Methoden der Baumkronen-Forschung im Wald

Methods of Forest Canopy Access and Case Studies of Their Applications to Research

von Margaret Lowman

Zusammenfassung

Bis vor kurzem beruhte unser Wissen über den Wald nahezu ausschließlich auf Beobachtungen vom Boden aus. Mit dem Aufkommen von Zugangstechniken zu Baumwipfeln hat sich die Baumkronen-Forschung zu einer neuen Perspektive für die Wissenschaft entwickelt. Wichtige Umweltthemen wie Artenvielfalt, Klimawandel und Waldgesundheit können durch den Zugang zum Kronendach besser verstanden werden. Eine Verbindung von Zugangstechniken zur Baumkrone, Bildungsprogrammen und Naturschutz als neues Rüstzeug für die Erkundung unserer Wälder könnte zu einem verantwortungsvolleren Umgang mit den Wäldern der Erde führen.

Summary

Until recently, our knowledge of forests was based almost entirely on ground-based observations. With the advent of methods to access the treetops, canopy science is now an emerging frontier of exploration and research. Important environmental issues such as biodiversity, climate change, and whole-forest health are better understood as a result of canopy access. The integration of canopy access methods, education outreach and conservation as a new tool kit for forest exploration may lead to better stewardship of the world's forests.

1 Einleitung

Auch nach einer nahezu vierzigjährigen Entwicklung stellt die Baumkronen-Forschung noch immer ein neues Gebiet dar, das sowohl Abenteuer als auch neue Entdeckungen verspricht (Moffet & Lowman 1995; Lowman et al. 2012). Anfangs wurden Techniken wie Schleudern, Seile und einfache Geräte verwendet, heute verfügen wir jedoch über große Netzwerke aus Kränen, Türmen, Stegen und Drohnen, die uns ermöglichen, eine gründlichere Datenerhebung vorzunehmen und unser Wissen über die Dynamik des Kronendachs der Wälder zu vergrößern.

Wichtige Umweltthemen wie Klimawandel, Artenvielfalt und Umweltschutz sowie Wechselwirkungen der Wälder insgesamt haben neue Forschungsprojekte im Kronendach angestoßen, etwa den Vergleich zwischen Unterholz und Kronenraum oder zwischen schattigen und sonnigen Bereichen – sowohl im großen wie im kleinen Maßstab. Die Baumkronen-Forschung ist also zu einem wichtigen Bestandteil der weltweiten Umweltbeobachtung geworden. In diesem Artikel werde ich einige Fallbeispiele untersuchen und die jüngsten Fortschritte auf vier wichtigen Gebieten der Kronenforschung aufzeigen:

- Techniken
- Artenvielfalt
- Prozesse
- Bildungskampagnen

Mit der ständigen Weiterentwicklung der Zugangstechniken zur Baumkrone sind die Baumwipfel in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht zu einer treibenden Kraft für die Nachhaltigkeit geworden, indem sie

wissenschaftliche Forschung mit Bildung, Wirtschaft, menschlicher Gesundheit und dem Schutz der Artenvielfalt verbinden.

2 Fortschritte bei den Methoden zur Untersuchung des Kronendachs

Fast 200 Jahre lang haben die meisten Forstwirte Bäume untersucht, indem sie vom Waldboden aus nach oben geschaut haben. Sie schätzten die Holz- und Baumgesundheit ab und versuchten sogar, Vogelschwärme vom Boden aus zu zählen. Das ist beinahe so, als würde ein Arzt den Gesundheitszustand eines Menschen einschätzen, indem er nur die Zehen untersucht. In den Siebzigerjahren begannen Biologen, Schleudern und Seile zu verwenden und entwickelten so spezielle Techniken zur Untersuchung der Baumwipfel. Aufgrund ihrer Untersuchung der Bäume „Arbonauten" genannt (ähnlich Astronauten, die den Weltraum untersuchen), wandten Lowman in Australien im Jahr 1979 (Lowman 1984) und Perry in Costa Rica (Perry 1987) zur gleichen Zeit die ersten offiziellen auf einem Seil beruhenden Zugangstechniken (SRT = Single Rope Technique) für die langfristige ökologische Forschung in Bäumen an (Abbildung 1). Gleichzeitig erwiesen sich andere, relativ kostengünstige Methoden wie beispielsweise Leitern, Baum-Plattformen und Ferngläser als nützlich für Studenten mit geringen Mitteln.

Mitte der 1980er Jahre baute Lowman mit Kollegen im Lamington Nationalpark, Australien, den ersten pfahlgestützten Baumwipfelpfad, um Forschung und Ökotourismus in den subtropischen Baumkronen Australiens zu fördern (Lowman 1999). Der erste Baumwipfelpfad in Nordamerika wurde im Jahr 2000 mit derselben Konstruktion im Myakka River State Park errichtet (Abbildung 2) und er hat die Besucherzahlen von Bürgern, die die Welt der Baumkronen genießen wollen, fast verdreifacht (Lowman 2009).

Nahezu zeitgleich mit der Eröffnung des ersten Baumwipfelpfads in Australien baute der Ingenieur Illar Muul im Lambir Nationalpark in Südostasien einen durch Baumstämme gestützten Baumwipfelpfad und errichtete dann, beinahe zehn Jahre später, in der Nähe von Iquitos, Peru, mithilfe derselben Konstruktionstechnik den längsten Wipfelpfad der Welt (Abbildung 3). Diese beiden Bauweisen – als Pfahlbau oder auf Bäume gestützt – sind noch immer die am weitesten verbreiteten bei heute 25 Baumwipfelpfaden weltweit, die sich der Forschung und dem Ökotourismus verschrieben haben (Lowman et al. 2012). Es gibt für Touristen noch weitaus mehr Pfade, jedoch nur wenige, die insbesondere für Forschungs- und Bildungszwecke errichtet wurden. Der neueste Baumwipfelpfad dieser Art, der sich im She-pah-Nationalpark in Taiwan befindet, öffnete im April 2014 und lädt seitdem in diesem asiatischen Land zur Erkundung des Kronendachs sowie zum Lernen und Forschen ein.

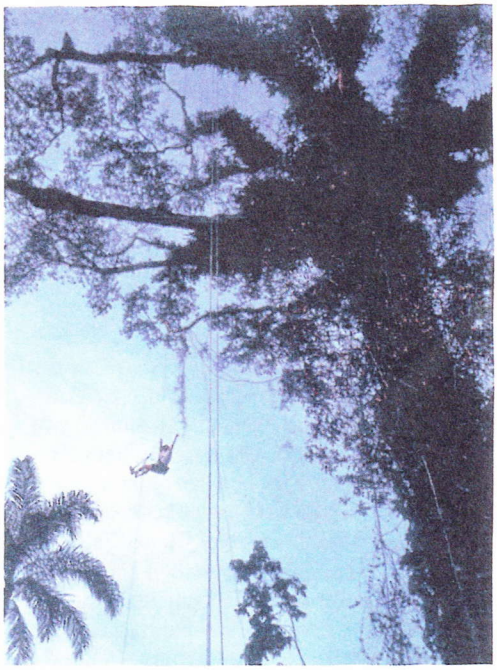


Abbildung 1: Meg Lowman wendet Einseiltechniken an, um am Amazonas, Peru, einen Kapokbaum zu erklimmen.

Nach dem Aufkommen von Baumwipfelpfaden in den Achtzigerjahren setzte Alan Smith vom Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) im Jahr 1990 den ersten Baukran zur Erforschung von Baumkronen in Panama ein. Seitdem wurden und werden weltweit immer mehr Baumkronen-Kräne eingesetzt; derzeit besteht ein Netzwerk von etwa zehn Kränen, von China

Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., S. 111–121, ISBN 978-3-87815-263-7

bis Deutschland. Spezielle Verfahren, etwa für die Messung der Pflanzenfresser (Shaw et al. 2006), der Kohlenstoffaufnahme (Körner et al. 2005) und selbst für die experimentelle Entfernung von Insektenfressern (Echsen) (Dial & Roughgarden 1995, 2004) wurden entwickelt, um die Replikation ökologischer Versuche an verschiedenen Standorten zu ermöglichen. Im Gegensatz zu einem Baumwipfelpfad ist der Erwerb und Betrieb von Kränen jedoch sehr kostenaufwändig und bietet wenig Nutzen für den Ökotourismus; ihre Anwendung in Entwicklungsländern kann also nur schwerlich ohne erhebliche internationale Finanzierung stattfinden.

Seit einigen Jahren nutzen Baumkronen-Biologen innovative Kombinationen aus verschiedenen Forschungsgeräten, um viele Meter über den Waldboden hinauszugelangen. Körner et al. (2005) verwendeten einen Kran und zusätzlich mobile Analysegeräte, um in Wäldern der gemäßigten Zone in der Schweiz die Reaktion des Kronendachs auf einen erhöhten Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre zu untersuchen. An einem weiteren Kranstandort in Europa in der Nähe von Leipzig haben Szarzynski & Shaw (2005) mittels Infrarotfotografie, auch Wärmebildtechnik genannt, das Licht in der Baumkrone gemessen (Abbildung 4).

In einem dritten innovativen Feldversuch, bei dem Türme, Laufstege und Kunststoffplatten über der Baumkrone zum Einsatz kommen, wird in einem Experiment eine Dürre im tropischen Regenwald des Amazonastieflands simuliert, indem Daniel Nepsted und sein Team (Cattânio et al. 2002) das Klima an der Schnittstelle zwischen Baumkrone und Atmosphäre manipulieren. Unter Verwendung einer Kombination aus einem Heißluftballon, einem aufblasbaren Floß, Seilen und einem Baukran koordinierte Yves Basset vom Smithsonian Tropical Research Institute die erste umfassende, kollaborative Studie über die Arthropoden des Kronendachs in einer vertikalen Säule im tropischen Wald von Panama (Didham & Fagan 2003). In späteren Expeditionen wurde an anderen Standorten ein ähnlicher Ansatz mit vertikalen Säulen verfolgt (Abbildung 5). Baumwipfelpfade in Peru haben einen bisher nie dagewesenen Zugang zu Bromeliengewächsen eröffnet, sodass die Artenvielfalt in ihren



Abbildung 2: Baumwipfelpfad im Myakka River State Park, Florida – der erste öffentlich zugängliche Baumwipfelpfad Nordamerikas



Abbildung 3: Baumwipfelpfad des Amazon Center for Tropical Studies in der Nähe des Río Napo, Peru

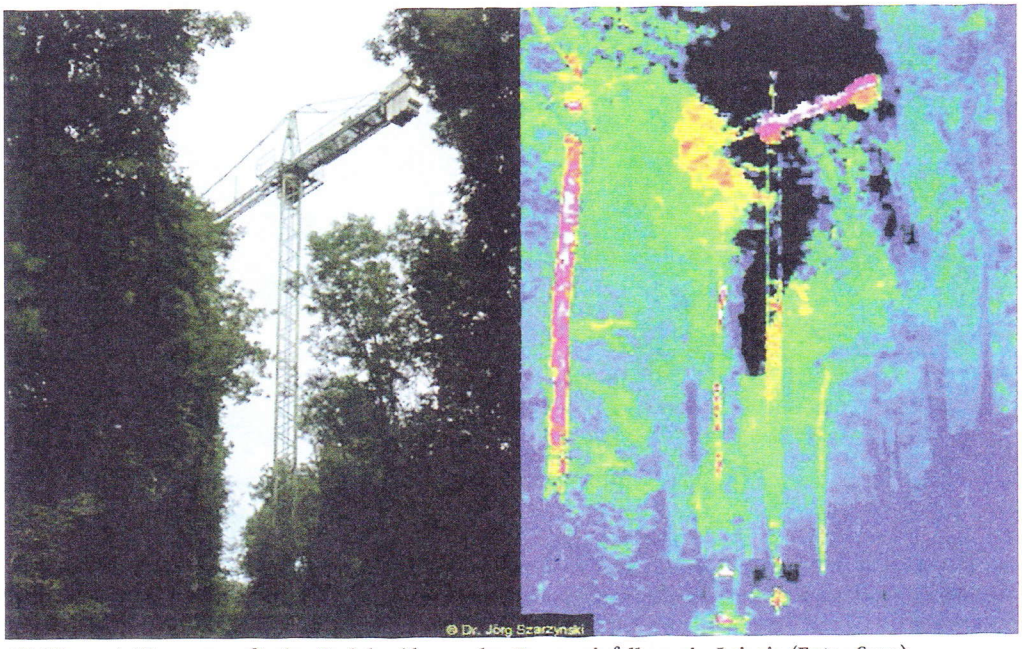


Abbildung 4: Thermografie des Nadelwalds um den Baumwipfelkran in Leipzig (Foto: SHAW)

Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., S. 111–121, ISBN 978-3-87815-263-7

als Mikroteiche fungierenden Trichtern untersucht werden kann (z. B. Burgess et al. 2003).

In den USA setzt das großangelegte Netzwerk der US National Science Foundation, das National Ecological Observatory Network (NEON), zur Dokumentation und Prognose von Veränderungen in Ökosystemen in regionalem und kontinentalem Ausmaß eine Reihe von Überwachungsinstrumenten ein, unter anderem Kräne, Türme, Sensortechnologien, Miniatur-Analyseinstrumente sowie ferngesteuerte Kameras. Zusätzlich zur Forschungstätigkeit wird durch das NEON-Programm die naturwissenschaftliche Bildung für Bürger, Schüler und politische Entscheidungsträger verbessert sowie die Öffentlichkeitsarbeit gepflegt. Die Baumkronen-Forschung mithilfe der durch das NEON-Programm entwickelten Mittel hat das Potenzial, eine neue Generation von Kronenforschern zu begeistern, die das Netzwerk in Zukunft nutzen werden.

Eines der neusten Hilfsmittel aus der Luft für Baumkronenuntersuchungen ist die Anwendung von LIDAR (Light Detection and Ranging – Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung) aus einem Flugzeug. Am Carnegie Institute an der Stanford Universität in Kalifornien zeichnen Greg Asner und sein Team nicht nur die Gesundheit des Blätterdachs der Baumkrone auf, sondern bewerten auch die Böden sowie die Kohlenstoffspeicherung und andere Aspekte der Gesamtwaldgesundheit auf Grundlage von Luftbildvermessungen (Asner 2009; Lowman 2018). Eine Kombination aus „Bodenwahrheit"-(Ground-Truth)-Datenerhebung durch Seiltechniken und Baumkronenpfade und der neuen Luftbildvermessung gesamter Wälder verspricht außergewöhnliche Informationen zu Walddynamik und -gesundheit.

Eine weitere neue Anwendung im Werkzeugkasten der Baumkronen-Forschung sind Drohnen, die es ermöglichen, sich leicht einen Überblick über die Baumwipfel zu verschaffen, ohne klettern zu müssen. In der Zukunft könnten Drohnen bei der Ermittlung von Re-



Abbildung 5: Im IBISCA-Projekt angewandte Zugangstechniken zur Baumkrone, im Uhrzeigersinn von links oben: Baumkronenkran (Ansicht aus Führerhaus), Baumkronenballon, Benebeln der Baumkrone, Ikos (Baumplattform), Einseiltechniken und Baumkronenfloß (Fotos: IBISCA)



Kinder, für die es eine wahrhaft richtungsweisende Erfahrung sein kann, solche Bilder auf einem mobilen Gerät zu sehen (Abbildung 6).

3 Studien zur Artenvielfalt in der Baumkrone

Das Kronendach sowie die Böden in einem Wald sind für die Kohlenstoffspeicherung, die Klimastabilität sowie die Nährstoffdynamik von entscheidender Bedeutung, jedoch ist immer noch wenig bekannt, dass sie auch als Lebensräume für eine vielfältige Zahl von spezialisierten Organismen dienen, die diese Vorgänge steuern (Bawa et al. 2004). In der Geschichte der Erforschung des Kronendachs haben die meisten Baumforscher ihren Schwerpunkt auf die Untersuchung der Artenvielfalt in den Baumwipfeln gelegt. Dieser Trend setzt sich auch im 21. Jahrhundert weiter fort, jedoch gibt es hinsichtlich der Verfahren zur Datenerhebung und -speicherung große Fortschritte. Systematiker haben ihre Rolle z. B. insofern verändert, als dass sie neue Spezies nicht mehr nur zählen und beschreiben, sondern neue Technologien verwenden, um zu sammeln, zu kuratieren, zu klassifizieren, Verhalten und Wechselwirkungen zu beobachten und Sammlungen von Ameisen über Vögel bis hin zu Bärtierchen zu digitalisieren, sodass sie weltweit verfügbar sind.



Abbildung 7: Artenvielfalt, die über den Zugang zum Kronendach entdeckt wurde.

Auf der 4. Internationalen Baumkronen-Tagung, der International Canopy Conference in Leipzig im Juli 2005, wurden in 42 von 87 Vorträgen neue Erkenntnisse zur Artenvielfalt in der Baumkrone vorgestellt (Abbildung 7); in 29 dieser 42 Vorträge ging es um Arthropoden. (Anmerkung: Diese Zahl betrug bei der 6. Internationalen Tagung in Mexiko 2012 nur noch die Hälfte). Beispielsweise deutete die Arbeit mit Parataxonomen in Guyana im Zuge einer größer angelegten Studie zur Auswirkung des Öffnungsgrades der Baumkrone auf pflanzenfressende Insekten (Basset et al. 2001; Didham & Fagan 2003) darauf hin, dass ausgewachsene Bäume im Vergleich zu Keimlingen/Schössslingen derselben Art einer jeweils unterschiedlichen pflanzenfressenden Fauna einen Lebensraum bieten.

Diese Beobachtungen wurden in Panama mit einem besseren Zugang zur Baumkrone bestätigt und zeigten außerdem, dass die hohe Lichteinstrahlung im oberen Kronendach im tropischen Regenwald zu einem steilen, vertikalen Temperatur- sowie relativen Feuchtigkeitsgefälle führt (Basset et al. 2001).

Im Gegensatz dazu ist das Gefälle in den Wäldern der gemäßigten Zone weniger steil; wodurch die größere Artenvielfalt im tropischen Regenwald teilweise erklärt werden könnte. Tropische Arthropoden sind möglicherweise im Hinblick auf Ressourcennutzung weniger spezialisiert als bisher angenommen; im Hinblick auf Habitatnutzung könnten sie jedoch stärker spezialisiert sein (Basset et al. 2001). Sollten die Wechselwirkungen zwischen Insekten und Pflanzen in den Tropen nicht so hochspezialisiert sein wie bisher angenommen, sind globale Schätzungen über Artenreichtum wohl überhöht (Novotny et al. 2002).

4 Abläufe in der Baumkrone – Ein ganzheitlicher Top-Down-Ansatz zur Betrachtung von Ökosystemen

Das Kronendach repräsentiert einen der wichtigsten Faktoren für die soziale, ökonomische und biologische

Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., S. 111–121, ISBN 978–3–87815–263–7

Bewertung globaler Veränderungen (z. B. Lamb et al. 2005; Lowman et al. 2014). Die wachsende Anzahl von Möglichkeiten zur sicheren, reproduzierbaren Baumkronen-Forschung hat umfassende Studien über Prozesse im Wald ermöglicht. Zwei Fallstudien – Langzeitstudien über Pflanzenfresser sowie ihre unterschiedliche Ausprägung in den unterschiedlichen Schichten der Baumkrone sowie experimentelle Studien über Klimaveränderungen an der Schnittstelle zwischen Baumkrone und Atmosphäre – veranschaulichen die übergeordnete weltweite Bedeutung sorgfältiger Baumkronen-Forschung.

Pflanzenfresser in der Baumkrone wirken sich auf ökologische Prozesse aus, die sich bis hinunter zum Waldboden und weiter fortsetzen. Im Hinblick auf Wassereinzugsgebiete wirkt sich die Entlaubung der Baumkrone unter anderem auf Veränderungen im Nährstoffkreislauf und auf den Nährstoffentzug aus. Es ist klar, dass die Verfügbarkeit und der Verlust von Nährstoffen aller Wahrscheinlichkeit nach die nachfolgende Produktivität des Waldes sowie der Ökosystemleistungen beeinflussen. Niederschlag, der durch das Kronendach eines Waldes strömt, spült Teilchen und gelöste Stoffe aus oberirdischen Pflanzenteilen aus und transportiert sie zum Waldboden. Die chemische Zusammensetzung dieses Niederschlags kann sich durch das Blattwerk ändern, vor allem durch erhöhte Nährstoffauswaschraten aus befressenen Blättern und die Auflösung von Insektenexkrementen (Fäkalien). Die Aktivität von Pflanzenfressern kann beispielsweise kurzfristig die Geschwindigkeit der Stickstoffumsetzung sowie die Primärproduktion erhöhen (z. B. durch den Eintrag von Exkrementen), während sie langfristig dazu führt, dass beide abnehmen (z. B. durch Selektion von Pflanzenteilen mit chemischer Abwehr, die langsam verrotten) (Uriarte 2000).

Mit den neuen Zugangstechniken zur Baumkrone konnte die Aktivität von Pflanzenfressern im Wald mit etwa 20-30 % Blattflächenverlust pro Jahr beziffert werden (Abbildung 8). Dies stellt gegenüber früheren Studien, die auf Messungen im Unterwuchs beschränkt waren, einen Anstieg um das Vierfache dar (Lowman & Lowitt 2005; Lowman et al. 2006; Lowman et al. 2012). Einige der deutlichsten Hinweise darauf, dass sich Pflanzenfresser in der Baumkrone auf die Geschwindigkeit des Nährstoffkreislaufs in den Böden

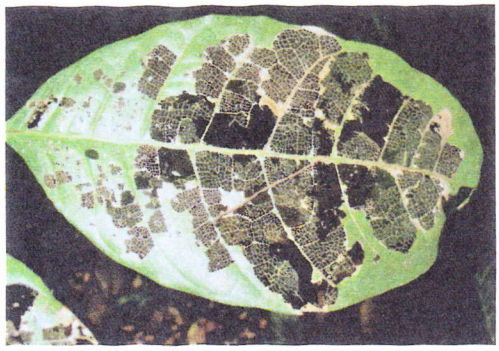


Abbildung 8: Blattfraß kann vor Ort mittels Zugangstechniken zur Baumkrone untersucht werden.

auswirken, stammen aus Studien über die Nährstoffdynamik von Böden während eines Insektenbefalls. Insektengewebe und -exkremente können während eines Befalls für wichtige Stickstoff- und Phosphorzufuhr sorgen, allerdings wird die sorgfältige Aufzeichnung des Weges der Nährstoffe innerhalb einer vertikalen Säule im Wald weitere Antworten liefern. In Wäldern der gemäßigten Zone führte ein Blattverlust der Kronendächer nordamerikanischer Hartholzwälder um 40 % zu einem Anstieg der Nitratverfügbarkeit des Bodens um das Fünffache (Reynolds et al. 2000). Darüber hinaus verdoppelte sich die Nitratkonzentration in Bächen nach dem Blattverlust, wodurch deutlich wird, dass in Verbindung mit einem Insektenbefall ein erheblicher Nährstoffentzug auftreten kann. Fraß durch unterschiedliche Arten und Funktionsgruppen kann sich auf den Zeitpunkt, die Menge sowie die Qualität des Streufalls sowie auf Zerfalls-/Mineralisierungsprozesse auswirken, die Verfügbarkeit und den Entzug von Nährstoffen steuern. Hunter (2001) hat festgestellt, dass die Ablagerung des Kots von Blattfressern für 62 % der Schwankungen in der Nitratverfügbarkeit von Böden verantwortlich ist.

Bei der 4. Internationalen Baumkronen-Konferenz 2005 in Leipzig wurde zum ersten Mal eine gesonderte Veranstaltung zum Klimawandel einberufen. Seitdem wurden diesem Thema sowohl auf der 5. als auch der 6. Konferenz gesonderte Veranstaltungen gewidmet. Sowohl Pflanzenfresser als auch Menschen setzen dem Kronendach der Wälder, durch Blattverlust, Baummortalität und Abholzung, zu. Der Rückgang der



Abbildung 9: Lowman unterrichtet Schüler im Zuge des Jason-Projekts, einem Fernunterrichtsprogramm, der das Kronendach als effektives Mittel für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzt, über die Wechselwirkung zwischen Kronendach und Waldboden.

Bewaldung steht im Zusammenhang mit dem Klimawandel und wird weltweit untersucht (Feddema et al. 2005; Lowman et al. 2014). Durch den Wegfall des Kronendachs wird die Abkühlung durch Evapotranspiration schwächer, wodurch die Wirkung einer erhöhten Albedo aufgehoben wird. Dadurch steigt die Bodentemperatur und der Niederschlag sowie die relative Feuchtigkeit nehmen ab. Die Entwaldung führt sowohl in Städten als auch in bewaldeten Gebieten zu einer berechneten Netto-Erwärmung. Dadurch würde die Erwärmung aufgrund einer erhöhten CO_2-Konzentration in der Atmosphäre noch verstärkt. Oberflächenerwärmung und -austrocknung können für die Vegetation in der Umgebung Stress verursachen und sie abtöten, was zu einer destabilisierenden positiven Rückkopplung führt, sodass der Rückgang der Waldflächen immer weiter fortschreitet.

Mithilfe des Schweizer Baumkronenkrans setzten Körner et al. (2005) Laubbäume einer erhöhten Kohlendioxidkonzentration aus und simulierten so potenzielle durch den Klimawandel verursachte Bedingungen. Nach nur einer Saison stammte nahezu die Hälfte des freigesetzten Bodenkohlendioxids aus neuem Kohlenstoff und beinahe die gesamte Biomasse der Mycorrhizapilze bestand aus neuem Kohlenstoff. Das zeigt, dass eine sehr enge Kopplung zwischen Baumkrone und Boden besteht. Anhuf sowie weitere Forscher, die sich mit der Verbindung zwischen Entwaldung und Niederschlag beschäftigen, prognostizieren, dass die Entwaldung im Amazonasgebiet zu trockeneren Bedingungen führen wird (Anhuf 2005). Ein geringerer Überschirmungsgrad und die daraus resultierende Zerstörung der Landschaft wirken sich, zusätzlich zum Verlust eines intakten Ökosystems, wiederum auf die Wirtschaft und die sozialen Strukturen vieler Regionen aus.

5 Baumkronen-Forschung als Motor für Bildungsprogramme

Durch die Baumkronenwissenschaft wurde bereits eine Reihe von Öffentlichkeitsprojekten angestoßen. Teilweise werden diese vielleicht durch romantische Vorstellungen vom Klettern auf Bäume oder Kindheitserinnerungen an Baumhäuser inspiriert, teilweise einfach durch eine unstillbare Neugier über die unbekannte Welt über unseren Köpfen. Innovative Partnerschaften zwischen Unternehmen, Bildungseinrichtungen und Wissenschaftlern, verbunden durch die Baumwipfel als gemeinsamen Nenner, leisten einen Beitrag zu naturwissenschaftlicher Bildung, sozialen Reformen und wirtschaftlichem Nutzen, etwa in Form des Ökotourismus.

Die Jason-Expedition (www.jasonlearning.org), ein Fernunterrichtsprogramm, das zu Spitzenzeiten in den letzten zehn Jahren jährlich weltweit mehr als 3 Millionen Schüler der Mittelstufe sowie Lehrer erreichte, nahm die Schüler und Lehrer mittels Satellitentechnologie mit auf weit entfernte Feldexpeditionen. In drei Staffeln in den Jahren 1994, 1999 und 2004 brachte das Jason-Projekt Schulkindern die Herausforderungen des Zugangs zu Baumkronen sowie der Datenerhebung von den Baumwipfeln aus näher. 2004 wurde mit Jason XV die Verbindung zwischen der braunen (d. h. dem Waldboden) und der grünen (d. h. der Baumkrone) Nahrungskette im Kronendach des Waldes von Barro Colorado Island, Panama, untersucht (Lowman et al. 2006, Abbildung 9).

Naturwissenschaftlicher Unterricht, bei dem Baumklettern und die Erkundung der Baumkrone auf dem Lehrplan stehen, fördert das Lernen über die komplexen

Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., S. 111–121, ISBN 978–3–87815–263–7

Verknüpfungen zwischen Artenvielfalt, biochemischen Kreisläufen und Umweltbedingungen weltweit. Seit Ausstrahlung dieser Sendungen hat die Autorin Nachrichten von einigen dieser Schüler erhalten, die ihr erzählen, dass sie jetzt Biologie im Hauptfach studieren – das zeigt eindrucksvoll die Wirkung dieser virtuellen Feldexpeditionen und beweist, dass wir virtuelle und reale Naturerfahrungen miteinander verbinden können (Lowman & Mourad 2010).

Auf dem naturwissenschaftlichen Lehrplan für die Mittelstufe im US-Bundesstaat New York 2014 steht auch ein Kindersachbuch mit dem Titel „The Most Beautiful Roof in the World" („Das schönste Dach der Welt") von Katherine Lasky, das die Geschichte von Lowmans Baumkronen-Forschung in Belize erzählt. Mehrere Millionen Schüler in New York und anderen Bundesstaaten können nun indirekt im Rahmen ihres öffentlichen Lehrplans das Kronendach des Regenwalds erforschen.

Instrumente für die Baumkronen-Forschung haben neue Märkte für den Ökotourismus eröffnet. Mit Gerätschaften von Schwebebahnen über Seilrutschen bis hin zu Baumwipfel-Plattformen, die über Hängebrücken verbunden sind, kann jeder die Baumwipfel erleben. Während solche Aktivitäten für manche Wildtiere eine kleine Störung darstellen, nutzen sie im Vergleich zur Alternative Abholzung wohl mehr als sie schaden, und sie vermitteln einer neuen Generation die Wunder sowie die Verwundbarkeit des Kronendachs. Derzeit gibt es weltweit über 25 Baumwipfelpfade, die sich der Forschung und/oder Umweltbildung verschrieben haben. In Samoa wurde ein Baumwipfelpfad gebaut, um Schulden für den Bau einer Schule auszugleichen. Dadurch wurde es vermieden, stattdessen Holz zu verkaufen (Lowman et al. 2006).

In einer Zeit, in der wir zunehmend vor der Herausforderung stehen, die Sozialwissenschaften mit Umweltforschung und Umweltschutz in Einklang zu bringen, bietet die Baumkronen-Forschung einige innovative Möglichkeiten. Im Rahmen von Bemühungen zum Schutz epiphytischer Moose, die begeisterte Orchideenzüchter allzu eifrig als Substrat sammeln, engagierte Nalini Nadkarni Häftlinge, die bedrohte Moose aus den Wäldern des Pazifischen Nordwestens der USA kultivieren (Fischer 2005). Die Wachstumsgeschwindigkeit von Moosen ist derzeit zu langsam für die kommerzielle Produktion, der Anbau bietet jedoch sowohl emotionalen und wirtschaftlichen Nutzen für die Häftlinge als auch Zukunftspotenzial für den Naturschutz.

In Äthiopien haben Studien über die Artenvielfalt im Kronendach innovative Partnerschaften zwischen orthodoxen Priestern und Feldbiologen auf den Weg gebracht, die die letzten verbleibenden Waldstücke im Norden des Landes erhalten wollen (Lowman et al. 2014). In dieser Region mussten über 95 % der ursprünglichen Wälder der Subsistenzlandwirtschaft weichen, die verbleibenden Waldflecken umgeben die Kirchen. Die Priester glauben, dass sie die Beschützer



Abbildung 10: Einheimische Kinder lernen die Artenvielfalt in den Baumwipfeln der letzten verbleibenden Baumgruppen im Norden Äthiopiens kennen.



Abbildung 11: Schutzwände zur Rettung der letzten verbleibenden Baumgruppen im Norden Äthiopiens, den sogenannten Kirchenwäldern

der menschlichen Seele sowie aller Geschöpfe Gottes sind. Mit dieser Mission verbindet Priester und Wissenschaftler eine Gemeinsamkeit, die zum Bau von Steinmauern geführt hat, die ein weiteres Schrumpfen der Wälder verhindern sowie grasendes Vieh fernhalten sollen. Zudem wurden Umweltbildungsmaßnahmen über die Funktionen von Ökosystemen für Dorfbewohner und Geistlichkeit in dieser entlegenen Region initiiert (Abbildungen 10, 11).

Waldökosysteme sind weltweit durch Fragmentierung, Klimawandel und Abholzung bedroht. Die Unversehrtheit des Kronendaches ist für die Erhaltung regionaler und globaler Produktivität, Gesundheit und Klimastabilität von entscheidender Bedeutung. Kontinuierliche Bemühungen zur Identifizierung und Kartierung verschiedener Arten in der Baumkrone, zur Messung der Atmosphäre im Kronendach und der Strömungen zwischen Kronendach und Boden sowie zur Information der Öffentlichkeit über die wirtschaftliche und ökologische Bedeutung der Wälder sind in einer Zeit, in der die Gesundheit der Ökosysteme weltweit immer mehr unter Druck steht, unerlässlich. Baumwipfelpfade sowie Partnerschaften mit örtlichen Forstverwaltungsstellen sind nur einige der Erfolgsgeschichten, die neue und erfolgreiche Waldschutzstrategien auf den Weg bringen. Forscher, Baumpfleger und Forstwirte müssen versuchen, nachhaltige Lösungen für die globale Waldwirtschaft zu finden. Heute ist es ebenso wenig zielführend, nur in Fachzeitschriften Arten zu beschreiben und Erkenntnisse zu veröffentlichen, wie es hilfreich ist, die Menschen aus den Wäldern fernzuhalten, sodass sie diese nie schätzen lernen können. Waldforscher und Baumpfleger müssen zusammenarbeiten und ein globales Verantwortungsbewusstsein für unsere wertvollen Waldressourcen wecken.

Literatur

Anhuf, D., 2005: Climate change impacts on the forest canopies. Fourth International Canopy Conference „Tropical versus Temperate Forests" Leipzig, 24.

Asner, G. P.; Brodrick, P. G.; Anderson, C. B.; Vaughn, N.; Knapp, D. E.; Martin, R. E., 2016: Progressive forest canopy water loss during the California drought. Proceedings of the National Academy of Sciences E249–255.

Bawa, K.; Kress, J.; Nadkarni, N., 2004: Beyond Paradise – meeting the challenges in tropical biology in the 21st century. *Association for Tropical Biology and Conservation publication*. 13 ff.

Basset, Y., 2001: Communities of insect herbivores foraging on mature trees vs. seedlings of *Pourouma bicolor* (Cecropiaceae) in Panama. Oecologia 129, 253–260.

Burgess, J. B.; Burgess, E. A.; Lowman, M. D. and thousands of school children: Observations of a Coleopteran herbivore on a bromeliad in the Peruvian Amazon. *Journal of the Bromeliad Society* **53**, 221–24.

Cattânio, J. H.; Davidson. E. A.; Nepstad, D. C.; Verchot, L.V.; Ackerman, I. L., 2002: Unexpected results of a pilot throughfall exclusion experiment on soil emissions of CO2, CH4, N20, and NO in eastern Amazonia. *Biol Fertil Soils* **36**: 102–108.

Dial, R.; Roughgarden, J., 1995: Experimental removal of insectivores from a tropical rain forest canopy: direct and indirect effects. +49 (76) 1821–1834

Dial, R.; Roughgarden J., 2004: Physical transport, heterogeneity, and interactions involving canopy anoles. In: Forest Canopies Lowman, M.; Rinker, H.B. (Hrsg.), Elsevier Publishers.

Didham, R. K.; Fagan, L. L., 2003: Project IBISCA – Investigating the biodiversity of soil and canopy arthropods. *The Weta* **26**: 1–6.

Feddema, J. J.; Oleson, K. W.; Bonan, G. B.; Mearns, L. O.; Buja, L. E.; Meehl, G. A.; Washington, W. M., 2005: The importance of land-cover change in simulating future climates. Science 310: 1674–78

Fischer, A., 2005: Moss conservation behind bars. Conservation in Practice, Jul-Sep.

Körner, C.; Asshoff, R.; Bignucolo, O.; Hättenschwiler, S.; Keel, S. G.; Peláez-Riedl, S.; Pepin, S.; Siegwolf, R. T. W.; Zotz, G., 2005: Carbon flux and growth in mature deciduous forest trees exposed to elevated CO_2. *Science* **309**: 1360–62.

Lamb, D.; Erskine, P. D.; Parrotta, J. A., 2005: Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* **310**: 1628–32

Lowman, M. D., 1984: An assessment of techniques for measuring herbivory: Is rain forest defoliation more intense than we thought? Biotropica 16: 264–68

Lowman, M. D., 1999: Life in the Treetops. Yale University Press, New Haven CT. 187 ff.

Lowman, M. D., 2009: Canopy walkways for conservation – a tropical biologist's panacea or fuzzy metrics to justify ecotourism? Biotropica 41(5): 545–548.

Lowman, M. D., 2018: The Science of Giants. In: Redwoods – one hundred years of discovery.

Lowman, M. D.; Burgess, E.; Burgess, J., 2006: It's a Jungle Out There. Yale University Press, New Haven CT. 220 ff.

Lowman, M. D.; D'Avanzo, C.; Brewer, C., 2009: NEON – a national ecological network for research and education. Science 323(5918): 1172–1173

Lowman, M. D.; Devy, S.; Ganesh, T., 2014: Treetops at Risk. Springer Verlag. 444 S.

Lowman, M. D.; Lowitt, S., 2005: High above the kangaroos: herbivory Down Under. Fourth International Canopy Conference "Tropical versus Temperate Forests", Leipzig, Germany: 85.

Lowman, M. D.; Mourad, T., 2010: Bridging the divide between virtual and real nature. Frontiers in Ecology and the Environment 8(7): 339.

Lowman, M. D.; Schowalter, T.; Franklin, J., 2012: Forest Canopy Methods. University of California Press, San Diego CA. 246 ff.

Lowman, M. D.; Voirin, B.,2016: Eye on the environment: drones for conservation. Frontiers in Ecology and Environment 14: 234.

Moffett, M.; Lowman, M. D., 1995: Canopy access techniques. In: Lowman M. D.; Nadkarni, N. (Hrsg.): Forest Canopies. San Diego: Academic Press.

Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., S. 111–121, ISBN 978-3-87815-263-7

Novotny, V.; Basset, Y.; Miller, S. E.; Weiblen, G. D.; Bremer, B.; Cizek, L.; Drozd, P., 2002: Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature* **416**: 841–844

Perry, D., 1986: Life above the Jungle Floor. Simon and Schuster, N. Y. 171 ff.

Reynolds, B. C.; Hunter, M. D.; Crossley, D. A., 2000:Effects of canopy herbivory on nutrient cycling in a northern hardwood forest in western North Carolina. *Selbyana* **21:** 74–78

Shaw, D. C.; Ernest, K. A.; Rinker, H. B.; Lowman, M. D., 2006: Stand-level herbivory in an old-growth conifer forest canopy. Western North American Naturalist.

Szarzynski, J.; Shaw, D. C., 2005: Beyond the visible application of infra-red thermography within micrometeorological and biophysical forest canopy research. In: Fourth International Canopy Conference, "Tropical versus Temperate Forests," Leipzig, Germany: 33.

Uriarte, M., 2000: Interactions between goldenrod (*Solidago altissima* L.) and its insect herbivore (*Trirhabda virgata*) over the course of succession. *Oecologia* **122:** 521–528

Autorin

Dr. Margaret Lowman verwendete als eine der ersten Forscherinnen der Welt Baumkronen-Zugangstechniken zur Untersuchung der Wälder. Ihre Arbeit auf dem Gebiet der Erforschung der Artenvielfalt in der Baumkrone und der Schadinsekten in Wäldern hat zum Schutz der Regenwälder beigetragen, und sie baut weltweit Baumwipfelpfade, um Einnahmemöglichkeiten im Ökotourismus anstatt in der Holzindustrie zu schaffen. Das National Geographic Magazine gab ihr den Spitznamen „der wahre Lorax!".

Dr. Margaret D. Lowman
Institute of Science & Sustainability
California Academy of Sciences
55 Music Concourse Drive
San Francisco CA 94118
Tel. (415)379–5820 office
(941) 266–0817 cell
canopymeg@gmail.com

