III. Beiträge

1. Baumwachstum und Höhlenbaumeister Schwarzspecht.

Helmuth Meidhof

Einleitung

Der Beitrag handelt von der Strategie der Natur, Kerben an Bäumen zu vermeiden um damit Schäden an der Struktur zu verhindern indem er adaptiv wächst. Weiter werden Überlegungen zum Höhlenbaumeister Schwarzspecht *Dryocopus nartius* angestellt. Im Exkurs wird die Anwendung des Baumwachstums in der Industrie dargestellt.

Wachstumsstrategie des Baumes

Risse und Brüche gehen von Stellen aus, die eine hohe Spannungskonzentration aufweisen. Die Konzentrationen entstehen an scharfen Übergängen bzw. Kerben. Es gibt viele Formen von Kerben. Theoretisch herrscht an einer unendlich scharfen Kerbe bei Belastung eine Spannungs-Singularität. Ein nicht definierter Zustand. Zum Glück gibt es aber keine unendlich scharfen Kerben in der Natur! Die potentiell zerstörerische Kraft, die von Kerben ausgeht illustriert Abbildung 1. Das Mauerwerk ist allerdings sehr spröde im Gegensatz zum Baum.

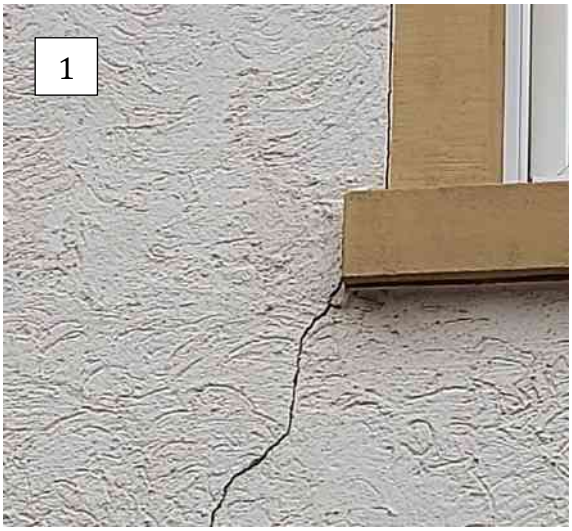

Abb. 1: Rissbildung ausgehend von einer scharfen Kante (Kerbe) im Mauerwerk.

Wie schafft es ein Baum, Kerben zu vermeiden? Die Strategie besteht darin, an hochbelasteten Stellen gezielt zu wachsen und so die Belastung auf einen größeren Querschnitt zu verteilen – quasi ein angepasstes Wachstum. Immer an der richtigen Stelle, und nur so viel wie nötig. Das Wachstum wird so lange fortgeführt, bis die Spannungen abgebaut sind. Der Baum erfüllt die Kriterien Leichtbau und Materialminimierung. Der Baum hat gelernt, Ecken und Kerben zu vermeiden, indem er einen speziellen Radienverlauf ausbildet. Damit wird eine gleichmäßige Spannungsverteilung erreicht. Die gleiche Wachstumsstrategie wird auch bei Baumschäden angewendet, wie sie z. B. durch Astbrüche oder bei sonstigen Verletzungen entstehen.

Professor Claus Mattheck vom Forschungszentrum Karlsruhe mit Institut für Materialforschung hat durch langjährige Baumbeobachtung sein berühmtes „Zugdreieck“ entwickelt, welches die von der Natur geschaffenen Radienübergänge sehr gut beschreibt. Dazu benötigt man noch nicht einmal ein Computerprogramm. Die Kontur des Zugdreiecks ist der Schlüssel, um Spannungskonzentrationen zu vermeiden.

Das dargestellte „Zugdreieck“ (ergibt sich bei Zugbeanspruchung) (Abbildung 2) ist eine Konstruktionsvorschrift nach Claus Mattheck, die die von der Natur geschaffenen Radienübergänge an Kerben nachempfindet. Beginnend mit einem 45 Grad Dreieck werden Bögen geschlagen

vom Linienende mit dem Radius der Linienhalbierenden. Die Schnittpunkte des Radienbogens werden durch eine Linie verbunden und das darüber liegende Dreieck entsteht. Weitere Dreiecke werden analog gezeichnet. Mehr als 3 Dreiecke sind meist nicht nötig. Die entstandene Kontur wird geglättet und es entsteht die gewünschte Übergangskontur. Es sei erwähnt, dass eine Verrundung durch einen konstanten Radius (Kreisauschnitt) zwar eine Verbesserung der Spannungssituation erreicht, aber spannungstechnisch nicht das Optimum darstellt.

Beispiel 1: Baumstamm in Bodennähe.

In diesem Beispiel wird das Zugdreieck verglichen mit der Baumkontur. Bäume sind am Übergang des Stammes zum Boden hin speziell geformt. Ein Baum, der in Bodennähe ohne diese Übergangskontur zu den Wurzeln hin in die Erde wachsen würde, könnte brechen. In Abbildung 3 ist das Zugdreieck eingezeichnet und man stellt eine verblüffende Übereinstimmung der Kontur des Zugdreieckes mit der des Baumes fest. Diese Kontur kommt universell in der gesamten Natur vor.

Abb. 3:

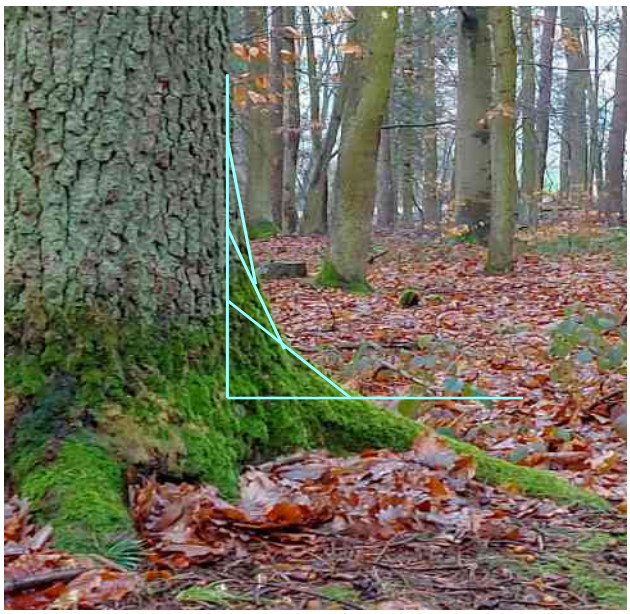

Abb. 2:

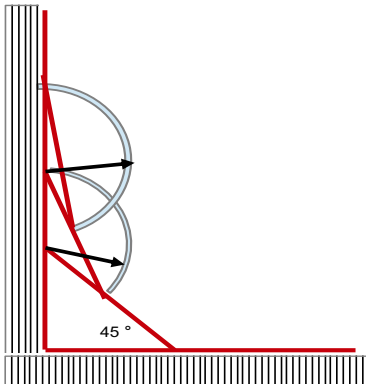

Abb. 2: Konstruktion eines „Zugdreiecks“ nach Claus Mettheck. Zeichnung: H. Meidhof.

Abb. 3: Baumstamm-Kontur am Übergang zum Boden verglichen mit dem Zugdreieck. Nachempfunden nach C. Mattheck. Bearbeitung: H. Meidhof.

Beispiel 2: Astgabel

Die Astgabel besitzt eine ganz spezielle Ausrundung, quasi ein Design der Natur in Vollendung. Die Zugdreiecke sind eingezeichnet und passen ebenso wieder perfekt zur Kontur der Gabel (Abbildung 4). Auch mit modernen Analysewerkzeugen der Industrie (spezielle Computerprogramme nach der „Methode der Finiten Elemente“) kann man das Design nachrechnen und nur noch staunen, wie perfekt der Baum die Spannungen in Stammquerschnitten vergleichmäßigt.

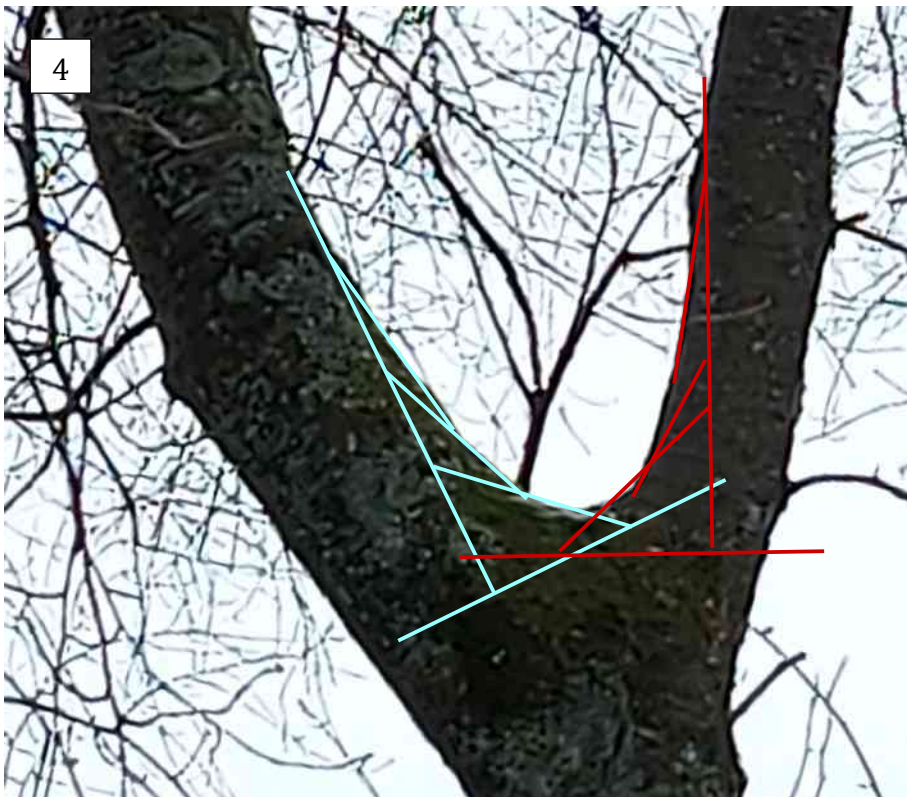

Abb. 4: Astgabel mit Zugdreieck nach C. Mattheck. Foto und Bearbeitung: H. Meidhof.

Beispiel 3: Einflugloch und Schwarzspecht-Höhle

Zum Glück hackt der Specht keine viereckigen Einfluglöcher in den Stamm, sondern geht formoptimiert vor. Der über der Höhle stehende Baumrest mit Wipfel könnte wegen der Kerbwirkung an dieser Stelle abbrechen. Der Specht hält sich also auch an die Regel der optimierten Radienübergänge, wie man an den eingezeichneten Zugdreiecken erkennen kann (Abb. 5).

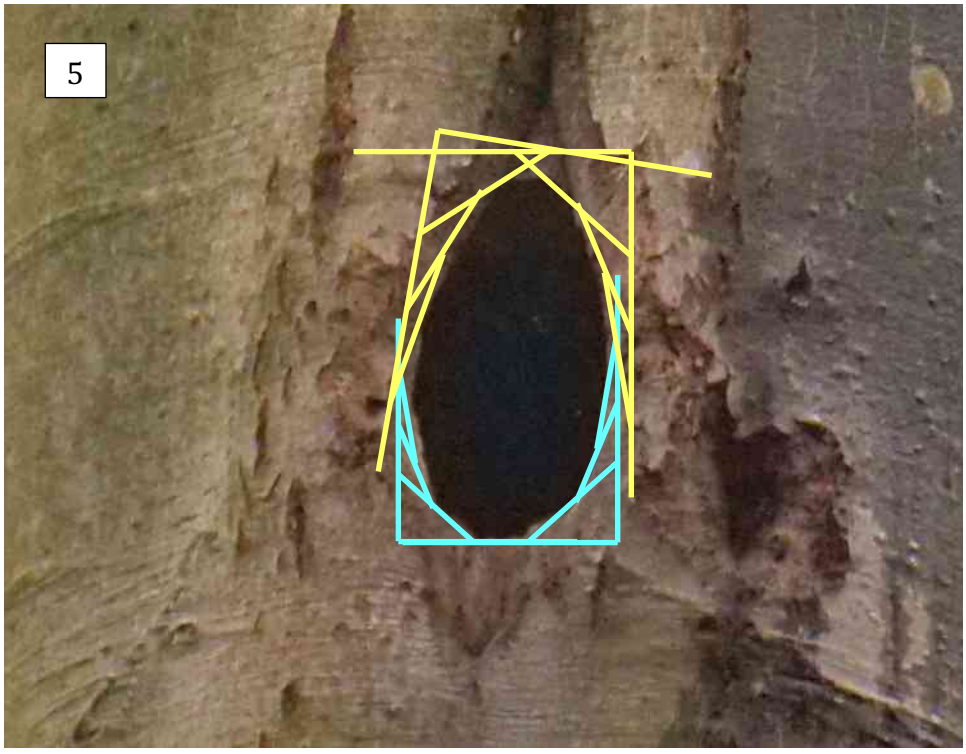

Abb. 5: Einflugloch mit Zugdreiecken nach C. Mattheck. Bearbeitung: H. Meidhof.

Der Specht als Baumeister

Selbstverständlich ist davon auszugehen, dass auch im Inneren der Höhle die Radien angepasst sind. Sie stellt für den Baum eine gewaltige Kerbe dar und kann bei falscher „Ausführung“ eine Schwachstelle sein. Ein Versagen des Baumes an dieser Stelle wäre sehr wahrscheinlich. Zudem ist der Stamm durch den Höhlenausgang durchbrochen und damit zusätzlich geschwächt.

In einer Publikation „Entwicklung und Veränderung von Schwarzspecht-Höhlenbäumen zwischen 1997 und 2007 im östlichen Schurwald (Baden-Württemberg)“ von Luis G. Sikora konnte ein Bild eines Querschnitts einer noch intakten Höhle gefunden werden (Abbildung 6). Wieder sind die Radien perfekt gezimmert.

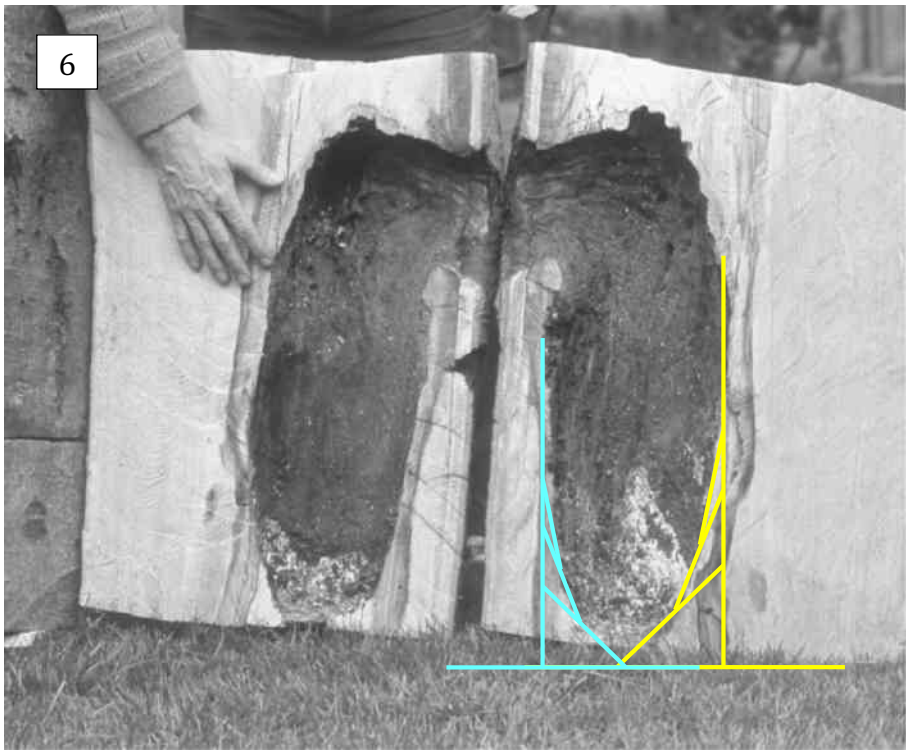

Abb. 6: Photo einer Schwarzspecht-Höhle, entnommen aus einer Publikation von Luis Sikora aus dem Schurwald. Zugdreiecke eingefügt von M. Meidhof.

Exkurs

Letztendlich dienen die Kenntnisse des natürlichen Wachstums der Bäume dazu, hochbelastete und häufigen Lastwechseln unterzogene technischen Bauteile zu optimieren. Auch hier gilt es Leichtbau, Materialminimierung und Langlebigkeit zu erwirken (Fachbegriff Bionik).

Es gibt spezielle CAO Computerprogramme, die das adaptive Baumwachstum simulieren (Computer Aided Optimization). Ein Variante eines solchen Programmes soll erläutert werden. Es verwendet intern die Zugdreiecke zur Spannungsoptimierung. Für die Gestalt- oder Topologieoptimierung werden die Spannungen in der gesamten Struktur berechnet. Diese Spannungen werden im weiteren Schritt als geeignete fiktive Wärmelast auf die Struktur aufgebracht. Je höher die Spannung um so höher ist die fiktive Temperatur. In einer bestimmten Schichtstärke an der Außenhaut, quasi dem Kambium, wird eine Schicht definiert, die wachsen darf. Der Rest bleibt unverändert. Es folgt eine Wärmeübertragungsberechnung, bei der die Wärmeausdehnungen ermittelt werden. Die Wärmeausdehnung steht in einem linearen Zusammenhang zur Temperatur. Bei höheren Temperaturen wächst das Material stärker als bei niedrigen. So wird das adaptive Wachstum des Baumes nachgestellt. Die neu entstandene aufgedickte Struktur wird übernommen und erneut einer Spannungsanalyse unterzogen. Anhand der Spannungsverteilung wird entschieden, ob die gegebenen Abbruchkriterien erfüllt wurden. Falls nicht -

geht es iterativ weiter. Weitere Wärmeausdehnungsberechnung und Spannungsberechnung folgen, bis nach Erreichen der Abbruchkriterien eine optimierte Struktur entstanden ist.

Diskussion

Bei der Baumsuche muss der Specht einen Mindeststammdurchmesser wählen (nach Sikora im Durchschnitt 67cm). Einmal der Festigkeit wegen, aber er sollte auch tunlichst nicht das wasserführende Splintholz beschädigen, sondern im Kernholz bleiben. Ohne Wasserzufuhr stirbt der Baum und so kann er einfach weiter wachsen. Der Specht sucht sich pilzbefallene bzw. im Inneren geschwächte Bäume aus, die er durch sein Klopfen ausfindig machen kann. Oder er nimmt schon vorhandene Schwachstellen wie Astlöcher, um leichter die Höhle zimmern zu können. Weiter muss der Specht sich überlegen, in welcher Höhe über dem Boden die Höhle gehämmert werden soll. In Bodennähe wäre es fatal, da hohe Momente auftreten können, verursacht durch Windlasten oder Schrägstellung des Baumes, und weil Fressfeinde wie der Baummarder leichter hingelangen könnten. Weiter oben wird der Stamm irgendwann zu dünn oder die Krone beginnt. Sikora fand bei seiner Studie Spechthöhlen in einer Höhe zwischen 5,6 und 15,2 m vor, im Mittel bei 11,3 m. Zudem ist es für den Specht wichtig, unterhalb der Höhle kein Äste zu haben, um dem Habicht oder Mäusebussard zu entkommen, indem er sich nach unten fallen lässt. Sikora berichtet, wie schon vermutet, dass einzelne Bäume irgendwann am Höhleneingang knicken können.

Ein Schwarzspecht ist natürlich nicht in der Lage zu beurteilen, was kerboptimierte Bauweise eigentlich bedeutet und ob die Stabilität der Baumstruktur durch den Höhlenbau gefährdet ist. Das hat sich im Laufe der Evolution wie von selbst herausgebildet. Nicht optimiertes Design ist ausgestorben. Jedenfalls beherrscht der Vogel den komplexen Prozess des Höhlenbaus perfekt.

Für den Specht wird es immer schwieriger solch dicke Bäume zu finden, da der Erntedurchmesser meist vorher erreicht ist und der Baum entnommen wird. Um so wichtiger ist es, Biotopbäume zu markieren. Sehr wichtig wäre es auch, den Bestand an dicken Bäumen für die Zukunft zu sichern und zu erhöhen z. B. durch Ausweisen von Naturreservaten, in denen die Bäume noch wachsen dürfen, wie sie wollen. Im Spessart gibt es nur noch wenige naturbelassenen Reservate, wie den „Metzgergraben, „Eichhall“ und „Rohrberg“. Hier finden sich noch sehr alte Bäume. Gerade im Spessart wurde aber eine Chance vertan, zusätzliche Teile davon als Nationalpark auszuweisen. Sehr erfreulich hingegen ist die kürzliche Ausweisung des Irtenberger Forsts bei Würzburg als Naturwaldreservat.[1]

Vielleicht sollten wir beim nächsten Waldspaziergang einmal mit nun geschultem Auge auf Bäume und die Natur blicken, um „Übergangsradien“ zu entdecken und die Zugdreiecke im geistigen Auge anzuwenden. Man findet sie überall.

Photonachweis
H. Meidhof: Abb. 1, 3, 5.
L. Sikora: Abb. 6.

Literatur

Konstruktion der Zugdreiecke
https://publikationen.bibliothek.kit.edu/220072961/3815308

[1] Laura Steinbach et al: Der Naturwald „Irtenberger Wald“ – natürliche Waldentwicklung als integraler Baustein der Naturschutzstrategie am Forstbetrieb Arnstein der Bayerischen Staatsforsten. OAG Unterfranken Jahrbuch 2020. S. 125.

Informationen zu den Zugdreiecken findet man in der Publikation Konstruktionspraxis 5/2008
https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/von-zugdreiecken-und-zwergradien-a-612542/

Luis G. Sikora: Entwicklung und Veränderung von Schwarzspecht-Höhlenbäumen zwischen 1997 und 2007 im östlichen Schurwald (Baden-Württemberg).

J. Sörensen: Untersuchungen zur Vereinfachung der Kerbformuntersuchung. Dissertation.

Claus Mattheck: Warum alles kaputt geht. Form und Versagen in der Natur
Design in der Natur. Der Baum als Lehrmeister.

Im Ruhestand fand Helmuth Meidhof eine neue Aufgabe in der Vogel- und Naturbeobachtung und wurde so zum Hobby-Feldornithologen.
Beruflich beschäftigte sich Helmuth Meidhof neben konstruktionstechnischen Aufgaben auch mit komplexen Fragestellungen der Strukturmechanik und der Strömungstechnik mit Hilfe moderner computerunterstützten Analyseverfahren. Die Liebe zur Mathematik schlägt sich auch bei seiner Beschäftigung mit der Natur nieder.

2. Grauspecht *Picus canus*

Helmuth Meidhof

Einleitung
Der Grauspecht ist im Arbeitsgebiet der OAG Unterfranken eine eher seltene Spechtart, die gegenüber dem Grünspecht zurücktritt (Bandorf und Laubender 1982)[1]. Aber stellenweise, nämlich um Aschaffenburg, kommt er etwas häufiger vor (Wüst). Die folgenden Beobachtungen zu Vorkommen und zur Brutbiologie stammen auch aus dem Großostheimer Wald, Ortsteil Pflaumheim/Landkreis Aschaffenburg und Schaafheimer Wald/Hessen Landkreis Darmstadt-Dieburg.

Beobachtungen zur Abundanz und Verhalten
Die bisherigen Erfahrungen legen nahe, dass der Grauspecht ein schwer zu beobachtender Geselle ist. Häufig bemerkt er Beobachter sehr schnell und versteckt sich hinter den Bäumen und wenn er will, bekommt ihn Niemand zu Gesicht. Er kann sehr stumm in den Bäumen vor Ort sein und nur durch einen Zufall entdeckt werden. Aber er kann auch ausdauernd rufen. Selbst dieses Rufen auch in unmittelbare Nähe ist keine Gewähr ihn zu Gesicht zu bekommen. Das Gegenteil ist aber auch nicht ausgeschlossen, denn trotz lärmender Kinder mit Erwachsenen ließ er sich nicht davon abhalten direkt daneben zu rufen. Wenn man einen Grauspecht per Zufall erblickt, dann meist wie in Abb. 1 ziemlich weit weg und äußerst vorsichtig agierend.

Abb. 1: Grauspecht im Schaafheimer Wald.16.03.2020.

Abb. 2: Grauspecht im Pflaumheimer Wald. 18.03.2021.

[1] W. Wüst: Avifauna Bavariae. II. S. 882.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft in Unterfranken Region 2

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: 2021

Autor(en)/Author(s): Meidhof Helmuth

Artikel/Article: III. Beiträge. 1. Baumwachstum und Höhlenbaumeister Schwarspecht 76-81