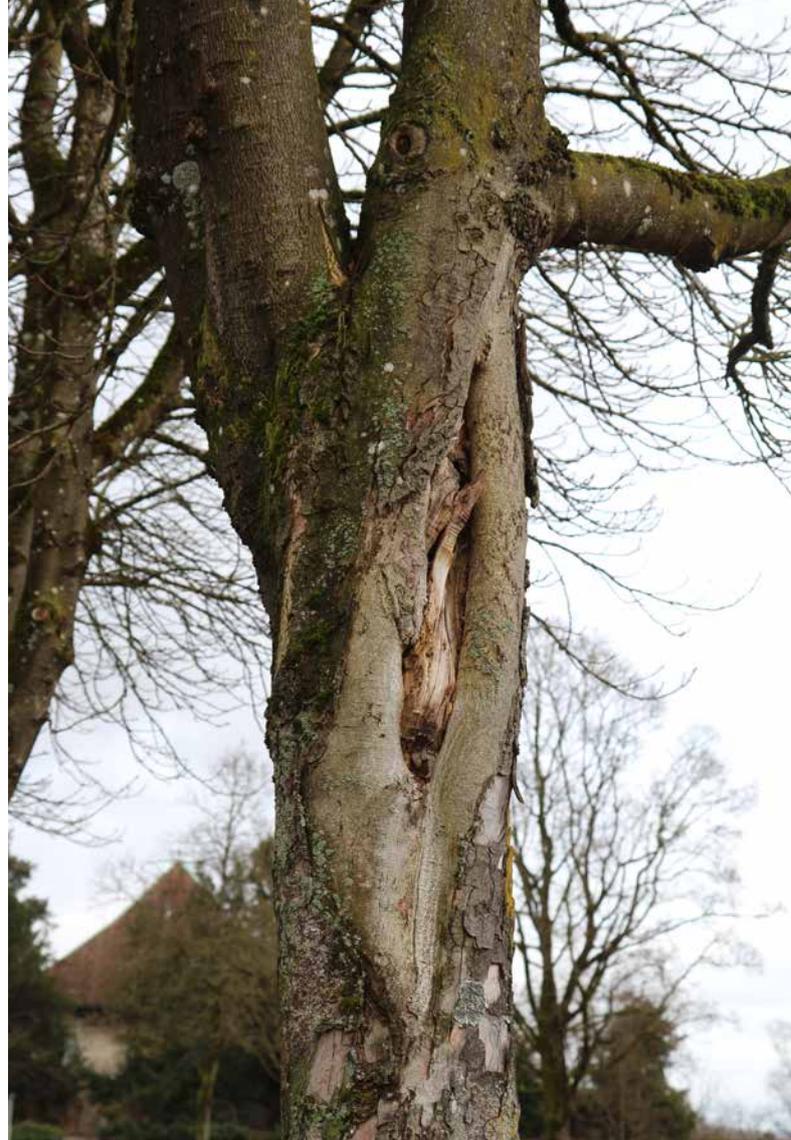
# CODIT

## Ein Kommentar von Ferdinand Oberer |

Der amerikanische Wissenschaftler Alex Shigo formulierte Ende der 1970er-Jahre das Akronym CODIT: compartmentalization of decay in trees (Abschottung von Fäule in Bäumen). Er vermittelte damit erstmals einem breiten Publikum den Mechanismus der Wundabschottung von Bäumen und entwickelte neue Baumpflegeverfahren. Jahre später änderten die beiden Hamburger Wissenschaftler Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Walter Liese und Prof. Dr. Dirk Dujesiefken das Akronym, indem sie das D in CODIT anstatt mit «decay» mit «damage» bezeichneten. Die Umbenennung von CODIT und deren Begründung ist jedoch in mehrfacher Hinsicht problematisch.

Als ich die Rezension des Buchs «Artenschutz und Baumpflege» (Dietz, Dujesiefken, Kowol, Reuter, Rieche, Wurst 2019) vorbereitete, fragte ich mich beim Durchlesen des Kapitels «Das CODIT-Prinzip»: Wo ist Shigo? Während meiner Ausbildung wurde CODIT in einem Atemzug mit Shigo genannt, «das CODIT-Modell von Alex Shigo». Nach diesem Modell schotten Bäume nach einer Verletzung oder einem Pilzbefall den geschädigten Bereich mit vier Arten von Wänden (engl. walls) ab und ermöglichen somit ihr Weiterleben (siehe Kasten «CODIT-Modell», Seite 18). Mit seinem CODIT-Modell war Alex Shigo der Erste (Shigo und Marx 1977), der im dreidimensionalen Raum anschaulich beschrieb, wie Bäume Schäden und Fäulen im Stamm und in Ästen isolieren. Dank diesem Modell wurde der Mechanismus der Wundabschottung bei Bäumen auch einem breiteren Fachpublikum verständlich gemacht, und Shigo selbst entwickelte auf der Grundlage von CODIT neue Ansätze für die Wertästung im Forst, für die Schnittführung im Obstbau sowie für die Schnittführung und für den Umgang mit Wunden in der Baumpflege. Shigo gilt weltweit als Vater der modernen Baumpflege.

Mich wunderte daher, dass ich seinen Namen im Buch «Baumpflege und Artenschutz» nirgends fand, weder im Text noch im Literaturverzeichnis. Stattdessen verweisen Dirk Dujesiefken und Thomas Kowol, die Autoren des Kapitels, auf das Buch «Das CODIT-Prinzip» (Dujesiefken und Liese 2008). Bei einer zweiten Durchsicht des Textes merkte ich noch, dass die Autoren das Akronym CODIT umbenannt hatten. Gemäss Shigo steht das «D»



*Ein Baum mit teils überwallter Wunde. Bäume können Wunden nicht heilen; sie versuchen, sie zu isolieren und zu überwallen.* F. Oberer

für «decay»; im Buch «Baumpflege und Artenschutz» ist es durch «damage» ersetzt worden. Hatte ich da eine wichtige wissenschaftliche Entwicklung verpasst? Um eine mögliche Bildungslücke zu schliessen, ging ich der Geschichte nach.

### **Abschottung gegen eindringende Luft**

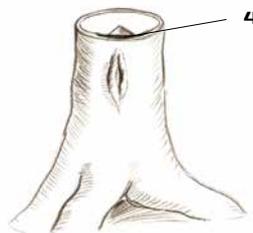
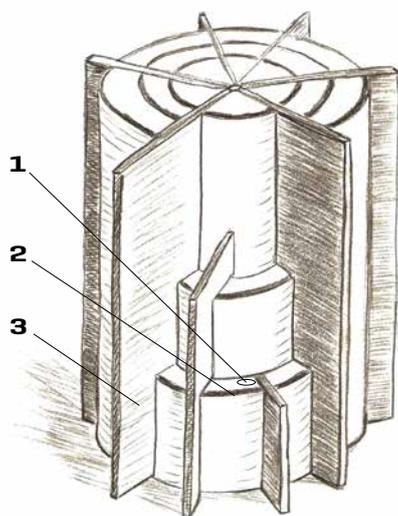
Ich fand die Quelle, auf die alle relevanten Texte verweisen, um die Umbenennung von «decay» durch «damage» zu begründen: Liese W., Dujesiefken D. (1996) Wound reactions of trees. In: Raychaudhuri S.P., Maramorosch K. (eds) Forest trees and palms. Diseases and control. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, Calcutta, pp 21–35. Gemäss diesem Artikel stützt sich die Umbenennung von CODIT darauf, dass die erste Wand des CODIT-Modells (Kasten «CODIT-Modell», Seite 18) nicht nur gegen Fäule wirkt, so wie es Shigo vorgesehen haben soll, sondern dass sie bereits unmittelbar nach einer Verletzung das Wasserleitungssystem des Baums vor eindringender Luft und vor Embolien schützt: «Betrachtet man die Reaktionen von Bäumen auf Verletzungen, kann man annehmen, dass der Baum in einem ersten Stadium beginnt, das Leitgewebe gegen eindringende Luft zu schützen und nicht gegen Fäule. Die Austrocknung führt zur Abschottung. Das verfärbte Gewebe kann später von verschiedenen Mikroorganismen befallen werden, die zur Reaktionszone aus neu gebildetem Periderm hinwachsen, aber die Regulierung eindringender Luft ist der wesentliche Faktor für die Abschottung. Die durch Verletzungen infolge physischer oder biochemischer Prozesse

## DAS CODIT-MODELL NACH ALEX SHIGO

Das Akronym CODIT steht gemäss A. Shigo für «compartmentalization of decay in trees» (Abschottung von Fäule in Bäumen). Anders als Menschen können Bäume Wunden nicht heilen und Krankheitserreger nicht abtöten. Sie können sie dagegen abschotten und isolieren. Zur Abschottung von Schäden und Erregern im Holz bilden Bäume gemäss Alex Shigo (Shigo und Marx 1977, Shigo 1979, Shigo 1994) vier Wände (engl. walls).

1. Die erste Wand (wall 1) schottet den verletzten Bereich nach oben und unten ab und hindert die Ausbreitung von Erregern in Längsrichtung des Astes oder Stamms: Nach einer Verletzung reagiert der Baum, indem er sein Wasserleitungssystem ober- und unterhalb der Verletzung abdichtet. Das Wasserleitungssystem von Nadelhölzern besteht aus Tracheiden, das von Laubhölzern aus Tracheen und Tracheiden. Tracheiden und Tracheen sind über sog. Tüpfel miteinander verbunden, die den Wasserfluss zwischen den Gefässen gewährleisten und steuern. Die Abdichtung des Leitungssystems kann auf verschiedene Arten erfolgen. Unmittelbar nach der Beschädigung schliessen sich [beim Nadelholz] die Tüpfel nahe des Schadbereichs durch den einseitigen Sog des Wasserflusses. Zusätzlich können direkt an die Gefässe angelagerte Parenchymzellen Substanzen in die Gefässe injizieren oder «Thyllen» bilden, indem deren Protoplasten (das Zellinnere) blasenförmig ins Innere der Gefässe einwachsen und sie dadurch verstopfen. Die erste Wand ist die schwächste der vier Wände.
2. Die zweite Wand (wall 2) besteht aus dem Spätholz jedes Jahrrings. Die dickwandigen Zellen des Spätholzes sind für Pilzhyphen relativ schwer durchdringbar und schotten die Fäule gegen die Ausbreitung in radiale Richtung nach innen ab. Sie gilt als zweit-schwächste Wand.
3. Die dritte Wand (wall 3) bildet die in Radialrichtung verlaufenden, aus Parenchymzellen gebildeten Holzstrahlen. Diese Wand ist stark, aber räumlich nicht durchgängig.
4. Die stärkste Wand ist die vierte (wall 4). Sie wird vom Kambium nach der Verletzung gebildet und trennt neu gebildetes Holz vom geschädigten Bereich ab. Sie besteht aus nicht leitenden lebenden Parenchymzellen, in die antibiotische Stoffe eingelagert sind. Bei Nadelhölzern kann diese Zellschicht (barrier zone) mit traumatischen Harzkanälen durchsetzt sein.

Shigo weist darauf hin, dass sich die Abschottungsprozesse wiederholen, wenn der Erreger eine der Wände 1, 2 und 3 durchdringt. Hat der Baum nicht genügend Reserven für die Abschottung oder dringt der Pilz sehr aggressiv im Gewebe vor, verliert der Baum den Kampf und stirbt ab.



Links sind die Wände 1 (Verschluss der Leitungsgefässe), 2 (Spätholz) und 3 (Holzstrahlen) des CODIT-Modells nach Alex Shigo schematisch dargestellt. Die Wände 3 sind in Wirklichkeit keine durchgehenden Wände, denn die radial verlaufenden Holzstrahlen sind nur einige  $\mu\text{m}$  bis cm hoch. Wand 4 (oben) bildet sich nach der Verletzung. Ist die Verletzung klein und der Baum vital, schliesst sie die Wunde nach wenigen Jahren nach innen ab.

J.-P. Weiss nach (Shigo und Marx 1977)

## SCHONENDERE ASTUNG

Auf der Grundlage des CODIT-Modells entwickelte Alex Shigo Baumschnittmethoden. Er empfahl, Äste direkt am Astkragen zu schneiden, weil Bäume so die Astungswunden am leichtesten abschotten und überwallen können. Vor Shigo war es üblich, den Astungsschnitt parallel zum Stamm zu führen. Dadurch entstanden grosse Astwunden und Fäulen, die die Bäume nur schwer überwallen und isolieren konnten. Dank Shigo gehört auch die Verwendung von Wundverschlussmitteln der Vergangenheit an.



Der Astungsschnitt dicht oberhalb des Astkragens (grüne Linie) geht auf Alex Shigo zurück. Diese Schnittführung ermöglicht dem Baum, die Wunde schnell abzuschotten und zu überwallen. Früher schnitt man die Äste dicht am Stamm ab (rote Linie). F. Oberer

## ALEX SHIGO

wurde 1930 in Pennsylvania [USA] geboren. 1958 schloss er sein Biologiestudium an der University of West Virginia mit einem Master ab und wurde dort 1960 zum Doktor im Fach Phytopathologie promoviert. Im selben Jahr begann er, beim U.S. Forest Service als Pathologe zu arbeiten, wo er später Forschungsleiter (Chief Scientist) wurde. 1985 schied Alex Shigo aus dem U.S. Forest Service aus und arbeitete als Dozent und Buchautor. Er starb am 6. Oktober 2006.

herbeigeführten Strukturen agieren als Schutzstrukturen, zuerst gegen eindringende Luft und in einem zweiten Stadium gegen Mikroorganismen. Tyree und Sperry (1988) modellierten die Dynamik des Wasserflusses und der Xylemblockade an vier sehr unterschiedlichen Arten und kamen zum Schluss, dass alle Arten nahe am Punkt des katastrophalen Xylemversagens infolge von dynamischem Wasserstress agieren. Daher muss das CODIT-Modell geändert werden, indem D nicht für Decay (Fäule), sondern für Damage (Schaden) steht. Schaden schliesst Funktionsstörung und Austrocknung ein. Fäule als häufige Folge eines Eindringens von Fäulepilzen in verfärbtes Gewebe hin zur Schutzzone ist oft das letzte Stadium in diesem Prozess ... »<sup>1</sup>

#### Warum kein neuer Name?

Nach der ersten Durchsicht des zitierten Abschnitts fragte ich mich: Hätten Liese und Dujesiefken mit einer wissenschaftlich gesicherten Erkenntnis nachgewiesen, Shigos Modell sei falsch, wäre es dann nicht korrekter gewesen, ein neues Modell unter einem anderen Namen vorzustellen? Meines Wissens ist dies in der Wissenschaft das übliche Vorgehen. So können Forscher später leicht nachverfolgen, wo ein bestimmtes Modell an seine Grenzen stösst.

Liese und Dujesiefken konnten aber keinen Mangel an Shigos Modell nachweisen, denn ihre Kritik an Shigos «Decay» bezieht sich nur auf die erste Wand (Kasten «Das CODIT-Modell», Seite 18) und stellt auch dort den von Shigo beschriebenen Abschottungsmechanismus nicht infrage. Shigo erläutert nämlich in seinem Modell, wie Bäume ihre Gefässe (Tracheiden bei Nadelbäumen und

Tracheen und Tracheiden bei Laubbäumen) abdichten und dadurch die erste Wand bilden. Liese und Dujesiefken hätten also mit ihrer Erkenntnis Shigos CODIT-Modell höchstens verfeinern oder verbessern können. Doch auch in einem solchen Fall hätten sie das Akronym nach meiner Auffassung nicht verändern dürfen.

#### Wie eng ist der Zusammenhang zwischen CODIT und Emboliebildung?

Auch bezüglich der Arbeitsmethode stellen sich mir Fragen, denn die Umbenennung von CODIT stützt sich nach meinen Informationen nur auf Zitate wissenschaftlicher Arbeiten, die mit CODIT höchstens indirekt zu tun haben.

Liese und Dujesiefken rechtfertigen ihr «damage» im genannten Beitrag auf der Grundlage eines Artikels über Emboliebildungen infolge von Wasserstress (Tyree und Sperry 1988). Die zitierten Autoren kommen in der Tat aufgrund ihrer Untersuchungen zu dem von Liese und Dujesiefken erwähnten Schluss, dass Bäume ihr Leitungssystem bei der Fotosynthese bis nahe an den Punkt des Totalversagens belasten, um im Kampf um Licht ihren Konkurrenten möglichst schnell zu entwachsen. Sie beschreiben das totale Versagen des Leitungssystems als Ergebnis einer Kettenreaktion von Emboliebildungen in den Leitungsgefässen («runaway embolism») sinngemäss wie folgt: Bilden sich infolge hoher Saugspannung Embolien und blockieren einen Teil der Gefässe des Sprosses, konzentriert sich bei gleichbleibender Transpiration an den Blättern der Wasserfluss auf weniger leitfähige Gefässe. Die Saugspannung in diesen Gefässen nimmt zu, wodurch sich weitere Embolien bilden und sich danach der Wasserfluss auf noch weniger Gefässe konzentriert. Diese stehen dann unter noch höherer Saugspannung, um die Transpiration aufrechtzuerhalten. Ein Teufelskreis kommt in Gang, der schliesslich zur Blockade aller Gefässe führt.

So plausibel diese Kettenreaktion auch erscheinen mag, das Ziel der Untersuchungen von Tyree und Sperry stand nicht mit CODIT im Zusammenhang, und die beiden Forscher führten nur Untersuchungen an unverletzten Bäumen durch. Nach meiner Auffassung hätten Liese und Dujesiefken die Erkenntnisse von Tyree und Sperry durch eigene wissenschaftliche Untersuchungen an Bäumen mit Stammverletzungen überprüfen müssen. Solche Untersuchungen sind mir aber nicht bekannt. Jedenfalls fand ich keine Hinweise auf Veröffentlichungen, die den gängigen wissenschaftlichen Standards genügen.

#### Ist der Schutz der Gefässe vor Emboliebildung bei Verletzungen nötig?

Beim Lesen des zitierten Artikels (Tyree und Sperry 1988) fiel mir ausserdem auf, dass Liese und Dujesiefken einen wichtigen Aspekt ausgeblendet haben: Tyree und Sperry sehen in den ihrem Artikel zugrunde liegenden Untersuchungsergebnissen eine Bestätigung der «segmentation hypothesis» (Segmentationshypothese) von Zimmermann (Zimmermann 1983, Tyree und Zimmermann 2002). Nach dieser Hypothese bildet das Wasserleitungssystem von Gehölzpflanzen Redundanzen gegen Embolien, und wenn die Redundanzen nicht ausreichen, «opfern» sie zuerst die Leitungssysteme kleinerer Zweige an der Peripherie der Krone. Sie unterbinden damit die Transpiration und schützen so das Leitungssystem der dickeren Äste und des Stamms. Die Zweige an der Peripherie haben nach dieser Hypothese eine Sicherungsfunktion.

In einem weiteren Artikel (Tyree und Sperry 1989) erklären die beiden Autoren auch, warum Bäume lokale Verletzungen am Stamm von bis zu 50% des Querschnitts ihres Leitungssystems überleben: «Obwohl solch ein Schaden an Stämmen eine verminderte Leitfähigkeit verursacht, verursacht er keinen allgemeinen Abfall des Wasserpotenzials, zunächst weil die LSC\* im Stamm sehr hoch ist, und weil der Schaden auf eine kurze Distanz begrenzt ist.»<sup>2</sup> Frühere, von Zimmermann erwähnte Sägeexperimente (Zimmermann 1983, Tyree und Zimmermann 2002) zeigten dies ebenfalls.

Trotz solchen Hinweisen handelt es sich bei der Segmentationshypothese freilich noch um eine Hypothese, die weiterer Verifizierungen bedarf. Mich wundert dennoch, dass Liese und Dujesiefken sie nicht in Betracht gezogen und stattdessen (wie bereits zitiert) einfach geschrieben haben: «Betrachtet man die Reaktionen von Bäumen auf Verletzungen, kann man annehmen, dass der Baum in einem ersten Stadium beginnt, das Leitgewebe gegen eindringende Luft zu

<sup>1</sup> Originaltext: «Considering tree response to wounding, one can assume that in the first stage the tree starts to protect the conducting tissue against invading air and not against decay. The dehydration leads to compartmentalization. The discolored tissue may later be invaded by several microorganisms which will grow up to the reaction zone as newly formed periderm, but control of the inflow of air is the vital factor for compartmentalization. The structures created due to injury by physiological and biochemical processes act as protective structures, first towards invading air and in a second stage towards microorganisms. Tyree and Sperry [1988] modeled the dynamics of water flow and xylem blockage for four widely different species and concluded that all species operate near the point of catastrophic xylem failure due to dynamic water stress. Therefore the CODIT model has to be modified in a way where the D does not stand for Decay, but for Damage. Damage includes dysfunction and desiccation. Decay as the frequently following invasion of the discolored tissue by decay-causing fungi up to the protection zone is often only the last stage in this process ...»

<sup>2</sup> Originaltext: «Although such damage to trunks causes a decreased conductivity, it does not cause much of an overall drop in water potential because trunk LSC\* is very high to begin with, and the damage is localized to a short distance.»

\*Anmerkung: Die LSC «leaf specific conductivity» ist die Leitfähigkeit eines Sprosses im Verhältnis zur Gesamtfläche der von ihm versorgten Blätter. Je höher die LSC, desto weniger Saugspannung muss in den einzelnen Leitgefässen erzeugt werden, um die für die Fotosynthese notwendige Transpiration aufrechtzuerhalten.

schützen und nicht gegen Fäule.<sup>1</sup> (Seite 19 links)»  
Hätte man im Zusammenhang einer solchen Aussage nicht eingehender prüfen müssen, inwiefern bei Verletzungen der Schutz vor eindringender Luft für den Baum überhaupt überlebenswichtig ist?

**Inwieweit ist eine Abschottung gegen eindringende Luft überhaupt möglich?**

In ihrem Artikel «Wound Reactions of trees» (Liese und Dujesiefken 1996) heisst es auch: «Abschottung ohne Beteiligung von Pilzen sind Reaktionen des Parenchyms gegen eindringende Luft infolge einer Verletzung ...<sup>3</sup>» Die Autoren erklären anschliessend, wie Parenchymzellen durch Bildung von Thyllen oder durch Einlagerungen anderer Substanzen die Leitungsgefässe verstopfen und so die benachbarten Gefässe vor Lufteintritt und Embolien schützen. Wie lange die Parenchymzellen dafür brauchen, erklären Liese und Dujesiefken nicht.

Nun könnten Thyllbildungen und Substanzeinlagerungen allenfalls verhindern, dass Luft aus dem verletzten Gewebe über die Tüpfel zwischen den Gefässen in das intakte Leitungssystem eintritt und somit die von Tyree und Sperry beschriebene Kettenreaktion verstärkt. Bis Parenchymzellen Thyllen und Substanzeinlagerungen in den Leitgefässen bilden, vergehen jedoch Tage. Embolien blockieren Gefässe dagegen in wenigen Minuten (Tyree und Sperry 1989). Die Bildung von Thyllen und die Einlagerungen anderer Substanzen können daher die von Tyree und Sperry beschriebene Kettenreaktion von Emboliebildungen wahrscheinlich gar nicht abpuffern, geschweige denn verhindern. Sie laufen zu langsam ab. Sind Liese und Dujesiefken also einem Denkfehler aufgefressen?

Mir jedenfalls erscheint die Namensänderung von CODIT aus den verschiedenen hier dargelegten Gründen unhaltbar. Ich werde das D weiterhin nach Shigo mit «decay» bezeichnen und nicht mit «damage».

Die Bücher «Artenschutz und Baumpflege» und «Das CODIT-Prinzip» stelle ich dagegen vorerst in den Giftschrank, zusammen mit Veröffentlichungen anderer deutscher Baumphysiologen und -pathologen. Ich habe nämlich festgestellt, dass andere Autoren die Umbenennung von CODIT kritiklos akzeptiert und übernommen haben, z.B. Andreas Roloff in seinem Buch «Baumpflege» (siehe Auslese, Seite 42).

Die genannten Autoren haben alle hohe akademische Grade und bekleid(et)en leitende Positionen im Wissenschaftsbetrieb. Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Walter Liese leitete von 1963 bis 1991 das Institut für Holzbiologie der Universität Hamburg. Prof. Dr. Dirk Dujesiefken gründete 1990 das Institut für Baumpflege GmbH & Co. KG und ist Veranstalter der Deutschen Baumpflegetage in Augsburg. Prof. Dr. Andreas Roloff ist Professor für Forstbotanik an der Universität Dresden.

Solche Leute müssten den Unterschied zwischen guter und schlechter Forschung kennen und erkennen. Besonders im

Umgang mit bekannten Persönlichkeiten wie Alex Shigo und mit wegweisenden Konzepten wie dem CODIT-Modell darf man von ihnen erhöhte Sorgfalt erwarten, alleine wegen der Verantwortung gegenüber der Praxis. Die meisten Fachleute aus der Praxis haben nämlich weder die Zeit noch das nötige Detailwissen, die Inhalte wissenschaftlicher Veröffentlichungen Punkt für Punkt zu überprüfen. Sie verlassen sich auf deren Stimmigkeit und fällen ihre Entscheidungen auf deren Grundlage. In der Baumpflege betreffen solche Entscheidungen die Verkehrssicherheit. ■

**LITERATUR**

**Dietz M., Dujesiefken D., Kowol T., Reuter J., Rieche T., Wurst C. (2019)** Artenschutz und Baumpflege, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Haymarket Media, Braunschweig, 159 pp.

**Dujesiefken D., Liese W. (2008)** Das CODIT-Prinzip – Von Bäumen lernen für eine fachgerechte Baumpflege. Verlag Haymarket Media, Braunschweig, 159 pp.

**Liese W., Dujesiefken D. (1996)** Wound reactions of trees. In: Raychaudhuri SP, Maramorosch K [eds] Forest trees and palms. Diseases and control. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, Calcutta, pp 21–35

**Roloff A. (Hrsg.) (2019)** Baumpflege, 3., erweiterte Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 280 pp.

**Shigo A.L., Marx, H. G. (1977)** Compartmentalization of decay in trees. USDA For. Serv. If. Bull. 405, 73 pp.

**Shigo A.L. (1979)** Tree decay: An expanded concept. Agric. Bull. 419. 73 p.

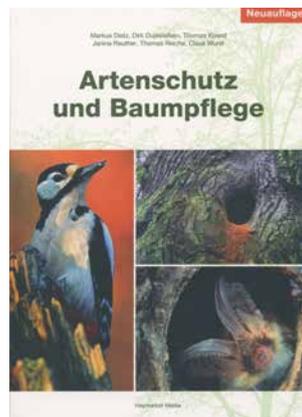
**Shigo A.L. (1984)** Compartmentalization: A conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. Ann. Rev. Phytopathology 22: 189–240.

**Tyree M.T., Sperry J.S. (1988)** Do plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic waterstress? Plant Physiology 88, 574–580.

**Tyree M.T., Sperry J.S. (1989)** The vulnerability of xylem to cavitation and embolism. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology 40, 19–38.

**Tyree M.T., Zimmermann M.H. (2002)** Xylem Structure and the Ascent of Sap, 2nd edition. Springer Verlag, Berlin, 283 p.

**Zimmermann M.H. (1983)** Xylem Structure and the Ascent of Sap. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 143 p.



Das im Verlag Haymarket erschienene Buch *Artenschutz und Baumpflege, 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2019*, ist ein Gemeinschaftswerk von Autoren verschiedener Fachrichtungen: Dr. Markus Dietz ist Geschäftsführer des Instituts für Tierökologie und Naturbildung, Prof. Dr. Dirk Dujesiefken leitet das Institut für Baumpflege in Hamburg, Dipl. Biol. Thomas Kowol ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem. Janina Reuther und Thomas Rieche sind Rechtsanwälte, Dipl. Biol. Claus Wurst ist freiberuflicher Umweltgutachter mit Spezialgebiet Holz. Das Kapitel über Baumhöhlen und CODIT haben Dujesiefken und Kowol verfasst.

<sup>3</sup> Originaltext: «Compartmentalization without involvement of fungi are reactions of parenchyma against the penetrating air following an injury...»